

Si sottopone all'attenzione dei lettori, invitandoli ad unirsi all'appello in favore della pubblicazione dell'opera.

**Estratto dalla “Linea Guida n.11 A.P.A.T.”  
(stesura primaria, di Fabrizio Calabrese, per l'APAT)**

## **Il ridimensionamento dell'impianto audio: una possibile soluzione**

Il problema del contenimento delle emissioni ambientali da impianti audio può essere affrontato con mezzi relativamente tradizionali, come le insonorizzazioni passive<sup>1</sup>, oppure utilizzando tecnologie attive di relativa avanguardia<sup>2</sup>: in entrambi i casi sono possibili abbattimenti consistenti, compresi tra 10 e 18 deciBel, a parità di livelli d'ascolto. Quest'ultima affermazione sottolinea una particolare quanto indispensabile cautela, che è quella di assicurarsi che il risultato di ogni tipo di intervento non sia compromesso da un successivo innalzamento dei livelli d'ascolto, che riporti i livelli d'immissione al di sopra dei limiti vigenti<sup>3</sup>.

Vi sono poi innumerevoli casi in cui il contenimento dei livelli d'immissione potrebbe essere facilmente ottenibile, con minima spesa, semplicemente moderando i livelli d'ascolto, per esempio nel caso delle attività in cui gli impianti audio sono impiegati per creare un sottofondo.

L'evidenza raccolta negli oltre 10 anni dall'entrata in vigore della Legge Quadro n.447/95 è spesso di segno concorde nel riconoscere l'inefficacia sia dell'autoregolamentazione che dell'impiego dei cosiddetti “*limitatori non manomissibili*”, che poi sono tali soltanto nell'immaginario di alcuni *tecnici competenti*. Per quanto riguarda l'autoregolamentazione, è comprensibile la difficoltà a far fronte, specie senza strumentazione, alle variazioni di livello delle incisioni e, contemporaneamente, a quelle del rumore antropico degli avventori. L'apparato uditivo umano, infatti, adatta la sua sensibilità entro un intervallo ampio milioni di volte, perciò è in pratica inabile a valutare livelli sonori assoluti. Questo accade sia al gestore o al DJ che controlla le regolazioni dell'impianto, sia alla vittima delle immissioni, che infatti le paragona al rumore di fondo altrimenti presente nella sua abitazione. L'argomento è approfondito nella *Linea Guida introduttiva* sulla psicoacustica e sulla dinamica delle incisioni, che contiene anche un'amplia bibliografia.

Per quanto riguarda i “*limitatori non manomissibili*”, cioè quelli caratterizzati da costanti di intervento assai lente, è fin troppo evidente che, trattandosi di *processori* con un numero di canali pari a quello di ogni altro elemento dell'impianto (due, per un impianto stereo) e con un livello operativo di segnale del tutto normale (livello “di linea”), è sempre ed assolutamente possibile predisporre una coppia di cavetti che permettano, in pochi secondi, di collegare direttamente l'apparecchio a monte del *limitatore* con quello a valle, annullandone dunque l'intervento.

Chiunque sostenga il contrario dimostra di non avere alcuna nozione o esperienza di installatore<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Vedi alle **Linee Guida n.2 e n.7**, dove sono riportati esempi sottoposti a rilevamenti prima e dopo l'intervento.

<sup>2</sup> Vedi alle **Linee Guida n.3, n.10, n.14**.

<sup>3</sup> Alcune delle tecniche che incrementano la direttività d'emissione dei diffusori, ne incrementano in proporzione anche il rendimento. A parità di amplificazione e di trasduttori è dunque intuitivo prevedere l'esistenza di un margine operativo in grado di annullare con grande precisione l'efficacia dell'intervento, **se non si ridimensiona la potenza degli amplificatori**.

<sup>4</sup> Chiunque si stupirebbe nell'apprendere di un addetto alla revisione automobilistica che non sia in grado di mettere in moto un'auto, oppure non riesca a distinguere un veicolo diesel da uno a benzina...

Proprio l'esperienza diretta sui *limitatori* a costanti lente dovrebbe avere -da tempo- convinto la totalità dei *tecnici competenti* sulla pratica impossibilità di potersi avvalere di questo tipo di processori per risolvere problemi concreti di superamento dei limiti d'immissione, per due motivi:

- Per quanto lente possano essere le costanti di tempo con cui questi sistemi di regolazione intervengono, esse sono sempre comprese entro un intervallo che si sovrappone a quello della normale variabilità del segnale musicale, con cui può facilmente interferire creando pessimi effetti all'ascolto<sup>5</sup>.
- Il segnale di riferimento, rispetto al quale è regolato il livello, può essere prelevato da un microfono in sala (nel qual caso gli schiamazzi silenzieranno la musica), oppure direttamente agli ingressi di segnale, nel qual caso si perderà l'indispensabile compensazione del maggiore o minore contributo energetico del campo riverberato, il quale varia in funzione della presenza di pubblico<sup>6</sup>.

L'analisi delle modalità operative dei cosiddetti "*limitatori non manomissibili*", ha peraltro condotto ad evidenziare un aspetto relativamente poco conosciuto dell'audio professionale attuale: il problema della conservazione della risoluzione delle incisioni.

### **Un nuovo criterio qualitativo**

Una tra le convinzioni più radicate nella cultura tecnica di installatori ed operatori dell'audio professionale è quella per cui ad un superiore dimensionamento di amplificatori e diffusori consegua, necessariamente, un incremento della qualità percepibile all'ascolto.

Questo è stato indubbiamente vero per tutta l'era dell'audio analogico, cioè fino a quando l'intervallo dinamico registrabile e/o trasmissibile è rimasto ampiamente inferiore a quello compreso tra il rumore di fondo e la massima potenza di uscita degli amplificatori<sup>7</sup>. Infatti già dal secondo dopoguerra la dinamica dei finali a valvole aveva superato gli 80 deciBel, oltre 100 volte più ampia di quella registrabile su vinile.

Esisteva dunque un ampio margine entro il quale aumentare la potenza degli ampli (e, in proporzione, il loro rumore di fondo), prima che questo raggiungesse il rumore intrinseco delle registrazioni, o comunque quello degli stadi di preamplificazione a monte del controllo di volume.

A parità di diffusori, quindi, la scelta di un amplificatore più potente, di solito realizzato in base ad un progetto più accurato, con componenti migliori e -soprattutto- con un'alimentazione meglio filtrata, comportava di regola un miglioramento delle prestazioni complessive di tutto l'impianto. Sul versante dei diffusori, il surdimensionamento è intuitivamente privo di controindicazioni<sup>8</sup>.

---

<sup>5</sup> Prendiamo ad esempio un brano di musica Rap, in cui la voce si alterna alle percussioni: se il rilevatore di livello che controlla il guadagno del limitatore legge preferenzialmente le frequenze medio-alte (p.es. se si adotta la ponderazione "A"), allora sarà la voce ad attivare un brusco abbassamento del livello d'ascolto, che interverrà però con un lieve ritardo, cioè in concomitanza con le percussioni. A questo punto l'entità del controllo risulterà eccessiva, per cui il guadagno si eleverà (ma di troppo) in concomitanza con il successivo intervento vocale del rapper... Eguale disastro, ma con la cadenza opposta, si ottiene quando, più logicamente peraltro, il rilevatore è lineare o ponderato in favore delle basse frequenze: ora è la maggiore energia delle percussioni ad attivare l'abbassamento del guadagno, che però interviene in corrispondenza della voce...

<sup>6</sup> L'argomento è approfondito nella **Linea Guida n.4**, sull'Equazione di Hopkins-Stryker.

<sup>7</sup> E' logicamente sottinteso che i diffusori riproducano intatto questo intervallo dinamico, il che è certo verso il limite inferiore; sul versante opposto, è evidenza sostanzialmente condivisa che, ad ogni incremento nelle potenze unitarie degli amplificatori consentito dall'evolversi della tecnologia, è corrisposto sempre un analogo incremento nelle potenze di picco sopportate -e riprodotte con distorsione accettabile- dai trasduttori.

<sup>8</sup> Esiste una parziale eccezione in tal senso. I diffusori a tromba con superfici di gola particolarmente contenute sono tipicamente efficientissimi e possono emettere livelli di pressione sonora assai più alti di quelli raggiungibili con trasduttori aventi complessi magnetici ed equipaggi mobili equivalenti, ma configurati a radiazione diretta (cioè privi di trombe): la non linearità dell'aria -agli altissimi livelli di pressione raggiunti nelle gole- sarà causa di elevati livelli di distorsione, tipicamente di seconda armonica. I due diversi tipi di trasduttori sono -tuttavia- raramente confrontabili tra loro in analoghe condizioni d'impiego, in quanto quelli a radiazione diretta sono utilizzabili solo in ambiti domestici o di Studio, mentre quelli a tromba sono praticamente insostituibili negli impieghi professionali che prevedono le maggiori potenze, specie all'aperto.

Questa linea di pensiero si è interrotta in coincidenza con la diffusione dei sistemi di registrazione e riproduzione professionali di seconda generazione, vale a dire quelli a 20-24 Bit: per la prima volta l'intervallo dinamico effettivamente registrabile raggiunge e, potenzialmente, supera la dinamica delle elettroniche di potenza. In pratica accade che, anche nel più semplice dei casi (quello del collegamento diretto dell'uscita di un convertitore D/A con l'ingresso di un finale di potenza), l'intervallo dinamico nominale del convertitore può essere utilizzato interamente solo se il massimo livello di tensione in uscita dal convertitore coincide con quanto necessario a condurre l'amplificatore alla soglia della saturazione (detta "*clipping*"). Questo si spiega sulla base del fatto che risoluzioni di 20-24 Bit sono ottenibili solo avvicinandosi ai limiti di rumore termico consentiti dagli elementi attivi e dalle impedenze circuitali dei convertitori, che però sono esattamente gli stessi degli stadi d'ingresso dei finali di potenza<sup>9</sup>.

Paradossalmente, i sistemi di compressione del flusso di dati digitali noti come "*perceptual coding*", di cui il più noto esempio è il formato **MP-3**, hanno consentito lo sfruttamento ancor più integrale dell'intervallo dinamico che supera la prima conversione da analogico a digitale (20-24 Bit, nell'audio professionale, ma progressivamente anche in quello domestico): infatti la codifica percettiva elimina solo le informazioni ridondanti, ma non quella relativa al livello complessivo, che appunto può essere situato ovunque entro l'intervallo di 120-144 dB convertito in digitale... A conferma di questo importante assunto, basti pensare che la prima applicazione del "*perceptual coding*" è stata nei cinema (digitali), ove ha consentito Livelli di Picco Lineari superiori a 120 deciBel, nonostante un livello di rumore di fondo praticamente inaudibile (vedi Linea Guida n.15).

**In sintesi, la conservazione di una quantità d'informazione -relativa ai bassi livelli- normalmente presente e codificata nelle attuali incisioni, è subordinata al rispetto di un numero di cautele, tra cui la fondamentale è quella di allineare con precisione i massimi livelli campionati con i livelli di picco richiesti per il pilotaggio delle elettroniche di potenza.** Questo è relativamente semplice da effettuare, nel caso di impianti non multiamplicati.

### **Le conseguenze del disallineamento dei livelli**

Un primo esempio della situazione tipica in cui un disallineamento dei livelli conduce ad una grave perdita di dinamica e di risoluzione è appunto quello dei cosiddetti "*limitatori* non disinseribili". Nel caso in cui uno di questi processori venga impiegato per ridurre il livello delle immissioni, per esempio di 15 dB al di sotto del livello massimo preventivamente raggiungibile, con lo stesso amplificatore e con gli stessi diffusori, allora un primo segmento di dinamica, di pari ampiezza, è sicuramente perduto<sup>10</sup>. Il *limitatore* necessita poi di un margine di guadagno aggiuntivo, esattamente pari a quello che occorre al DJ o all'operatore dell'impianto audio per far fronte al diverso livello medio delle incisioni: indicativamente 12 deciBel, ma è prudente calcolarne almeno 15 dB. Infine va considerato che qualsiasi stadio a guadagno variabile è caratterizzato, sempre, da un livello intrinseco di rumore di fondo relativamente elevato, che non può mai competere con quello di elettroniche assai più sofisticate, come quelle dei convertitori o dei finali di potenza. Nel migliore dei casi, quindi, stiamo sacrificando almeno 30-40 deciBel di risoluzione a basso livello, la stessa che si perde passando da una registrazione digitale attuale ad un disco in vinile. Non si tratta per niente di pura teoria: anche una breve prova d'ascolto rende bene l'idea.

Per approfondire questo fondamentale e nuovo aspetto qualitativo dell'audio, è sicuramente utile esaminare i valori delle grandezze elettriche e fonometriche effettivamente rilevate in un caso preso ad esempio, traendone direttamente le deduzioni opportune.

---

<sup>9</sup> Non è un caso che gli amplificatori finali di più recente progettazione e realizzazione tendano ad avere una sensibilità in ingresso che è praticamente corrispondente alle potenzialità dinamiche, cioè in uscita, dei migliori lettori CD. Questo si rivelerà utilissimo in sede d'effettivo ridimensionamento, consentendo di fare a meno di qualsiasi apparato interposto.

<sup>10</sup> Abbassando p.es. di 15 dB la tensione in ingresso agli ampli di potenza, il livello di rumore di fondo di questi resta infatti del tutto inalterato...

Il caso-esempio è quello di un grande impianto da concerto, impiegato per amplificare prevalentemente musica classica nella Cavea dell'Auditorium di Roma, con una capienza massima di 3000 persone e con una distanza tra i diffusori (sospesi) e gli ascoltatori compresa tra 20 e 40 metri circa (la foto è nell'apposita sezione del Sito).

Il difetto lamentato all'ascolto era costituito dalla presenza di ronzio ad alta frequenza (6-16 KHz.), facilmente verificabile sia all'ascolto che strumentalmente: la sorgente della contaminazione era la rete elettrica, ma un filtro di rete non aveva ridotto che di pochi deciBel il disturbo.

L'indagine successiva è stata condotta con gran velocità, grazie all'approntamento di un CD contenente segnali di misura: qualcosa di molto simile a quanto descritto in dettaglio nella **Linea Guida n.1**, cui si rimanda. Oltre alla comodità di poter fare a meno di portare in loco gli strumenti di misura più ingombranti e d'impiego talvolta necessariamente lento, il CD contenente segnali Test è utilissimo per eseguire in rapida sequenza un numero di rilievi ai più alti livelli di sollecitazione dell'impianto, tuttavia senza rischio di danneggiare anche i trasduttori più sofisticati e delicati.

E' importante predisporre una sequenza utile, con i segnali più indicativi.

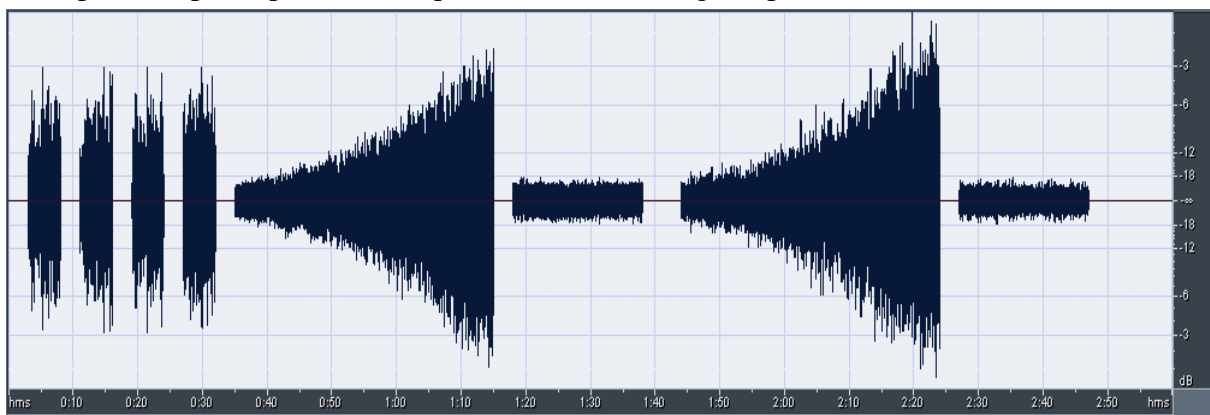


Fig.1

Il grafico di **Fig.1** mostra la forma d'onda della serie di segnali di prova sintetizzati e registrati digitalmente per questo specifico test. I primi tre brevi intervalli, di 5 sec. ciascuno, contengono Rumore Rosa filtrato alle basse frequenze, sotto 100 Hz, ad un livello di picco di -3 dB rispetto al massimo quantizzabile (lo "zero digitale"): essi sono necessari per individuare la regolazione di volume cui corrisponde l'entrata in saturazione degli amplificatori dei subwoofers<sup>11</sup>. Un quarto intervallo breve contiene Rumore Rosa filtrato da 150 a 250 Hz, che è la banda di frequenze solitamente emessa con minore difficoltà (e distorsione) da praticamente qualsiasi tipo di impianto: anche per questa, il livello di Picco Lineare coincide con un livello 3 dB inferiore allo zero digitale.

Segue un intervallo di circa 40 secondi, contenente Rumore Rosa filtrato al di sopra di 2 KHz. con una pendenza di 6 dB per ottava, a livelli crescenti di 0,5 dB al secondo fino a che il livello di Picco Lineare non corrisponda allo zero digitale.

Lo spettro di questo tipo di segnale di prova è praticamente identico a quello tipico della musica classica amplificata, rilevando la quale riscontreremo, infatti, lo stesso rapporto tra Livello Equivalente ponderato "A" e Livello di Picco Lineare<sup>12</sup>.

Negli intervalli successivi sono registrati, nell'ordine, Rumore Rosa lineare (ma ad un livello contenuto), poi una nuova progressione, ma con Rumore Rosa equalizzato in modo di simulare lo spettro di emissione tipico della musica rock-pop dal vivo, per il quale peraltro è stato progettato e

<sup>11</sup> Le tre bande (40/60 – 60/80 e 80/100 Hz) sono necessarie per valutare se i livelli di saturazione sono influenzati dalla presenza di una curva di equalizzazione, introdotta da alcuni "processori" dedicati. Vedi alla **Linea Guida n.12**.

<sup>12</sup> L'incremento lineare del livello si dimostrerà, a posteriori, graficamente assai meno diagnostico della sequenza di prove a livelli crescenti ma costanti per qualche secondo (p.es. a -18; -12; -6; 0 dB rispetto allo zero digitale). Tuttavia l'informazione rilevata è la stessa: ad un determinato livello gli amplificatori saturano (si dice "clippano") ed il livello di picco cessa di aumentare, nonostante il livello medio (LAEq.) continui ancora a crescere. Questo è appunto il livello sonoro massimo che impianto emette alla soglia della saturazione.

proporzionato questo tipo di impianto; poi ancora lo stesso Rumore Rosa equalizzato, ma a livello costante. La seconda progressione è effettuata con gli stessi livelli di Picco Lineare della prima, quindi alla fine dei circa 40 secondi si raggiunge lo *zero digitale*, mantenuto per 3-4 secondi.

La prova con questo diverso tipo di spettro formato è indispensabile per valutare il normale contesto operativo di questo tipo d'impianti audio, poiché la curva di ponderazione "A" introduce una penalizzazione sui livelli massimi di LAeq. e di LAS max raggiungibili in corrispondenza dell'entrata in saturazione (possibilmente contemporanea) degli amplificatori dei subwoofers e di quelli della parte principale dell'impianto audio. Anche in questo caso l'appiattimento della progressione dei livelli di Picco Lineare, negli ultimi secondi, è diagnostica del raggiungimento del livello massimo, cioè del "clipping" degli amplificatori.

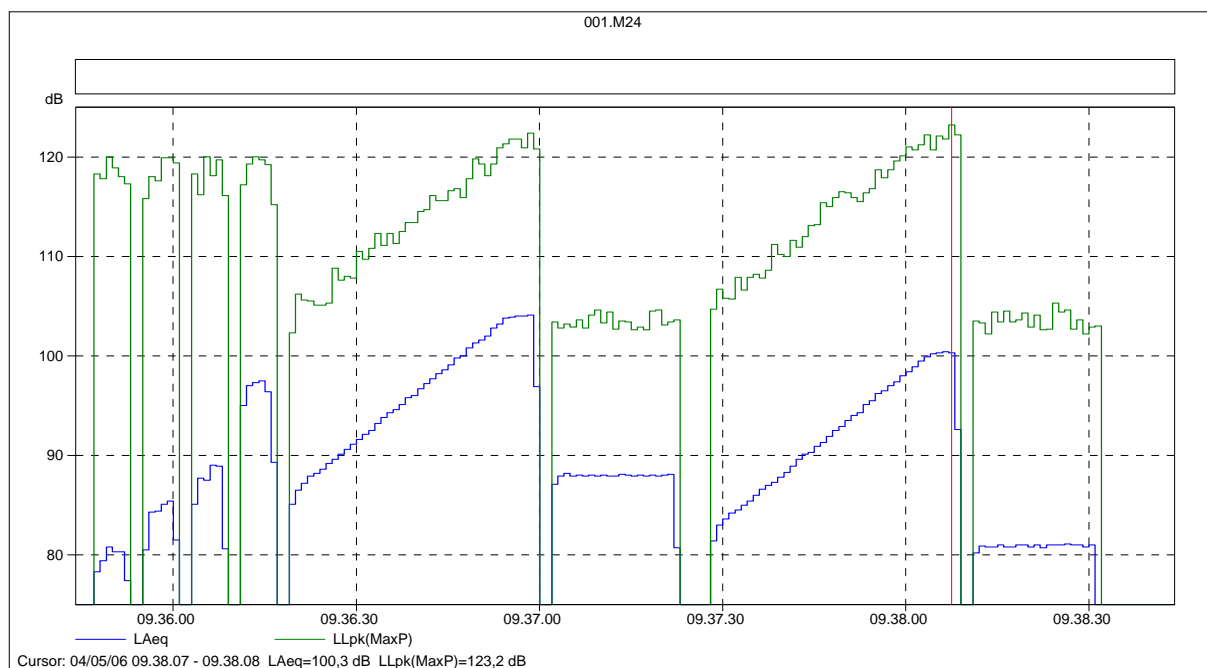


Fig.2

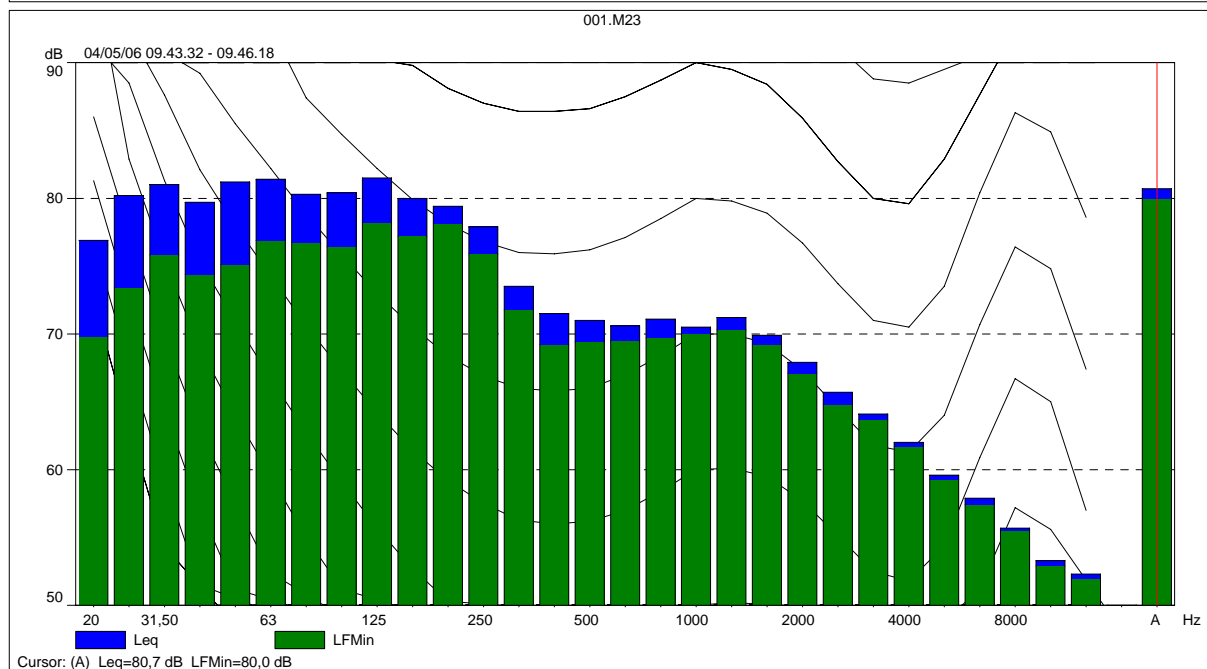


Fig.3

I Grafici di **Fig.2** e **Fig.3** mostrano, nell'ordine, i livelli e lo spettro (quello della seconda sequenza di Rumore Rosa equalizzato), rilevati collegando direttamente un fonometro all'uscita del lettore CD. Essi sono dunque i valori di riferimento, che un impianto perfettamente lineare nella risposta ed operato al di sotto della saturazione riprodurrebbe esattamente nelle stesse proporzioni.

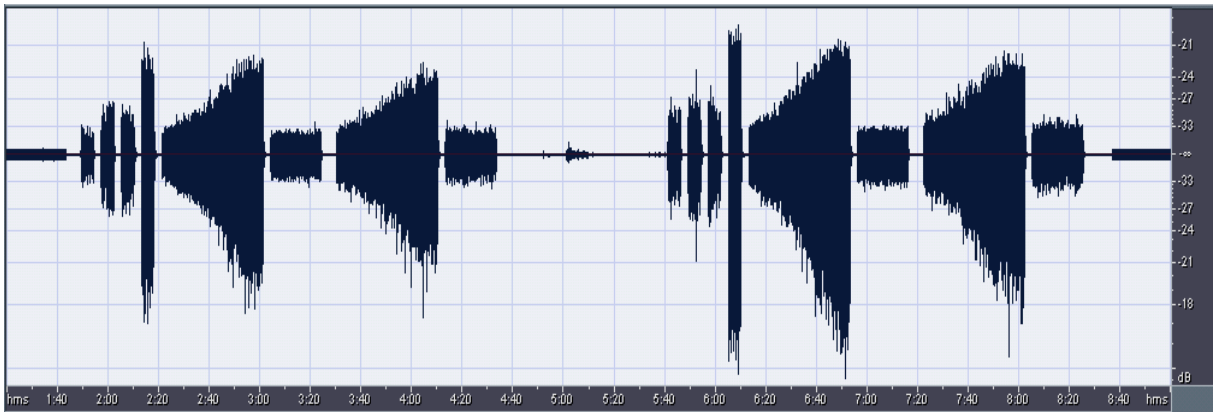


Fig.4

Il grafico di **Fig.4** mostra, invece, la forma d'onda realmente emessa dall'impianto, e registrata su DAT, ripetendo due volte il CD di prova, al massimo livello consentito dagli amplificatori. Il primo rilevamento è eseguito in un settore posteriore (a 32 metri dai diffusori), il secondo più avanti, a 24 metri dai "cluster" sospesi. L'evidente asimmetria testimonia la presenza d'elevati livelli di distorsione di seconda armonica, tuttavia relativamente benigna all'ascolto<sup>13</sup>.

Osservando con attenzione si può anche notare che i livelli di picco nei primi tre intervalli brevi ( $F < 100$  Hz.) sono assai più contenuti di quelli della successiva banda (150/250Hz.); questi superano anche quelli emessi nelle prove a banda larga... Questo è il tipico comportamento che si osserva negli impianti dotati di *limitatori* interni, posti a protezione dei trasduttori dei subwoofers e dei drivers per le alte frequenze: la dinamica disponibile è diversa in funzione dello spettro emesso.

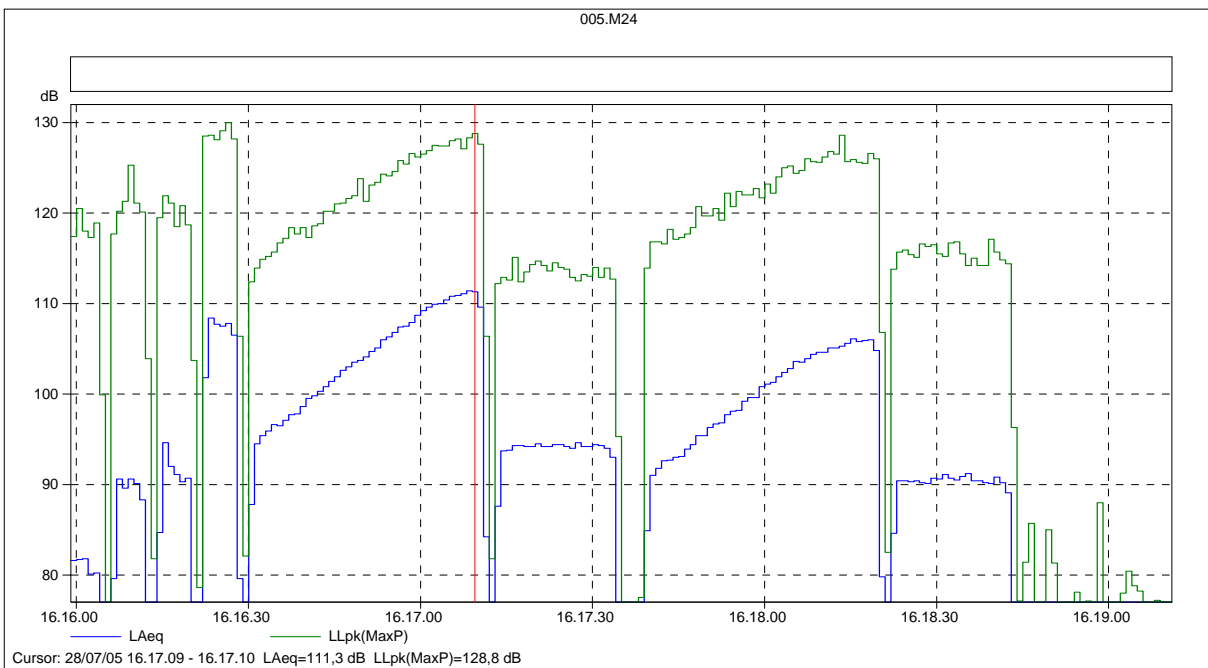


Fig.5

Il grafico di **Fig.5** mostra la serie di campionamenti di LAeq. (curva in basso) e di Livello di Picco

<sup>13</sup> Il dubbio se questa distorsione possa essere causata dal microfono di misura è risolto dall'osservazione che i due rilievi, a distanze diverse, mostrano la stessa asimmetria: essi sono stati rilevati con lo stesso livello operativo dell'impianto. Se la distorsione fosse stata causata dal microfono, allora essa sarebbe stata proporzionalmente maggiore nel secondo rilievo, eseguito a distanza minore e dunque a livelli più alti. Va anche segnalato all'attenzione che l'asimmetria sembra assente o più ridotta quando sono attivi i soli subwoofers, mentre è stranamente presente e ben evidente nella banda centrata su 200 Hz (frequenza scelta appositamente perché solitamente riprodotta con i livelli minimi di distorsione). La deduzione che se può trarre è che le elettroniche dei diffusori introducano deliberatamente questa asimmetria, che all'ascolto può attivare sensazioni di apparente maggiore livello (vedi alla Linea Guida introduttiva sulla dinamica).

Lineare (curva in alto) rilevati con il fonometro nella posizione più vicina (a 24 m. dai diffusori); i livelli rilevati a 32 metri seguono gli stessi andamenti, ma ad un livello **2,5 deciBel** inferiore, esattamente come previsto per l'attenuazione per divergenza di un fronte d'onda sferico<sup>14</sup>. Dunque disponiamo di una indicazione relativamente precisa dei massimi livelli operativi per questo impianto audio.

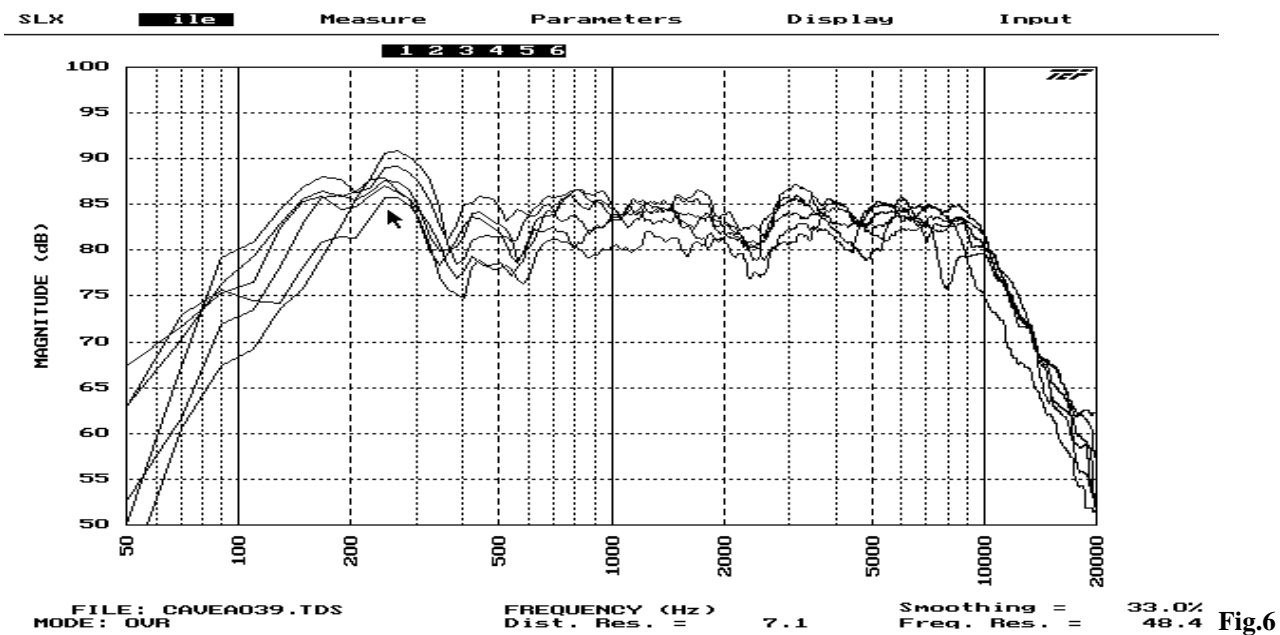


Fig.6

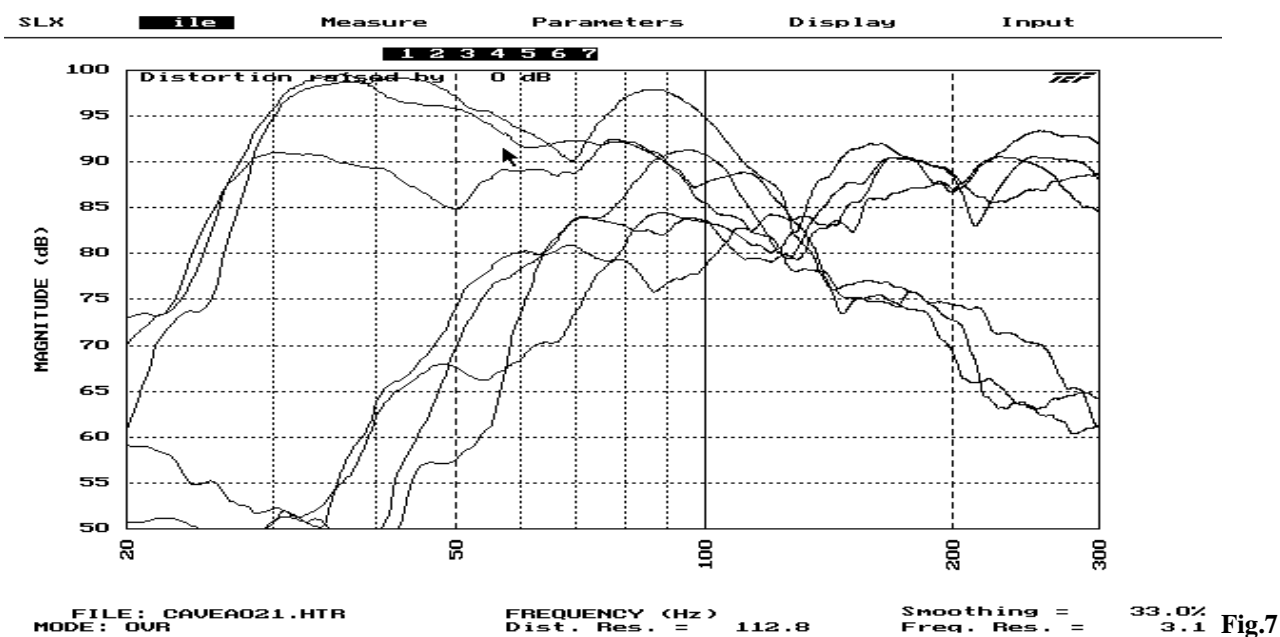


Fig.7

I due Grafici di **Fig.6** e **Fig.7** mostrano il risultato della sovrapposizione di più curve di risposta rilevate con la tecnica della Time Delay Spectrometry<sup>15</sup> e con il microfono in varie posizioni nell'area normalmente occupata dal pubblico, a distanze comprese tra 24 e 36 metri dai diffusori: la tensione di pilotaggio, inviata direttamente ai diffusori (attivi), era di esattamente **100 milliVolt**

<sup>14</sup> In realtà un impianto "Line Array" dovrebbe comportarsi diversamente: l'argomento è approfondito nella **Linea Guida n.12**. Qui si sottolinea che la maggior quota di energia è emessa in gamma bassa e medio-bassa, a frequenze alle quali le sorgenti lineari incurvate di questo impianto emettono, evidentemente, con modalità di propagazione sferica.

<sup>15</sup> Questa tecnica di misura è spiegata in dettaglio nell'Appendice della **Linea Guida n.4**, ad essa dedicata e cui si rimanda. I vantaggi del suo impiego consistono nell'elevata immunità rispetto ai rumori estranei e nell'utilizzo di segnali sinusoidali, di ampiezza nota e facilmente rilevabile con la necessaria precisione.

RMS, cui corrispondono, in Fig.6, livelli di pressione sonora compresi tra **79 ed 85 deciBel**, a frequenze da 120 Hz. a 10 KHz. In Fig.7 si nota che la sensibilità degli ampli dei subwoofers è assai maggiore, per cui in condizioni operative è normale siano applicate ad essi tensioni proporzionalmente inferiori (occorre però tener conto della ristrettezza della banda riprodotta).

Ma nel grafico di Fig.5 avevamo riscontrato un livello massimo di emissione, con Rumore Rosa lineare alle basse frequenze ed attenuato sopra 2 KHz., pari a **129 deciBel di Picco Lineare**, cui corrispondevano **111 deciBel di Livello Equivalente ponderato “A”**. Un breve calcolo consente di trarre facilmente la deduzione che, a livelli di picco dell’ordine di 129 deciBel, a quelle stesse distanze, dovranno corrispondere livelli di tensione di pilotaggio di esattamente  $129 - 3 - 82 = 44$  **deciBel al di sopra di 100 milliVolt**, cioè circa **16  $V_{RMS}$** <sup>16</sup>.

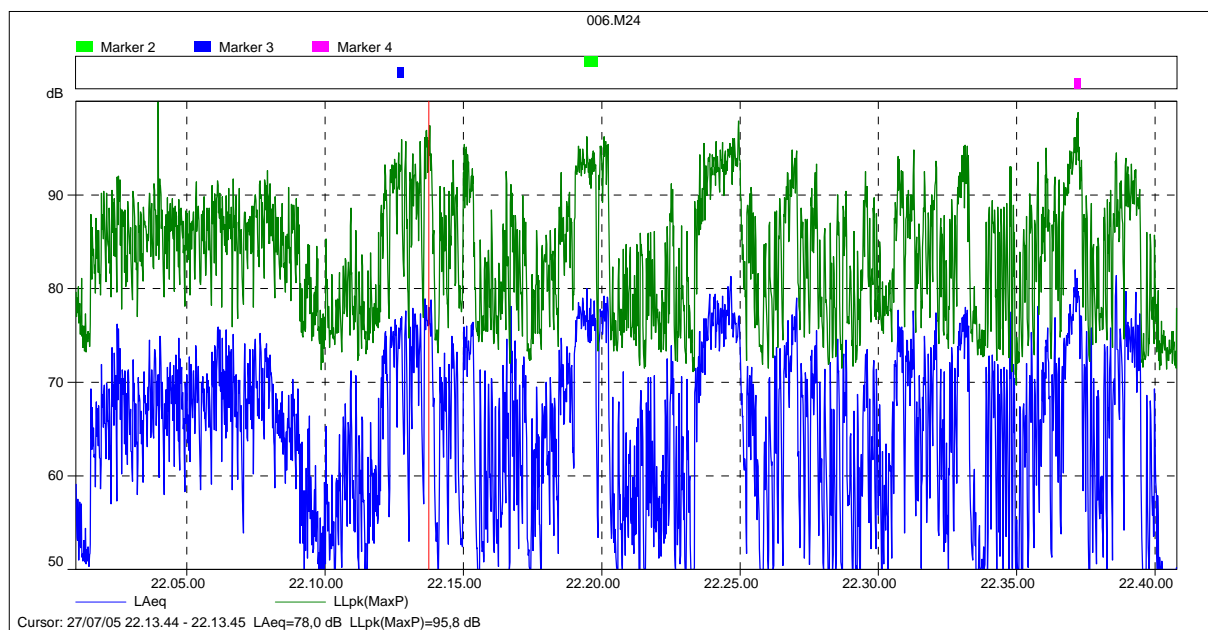


Fig.8

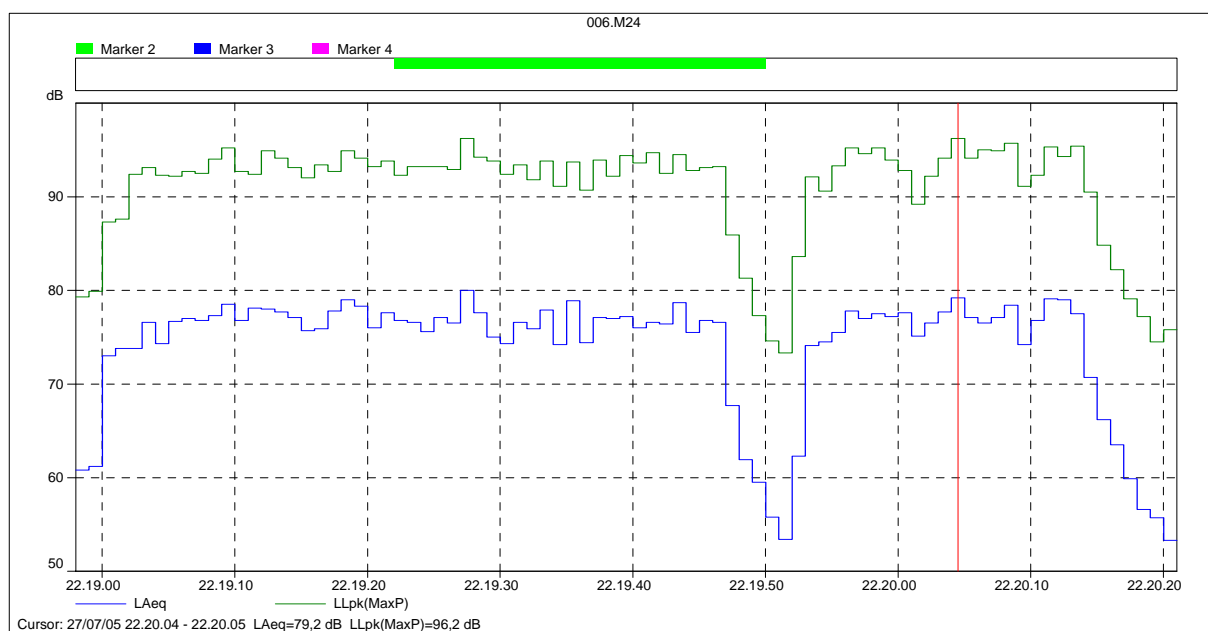


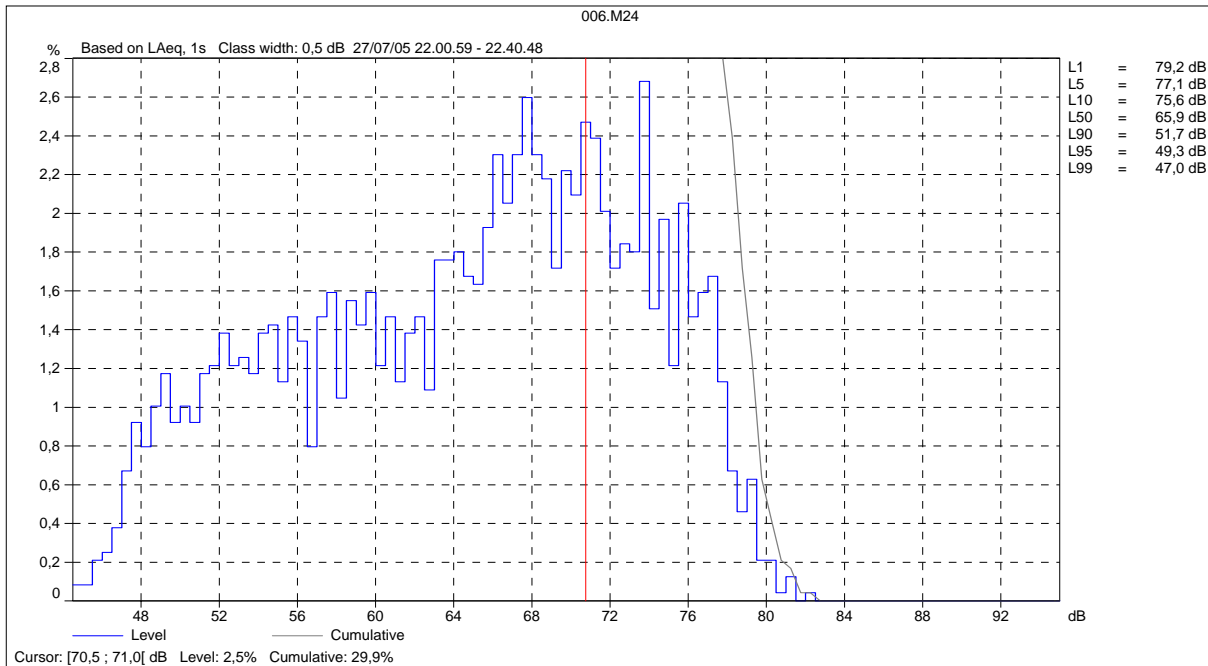
Fig.9

<sup>16</sup> Il fattore di correzione di 3 deciBel, nei livelli di pressione sonora, è dovuto alla conversione dal valore di livello di picco a quello RMS, da paragonare con la nostra tensione di riferimento, anch’essa in  $V_{RMS}$ . Il valore di  $16 V_{RMS}$ , che risulta dal calcolo, va in realtà ripartito tra quanto inviato alle sezioni principali dell’impianto e quanto inviato ai subwoofers (che hanno amplificatori più sensibili, peraltro): una difficoltà tipica di quando si rileva segnali a larga banda.

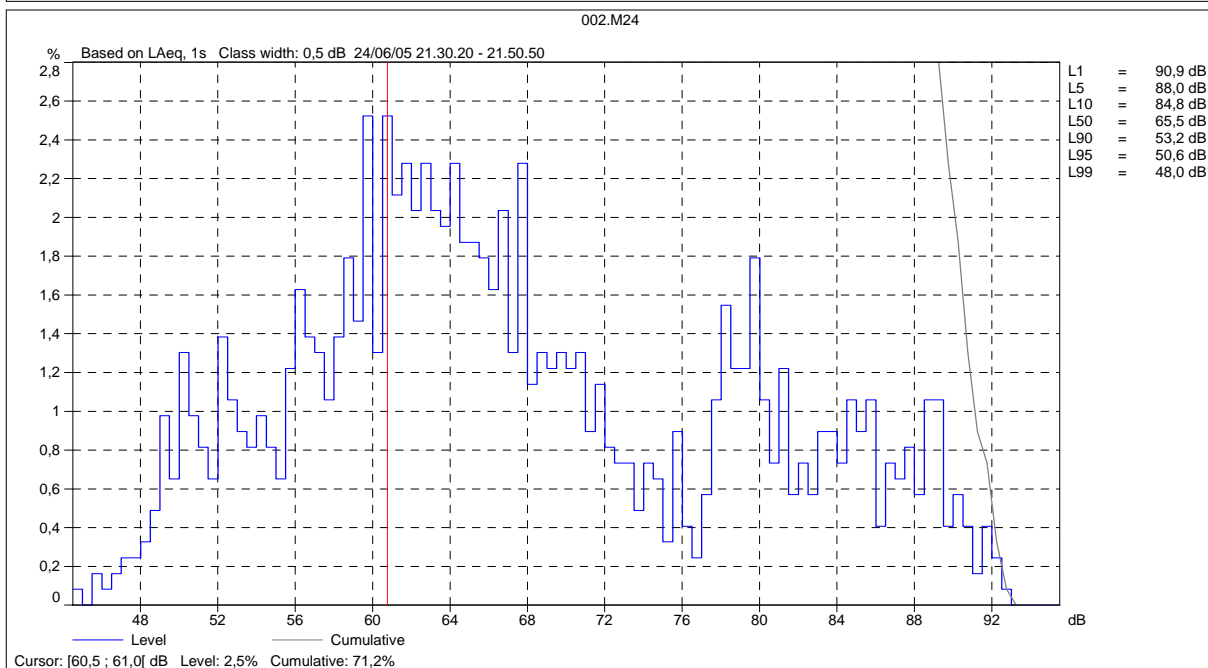


I due Grafici di **Fig.8** e **Fig.9** mostrano i livelli operativi cui è normalmente operato quel particolare impianto audio, rilevati durante un concerto. Come si può osservare siamo ben al di sotto delle potenzialità dell'impianto, che è stato evidentemente dimensionato per l'eventuale impiego con musica rock-pop dal vivo; infatti osservando con attenzione, in **Fig.5**, i livelli relativi alla seconda progressione (con spettro enfatizzato sulle basse, come in Fig.3), si deducono i valori massimi di **106 dB”A” Leq.** e di 126,6 decibel di Picco Lineare, che sono entrambi assolutamente normali per questo tipo di impianti da concerto, alla distanza di 24 metri.

In **Fig.8** ed in **Fig.9** i livelli massimi sono dell'ordine di 78-79 dB”A” Leq. e di appena 96 decibel di Picco Lineare, cioè  $129 - 96 = 33$  decibel al di sotto delle potenzialità dell'impianto audio.



**Fig.10**



**Fig.11**

I due Grafici di **Fig.10** e **Fig.11** mostrano il risultato dell'analisi statistica dei campionamenti di LAEq. rilevati a passi di un secondo in occasione di un concerto per pianoforte (lo stesso di Fig.8/9) ed in occasione di un'esecuzione (amplificata) dei "Pini di Roma" di O. Respighi, in occasione della quale il fonico, di particolare ed estrema esperienza, ha replicato con assoluta precisione i livelli massimi tipici della sala da concerto, tuttavia innalzando i livelli dei passaggi a basso livello,

quanto bastava per sovrastare il maggior rumore di fondo dell'esecuzione all'aperto. In entrambi i casi appare assai significativa la concentrazione statistica di dati nell'intervallo compreso tra 60 e 70 dB"A" Leq., che è particolarmente significativo del normale livello del fraseggio musicale, oltre che del parlato cinematografico. Questo è un livello critico, come lo è il livello minimo dei passaggi in "pianissimo", che da entrambe le statistiche appare situato appena al di sopra di 48-49 dB"A".

In termini di livelli di segnale stiamo dunque assumendo che i diffusori attivi di questo impianto, collegati con una linea bilanciata lunga oltre 150 metri, ricevano normalmente segnali di  $82 - 65 = 17$  deciBel inferiori alla tensione di prova di 100 mV, cioè in media pari a 14 milliVolt<sub>RMS(A)</sub>. Nei passaggi in pianissimo, a **49 dB"A"**, le tensioni di segnale dovrebbero essere  $82 - 49 = 33$  deciBel inferiori al riferimento di 100 mV, cioè pari in media a **poco più di 2 milliVolt...**

Ripetendo i calcoli senza la ponderazione "A" ed osservando che vi è una differenza praticamente costante di 18 dB tra il livello di Picco Lineare ed il Livello Equivalente ponderato "A", stiamo sempre ipotizzando che le tensioni di picco nei pianissimo siano pari a  $129 - 18 - 49 = 62$  **deciBel inferiori al livello massimo di tensione accettato in ingresso dagli amplificatori**: ancora una volta una decina di milliVolt o poco più... Se c'è alcuno che intenda meravigliarsi della presenza di interferenze captate dalla rete, questi dovrebbe semmai domandarsi come queste possano essere state contenute a livelli relativamente accettabili, viste le grandezze in gioco.

In sintesi: un impianto audio la cui amplificazione sia stata dimensionata per i livelli di picco di un concerto rock-pop o per la musica in discoteca, può essere operato per impieghi che prevedono livelli assai minori solo alla condizione di sacrificarne la risoluzione ai bassi livelli e di incorrere, potenzialmente, in gravi e difficilmente risolvibili problemi di captazione d'interferenze d'ogni natura. L'affermazione secondo cui una "riserva" di potenza possa costituire un elemento a favore di una migliore qualità all'ascolto è evidentemente destituita di ogni fondamento<sup>17</sup>.

L'esempio dell'impianto da concerto è, in qualche modo, relativamente benevolo, poiché i collegamenti sono tutti con linee bilanciate: in discoteca o in un Pub, con elettroniche sbilanciate, una perdita di risoluzione ed una limitazione dei livelli elettrici sui cablaggi così vistosa, avrebbe di certo prodotto artefatti e distorsioni di proporzioni inaccettabili all'ascolto.

### **La limitazione delle potenze di amplificazione e le sue conseguenze all'ascolto**

Una volta preso atto del potenziale di degrado qualitativo connesso all'impiego dei cosiddetti "*limitatori* non disinseribili", vale a dire di quelli a costanti lente, il passo successivo consiste nell'esaminare la soluzione tecnica più intuitivamente alternativa, che è quella di impiegare i normali *compressori-limitatori*, a costanti di tempo regolabili, che sono diffusissimi e relativamente economici. Nella **Linea Guida n.8** è spiegato bene il meccanismo per cui con questo tipo di apparati si ottiene facilmente il risultato esattamente opposto, cioè quello di produrre **l'incremento** dei livelli d'ascolto e, in proporzione, **dei livelli d'immissione**. D'altra parte questo è appunto il normale impiego per cui questi *processori* sono progettati e realizzati; per questo sono acquistati ed utilizzati dai musicisti e dai tecnici degli Studi di registrazione.

Gli stessi *processori*, ma impiegati in un impianto la cui potenza di amplificazione sia stata correttamente dimensionata, in modo di riprodurre indistorti i brani più moderni e compressi, ma non oltre, diverranno utili come "protezione" rispetto ai picchi contenuti nelle incisioni più datate.

**Si apre a questo punto una prospettiva di grande interesse: quella di tentare la limitazione mediante semplice ridimensionamento delle potenze di amplificazione**, verificando se il "*clipping*" dei picchi contenuti nelle incisioni meno recenti sia effettivamente avvertibile all'ascolto e quanto ne comprometta la qualità. **Le implicazioni di questa ipotesi sono di enorme portata**.

Non solo essa prevede la dispensa dal costo di un *limitatore di picco* professionale, necessariamente

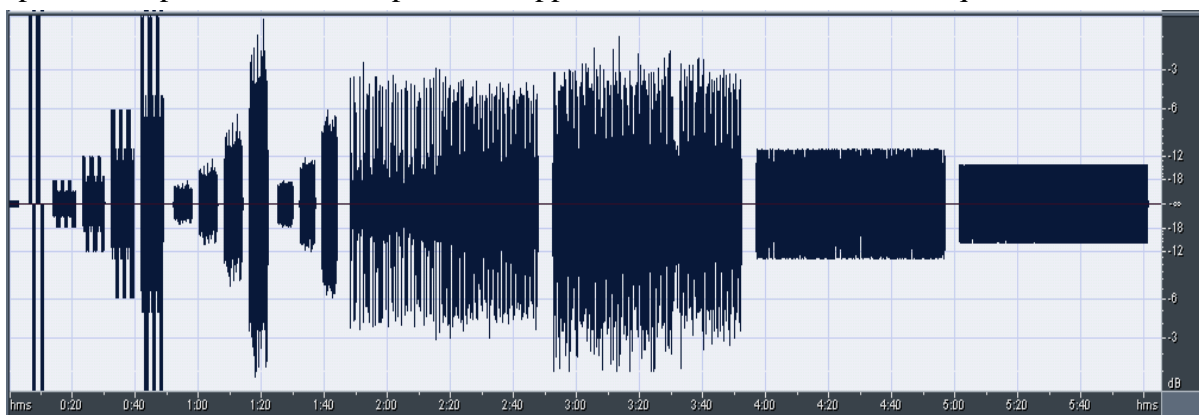
---

<sup>17</sup> Naturalmente sono le proporzioni tra le grandezze a suggerire questa affermazione: un moderato surdimensionamento, dell'ordine di 6-9 deciBel, rientra ancora nel novero delle occorrenze innocue o moderatamente favorevoli.

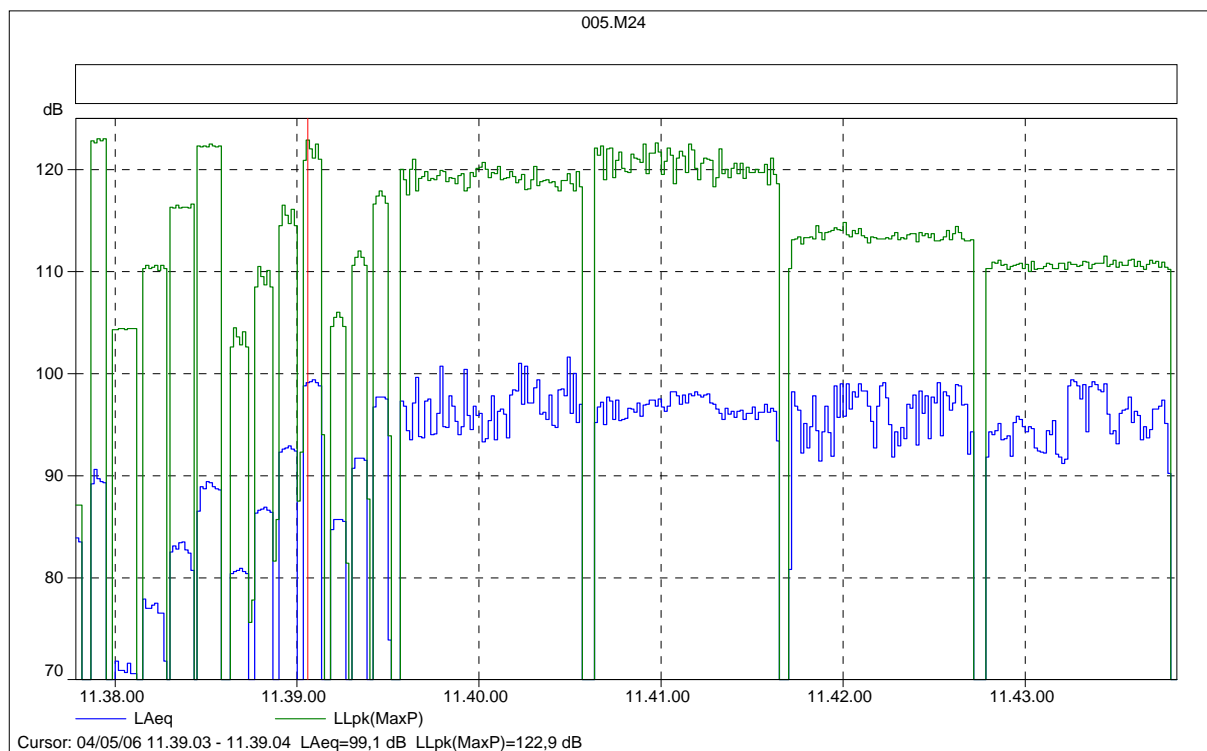
del tipo digitale e con memorie di “buffer”, ma, soprattutto, essa promette di non dover procedere a tarature comunque impegnative. Non è infatti un caso che nella **Linea Guida n.8** si sia preferito spiegare il diverso tipo di intervento delle successive generazioni di *limitatori*, utilizzando, come esempio, incisioni musicali commercialmente reperibili che sono state evidentemente trattate con i diversi tipi di limitatori, invece di consigliare prove dirette e di difficile esecuzione da parte dei *tecnici competenti*<sup>18</sup>.

Anche per questa Linea Guida sarà utile impiegare gli stessi brani musicali di prova, esemplificativi delle diverse generazioni d’incisioni musicali, via via sempre più compresse e limitate nei picchi.

Ancora una volta si rivela utilissima la possibilità di mettere a punto personalmente un CD di prova, contenente sia dei segnali sintetici (utili per valutare il dimensionamento dell’impianto senza danneggiarlo), sia dei brevi segmenti scelti da brani musicali di diversa epoca e dinamica. Con un semplice fonometro ed in pochi minuti sarà possibile raccogliere sul campo una serie di dati utili, spesso indispensabili, avendo peraltro l’opportunità di verificare anche la qualità all’ascolto.



**Fig.12**



**Fig.13**

In **Fig.12** sono visibili le forme d’onda di questo CD di prova, mentre nel grafico di **Fig.13** è visibile la serie di campionamenti di Livello di Picco Lineare massimo (curva in alto) e di Livello

<sup>18</sup> Una difficoltà ovvia è quella di familiarizzarsi preventivamente con i processori digitali con memorie di “buffer”, che sono apparati controllati mediante software raramente semplici.

Equivalentemente ponderato “A” (curva in basso), rilevati a passi di un secondo mediante un fonometro collegato direttamente all’uscita del lettore CD, tramite un adattatore. I quattro segmenti di un minuto, presi dai 4 brani musicali, sono ben visibili a partire da 1/3 del CD.

Nelle **Linee Guida n.1 e n.8** sono spiegate molte delle caratteristiche di questi stessi brani di riferimento, che sono esemplificativi di altrettante categorie; qui di seguito si riassume:

■ Il primo brano è del 1978, in piena era analogica (ma è stato acquisito da un CD): l’impiego di compressori-limitatori è minimo, come testimonia la notevole differenza tra i valori di Picco e quelli di LAEq., tanto più significativa se si pensa che lo spettro di quest’incisione non è affatto enfatizzato alle basse frequenze, come quello delle incisioni successive<sup>19</sup>. In quasi tutti i brani musicali di allora è facilmente riscontrabile un bilanciamento assai simile, letteralmente imposto dalla necessità di concentrare la ridotta potenza delle amplificazioni dell’epoca nella sola gamma delle basse frequenze che è emessa con maggiore efficienza dai diffusori a tromba (da 60 a 200 Hz.). Eguale bilanciamento spettrale era riscontrabile nei concerti dal vivo<sup>20</sup>, per gli stessi motivi.

■ Il secondo brano è del 1992 ed il suo spettro presenta il tipico sollevamento di 8-9 deciBel delle bande di frequenza comprese tra 50 e 200 Hz, rispetto al livello in gamma media, che da allora sarà assolutamente tipico sia della musica da discoteca che nei concerti. Gli altissimi valori di picco e la costanza del livello medio sono elementi diagnostici dell’impiego di **compressori-limitatori analogici**, le cui costanti di tempo lasciano passare i segmenti iniziali dei transienti, dilatandone il decadimento mediante la scelta di tempi di rilascio relativamente lunghi. Un *limitatore* analogico potrebbe agire istantaneamente sulle parti iniziali dei transienti, ma solo a condizione di introdurre elevati livelli di distorsione, facilmente udibili: proprio per evitare questo, sono sempre adottati interventi graduali, tipici di moltissime delle incisioni dello stesso periodo.

■ Il terzo brano è del 1995, contiene basse frequenze anche a 40 Hz e più in basso, ma soprattutto è stato evidentemente trattato con **limitatori di picco digitali** di grande efficacia. Diversamente dai limitatori analogici, che intervengono in tempo reale, quelli digitali possono ritardare il flusso dei campionamenti facendogli attraversare delle memorie di “buffer”, per il tempo necessario a consentire il rilevamento del livello dei picchi e a predisporre un’attenuazione progressiva ma leggermente anticipata, rispetto al verificarsi del transiente in uscita. In questo modo non si crea alcuna distorsione, nonostante i picchi siano evidentemente tagliati, al di sopra di un livello ben definito e perfettamente visibile sia in Fig.12 che nel grafico di Fig.13.

■ Il quarto brano è del 2004, ed ha evidentemente subito un intervento di limitazione dei picchi assai più vistoso del caso precedente, ancora una volta senza apparenti conseguenze all’ascolto. Questo livello di limitazione dei picchi è ottenibile solo impiegando dei software di “**massimizzazione**”, i quali trattano il segnale nel formato digitale, limitando i picchi ed elevando il livello negli istanti successivi, al punto che la forma d’onda dell’incisione appare addirittura di livello costante, rispetto al tempo. I programmi di *massimizzazione* possono leggere i livelli con qualsiasi anticipo, cioè senza il limite fisico costituito dalla memoria di “buffer” dei compressori digitali: per questo è possibile intervenire su tutti i transienti con estrema efficacia.

Come accennato, le caratteristiche spettrali e dinamiche di questi “brani di prova” sono talmente evidenti e così facilmente rilevabili, da costituire un riferimento assai più utile ed universale, rispetto a quanto ottenibile alterando le regolazioni di uno o più *compressori-limitatori* del tipo normalmente reperibile. Un semplice controllo su alcuni brani di epoca simile, consentirà di

---

<sup>19</sup> La differenza tra il Livello di Picco Lineare ed il Livello Equivalentemente ponderato “A” è determinata sia dal “fattore di cresta” dell’incisione, sia dal bilanciamento spettrale (per via della ponderazione “A”). Rilevare e riportare sui grafici una terza curva, p.es. del Livello Equivalentemente Lineare, avrebbe consentito di discriminare i due contributi, ma alla condizione di complicare ed ampliare la trattazione. Questo, peraltro, senza grandi vantaggi, dato che lo spettro delle incisioni d’epoca successiva è praticamente costante, ed è identico a quello visibile in Fig.3.

<sup>20</sup> Nel 1972 Emerson Lake & Palmer suonarono nello Stadio Flaminio, di Roma, con appena 6000 Watt di amplificazione, ma con diffusori a tromba efficientissimi, la cui risposta alle basse era tuttavia limitata a 60 Hz.

reperirne facilmente di collocabili nelle categorie sopra esemplificate: il modo migliore per effettuarlo è quello di collegare direttamente il fonometro all'uscita di un lettore CD. Ma attenzione: nei CD il livello di picco è sempre lo stesso, ed è pari al massimo livello campionabile (lo *zero digitale*), mentre quello che varia è il livello medio, cioè il Livello Equivalente ponderato "A"; nei brani più recenti e compressi esso risulterà elevatissimo, a confronto con quello dei brani più datati.

Solo due righe di spiegazione in merito ai segnali di prova incisi nel terzo iniziale del CD di prova: essi sono sequenze di impulsi brevi (i primi 5), di Rumore Rosa equalizzato (come in Fig.3) e di toni sinusoidali (gli ultimi tre segmenti). Come si nota bene in Fig.13, i livelli delle sequenze sono incrementati a passi di 6 deciBel, avendo l'accortezza di collocare il livello di Picco Lineare massimo dell'ultimo intervallo in corrispondenza del massimo livello campionabile<sup>21</sup>.

### **Un necessario approfondimento sul campo**

Una volta approntato il CD di prova, oppure avendo avuto l'accortezza di selezionare almeno un'incisione per ciascuno dei quattro tipi sopra descritti, si può procedere nell'approfondimento di una materia in cui la psicoacustica si mescola ampiamente alla pura tecnologia, per cui qualsiasi certezza espressa sulla base di semplici deduzioni logiche potrebbe andare poi incontro facilmente a serissime obiezioni. Questo approccio compare spesso, sottinteso, nelle Linee Guida sul contenimento delle immissioni da impianti audio, ma in questa occorre esplicitarlo proprio per la delicatezza e per l'importanza dell'ipotesi di lavoro appena accennata.

◆ L'esempio relativo alle conseguenze negative del surdimensionamento degli amplificatori (e dei diffusori) sulla risoluzione ai bassi livelli e sulla immunità rispetto alle interferenze, è quanto mai indicativo. Si va in direzione opposta rispetto a certezze ed opinioni radicate, ma per fortuna qui l'evidenza tecnica è univoca e facilmente rilevabile.

◆ L'affermazione dell'evidenza che l'impiego dei cosiddetti "*limitatori non disinseribili*", cioè di quelli a costanti di tempo lente, conduca ad una perdita di risoluzione (e di immunità dalle interferenze) dell'ordine di 30-40 deciBel, cioè talmente ampia da essere inaccettabile, è ancora una volta facilmente supportabile con rilevamenti e semplici deduzioni logiche.

◆ L'affermazione della possibilità di ridimensionare le potenze di amplificazione senza la benché minima conseguenza all'ascolto è ancora una volta fortemente controcorrente, ma è già emersa in altre Linee Guida (n.8, n.10) e **sarà confermata proprio in questo "approfondimento"**.

◆ Le due deduzioni, secondo la prima delle quali è utile impiegare dei "*limitatori di picco*", in luogo di quelli a costanti lente, mentre per la seconda è addirittura possibile utilizzare il semplice *clipping* graduale di alcuni tipi di amplificatori di potenza, per ottenere risultati anche più favorevoli all'ascolto, **sono entrambe ben più difficilmente sostenibili sulla base di sole evidenze tecniche**. Dunque un approfondimento mediante esperienze d'ascolto e di misura personali appare, a questo punto, praticamente indispensabile.

La sequenza delle operazioni di approfondimento verifica è, indicativamente, la seguente:

- a)- Si predispose il CD di prova, oppure i singoli CD d'epoca e dinamica diverse.
- b)- Si predispose un impianto audio professionale –convenzionale- in un ambiente di prova, possibilmente di caratteristiche acustiche note; è utile che l'impianto sia dotato di subwoofers.
- c)- Si individua la regolazione di sensibilità (il controllo di volume) cui corrisponde l'entrata in saturazione (*clipping*) dei finali di potenza, sia per i diffusori principali che per i subwoofers. Questa regolazione potrà essere differente a seconda del brano musicale di prova.
- d)- Si rilevano i livelli sia nella posizione d'ascolto che nell'abitazione confinante, ripetendo la

---

<sup>21</sup> Fa eccezione la sequenza dei toni puri, variati linearmente in frequenza, ciascuno entro un terzo d'ottava: in questo caso la prova al massimo livello sarebbe potenzialmente pericolosa per qualsiasi impianto, e dunque è stata omessa. Questa sequenza è particolarmente utile per diagnosticare l'insorgere della distorsione, che è udibile più facilmente che con qualsiasi altro tipo di segnale di prova, musica inclusa. Il livello di Picco Lineare massimo è dunque pari a **-6 dB**.

prova con regolazioni di sensibilità inferiori e superiori a quella individuata. L'ascolto diretto permetterà di individuare la corrispondenza tra la percentuale ed il tipo di "clipping" e la compromissione della qualità percepibile.

e)- Si sostituiscono gli amplificatori di potenza con altri meno potenti, p.es. di 10 volte, ripetendo le prove d'ascolto ed i rilevamenti fonometrici nelle due posizioni prescelte.

f)- Si sostituiscono i diffusori con altri di minore rendimento e si ripetono sia i rilevamenti che le prove d'ascolto. **In ogni caso i livelli di prova sono arbitrari: quel che si indaga è, infatti, il comportamento degli impianti audio in regime di sovraccarico...**

Per spiegare la logica che sottende questo modo di procedere occorre anticipare alcuni dei risultati: per esempio l'indicazione di rilevare con due fonometri, di cui uno collocato in un'abitazione confinante, si rivelerà utilissima per valutare l'efficacia di alcune scelte nel ridurre anche di 5-6 deciBel i livelli d'immissione, mantenendo intatti i livelli d'ascolto nell'ambiente in cui si prova.

Un'altra anticipazione: la prova d'ascolto con gli amplificatori sottodimensionati produrrà risultati sorprendenti all'ascolto; per i brani musicali più recenti (specie per il quarto, nel CD di prova) non vi è praticamente nessuna differenza all'ascolto, passando da 150 Watt ad 8-10 watt per canale...

Ma il riscontro più interessante sarà quello della differenza tra amplificatori a transistor ed amplificatori a valvole: rilevando ed esaminando le tensioni in uscita non sarà difficile trovare la spiegazione di quello che è chiaramente udibile, all'ascolto in condizioni di sovraccarico.

### **Le prime prove (parte eliminata da questa versione ridotta)**

### **Il problema del dimensionamento dei subwoofers (parte eliminata da questa versione ridotta)**

### **Sostituiamo i diffusori e gli ampli del subwoofer (parte eliminata da questa versione ridotta)**

### **Un errore da evitare (parte eliminata da questa versione ridotta)**

Prima di procedere al passo logicamente successivo, che è quello di effettuare una serie di prove con una configurazione che preveda un solo amplificatore e la presenza di un filtro passivo tra i diffusori principali ed i subwoofers, è il caso di sottolineare alcune evidenze sinora emerse:

- ▶ Alle prove di ascolto, le configurazioni prive di subwoofer, ma filtrate, vale a dire con la risposta tagliata in basso alle frequenze inferiori a 60 Hz, suonano assai sgradevolmente, specialmente se i livelli operativi sono inferiori a 100 dB"A" Leq.
- ▶ A parità di livello nell'area di ascolto, la presenza di un subwoofer incrementa il livello d'immissione verso le abitazioni adiacenti, situate nello stesso edificio.
- ▶ L'incremento del livello d'inquinamento acustico causato dalla presenza del subwoofer può essere integralmente compensato da un'anche moderata direttività di emissione, come, per esempio, quella che caratterizzava i diffusori a tromba degli anni pre-1980.
- ▶ Il surdimensionamento dell'amplificatore del subwoofer annulla ogni beneficio conseguito dimensionando al limite del necessario l'amplificatore dei diffusori principali.
- ▶ Il sottodimensionamento dell'ampli del subwoofer può risultare pressoché inavvertibile all'ascolto, specie se i diffusori sono del tipo a cavità accordata: in questo caso le distorsioni prodotte dagli ampli sono filtrate prima di poter essere emesse nell'ambiente.
- ▶ Conseguenza dei due punti precedenti è che, se si dimensiona l'amplificatore dei subwoofers per lo stesso livello di Picco Lineare massimo raggiungibile dai diffusori principali, si ottiene una configurazione accettabile all'ascolto, ma non in linea con la pratica corrente (in discoteca) e con gli Standard internazionali per le sale cinematografiche digitali.
- ▶ E' un'anticipazione di quanto emergerà più avanti, ma la configurazione d'impianto con crossover elettronico e finali di piccola potenza sia sui diffusori principali che sui subwoofers è

quella che, all'ascolto, si comporta meglio anche in regime di avanzato sovraccarico<sup>22</sup>.

### **La configurazione con un solo amplificatore e con filtri passivi.**

Gli impianti audio più semplici, come quelli impiegati nei Pub, sono tipicamente configurati con una sorgente di segnale, un piccolo mixer ed un amplificatore, spesso integrato; a questo sono collegati diffusori la cui risposta è estesa alle basse frequenze non più di quanto necessario a bilanciare altre esigenze<sup>23</sup>, che sono poi quelle di contenere ingombri e costi. Molto raramente si riscontrano configurazioni appena più complesse, vale a dire quelle che impiegano anche uno o due subwoofers, ma dotati di filtri passivi, che ne consentono il collegamento in parallelo, o quasi<sup>24</sup>, con i diffusori principali.

Chi ha osservato con attenzione i grafici relativi ai livelli d'immissione presenti nella prima parte di questa Linea Guida (quelli a destra, nelle coppie successive a Fig.14/15), avrà notato che in tutte le prove si verifica sempre un cospicuo superamento del Criterio Differenziale. Questa, d'altra parte, era una condizione necessaria per poter rilevare affidabilmente il livello delle immissioni stesse, che sono talvolta contaminate da rumori esterni occasionali, come si vede bene in alcuni grafici.

In premessa, enumerando le fasi della prova, si era posto l'accento sul fatto che i livelli generali sono arbitrari e che ogni deduzione va ricavata dal confronto di situazioni analoghe, in cui è variato uno ed un solo parametro o elemento della configurazione, appunto per indagarne il contributo.

Tuttavia i piccoli locali sono spesso situati direttamente di sotto a normali abitazioni, in cui appunto determinano esattamente gli stessi livelli d'immissione verificati nel corso di questa sequenza di prove. Nelle **Linee Guida n.6 e n.7** sono esaminati numerosi casi analoghi, con valori di *coefficiente di fonoisolamento* sempre assai vicini ai **50 deciBel** che qui riscontriamo.

Dunque il ridimensionamento e la limitazione di questo tipo di impianti audio è il più delle volte una vera necessità... Il caso veramente raro è proprio quello inverso, quello cioè in cui l'effettuazione di efficaci opere di insonorizzazione ha prodotto un incremento del valore del *coefficiente di fonoisolamento* di 14-20 deciBel<sup>25</sup>. Con 64-70 dB di fonoisolamento, infatti, occorrono **89-95 dB”A” Leq.** nel locale, per eccedere la soglia dei 25 dB”A” Leq.<sup>26</sup> nell'abitazione sovrastante: questo consente praticamente tutti i tipi di intrattenimento musicale, esclusa probabilmente solo la discoteca *di tendenza*.

Gli impianti di Pub e Disco-pub sono poi quelli in cui gli interventi di “limitazione”, se mal configurati, riescono ad ottenere la maggiore compromissione della qualità all'ascolto.

► Il punto più critico è la scelta dell'amplificatore di potenza: quelli di tipo integrato hanno infatti sensibilità in ingresso elevata, dell'ordine di qualche decina di milliVolt per la potenza massima. Questa è spesso eccessiva, in misura equivalente proprio alla carenza di efficacia delle eventuali opere di insonorizzazione (14-20 dB, come sopra indicato). Dunque un qualsiasi “*limitatore*” dovrebbe disporre di un simile margine di attenuazione, più i 12-15 dB necessari per compensare i diversi livelli delle incisioni, il che vale a dire che dovrebbe operare, per esempio, con segnali in uscita (massimi) di 30-35 deciBel al di sotto di 80-100 milliVolt, cioè a livelli massimi di poco più di 2 milliVolt, su linee sbilanciate... E' praticamente impossibile che un impianto così configurato sia esente da udibili ronzii, a meno che non si sia presa la precauzione di abbassare la manopola di

---

<sup>22</sup> Specialmente se gli amplificatori dei subwoofers sono a transistori e quelli dei diffusori principali sono a valvole.

<sup>23</sup> Le leggi della fisica impongono un compromesso tra il rendimento di un diffusore, il suo ingombro e l'estensione della sua risposta verso le basse frequenze (vedi Linea Guida introduttiva): un diffusore di piccole dimensioni può avere una risposta estesa verso il basso solo alla condizione di essere poco efficiente, il che può essere accettabile per l'impiego domestico, ma non per quello professionale.

<sup>24</sup> Talvolta il filtro passivo, che è sempre ospitato all'interno dei subwoofers, include un filtro passa-alto a protezione dei diffusori principali dalle basse frequenze.

<sup>25</sup> Come nei due casi esaminati nell'ultima parte della **Linea Guida n.2**.

<sup>26</sup> Cioè la soglia di trascurabilità indicata nel D.P.C.M. 14/11/1997, Art.4, comma 2, lettera “b”, per il periodo notturno.

volume situata a valle del “*limitatore*”, con buona pace di ogni parvenza di “non manomissibilità”.

► L’alternativa, che è quella di impiegare un amplificatore finale, di potenza appena adeguata e con una sensibilità in ingresso analoga al livello d’uscita tipico di un lettore CD (per cui è possibile impiegare un mixer passivo), avrebbe prestazioni all’ascolto incomparabilmente superiori, ai livelli sonori cui corrisponde il rispetto dei limiti d’immissione nelle sovrastanti abitazioni.

Questa è esattamente la configurazione che andremo ad indagare: per le sole prove sarà utile disporre di un crossover elettronico digitale, impiegato per l’occasione come amplificatore a banda larga, ma con un controllo di guadagno di elevata precisione.

I diffusori principali saranno gli stessi impiegati nelle prove precedenti (due vie, coassiali, con woofer da 20 cm. in cassa bass-reflex, di 20 litri), mentre per il subwoofer manterremo il diffusore con due trasduttori da 15”/38cm., per mantenere omogeneo il confronto: in questo modo, infatti, la sola distorsione che avvertiremo alle basse frequenze sarà quella prodotta dalla saturazione degli amplificatori, e non quella prodotta dalla non linearità delle sospensioni dei trasduttori, che sono dimensionati per ben altre potenze e livelli sonori.

Il filtro di crossover passivo è di progetto tutt’altro che semplice: se si osserva l’andamento della curva d’impedenza di qualsiasi diffusore bass-reflex, si noterà che essa presenta due alti picchi a frequenze situate poco sotto e poco sopra la frequenza di accordo. In queste condizioni qualsiasi filtro passivo presenta andamenti ben diversi da quelli attesi in base ai normali criteri di progetto. Una prima soluzione, dinanzi a queste difficoltà, è quella di sfruttare il taglio naturale della risposta alle basse frequenze dei diffusori principali, collegandoli direttamente, senza filtro passivo. Il problema si sposta ora sul progetto del filtro del subwoofer, la cui frequenza di taglio si è abbassata di un’ottava circa (rispetto a quelle tipiche di 100-150 Hz) e richiede induttanze di valore assai elevato (p.es. 20 milliHenry). Un filtro di II ordine richiederà anche capacità dell’ordine di oltre 1000 microFarad e costituirà un carico tutt’altro che facile, per l’amplificatore.

► Questo tipo di difficoltà progettuali ed operative (specie il carico assai reattivo) sono comuni per assolutamente tutti i sistemi di diffusori e subwoofers, sia domestici che professionali, tant’è che vi è una evidente tendenza di mercato a favorire i subwoofers amplificati.

► Anche le configurazioni di diffusori a sospensione pneumatica ed i subwoofers a cavità risonante presentano alti picchi nella curva d’impedenza, proprio nella banda di frequenze in cui va a collocare il taglio passivo, ma per queste due sole configurazioni esiste la possibilità di equalizzare la curva d’impedenza (per la sospensione pneumatica) e di incorporare gli elementi passivi nel progetto del subwoofer a cavità accordate (sistemi di ordine superiore al sesto). Ne deriva comunque un filtro passivo con componenti ingombranti e costosi, spesso ben più di un amplificatore dedicato, per il subwoofer.

### **Il “clipping” degli amplificatori a transistor**

La scelta di un amplificatore a valvole per amplificare i diffusori principali, nelle prove che precedono, è stata tutt’altro che casuale. A parte la difficoltà a reperire amplificatori a transistor di potenza inferiore a 10 watt, esiste anche un numero di aspetti controversi del comportamento in condizioni di sovraccarico, per gli ampli a transistor, che solo ora è il caso di affrontare.

In diverse Linee Guida, di questa serie, è affrontato il percorso evolutivo che ha portato ad una limitazione dei picchi sempre più accentuata, nelle incisioni più recenti: questo proprio allo scopo di evitare l’insorgere, anche occasionale, di un tipo di distorsione che è particolarmente avvertibile all’ascolto: il “*clipping*” degli amplificatori, specialmente di quelli più moderni, a transistor.

Tra questi è il caso di distinguere subito quelli professionali, di potenze tipicamente superiori ad 1 KWatt, da quelli domestici, di potenze comprese da 20 a 150 Watt per canale. Nel caso infatti degli amplificatori professionali, l’impiego occasionale in regime di saturazione è normale e previsto in sede di progetto: i circuiti di protezione sono multipli e studiati con particolare attenzione, in modo che intervengano nel modo più “trasparente” possibile all’ascolto. La distorsione degli amplificatori

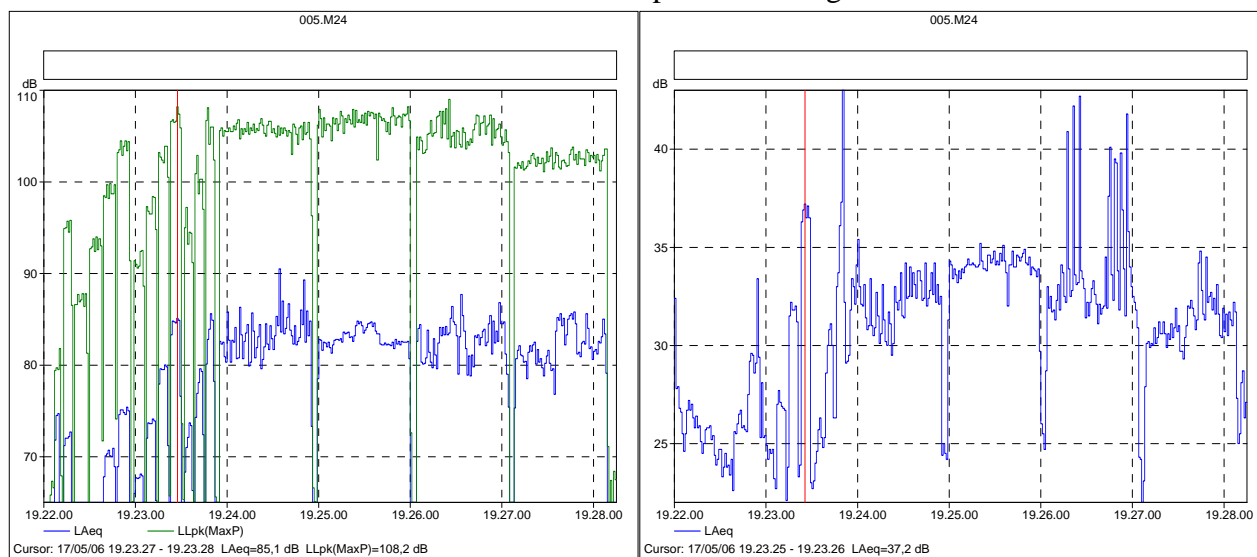


professionali, quando raggiungono il “clipping”, è dunque netta ed improvvisa, riconoscibile all’ascolto per l’incremento immediato di alte frequenze e caratterizzata da un recupero pressoché istantaneo, non appena la forma d’onda in ingresso rientra nell’intervallo lineare<sup>27</sup>.

Gli amplificatori domestici hanno protezioni configurate assai diversamente: il più delle volte si impiegano circuiti integrati ibridi, il cui “chip” comprende gli stadi d’ingresso, quelli di potenza e le varie protezioni, le cui costanti di tempo devono essere tuttavia implementate mediante condensatori elettrolitici, che non possono essere ospitati sul “chip” poiché sono di dimensioni comparabili o superiori. Questo spiega la tendenza a semplificare i circuiti di protezione, che tuttavia restano indispensabili: i transistor, infatti, tendono ad aumentare la conduttività all’innalzarsi della temperatura, innescando un meccanismo autodistruttivo.

Professionali o domestici, gli amplificatori a transistor (del tipo non a commutazione) possono essere danneggiati termicamente da correnti relativamente contenute, se a tensioni alte, oppure da correnti molto più elevate, ma a tensioni di segnale assai più basse. I normali circuiti di protezione degli ampli professionali riescono a discriminare le due condizioni, lasciando passare correnti cospicue purché per poco tempo ed alla presenza di basse tensioni; i circuiti di protezione più semplici degli ampli domestici (e per auto) tendono invece ad intervenire cautelativamente, con pessimi risultati all’ascolto. Questo spiega bene il motivo per cui l’idea di ridurre la potenza di amplificazione, adottando (di necessità, viste le potenze richieste) un amplificatore non professionale, è vista con più che giustificato sospetto, anche da chi le affiancherebbe l’introduzione di un “limitatore di picco” per trattare preventivamente il segnale.

Per approfondire l’argomento, individuandone i termini quantitativi, è stata realizzata una coppia di amplificatori con circuiti ibridi, da 10 Watt per canale, ma con l’alimentazione ricavata direttamente da una batteria<sup>28</sup>. Diversamente dalle alimentazioni degli ampli domestici, che sono spesso ampiamente sottodimensionate, le batterie consentono alte correnti in uscita: dunque gli eventuali artefatti rilevati saranno causati dai soli circuiti di protezione degli ibridi.



**Fig.31**

**Fig.32**

Il grafico di **Fig.31** mostra i livelli di LL Pk max (curva in alto) e di LAEq. (curva in basso) rilevati dal fonometro nella posizione d’ascolto, con gli ampli a transistor da 10+10 W, alimentati a batteria, con i diffusori compatti, e **con il subwoofer collegato in parallelo, mediante un filtro**

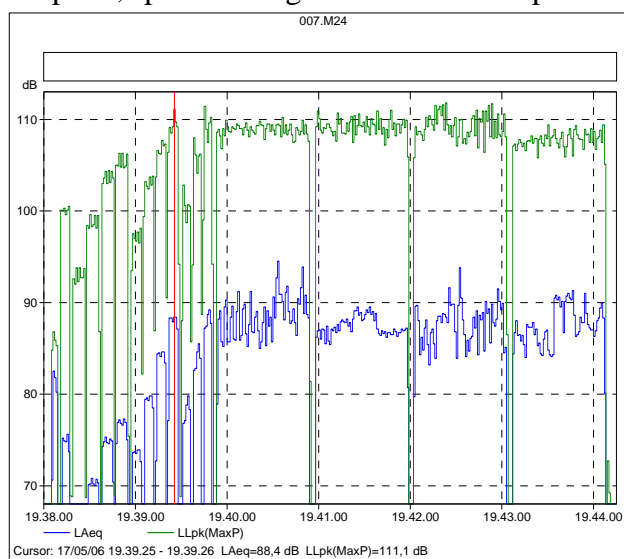
<sup>27</sup> Questa velocità di recupero, anch’essa causa dell’incremento di componenti ad alta frequenza, è ottenuta accoppiando in corrente continua i diversi stadi dell’amplificatore: una volta attraversato l’unico condensatore posto in ingresso, la forma d’onda viene replicata in uscita, amplificata, con una precisione ed una velocità che sono ottenuti mediante un elevatissimo tasso di controeazione.

<sup>28</sup> Questa era ricaricata, anche in tempo reale, da un alimentatore a commutazione.

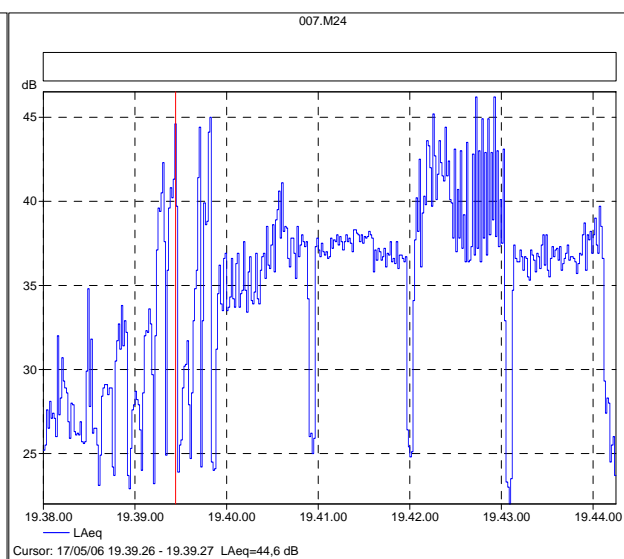
**passivo**. Il grafico di **Fig.32** mostra i livelli di LAEq. rilevati contemporaneamente, nell'abitazione vicina. Il livello di prova è scelto abbastanza vicino al *clipping* da attivare le eventuali "protezioni". L'anomalia del comportamento degli amplificatori a transistor è evidentissima. Nel grafico di **Fig.32**, cioè nei rilievi presso l'abitazione confinante, si nota la presenza di stretti ma elevati picchi, in corrispondenza sia del segnale di prova con Sinusoidi al più alto livello, sia in corrispondenza del terzo brano musicale di prova, quello di musica "house". Questa coincidenza permette di spiegare quel che accade: le percussioni dei primi due brani musicali (ed anche i segnali di prova impulsivi e con Rumore Rosa) producono picchi relativamente brevi, durante i quali i circuiti di protezione intervengono, efficacemente. Diversamente, sia le Sinusoidi sia i brani più compressi presentano all'ampli un tipo di segnale relativamente stabile, la cui durata eccede quella delle costanti di tempo delle "protezioni", creando gli artefatti visibili in Fig.32.

E' interessante il fatto che questo fenomeno sia meglio rilevato ed avvertibile nell'abitazione, piuttosto che nel locale, e che compaia con tale ampiezza solo in presenza del filtro di crossover passivo, mentre nulla del genere accadeva con il collegamento diretto ampli-trasduttori, cioè quando s'impiegava un filtro di crossover elettronico. Questo fatto consente di approfondire la spiegazione del fenomeno: l'energia dei picchi è evidentemente accumulata dalle componenti reattive del filtro, che la rilasciano nella ristretta banda di frequenze<sup>29</sup> cui corrisponde il maggiore livello del campo riverberato (vedi **Fig.22**), da cui la più facile trasmissione all'abitazione.

► Questo tipo di eventi si verifica del tutto normalmente nel caso dei piccoli impianti audio dei Pub, i cui amplificatori sono di tipo domestico e dunque con circuiti di protezione proprio di questo tipo: questo spiega il potenziale di invasività delle emissioni prodotte da subwoofers tutt'altro che cospicui, spesso collegati mediante filtri passivi.



**Fig.33**



**Fig.34**

Il grafico di **Fig.33** mostra i livelli di LL Pk max (curva in alto) e di LAEq. (curva in basso) rilevati dal fonometro nella posizione d'ascolto, con gli stessi apparati impiegati per i due rilevamenti precedenti (**Figg.31/32**) ma con una regolazione del "volume" **6 deciBel** superiore. Il grafico di **Fig.34** mostra i livelli di LAEq. rilevati contemporaneamente, nell'abitazione vicina.

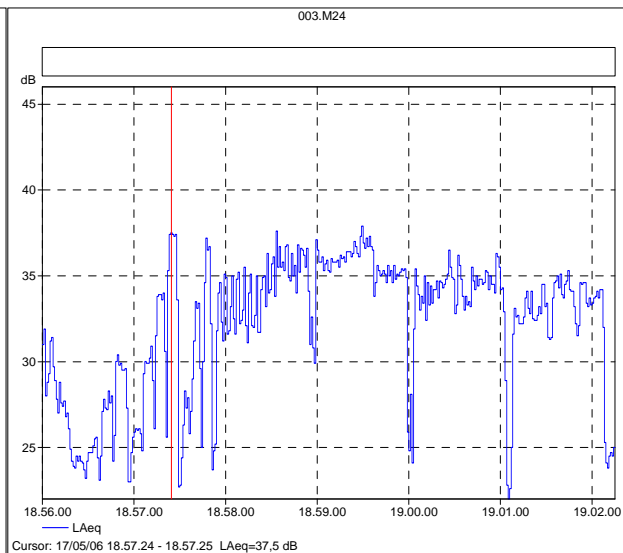
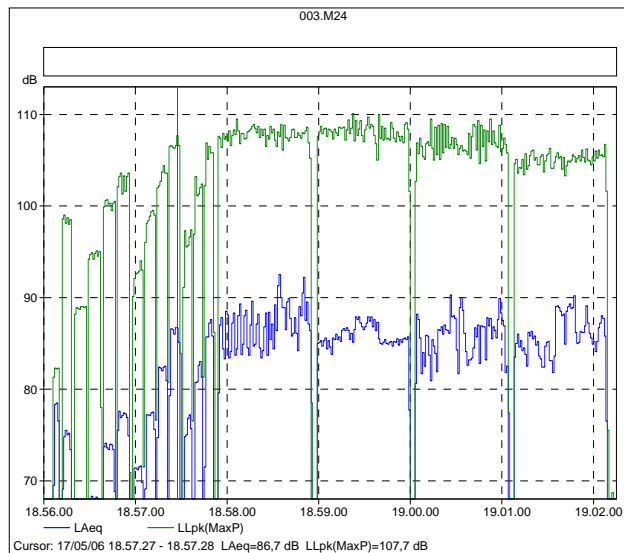
I livelli di Picco Lineare dei primi tre brani di prova sono allineati: questo vuol dire che abbiamo raggiunto il "clipping", che è infatti bene avvertibile all'ascolto. Il quarto brano, invece, è riprodotto ancora all'interno dell'intervallo lineare consentito dalla potenza degli ampli: all'ascolto esso è evidentemente meno distorto. Se anche i tre brani precedenti avessero subito lo stesso intervento di radicale eliminazione dei picchi, per esempio mediante l'impiego di un *limitatore di picco digitale* con memoria di "buffer", o mediante un software di "massimizzazione", anch'essi sarebbero stati

<sup>29</sup> La risonanza di un'induttanza di 20 mH con un condensatore da 1000 microF è situata alla frequenza di 35 Hz.

riprodotti con distorsione accettabile, ai livelli medi prossimi ai 90 dB”A” Leq. rilevati.

Il terzo brano continua ad attivare gli artefatti provocati dalla presenza del filtro di crossover passivo: a parità di livello nel locale e di configurazione d’impianto, questo tipo di incisione comporta un livello d’inquinamento acustico nell’abitazione sovrastante **diversi deciBel superiore**.

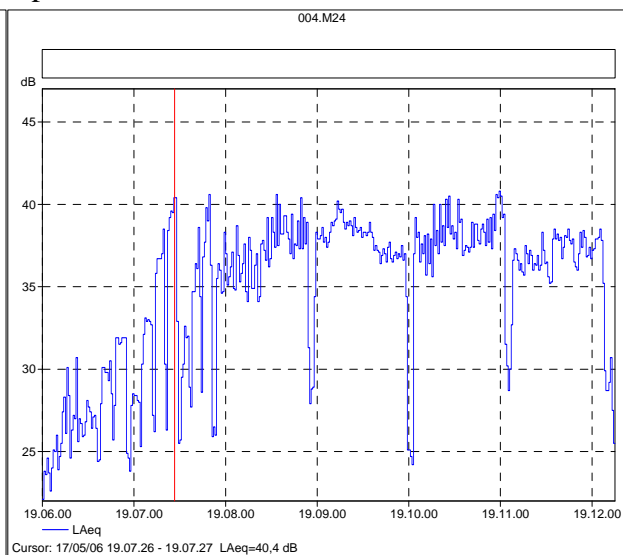
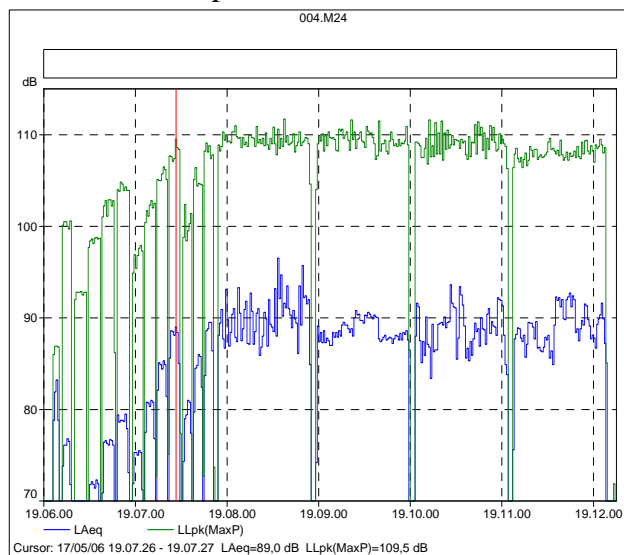
A questo punto, lasciando intatta ogni regolazione, sostituiamo l’amplificatore a transistor con uno a valvole di sensibilità praticamente identica (-0,7 dB) e di potenza pari ad 8 Watt per canale.



**Fig.35**

**Fig.36**

Il grafico di **Fig.35** mostra i livelli di LL Pk max (curva in alto) e di LAEq. (curva in basso) rilevati dal fonometro nella posizione d’ascolto, con l’ampli a valvole da 8+8 Watt. Il grafico di **Fig.36** mostra i livelli di LAEq. rilevati contemporaneamente, nell’abitazione vicina. Il risultato è sorprendente: a parità di livello nell’area d’ascolto, il livello delle immissioni è nettamente diminuito, e, soprattutto, nessun comportamento particolare è individuabile in corrispondenza del terzo brano. Le prestazioni all’ascolto sono ancora più che accettabili.



**Fig.37**

**Fig.38**

Il grafico di **Fig.37** mostra i livelli di LL Pk max (curva in alto) e di LAEq. (curva in basso) rilevati dal fonometro nella posizione d’ascolto, con l’ampli a valvole da 8+8 Watt operato ad un livello di **4 deciBel superiore** rispetto alla prova precedente: dunque **in piena saturazione**. Il grafico di **Fig.38** mostra i livelli di LAEq. rilevati contemporaneamente, nell’abitazione vicina.

Ormai i livelli di picco di tutti e quattro i brani sono praticamente allineati: la diminuzione del rapporto tra livello di Picco Lineare e LAEq. conferma la condizione di saturazione. Eppure la

qualità dell'ascolto è ancora accettabile, diversamente da quella dell'ampli a transistor operato nelle stesse condizioni (vedi Fig.33), la cui resa era fortemente compromessa dall'intervento dei circuiti di protezione. Attenzione: **non** è stato impiegato alcun *limitatore di picco*, nemmeno in funzione di protezione per il caso dei brani musicali con più alti fattori di cresta (i primi due).

► La condizione della prova di cui alle Figg.35/36 corrisponde perfettamente a quanto rilevabile collegando direttamente l'uscita del lettore CD con l'ingresso dell'amplificatore a valvole.

► Il collegamento diretto CD/ampli assicura che l'intera dinamica del convertitore D/A viene riprodotta dall'amplificatore: infatti non vi è alcun ronzio o altro rumore di fondo, mentre la resa è nitidissima sino ai più alti livelli d'ascolto.

► Il livello sonoro nell'area d'ascolto (**85-86 dB”A” Leq.**) è da considerare arbitrario e facilmente scalabile in altri contesti, per esempio aumentando il numero di amplificatori oppure aumentando il rendimento dei diffusori (con i due diffusori a tromba e senza subwoofer avevamo rilevato **102 dB”A” Leq.**, vedi in Fig.18).

► Gli amplificatori in Classe A, come quello impiegato per queste prove, dissipano meno calore quando sono operati a potenza piena, rispetto a quanto ne dissipano a vuoto: essi sono dunque intrinsecamente protetti dall'abuso. Anche in caso di guasto, la sostituzione di una valvola non richiede più tempo di quello necessario per una lampadina<sup>30</sup>.

### L'enigma delle valvole

Nessun chitarrista rock-pop esiterebbe nel descrivere la profonda differenza timbrica del proprio strumento suonato con amplificatori a valvole, invece che a transistor... tant'è che, in campo musicale, i transistor sono utilizzati solo negli apparati di fascia più economica e con circuitazioni che tentano in ogni modo di imitare la saturazione dei tubi a vuoto.

A livello tecnico-scientifico esistono analisi assai interessanti<sup>31</sup>, che hanno provocato ampio dibattito, in seguito al quale la presenza sul mercato professionale di preamplificatori, *limitatori* ed altri *processori* a valvole è diffusa e stabile.

Nel corso delle prove effettuate per redigere questa Linea Guida è emersa un'evidenza tecnica particolarmente significativa, che qui di seguito viene presentata e discussa.

Nei commenti dei musicisti l'approccio è soggettivo, psicoacustico, ed anche le ipotesi di Hamm<sup>44</sup> si confrontano con molta difficoltà con i risultati delle misure di distorsione, perlomeno con quelle tradizionali. Ebbene anche le più diffuse ed economiche tecnologie attuali consentono di fare un passo in avanti nella comprensione del substrato tecnico che sottende quel che l'ascolto chiaramente percepisce: è infatti sufficiente collegare gli ingressi audio di un normale PC con le uscite dei finali di potenza indagati, avendo l'accortezza di interporre un attenuatore (p.es. da -40 dB).

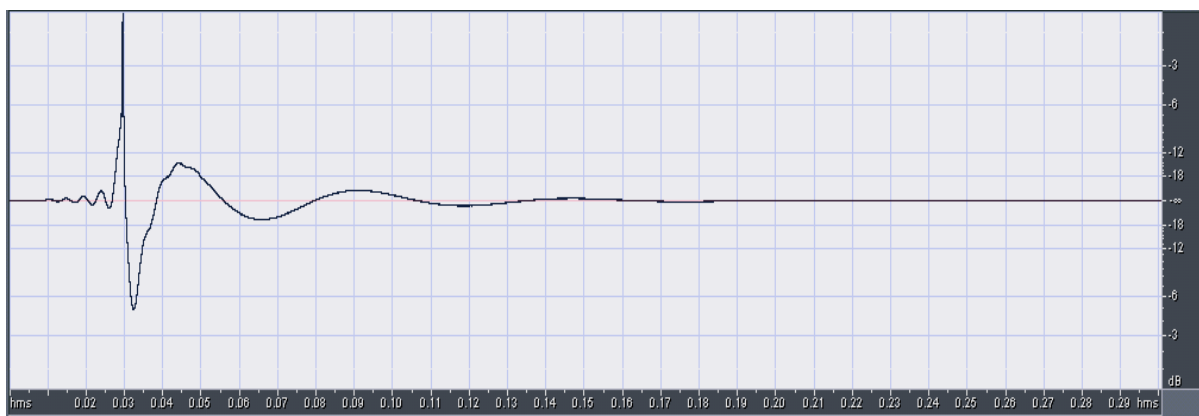


Fig.39

<sup>30</sup> In tutti e due i casi è bene aspettare che si raffreddino...

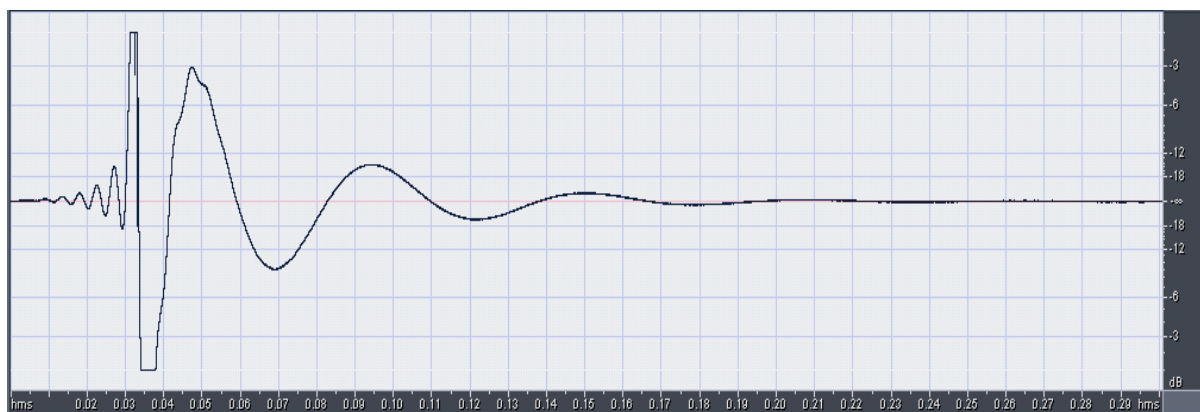
<sup>31</sup> P.es. Russell.O.Hamm – *Tubes Versus Transistors, Is There an Audible Difference ?* – Journal of Audio Engineering Society, Vol. 21, n. 4, May 1973, pag.267-273.

In **Fig.39** è visibile la forma d'onda di uno degli impulsi di prova, appositamente sintetizzati ed utilizzati come primi segnali di verifica nel CD Test di Fig.12/13: essi sono equalizzati in modo di riprodurre lo spettro tipico delle incisioni musicali per discoteca e delle colonne sonore dei film digitali (vedi alla **Linea Guida n.1**, per i criteri con cui è stato elaborato questo segnale di prova).



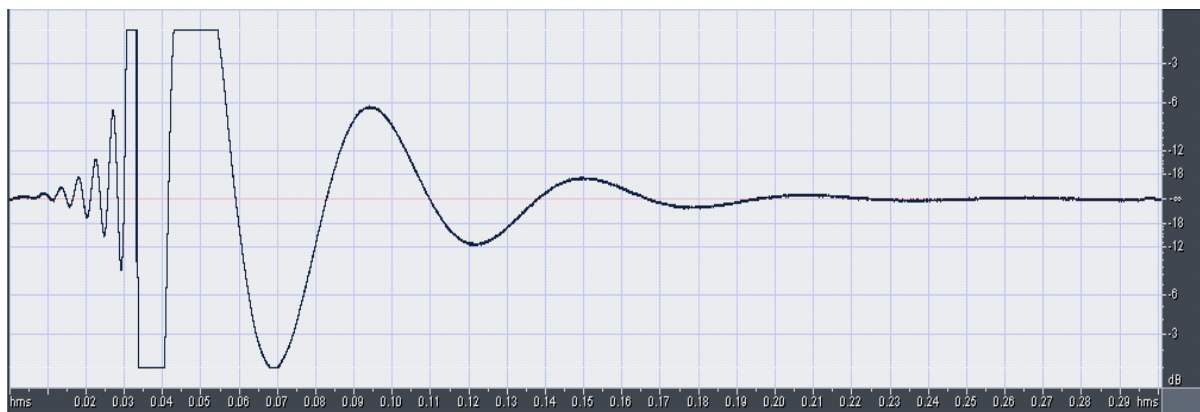
**Fig.40**

In **Fig.40** è mostrato lo spettro di una coppia di questi impulsi (uno per canale), in cui è evidente la scelta di due forme d'onda leggermente differenti, per ottenere energia a tutte le alte frequenze.



**Fig.41**

In **Fig.41** è visibile la forma d'onda dello stesso impulso, che ha subito dapprima un'amplificazione di 12 dB, in modo di "clippare" i livelli più alti, e poi è stato attenuato di 1 dB (per favorire la visione dei segmenti troncati). Questa è esattamente la forma d'onda che si dovrebbe rilevare all'uscita di un amplificatore perfetto, nel caso in cui il livello massimo della forma d'onda in ingresso ecceda di 12 deciBel il livello cui corrisponde l'insorgenza del *clipping*, all'uscita.



**Fig.42**

In **Fig.42** è mostrata la forma d'onda dello stesso impulso, questa volta "clippato" di 20 dB.



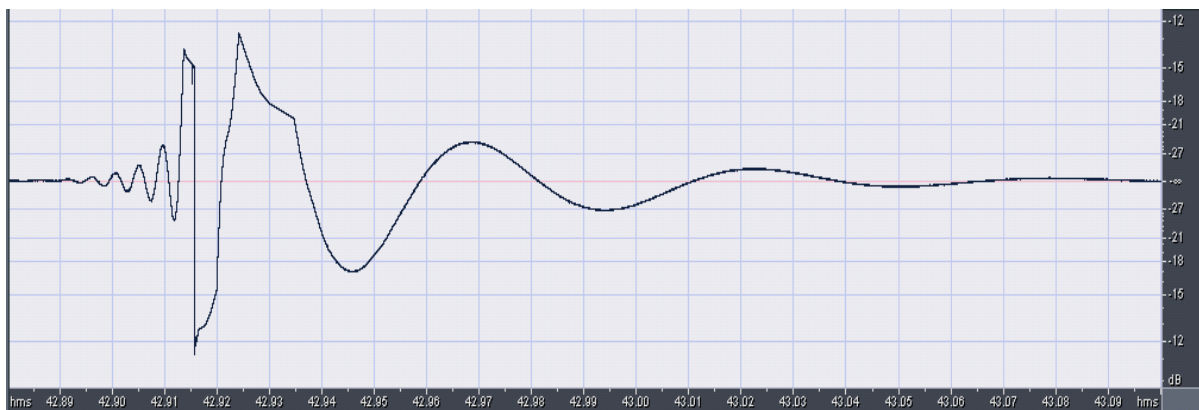
**Fig.43**

In **Fig.43** è visibile lo spettro di una coppia di impulsi "clippati" di **12 deciBel**: attenzione al forte decremento alle frequenze di poco superiori a 1000 Hz !



**Fig.44**

In **Fig.44** è visibile lo spettro di una coppia di impulsi "clippati" di **20 deciBel**: attenzione alla relativa carenza di alte frequenze, nonostante l'entità della saturazione.



**Fig.45**

In **Fig.45** è mostrata la forma d'onda dello stesso impulso, questa volta acquisita ai terminali dell'amplificatore **a transistori** da 10 Watt, operato in saturazione e collegato ai diffusori.

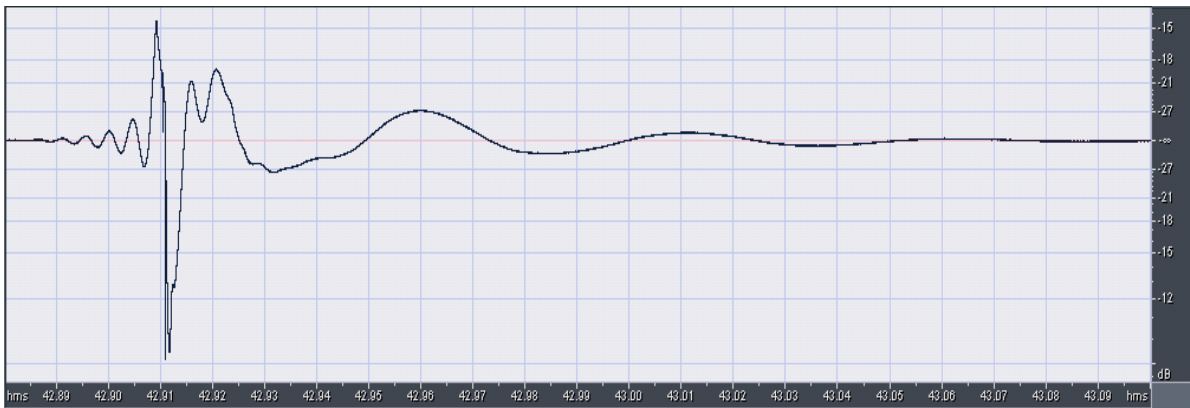


Fig.46

In **Fig.46** è mostrata la forma d'onda dell'impulso, acquisita ai terminali dell'ampli **a valvole** da 8 Watt, operato in saturazione e collegato ai diffusori. La sensibilità di questo amplificatore è praticamente identica a quella dell'omologo a transistor, come eguale era la tensione di pilotaggio. Evidentemente la forma d'onda è assai diversa.



Fig.47

In **Fig.47** è visibile lo spettro delle due forme d'onda di **Fig.45** (ampli a transistor, in blu) e di **Fig.46** (ampli a valvole, in rosso): attenzione alla flessione in gamma media, presente solo nel caso dell'ampli a valvole, la cui gamma bassa appare attenuata.

- ▶ Una prima evidenza compare finalmente sia alle prove d'ascolto che nei risultati alle misure: lo spettro di una forma d'onda impulsiva, saturata da un ampli a valvole, è assai più simile a quello della "saturazione perfetta", ottenuta per elaborazione numerica dell'impulso, rispetto allo spettro emesso da un ampli a transistor, in condizioni praticamente analoghe.
- ▶ Anche nell'ipotesi di confrontare lo spettro emesso dall'ampli a transistor con quello corrispondente ad un livello di saturazione più avanzato (p.es. quello delle Figg.42 e 44), la quantità di frequenze medie ed alte emesse dall'ampli a transistor è sempre nettamente superiore.
- ▶ Gli spettri di Fig.47 corrispondono perfettamente alla differente sensazione che si ha all'ascolto dei due diversi amplificatori, in saturazione: l'impulso emesso dall'ampli a transistor appare sbilanciato verso le alte frequenze (pur contenendo più basse, sotto 100 Hz...), mentre quello emesso dall'ampli a valvole conserva la stessa timbrica che aveva ai livelli più bassi, cioè in assenza di saturazione.

Le implicazioni di questi riscontri sono di grande importanza: in pratica l'amplificatore a valvole opera come un "*limitatore di picco*" praticamente privo di costanti di tempo, cioè d'intervento immediato, ma con un bilanciamento spettrale assai più neutrale e favorevole, all'ascolto, rispetto a quello che producono gli amplificatori a transistor nelle stesse condizioni di saturazione.

Questo è quanto emerso osservando ed analizzando le forme d'onda dei transienti: eguale evidenza a favore degli ampli a valvole emerge anche dall'esame del comportamento con segnali stazionari, come, per esempio, i toni Sinusoidali impiegati nel CD Test per la terza verifica dei livelli massimi.

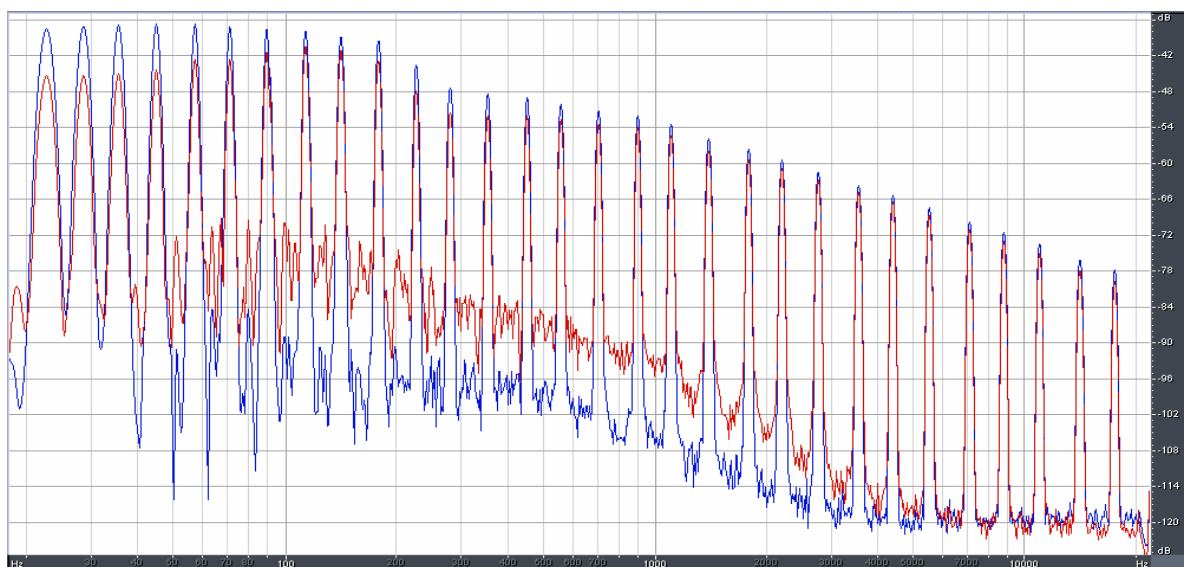


Fig.48

In **Fig.48** è visibile lo spettro del segmento centrale del segnale di prova con Sinusoidi, al livello minore, cioè **non ancora in saturazione**. La curva inferiore, in blu, mostra lo spettro emesso dall'ampli a transistor, mentre quella superiore, in rosso, mostra lo spettro emesso dall'ampli a valvole: i livelli di tutti i toni in gamma alta sono praticamente corrispondenti (salvo la minima differenza di sensibilità), mentre la risposta dell'ampli a valvole alle frequenze inferiori a 100 Hz appare gradualmente calante (fino a circa 6 dB). Quel che è fortemente diverso, tra i due ampli, è il "fondo" spettrale da 50 a 3000 Hz, più elevato (di 12 dB in media) nell'ampli a valvole. In pratica questo vuol dire che l'amplificatore a valvole ha iniziato a distorcere già a questi livelli, relativamente contenuti.

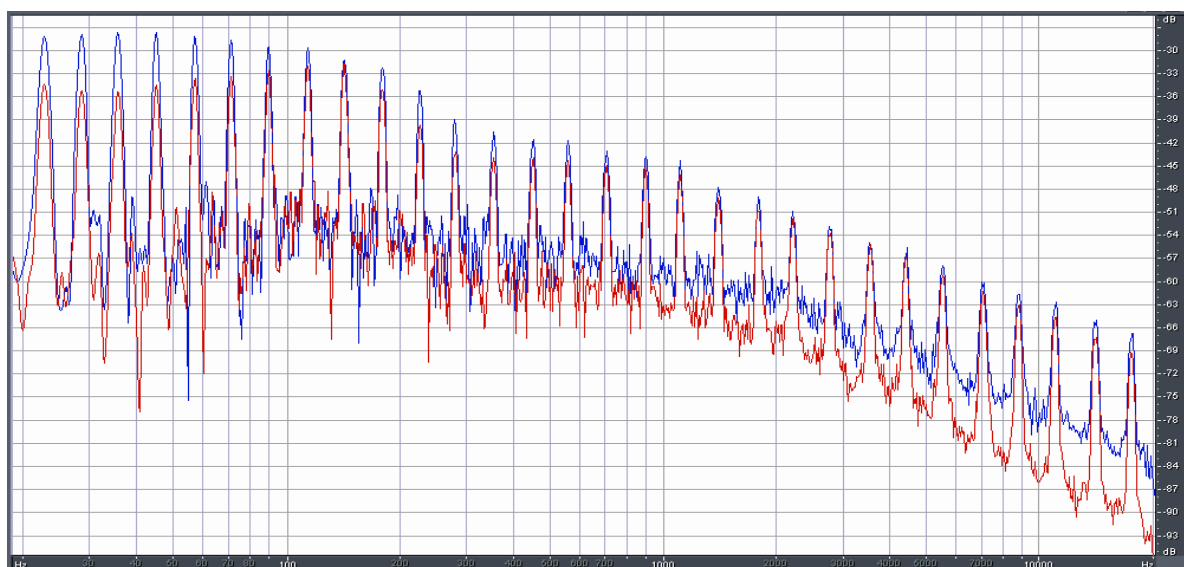


Fig.49

In **Fig.49** è visibile lo spettro del segmento centrale del segnale di prova con Sinusoidi, ad un livello 12 deciBel più elevato, cioè **in moderata saturazione**. Questa volta la curva più in alto (in blu) è quella dell'ampli a transistor, mentre la curva in basso (ed in rosso) mostra lo spettro emesso dall'amplificatore a valvole. Attenzione: la situazione si è invertita, ed ora è l'ampli a transistor a presentare un "fondo" di distorsione più elevato, ricco soprattutto di alte frequenze. Ancora una volta i livelli delle Sinusoidi sono analoghi, a parte la differenza in gamma bassa, ma il fondo di distorsione dell'ampli a transistor prevale a tutte le frequenze superiori a 200 Hz.



► Questo è esattamente quanto si percepisce all'ascolto: l'amplificatore a transistor appare emettere più alte frequenze, ma non si tratta delle componenti originali del segnale di prova, bensì di prodotti di distorsione, che crescono, all'aumentare del livello di segnale in ingresso, con una progressione assai più rapida che nel caso dell'amplificatore a valvole.

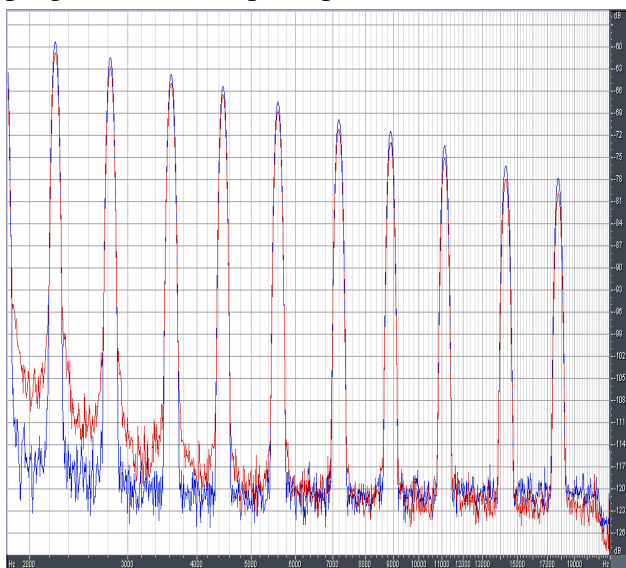


Fig.50

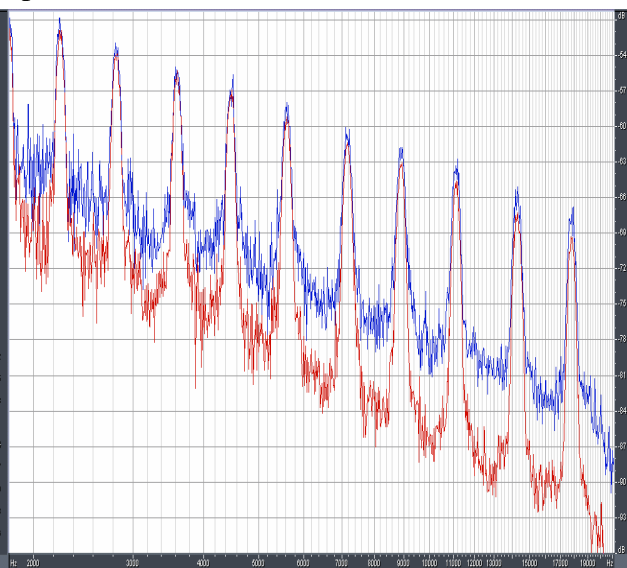


Fig.51

Le **Figure n.50 e n.51** mostrano l'ingrandimento della decade delle alte frequenze, degli spettri di Fig.48 e Fig.49, rispettivamente. La curva in rosso mostra lo spettro emesso dall'ampli a valvole, mentre quella in blu è lo spettro emesso dall'amplificatore a transistor. A basso livello (Fig.50) l'ampli a valvole mostra un'elevatissima purezza spettrale, identica a quella dell'ampli a transistor. Ben diverso è il comportamento in regime di sovraccarico (Fig.51), in cui l'amplificatore a transistor mostra un fondo di alte frequenze di oltre **6 deciBel** superiore, nonostante le componenti spettrali di toni di prova siano riprodotte allo stesso livello. Questa differenza è chiaramente udibile. Fin qui abbiamo esaminato i risultati dell'analisi di forme d'onda sintetiche, di durata brevissima o continue. Lo stesso tipo d'analisi mal si presta ad interpretare quello che avviene con normali segnali musicali, per i quali risulta invece interessantissimo il risultato dell'analisi statistica dei campionamenti digitali rilevati ogni  $1/44.100^\circ$  di secondo, sempre ai terminali d'uscita dei due diversi tipi di amplificatori.

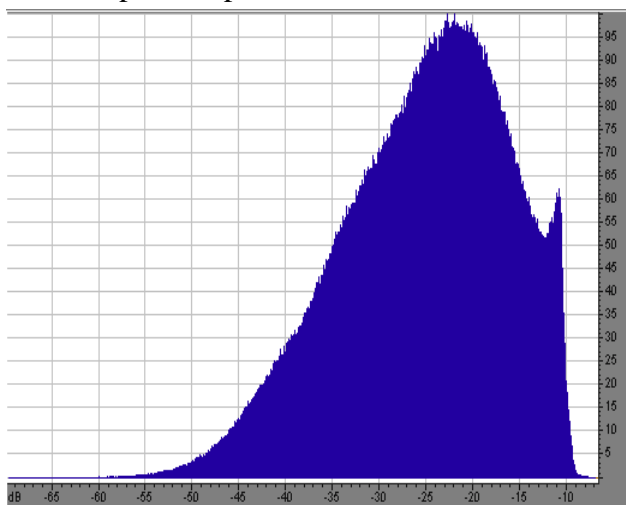


Fig.52

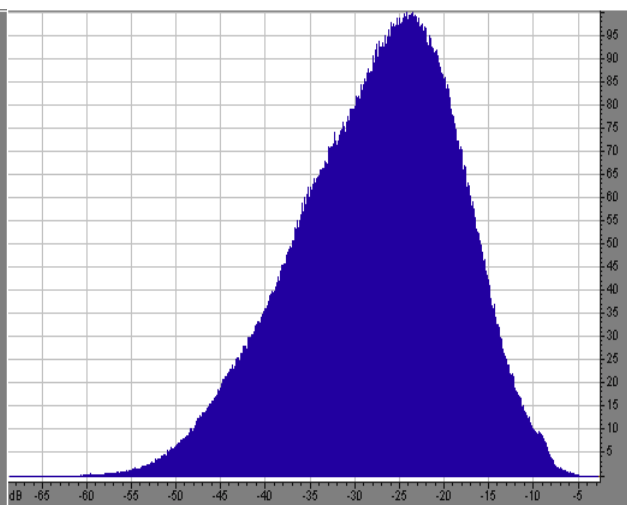


Fig.53

Le **Figure n.52 e n.53** mostrano il risultato dell'elaborazione statistica dei campionamenti digitali rilevati ai terminali d'uscita dell'amplificatore a transistor (Fig.52), e di quello a valvole (Fig.53), nel corso della riproduzione del primo brano musicale di prova, un noto "hit" del 1978, con i

diffusori collegati e con l'ingresso dell'amplificatore connesso direttamente al lettore CD.

Innanzitutto occorre osservare che il livello medio è praticamente identico nei due casi, come infatti lo sono sia il livello percepito all'ascolto, sia quello rilevato dal fonometro. Ai bassissimi livelli si intravede la maggiore rumorosità di fondo dell'ampli a valvole (Fig.53). Ma la differenza più evidente consiste nella presenza di un picco di campionamenti a  $-11$  dB rispetto allo *zero digitale* nella misura effettuata con l'ampli a transistor (Fig.52); questo picco è assente sia nell'incisione originale che nel risultato della misurazione eseguita con l'ampli a valvole (Fig.53).

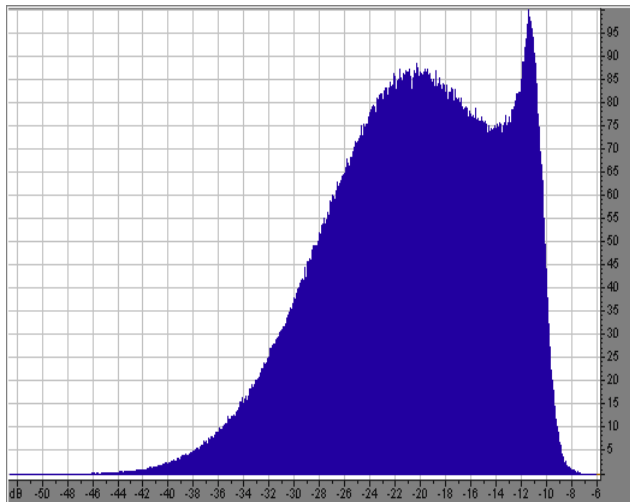


Fig.54

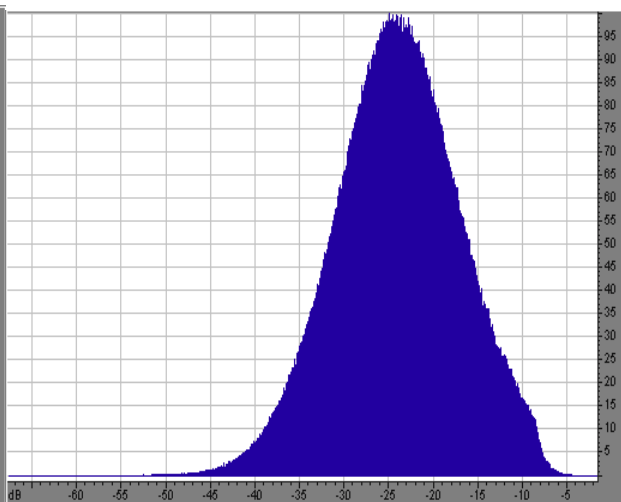


Fig.55

Le **Figure n.54 e n.55** mostrano il risultato dell'elaborazione statistica dei campionamenti digitali rilevati all'uscita dell'amplificatore a transistor (Fig.54), e di quello a valvole (Fig.55), nel corso della riproduzione del secondo brano musicale di prova, del 1992: questo è il brano con i valori di picco più elevati. Ancora una volta l'evidenza è incontrovertibile e del tutto concorde con quanto percepibile all'ascolto. A parità di livello medio, l'amplificatore a transistor mostra una densa popolazione di dati in concomitanza del valore di  $-11$  dB, rispetto allo *zero digitale*, alla quale non corrisponde nulla sia nella registrazione originale del brano di prova (vedi L.G. n.8), sia nella distribuzione statistica dei campionamenti rilevati ai terminali dell'ampli a valvole.

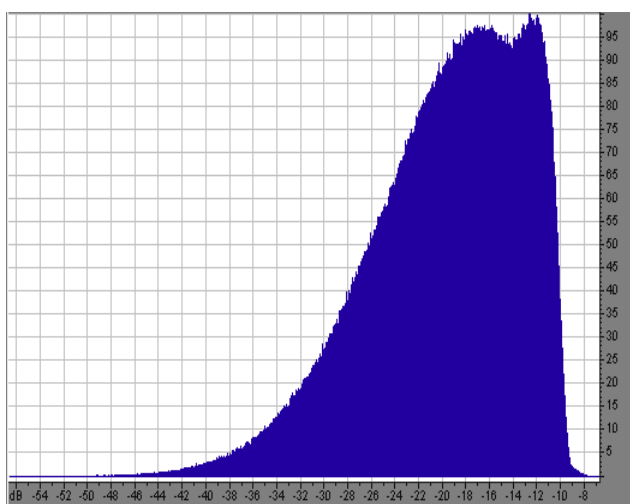


Fig.56

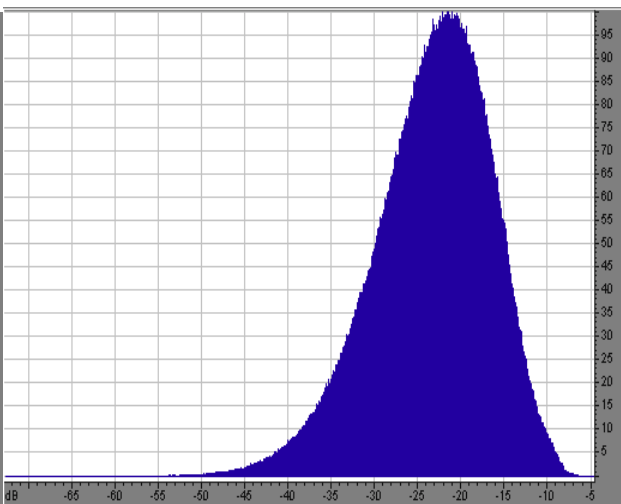
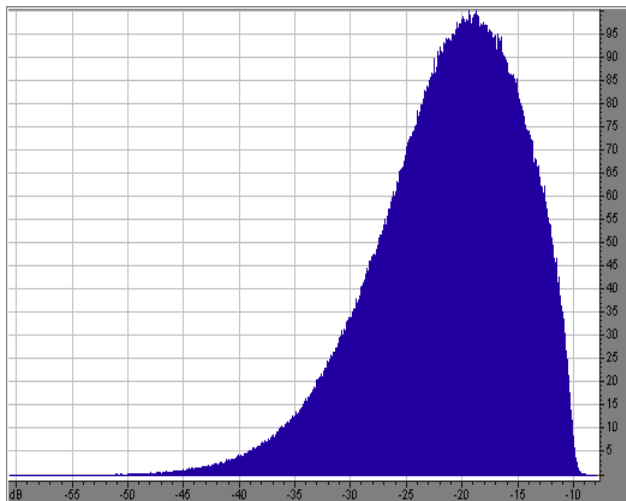


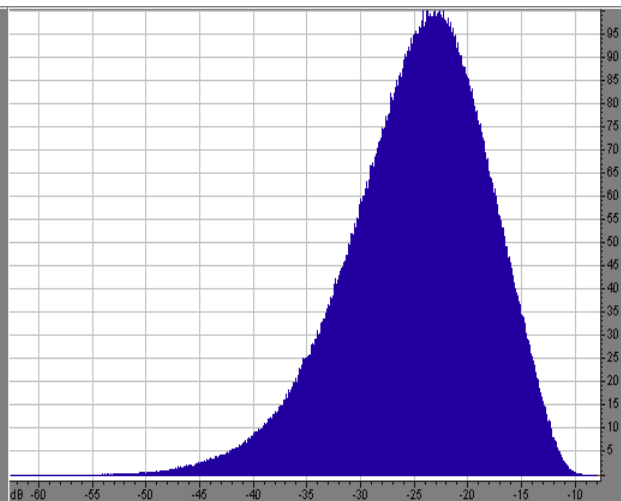
Fig.57

Le **Figure n.56 e n.57** mostrano il risultato dell'elaborazione statistica dei campionamenti digitali rilevati all'uscita dell'amplificatore a transistor (Fig.56), e di quello a valvole (Fig.57), nel corso della riproduzione del terzo brano musicale di prova, del 1995 ("house"): il solo ampli a transistor produce, in uscita, una popolazione statistica di valori ancora una volta centrata sul valore di  $-11$  dB rispetto allo *zero digitale*... La frequenza con cui questo valore si presenta all'attenzione è di per sé

un elemento significativo: per ipotizzarne la provenienza esaminiamo quel che accade con il quarto brano di prova.



**Fig.58**



**Fig.59**

Le **Figure n.58 e n.59** mostrano il risultato dell'elaborazione statistica dei campionamenti digitali rilevati all'uscita dell'amplificatore a transistor (**Fig.58**), e di quello a valvole (**Fig.59**), nel corso della riproduzione del quarto brano musicale di prova, del 2004: questa volta la differenza tra ampli a transistor (**Fig.58**) ed ampli a valvole (**Fig.59**) è assai diminuita, sebbene ancora individuabile. Il fatto che in questo caso non sia presente un picco di frequenza al livello di  $-11$  dB, per l'ampli a transistor, permette di avanzare un'ipotesi molto precisa sul meccanismo che genera questo fenomeno e dunque sul modo con cui l'amplificatore a transistor distorce.

- ▶ Il quarto brano di prova è stato trattato con un software di “massimizzazione”: dunque esso non presenta alcun picco che ecceda il limite imposto; l'intervento è stato operato rilevando in anticipo il verificarsi del transiente, trattato poi con gradualità e senza creare artefatti o distorsioni.
- ▶ Un semplice “clipping” di una qualsiasi delle quattro incisioni utilizzate per la prova, avrebbe prodotto la troncatura di tutti i campionamenti a livelli superiori rispetto alla soglia prescelta, lasciando sostanzialmente intatta la frequenza dei valori inferiori alla stessa soglia.
- ▶ La presenza di una popolazione statistica di dati centrata su un valore specifico ( $-11$  dB in questo caso) fa pensare ad un preciso meccanismo causale, per esempio all'intervento dei circuiti di protezione (presenti solo nel finale a transistor). Nei dati pubblicati dalla casa costruttrice dell'integrato di potenza utilizzato per le prove, è specificato che la soglia d'intervento delle protezioni è situata in corrispondenza del valore di corrente continua in uscita pari ad un Volt: nulla di strano che proprio le protezioni determinino gli artefatti rilevati.

### **In sintesi**

L'impiego di qualsiasi tipo di “limitatore”, a monte di un amplificatore di potenza ampiamente surdimensionato rispetto alle necessità, comporta un'udibile perdita di risoluzione nella riproduzione delle incisioni digitali moderne. A questa perdita se ne aggiunge un'ulteriore, causata dalla necessità di disporre di un margine di guadagno sufficiente a permettere di compensare la differenza tra i livelli medi delle diverse incisioni (oltre 12 deciBel).

Diversamente, il collegamento diretto (o con un mixer passivo) tra le uscite di un lettore CD e gli ingressi di un amplificatore correttamente dimensionato, consente la riproduzione dell'intero intervallo dinamico registrato sul CD. La saturazione dell'ampli interverrà a limitare le sole incisioni più datate, che presentano livelli di Picco Lineare assai più alti rispetto alle attuali.

Gli amplificatori a transistor producono facilmente artefatti bene udibili, se operati anche in moderato sovraccarico: non così gli amplificatori a valvole, che sono anche disponibili nelle potenze necessarie per questi innovativo tipo di interventi.

FINE