

# Chiacchierate sull'elettroacustica

## 7 – La potenza del tweeter

Abbiamo già visto, quando parlavamo del woofer, che non si può fare una scelta d'acquisto sulla base della potenza dichiarata; ognuno scrive sul catalogo quello che gli pare, basandosi su mille normative diverse, che cambiano con gli anni e che sono conosciute solo dagli addetti ai lavori.

In quell'occasione consigliavo, con un po' di elasticità mentale, di regolarsi sul diametro della bobina.

Per il tweeter la situazione è decisamente più complicata: i dati sulla potenza vanno ignorati del tutto, perché sono addirittura **fuorvianti**. Più avanti ci faremo due risate.



Per adesso, osservate questo equipaggio mobile a sinistra.

Si tratta di un tweeter a cupola morbida da 25 mm, la cui trasparenza consente di intravedere la bobina mobile già incollata.

Per chi non ricorda la bobina di un woofer, la ripropongo qui sotto a destra. Quella in foto è da 50 mm, ma anche fosse da 25, la maggiore delicatezza del tweeter si intuisce a colpo d'occhio.



Evitiamo di complicarci la vita, con i discorsi che si sentono in giro sull'escursione e la tenuta meccanica. Se un altoparlante si rompe **meccanicamente** (woofer o tweeter che sia), significa che il diffusore è stato messo insieme da un **incapace**, qualcuno così incompetente da montare un woofer su una cassa concepita per un altro; oppure, non sapendo progettare un crossover, lo ha copiato da un prodotto commerciale "che gli piaceva tanto", senza accorgersi che il suo tweeter era molto diverso.

Se il diffusore viene dimensionato usando un po' di cervello, in relazione agli altoparlanti di cui si dispone, questi non si rompono mai meccanicamente; in caso di potenza eccessiva, è **sempre** la bobina che si brucia.



Anche se qui dovremmo parlare di tweeter, a sinistra vi mostro il danno sulla bobina di un woofer, perché è molto più grossa; si vede meglio l'aspetto che assume, dopo la bruciatura.

In realtà, è difficilissimo danneggiare un altoparlante in quel modo, bisogna quasi farlo apposta. È infatti necessaria una combinazione di tre fattori concomitanti, che vado ad elencare...

- 1) Le casse sono state collegate ad un amplificatore inadeguato, troppo potente per il woofer o troppo poco per il tweeter (questa la capiremo più avanti, per ora fidatevi).  
Visto che i diffusori offrono sempre un intervallo molto ampio, sulla potenza di ingresso, è piuttosto difficile fare un simile errore.
- 2) Quei diffusori non sono sufficienti per l'ambiente d'ascolto.  
Ad esempio, avete usato le casse della cameretta per un compleanno in giardino; pertanto, siete costretti a tenere un volume troppo alto, per loro, durante tutta la durata della festa.
- 3) Raggiunto un certo livello di emissione, non vi siete accorti della distorsione evidente, prodotta dall'impianto prima di arrivare ai danni permanenti.  
In tal caso... mi dispiace ragazzi, ma l'elettroacustica non fa per voi.  
È inutile disquisire di Kevlar o polipropilene, di cupole da 25 o 19 mm, di filtri di 2° o 3° ordine, se non riuscite a sentire gli strilli disperati di un tweeter che sta per rompersi.

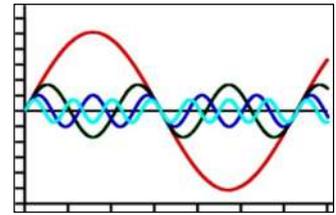
Da qui in avanti, darò per scontato che abbiate già letto la chiacchierata n° 2 (*Meraviglie del suono*), che quindi conosciate l'Analisi di Fourier e sappiate cosa sono le **armoniche**.



No!!... Quella che suona Stevie Wonder non c'entra nulla!

Se non è passato troppo tempo, dovrete ricordarvi le sinusoidi nell'immagine qui **a destra** →

Altrimenti, è meglio rileggere quella puntata precedente.



Ci sono soprattutto due motivi, per cui la bobina di un tweeter può permettersi di essere così delicata, rispetto a quella del woofer. Cominciamo dal primo.



Sappiamo tutti (presumo) che il pianoforte, con i suoi 88 tasti, offre un'estensione di oltre 7 ottave, tale da coprire il registro di qualsiasi strumento dell'orchestra, dalla tuba fino all'ottavino. Per questo motivo, è lo strumento usato dai musicisti per comporre opere sinfoniche.

Sappiamo anche che in un comunissimo sistema a due vie, con woofer da 6 pollici e tweeter da 25, la transizione tra i due avviene intorno ai 2000 Hz; si può arrivare anche a 3000 ed oltre, con il woofer da 130 ed il tweeter da 19 (altra combinazione piuttosto comune).



Tali frequenze non sono imposte dalla Costituzione, ma parliamo di valori piuttosto abituali, che si trovano in parecchie casse, sia commerciali che fai-da-te.

Ma dove si collocherebbero, quelle transizioni, sulla tastiera del pianoforte?



Lo vediamo dai due tasti che ho colorato, nella foto a sinistra.

Con le frequenze di incrocio che abbiamo considerato, il colore **rosso** mostra un *DO* a 2093 Hz, mentre l'**azzurro** evidenzia un *SOL* a 3136 Hz.

Mi spiego meglio... (sempre con riferimento ai sistemi 2 vie considerati nell'esempio).

Nella gamma di frequenze di pertinenza del tweeter, il tasto rosso corrisponde alla nota più bassa riprodotta dal 25 mm. Se abbiamo un 19, bisogna arrivare addirittura al tasto azzurro.

In entrambi i casi, la nota precedente si trova già nella zona di competenza del woofer (1976 e 2960 Hz).

Vi invito ora ad osservare il pianista qui a lato, in particolare il mignolo della mano destra.

Si chiama **Patrik Pietschmann** e sta suonando *Chevaliers De Sangreal*, tema principale del film *Il Codice Da Vinci*.

L'intero brano dura 3:47, ma nell'immagine vi mostro l'**unica volta** in cui entra (per un pelo) nella zona di un tweeter da 25. In quella del 19 non ci arriva mai.



Si tratta di un caso particolare?... Probabilmente sì... Non sono stato a controllare gli altri suoi video. Di sicuro, ci saranno brani dove si arriva anche più in alto, magari fino alla zona del tweeter da 19. Ma è proprio necessario usare un altoparlante in più, per quella manciata di note là in fondo?

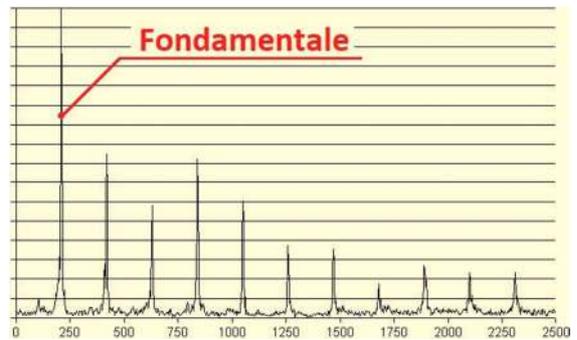
Qualcuno si starà chiedendo a cosa serve il tweeter... Se l'ultimo tasto (un DO) corrisponde a 4186 Hz, sarebbe bastato "tirare" il woofer un po' più in alto. Ma è proprio qui che entra in ballo Fourier, perché le frequenze che stiamo citando sono soltanto **le fondamentali**.

Tranne alcuni casi estremi, il tweeter deve riprodurre le delicatissime **armoniche superiori**, quelle che definiscono il timbro dello strumento con il massimo dettaglio. Un lavoro di cesello, non di piccone. Le fondamentali finiscono tutte sul povero woofer, spesso anche le armoniche immediatamente successive (la seconda, la terza, la quarta), che sono quasi sempre le più potenti.

Quello che vediamo a destra è il contenuto armonico di un violoncello, mentre suona un SOL #.

Non c'è una regola fissa, su ogni singola armonica, per cui debba essere per forza inferiore alla precedente, ma **tendenzialmente** il decadimento è ben evidente.

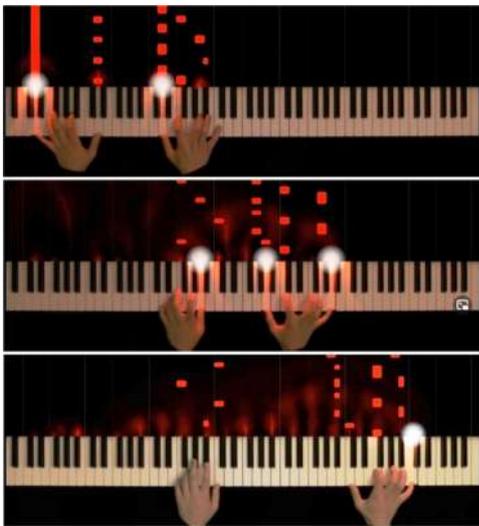
Nella complessità di un segnale polifonico, con tutti gli strumenti che suonano insieme, al tweeter spettano solo le componenti di minor ampiezza di ognuno di essi.



Ma avevamo detto che ci sono due motivi, per spiegare la differenza tra le bobine. Vediamo il secondo...

Durante l'esempio precedente, è possibile che qualcuno abbia interrotto la lettura, incuriosito dal pianista che ho mostrato, per andare a guardare quel video.

Se lo avete fatto, vi sarete sicuramente accorti che il brano cresce progressivamente di tonalità, tant'è che all'inizio le mani stanno entrambe sui bassi.



Come si vede dai fotogrammi a sinistra, la melodia si sposta progressivamente verso l'alto, fino ad arrivare alla fase conclusiva, dove troviamo l'immagine già vista in precedenza.

Tra principianti, dilettanti, esperti o professionisti, se leggete queste chiacchierate siete tutti elettroacustici, quindi non voglio nemmeno pensare che l'abbiate ascoltato con gli altoparlanti del notebook, o addirittura con i tablet e gli smartphone. Darò per scontato che abbiate usato almeno una cuffia.

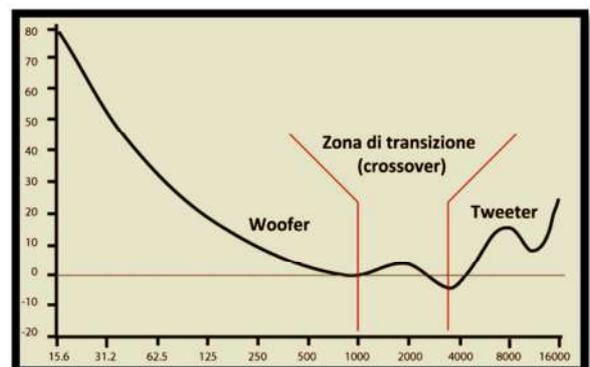
Mentre l'esecuzione andava avanti, salendo di tonalità, avete forse sentito la necessità di abbassare il volume?

Immagino di no... Le note apparivano tutte piuttosto equilibrate, a meno che non fosse il pianista a sottolinearne alcune.

Non ci trovate nulla di strano?... Provo a darvi un aiutino, riproponendo un grafico già visto nella chiacchierata precedente, quello sulla sensibilità del nostro udito.

È più chiaro adesso?...

Tra le note più basse e quelle più alte, che Pietschmann ha suonato in quel brano, noi dovremmo percepire una differenza di almeno 30 dB, perché sui bassi il nostro orecchio è quasi sordo, rispetto alla gamma media.



Quindi... come mai quelle note ci sembravano così equilibrate, dall'inizio alla fine?

Vuoi vedere che i bassi sono più potenti?

Nel 2015, due ricercatori dell'Università di Eindhoven (Hak & Wenmaekers) analizzarono l'emissione acustica media dei vari componenti di un'orchestra, durante la *Sinfonia n° 8* di Anton Bruckner.

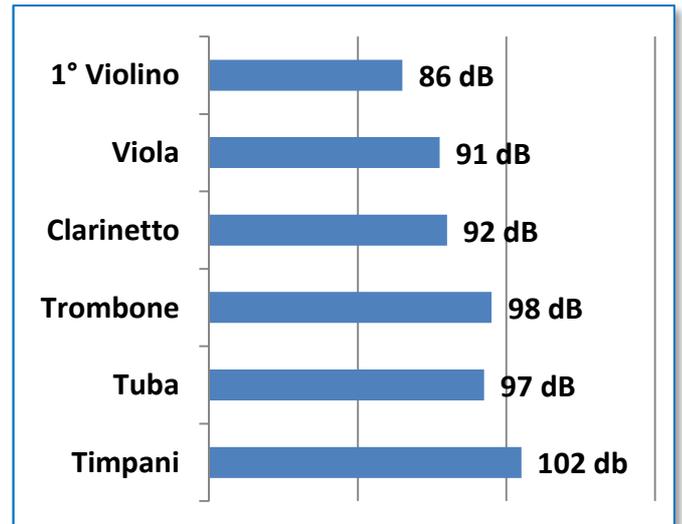
Dei risultati del loro lavoro, per semplicità ne ho isolati soltanto 6, che vi mostro nell'istogramma qui a destra.

Voglio ricordarvi che il dB è logaritmico.

Proviamo a definire quei valori in un modo più abituale per noi, come fosse la potenza di un amplificatore.

Se per riprodurre il primo violino ci volessero 10 W, il clarinetto ne richiederebbe 40, per la tuba arriviamo a 126, per il trombone a 160 e per i timpani a 400.

Quando ascoltiamo l'intera orchestra, soprattutto in un teatro dal vivo, i suoni sembrano equilibratissimi al nostro orecchio; ma non lo sarebbero affatto, se li facessimo ascoltare ad un microfono.



Vale anche per il pianoforte dell'esempio precedente.

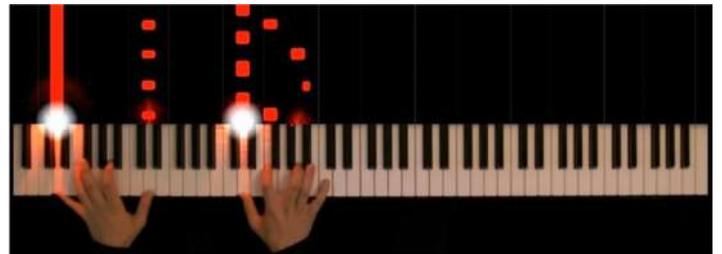
Quello di Patrik Pietschmann è digitale, quindi l'audio è alterabile con la regolazione del volume, ma supponiamo di mettergli a disposizione un **CFX Gran Concerto** da quasi tre metri, lo vedete a sinistra...

Mio figlio lo suonò al saggio di fine anno, io mi trovavo a 4-5 metri di distanza e posso garantirvi che i bassi erano da terremoto.

Quel RE a 74 Hz, che vediamo nell'immagine a destra, dal vivo ci farebbe tremare le ossa.

Ma anziché valutarlo con i nostri limitati sensi umani, potremmo provare a misurarlo con dei linearissimi strumenti elettronici.

Ci accorgeremmo che quella nota sarebbe di vari ordini di grandezza più potente, rispetto ai "tin-tin" prodotti dall'ottava più acuta.



Eccoli qua, ricapitolando, i due motivi che producono quella enorme differenza tra le bobine...

- 1) Il teorema di Fourier assegna al tweeter solo le armoniche più delicate, di qualsiasi strumento.
- 2) La sensibilità dell'orecchio umano, non lineare, costringe i bassi ad essere molto più potenti.

Quando si parla della tenuta del tweeter, tutto questo viene solitamente ridotto alla solita frasetta:

**- C'è un minor contenuto energetico del messaggio musicale.**

Un'espressione ipersemplificata, che sento da quasi 40 anni, ma che non ha mai dato piena soddisfazione alla mia curiosità, nemmeno quando ero un dilettante alle prime armi.

A questo punto, dovrebbe risultare evidente quello che sanno un po' tutti, magari in modo superficiale: per un tweeter, la tenuta in potenza è determinata soprattutto dalla risposta del filtro.

In parole povere, dipende da quanto lo "tirate giù" sui bassi.

Ora non possiamo metterci a parlare di crossover, perché lo faremo in alcune trattazioni dedicate.

Comunque, anche a parità di filtraggio, i tweeter non sono tutti uguali; e non mi riferisco soltanto al solito diametro della bobina... 19, 25, 28, ecc., perché quello sarebbe ovvio.

Ci sono due particolari costruttivi che influiscono significativamente sulla potenza massima sopportabile: il **ferrofluido** e la **camera di decompressione**.

Il **ferrofluido** fu inventato nel 1963 da **Steve Papell**, famoso tecnico elettroacustico della SEAS... Come?... Ci avete creduto?... Bene!... Significa che siete veramente fissati, con gli altoparlanti.



In realtà, Papell non c'entrava nulla con i tweeter; stiamo parlando di un ingegnere chimico che collaborava con la NASA. Quel liquido magnetico non aveva nulla a che fare con l'elettroacustica, nemmeno nelle intenzioni dello stesso Papell. Lui lo brevettò, nel 1965, come combustibile per razzi, da utilizzare nello spazio in assenza di atmosfera e soprattutto di gravità.

Poi ci sono voluti 10 anni, prima che qualcuno avesse l'idea (geniale) di metterlo nel traferro di un altoparlante.

A questo punto, dobbiamo correggere una grave inesattezza storica, che ho visto circolare in rete in più di un'occasione.

C'era una volta un diffusore di notevole successo della **Acoustic Research**, del 1964, che si chiamava **AR-4x**.

Nella storia dell'elettroacustica, fu il primo modello ad utilizzare il ferrofluido.

Qualcuno avrà sicuramente notato un'evidente incongruenza: se è stato brevettato nel '65, come hanno fatto ad metterlo in una cassa del '64?



**Il tweeter della AR-4x**

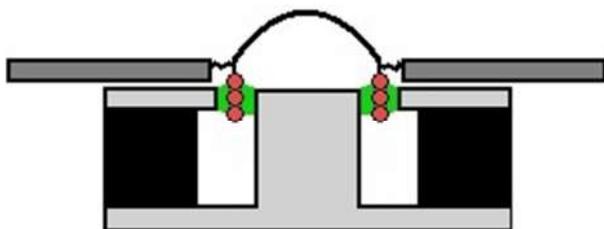
La spiegazione è molto semplice: è rimasta in produzione fino al '77. Il ferrofluido si trovava solo negli esemplari degli ultimi tre anni.

A proposito... si è accorto nessuno che montava un **tweeter a cono**?

Ma cos'è 'sto ferrofluido?... A cosa serve?...

Si tratta di una sostanza oleosa, quasi sempre di origine minerale, alla quale vengono aggiunte particelle di ossidi di ferro. Non si tratta di semplice polvere, si va quasi a livello molecolare: la singola particella si misura in **nanometri** (milionesimi di millimetro).

A quelle dimensioni, gli ossidi si comportano come fossero molecole dell'olio che li contiene; nonostante siano presenti in piccole quantità (sempre meno del 10%) trasmettono a tutto il liquido le loro proprietà ferromagnetiche. Questo consente interessanti giochini artistici, come quello a destra.



Vista la potentissima densità di flusso, nel traferro di un altoparlante, potete ben immaginare che una volta messo lì dentro non esce più, nemmeno lanciando il circuito magnetico contro un muro.

Nel disegno schematico qui a sinistra, la posizione del ferrofluido è mostrata con il colore **verde**.

Il primo pensiero, vedendo la bobina in quel liquido, riguarda la dissipazione del calore.

E' piuttosto intuitivo che il raffreddamento venga reso più efficace. La presenza del ferrofluido facilita la trasmissione di energia termica, dal filo di rame, verso il nucleo e la piastra polare.

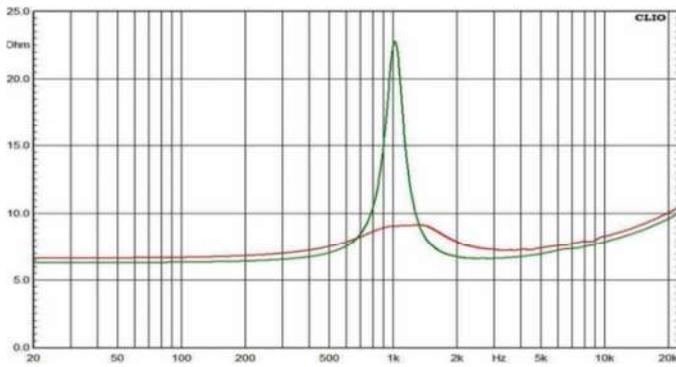
Vi sembrerà strano, ma anche il **BL** aumenta leggermente, perché il flusso si disperde di meno.

In parecchi tweeter ci sono flange di alluminio, per facilitare ulteriormente lo smaltimento di calore.

Personalmente l'ho sempre considerata un'inutile esagerazione, è utile solo per montare l'altoparlante con un avvitatore a batteria, la cui potenza potrebbe danneggiare una flangia di plastica stringendo troppo.

È questo che ci interessa, dell'invenzione di Papell, visto che qui si parla di tenuta in potenza.

Tuttavia, il ferrofluido produce un altro effetto importante...



Osservate le due curve di impedenza nel grafico qui a lato.

Nelle zone lineari, la rossa è più alta di quasi 1  $\Omega$ , probabilmente per un contatto imperfetto dei terminali a coccodrillo sul tweeter.

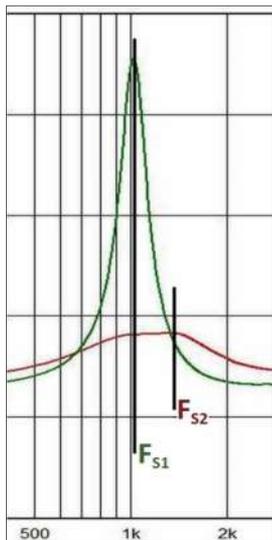
Semberebbe comunque chiarissimo, dal picco di risonanza, che si tratti di due modelli molto diversi... Invece, non è affatto così.

Quelle curve provengono esattamente dallo stesso tweeter; quando dico "esattamente", intendo che non si tratta di due esemplari dello stesso modello, ma proprio dello stesso esemplare.

La curva rossa viene da un *Monacor DT-107* originale; quella verde si ottiene rimuovendo il ferrofluido. C'è una componente di impedenza  $R_{es}$  che è responsabile di quel picco, ma il suo valore è associato alle perdite per attrito. Quando la bobina si muove nel ferrofluido, la resistenza meccanica aumenta moltissimo rispetto ad un movimento "a secco", pertanto  $R_{es}$  si riduce quasi a zero.

Provate ad agitare una forchetta in un barattolo vuoto, poi riempitelo di olio e provateci di nuovo...

In questa chiacchierata, dedicata alla tenuta in potenza, quello smorzamento ci interessa poco, ma parlando di ferrofluido non potevo evitare di mostrare il suo effetto sulla curva d'impedenza. Approfondiremo anche questo argomento, quando parleremo di filtri crossover.



C'è però un altro aspetto importante, di quei grafici, che vorrei farvi notare con questo particolare ritagliato (a sinistra).

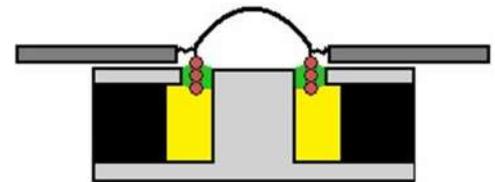
Osservate il punto più alto dell'impedenza, sul picco verde e su quello rosso.

La **frequenza di risonanza** del tweeter tende ad abbassarsi, quando togliamo il ferrofluido, come se la sospensione del tweeter diventasse più morbida.

Con il nostro *DT-107*, lo spostamento è grossomodo sui 350-400 Hz.

Il fenomeno è legato al "tappo" sul traferro, costituito dal liquido magnetico. Quando la membranza si muove alla frequenza di risonanza, raggiunge la sua escursione massima; risente pertanto del volume di aria che sta sotto la cupola. Se il ferrofluido non ci fosse, quel volume sarebbe comunicante con la cavità che sta tra nucleo e magnete, quindi ci sarebbe molta più aria da comprimere.

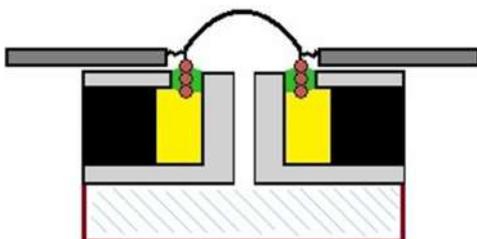
Forse si capisce meglio osservando il disegno schematico a destra, con il volume colorato in giallo che ora risulta "tappato".



- Ma non si potrebbe aprire un foro attraverso il nucleo?

Questa soluzione viene già usata su parecchi woofer, proprio per evitare compressioni sotto il parapolvere...

Disgraziatamente, con il tweeter non è così semplice. Le "botte" di pressione prodotte dal woofer, nella stessa cassa, si trasmetterebbero alla cupola del tweeter attraverso il nucleo forato.



Si potrebbe realizzare una suddivisione interna, formando una mini-cassa per il tweeter all'interno del volume principale, ma questo aumenterebbe i tempi ed i costi del lavoro di falegnameria, nonché la probabilità di errori.

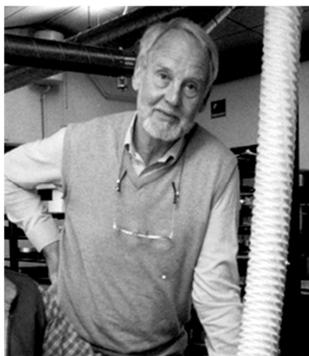
Inoltre, la realizzazione sarebbe più lontana dalle possibilità di un dilettante, specialmente se principiante.

Ecco la soluzione, qui a sinistra: la **camera di decompressione**.

Stavolta devo confessare la mia ignoranza: non ho idea di chi abbia inventato la retrocamera. Il primo tweeter, di cui posso testimoniare personalmente tale soluzione, è stato il **Dynaudio D-28**. In questa immagine a destra si vede benissimo.

Il D-28 c'era già nei primi anni '80, quando io muovevo i primi passi come dilettante. Confrontato con i suoi contemporanei, sembrava una *Mercedes Classe S* al raduno delle *Fiat Panda*.

Era il periodo in cui l'azienda danese cominciava a stupire il mondo, con le meraviglie di **Ejvind Skaaning** (morto nel 2016, fu il fondatore di *Scan-Speak*, *Dynaudio* e indirettamente anche di *Morel*).



Come sapete, io sono di parte quando si parla di questo immenso personaggio; le sue opere contribuirono parecchio a fare di me un elettroacustico.

Tra i tweeter da 19, il primo con la retrocamera che io ricordi fu lo **Scan-Speak D2008**; non ricordo se il *Dynaudio D-21* esistesse già da prima, ma non ebbe mai lo stesso successo del mitico "Scan" (così lo chiamavamo amichevolmente).



Per circa un decennio furono scazzottate, tra le opposte tifoserie di *Scan-Speak* e *Dynaudio*, ma in entrambe le fazioni, tutti avevano un'altissima opinione dell'avversario.

So che qualcuno se lo sta chiedendo... Ma non vi dirò mai a quale gruppo appartenevo io!

- *Ma cosa c'entra la camera di decompressione, con la tenuta in potenza?*

Beh... qui devo chiedervi di prendere un caffè, perché il ragionamento è un po' elaborato.

C'è un consiglio, diffuso da almeno 40 anni, che probabilmente avete già sentito da qualche parte:

*"Il tweeter va filtrato almeno un ottava sopra la sua frequenza di risonanza!"*

Quasi tutti, talvolta anche i dilettanti più esperti, credono che quella frase sia legata alla tenuta in potenza, come a dire: - *Se lo filtri più in basso ti si rompe, o quantomeno ti va in distorsione.*

È facilmente dimostrabile che la potenza non c'entra nulla, sui tweeter di oggi.

Pensate al nostro *Monacor DT-107*, di cui vi mostro un'immagine a destra.

È quello di cui abbiamo parlato nella pagina precedente, osservando le differenti curve di impedenza.



In base ai grafici, sappiamo che risuona a 1400 Hz per l'effetto-tappo del suo ferrofluido, ma il valore di  $f_s$  scende a 1000 quando glielo togliamo, lasciandogli più aria.

Adesso applichiamo il famoso consiglio... Per lasciargli un'ottava di margine, il tweeter "truccato" può essere tirato giù fino a **2000** Hz, mentre l'originale (con il liquido) non dovrebbe scendere sotto i **2800**.

Non ci vedete qualcosa che non va?

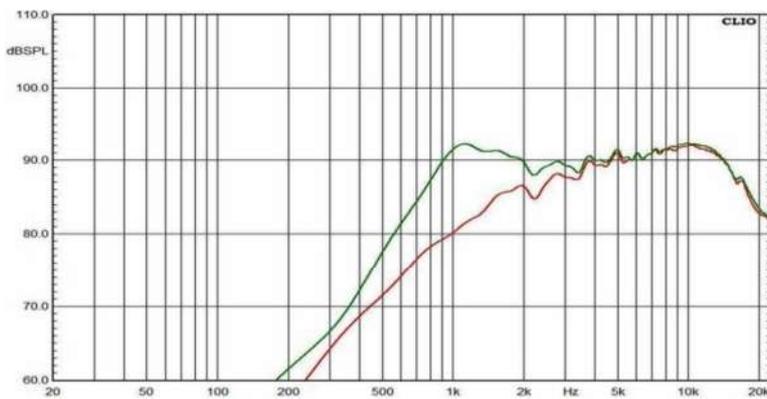
Cioè... Prima faccio un tweeter da 25 con il ferrofluido, perché così mi regge una potenza doppia...  
...e poi sono costretto a filtrarlo come se fosse un 19?

In realtà, se dipendesse soltanto dalla potenza sopportabile, un tweeter con ferrofluido potrebbe essere filtrato decisamente più basso, rispetto ad una versione che non ce l'ha.

Con la potenza che sopporta, potremmo scendere dove *"il contenuto energetico del messaggio musicale"* è più alto, perché ci sono armoniche più pesanti e più strumenti che ci arrivano con le fondamentali.

In realtà, il problema non riguarda la tenuta del tweeter, ma la sua **curva di risposta**.

A questo punto introduco una semplificazione, per rendere la chiacchierata più scorrevole.



In base ai colori delle curve, quando c'è il liquido lo chiameremo "tweeter rosso". Quando invece non c'è, si chiamerà "tweeter verde".

Qui a sinistra vediamo come cambia la risposta in frequenza, sempre sul nostro DT-107, con e senza ferrofluido. Dall'evidente smorzamento, si capisce come agisce il liquido.

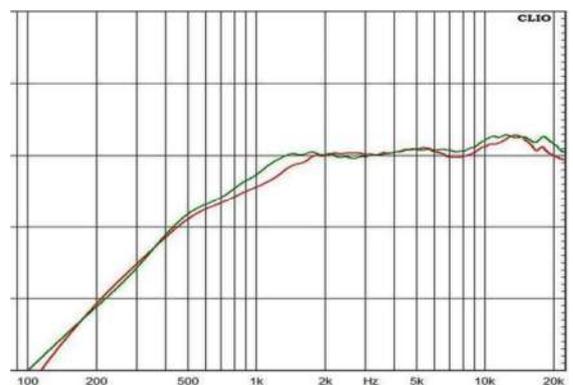
Tuttavia, in quei grafici non vediamo soltanto gli effetti smorzanti. Se ci fossero solo quelli, sotto i 1000 Hz quelle curve dovrebbero convergere, fino a sovrapporsi di nuovo come sopra i 3500.

Questo non accade per via delle differenti risonanze, a 1000 Hz per il tweeter verde, a 1400 per il rosso.

Su questo ci viene in aiuto la SEAS, che propone due modelli quasi uguali, tranne per la presenza di ferrofluido.

In questo caso, abbiamo ancora lo smorzamento sul "ginocchio", nella zona intorno a 1000 Hz, ma le curve tornano a sovrapporsi sia prima che dopo.

Il motivo è facilmente spiegabile, basta guardare i due tweeter nelle immagini qui sotto: entrambi i modelli hanno la camera di decompressione dietro il magnete.



Quella cavità offre un volume molto ampio, rispetto alle dimensioni della membrana ed alla sua escursione; pertanto si annulla la compressione dell'aria sotto la cupola, in modo che la cedevolezza del tweeter dipenda solo dalla sua sospensione meccanica.

Il Monacor non aveva nessuna retrocamera, per cui l'effetto-tappo era evidentissimo.

*Sì... d'accordo... ma su quell'altro anche lo smorzamento era molto maggiore.*

*Sul ginocchio faceva 10 dB di differenza, mentre questo ne fa 2!*

*Cos'è?... Ci hanno buttato il liquido con la damigiana?*

No, ragazzi, si spiega sempre con la retrocamera. Spero abbiate letto la puntata n° 4, sui parametri di Small.

Se lo avete fatto, ricorderete che una maggior cedevolezza non abbassa solo la frequenza di risonanza ( $f_s$ ), ma anche il fattore di merito ( $Q_{ts}$ ).

Nel caso dei due modelli SEAS, quella camera fa scendere il valore di  $f_s$  sotto i 600 Hz; di conseguenza, anche il  $Q_{ts}$  diventa molto basso.

La SEAS fornisce questo valore solo per i woofer, ma avendo le curve possiamo ricavarli con ottima approssimazione: siamo intorno a **0.3** per il tweeter rosso, circa **0.4** per quello verde.

Il Monacor sarebbe stato su **1.1**, senza il ferrofluido, mentre aggiungendolo si scende sotto **0.5**.

E' per questo che i due confronti producono differenze più o meno marcate.

Il SEAS, grazie alla retrocamera, è comunque smorzatissimo di suo; il ferrofluido toglie solo qualcosa, perché il  $Q_{ts}$  è già molto basso.

Sul Monacor, dove il valore sarebbe stato altissimo, la presenza del liquido ha un effetto decisamente più significativo.

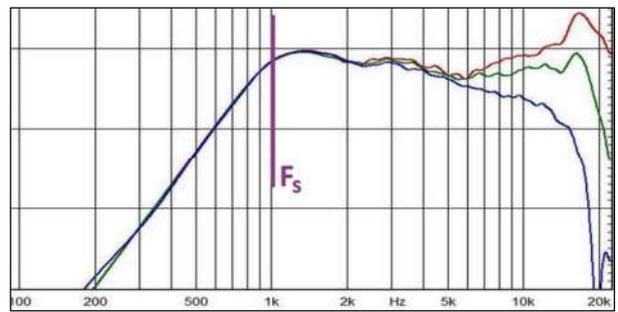
Possiamo intuire che se ci fosse stata la retrocamera, anche sul DT-107, il  $Q_{ts}$  sarebbe sceso intorno a 0.5; di conseguenza, avremmo visto una minore differenza tra le due curve.

Quel consiglio, sull'ottava di margine sopra  $f_s$ , nacque negli anni '80, quando i tweeter avevano quasi sempre lo stesso andamento nella zona bassa.

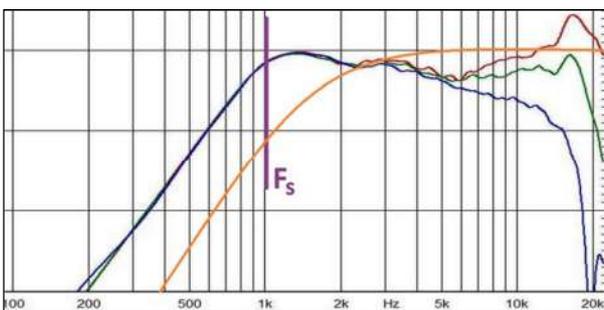
Questo *Audax* da 25, qui a destra, ne è un esempio perfetto:  $f_s$  a 1000 Hz,  $Q_{ts}$  pari a 1 o poco più, poi giù con una pendenza di circa 12 dB per ottava.

Ferrofluido e retrocamera si trovavano solo nei modelli più costosi, considerati "roba da ricchi".

Con i modelli da 19, ovviamente,  $f_s$  andava a 1500-1600 Hz; si portava dietro tutto il ginocchio, ma lasciava inalterata la forma della curva.



All'epoca, i tweeter suonavano "senza trucchi" e la frequenza di risonanza faceva da riferimento. Scendendo fino a quel valore, l'emissione restava lineare; appena gli andavi sotto, iniziava il taglio naturale. Lo abbiamo visto anche sul *Monacor* in versione verde, ma ho voluto mostrarne un altro, di marca diversa, perché non si pensi ad un caso particolare.



Ora proviamo a sovrapporre la risposta di un filtro "scolastico": il Butterworth di 2° ordine (in arancione). È quello che potete calcolare con quelle due formulette, semplificate e superficiali, reperibili su vari siti web.

Tagliando a 2000 Hz, la risposta del tweeter ci offre un'ottava in più su cui giocare, per ottenere un allineamento ottimale con il woofer.

E' a questo che serviva, "l'ottava sopra la frequenza di risonanza", lo vedremo meglio parlando di filtri. Oggi, quel consiglio è diventato fuorviante, perché i tweeter senza trucchi sono piuttosto rari. Non seguo più il settore car-stereo da 30 anni, quindi non ne parlo, ma nel nostro mondo dell'Hi-Fi, oggi vedo retrocamere su prodotti da 30 euro e ferrofluido come se piovesse. Rispetto agli anni '80 la situazione è capovolta; ho dovuto cercare un po', per trovare quell'*Audax*.

Ora esprimo un'opinione personale, nulla di tecnico, quindi contestatemi pure quanto volete. Secondo me, non ha alcun senso avere il ferrofluido senza la retrocamera, o viceversa; sono due soluzioni che devono andare **sempre insieme**, come fece Skaaning con il *Dynaudio D-28*. Permettetemi di mostrare di nuovo questo pezzo di storia, con un'immagine più efficace.



- **Caso 1: ferrofluido senza retrocamera.**

Ho la risonanza spostata più in alto. Unita al maggiore smorzamento, mi costringe a filtrare a frequenza maggiore; altrimenti, il taglio naturale del tweeter si sovrappone subito a quello introdotto dal crossover. Diventa quindi inutile la maggior potenza che il liquido può darmi.

- **Caso 2: retrocamera senza ferrofluido.**

Avrò un abbassamento della frequenza di risonanza, che prolunga l'estensione del tweeter anche sotto i 1000 Hz; questo potrebbe indurmi a filtrare molto basso, su un tweeter che non se lo può permettere, senza liquido magnetico.

Come al solito, cercate subito un contraltare, in modo da bilanciare i punti di vista. Non dovete fidarvi di nessuno, quando si parla di opinioni personali.

Ci avviamo alla conclusione... Vi ricordate che vi avevo promesso due risate?

 <b>MONACOR</b>	
<b>DT-101SK</b>	
Power rating (RMS)	30 W
Peak music power output (MAX)	50 W
Sensitivity	92 dB/W/m
Voice coil diameter	Ø 25.4 mm

A sinistra, vedete un ritaglio di un datasheet della *Monacor*, relativo ad un tweeter che loro consigliano di usare da 2000 Hz in su. A occhio e croce, 30 W sembrano pochini...

Magari ha una bobina da 19, chissà?... Di sicuro sarà un modello base, senza nessuna soluzione per aumentarne la potenza. Invece no!...

È il tweeter che vedete a destra: 25 mm, ferrofluido e camera di decompressione.



Per non complicarci la vita, lasciamo stare le mille fantasie creative sulla potenza "musicale", "di picco", "impulsiva", "PMPO", Short term", e tutte le altre denominazioni che si inventano sui cataloghi.

Vi diranno che la musica è fatta di transienti; che l'attacco di un pianoforte, di un'arpa o di una chitarra dura pochi millisecondi, che il diffusore è sollecitato in modo differente, quando il batterista suona la grancassa o quando picchia sul rullante...

Tutto vero, ma il problema è nell'**omogeneità dei dati**: finché ogni azienda fa come gli pare, quei valori non sono confrontabili tra loro; pertanto, possiamo guardare soltanto la vecchia potenza nominale (RMS).

Nominal Impedance	6 Ohms
Recommended Frequency Range	1500 - 25000 Hz
Short Term Power Handling *	220 W
Long Term Power Handling *	90 W
Characteristic Sensitivity (2.83V, 1m)	90 dB
Voice Coil Diameter	26 mm
Voice Coil Height	1.5 mm
Air Gap Height	2.0 mm
Linear Coil Travel (p-p)	0.5 mm

\*IEC 268-5, via High Pass Butterworth Filter 2500Hz 12 dB/oct.  
SEAS reserves the right to change technical data

Il ritaglio che vedete a sinistra viene da un tweeter di altra marca, la *SEAS*, tra le più prestigiose al mondo.

Loro dichiarano **90 W**, tre volte più del *Monacor*, per un tweeter che è **sempre** da 25, **sempre** con ferrofluido, **sempre** con retrocamera.

Ad essere pignoli, l'altezza della bobina sarebbe anche mezzo millimetro inferiore, ma lasciamo stare...

E' ovvio che uno dei due scrive numeri a caso, ma chi?

D'accordo... per la *SEAS* consigliano un filtro a 2500 Hz, non a 2000, ma osservate le curve giallo-arancio sul grafico del *Monacor*, qui a destra.

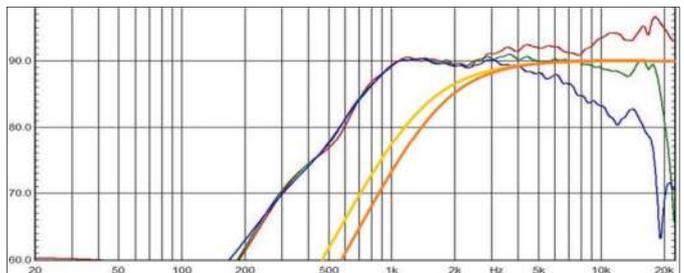
Dobbiamo credere che quel piccolo scostamento produca una differenza di tre volte, da 30 a 90 W? Se così fosse, la bobina di un woofer dovrebbe reggerne migliaia.

Rimaniamo in casa *SEAS*, per fare un confronto nell'ambito della stessa azienda.

Guardiamo un altro ritaglio dal loro catalogo, forse il più interessante di tutti.

Nominal Impedance	6 Ohms
Recommended Frequency Range	2500 - 20000 Hz
Short Term Power Handling *	180 W
Long Term Power Handling *	90 W
Characteristic Sensitivity (2.83V, 1m)	91 dB
Voice Coil Diameter	19.5 mm
Voice Coil Height	1.6 mm
Air Gap Height	2 mm
Linear Coil Travel (p-p)	0.4 mm

\*IEC 268-5, via High Pass Butterworth Filter 2500Hz 12 dB/oct.  
SEAS reserves the right to change technical data



Nei cerchietti che ho disegnato, vediamo che la potenza è sempre di 90 W, la bobina ha praticamente la stessa altezza e la frequenza di taglio è sempre quella: 2500 Hz.

I più smaliziati avranno forse già visto il diametro della bobina, anche se ho cercato di coprirlo con il cerchietto verde: **è un tweeter da 19...!!**

Ora non so cosa ne pensate voi, ma se un 19 mm regge la stessa potenza di un 25, entrambi con ferrofluido, a parità di frequenza di taglio...

...è meglio cominciare a riscrivere i libri scolastici di Fisica.

Non voglio annoiarvi con decine di dati e ritagli di catalogo, ma se volete, potete divertirvi da soli. SEAS e Monacor erano solo due esempi; potrei elencarne a bizzeffe, limitandomi solo al **25 mm**.

- **Audax**..... 60 W, filtrato a 2900 Hz.
- **SB ACOUSTICS**..... 120 W, filtrato a 2600 Hz.
- **Scan Speak**..... 80 W, filtrato a 4000 Hz (100 W a 2500 Hz sul 4 Ω).
- **Dayton Audio**..... 50 W, filtrato a 3000 Hz.
- **Visaton**..... 80 W, filtrato a 2000 Hz.
- **SICA**..... 120 W, taglio non specificato, senza ferrofluido.
- **CIARE**..... 100 W, filtrato a 1800 Hz, senza ferrofluido.



Mi fermo qui, ma credo sia sufficiente per capire come stanno le cose.

Chi conosce le leggi fisiche sulla dissipazione del calore, probabilmente sta già facendo dell'ironia. Le bobine dei tweeter, una volta stabilito il diametro da 25, hanno tutte un'altezza intorno a 2 mm, sono tutte a due strati e tutte di filo sottile, per ridurre la massa mobile.

Qualche watt di differenza ci può stare, ma i dati che abbiamo visto sembrano numeri estratti a sorte. L'unica soluzione è ignorarli completamente, perché generano una grande confusione.

Se parlassimo con un direttore tecnico, di una qualsiasi di quelle aziende, ci direbbe che i loro dati sono quelli più attendibili, perché basati su criteri che simulano più realisticamente il segnale musicale, nel normale ascolto domestico.

Ma è come sentirsi dire, da ognuno di questi personaggi...



...qual è la vera religione in cui credere.

Per scegliere il tweeter giusto bisogna basarsi sull'esperienza... Proprio quella che voi non avete, visto che queste chiacchierate sono dedicate ai principianti.

Per adesso non posso dare nessun consiglio, perché i nostri accenni al crossover si sono limitati alla sola frequenza di taglio e solo perché la citano sui datasheet.

Tuttavia, nella progettazione del filtro, c'è molto altro che incide significativamente sulla tenuta del tweeter: **pendenze, attenuazioni e smorzamenti**.

Si tratta di parametri che possono raddoppiare, triplicare, quadruplicare la potenza sopportabile, ma rimandiamo tutto alle chiacchierate sui crossover (che saranno molto interessanti).

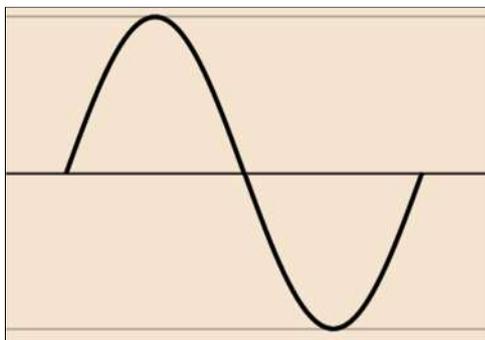
Per questo motivo, non posso dirvi ora come scegliere un tweeter e come filtrarlo.

Quello che posso fare, prima di salutarci, è spiegare quella frase sibillina lasciata nella prima pagina...

Arrivati a pagina 12, capisco che abbiate dimenticato quel sassolino lanciato nello stagno, ma all'inizio della chiacchierata c'era scritto così:

*Le casse sono state collegate ad un amplificatore inadeguato, troppo potente per il woofer o **troppo poco** per il tweeter (questa la capiremo più avanti, per ora fidatevi).*

Com'è possibile che un tweeter si rompa perché la potenza è "troppo poca"?



Supponiamo di riprodurre la sinusoide qui a sinistra, disponendo di una potenza **insufficiente** per l'ambiente da sonorizzare.

Quelle linee orizzontali, di colore grigio, rappresentano il limite del nostro amplificatore; pertanto, quella nel disegno è l'onda di massima ampiezza riproducibile, senza incorrere in una distorsione significativa.

Dal momento che quella potenza non ci basta, cosa accadrebbe se continuassimo ad alzare il volume?

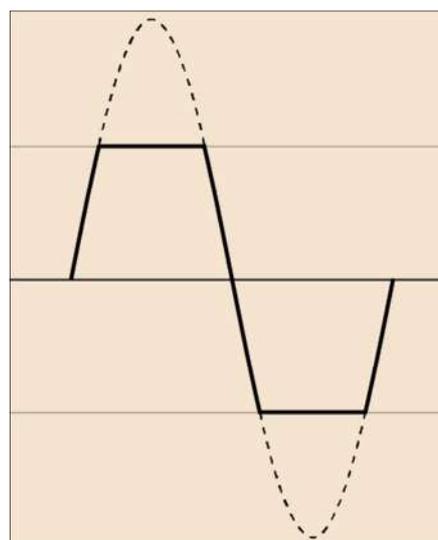
La nostra onda non sarebbe più sinusoidale.

Verrebbe tagliata sopra e sotto in corrispondenza dei due limiti, come nell'immagine a destra.

In gergo si dice che l'amplificatore "squadra", ma solo per noi italiani. A livello internazionale, il fenomeno è conosciuto come **clipping**.

Dato che prima era sinusoidale, quell'onda era formata da una sola armonica: **la fondamentale**, che quasi certamente finiva sul woofer. Adesso, con quella spianata che gli abbiamo dato, viene generato un enorme numero di armoniche superiori, piuttosto ampie, che finiscono tutte su quel povero diavolo di tweeter.

Non si tratta di un suono naturale, musicale, ma di un'aberrazione prodotta artificialmente da un amplificatore che distorce come un matto, perché la sua potenza non soddisfa le vostre esigenze.



Per il woofer non cambia nulla, ma il tweeter viene sottoposto ad una potenza innaturale, per la quale non è stato progettato.

Di conseguenza, per quanto possa sembrare strano, è difficile bruciare un tweeter con un amplificatore da 100-150 W, se il crossover è stato progettato da un tecnico esperto.

È molto più facile riuscirci con uno da 25, mandandolo in clipping.

A questo punto, non è più possibile andare avanti, restando sui singoli altoparlanti.

Da qui in avanti, cominceremo a parlare di casse... Era ora!

Alla prossima!

1 marzo 2021

  
(Robert Romiti)