

# Chiacchierate sull'elettroacustica

## 6 – Sua altezza il tweeter

Tweeter a cupola morbida... tweeter in titanio, berillio, alluminio... tweeter isodinamico... tweeter a cono...  
"Tweeter a cono?"... Scherzi?... Non lo vuole più nessuno da 40 anni, nemmeno si trova più.



Beh... Magari può sembrarvi incredibile, ma ho visto che qualcuno li fa ancora (*Monacor, CIARE, Visaton...*); probabilmente sono richiesti da chi ha la necessità di sostituirli, su vecchi diffusori nei quali si vuole mantenere l'aspetto "vintage".



Comunque, se la *Disney-Pixar* facesse un film con altoparlanti umanizzati, come le automobili nella saga di *Cars*, sono sicuro che il tweeter a cono avrebbe il ruolo di commuovere gli spettatori. Vedremo che la sua storia ha un epilogo molto triste.



Prima della 2<sup>a</sup> Guerra Mondiale, i sistemi a due vie si trovavano solo nei cinema, dove c'erano driver professionali caricati a tromba, che a noi non interessano. Nessuno si è mai sognato di usare quella roba, nel settore Hi-Fi.

Poi, nel primo periodo post-bellico, arrivarono parecchie innovazioni tecnologiche: l'invenzione del transistor, la benzina super, la diffusione di lavatrici e frigoriferi, ecc. ecc., fino ad arrivare al televisore.



In questo contesto, apparvero i primi impianti stereofonici per uso domestico, con i diffusori **a due vie** (e poi tre, quattro...).

Qui a destra ne vediamo uno prodotto dall'*Acoustic Research* nel 1954, un'azienda che ritroveremo più avanti.

Dei filtri crossover parleremo un'altra volta, ma quello che ci interessa ora è che gli altoparlanti diventavano **specializzati**.



La riproduzione dei suoni più acuti richiedeva caratteristiche opposte, rispetto ai bassi: massa leggerissima, piccola superficie radiante e bassa potenza da sopportare.

L'idea più immediata, più intuitiva, fu di realizzare un piccolissimo woofer, mantenendo inalterato il principio di funzionamento. Un po' come violino e contrabbasso.

Nacque così, quello che oggi chiamiamo "tweeter a cono".

Nei decenni successivi, mentre venivano inventati tutti gli altri, questo affarino qui a destra continuava a rimanere l'unico tweeter di ampia diffusione, sul mercato di massa.



Nel 1978... o forse '79, un ragazzino che frequentava la scuola media ebbe ottimi risultati in pagella. Così, il padre gli regalò il suo primo Hi-Fi, a cui erano abbinati dei diffusori a tre vie. Ne vedete uno qui a sinistra. Quel ragazzino ero io, ma non è importante. Quello che conta è che i tweeter di quelle casse erano ancora **a cono**, alla fine degli anni '70.

Il prezzo era di 240'000 lire, circa l'80% dello stipendio di un operaio.

In proporzione, è come se oggi spendessimo 1'000 euro; non sarà stato un prodotto esotico, ma nemmeno da supermercato...

Eppure, all'epoca non era ancora sufficiente, per avere il tweeter a cupola.

Subito dopo, in appena 2-3 anni... sarebbe cambiato il mondo.

Non ho mai capito la rapidità di quell'evoluzione, ma riguarda solo aspetti di mercato, perché tecnicamente le cupole esistevano già da parecchio.

E' possibile (ma ci credo poco) che il mercato di allora sia stato influenzato da una nuova tecnologia: il **tweeter isodinamico**, inventato da *Magnepan*, ma introdotto in massa da *Infinity*, nel 1979.

Il suo nome era *EMIT*, un acronimo (**E**lectro-**M**agnetic **I**nduction **T**weeter) che in Inglese significa "emettere"; in America vanno pazzi per queste cose. Venne prodotto in parecchie versioni e devo dire che l'idea era buona.

C'era un leggerissimo strato di Mylar (oggi di Kapton), attraversato da minuscoli filamenti di alluminio ed immerso in un campo magnetico. Quando i fili ricevevano corrente, l'intera superficie del diaframma vibrava in modo uniforme, perché i conduttori erano distribuiti dappertutto.

A fine anni '80, con l'utilizzo degli *EMIT*, la *Infinity* ottenne un record:

il sistema di altoparlanti più costoso della Storia. Si chiamava **IRS V**, formato da quattro torri di due metri al prezzo di 110 milioni di lire. Ogni canale aveva 6 woofer da 300, 24 tweeter *EMIT* e 12 midrange *EMIM*.



Io sono rimasto fuori dal settore per 25 anni, quindi non so se quel primato sia stato battuto; comunque, confrontando gli stipendi, possiamo pensare a 130-140'000 euro di oggi.

Ebbi modo di ascoltarlo a Milano, in fiera, e devo dire che fu un evento indimenticabile; tuttavia, nonostante quell'esperienza, non ho mai apprezzato gli isodinamici.

Non vorrei influenzare nessuno, ma sono umano pure io. Non riesco ad essere sempre *super partes*. Avrò pur diritto, ogni tanto, di avere un'opinione personale...

Gli EMIT erano capaci di una definizione nitidissima, dovuta ad un'estensione di banda apprezzabile da un cane o da un gatto, perché ben oltre la capacità di percezione dell'orecchio umano; anche gli isodinamici di oggi ci arrivano (non tutti), ma generalmente questi tweeter hanno limitazioni che reputo inaccettabili, dal mio personalissimo punto di vista.

- Innanzitutto, sono estremamente delicati; spesso vengono protetti con fusibili rapidi o con diodi zener, perché un piccolo eccesso di potenza li farebbe secchi istantaneamente, in una frazione di secondo.

- Inoltre, vanno filtrati a frequenze molto alte, quasi sempre sopra i 3000 Hz (non tutti), rendendo difficilissimo l'impiego in un due vie. Sul mio ultimo progetto, giusto per capirci, woofer e tweeter si incrociano a 1600 Hz; un isodinamico si sarebbe disintegrato.

- Infine, le pendenze di filtraggio devono essere notevoli (18-24 dB/ottava), perché gli isodinamici non tollerano nemmeno mezzo watt sulle frequenze basse.

Vedremo in futuro come questo possa essere un problema, per la risposta in un ambiente domestico.

Queste cose le tratteremo meglio quando parleremo dei crossover, in una prossima chiacchierata.

Personalmente, da buon seguace di **Ejvind Skaaning**, non posso accettare quelle limitazioni.

Ai miei tempi, mi capitò di usare gli EMIT un paio di volte; i risultati furono ottimi, acusticamente...

Ma erano notti insonni, per farli suonare decentemente senza romperli (...e non è che li regalassero).

Adesso, per compensare, andate a cercare un sostenitore degli isodinamici e fateveli descrivere da lui.

Le opinioni personali vanno sempre bilanciate, non si deve ascoltare una sola campana.

Qui, intanto, cominciamo a dedicarci alle cupole...

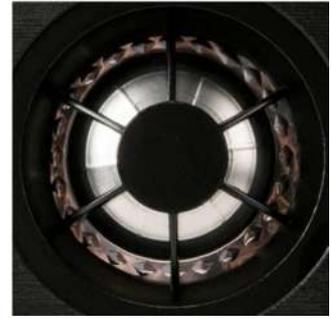


Sfatiamo subito una leggenda metropolitana: il tweeter a cupola **rigida** è nato MOLTO PRIMA di quello a cupola **morbida**; solo che non era di metallo.

Tuttavia, ai miei tempi giravano frasi di questo tipo:

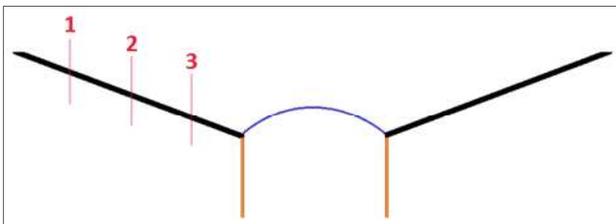
- **La cupola morbida ha vita breve, oggi si usa l'alluminio.**
- **Quel modello è più recente, non vedi che c'è il tweeter in titanio?**

L'adozione dei metalli è un'evoluzione successiva, la prima cupola rigida apparve nel 1958 ed era di tessuto trattato. È questo che crea equivoci. Se il principio di funzionamento di una cupola morbida può apparire come stregoneria, quella rigida avrebbe potuto inventarla chiunque; ora ve lo dimostro...



La **cupola** è un'idea intuitiva, naturale... Era inevitabile arrivarci, partendo dal tweeter a cono. Abbiamo già visto che quest'ultimo è semplicemente un woofer ridimensionato... ma perché ridurre tutto? Vediamo cosa succede a rimpicciolire solo la membrana.

Immaginiamo di avere un piccolo woofer da 130, con una comunissima bobina da 25; proviamo a ridimensionarlo per ricavarne un tweeter. Sappiamo già che bisogna diminuire la massa e la superficie radiante, ma nessuno ci obbliga a rispettare le proporzioni.



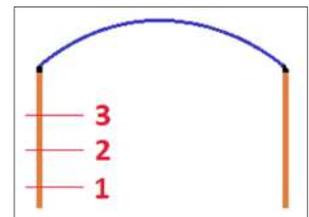
Questo disegno schematico mostra la membrana del woofer di partenza, con la sua bobina mobile coperta dalla cupoletta parapolvere.

Visto che i bassi non mi servono più, riduco la superficie ritagliando la membrana, cominciando in corrispondenza della linea rossa n° 1.

La monto in un cestello adeguato e la provo: mi accorgo che è migliorata l'estensione sulle alte frequenze, compresa la dispersione fuori asse... proprio come mi aspettavo.

Incoraggiato dal risultato, continuo a tagliare, prima sulla linea n° 2, poi sulla n° 3, rilevando ulteriori vantaggi nella risposta sugli acuti. Ovviamente mi sono perso i bassi, ma anche questo era previsto.

A forza di ridurre il diametro, arrivo fino all'incollaggio tra bobina e parapolvere, che nessuno ha toccato. La membrana non c'è più, quindi non ho più niente da tagliare: ho raggiunto la minima superficie possibile. Ma posso diminuire ancora la massa?



Certo! Visto che riproduco solo gli acuti, che me ne faccio di quel bobinone? Avevo dimensionato un'escursione ( $X_{max}$ ) di diversi millimetri, mentre adesso, senza i bassi, si misura in centesimi. Passiamo quindi alla seconda fase...

Con lo stesso procedimento di prima, comincio a provare bobine sempre più corte, ottenendo miglioramenti su tutto: aumenta il fattore di forza ( $BL$ ), diminuisce l'induttanza ( $L_e$ ), ma soprattutto si riduce ulteriormente la massa mobile ( $M_{ms}$ ), e anche di parecchio.

Ne avevamo già parlato... una bobina più corta mi consente di mantenere la stessa impedenza con un filo più sottile; quindi, oltre alla minore altezza, si aggiunge un alleggerimento dovuto allo spessore inferiore.

Risultato finale: abbiamo appena inventato il tweeter a cupola!

Non ci rimane che perfezionarlo un po'...

Per prima cosa, dobbiamo capire come montarlo nel foro della cassa, perché il magnete è rimasto com'era, quindi ora è molto più grosso della membrana. Questo spiega il perché di quelle enormi flange, rotonde o rettangolari, che circondano le cupole dei tweeter.



Ora possiamo dedicarci agli aspetti acustici.

Quella cupoletta, in origine, era fatta per riparare il traferro dalla polvere. Non è detto che sia adatta per suonare fino a 16'000... 18'000... 20'000 Hz.

Comunque, anche se riuscisse ad arrivarci, non possiamo pretendere una risposta orizzontale, indistorta e priva di break-up... Ed è questo il vero problema, perché a tagliare una membrana ci arrivavo pure io.



Il personaggio qui a sinistra si chiamava **Edgar Villchur**, fondatore e presidente dell'*Acoustic Research*, morto nel 2011.

Negli anni '50 si riteneva che l'estensione, sulle alte frequenze, si potesse ottenere solo con diaframmi di estrema rigidità.

Dopo vari esperimenti, Villchur impregnò un tessuto di resina fenolica, dandogli una forma emisferica; dopo l'essiccazione, quella resina diventava rigidissima, ma restava comunque piuttosto leggera.

La sua soluzione, che vediamo qui a destra in un diffusore del '58, resistette fino all'arrivo dei metalli: il primo fu il **rame**, ormai dimenticato; poi venne la cupola in **alluminio**, che da sempre è sinonimo di leggerezza ed è stato probabilmente il materiale più utilizzato, sui tweeter metallici.

In seguito arrivò il **titanio**, che era più pesante dell'alluminio, ma consentiva di realizzare cupole più sottili; a conti fatti, la massa rimaneva pressappoco la stessa.



Questi prodotti restavano limitati al settore professionale, o comunque a diffusori di fascia alta.

Il mercato di massa, come sappiamo, andava ancora avanti con il tweeter a cono.



Poi, con l'inizio degli anni '80... partì la rivoluzione!

Oltre agli **EMIT** isodinamici, esplose anche il mercato dei tweeter a cupola, morbida o metallica, che finalmente diventavano per tutti.

A fine decennio, ai già citati alluminio e titanio si aggiunse il **berillio**, che già all'epoca era più costoso (mi dicono che adesso è MOLTO più costoso) .

Ho notato che oggi, dopo i miei 25 anni di pausa, c'è una significativa diffusione del **magnesio**. Lo vedo raramente da solo, più spesso in lega con altri metalli, ma non sono abbastanza informato per parlarne.

Nei primi anni '90 era in corso una diatriba, fra i "progressisti" del berillio ed i "conservatori" del titanio, con il povero alluminio che sembrava farne le spese.

I *berilliani* millantavano una definizione migliore, sull'estremo acuto; secondo i *titanisti*, invece, si trattava di una differenza minima, che non giustificava il prezzo più alto.

Anche se all'epoca ero ancora in attività, non mi sono mai interessato a quel dibattito; a mio giudizio erano tutti uguali, perché ormai, da una decina d'anni, le mie attenzioni erano dedicate alla cupola morbida.

In effetti, è curioso come nessun materiale sia riuscito a prevalere sull'altro...

Oltre a titanio, berillio, alluminio e magnesio, ci sono anche tutte le leghe che formano tra loro. Come mai sono ancora tutti lì, sul mercato, dopo 40 anni di evoluzione, senza che nessuno abbia preso il sopravvento sugli altri?



Sul woofer è diverso; ci sono tanti materiali perché si deve rispondere ad esigenze differenti: voglio solo efficienza sui bassi, voglio arrivare a 4000 Hz, voglio una risposta più lineare, voglio un break-down più progressivo... Ma su un tweeter, se si scopre un materiale che suona meglio, si usa quello e basta!

D'accordo... può esserci una distinzione di prezzo, ma vale solo per il berillio perché difficile da lavorare; sugli altri metalli, i costi sono simili. Quindi ripeto: come mai sono ancora tutti lì, dopo 40 anni?

Chissà che non abbia ragione io... Forse, le cupole metalliche sono davvero tutte uguali.

Come ho già fatto in altre occasioni, a questo punto vi invito ad una pausa.  
Interrompete la lettura e tornate quando sarete riposati, perché finalmente ci siamo...



Stiamo per trattare il più grande miracolo nella storia dell'elettroacustica: il **tweeter a cupola morbida**.  
Il nome è già un controsenso, un ossimoro, un rompicapo...  
Ci hanno sempre spiegato che l'estensione della risposta, sulla gamma alta, dipende dalla rigidità della membrana.  
Quindi... com'è possibile che un materiale **morbido** si adatti proprio ad un **tweeter**, che dovrebbe raggiungere le frequenze più estreme della banda audio?

Per noi dilettanti degli anni '80, il quesito creava un alone di mistero intorno a quelle membrane, che nessuno riusciva a dissipare. Appena entrato nel mondo del professionismo, fu una delle prime domande che proposi ai colleghi più esperti, sperando di tornare a casa con una spiegazione per i miei amici...

Grossa delusione, quando mi accorsi che non lo sapevano nemmeno tecnici con 20 anni di esperienza. Gli unici due che provarono a rispondere, diedero opinioni completamente diverse. Già... ho detto "opinioni", perché era chiaro che mi stavano proponendo le loro interpretazioni personali (poco credibili) spacciandole per comprovati principi scientifici.

**La prima:** - *La cupola si mantiene rigida per via della sua forma geometrica, indipendentemente dal materiale. Anche se sembra morbida toccandola con un dito, a frequenze alte entrano in gioco fenomeni fisici particolari.*

**La seconda:** - *Il piccolissimo volume d'aria, che si trova sotto la cupola, conferisce rigidità anche ai materiali morbidi, per effetto delle continue compressioni e decompressioni.*

Arrivato in azienda da poco, non volevo rendermi antipatico; pertanto finì di crederci, ma sapevo benissimo che erano tutte str... strane incongruenze. Uno dei due era quello che mi aveva assunto, questo mi fece riflettere:

*"Se mi consideri così imbecille da credere a queste idiozie, perché mi hai scelto come tecnico di laboratorio?"*



La forma geometrica è ovviamente importante, ma solo se usi un materiale con caratteristiche ben precise, perché tanti ne erano stati sperimentati negli anni precedenti... Tutti falliti.  
Per quanto riguarda il volume d'aria, magari avrà effetto sui 1'000 Hz, forse 1'500, quando la membrana ha ancora un minimo di movimento, ma non certo a 10-15'000 Hz, quando l'escursione si misura in micron. Inoltre, esistevano già diversi tweeter con la camera di decompressione; a quelli, chi gli dava rigidità?

Un giorno, scartabellando nella biblioteca del laboratorio, scoprii un interessante opuscolo della **Müller** (nostro fornitore di membrane); dalle immagini in copertina, capii che parlava di cupole. Nessuno lo aveva mai letto, perché era scritto in Tedesco, ma provai ugualmente a sfogliarlo per vedere almeno le illustrazioni. Magari si poteva intuire qualcosa...

Sorpresa!... Nella seconda parte scoprii una comoda traduzione in Inglese.

Così, grazie alla mia curiosità, diventai il primo in azienda a sapere come funziona una cupola morbida. Prima di cominciare a parlarne, sappiate che in origine non l'aveva capito nessuno; non solo l'inventore, ma nemmeno l'ufficio brevetti, che inizialmente lo rifiutò perché "non poteva funzionare".

Nel 1966, **Bill Hecht** della *United Speaker System* si accorse che le cupole si rompevano spesso a causa degli urti, durante le esibizioni in pubblico. Probabilmente si trovavano all'altezza di mani curiose... Sta di fatto che il danno era irreparabile, con le cupole di materiale rigido.



Quei tweeter, oggi, hanno quasi sempre un **diffratore** (qualcuno lo chiama **rifasatore**) collocato al centro davanti alla membrana.

Quel nome, così tecnico, serve a rendere più sopportabile il problema estetico creato da quel "brutto coso", facendovi credere che abbia un importante effetto acustico.



In realtà si tratta di una banalissima protezione meccanica, se volete potremmo definirla "anti-bambino", tant'è che alcune aziende usano una semplice griglia metallica.



Questo povero tweeter in titanio, qui a sinistra, evidentemente non ce l'aveva.

Negli anni '60 il problema era già noto, ma i diffrattori non c'erano ancora. Questo rese Hecht un protagonista, in quello che io chiamo "miracolo".

Forse aveva tempo da perdere, forse voleva solo divertirsi, forse ebbe un'ispirazione di origine divina... Prese uno stampo e si fece una cupola di tessuto, rivestendola di una resina gommosa e morbida, in modo che la membrana fosse ripristinabile dopo un trauma meccanico.

Ovviamente non si aspettava nulla, invece... Senza alcuno studio teorico, senza esperienze precedenti, senza dati di ricerca sui materiali, ottenne un tweeter che superava i **12'000 Hz** al primo tentativo! Ci volle più di un anno, con vari perfezionamenti e dimostrazioni, per ottenere il brevetto; nessuno ci credeva, ma soprattutto, nessuno riusciva a spiegare il fenomeno scientificamente... La trattazione di cui vi ho parlato, quella in Tedesco, era del 1980. Supponendo che sia stata la prima, significherebbe che ci sono voluti 14 anni per capire cosa aveva inventato Bill Hecht.



- Adesso che diavolo c'entra una piscina gonfiabile, con i tweeter a cupola morbida?

Beh... È l'esempio migliore per spiegare come funziona.

Immaginiamo di far cadere una grossa pietra al centro della vasca, generando onde concentriche sulla superficie liquida, che si propagano verso il bordo.

Quelle onde diventano sempre più basse, mentre la loro circonferenza si allarga; alla fine del percorso, la loro energia si scarica sulla parete circolare di gomma.

Fin qui sarebbe tutto semplice, ma a noi interessa il **fenomeno inverso**, come se il film andasse all'indietro.

Dobbiamo immaginare un centinaio di martelli, tutt'intorno alla piscina, che in qualche modo possiamo azionare contemporaneamente. Devono colpire il bordo tutti insieme, per trasmettere un urto circolare all'acqua che si trova dentro.

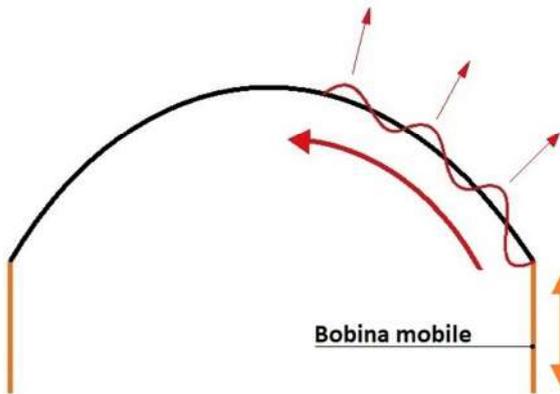
Quale sarebbe l'effetto, ai nostri occhi?

Le onde sarebbero sempre concentriche, ma stavolta avanzerebbero dall'esterno verso il centro.

L'ampiezza dell'onda in questo caso **crescerebbe**, al diminuire della circonferenza. Se riuscissimo, con i nostri martelli, a ricostruire un effetto uguale e contrario al precedente, al centro della vasca avremmo una grande concentrazione di energia, tale da risollevare la pietra verso l'alto.

I liquidi sono deformabili all'infinito; questo consente alle onde di innalzarsi progressivamente.

Una cupola **morbida**, quindi parzialmente **deformabile**, entro un certo limite si comporta come l'acqua. Sollecitata dalla bobina, sulla circonferenza più esterna, produce vibrazioni che si propagano in direzione del centro, verso la sommità.



Nel disegno schematico qui a sinistra, ho enormemente esagerato l'ampiezza delle onde; nella realtà sono microscopiche, ma qui, per farmi capire meglio, avevo bisogno che il fenomeno fosse molto visibile.

Vediamo una doppia freccia arancione sulla bobina, che simula il suo movimento alternativo.

Poi c'è una freccia curva, che indica la trasmissione di energia meccanica verso la sommità della cupola.

Infine, vediamo delle piccole frecce radiali, che rappresentano l'energia acustica liberata.

Il tutto funziona in virtù di una differenza **fondamentale**, tra la piscina e la membrana del tweeter.

Per quanto possa essere morbida, la cupola è pur sempre un **solido**. Non può continuare a deformarsi all'infinito, come fanno i liquidi... E' proprio per questo che il tweeter suona e la piscina no.

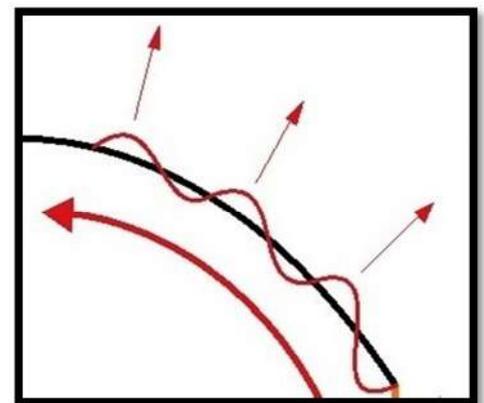
O meglio... anche l'acqua emette un suono, ma quello "splash" si sente solo quando le onde arrivano al centro, liberando in un istante tutta l'energia accumulata.

La cupola morbida, invece, suona con tutta la sua superficie. Per capirlo, torniamo al nostro schemino...

Con le comprensibili tolleranze di un disegno fatto a mano, vedete bene come le onde di deformazione siano **tutte uguali**, lungo la superficie della membrana.

Nella piscina non era così. L'ampiezza dell'onda era variabile con continuità; dipendeva sempre dalla sua circonferenza, sia durante l'allargamento che durante l'accentrimento.

In altre parole, più il cerchio era piccolo, più l'energia era concentrata in un'onda più alta.



Sulla membrana, invece, la deformazione è limitata dalla cedevolezza di un materiale solido.

Oltre una certa ampiezza, quell'onda non può continuare a crescere; è quindi costretta a scaricare energia nell'ambiente, sotto forma di suono.

Mentre avanzano verso il centro, progressivamente, le onde meccaniche rilasciano potenza acustica in direzione perpendicolare alla tangente della membrana, proprio come indicato dalle frecce rosse.

In buona sostanza, il tweeter a cupola morbida si basa su un principio di funzionamento del tutto nuovo, completamente diverso e per certi versi opposto, rispetto a qualsiasi altro altoparlante, di qualunque tipo, materiale o tecnologia.

Nessuno avrebbe potuto intuirlo, se Bill Hecht non l'avesse scoperto per caso.



Già... per caso... lui voleva solo una membrana che resistesse al dito di un bambino curioso.

Invece è entrato nella leggenda, tanto che la sua morte, nel 2012, è stata riportata da riviste di tutto il mondo.

Grazie a lui, la qualità musicale delle nostre casse ha raggiunto livelli altrimenti impensabili.

Quindi... E' ora di vedere come suonano, questi tweeter.

Nelle conversazioni sui social network, oppure sui forum, vedo che il suono dei tweeter continua ad essere descritto con gli stessi aggettivi che si usavano ai miei tempi.

Può essere **aspro, caldo, morbido, aggressivo, vellutato, tagliente, freddo**... Arrivando fino a termini evidentemente derivati dai materiali di cui sono fatti: suono **setoso** e suono **metallico**.

In base alla mia estrazione culturale, io cercherò di essere un po' più... tecnico.

L'altoparlante ideale dovrebbe riprodurre, acusticamente, un segnale perfettamente uguale a quello elettrico che ha ricevuto in ingresso, dall'amplificatore.

Ovviamente non è possibile, ma il migliore è quello che ci si avvicina di più.

- *Che ci vuole?... Basta guardare la **risposta in frequenza**. Sappiamo tutti che deve essere lineare.*

Purtroppo, la qualità audio che percepiamo noi dipende pochissimo da quella curva di risposta.



Il grafico a sinistra mostra la soglia di percezione di un orecchio medio.

Come vedete, nella zona del tweeter abbiamo la sensibilità più irregolare. In altre parole, su quelle frequenze siamo un pessimo strumento di misura, perlomeno per quanto riguarda la risposta in frequenza.

Inoltre, piccole variazioni dell'ambiente d'ascolto producono un effetto macroscopico sulle frequenze più alte.

O meglio... l'ambiente influisce su tutto, ma una volta posizionate le casse, il basso da 100 Hz se ne frega se porti il tappeto in lavanderia; alle frequenze del tweeter, invece, l'assenza di quel tappeto, sul pavimento davanti alle casse, produce effetti evidenti sulla risposta.

- *Ma se io agisco sul controllo degli acuti, per accentuarli, il suono mi sembra più realistico, più definito...*

Purtroppo, succede spesso. Significa solo che quella cassa monta un pessimo tweeter.



Anch'io, da ragazzino, tenevo gli acuti sempre al massimo. Poi, un giorno, mi capitò di ascoltare questo diffusore a sinistra, durante un evento fieristico.

Non avevo mai sentito nulla di simile; se chiudevi gli occhi, le dita del chitarrista ti apparivano magicamente lì davanti.

Superato lo stupore, andai subito all'amplificatore per controllare la manopola dei toni alti... solo per scoprire che **non c'era!** La sorgente, dotata di controllo del volume, era collegata direttamente al finale, senza nessun'altra regolazione.

In seguito, scoprii che uno solo di quei tweeter costava il doppio di entrambe le mie casse di casa, ma questo è un altro discorso.

Ricordate il Teorema di Fourier?... Ne abbiamo parlato nella chiacchierata n° 2.

Alzando i toni acuti, noi esaltiamo le armoniche superiori, ovvero la differenza timbrica tra i vari suoni.

Il flauto appare più... flauto, la chitarra sembra più... chitarra; c'è una distinzione accentuata, che noi interpretiamo come maggior definizione, perché prima i suoni sembravano più impastati.

In realtà, quell'effetto è del tutto innaturale, te ne accorgi solo quando ascolti un tweeter di alto livello.

In quel caso, alla definizione ci pensa lui, l'aumento dei toni acuti si rivela addirittura **fastidioso**.

- *D'accordo, ma nella scelta di un tweeter, come si capisce qual è più preciso?... Esiste una grandezza fisica da controllare sul datasheet?... C'entra qualcosa, il tuo innamoramento per le cupole morbide?*

E' capitato a tutti, qualche volta, di vedere la tipica accelerazione "a nuvoletta" dei cartoni animati.



Il personaggio fa il gesto di partire, poi, improvvisamente... sparisce nel fotogramma successivo, lasciando al suo posto una nuvola di polvere. In buona sostanza, ha raggiunto istantaneamente la massima velocità, partendo da fermo, come se fosse capace di un'accelerazione infinita.

La membrana di un tweeter ideale, sollecitato da un impulso, dovrebbe fare esattamente lo stesso. Da dilettanti, ai miei tempi andavamo a guardare il **fattore di accelerazione**, un dato che oggi non fornisce più nessuno (e forse hanno ragione). È il rapporto tra **BL** ed **M<sub>ms</sub>**, ma oggi è difficile calcolarlo, perché anche questi valori vengono pubblicati da poche aziende (sui tweeter).

Noi credevamo che la risposta impulsiva, quindi la definizione, dipendesse principalmente da quel valore. Tuttavia, a volte l'ascolto musicale ci dava sensazioni opposte, smentendo le nostre convinzioni.

La spiegazione mi fu chiara qualche anno più tardi, quando scopri un procedimento matematico chiamato "convoluzione", su cui non mi soffermo perché non sarebbe più una chiacchierata.

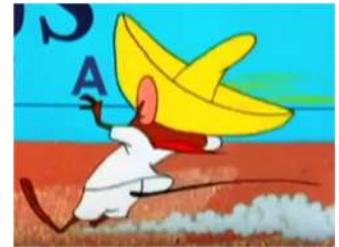
La semplifico così: qualunque tweeter a cupola, anche economico, è capace di un'accelerazione più che sufficiente, rispetto ad un segnale di ingresso che al massimo può arrivare a 20'000 Hz.

Passiamo quindi ad un'altra scena, nel nostro cartone animato.

Quello che dobbiamo osservare con attenzione, in realtà, non è l'accelerazione di Speedy Gonzales, ma la sua **frenata**.

Arriva a razzo, alle spalle di Silvestro, per poi inchiodarsi lì in modo istantaneo.

È qui la distinzione più importante, perché su questo i tweeter NON sono tutti uguali, nemmeno quando hanno lo stesso formato.

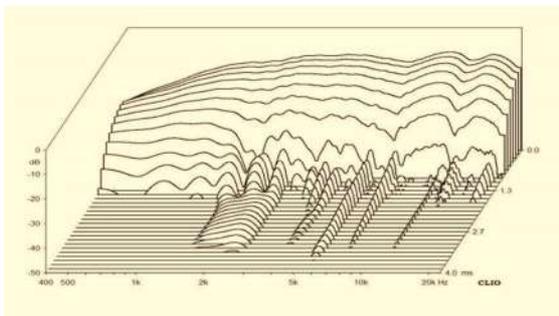


In altre parole, è vero che la membrana deve accelerare alla svelta, quando arriva il segnale in ingresso, ma deve anche **fermarsi subito** quando quel segnale si interrompe.

I tecnici di oggi sono molto avvantaggiati, rispetto ai miei tempi. Tutti i laboratori sono dotati di moderne tecnologie digitali, che io ho iniziato a vedere solo nel mio ultimo periodo di attività.

Tra queste, c'è una meraviglia chiamata **CSD**, che è tanto complicata nel nome, quanto semplice nell'interpretazione. L'acronimo significa **Cumulative Spectral Delay** (Decadimento Spettrale Cumulativo), un nome così difficile che sembra fatto apposta per spaventare il principiante.

Se poi gli dici che è uno schema tridimensionale, quel poveraccio pensa seriamente di cambiare hobby.



Invece, come vedete qui a sinistra, è probabilmente il grafico di più immediata comprensione, tra tutti quelli che possono riguardare un altoparlante.

E' incredibile come un'enorme quantità di informazioni, contenuta in quell'immagine, possa essere, interpretata con un solo sguardo, praticamente a colpo d'occhio.

Davvero un bel giocattolo, per i colleghi di oggi...

Il tweeter che mostro come esempio esisteva già ai miei tempi, anche se aveva un altro nome.

Noi lo consideravamo il miglior tweeter del mondo, ma non vi dirò la marca per evitare pubblicità.

Purtroppo l'ho usato soltanto una volta in un mio progetto, perché costava quanto un figlio alla Bocconi, ma è stata una bellissima esperienza.

Oggi troviamo CSD anche migliori, in prodotti che sono alla portata di tutti. Questo ci fa capire l'importanza dei nuovi strumenti di misura, che nessuno aveva negli anni '80.

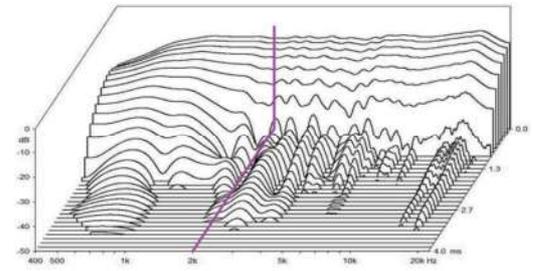
Vediamo quindi come si interpreta quel grafico, magari con qualche confronto diretto.

Cominciamo subito con una semplificazione.

Nessun tweeter si collega all'amplificatore in modo diretto; c'è sempre un filtro passa-alto, ovvero che taglia via le frequenze basse.

Ogni tecnico progetta il crossover con i suoi tagli, le sue pendenze, i suoi smorzamenti e le sue attenuazioni, ma noi non possiamo considerare caso per caso; ci metteremo quindi in una situazione piuttosto comune: ipotizzeremo che l'azione del filtro inizi intorno ai 2'000 Hz sul tweeter da 25, e a circa 2'500 sul 19.

Ci metteremo una linea **viola** a fare da riferimento, come in questo grafico a lato. La parte che ci interessa, quindi, è solo quella a destra della linea.



Il CSD assomiglia ad una catena montuosa, che degrada progressivamente verso la pianura sottostante.

Come ci dovrebbe apparire l'altoparlante ideale, se esistesse?

Il tempo di decadimento dovrebbe essere pari a **zero**, qualunque sia la frequenza del segnale d'ingresso.

In altre parole, quel grafico dovrebbe mostrarsi come il monte *Roraima* in Venezuela: una parete di roccia verticale, che viene giù a picco in qualunque punto la guardi.



Tale risultato è ovviamente impossibile, ma come abbiamo già detto, vediamo chi si avvicina di più.

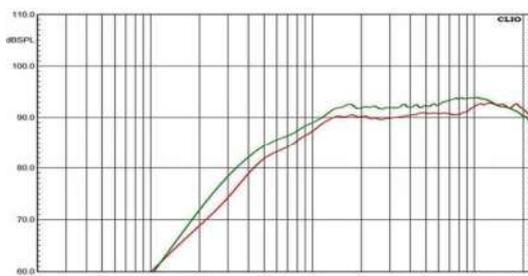
Esiste un'azienda dal nome prestigioso, che produce altoparlanti Hi-Fi da oltre 70 anni.

Anche stavolta non vi dico il nome, non ho intenti pubblicitari, ma ci offre un confronto molto interessante.

I due tweeter a destra, oltre allo stesso marchio, hanno lo stesso formato, lo stesso magnete, lo stesso prezzo, la stessa camera di decompressione, la stessa bobina e perfino la stessa flangia.



Cambia solo la membrana: cupola metallica contro cupola morbida.



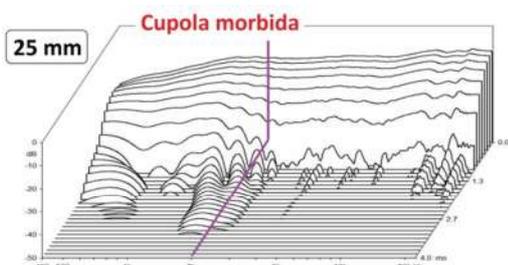
La risposta in frequenza mostra un **SPL** leggermente diverso, che dipende chiaramente dalla differente massa mobile.

L'alluminio, più leggero, è mostrato in **verde**.

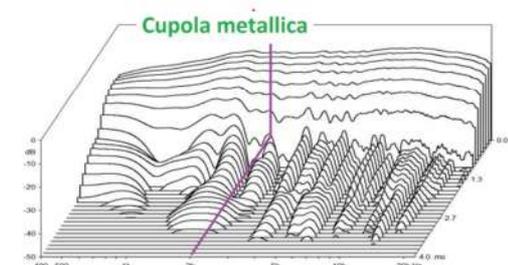
È comunque interessante come la cupola morbida **amenti** la sua emissione dopo i 10'000 Hz, lo fa quasi sempre.

Ma ora divertiamoci con il CSD...

Se avete già dato una sbirciatina qui a sinistra, sarete rimasti sicuramente impressionati dalla differenza tra i due tweeter. Tuttavia, non voglio essere ingiusto, verso il metallico...



Il confronto ci offre un risultato evidentemente impietoso, ma è così esagerato soltanto in questi due modelli, perché la cupola morbida gli è venuta davvero bene.



Quello in alluminio presenta un grafico brutto, ma non lontano dalla media dei metallici; purtroppo per lui, contro un simile avversario, chiunque avrebbe fatto una figuraccia.

Il CSD in alto è davvero incredibile, forse il migliore che abbia mai visto, in qualsiasi categoria di tweeter.

A questo punto, è possibile che alcuni di voi abbiano smesso di leggere, che siano andati a memorizzare la foto e che cerchino disperatamente di riconoscere marca e modello di quel gioiellino, ansiosi di montarlo sulle proprie casse di casa per immergersi in un suono iperdefinito.

Questo sarebbe un errore, perché un tweeter non è fatto solo di CSD.

Abbiamo già visto, ad esempio, che la versione in alluminio offre un'efficienza più alta. Per qualcuno, quel dato potrebbe essere importante; ad esempio, potrebbero doverlo abbinare ad un woofer da 250 che spara 93 dB.

Inoltre si tratta di un tweeter "a secco", privo di ferrofluido; questa potrebbe essere una limitazione inaccettabile per chi richiede un'elevata potenza, oppure per chi decidesse di sollecitarlo su frequenze basse con un filtro a pendenza ridotta.



Ma soprattutto, c'è sempre la frase del mio vecchio professore di Elettronica Generale:

**- La musica non si ascolta con l'oscilloscopio, si ascolta con le orecchie!**

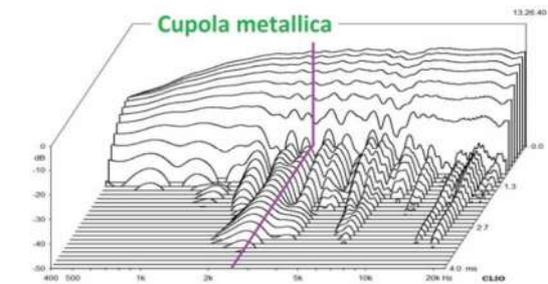
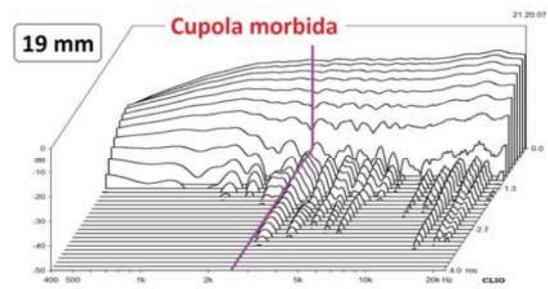
Ovvero, anche se una definizione estrema è **tecnicamente** migliore, non è detto che sia gradita a tutti.

Per fare un esempio, c'è un sacco di gente che apprezza l'amplificatore a valvole, anche se è imbarazzante dal punto di vista tecnico.

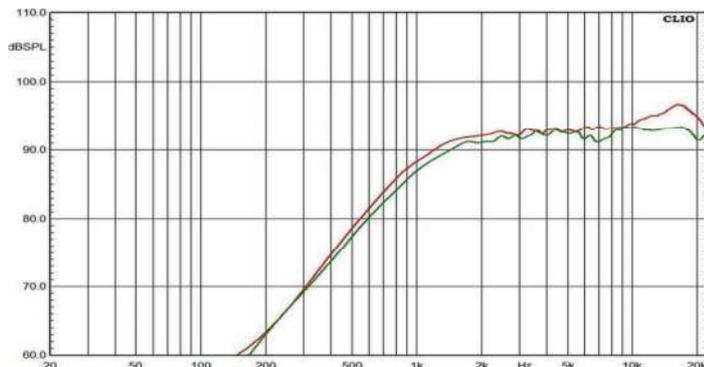
Torniamo ai nostri confronti.

Per dimostrarvi che il primo era un caso particolare, faccio lo stesso giochetto con i modelli da 19 mm.

La nostra misteriosa azienda offre una scelta analoga anche su questo formato più piccolo.



Anche qui, a parità di condizioni, abbiamo la cupola morbida che risponde meglio, ma il CSD va osservato con molta più attenzione per accorgersi delle differenze. E' come se la cupola piccola li rendesse meno distinguibili, rispetto ai fratelli maggiori.



Anche le curve di risposta (con il metallico sempre in **verde**) appaiono molto più simili. addirittura sovrapponibili fra 3'000 e 6'000 Hz.

La cupola morbida presenta il solito aumento dopo i 10'000 Hz, ma vi ci dovrete abituare perché lo fanno spesso.

Che conclusioni possiamo trarre?

A questo punto, con tutto quello che sappiamo, ognuno è nelle condizioni di arrivarci da solo, tuttavia voglio aggiungere un altro indizio, che dovrebbe essere determinante.

Non troverete mai una membrana in titanio, o in alluminio, sopra il formato da 25 mm.

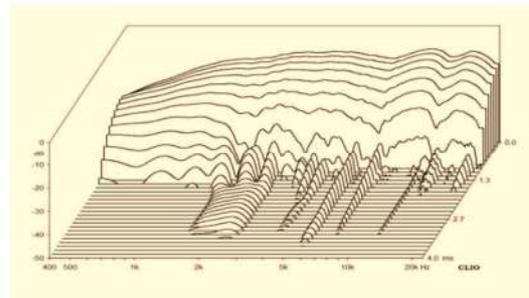
Parecchie aziende producono tweeter da 28, poi ci sono quelli da 30, da 32, perfino da 36... ma tranne casi eccezionali, sono tutti a cupola morbida.

A quelli troppo pigri per rifletterci da soli, cerco di spiegarla io.

Il principio di funzionamento della cupola morbida, che abbiamo visto qualche pagina fa, si esalta con grossi diametri di emissione, dove i metalli produrrebbero un CSD inaccettabile.

Il primo grafico, che vi ho mostrato come esempio tre pagine addietro, non solo viene da un modello di 30 anni fa, ma è pure da 28 mm.

Costa oltre 150 euro, ma non è una questione di prezzo. Con titanio ed alluminio, sul 28 non si ottiene un CSD come questo, nemmeno pagando tutto l'oro del mondo.



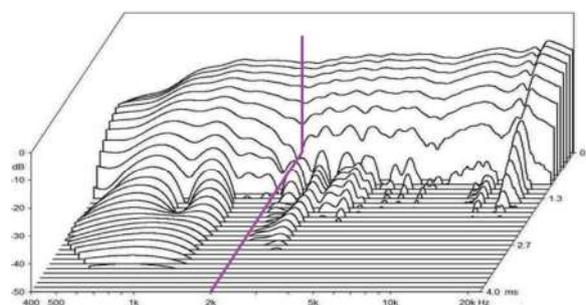
Quando il formato diventa piccolo, invece, materiali differenti producono risultati simili.

Il principio di funzionamento della cupola morbida, introdotto da Hecht, diventa meno determinante.

Lo si capisce anche intuitivamente: se potessimo realizzare un tweeter virtualmente **puntiforme**, ovvero con membrana da un solo millimetro, le onde di vibrazione arriverebbero immediatamente al centro, annullando qualunque differenza tra morbido e rigido.

Prima di abbandonare l'argomento, vi propongo un ultimo confronto, per mostrarvi che non è tutto oro ciò che brilla.

Osservate i due grafici qui a sinistra. La linea viola, situata sui 2'000 Hz, vi fa capire che sono tweeter da 25.

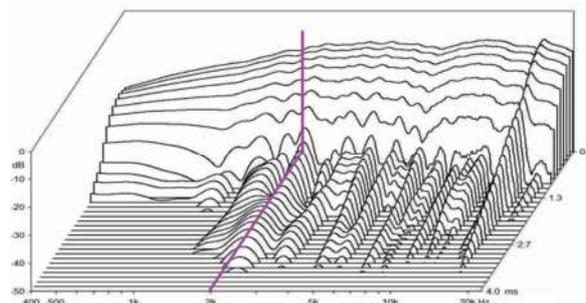


In base a quanto letto fin qui, starete probabilmente pensando che il primo ha una cupola morbida, mentre il secondo è chiaramente metallico...

...E invece no!!

Sul primo avete ragione, ma è morbido anche l'altro.

*OK, allora c'è un'altra spiegazione: il primo costa quanto una moglie da Pittarello, mentre il secondo sarà un prodotto da quattro soldi...*



Sbagliato anche stavolta. Il secondo costa 5 volte di più: parliamo di **25 euro** contro **125**.

La spiegazione è piuttosto comune, in elettroacustica: *"Non tutte le ciambelle vengono col buco."*

Il primo tweeter è riuscito particolarmente bene, probabilmente non se lo aspettavano nemmeno i suoi stessi progettisti. Il secondo, invece... Volete fare due risate?

Si tratta della stessa azienda, prestigiosissima, che ha prodotto quel gioiellino del primo confronto.

Tra l'altro, bisogna dire che il secondo tweeter è superiore in tutto il resto, come ci si aspetta dalla sua categoria di prezzo: potenza, linearità, risonanza, distorsione... ma io non accetterei un CSD come quello, sulle mie casse, soprattutto dopo aver sentito quanto costa (infatti ho quell'altro, nel mio salotto).

In altre parole, la regola generale ci dice che la cupola morbida, **mediamente**, offre maggiore definizione rispetto a quelle metalliche, in virtù di una migliore risposta ai transienti.

Tuttavia, questa differenza si riduce molto se scegliete un 19, inoltre bisogna analizzare caso per caso, perché è facile incappare in situazioni particolari.

C'è ancora molto da dire sui tweeter: potenze, filtraggi, distorsioni, ecc. ecc., ma dopo 12 pagine, credo che questa prima parte possa fermarsi qui.

Abbiamo solo un'ultima cosuccia, che avevamo lasciato in sospeso nella prima pagina...

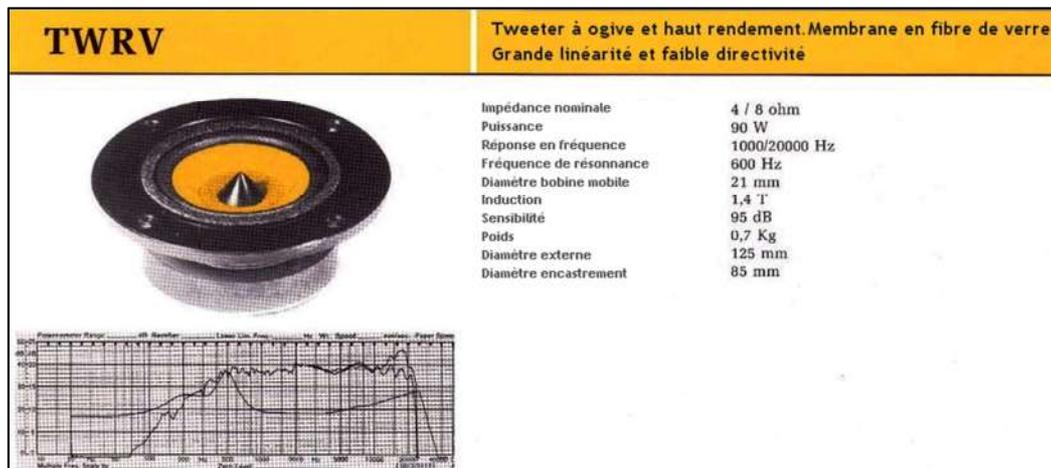
Dicevamo che il tweeter a cono ha avuto una storia commovente, con un epilogo molto triste. Vediamo se riesco a suscitare una lacrimuccia nei lettori.

Come ben sappiamo, negli anni '80 c'è stata la rivoluzione sui materiali innovativi; si sono inventati l'impossibile, sia sui woofer che sui tweeter. Partendo dal semplice cartoncino conico, in soli dieci anni siamo arrivati al doppio Kevlar, con profilo esponenziale e diffrattore a ogiva. Tuttavia, quando il decennio delle meraviglie è iniziato, il povero tweeter a cono era appena andato in pensione, anzi... ce lo avevano mandato forzatamente, con un mercato che proponeva solo cupole.

Ma cosa sarebbe potuto succedere, se quelle nuove tecnologie fossero state applicate al cono?

Beh... non dobbiamo andare di fantasia, abbiamo prove schiaccianti fornite dalla **SIARE**.

Si tratta di un'azienda francese, che oggi è completamente diversa; alla fine degli anni '80, propose una linea di **tweeter a cono** in fibra di vetro, con ogiva centrale.



Le caratteristiche erano semplicemente **incredibili**.

Già con il modello più economico si poteva scendere fino a **1000 Hz**, incrociandosi perfino con un enorme woofer da 300. Anzi, forse era addirittura il più indicato, visto che il tweeter sfoderava **95 dB**.

Probabilmente grazie all'ogiva, la risposta fuori asse era irraggiungibile per qualsiasi cupola, anche quelle piccole da 19, ma la tenuta in potenza era mostruosa, ben superiore a quella di un 25.

Sembrava praticamente illimitata, durante l'ascolto musicale.

Ebbi occasione di usarli in due progetti, entrambi nel settore car-stereo, con amplificazioni da 350 e 500 W; non si riusciva a farli distorcere nemmeno un po', anche a potenze tali da dover uscire dalla macchina. D'accordo... il suono sembrava piuttosto aggressivo, ma erano anche i primi tentativi; i tweeter a cupola avevano alle spalle decenni di perfezionamento.

So che oggi ci sta provando la **Davis**, erede della SIARE perché fondata dal loro ex-progettista.

Tuttavia, non mi sembra che ottengano grossi risultati; il mercato vuole solo le cupole.

In altre parole, il tweeter a cono è stato ingiustamente mandato all'ospizio, dopo trent'anni di sostanziale monopolio, poco prima che nascessero tecnologie con le quali avrebbe primeggiato su tutti.

E' come morire di una qualche malattia sconosciuta, un mese prima che gli scienziati scoprano la cura.

Ora possiamo chiudere davvero.

Nella chiacchierata successiva parleremo di ferrofluido, camere posteriori, filtri, ecc. ecc.

Non pensate che basti un CSD ed un SPL, per scegliere un tweeter.

Alla prossima!

19 febbraio 2020

  
(Robert Romiti)