

Impianto audio del PalaEur, Roma

Relazione tecnica sui rilevamenti del 28-01-2000

L'impianto audio attualmente operante nel PalaEur di Roma è stato sottoposto ad una completa serie di rilevamenti elettroacustici sia in Time Delay Spectrometry che con la tecnica MLS (Maximum Length Sequences) mediante un analizzatore Techron TEF-20.

Il microfono di misura (un Bruel & Kjaer mod.4189) è stato posto - ad altezza testa- in corrispondenza della terza fila della Tribuna Stampa, a destra rispetto alla linea mediana. Il segnale analitico inviato dall'analizzatore è stato immesso nell'ingresso linea del mixer, dunque attraversando tutta la serie di elettroniche normalmente componenti l'impianto.

L'impianto è stato esaminato sia in termini di risposta in frequenza che di andamento dell'energia acustica emessa rispetto al tempo: particolarmente significativi sono i rilevamenti degli indici di perdita di articolazione delle consonanti (Al.Cons.) e di modulazione del parlato (STI, Speech Transmission Index), come pure le misure di distorsione agli effettivi livelli di impiego.

Le prestazioni rilevate, in breve

Come ogni impianto convenzionale, peraltro suddiviso in più sezioni (-4-), l'impianto audio del PalaEur è caratterizzato da un rapporto particolarmente critico con le prestazioni acustiche naturali dell'ambiente, che sono note per la loro impegnatività.

Si può senz'altro affermare che sia il tipo di diffusori adottati che il loro posizionamento sono tali da evidenziare al massimo grado la difficoltà di sonorizzazione di questo spazio, vasto e riverberante.

Le prestazioni in termini di Intellegibilità del Parlato sono insufficienti sia per i rilievi di STI (0,35) che di Perdita di Articolazione delle Consonanti (25 %), con un margine di circa due volte rispetto ai valori accettabili per queste due grandezze.

Il dimensionamento dei diffusori ed amplificatori è tale da consentire livelli di operazione indistorti di poco superiori agli 80 deciBel: nel PalaEur è facile occorrenza che i clamori del

pubblico si elevino ad oltre 90-95 deciBel, valori per i quali sarebbe stato assai più consono dimensionare l'impianto.

La risposta dei diffusori è limitata tra i 100 Hz e poco più di 3000 Hz, ma il forte campo riverberato penalizza fortemente le frequenze al di sopra di 1100 Hz (nella risposta complessiva).

I grafici dei rilevamenti, in dettaglio

Il Grafico n.1 riporta l'andamento in funzione della frequenza dell'indice di modulazione del parlato (Speech Transmission Index, STI): si passa da valori inferiori a 0,25-0,3 per le basse frequenze (I formante) allo 0,35 della importantissima ottava posta intorno a 2000 Hz, dove sono allocate le due formanti superiori del parlato. I valori discreti riscontrati nelle ottave superiori sono di scarso significato, sia in considerazione della ridotta risposta dei diffusori, sia della naturale povertà energetica della voce a queste frequenze.

Il Grafico n.2 riporta in forma tabellare il calcolo dello Speech Transmission Index già visualizzato nel grafico precedente: il fatto che il calcolo sia automatico è confermato dai valori particolari del tempo di decadimento iniziale, probabilmente fuorviati dal lungo gap che separa i primi arrivi di energia dal vero instaurarsi di un campo riverberato effettivo.

Il Grafico n.3 mostra -ingrandito- il succedersi dei primi arrivi di energia acustica, con filtratura digitale della risposta impulsiva per una banda di un'ottava attorno alla frequenza critica di 2000 Hz: è evidente che l'emissione dei diffusori più vicini -circa 20 m. alle spalle dell'eventuale ascoltatore- è penalizzata dal fuori asse rispetto all'emissione preferenziale dei diffusori. Il successivo arrivo di energia dalle sezioni più lontane ed opposte è assai più consistente (+20 dB) ma ritardato di ben 42 millisecondi e dunque difficilmente integrabile dal sistema uditivo umano (viene percepito come un eco distinto).

Il Grafico n.4 mostra l'intero succedersi degli arrivi di energia acustica nell'ottava intorno a 2 KHz, rilevati in Time Delay Spectrometry e dunque con una elevata precisione e reiezione dei rumori ambientali. E' ancora visibile il primo arrivo -assai ridotto- ed i successivi (dai diffusori opposti all'ascoltatore) ben più consistenti, seguiti da un cospicuo numero di riflessioni con decadimento esteso ad oltre cinque secondi (RT-60). Se si considera solo il primo arrivo, allora il campo riverberato prevale di ben 25 deciBel rispetto all'energia diretta dai diffusori e la Perdita di Articolazione delle Consonanti si va a situare ad oltre il 45 per cento (contro un 10-15 per cento di accettabilità).

Il Grafico n.5 mostra il risultato di un rilievo equivalente, ma effettuato per una banda di frequenze basse, comprese tra 20 e 300 Hz. Qui l'andamento delle riflessioni si fa assai più irregolare e negativo all'ascolto, con arrivi di energia consistenti quanto quelli diretti dai diffusori, ma ritardati di anche un secondo.

Anche nell'ipotesi di integrare le emissioni dei diffusori più vicini con quelle dei più distanti si constata una prevalenza di oltre 12 dB del campo riverberato su quello diretto, un decadimento di circa 8 secondi (RT-60) ed una perdita di articolazione equivalente al 46 per cento.

Il Grafico n.6 mostra la curva di risposta energetica complessiva, rilevata tramite FFT della risposta impulsiva estesa a 1200 millisecondi di decadimento, dunque integrando le emissioni di tutti i gruppi di diffusori e gran parte delle riflessioni. La gamma delle basse frequenze è estesa sino a 100 Hz ma equalizzabile fino a circa 50 Hz (le misure di distorsione escluderanno -tuttavia- che si possa procedere in tal senso). Alle frequenze medie ed alte la risposta inizia a calare precocemente, fin da poco sopra 1000 Hz: questo per via del fatto che al di sopra di questa frequenza le ampie dimensioni dell'ambiente comportano elevate perdite sia per assorbimento che per diffrazione, sia per dissipazione nell'aria stessa. L'andamento di questo grafico lascia intuire che gran parte del rendimento in gamma bassa e media dei diffusori impiegati per questo impianto è ricavato dall'addizionarsi di innumerevoli riflessioni, piuttosto che da una emissione diretta e controllata.

I Grafici n.7 e n.8 analizzano in dettaglio la vera risposta energetica dei diffusori, separandola dal contributo del campo riverberato mediante la filtratura consentita dalla tecnica della Time Delay Spectrometry (qui includendo gli arrivi di energia compresi entro 20 millisecondi).

Il Grafico n.7 mostra la risposta in Time Delay Spectrometry del primo arrivo di energia, proveniente dai diffusori più vicini (19 m.) ed alle spalle dell'ascoltatore. E' evidente il taglio alle alte frequenze causato dalla posizione angolata, rispetto all'asse di irradiazione preferenziale dei diffusori.

Il Grafico n.8 mostra invece la risposta in Time Delay Spectrometry degli arrivi successivi di energia, provenienti dai diffusori più lontani (34 metri): la risposta è assai più estesa alle alte frequenze. Questo può creare evidenti conflitti in termini di localizzazione.

I Grafici n.9 e n.10 mostrano il risultato di due rilevamenti di distorsione armonica, effettuati con livello di prova assai simile (2 dB di differenza): il fatto che il livello di distorsione si incrementi drasticamente -pure elevando di così poco il segnale di prova- è chiaro indice del raggiungimento dei massimi livelli operativi consentiti al sistema di amplificatori e diffusori testato.

Il Grafico n.9 mostra tre curve sovrapposte: quella in alto rappresenta il livello della fondamentale emessa dai diffusori (per un intervallo compreso in 50 millisecondi), mentre le due curve distaccate, più in basso, mostrano i livelli della distorsione di seconda e terza armonica. Le prestazioni in gamma alta sono buone, mentre la gamma medio-bassa mostra valori di distorsione discreti ma accettabili. Sotto i 200 Hz le prestazioni peggiorano sensibilmente, sconsigliando sia qualsiasi intervento

di equalizzazione che l'impiego di quest'impianto per altri impieghi rispetto all'amplificazione della sola voce.

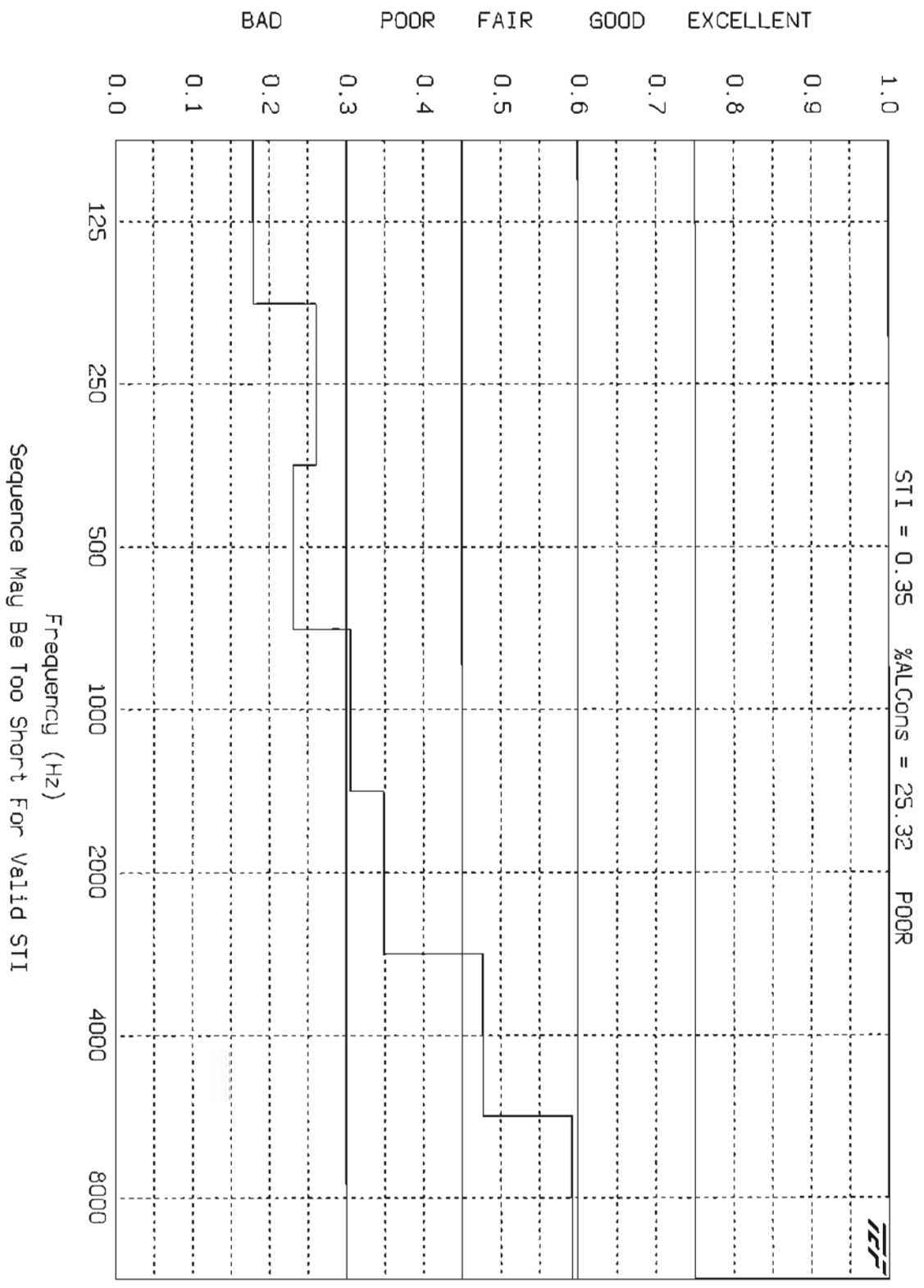
Il Grafico n.10 mostra lo stesso rilievo, con sovrapposte le curve della fondamentale (in alto) e della distorsione di seconda e terza armonica (curve in basso): il fatto che la terza armonica si elevi nettamente, nonostante un livello della fondamentale di appena due deciBel superiore rispetto alla misura del grafico precedente, è chiaro indice del raggiungimento del limite di emissione per l'impianto misurato.

I Grafici dal n.11 al n.18 mostrano il succedersi delle riflessioni rilevate con la tecnica MLS (Maximum Length Sequences): in pratica è inviata ai diffusori una sequenza di impulsi digitali pseudorandom (64K campioni, nel caso), con la quale stessa viene convoluto il segnale ripreso dal microfono di misura. Se ne ottiene la risposta all'impulso, qui filtrata digitalmente ottava per ottava da 8 KHz a 63 Hz, con indicazione (in alto nei grafici) sia dei Tempi di Riverbero che del rapporto tra energia diretta e campo riverberato (EDir/ERev), sia di Perdita di Articolazione delle Consonanti (%Al.Cons., valida tuttavia solo per l'ottava attorno a 2 KHz).

La particolare tecnica di misura MLS trova qualche difficoltà in ambienti così vasti, dove i ritorni di energia oltre l'intervallo misurato creano aliasing e perdita di rapporto segnale/disturbo: è tuttavia utile poter esaminare il comportamento sia dell'ambiente che dei diffusori in funzione della frequenza, riservando ad una successiva serie di rilevamenti in Time Delay Spectrometry (che invece in questi ambienti opera con precisione e ripetibilità estrema anche in presenza di forti rumori di fondo) la conferma di dettagli utili per un'eventuale analisi più approfondite.

31 gennaio 2000

Fabrizio Calabrese



File: P-EUR009.MLS

**Grafico n.1: Impianto audio PalaEur
Speech Transmission Index (STI)**

Test Title: Impianto audio PalaEUR

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEUR, Roma

SPEECH TRANSMISSION INDEX (STI)

FREQUENCY	TI	EARLY RT60	S/N RATIO
125 Hz	0.18	12.52	-9.6 dB
250 Hz	0.26	5.81	-7.2 dB
500 Hz	0.23	6.85	-8.1 dB
1000 Hz	0.31	4.34	-5.8 dB
2000 Hz	0.35	3.53	-4.5 dB
4000 Hz	0.48	1.80	-0.7 dB
8000 Hz	0.59	1.03	2.7 dB

-- OVERALL --

STI = 0.35 %ALCons = 25.32

Equivalent S/N Ratio = -4.7 dB

Equivalent Early RT60 = 5.12 s

-- SUBJECTIVE EVALUATION --

POOR

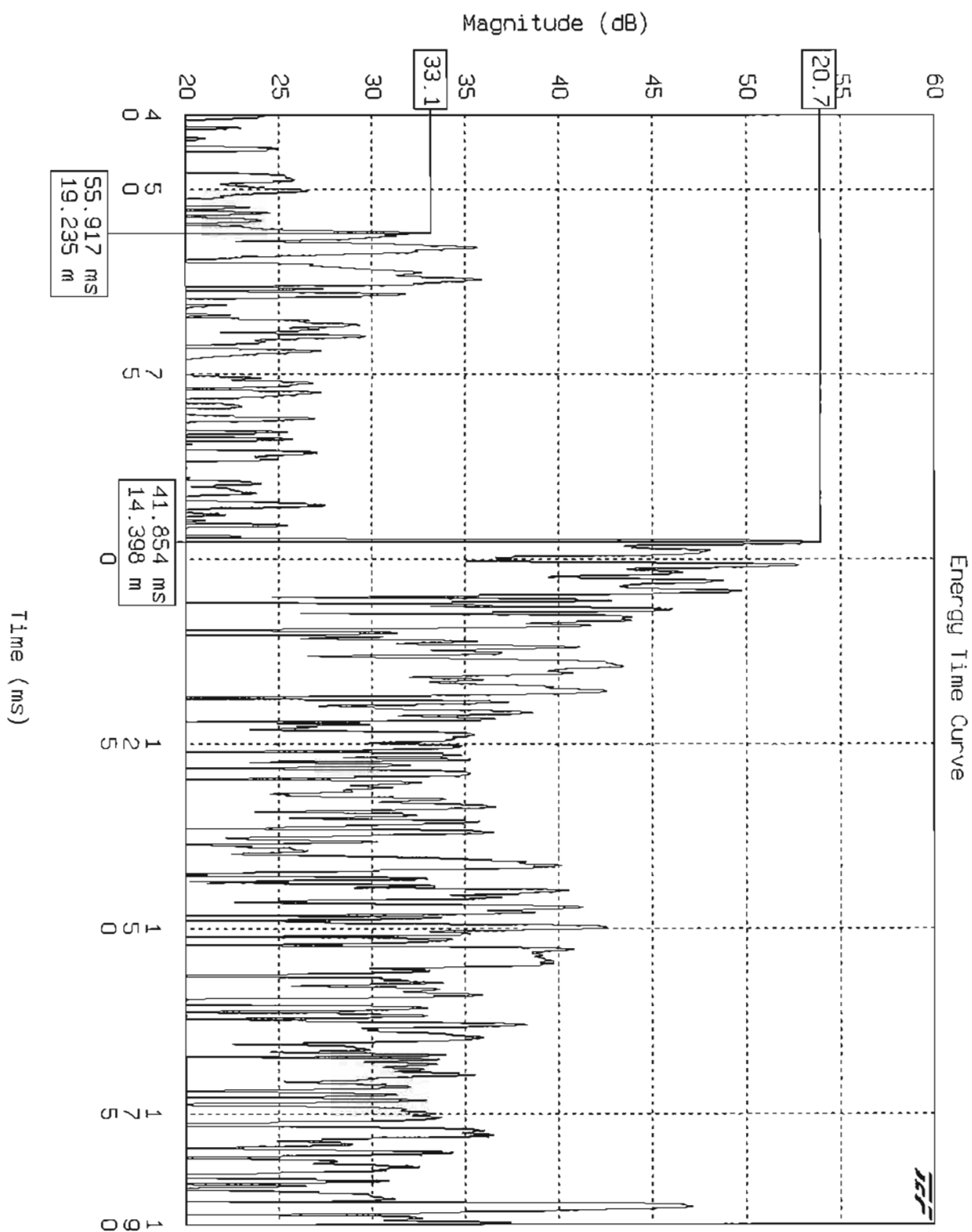
Sequence May Be Too Short For Valid STI

File: P-EUR009.MLS

Job Description:

terza fila tribuna stampa

Grafico n.2: Impianto audio PalaEUR Speech Transmission Index (STI)



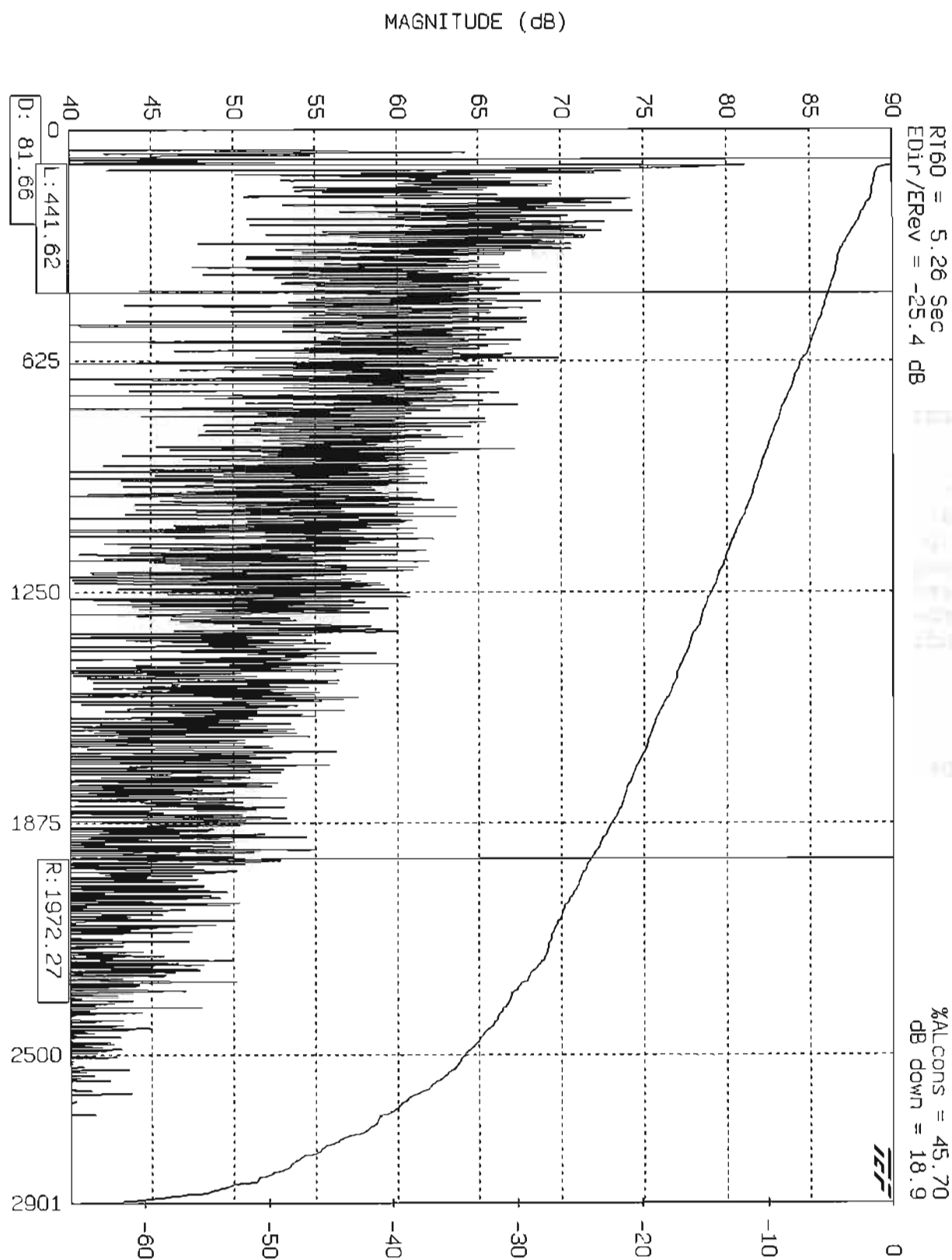
File: P-EUR009.MLS

Filter: 2 kHz Oct

**Grafico n.3: Impianto audio PalaEur
Energia acustica rispetto al Tempo (2KHz)**

FILE: P-EUR005.ETC

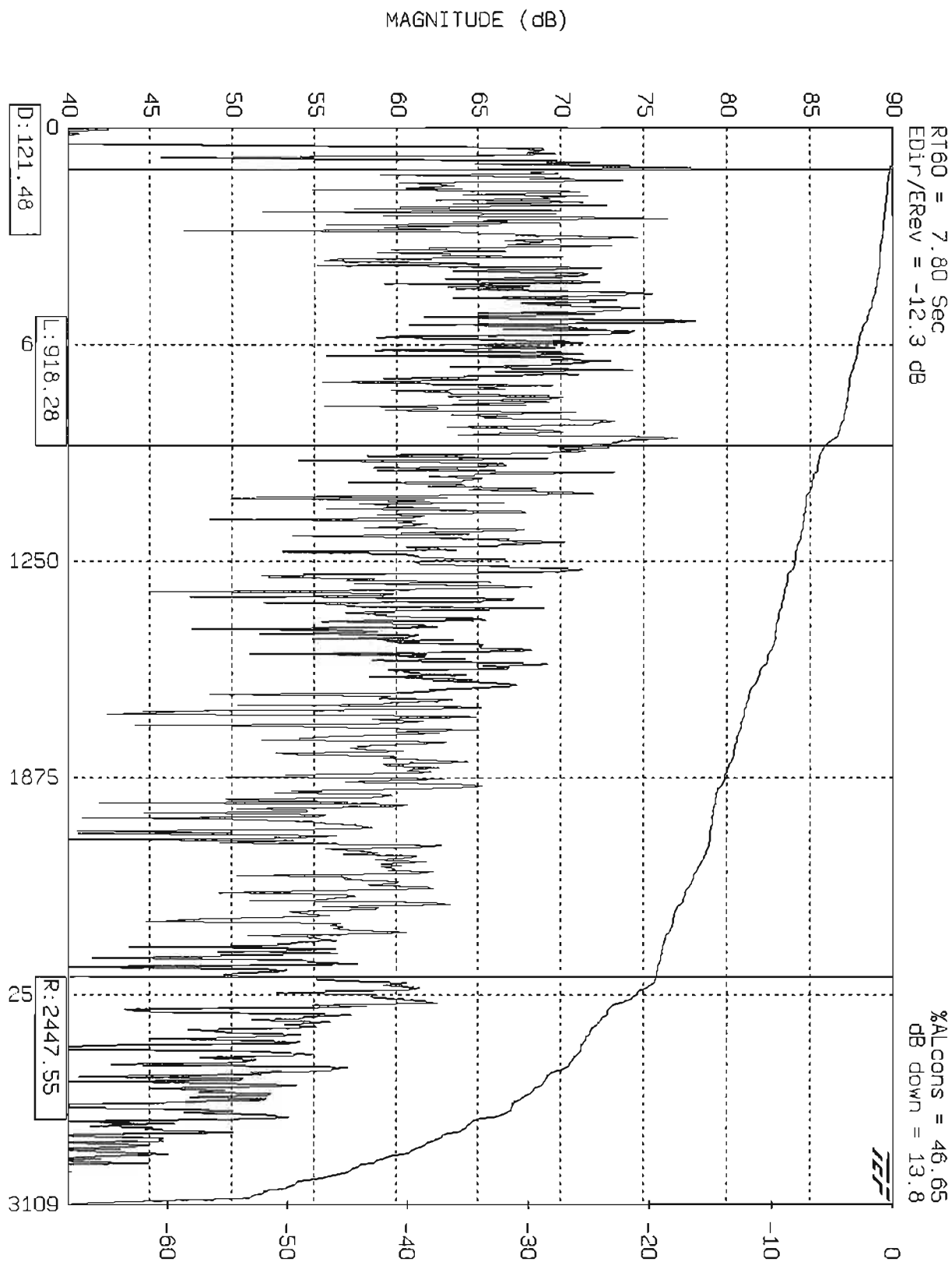
TIME (milliseconds)



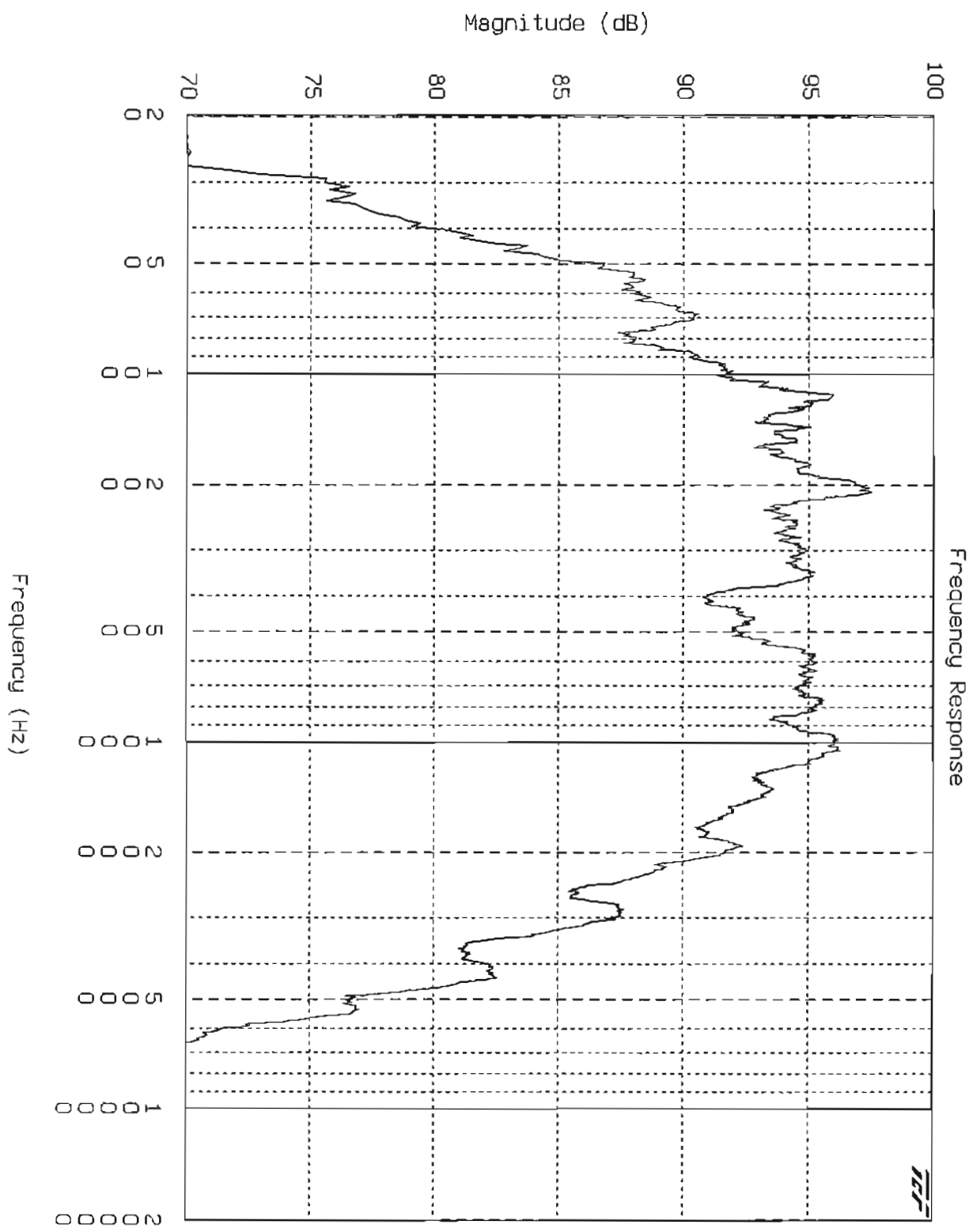
**Grafico n.4: Impianto audio PalaEur
Energia acustica rispetto al Tempo (2KHz)**

FILE: P-EUR007.ETC

TIME (milliseconds)



**Grafico n.5: Impianto audio PalaEur
Energia acustica vs. Tempo (20-300 Hz)**

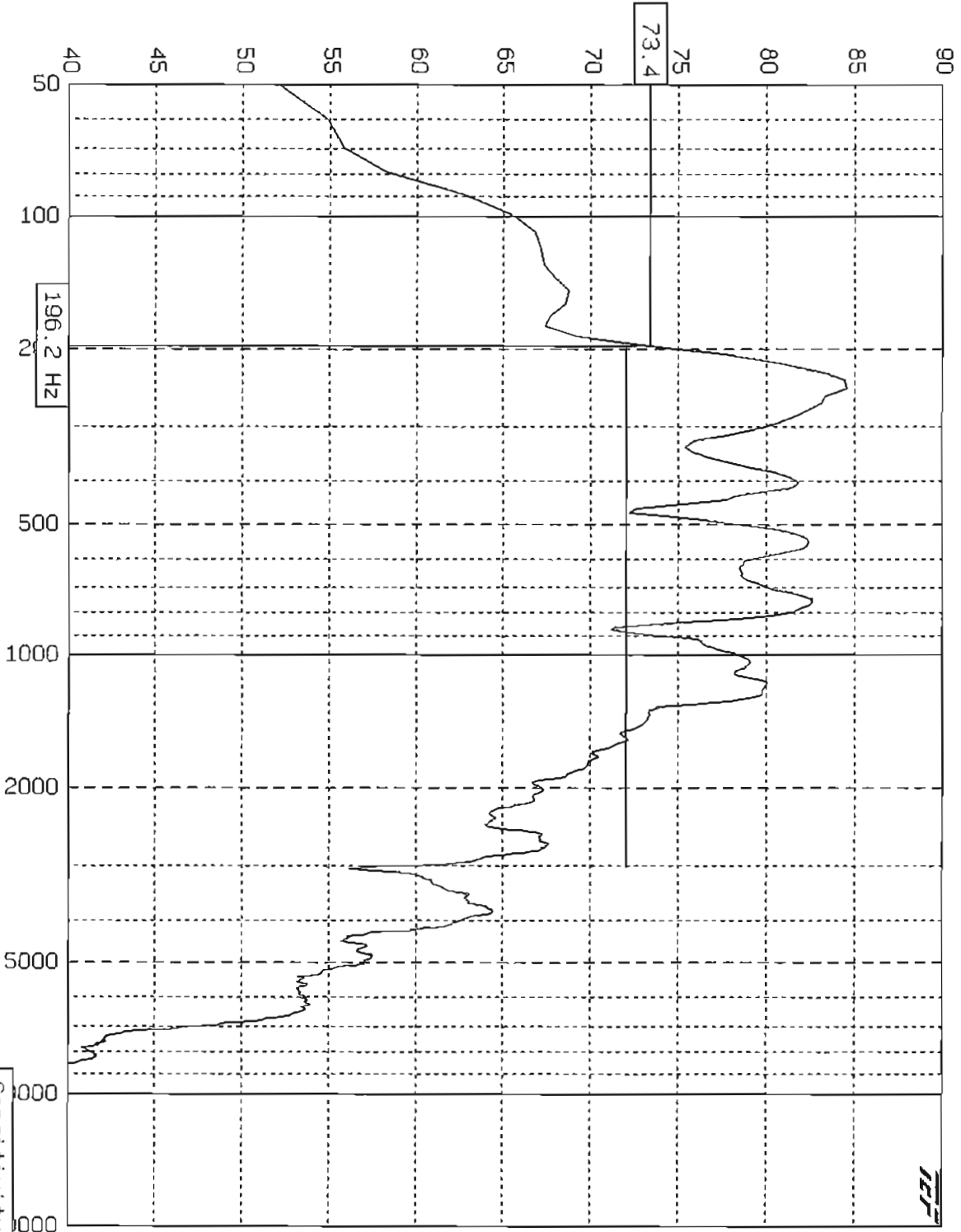


**Grafico n.6: Impianto audio PalaEur
Risposta in frequenza complessiva (FFT)**

FILE: P-EUR003.TDS

FREQUENCY (Hz)

MAGNITUDE (dB)



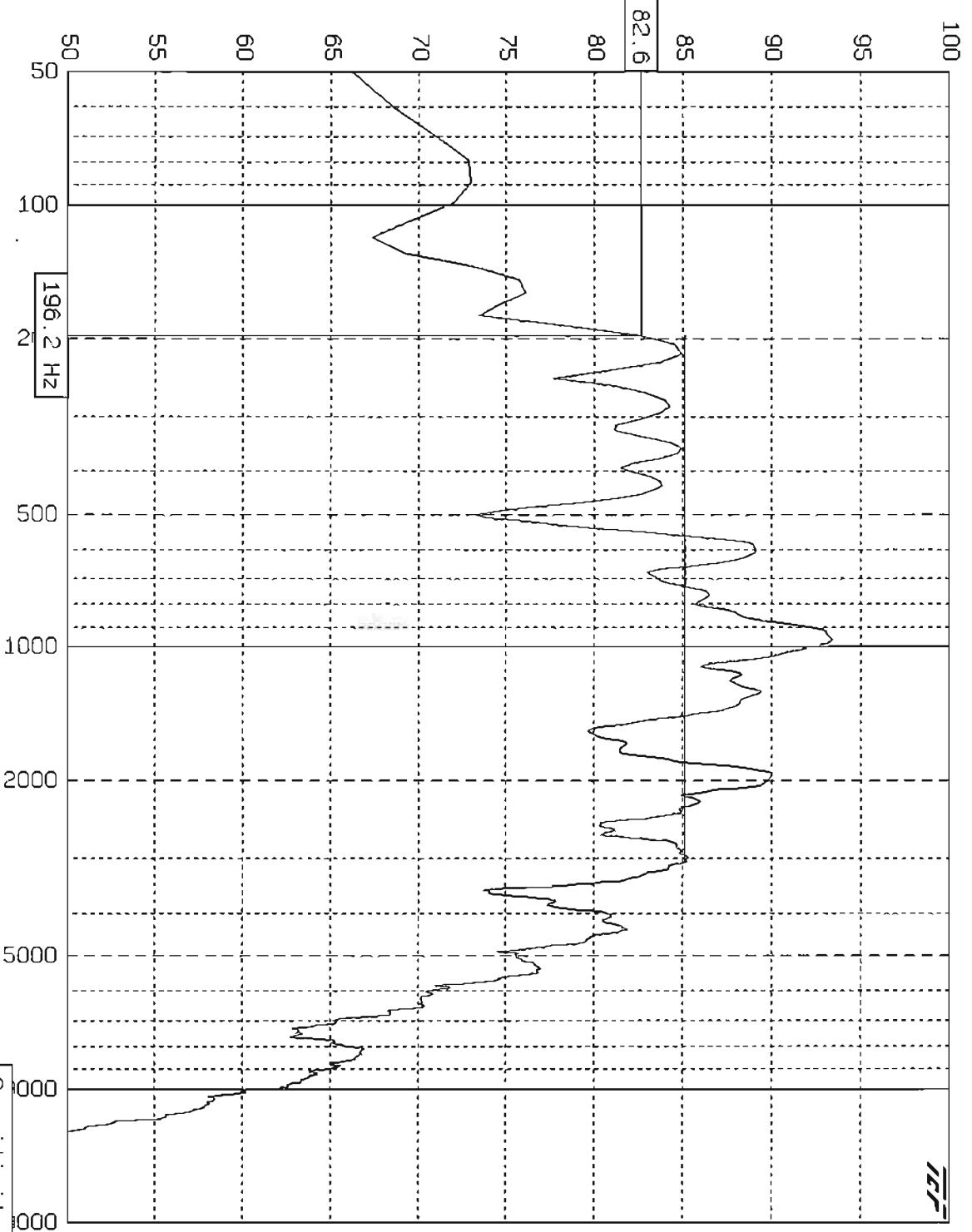
Sensitivity:
Linear average = 72.0
Log average = 75.6
Start frequency = 196.0
End frequency = 3003.0

**Grafico n.7: Impianto audio PalaEur
Risposta in frequenza: primo arrivo (TDS)**

FILE: P-EUR004.TDS

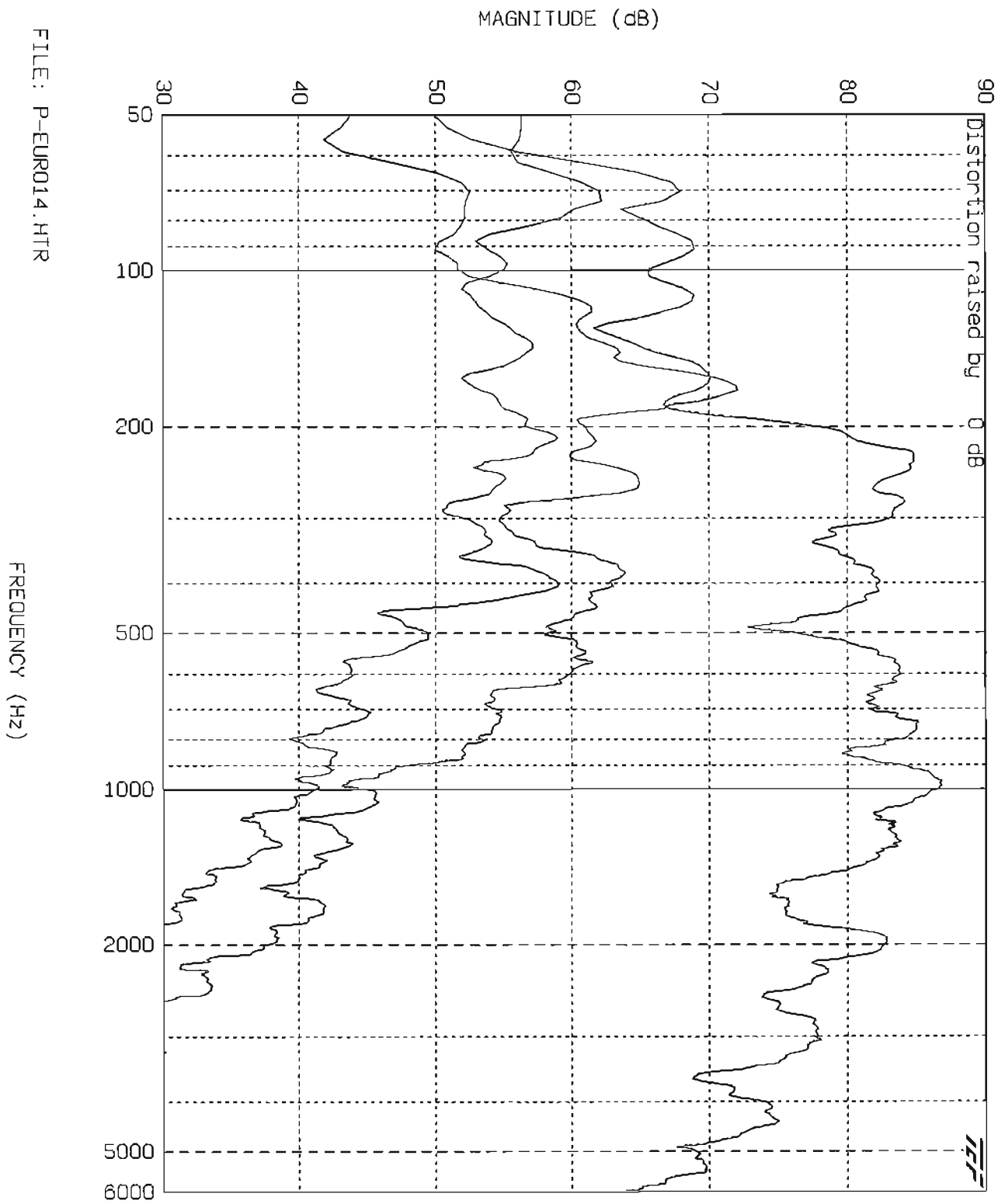
FREQUENCY (Hz)

MAGNITUDE (dB)

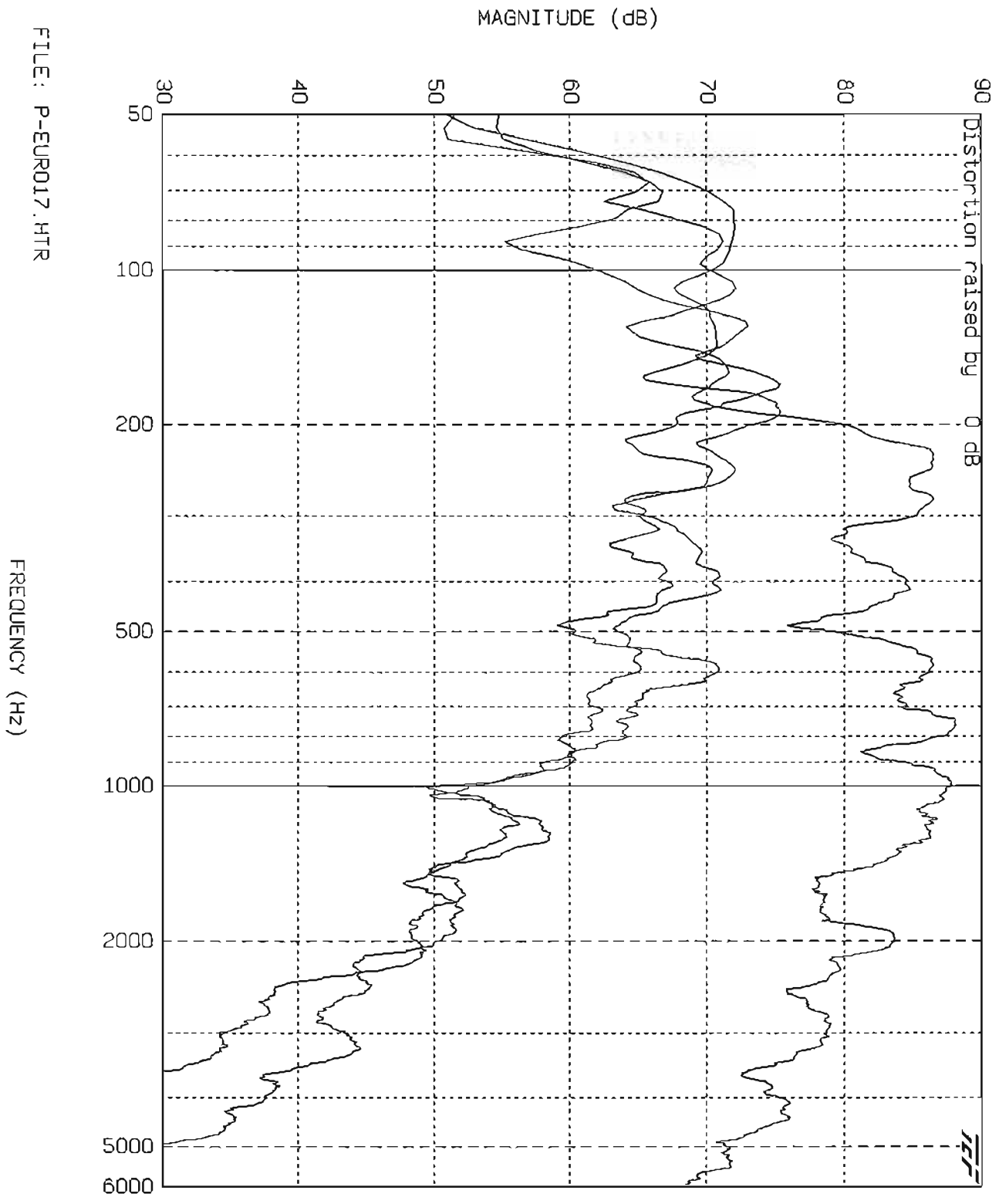


Sensitivity:
Linear average = 85.1
Log average = 84.6
Start frequency = 196.0
End frequency = 3003.0

**Grafico n.8: Impianto audio PalaEur
Risposta in frequenza: secondo arrivo (TDS)**



**Grafico n.9: Impianto audio PalaEur
Distorsioni (II e III Armonica) a 80,8 dB**



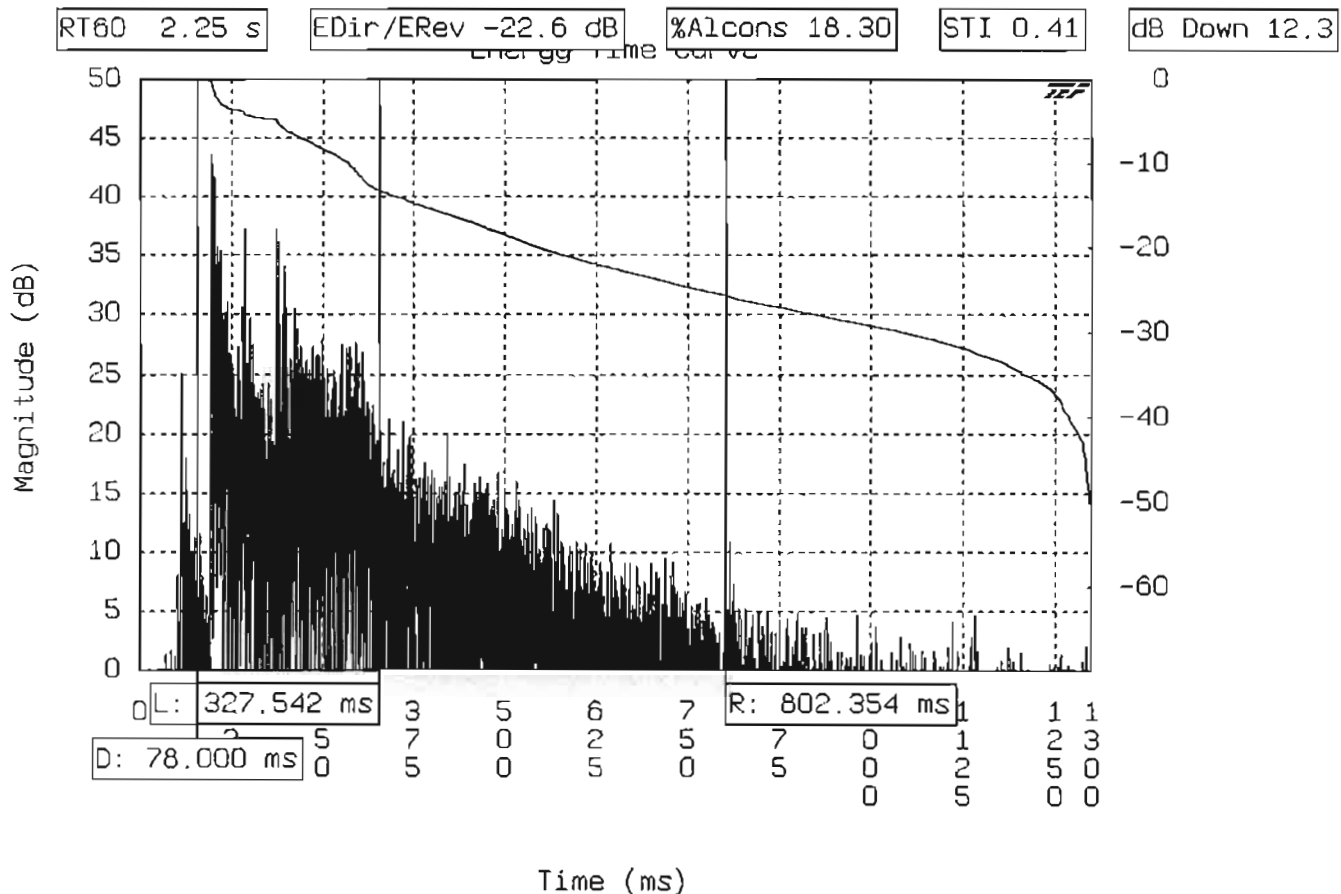
**Grafico n.10: Impianto audio PalaEur
Distorsioni (II e III Armonica) a 82,8 dB**

Test Title: Impianto audio PalaEUR

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEUR, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 8 kHz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:
terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

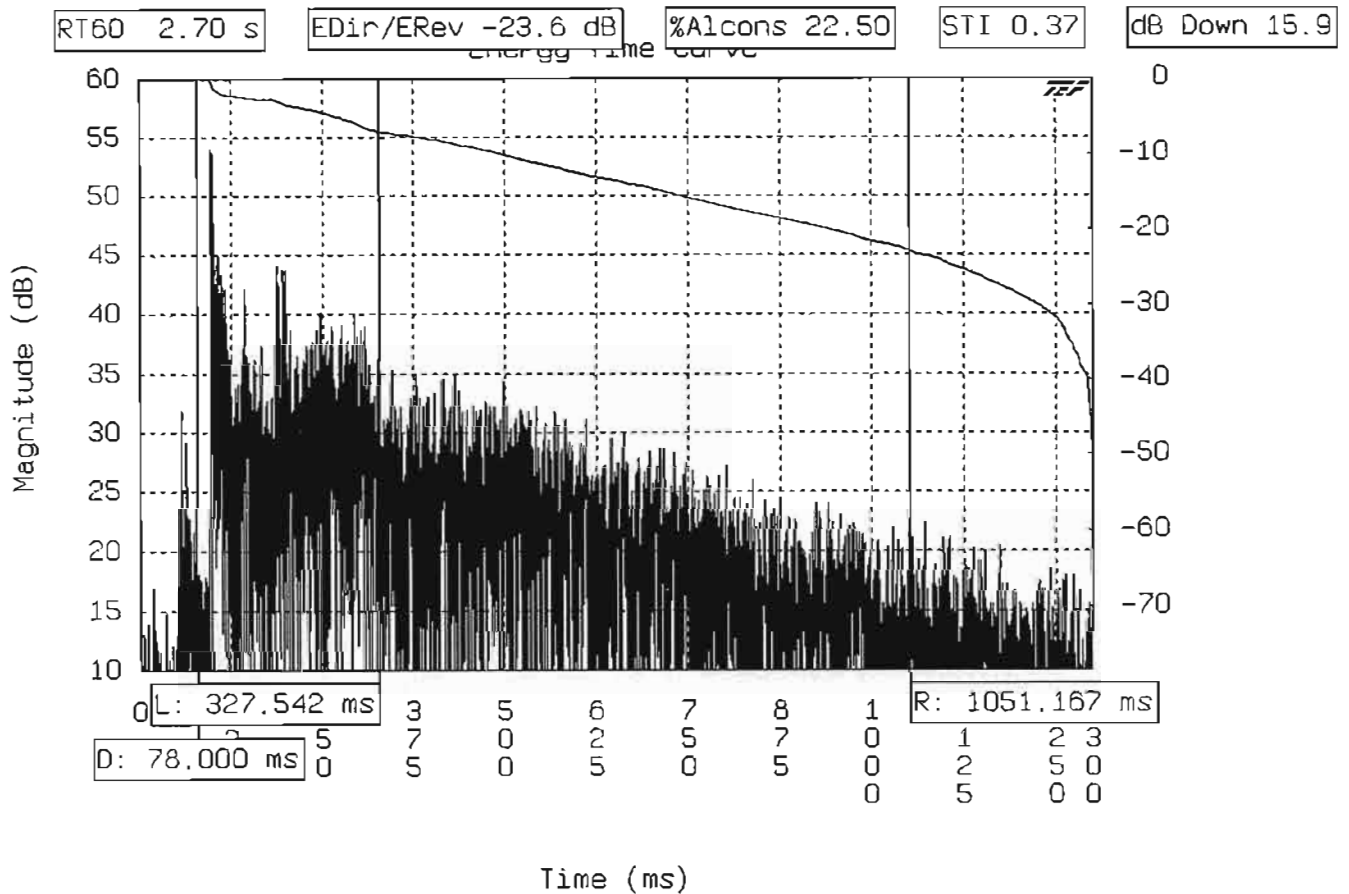
Grafico n.11: Impianto audio PalaEUR Energia acustica Vs. Tempo: ottava 8 KHz

Test Title: Impianto audio PalaEUR

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEUR, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 4 kHz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:

terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

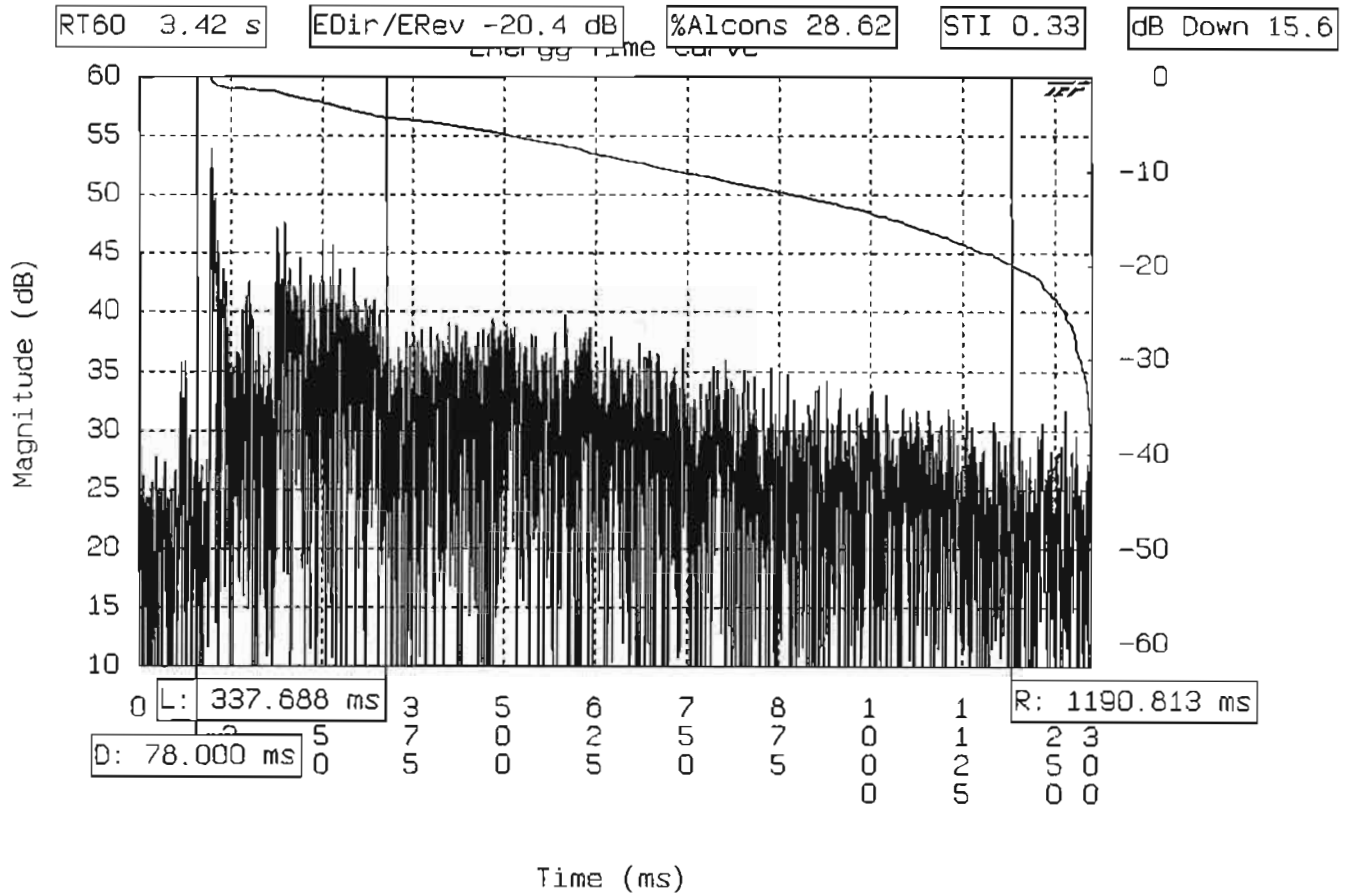
**Grafico n.12: Impianto audio PalaEur
Energia acustica Vs. Tempo: ottava 4 KHz**

Test Title: Impianto audio Palaeur

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEur, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 2 kHz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:
terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

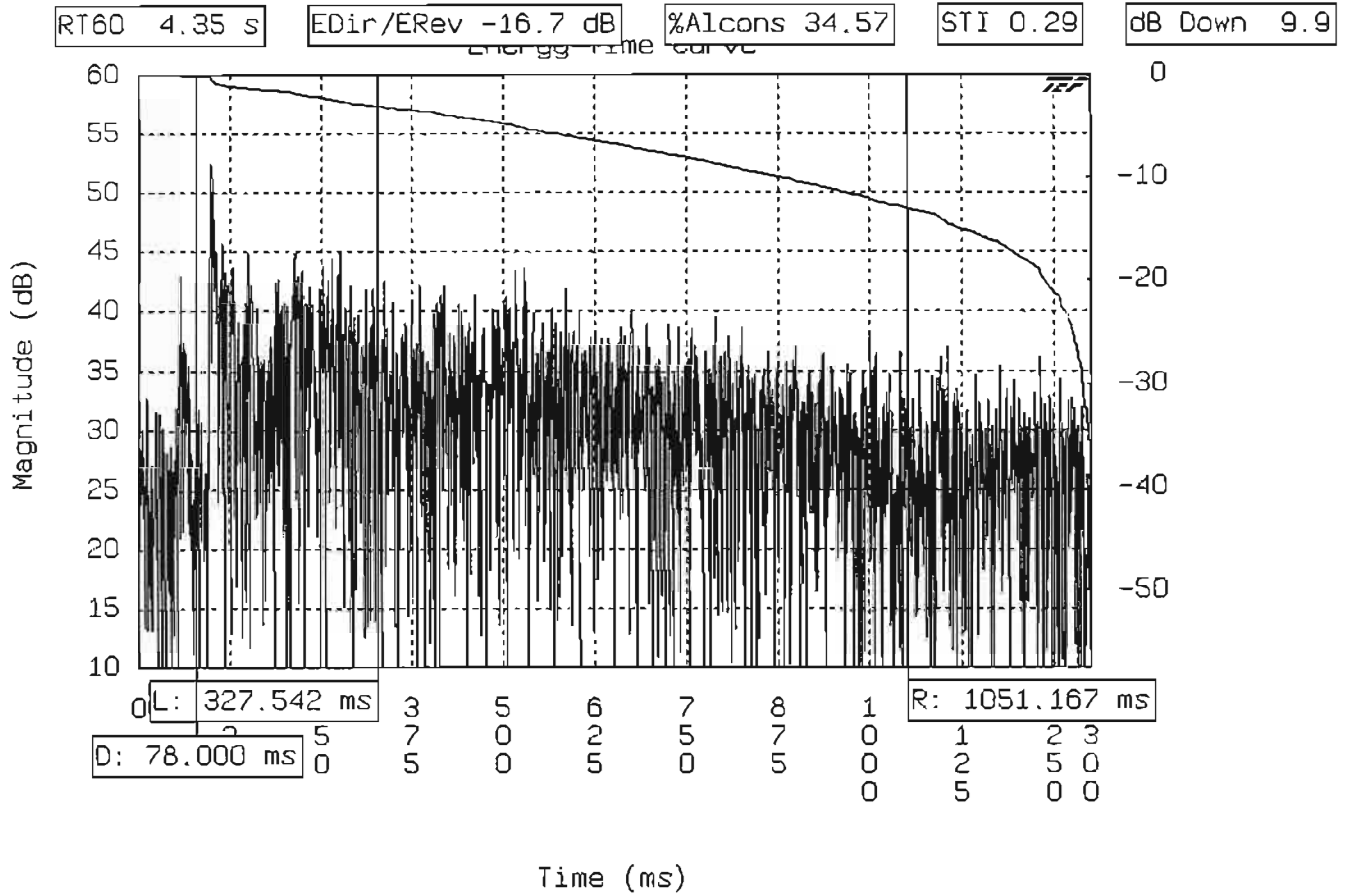
**Grafico n.13: Impianto audio PalaEur
Energia acustica Vs. Tempo: ottava 2 KHz**

Test Title: Impianto audio PalaEUR

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEUR, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 1 kHz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:
terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

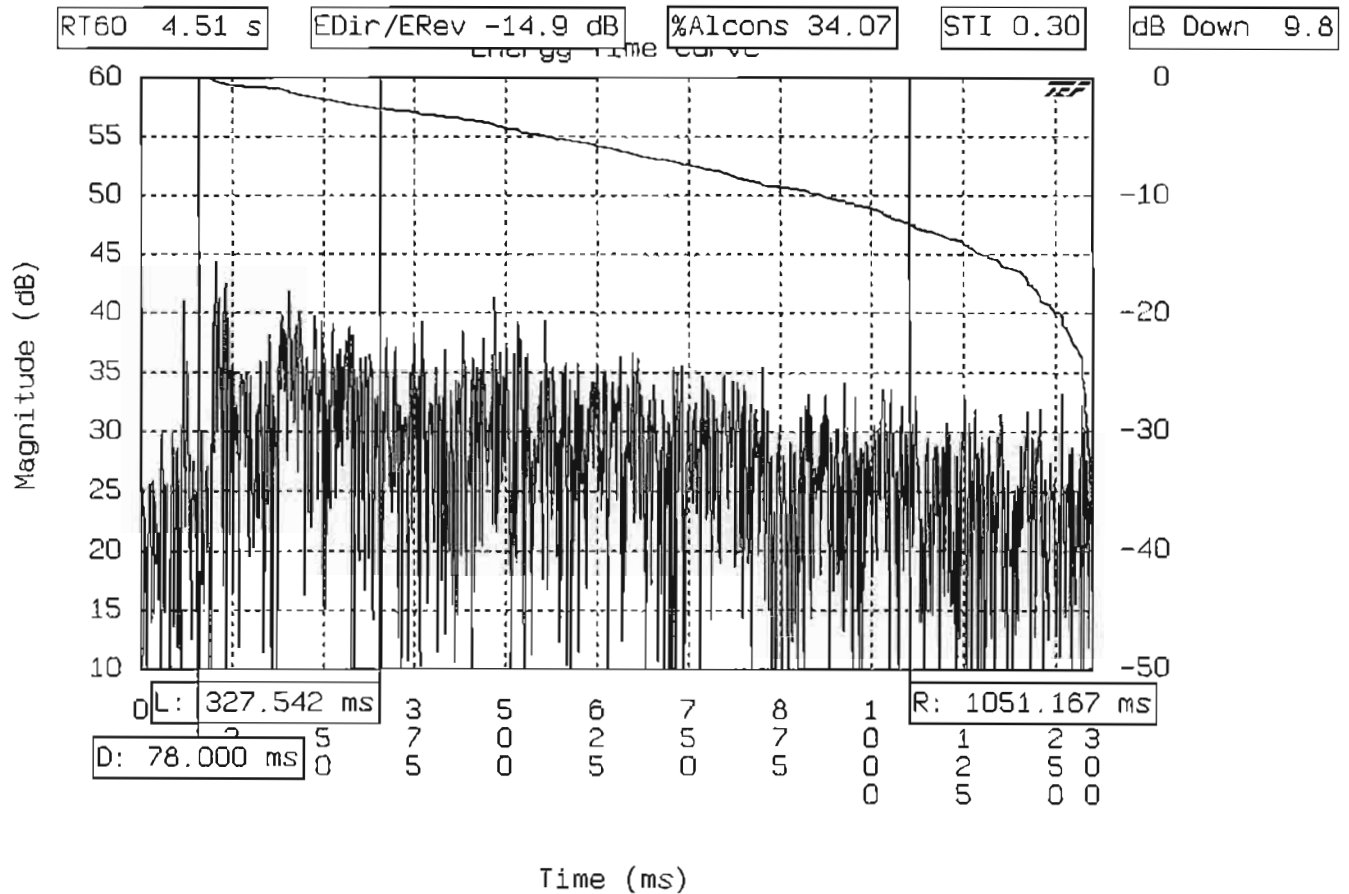
**Grafico n.14: Impianto audio PalaEUR
Energia acustica Vs. Tempo: ottava 1 KHz**

Test Title: Impianto audio PalaEUR

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEUR, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 500 Hz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:
terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

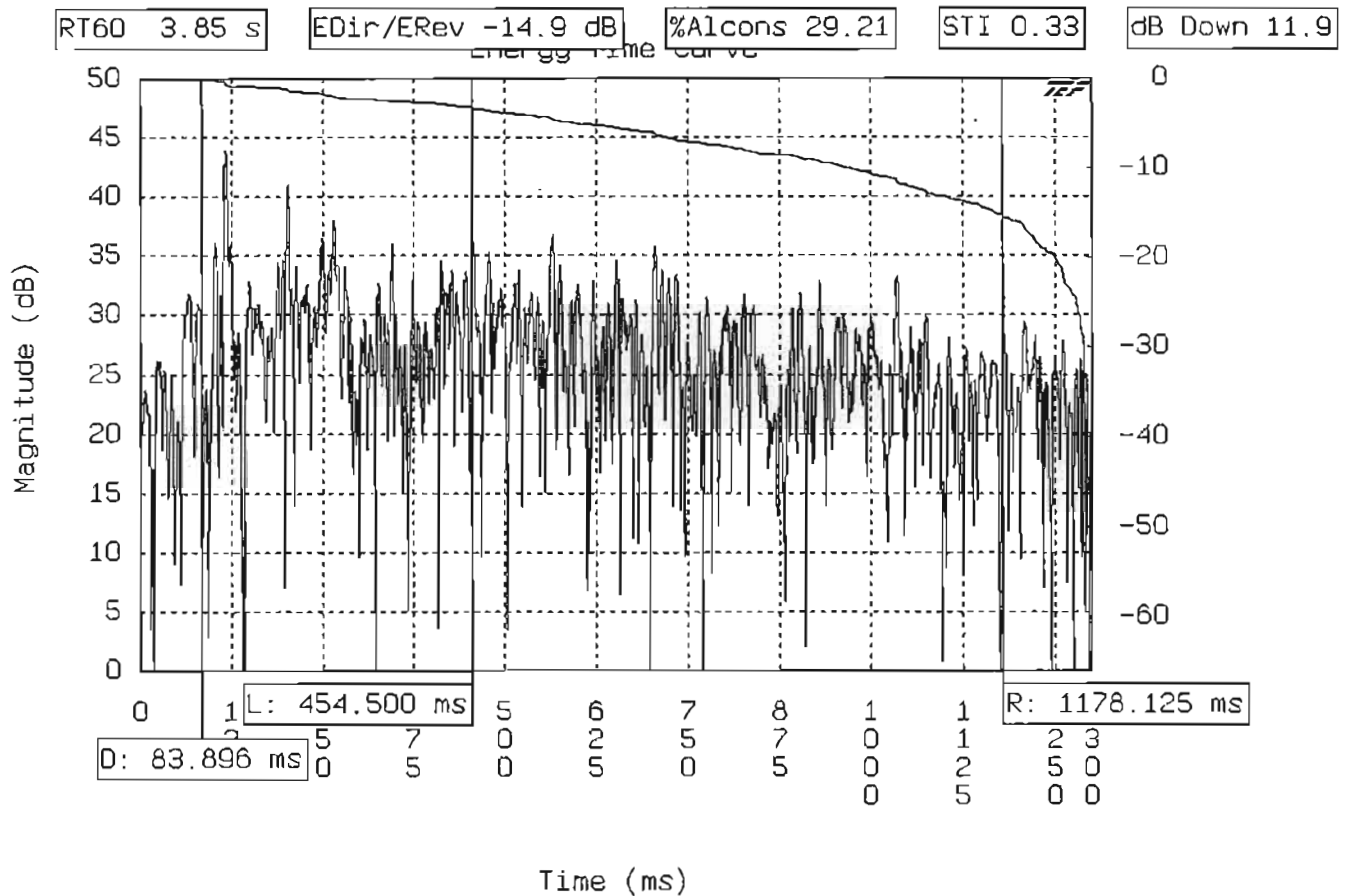
Grafico n.15: Impianto audio PalaEUR Energia acustica Vs. Tempo: ottava 500Hz

Test Title: Impianto audio Palaeur

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEur, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 250 Hz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:
terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

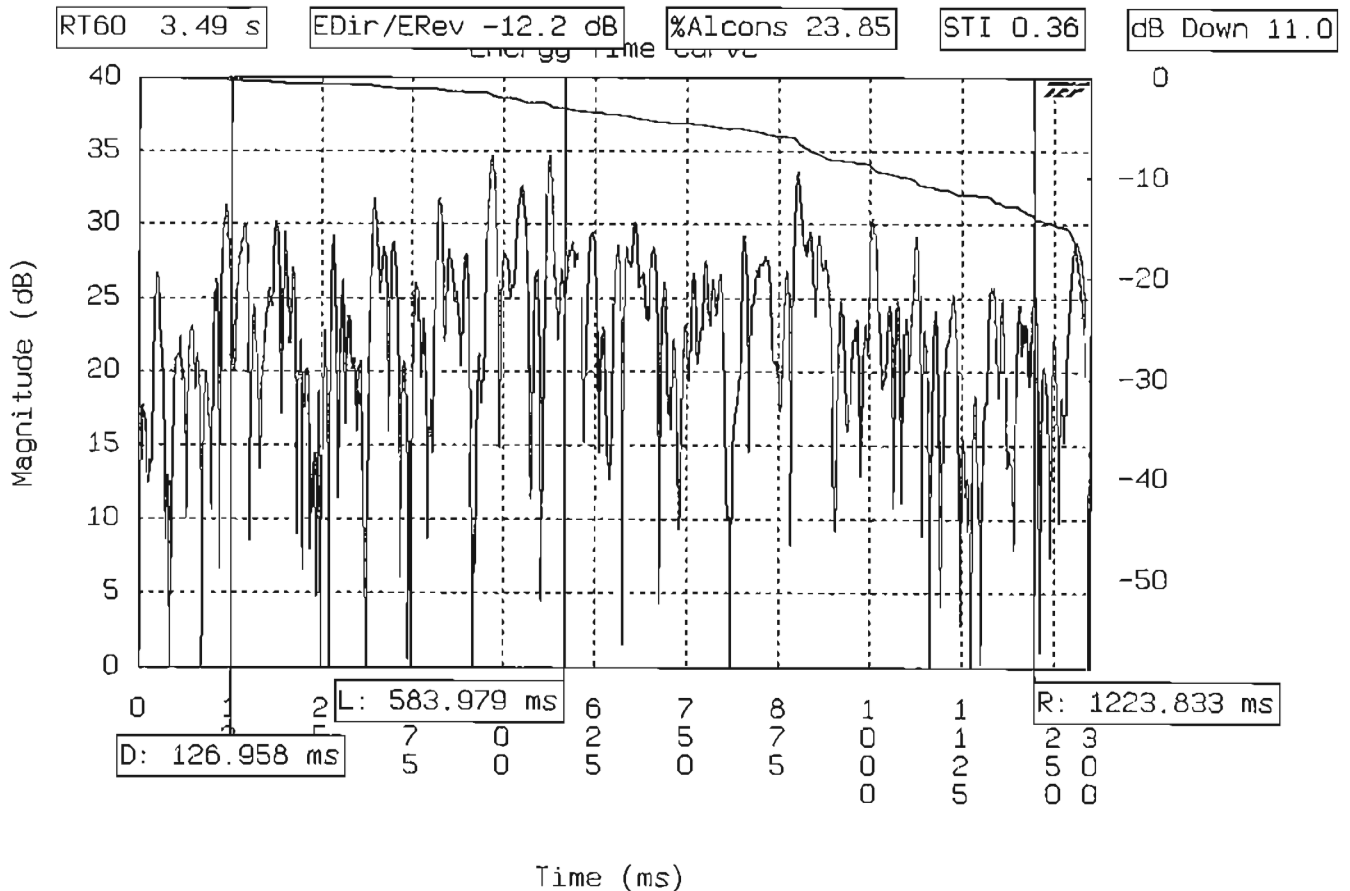
**Grafico n.16: Impianto audio PalaEur
Energia acustica Vs. Tempo: ottava 250Hz**

Test Title: Impianto audio Palaeur

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEur, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 125 Hz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:
terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

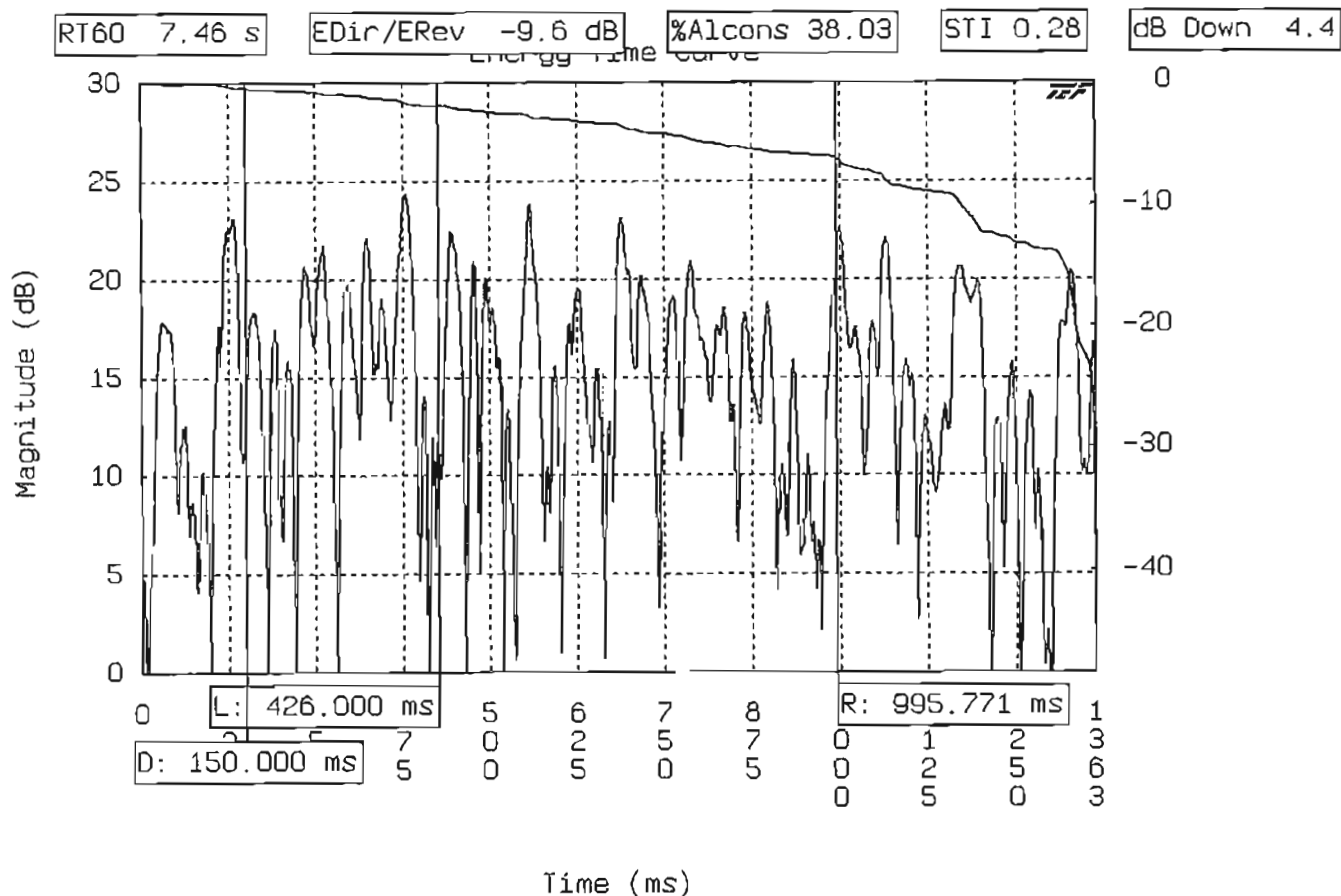
Grafico n.17: Impianto audio PalaEur Energia acustica Vs. Tempo: ottava 125Hz

Test Title: Impianto audio PalaEur

User Name: F.C.

Date: 01/28/2000 11:32:11

Location: PalaEur, Roma



File: P-EUR009.MLS

Filter: 63 Hz Oct

0 dB is 0.00002 volts

Job Description:
terza fila tribuna stampa

Sequence Length: 65535
Bandwidth: 24000.0 Hz
Tap Set: A
Pre-excite Sequences: 1
Number of Sequences: 32
Output Polarity: Normal

**Grafico n.18: Impianto audio PalaEur
Energia acustica Vs. Tempo: ottava 63 Hz**