

Chiacchierate sull'elettroacustica

9 – Le magie del Bass-Reflex

Dopo il woofer in sospensione pneumatica, o più genericamente in *cassa chiusa*, era inevitabile che si passasse al misterioso, inspiegabile, incomprensibile **bass-reflex**.

Si tratta di un principio di funzionamento che all'inizio, per i principianti, è estremamente difficile da capire, perché appare palesemente contro-intuitivo.



Partiamo da questa nostra vecchia conoscenza, che abbiamo già visto in un'altra chiacchierata: il mio diffusore *Pioneer* di fine anni '70.

Mettetevi nei panni di un tredicenne, come ero io a quei tempi, che non capisce ancora nulla di woofer, di tweeter e di casse; tuttavia, anche se ancora non lo sa, dentro di lui c'è già un piccolo elettroacustico.

Vedendo quel buco di forma circolare, sotto l'etichetta, ne rimane incuriosito e si avvicina per capire a cosa serve.

Mettendoci la mano davanti, si accorge che ne esce un apprezzabile flusso d'aria, in corrispondenza dei colpi di basso.

Cosa volete che pensi, nella sua totale mancanza di esperienza?

Ho capito... È ovvio...

Si tratta di uno sfiatatoio per evitare compressioni interne; in pratica, consente alla membrana del woofer di muoversi più liberamente.

In altre parole, il principio di funzionamento di un bass-reflex sembrerebbe schematizzabile con questo disegno qui a destra.

Quando il woofer spinge in avanti, il condotto aspira all'indietro (e viceversa)...

Capisco che possa sembrare intuitivo, ma **NON FUNZIONA COSÌ**.

Finché si tratta di un tredicenne sprovveduto, è comprensibile che tragga tali conclusioni **sbagliate**; ma ho visto personalmente disegni schematici, simili a questo che vi sto mostrando, su vari siti web in diverse lingue, prodotti da improvvisati divulgatori, con la pretesa di spiegare il bass-reflex agli altri.

Appena superata la fase dei primi passi, tipica di un ragazzino, la prima cosa che un elettroacustico dovrebbe capire è **lo scopo** della cassa.

Se devo isolare l'emissione posteriore, per impedire il cortocircuito acustico, che senso avrebbe metterci un'apertura con un tubo, per riportarla fuori?

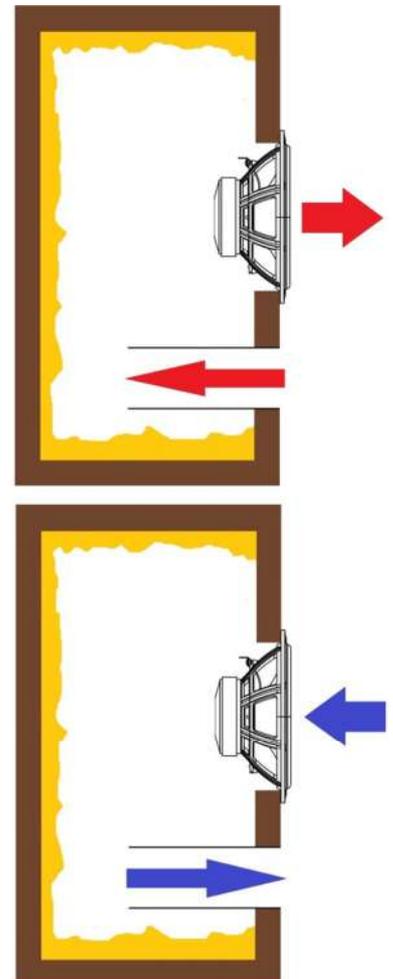
Da quello che ho capito, il vero problema è che ci vuole un sacco di matematica, per spiegare correttamente il principio di funzionamento di un reflex...

Ma è proprio vero?... lo dico di no.

Approfittando dei software di simulazione, che abbiamo già visto all'opera con la cassa chiusa, vi prometto che in questo articolo non ci saranno equazioni, nemmeno una. Solo alcuni grafici, quelli me li dovete concedere.

Per quanto riguarda il principio base, quelli della mia generazione potrebbero spiegarlo facilmente ricorrendo ad un vecchio gioco per bambini...

Ma parlo di **NOI** bambini, ovvero della **MIA** infanzia... un periodo che si colloca tra la scoperta del fuoco e l'invenzione della ruota, pressappoco...

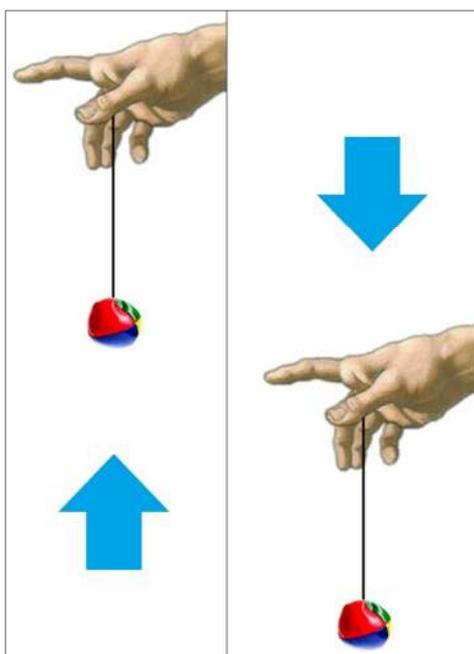
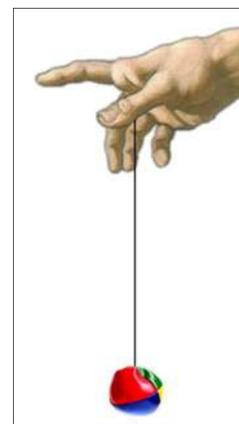


Per le mie illustrazioni schematiche, mi serviva il disegno di una mano aperta. Ho usato quella più famosa del mondo, spero che Michelangelo non si offenda.

Quando ero piccolo, andava di moda un giocattolo molto economico che si poteva trovare sulle bancarelle, alla Fiera del Santo Patrono, alla Sagra della Salsiccia o in qualche altra festa di paese.

Si trattava di una pallina colorata di una certa massa, perché riempita di sabbia o di segatura; era fissata ad un elastico che andava poi legato al dito.

Lo scopo di quell'elastico era di farti tornare la palla in mano, dopo che l'avevi lanciata, ma noi lo useremo in modo differente...



Dopo aver legato la palla al dito, proviamo ad spostare la mano verso alto, **molto lentamente**. Fermiamoci un attimo e poi scendiamo, sempre a bassissima velocità.

Sto parlando di un movimento da bradipo: un'oscillazione completa deve durare 8-10 secondi o anche di più.

Risultato: la palla segue esattamente lo spostamento della mano, mentre l'elastico non si deforma mai.

Se invece quel movimento alternativo fosse **velocissimo**, l'inerzia manterrebbe la pallina sostanzialmente ferma.

Parliamo di una mano così rapida che l'occhio non riesce quasi a seguirla, 7-8 oscillazioni al secondo, praticamente come la rullata di un batterista.

In tal caso, tutta l'escursione si scaricherebbe sull'elastico, che subirebbe una serie continua di accorciamenti e allungamenti, lasciando la pallina praticamente immobile.

Tra i due movimenti descritti, quello lentissimo e quello velocissimo, esiste una situazione intermedia, in cui la palla risponde al movimento della mano, ma con un evidente tempo di ritardo.

Mi muovo verso l'alto con una certa accelerazione, ma l'inerzia della palla si oppone al moto, provocando un allungamento dell'elastico; un istante dopo, la palla sente quella tensione e comincia a venirmi dietro, ma nel frattempo è passato un breve intervallo (*"ritardo di fase"*, per noi).

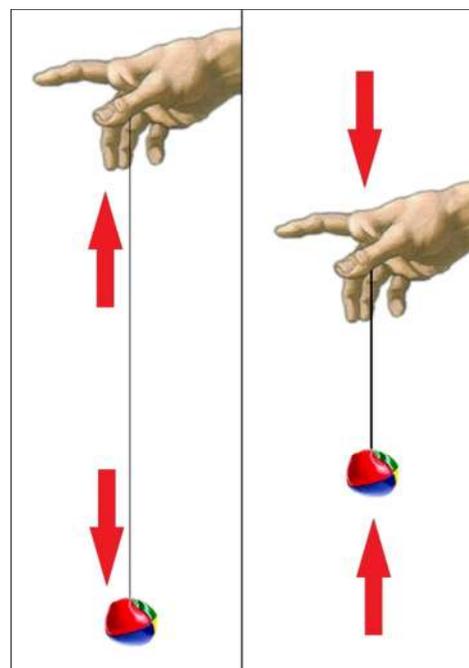
Il disegno a destra mostra il caso più estremo.

Il ritardo di fase corrisponde esattamente ad un **semiperiodo**, ovvero metà del tempo che impiega la mano per un ciclo completo. In altre parole, abbiamo azzeccato una frequenza particolare, in cui si verifica un fenomeno che porta mano e pallina a muoversi in modo completamente opposto.

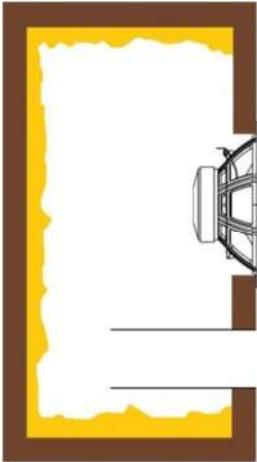
La mano si alza mentre la palla scende, producendo un forte allungamento dell'elastico. Ovviamente la palla reagisce, fermandosi e tornando indietro... ma quando lo fa, la mano ha già completato il movimento in alto e sta tornando giù.

L'elastico si accorcia e si ingrossa, perde tensione, non trattiene più la palla e questa ricade per normale gravità... ma quando lo fa, la mano ha già smesso di scendere ed ha ripreso a salire.

Esiste quindi una frequenza in cui palla e mano vanno esattamente in *opposizione di fase* (*"controfase"*, in gergo tecnico).



Tenendo a mente quel collegamento elastico, tra mano e pallina, diventerà ora molto semplice capire il funzionamento di una cassa bass-reflex.



Sappiamo infatti che il woofer suona in entrambe le direzioni, verso di noi e dentro la cassa. Differenze di emissione dovute al cestello, al magnete e alla forma della membrana, si manifestano a frequenze medio-alte, non certo sotto i 200 Hz.

In sostanza, se volessimo riprodurre solo i bassi potremmo montare il woofer alla rovescio, con tutto il cu... il magnete di fuori, invertendogli la polarità.

Non si fa perché è brutto da vedere; non è certo il... magnete di Margot Robbie.

Ovviamente, l'onda acustica posteriore è in controfase, rispetto a quella emessa nell'ambiente... Esiste un modo per invertirla?

Sì che si può!!... Proprio grazie allo stesso fenomeno che mandava in controfase la pallina, rispetto alla mano: **introduciamo un ritardo con un collegamento elastico.**

Come abbiamo visto nella chiacchierata precedente, l'aria contenuta nella cassa è già una massa elastica. Per capirlo intuitivamente, avevo proposto l'esempio della pompa da bicicletta.

Quindi, se il woofer è la mano, mentre l'aria è l'elastico... ci manca solo la palla; **ecco cos'è il condotto!**

Il **vero** principio di funzionamento è quindi quello illustrato qui a destra.

Esiste un valore chiamato "*frequenza di accordo*", intorno al quale il tubo emette onde acustiche **perfettamente in fase con l'emissione anteriore**, ovvero in controfase con quella posteriore che le ha generate.

Tutto questo si verifica in un intervallo di circa un'ottava, immediatamente intorno alla frequenza di accordo (che si indica con il simbolo f_b).

L'effetto acustico può essere utilizzato in due modi...

- Possiamo prolungare la curva di risposta, dando al woofer un'estensione sui bassi che non avrebbe mai raggiunto con la cassa chiusa.

In altre parole, potremmo sentire una fondamentale di contrabbasso di cui non ci eravamo mai accorti, quando ascoltavamo quel brano con la *sound bar* del televisore o con le cassetine da tavolo del PC.

- Oppure, se l'estensione è già sufficiente, possiamo rinforzare l'estremo basso per aggiungere un po' di aggressività a quelle frequenze estreme.

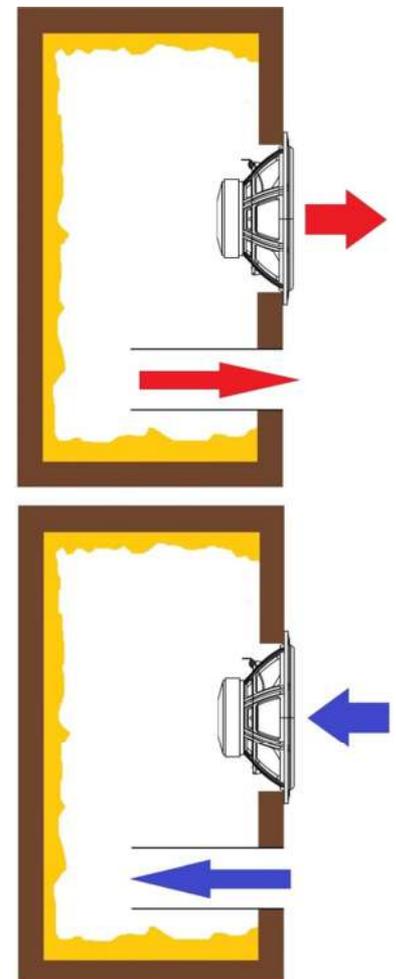
Gli strumenti ci sarebbero sempre tutti, ma aumenterebbe la *punch*, quella sensazione di impatto dinamico che rende il suono più coinvolgente.

Queste sono scelte di progetto, che ognuno deciderà come vuole sulle casse di casa sua; a parità di woofer scelto, tali caratteristiche vengono definite dal **volume di carico** e dal **dimensionamento del condotto**.

Questi due aspetti si intrecciano tra loro, perché entrambi (per motivi diversi) incidono sia sulla frequenza di accordo, sia sulla potenza con cui questa viene riprodotta. Matematicamente... è un casino!

Noi degli anni '80, quantomeno quelli più eroici, passavamo interi pomeriggi con carta, penna e calcolatrice, su infiniti calcoli e formule che ti facevano passare la voglia di bass-reflex.

Tra l'altro, quando ero ancora dilettante, si era sparsa una leggenda metropolitana, secondo cui la lunghezza del tubo era molto critica e non dovevi sbagliare di un millimetro. Senza falsa modestia, ricordo che tra i miei amici fui il primo a svelare la bufala, anche perché ero uno degli... "eroici".



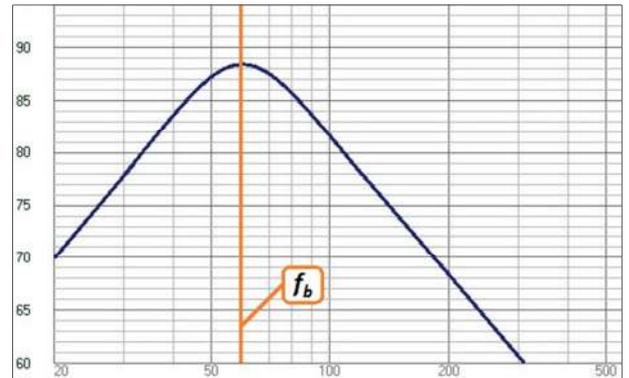
La pluralità di pacchetti software a disposizione degli elettroacustici di oggi, che siano professionisti o dilettanti, rende molto più divertente il lavoro del progettista. Adesso il lavoro di calcolo non serve più, lo fa il computer. A noi resta l'aspetto creativo, ma bisogna sapere che diavolo succede, quando cambiamo uno di quei numeri.

Il grafico a destra mostra l'emissione di un generico condotto reflex, accordato a 60 Hz, isolato dal diffusore in cui si trova.

Vi ricordo che il simbolo f_b indica la frequenza di accordo.

Come vedete, si forma una curva "a campana", con un intorno di circa un'ottava centrato sul valore massimo. Su entrambi i lati, la curva scende a 12 dB/ottava.

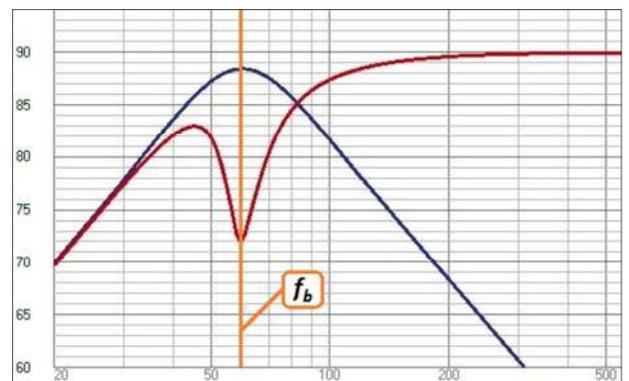
Ora proviamo a sovrapporre la risposta del woofer, che identificheremo con il colore **rosso**.



L'aspetto più evidente è il picco negativo a 60 Hz.

Sulla frequenza di accordo, il tubo che suona in controfase produce una forte opposizione al movimento della membrana; praticamente, quasi tutta l'emissione proviene dal condotto, perché il woofer si muove pochissimo.

Questo produce effetti molto positivi sulla distorsione, perché i reflex si accordano su frequenze di 40, 50, 60 Hz, dove l'escursione è notevole; se fosse il woofer a riprodurle, il limite dell' X_{max} verrebbe superato con pochi watt.

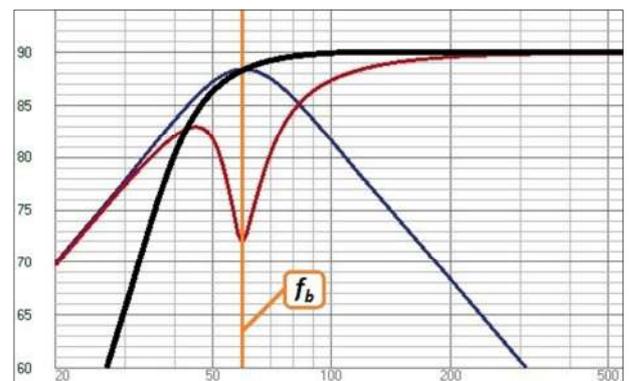


A questo punto, non resta che sommare le due curve per ottenere la risposta della cassa completa.

Lo facciamo con il colore **nero**.

Avete notato la pendenza?... 24 dB/ottava, equivalente ad un filtro passa-alto del 4° ordine. Perché aumenta così?

Se ricordate la pallina con l'elastico, le risposte sono tutte lì. A frequenze alte, ben sopra quella di accordo, la pallina restava immobile. Ma quando la mano si muoveva lentamente, avevamo un movimento **in fase**.



Traduzione... Quando ci allontaniamo da f_b verso l'alto, il condotto non suona più, come se fosse otturato.

Se invece scendiamo, quel tubo diventa gradualmente uno sfiatatoio, perché la sua emissione ritorna sempre più in fase con quella posteriore della membrana. Pertanto, il livello scende più rapidamente.

Calma... calma... uno per volta...

Lo so che avete diverse domande, le stesse che avevo anch'io 40 anni fa.

Per quello che abbiamo capito finora, l'unico vantaggio sembra essere la distorsione.

Quella brusca frenata del woofer, intorno alla frequenza di accordo, mantiene l'escursione entro limiti contenuti fino a frequenze molto basse, perché il tubo suona al posto della membrana...

...E lui non ha nessuna X_{max} da rispettare.

Tuttavia, non è una cosa da poco. Se la membrana oscilla troppo, non distorce solo sulla frequenza che causa quell'escursione. In un sistema a due vie, il woofer arriva come minimo a 1500 Hz; pertanto, quel colpo di basso fa distorcere anche le chitarre, i violini o i clarinetti, riprodotti dallo stesso altoparlante.

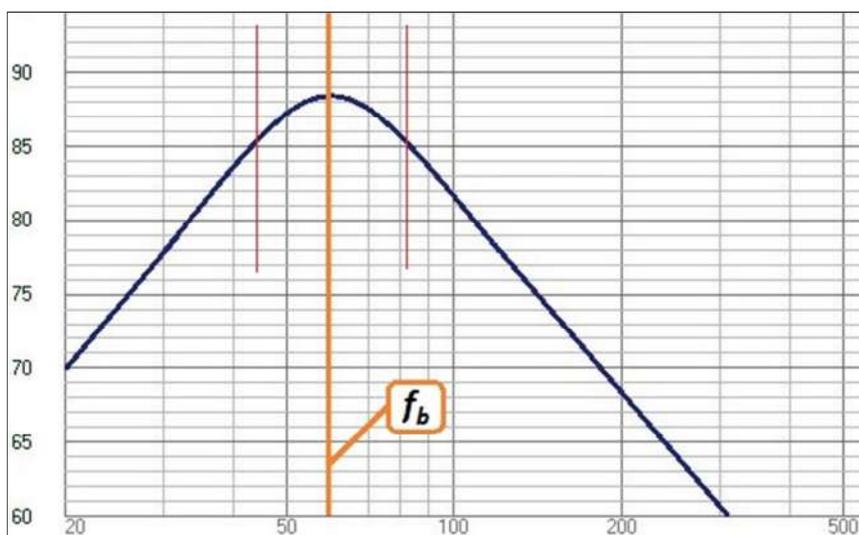
Il fenomeno appena descritto si chiama **intermodulazione**, parola complicata che da sempre spaventa il principiante. Ne ripareremo in futuro, quando tratteremo i sistemi con subwoofer; per adesso diciamo soltanto che è molto importante, perché l'orecchio è particolarmente sensibile a quel tipo di distorsione.

E' ora di partire con la prima domanda...

- Hai detto che sotto f_b il tubo diventa un semplice sfiatatoio, quindi il woofer oscilla in aria libera. Non rischiamo di mandarlo a fine corsa, con distorsioni enormi, o addirittura di romperlo?

E' vero, ho detto così... ma avete dimenticato l'avverbio "gradualmente".

Per evitare di scorrere le pagine, vi ripropongo il grafico con la risposta del solo condotto.



Ho aggiunto due linee **rosse**, sulle frequenze corrispondenti a -3 dB.

Come vedete, c'è un'ampiezza di banda di circa un'ottava, intorno alla frequenza di accordo.

Inoltre, superati quei due limiti, l'effetto cala progressivamente a 12 dB/oct; non è che precipita come la Cascata delle Marmore.

Questo significa che il "freno" continua a funzionare per un po', anche al di sotto dell'accordo.

In altre parole, se quel woofer è accordato a 60 Hz, non è che a 59 si mette a suonare in aria libera. Pressappoco, dovremmo scendere tra i 30 e i 40, prima che diventi incontrollabile... ma a quelle frequenze non c'è più niente che suona, a meno che non vogliate riprodurre l'eruzione del Krakatoa del 1883. Inoltre, se davvero abbiamo impostato l'accordo a 60 Hz, significa che stiamo usando un wooferino da 130; con quel formato, non penso proprio che andremo oltre i 30-40 W di amplificazione.

Passiamo alla seconda domanda...

- Dal grafico che ci hai mostrato, la risposta di una cassa reflex scende fino all'accordo, poi va giù a picco come le Ande del Perù (24 dB/oct). Con la cassa chiusa, i bassi profondi venivano progressivamente attenuati, qui invece vengono improvvisamente cancellati.

Innanzitutto, non sto cercando di convertirvi al reflex, come se fosse una religione; se siete estimatori della cassa chiusa, vi ricordo che gli ho dedicato una chiacchierata di 10 pagine, subito prima di questa.

Il vero problema è che non c'è scelta. Il bass-reflex, ormai, è diventato quasi obbligatorio.



Sono 40 anni, forse più, che il mercato propone woofer di un certo tipo, con Q_{ts} piuttosto basso, del tutto inadeguati alla cassa chiusa. Ci sono alcune eccezioni, d'accordo, ma sono piuttosto rare.

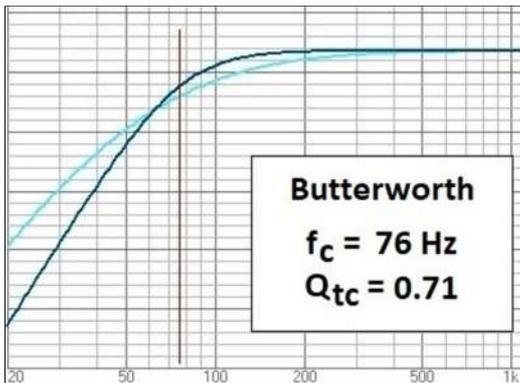
Comunque, la mancanza di bassi profondi non è un valido argomento, per esprimere contrarietà al bass-reflex. Ora ve lo dimostro.

Ricordate questo *Monacor* in polipropilene, qui a sinistra?

Ne abbiamo parlato proprio nella chiacchierata precedente.

Beh... continuate a leggere, perché ora faremo un bel confronto.

Come abbiamo già visto in passato, il nostro piccolo *Monacor* reagiva male alla cassa chiusa.



La massima estensione sui bassi si otteneva con l'allineamento **B2** (*Butterworth* di 2° ordine), corrispondente ad un volume di 7-8 litri. In tale configurazione, si scendeva soltanto fino a 76 Hz (a -3 dB), che nel *Butterworth* coincide con la frequenza di risonanza.

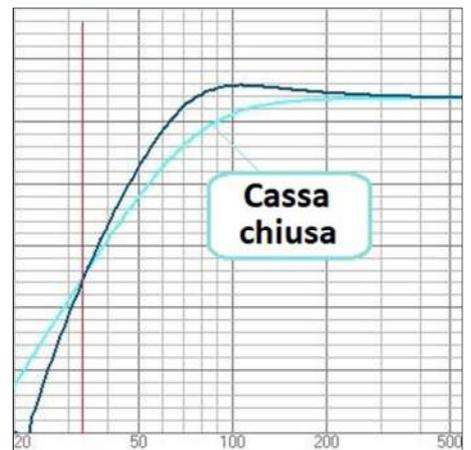
Avevamo provato anche il *Chebyshev*, che ci faceva guadagnare qualcosa sul livello di emissione (1-2 dB) all'estremo basso, ma in cambio ci chiedeva un taglio a 84 Hz invece che a 76.

Adesso vi propongo un confronto interessante.

Non pretendo di rifare completamente la cassa, se ce l'abbiamo già. Prendiamo il nostro *Butterworth* già esistente, di cui non siamo soddisfatti, ed apriamo semplicemente un foro dove collocare un tubo. Non chiedo nemmeno di fare calcoli o tentativi, vi propongo un accordo su una cifra tonda di 50 Hz, che stabilisco a occhio, andando semplicemente ad esperienza... Vediamo cosa succede.

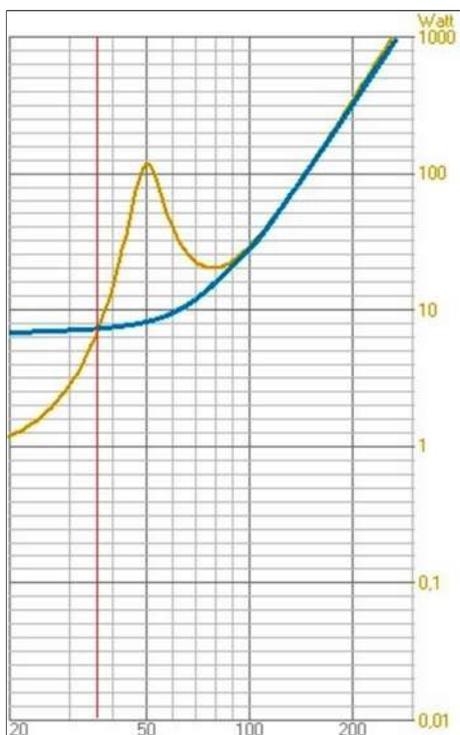
Dal grafico qui a destra, ci appare un risultato impietoso. Con lo stesso altoparlante, montato nello stesso volume di carico (quindi anche con lo stesso ingombro, nell'arredamento) la povera cassa chiusa viene asfaltata dal bass-reflex su tutti i fronti.

La linea **rossa** indica la frequenza in cui le curve si incrociano, ovvero dove la cassa chiusa, da lì in giù, comincia a prevalere sul reflex. Prima di tutto siamo a **33 Hz**, dove il segnale musicale è ormai azzerato; ma anche se stessimo guardando il film sul *Vajont* e volessimo riprodurre il suono della frana, saremmo comunque sotto di 17-18 dB, su frequenze dove l'orecchio umano è praticamente sordo.



Sopra quella linea, il reflex ha un'efficienza superiore di 2-3 dB per due ottave, tra 40 e 160 Hz. Il limite inferiore, a -3 dB, scende da 76 a 59 Hz, con una bella fetta di estensione in più. Ma non è finita...

C'è ancora la tenuta in potenza, legata al valore di X_{max} del *Monacor*, su cui introduco un nuovo grafico.



Esiste una curva chiamata **MIL** (*Max Input Level*), che ci indica la massima potenza applicabile, frequenza per frequenza, senza che la bobina esca dall' X_{max} del nostro woofer.

Non è un grafico immediatamente intuitivo, perché la scala è logaritmica; tuttavia nel confronto tra i due, la curva in **azzurro** della cassa chiusa esibisce un'altra figuraccia.

La frequenza in **rosso**, dove le due curve si incrociano, è di **35 Hz**. Sopra tale valore, il reflex prevale nettamente.

Se ci mettessimo nelle vicinanze di f_b , la potenza necessaria per uscire dall' X_{max} sarebbe di 70-80-100 W, ben superiore a quella massima sopportabile dal woofer.

Sotto la linea rossa prevale la cassa chiusa, ma abbiamo visto che non c'è più niente che suona a quelle frequenze.

...E questo è ciò che si ottiene con un bass-reflex **rimediato**, montando un tubo su un diffusore che era nato come **cassa chiusa**, impostando **a occhio** la frequenza di accordo a 50 Hz.

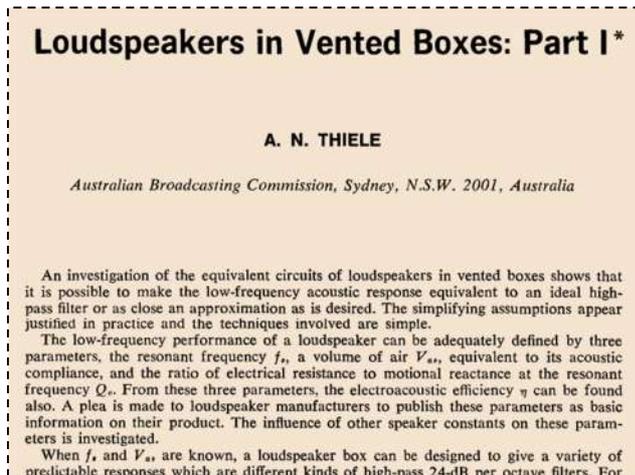
I risultati dell'esempio precedente sembrano strabilianti, ma mi corre l'obbligo di ricordarvi un dettaglio. Stiamo parlando di un woofer che avevamo considerato come "cattivo esempio", quando parlavamo della cassa chiusa, proprio perché presenta parametri fortemente orientati al bass-reflex.

- Ma i woofer che vediamo in giro sono tutti così...

Lo so bene, perché io c'ero quando avvenne la transizione. La cassa chiusa è quasi sparita dal mercato, gradualmente, a partire dai primi anni '70, quando si diffusero gli studi di Neville Thiele sugli allineamenti del bass-reflex.

Qui a destra vi mostro un ritaglio, da un'edizione aggiornata, ripubblicata nel 2001.

La sua opera, prodotta tra il '56 ed il '61 venne quasi ignorata per una decina d'anni. Poi, nel '71, venne pubblicata sul giornale dell'**AES** (*Audio Engineering Society*) e tutto il mondo impazzì per le meraviglie del "vented box", come il bass-reflex veniva chiamato all'epoca.



Al tempo in cui il computer era... questo qui a sinistra, pensate in quante lingue avrà bestemmiato quel poveraccio, provando innumerevoli tubi su infinite casse, per scoprire quelle curve di risposta che noi, oggi, possiamo ottenere...
...con due cliccate di mouse.

Ma era proprio necessario?

Insomma... all'epoca c'erano casse chiuse che funzionavano benissimo, con i woofer di allora.

Avremmo potuto continuare con quelle...

E' facile dirlo adesso, quando abbiamo Transistor e MOSFET che consentono di mettere 1000 W in un impianto per la macchina. Ma ai tempi di Thiele c'erano le valvole; l'efficienza era l'obiettivo principale di qualunque elettroacustico del mondo.

Guardate come ci tornano utili, adesso, le chiacchierate precedenti...

Sappiamo già, dalla puntata n° 5 sull'**SPL**, che per aumentare l'efficienza (senza penalizzare qualcos'altro) bisogna avere un magnete generoso che produca un elevato **BL**.

Tuttavia, dalla n° 4, sappiamo anche che questo ci porta ad un abbassamento di Q_{es} (di conseguenza Q_{ts}) a parità di frequenza di risonanza.

Questa esigenza di decibel ci preclude quindi la cassa chiusa, costringendoci a scegliere il reflex.

Nella puntata n° 8 avevamo trovato un *Visaton* che sembrava perfetto per la cassa chiusa.

Faceva appena **85 dB**... e parliamo di un 165 mm.

Il nostro *Monacor*, tipicamente da bass-reflex, ce ne offre **87** ed è un nanerottolo da 130!

Il suo fratellone da 165, della stessa marca, ci avrebbe dato **89 dB** con lo stesso formato del *Visaton*.

Questo dovrebbe fare luce su una frase che si legge in giro: "**Il bass-reflex offre una maggiore efficienza.**"

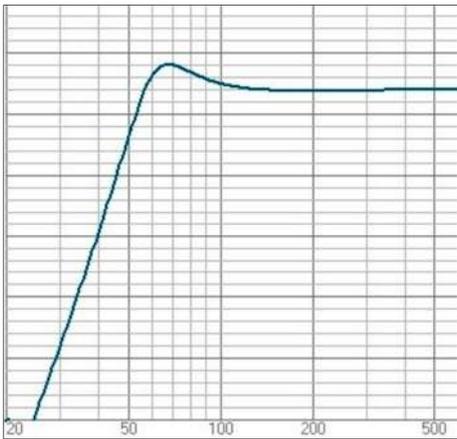
Detta così, trae in inganno. Sembra che un condotto in un buco possa alterare l'efficienza del diffusore.

Chi la scrive, talvolta è un esperto, che cerca solo di semplificare. Altre volte sono dei ciarlatani, riconoscibili da una comune leggenda metropolitana: "*La cassa chiusa ha una migliore risposta ai transienti*".

La frase corretta sarebbe quindi questa:

- Il bass-reflex ottiene un'ottima estensione anche da un woofer con alta efficienza, derivante da un elevato valore di BL, pure se quest'ultimo riduce il Q_{ts} a valori molto bassi.

Ora facciamo un esempio di progetto, mettendoci in un esempio reale... **Il mio!**



I miei vecchi *Audax* da 130 si trovano in casse reflex da 18 litri, accordate a 58 Hz. Vi mostro la risposta qui a sinistra.

Le uso anche e soprattutto per il televisore, quindi ho enfatizzato l'estremo basso per rendere più spettacolari i film d'azione.

Per chi ancora avesse dubbi sull'estensione (-3 dB a 52 Hz), sappiate che qualche tempo fa ho rivisto il film "*K-PAX - Da un altro mondo*". Se non lo conoscete, cercate il brano di Edward Shearmur dal titolo "*Grand Central*" (saltate pure il primo minuto).

A casa mia... beh... ho avuto fortuna. Quei rompipalle del piano di sotto erano fuori in vacanza, altrimenti chiamavano la Polizia.

Come sapete, sto pensando di sostituire i miei *Audax* dopo tutti questi anni.

Non ho alcuna voglia di rifare tutto il diffusore, quindi agisco al contrario: cerco un woofer che si adatti a quello che ho già, al massimo chiudendo il tubo reflex per andare in cassa chiusa.

Il pannello frontale è sufficientemente ampio da alloggiare un woofer da 165, se volessi.

Proviamo quindi a vedere cosa succede, con i due modelli che abbiamo preso ad esempio:

- il *Visaton* da 165 per la cassa chiusa, chiudendo il tubo;
- il *Monacor* da 130 per il bass-reflex già esistente.

Qui a destra vi mostro i risultati. La linea rossa, come al solito, mostra l'incrocio delle curve a 45 Hz.

Come vedete, il **Visaton** farebbe la sua figura, se solo avesse un tantino di efficienza in più.

D'accordo... in cassa chiusa c'è una maggiore escursione, quindi più distorsione armonica ed intermodulazione, ma con quello che costa il *Monacor* ci comprerei entrambi i *Visaton*... (**47 €** contro **24**).

Voi cosa scegliereste?



(...lunga pausa di riflessione... E non sbirciate su quello che ho scritto sotto...)

Vabbè... Ho scelto il *Monacor* in bass-reflex, per diversi motivi.

- Prima di tutto, ogni singolo dB è prezioso, considerando che il mio amplificatore è soltanto da 30 W.
- Poi c'è l'intermodulazione, di cui abbiamo già parlato; per me è un problema, visto che ho un due vie.
- Inoltre anche se non c'entra niente con i bassi, il formato da 130 arriva meglio all'incrocio con il tweeter.
- Infine... Ormai lo sapete... non riesco a resistere, alla vista del polipropilene!

OK... OK... Mi tocca spendere un po' di più, ma gli *Audax* sono dell'83. Se li cambio ogni 38 anni...
...questi nuovi me li porto nella tomba.

Quando ho parlato di "esempio di progetto" ad inizio pagina, forse credevate che spiegassi come si dimensiona il volume della cassa, oppure come si sceglie la frequenza di accordo... (e lo vedremo).

...Ma quelle sono cose che si fanno dopo; con i simulatori software ci vogliono pochi minuti.

La prima cosa da fare, quando si progetta una cassa, è scegliere **l'altoparlante giusto**.

Nel mio esempio abbiamo visto una miriade di aspetti, tutti ugualmente importanti, di cui bisogna tenere conto per ottenere un buon risultato finale: efficienza, estensione, distorsioni, prezzo d'acquisto, potenza, amplificazione, ingombro, impatto dinamico... perfino il tweeter produce limitazioni nella scelta del woofer, perché potrebbe richiedere una frequenza di incrocio dove non tutti arrivano.

Qualcuno potrebbe dire: - *Tu agisci così perché la cassa ce l'hai già e non hai voglia di rifarla. Ma io non ce l'ho e devo progettare da zero. Che gli dico al simulatore? Vado a tentativi?...*

Volendo... Si potrebbe pure, con un po' di esperienza, ma di solito non è necessario.

Prima di tutto, il software vi chiederà i dati del woofer, ma stanno a catalogo e dovete solo copiarli.

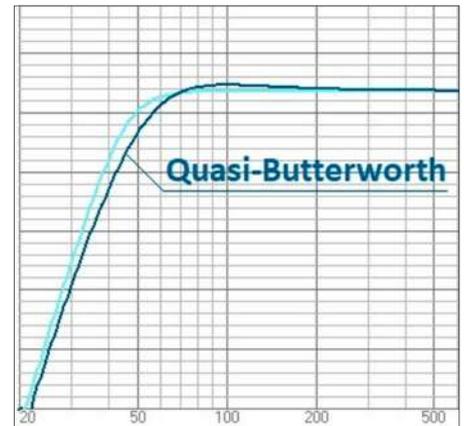
Poi, generalmente, vi viene proposto di scegliere un allineamento standard, tra quelli di Thiele; sono quei nomi che abbiamo conosciuto parlando della cassa chiusa: *Bessel*, *Butterworth*, *Chebyshev*, spesso indicati dalle abituali sigle **BL4**, **B4**, **C4**.

Con il bass-reflex abbiamo anche il **QB3**, che sta per *Quasi-Butterworth*.

Si tratta di un allineamento ottimizzato per l'ingombro, molto apprezzato dalle aziende per i diffusori commerciali.

In altre parole, per evitare di litigare con le mogli, sacrifichiamo una piccola fetta di estensione sui bassi e, così facendo, riduciamo in modo significativo il volume della cassa.

Il grafico a destra mostra un confronto tra **B4** e **QB3**, con il nostro Monacor da 130. Il volume di carico scende del 30%, da 16 a 11 litri.



Se vi sta bene un allineamento standard, tra quelli proposti dal simulatore, il progetto finisce qui.

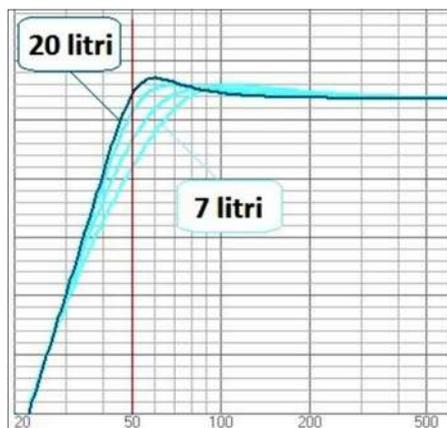
Non dovete fare altro che immettere il diametro interno del tubo (vedremo poi come sceglierlo) ed il software calcolerà automaticamente la lunghezza, usando un'altra equazione del solito Richard Small.

Ma stiamo scherzando?... Siamo o non siamo elettroacustici??

Con tutto il rispetto per Thiele, i suoi allineamenti se li mettesse a casa sua. Noi siamo creativi...

Sceglieremo quindi un progetto-base, poi andremo gradualmente a modificare i valori.

Per fare un esempio, propongo di partire con il caso di qualche pagina fa: quel bass-reflex... "rimediato", che avevamo ottenuto dalla conversione di un *Butterworth* in cassa chiusa.



Il volume di carico era obbligato, in quel caso, a soli 7 litri.

Proviamo ad aumentarlo a 10, a 14 e poi a 20.

La risposta è ben visibile nel grafico qui a sinistra: aumenta progressivamente la sovrapposizione, tra l'emissione del woofer e quella del tubo, perché la maggiore massa elastica riduce l'effetto frenante sul movimento della membrana.

In altre parole, l'emissione del tubo è sempre lì, ma quella del woofer si estende sempre più in basso.

Ovviamente, anche l'escursione aumenta, ma nulla di drammatico. Siamo sempre ben al di sotto di una cassa chiusa.

Finché non si esagera (e finché le mogli ce lo consentono), aumentare il volume di una cassa reflex è quasi sempre positivo, perché l'estensione sui bassi aumenta in modo evidente.

Nel nostro esempio, il limite a -3 dB è passato da 62 a 47 Hz, tra i due casi estremi. Inoltre, si ottiene un enfaticizzazione dell'estremo basso a tutto vantaggio del *punch*.

Se quel progetto fosse partito da zero, anziché da una cassa chiusa già esistente, è chiaro che nessuno avrebbe accettato il risultato offerto dai 7 litri di partenza, a meno di non dover mettere i diffusori in uno spazio obbligato. In altre parole, quel woofer può dare maggiori soddisfazioni, se gli date spazio.

Tuttavia, sul reflex non c'è un solo valore da impostare, come per la cassa chiusa; qui ne abbiamo due, perché anche la frequenza di accordo è una nostra scelta. Divertiamoci a cambiare pure quella...

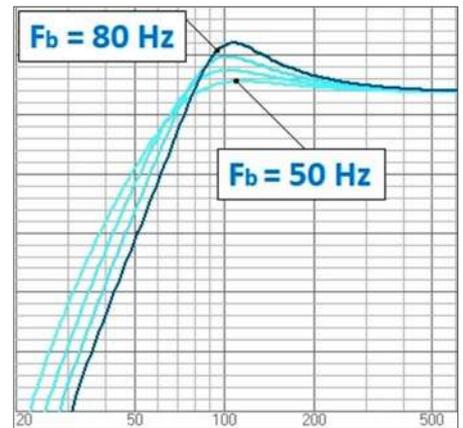
Per metterci a parità di condizioni con l'esempio precedente, ripartiamo da zero con il diffusore originale: cassa chiusa da 7 litri, convertita in reflex e accordata a 50 Hz.

Ora proviamo ad aumentare la frequenza di accordo, progressivamente, passando a 60, a 70 ed infine ad 80 Hz.

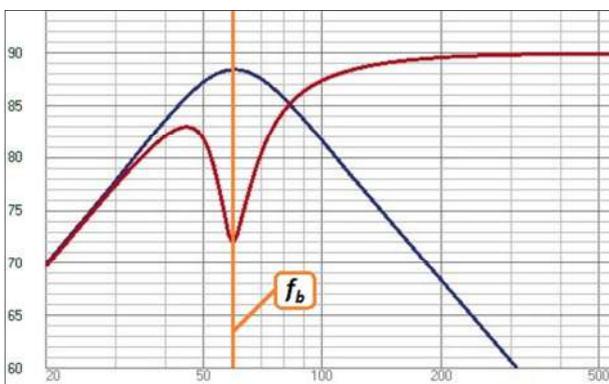
Gli effetti sono ben visibili nel grafico qui a destra.

Pure questa volta si forma una "gobba" sulla curva di risposta, anche più evidente di prima, che enfatizza l'estremo basso. Tuttavia, in questo caso l'estensione si riduce: il limite a -3 dB si alza da 62 a 71 Hz.

Rispetto al caso precedente, ora stiamo producendo l'effetto opposto. Anche in questo caso il rinforzo è dato dalla sovrapposizione delle due emissioni, ma il woofer è sempre quello e sta nello stesso volume. È il condotto che va a suonare su frequenze più alte.



Forse può sembrare complicato, ma diventa tutto più comprensibile se recuperiamo un grafico già visto.



Con le tolleranze di un disegno fatto a mano, appare evidente che ho cercato di simulare un *Butterworth*. Osservate la curva rossa, quella del woofer...

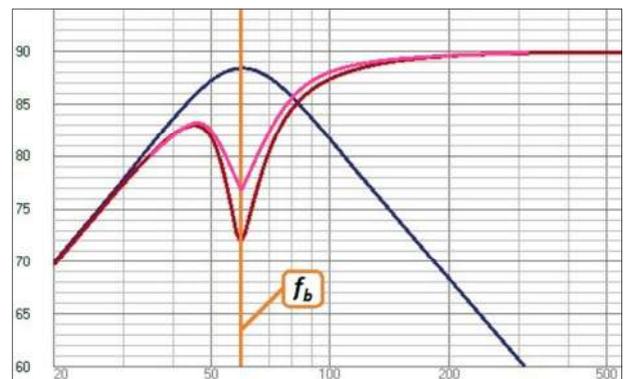
C'è un "ginocchio" centrato su 80-90 Hz, che poi scende fino ad un picco negativo a -18 dB.

Con una cassa più grande, quel ginocchio si sposterebbe leggermente più a sinistra, ma soprattutto formerebbe un picco meno profondo.

Dato che l'emissione del condotto resta sempre lì, sui 60 Hz, la curva rossa andrebbe a sovrapporsi sempre più a quella blu, a mano a mano che il volume di carico aumenta...

La situazione, pressappoco, sarebbe quella schematizzata nel grafico qui a destra. Dalla somma delle due curve, si intuisce che la risultante formerà una "gobba", il cui valore massimo tenderà ad avvicinarsi sempre più alla frequenza di accordo, all'aumentare del volume.

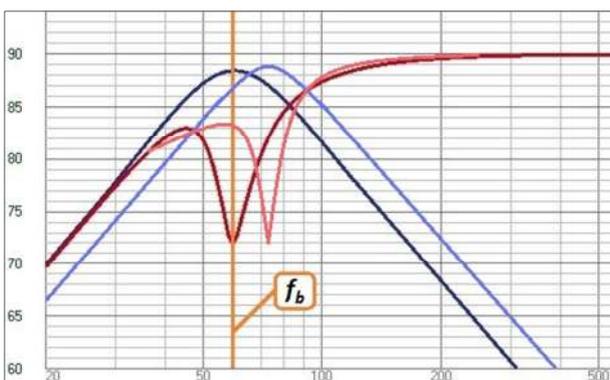
Entro certi limiti, l'aumento di escursione rimane accettabile; pertanto quella cassa ci offre più estensione ed un maggior *punch*, in cambio dell'ingombro.



Se invece alzassimo la frequenza di accordo, sarebbe la curva blu che si sposterebbe a destra, un po' come nel grafico qui a sinistra.

Anche in questo caso otteniamo una sovrapposizione, ma stavolta è il condotto che va incontro al woofer.

Si ottiene sempre un *Chebyshev*, ma senza aumentare l'ingombro e con un'escursione addirittura più bassa; tuttavia, quel basso più aggressivo si paga a caro prezzo, con un'estensione più limitata.



Quando progettate un reflex, non dovete mai essere fissati in modo fanatico, su un'impostazione di base. Dovete sempre adattarvi al woofer che avete a disposizione, cercando di ottenere il massimo che può darvi, ma senza pretendere di più. Otterreste l'effetto opposto.

Il mio consiglio è di non scendere mai sotto i 50 Hz, soprattutto con i woofer da 130.

Nel 99% dei brani musicali, non c'è niente sotto quella frequenza; quei bassi che vi sembrano coinvolgenti, da "pugno nello stomaco" sono sempre intorno a 100 Hz, diciamo tra 60 e 140.

Potremmo arrivare più in basso con qualche film che mostra terremoti ed esplosioni, ma servirebbe solo a far arrabbiare i vicini di casa, perché quei bassi li sentirebbero loro e non noi.

Un ambiente domestico è sempre troppo piccolo, per quelle frequenze; vi ricordo che a 35 Hz la lunghezza d'onda corrisponde a 10 metri.

In alcune cattedrali gotiche ci sono organi a canne che arrivano a 30 Hz, ma quelle fanno 3000-4000 mq di superficie e 20-30 metri di altezza; un comune salotto di casa ci entrerebbe 2000 volte.

Chi ha curato l'audio del film "*Pompei*", ha dimensionato gli effetti del vulcano per una sala da cinema, non per le nostre abitazioni.



Quindi, se disponete di un piccolo woofer da 130, non forzate mai a raggiungere i 30-40 Hz con una cassa gigantesca, tirando giù la frequenza di accordo. Il risultato sarebbe pessimo.

È proprio da questi tentativi falliti che nascono le leggende metropolitane, ad esempio...

...Il bass-reflex rimbomba.

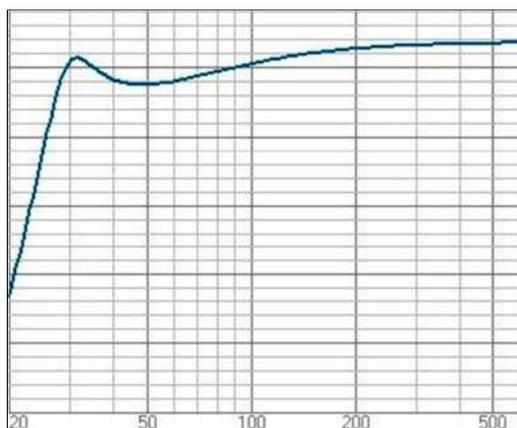
...per gli strumenti a percussione ci vuole la cassa chiusa.

...con il reflex il basso si affloscia, c'è una pessima risposta ai transienti.

...le casse chiuse hanno meno distorsione.

Tra tutte queste idiozie, l'unica che assomiglia vagamente alla realtà è la prima, ma quel rimbombo non dipende dal reflex. È causato dalla vicinanza della parete di fondo, quando il tubo, per motivi estetici, viene collocato sul retro della cassa. Io non lo faccio mai.

Cerchiamo pertanto di capire come nascono, le varie stupidaggini che si leggono in giro.



Giocando con il simulatore, potreste arrivare a risultati come questo qui a destra, dove il vostro wooferino da 130 sembra estendersi fino a frequenze tipiche di un 380 mm.

Ci si arriva con una cassa a torre, da 70 litri, accordata a 30 Hz.

Potrebbe essere, ad esempio, 24 × 28 cm con un'altezza di 1 metro e 40, considerando anche lo spessore del legno.

**- Wow!... Sono un genio... Arrivo a 28 Hz con un 5 pollici!
Forse dovrei mandare un curriculum alla Dynaudio.**

Se in casa avete un caminetto, o anche un barbecue, ve lo dico io che fine farà quella cassa...

Il woofer sarà costretto ad escursioni che vanno oltre il doppio della sua X_{max} di 4 mm; lo farà anche su frequenze di 60-70 Hz, dove ci sono i bassi più potenti e spettacolari, producendo distorsioni fuori scala. L'intermodulazione rovinerà tutta la gamma media, fino all'incrocio con il tweeter, inoltre verranno compromesse tutte le armoniche superiori di quei bassi, che risulteranno "slabbrati" e privi di impatto.

C'è un solo modo per recuperare due casse così... Trasformarle in carbonella per cucinare le salsicce.

Ogni tanto qualcuno ci prova, da dilettante. Ecco come nascono certe leggende metropolitane.

Poi è naturale che si dia la colpa al bass-reflex, è difficile ammettere di non saperlo progettare.

Come vedete, ragazzi, non basta avere un PC ed un simulatore, per essere dei progettisti.

Quello vi fa solo i calcoli, ma la creatività dovete mettercela voi; per farlo, dovete imparare un mucchio di piccole cosucce che nessun software vi offre.

Ci sono alcuni aspetti che potreste imparare dai professionisti, osservando le casse commerciali; ma anche su quelle, talvolta, ci sono trovate commerciali difficilmente distinguibili dalle vere soluzioni tecniche.

Con due wooferini da 130, io riesco a sonorizzare adeguatamente un *open-space* di quasi 40 mq.

Se non mi credete, guardate cosa tengo in cantina...



È un subwoofer amplificato da 200 W in carico simmetrico.

Se i bassi delle mie casse fossero insufficienti, a quest'ora lo terrei in salotto, non vi sembra?

Invece non so che farmene. Vent'anni fa mi è stato regalato e l'ho usato per un mese o due; dava solo fastidio.

Eppure... avrete ormai capito che mi piace il *punch*, non sono certo un estimatore delle casse "all'inglese".

Insomma, dovrei avere bassi rispettabili, per tenere quel coso in cantina.

Per mio figlio ho realizzato un reflex da 40 litri, da mettere in un locale dove si ritrova con amici ventenni.

Visto che sono stato giovane anch'io, conosco i miei polli... Non gliene frega una cippa dell'adagio di Vivaldi suonato dal quartetto d'archi, quelli vogliono essere malmenati da un basso che ti prende a pugni.

Ho centrato l'obiettivo, tra i complimenti di tutti, con un woofer da **165** che costa 30 euro!

Già che ci siamo approfittiamo delle casse di mio figlio per una piccola dimostrazione.

Nelle chiacchierate precedenti, dicevamo che le tolleranze sulla cedevolezza sono poco importanti, ai fini del risultato finale; sulla cassa chiusa, conoscendo la semplicissima equazione, non mi ci sono soffermato perché la cosa è evidente. Tuttavia, qualcuno potrebbe avere dubbi sul bass-reflex.

Il woofer di mio figlio ha sospensioni molto rigide, che portano la risonanza a 61 Hz ed il Q_{ts} a 0,56.

Supponiamo che un operaio, durante il montaggio, abbia preso dei centratori sbagliati, molto più morbidi.

Nel nostro esempio, ipotizziamo una differenza così alta che la cedevolezza (C_{ms}) aumenta di **4 volte**...

...È praticamente impossibile, ma lo faccio apposta per mettermi in una situazione esagerata.

Quel giorno, anche al controllo qualità erano un po' distratti... Nessuno se n'è accorto e quei woofer sono capitati a me, che avevo progettato la cassa fidandomi dei parametri dichiarati.

Quale sarebbe il risultato?

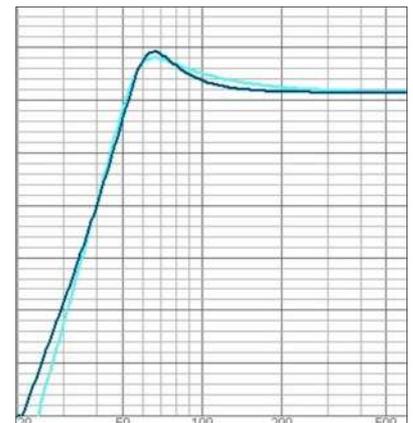
Re (ohm):	5,40	Re (ohm):	5,40
Fs (Hz):	61,00	Fs (Hz):	30,50
Le (mH):	1,12	Le (mH):	1,12
Mms (g):	14,90	Mms (g):	14,90
Vas (dm ²):	13,86	Vas (dm ²):	55,45
Cms (mm/N):	0,46	Cms (mm/N):	1,83
Qts:	0,56	Qts:	0,29
Qms:	6,00	Qms:	5,00
Qes:	0,62	Qes:	0,31
Bxl (Wb/m):	7,05	Bxl (Wb/m):	7,05

I dati tecnici, quelli richiesti per progettare la cassa, verrebbero alterati come nell'elenco qui a sinistra.

Le variazioni sono enormi, ovviamente, ma lo stiamo facendo apposta per evidenziare gli effetti sulla risposta.

Sorpresa!...

Il grafico a destra mostra le curve che si otterrebbero dai due woofer, nella stessa cassa e con lo stesso tubo.



La differenza sarebbe **inferiore ad 1 dB** nel punto di **massima divergenza**, anche inventando un errore così estremo da risultare impossibile.

Vi ricordo che la cedevolezza dipende anche dal bordo; sbagliando solo il centratore, nessun operaio distratto otterrà mai una simile tolleranza.

Torniamo alle casse di mio figlio...



Visto che queste chiacchierate si rivolgono ai principianti, non pretendo che voi, al primo tentativo, otteniate i risultati che ottengo io; anche perché ci sono parecchi “trucchi del mestiere” a cui non siamo ancora arrivati.

Cerco solo di sottolineare il mio consiglio, che sta alla base di tutto e che non mi stancherò mai di ripetere fino alla noia:

- **Non cercate di inseguire i 30 Hz a tutti i costi**, perché *“così avrò più bassi”*...

In realtà, ne avrete di meno e saranno sgradevoli all’ascolto.

Disponendo di un woofer più grande, diciamo un 200 mm, è legittimo che qualcuno voglia pretendere una maggiore estensione, ma non ci vuole nulla a provare gli effetti di persona. Vi spiego come...

Un tubo di plastica ha un costo ridicolo; quelli per edilizia sono da un metro e di solito ne avanza metà.

Non dovete nemmeno fare calcoli perché la lunghezza ve la dice il simulatore.

Dopo aver progettato e realizzato la cassa, tagliatene quattro spezzoni. Ne farete due con la lunghezza prevista dal progetto, ad esempio per scendere fino a 40 Hz o anche meno; gli altri due tagliateli più corti, circa la metà, senza neanche curarvi di sapere a che frequenza si accorda la cassa.

Tanto è solo un esperimento...

Quando li montate, incastrateli senza collanti o sigillanti, in modo da poterli sostituire facilmente.

A questo punto, fate delle prove d’ascolto con brani ricchi di bassi...

...E non avrete più bisogno di fidarvi di me.

A proposito...

Non ho scritto una parola sul dimensionamento del tubo, perché gli dedicheremo la prossima chiacchierata. C’è così tanto da dire, su di lui, che merita una puntata tutta sua, mentre qui siamo già a 12 pagine.

Vi invito pertanto a continuare la lettura, con il mio saluto abituale...

Alla prossima!

26 marzo 2021



(Robert Romiti)