

# Audio Engineering Society

Incontri alla Discoteca di Stato  
Roma 12 dicembre 1998

Intervento di Fabrizio Calabrese  
Consigliere Nazionale AES

## La diffusione del suono nei cinema

Nel corso dell'intervento immediatamente precedente sono state discusse le configurazioni base degli impianti audio per cinema, dal formato analogico monofonico degli anni fino al 1970 fino ai recenti sistemi digitali multicanale.

Un riferimento quantitativo comune, utile per meglio determinare i requisiti dinamici e di dimensionamento dell'impianto, è quello del livello della voce: questo resta comunemente posto attorno ai 75 dB"A" rilevati con uno strumento a lettura lenta ("Slow" o Leg). Livelli più bassi di 70 dB"A" sono comuni in scene di interni con pochi protagonisti e richiedono attenzione da parte del pubblico e poco rumore in sala per essere bene intellegibili, mentre livelli di voce al di sopra di 80-82 dB"A" Leg sono facilmente fastidiosi e comunque insostenibili a lungo termine.

Non è dunque un caso che tra le specifiche più importanti per l'impianto audio in una sala cinematografica vi sia l'uniformità del livello (della voce) in sala: questo per consentire un audio intellegibile sino alle ultime file di pubblico, senza sottoporre gli spettatori più vicini allo schermo a sollecitazioni fastidiose.

Nelle sale degli anni 40'-60' era possibile ottenere risultati soddisfacenti anche con potenze di amplificazione inferiori a 30 Watt per il solo canale monofonico coniugando l'efficienza e direttività delle trombe per driver a compressione della gamma alta con il contributo energetico delle riflessioni in sale relativamente riverberanti in gamma bassa (dove comunque i diffusori erano a tromba o reflex di grande volume ed accordatura alta, altrettanto efficienti).

La frequenza di taglio canonica era posta a 500 Hz.

Rispetto al livello della voce, all'epoca i picchi causati da rumori, esplosioni e scene d'azione non si elevavano di molto oltre: 85 dB"C" con uno strumento a lettura "Slow", verosimilmente 100-103 dB "Lin" di picco. L'introduzione del Dolby "A" avrebbe

portato un forte innalzamento qualitativo, soprattutto nella estensione della risposta verso le alte frequenze e nella introduzione di una stereofonia ancora primordiale, piuttosto che in un effettivo innalzamento dei livelli di picco (comunque favorito dalla presenza di più diffusori).

Ben diversa la situazione in corrispondenza della introduzione del formato Dolby "SR": qui i livelli nei passaggi più impegnativi possono svettare fino a 95 dB"C" in lettura "Slow" (verosimilmente 115 dB di picco lineare) con un contenuto di frequenze agli estremi banda assolutamente diverso da quanto sino ad allora praticabile. A questo formato si deve la necessità per la gran parte delle sale di dotarsi di un nuovo e più potente impianto audio.

L'avvento dei formati digitali (Dolby Digital, DTS ed SDDS), oltre ad aumentare il numero di canali, finalmente discreti e dunque in grado di operare in vera stereofonia, ha portato a disporre di livelli di picco di oltre 120 dB (Lin.), con livelli medi anche di 103 dB"C" Slow, 95 dB"A" Leq, come in una discoteca ma per aree sonorizzate senz'altro più vaste.

Soprattutto si deve alla introduzione del formato Dolby Digital il requisito di disporre di subwoofers con dinamica dieci volte superiore a quella di ogni canale dell'impianto (113 dB"C Slow).

Di fronte a questo tipo di requisiti la tradizionale configurazione di impianto audio a due vie in biamplificazione e con taglio a 5/800 Hz ha iniziato a mostrare i suoi limiti.

In particolare i drivers a compressione per le frequenze medio-alte producono elevati livelli di distorsione di seconda armonica, dovuti alla nonlinearietà dell'aria agli altissimi livelli di pressione sonora nelle gole delle trombe (le cui sezioni iniziali restano attorno al centimetro quadrato e mezzo, anche nelle unità da due pollici).

Recentemente si è affacciata sul mercato la proposta di sistemi di diffusori a tre vie, con un taglio inferiore del driver a compressione spostato in alto sino a 3500 Hz: il problema di questi sistemi sta nella perdita di controllo della direttività di emissione anche nella importante banda di frequenza delle formanti del parlato, tutte riprodotte dal midrange a cono a radiazione diretta o su corta tromba ad ampia dispersione. Questo tipo di configurazione può operare correttamente solo in sale di dimensioni ridotte (specie la profondità) e comunque in presenza di un trattamento acustico di ottimo o buon livello, una pratica peraltro ormai comune, sebbene costosa.

Tutti i sistemi di nuova generazione condividono per la gamma bassa una configurazione a doppio woofer da 15" in diffusore reflex, che estende decisamente la risposta verso le basse frequenze, perdendo, in contropartita, abbastanza in termini di rendimento di conversione.

I subwoofers sono ancora diffusori reflex, con singolo cono da 18" (47 cm.) in un volume elevato e con bassa accordatura, sempre

relativamente di efficienza media, ma coadiuvati dalla presenza di unità similari affiancate.

### I grafici

Nel corso dell'intervento sono stati mostrati numerosi grafici di rilevamenti effettivi di Funzioni di Trasferimento complesse e di andamenti della Energia rispetto al Tempo, effettuati su differenti tipi di impianto e diffusori mediante un analizzatore di Time Delay Spectrometry tipo Techron TEF-20.

La particolare tecnica di misura impiegata, che utilizza sweep sinusoidali di ampiezza stabile e facilmente misurabile e che filtra gli arrivi di energia al microfono di misura con una banda stretta quanto necessario a separare gli arrivi di energia causati dalle riflessioni e dal riverbero, consente di operare un confronto anche strettamente quantitativo tra le diverse configurazioni di diffusori testate.

Così, impiegando una tensione costante di 4 Volt, sono state rilevate le risposte di un sistema tradizionale, con tromba a direttività costante e driver da due pollici (16 ohm): a venti metri l'arrivo diretto oscilla attorno ai 90 dB per frequenze dai 700 ai 3000 Hz, calando con pendenza sempre crescente fino ai 75 dB a 8 KHz, frequenza oltre la quale è improbabile poter equalizzare la risposta (rilevata con lo schermo presente avanti alla tromba).

Sono visibili le oscillazioni di risposta causate dalla riflessione dallo schermo indietro alla tromba, inevitabili ma difficilmente lesive all'ascolto.

Un sistema dei più recenti, a tre vie, mostra un rendimento medio assai inferiore (70 dB a 13 mt. con 4 Volt su 8 ohm) con una risposta calante sopra i 5 KHz, ma più delicatamente, e dunque equalizzabile anche oltre i 10 KHz (60 dB/4V/13m), nonostante la presenza dello schermo interposto.

Un sistema intermedio per direttività ed efficienza, realizzato dall'autore, mostra una risposta della sezione medio-alti pressoché lineare da 250 a 10 KHz, con un rendimento medio di 80 dB a 13 mt. con 4 Volt su 8 ohm; a 16.000 Hz il rendimento è ancora di 70 dB/4V/13m.

Esaminando i grafici della Energia rispetto al Tempo (ETC) per la banda di frequenze di una ottava attorno ai 2 KHz, la più importante per l'articolazione del parlato, si possono trarre altre deduzioni significative.

Il sistema a tre vie è decisamente penalizzato in termini di riflessioni ambientali: a 22 metri dallo schermo il campo riverberato prevale di 4 dB sull'arrivo diretto in una sala con appena mezzo secondo di Tempo di Riverbero.

Il sistema convenzionale, con tromba a direttività costante e driver, mostra invece una prevalenza del campo diretto (+1,4 dB) anche in un locale con 0,72 secondi di RT60 ed a 16 metri.

Configurazioni veramente avveniristiche permettono un ordine di prestazioni di un ordine di grandezze assolutamente superiore: tre grafici di seguito mostrano le prestazioni di una unità simile, sospesa in alto allo schermo in una sala lunga 26 metri e con 0,5 secondi di RT60.

A 22 metri l'arrivo diretto (86 dB per 3 Volt su 8 ohm) sovrasta le riflessioni di oltre 14 dB: la tradizionale riflessione dal fondo della sala è scomparsa, grazie alla quota di sospensione. A metà sala l'arrivo di energia diretta è ancora ad 83 dB (3V/15m/8ohm) ed il complesso delle riflessioni inferiore di 9 dB. Avanti, al settore anteriore, la direttività di emissione è tale da sovracompensare l'aumento di livello dovuto al diminuire della distanza: l'arrivo diretto è a 76 dB e prevale ancora di 4,4 dB sul campo riverberato.

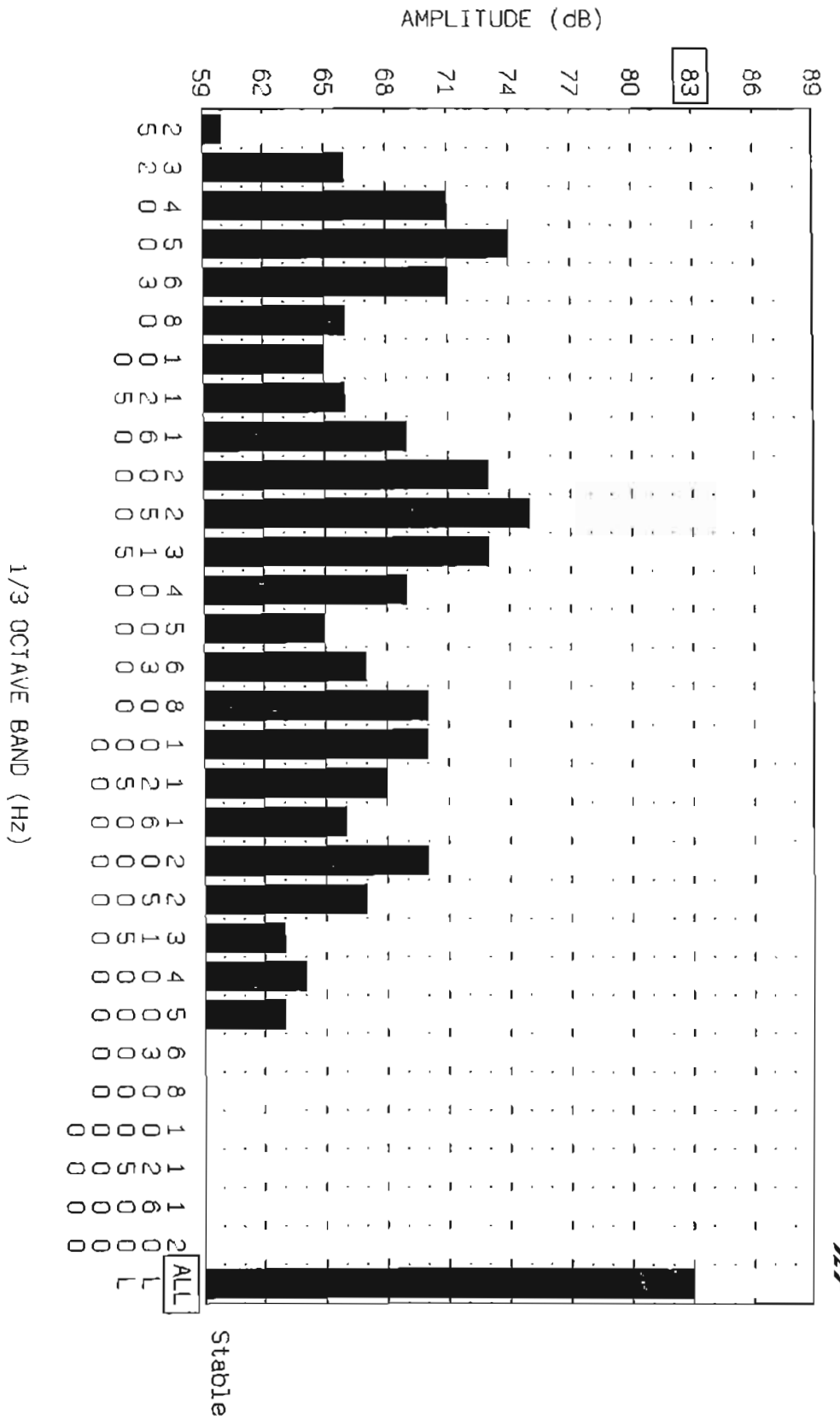
Evidentemente un sistema del genere consente una compensazione pressoché perfetta della distanza anche se posto alla normale quota di metà o due terzi in alto rispetto allo schermo.

L'impiego di sezioni medi ed alti direttive suggerisce una eguale pratica per la gamma bassa: esistono diversi tipi di configurazioni ipotizzabili, tra le quali è stato scelto un sistema a fronte d'onda piano, realizzato con unità multiple a breve distanza.

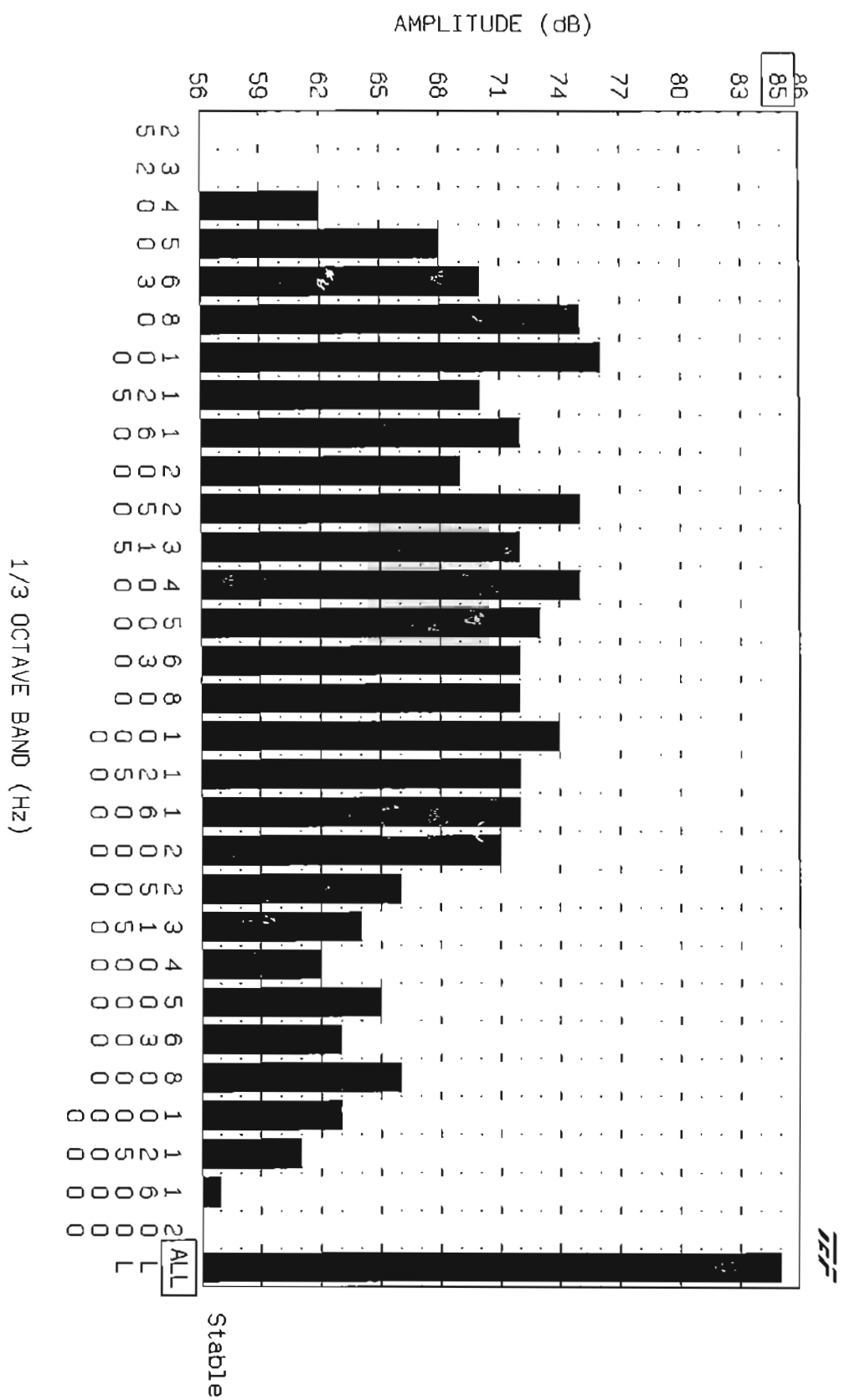
In sale di proporzioni e Tempo di Riverbero simili (1 sec.) il confronto vede il sistema direttivo prevalere fino a fondo sala (+0,8 dB tra campo diretto e riverbero a 24 mt.), mentre un sistema convenzionale mostra il prevalere del campo riverberato (+3 dB) già a 16 metri dai diffusori.

In termini di efficienza il sistema di bassi direttivi mostra un livello medio di 94 dB a 16 mt. (50/500 Hz) con 4 Volt su un ohm circa, mentre a circa la stessa distanza un sistema convenzionale, reflex, mostra un livello medio di 79 dB (50/500 Hz) con 4 volt su 4 ohm: in entrambi i casi sono integrate le sole riflessioni comprese entro una finestra di 100 millisecondi.

Nel comparare i livelli di rendimento di differenti configurazioni di subwoofers è stata esaminata la sola banda di frequenze tra 20 e 200 Hz: Un sistema con due diffusori reflex e cono da 18" (47 cm.) può garantire una media di circa 82 dB per 4 Volt su 4 ohm a 18 metri, integrando per 100 millisecc.. Nelle stesse condizioni di misura un sistema a caricamento complesso mostra un rendimento medio di 85 dB. In entrambi i casi la risposta è estesa fino a circa 25 Hz.



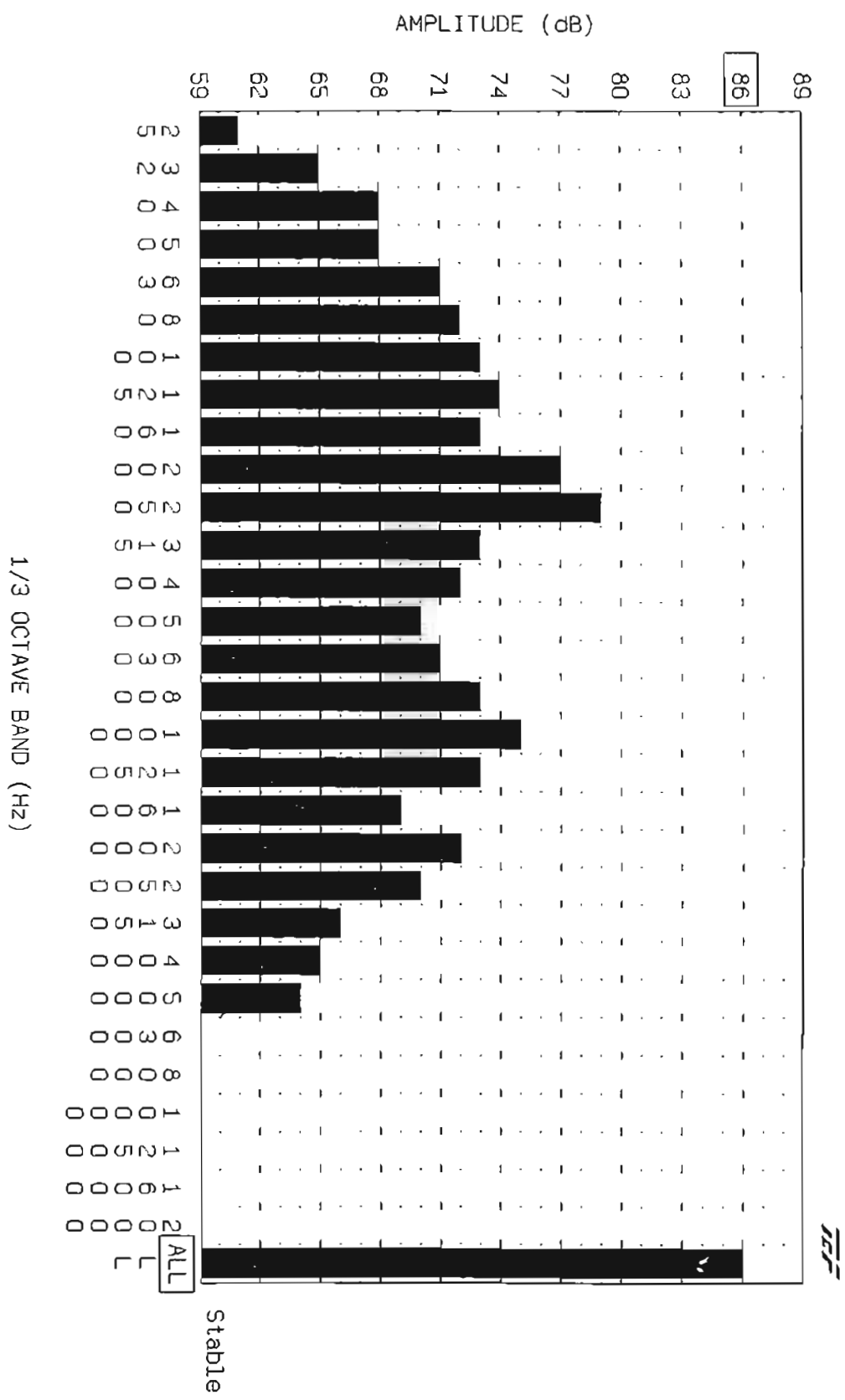
IMP. USA: SETTORE ANTERIORE SINISTRO  
AL CENTRO DEL SETTORE



IMP. FC: SETTORE ANTERIORE A SINISTRA

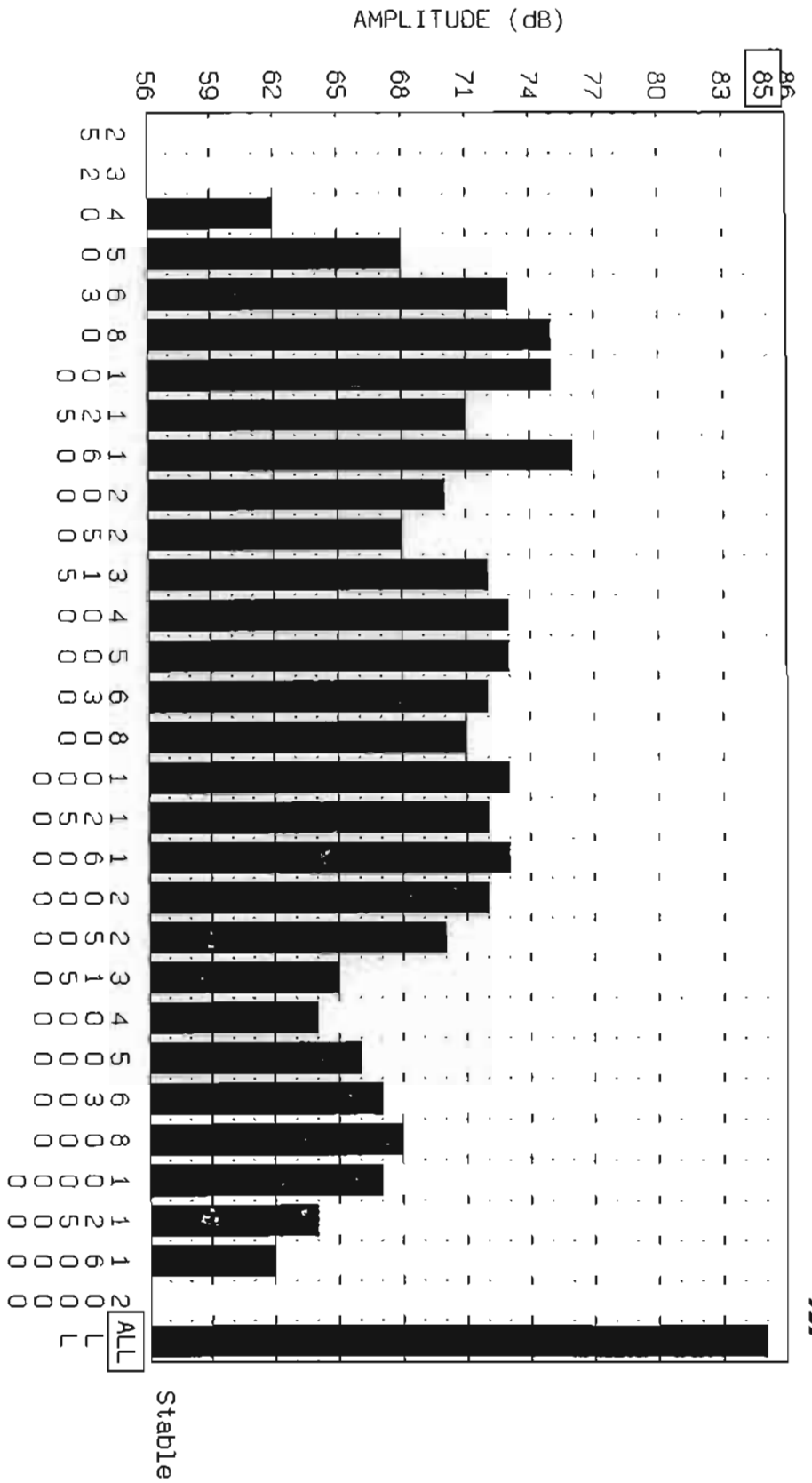
FILE: BARB002.R1A

C Weighting on "All" Band only



IMP. USA: SETTORE ANTERIORE, AVANTI A SINISTRA

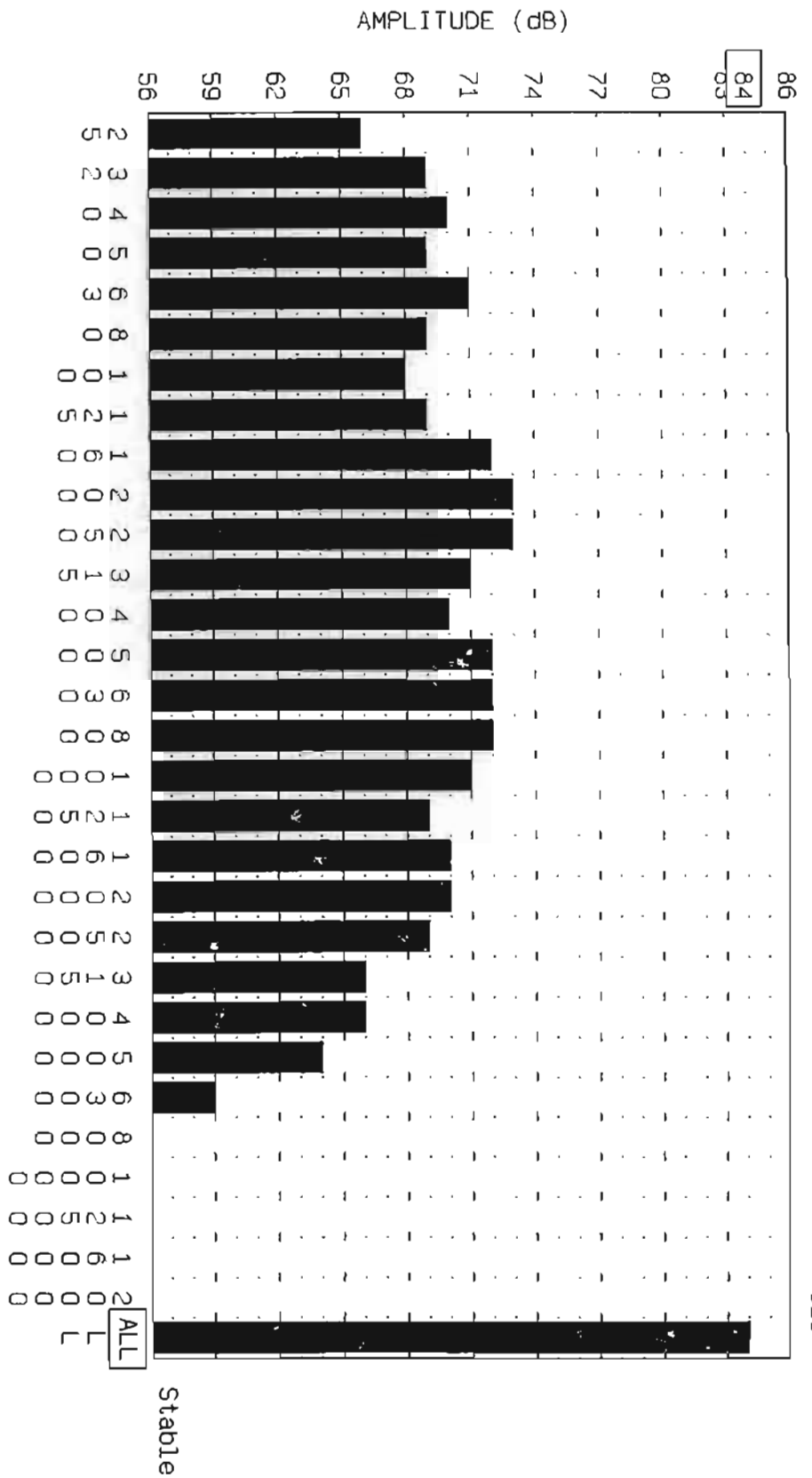
1/3 OCTAVE BAND (Hz)



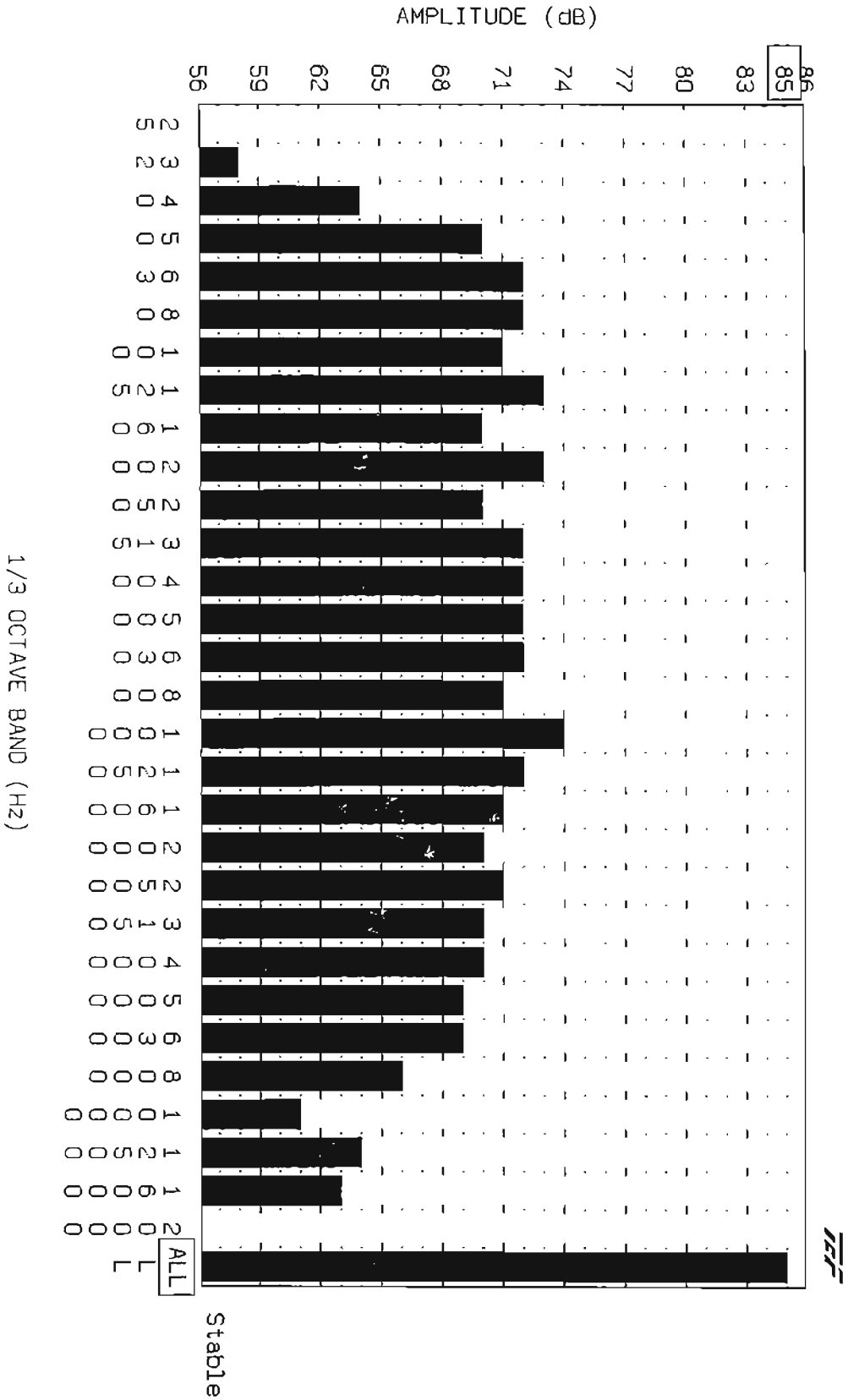
IMP. FC: SETTORE ANTERIORE, A ~~SINISTRA~~



1/3 OCTAVE BAND (Hz)



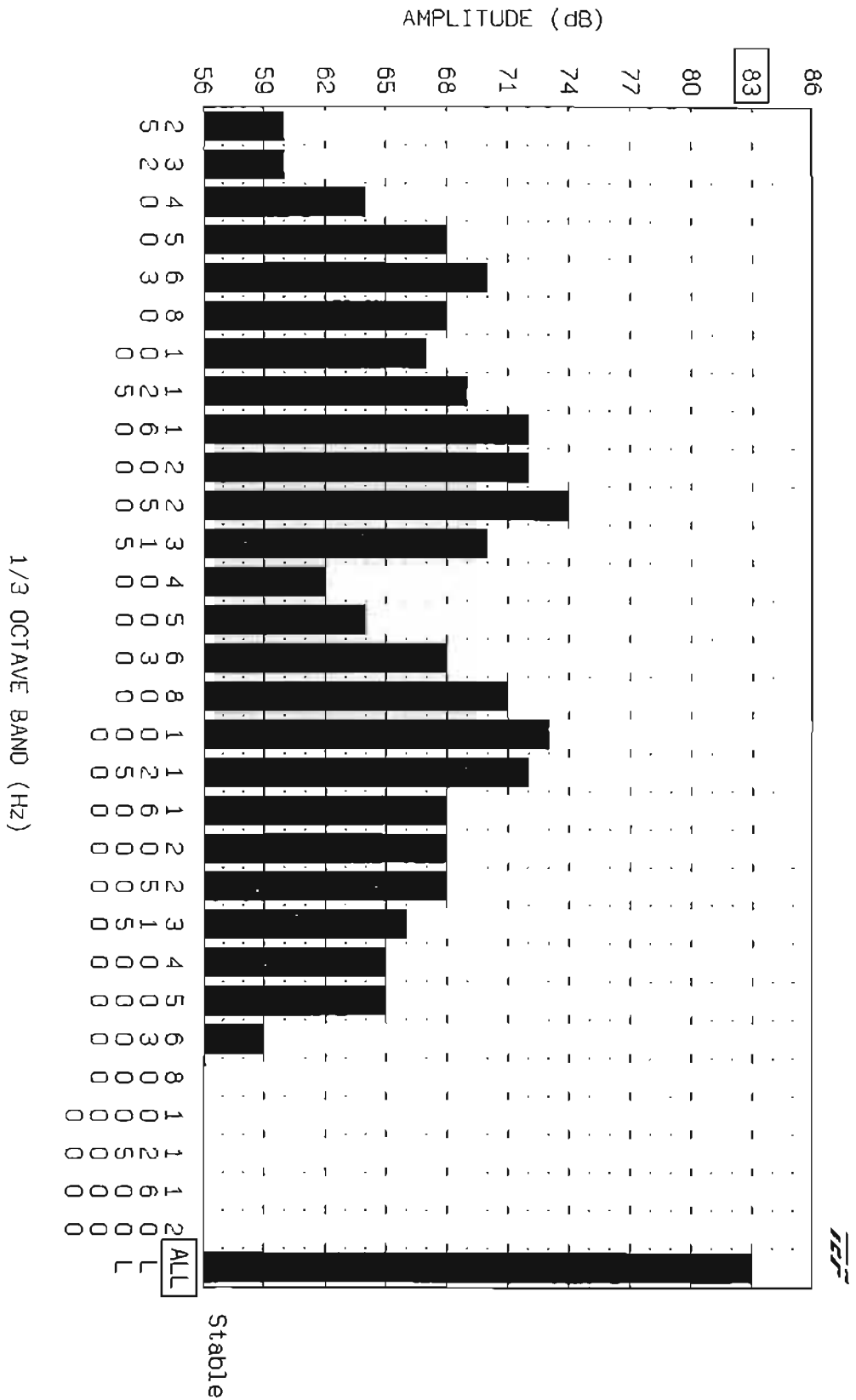
IMPIANTO USA: POSIZIONE CENTRALE



IMP. F.C.: POSIZIONE STANDARD (2/3 DX E INDLETO)

FILE: CENTR2.R1A

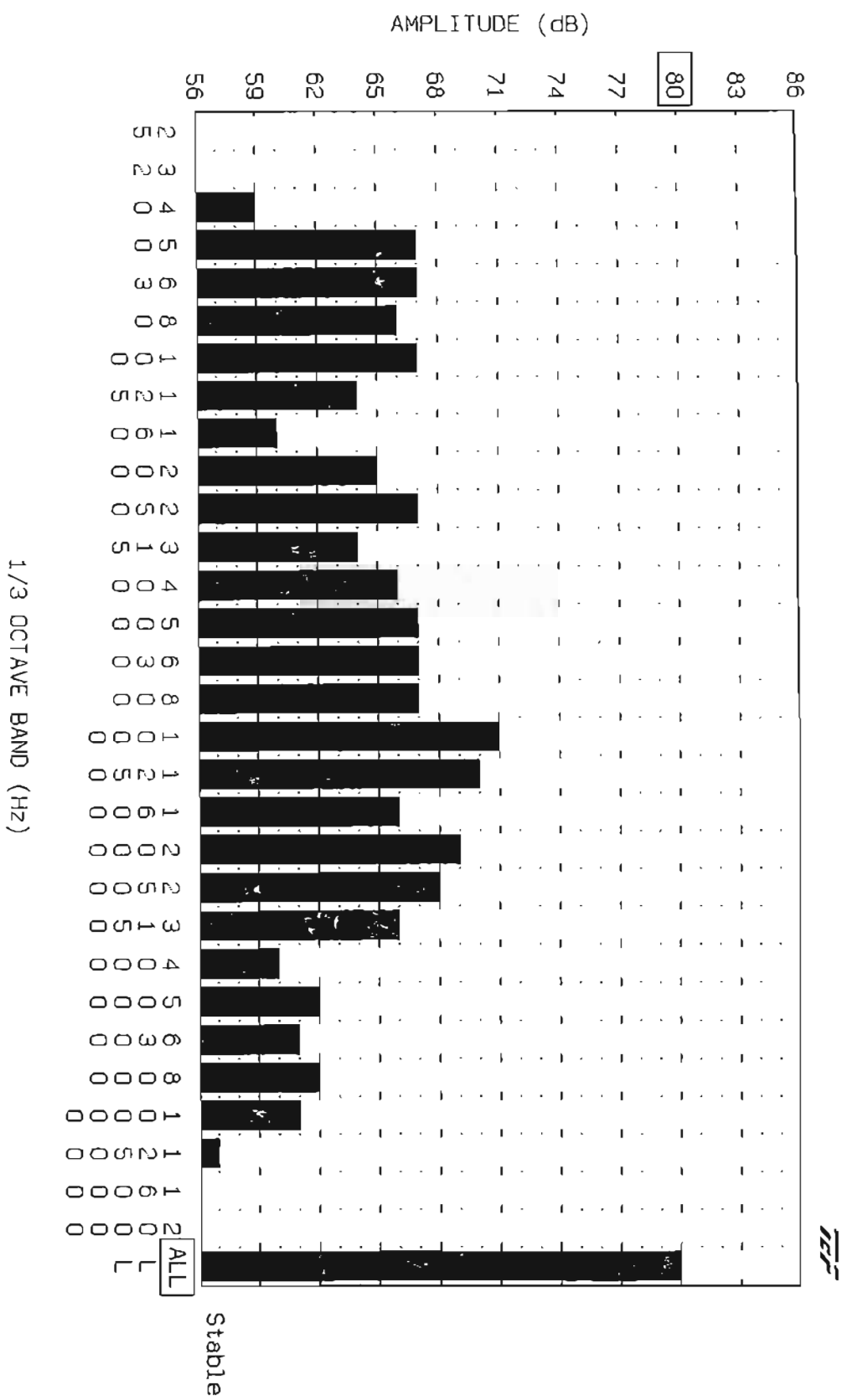
C Weighting on "All" Band only



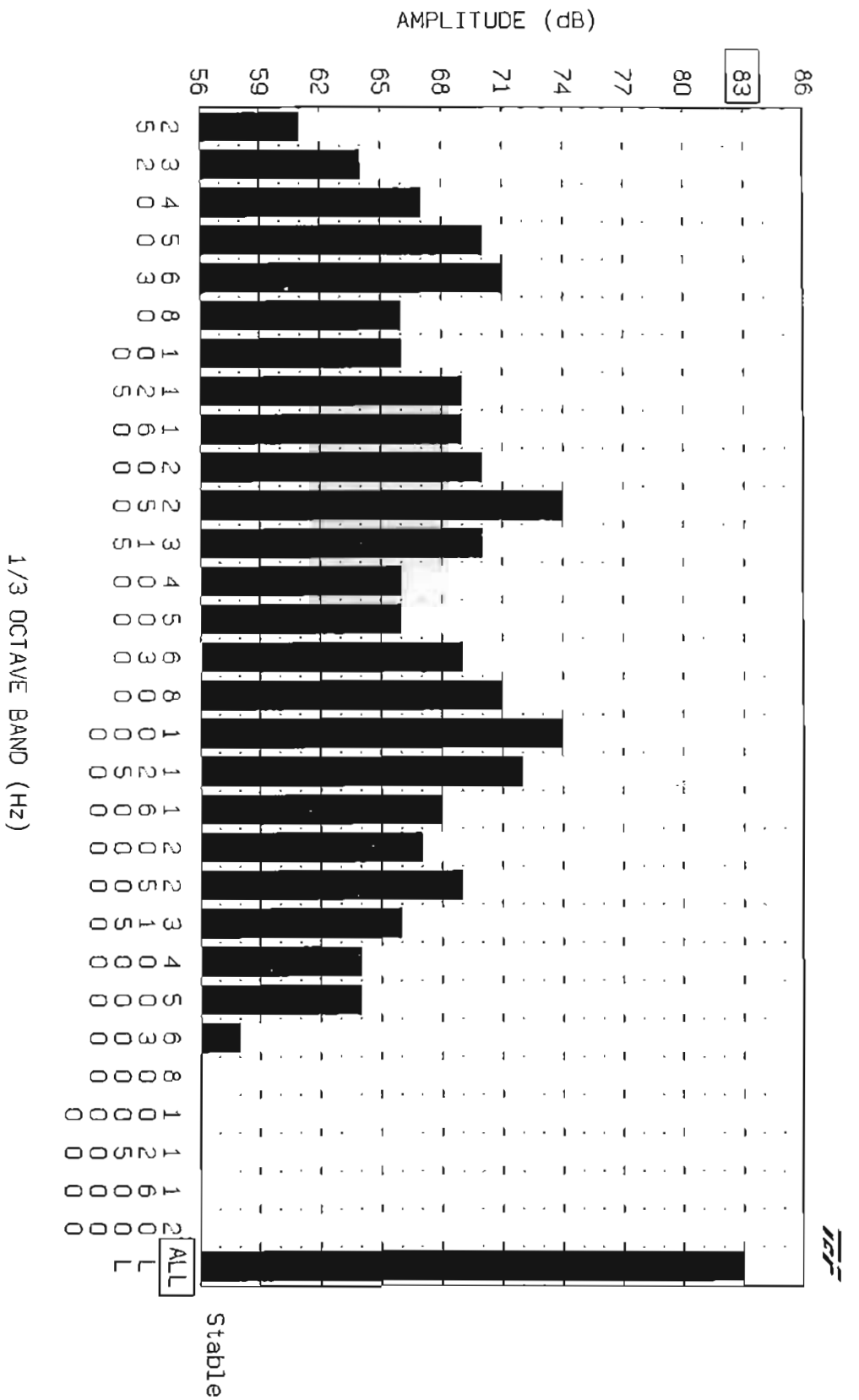
IMP. USA: SETTORE CENTRALE, INDIZIO A DESTRA

FILE: EQ\_020.RTA

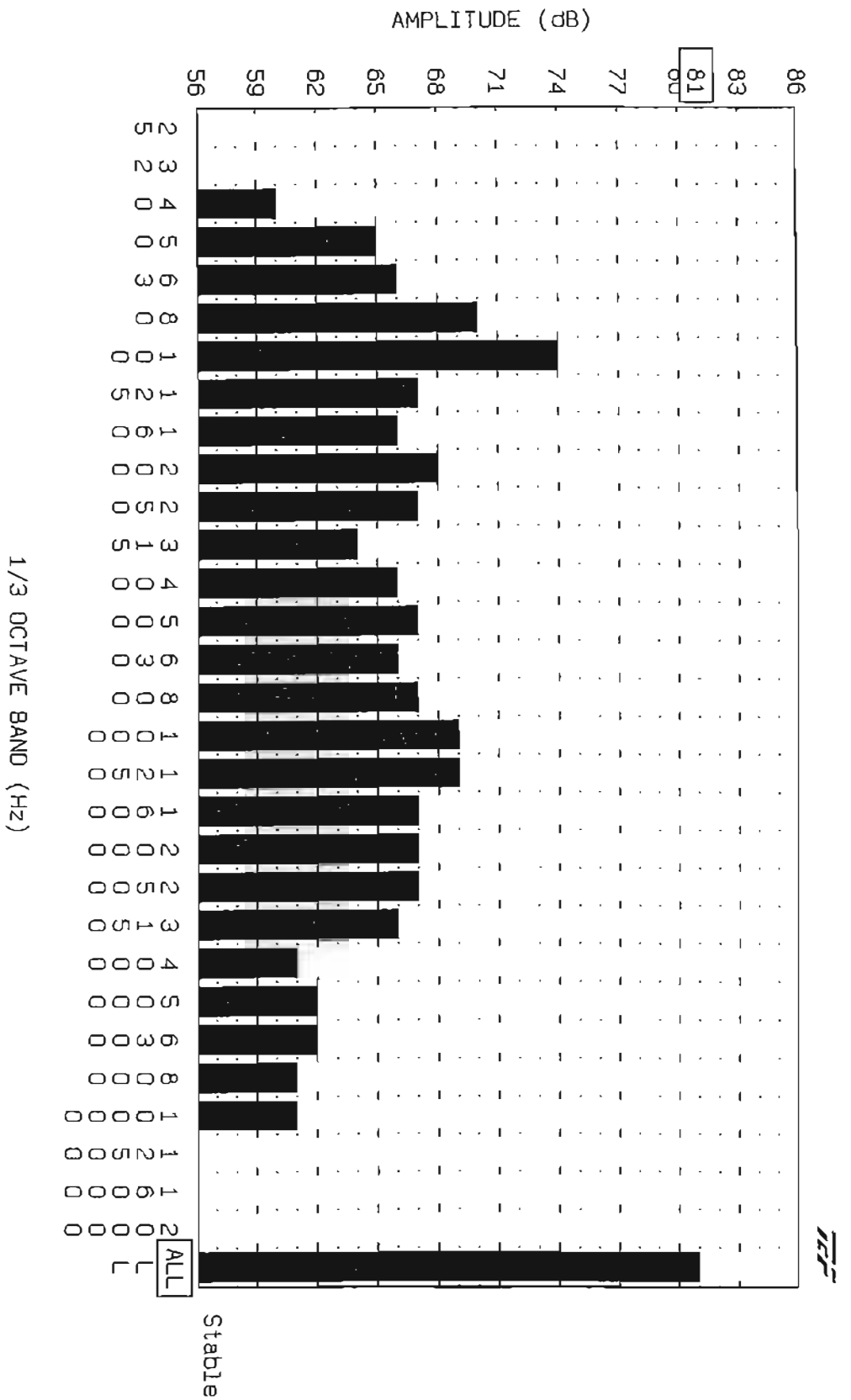
C Weighting on "All" Band only



IMP. FC: SETTORE POSTERIORE A SINISTRA



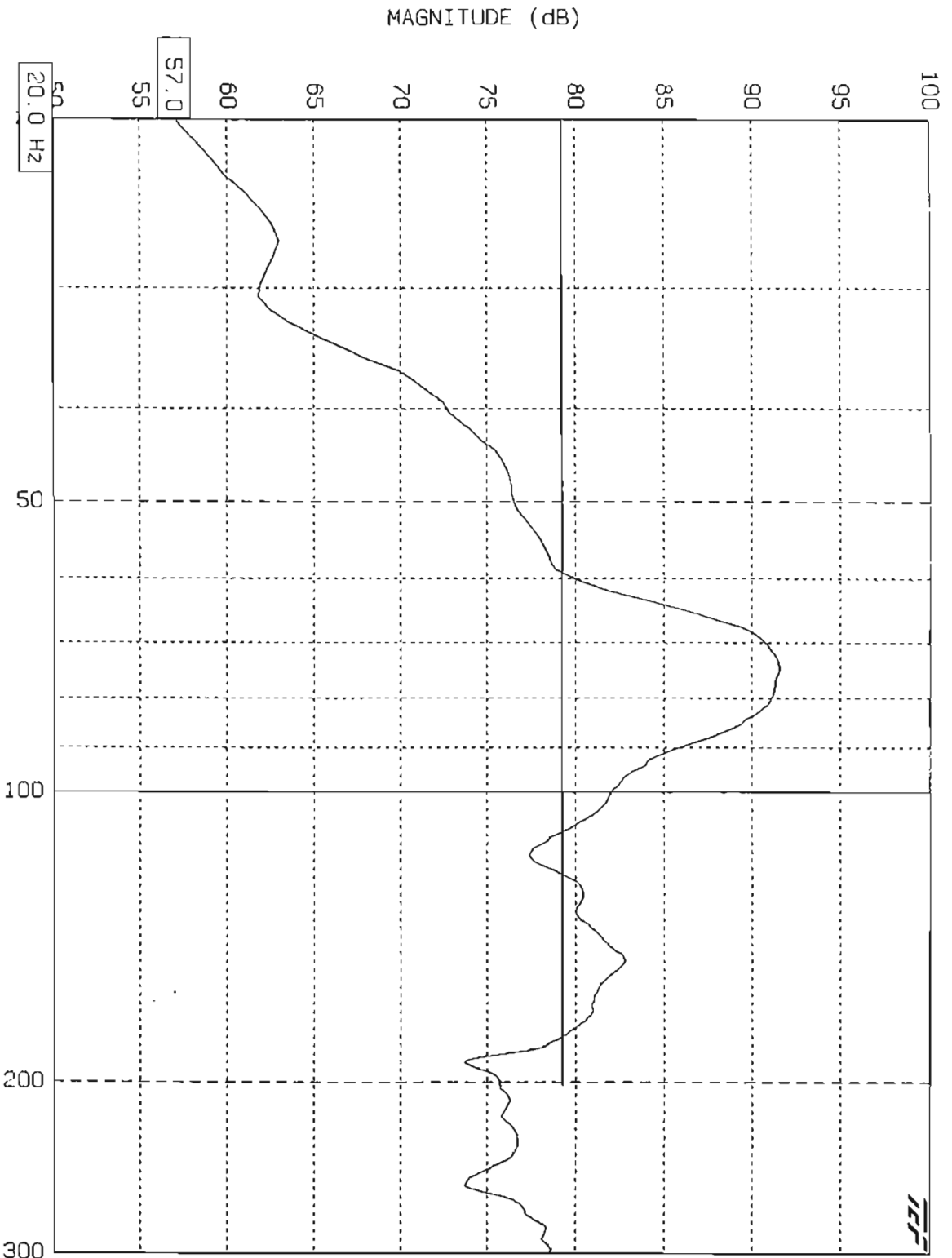
PIANINO USA : INDIETRO A SINISTRA



IMP. FC SETTORE POSTERIORE A DESTRA

FILE: SUBWO02.TDS

FREQUENCY (Hz)

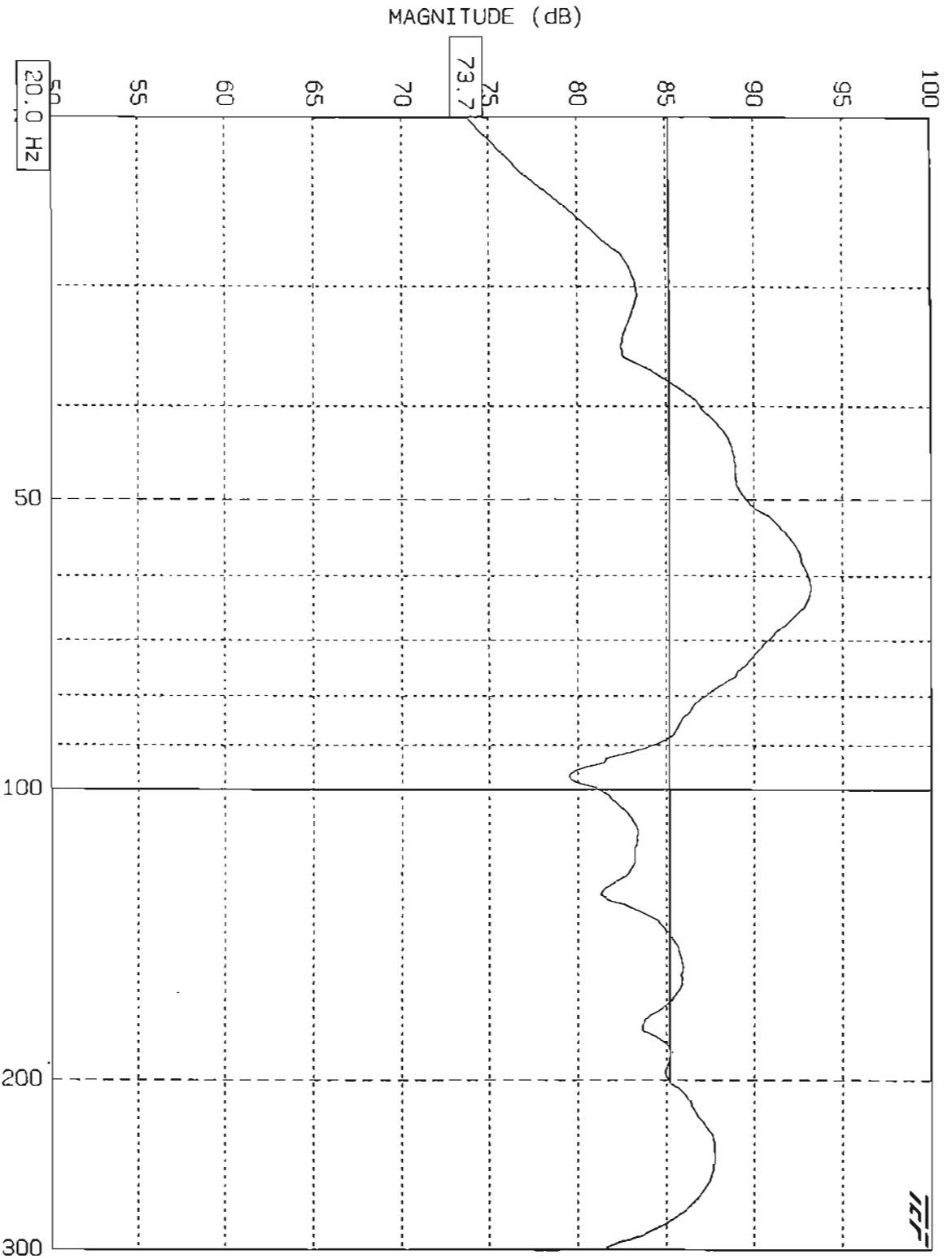


Sensitivity:  
Linear average = 79.2  
Log average = 76.0  
Start frequency = 20.0  
End frequency = 201.0

SUBWOOFER (IT.) 4VOLT  
± 20ms (-26dB ref 1ms) RISOLUZIONE: 10Hz 100ms

FILE: SUBWOOS.TDS

FREQUENCY (Hz)



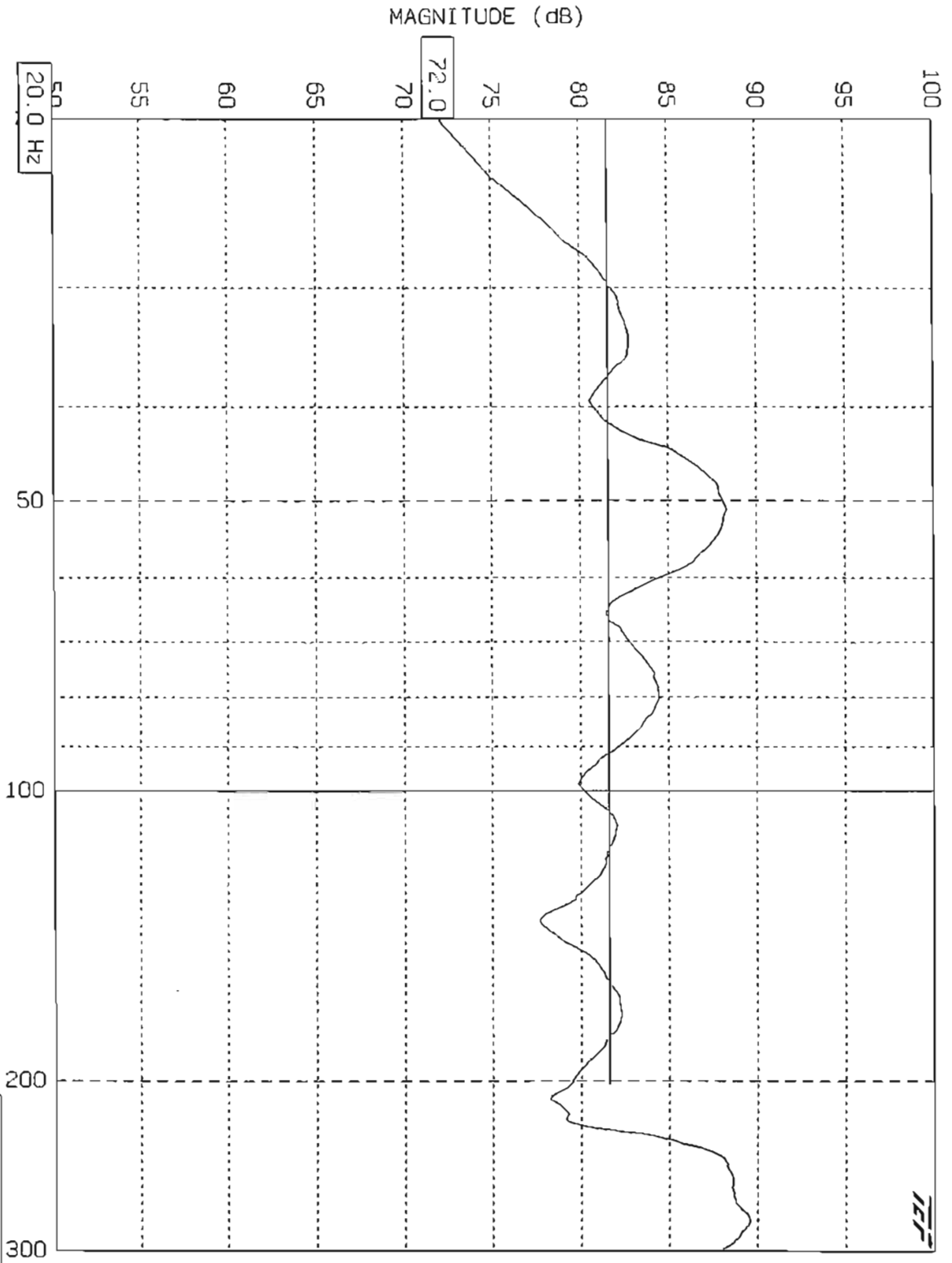
Sensitivity:  
Linear average = 85.2  
Log average = 84.9  
Start frequency = 20.0  
End frequency = 201.0

SUBWOOPER F.C. 4VOLT 250W  
= 20 watt (-26dB ref 1watt) RESOLUZIONE 10Hz 100ms



FILE: BARB028.TDS

FREQUENCY (Hz)

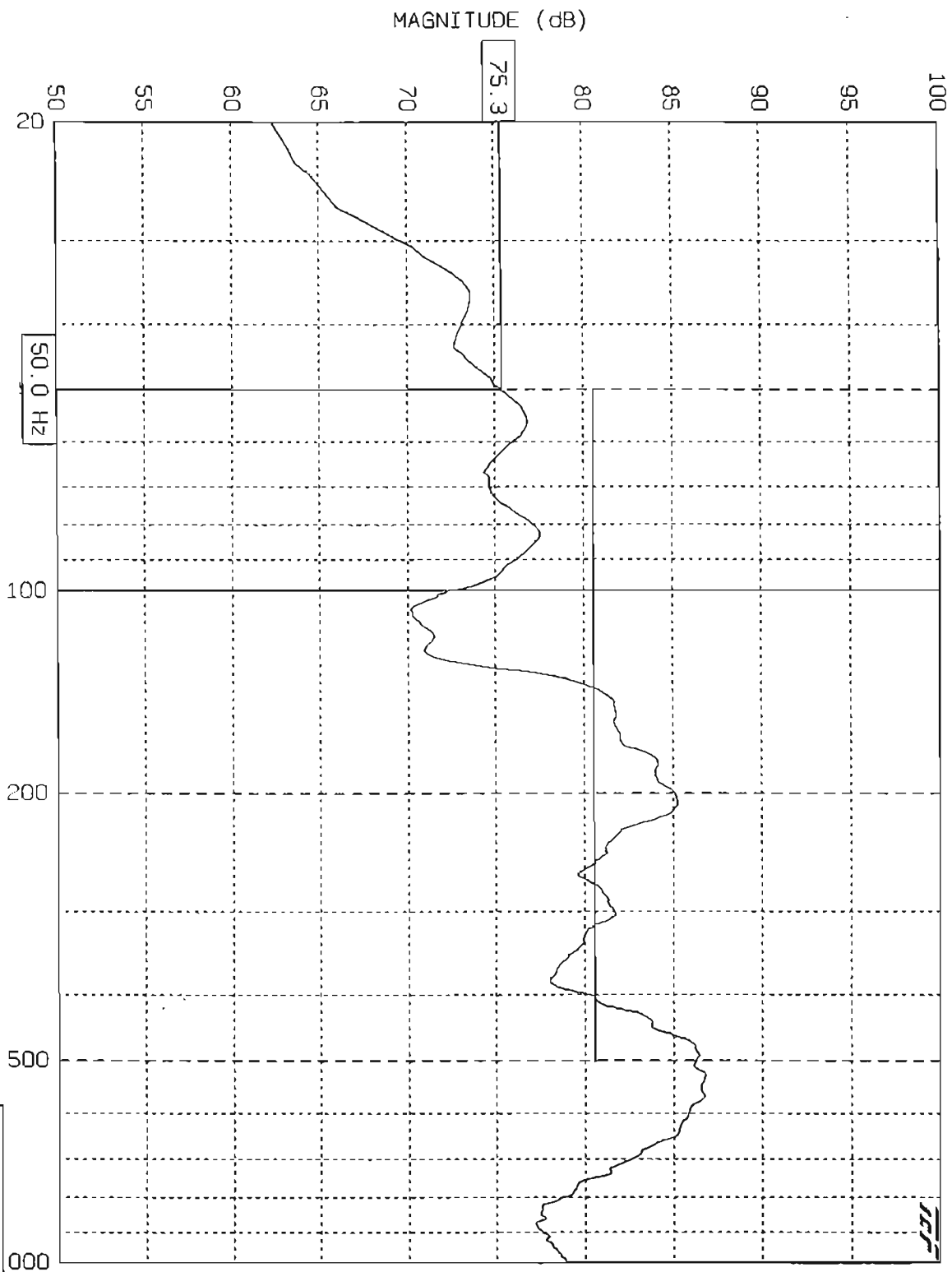


Sensitivity:  
Linear average = 81.6  
Log average = 81.6  
Start frequency = 20.0  
End frequency = 201.0

SUBWOOFER (USA) 6 VOLT 2 CANI (2 DIFF. PARALL)  
Ø 18 mt (-25dB @ 1 mt) RISOLUZIONE 20 Hz / 100 VOLT

FILE: BARB049.TDS

FREQUENCY (Hz)

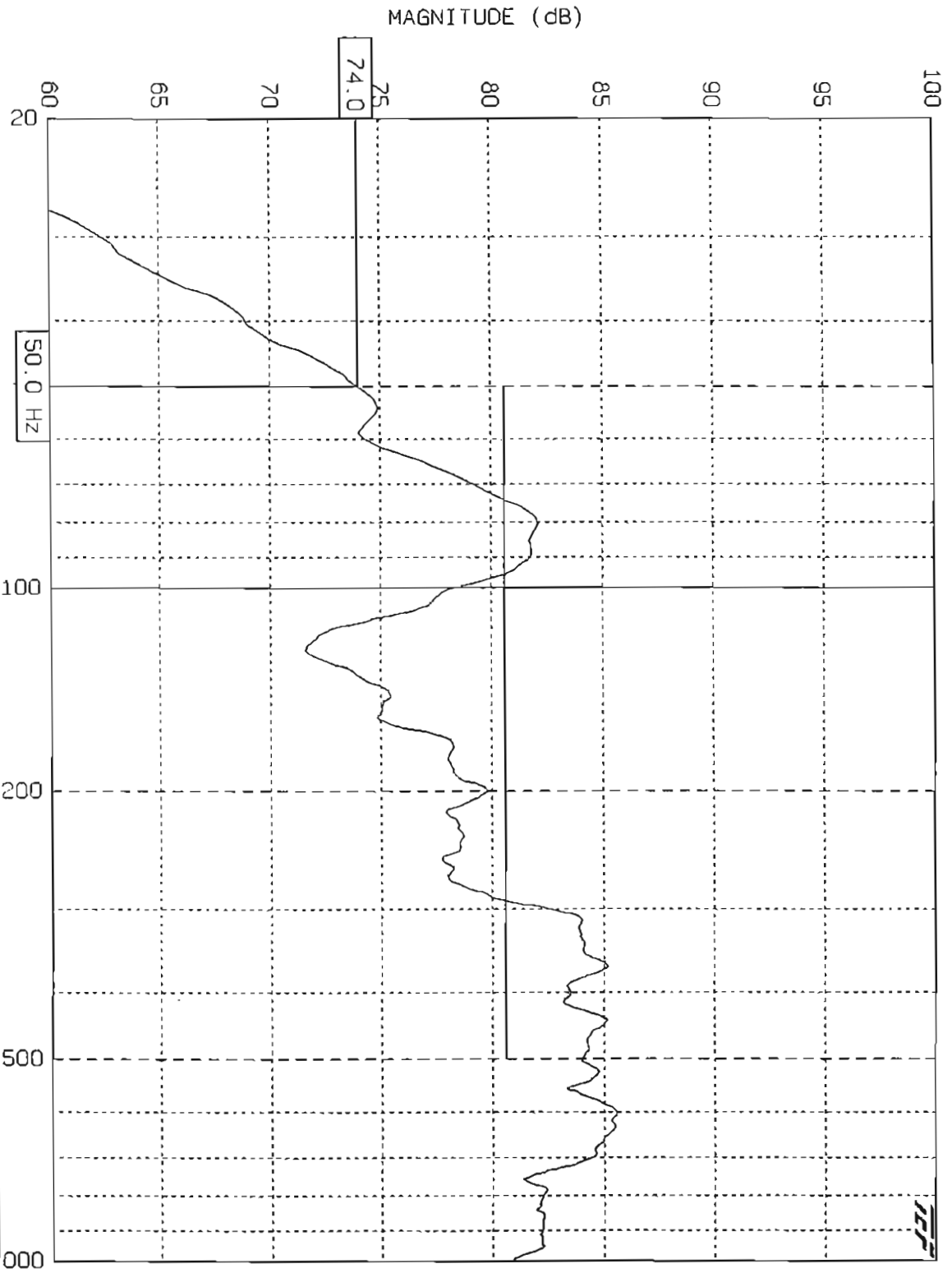


Sensitivity:  
Linear average = 80.5  
Log average = 78.9  
Start frequency = 50.0  
End frequency = 501.0

SEZIONE BASSI (U.S.A.) 4 VOLT 2 canali  
= 18 watt (-25dB up 1m) RESOLUZIONE = 10 Hz/100 msec

FILE: RCFWF002.TDS

FREQUENCY (Hz)



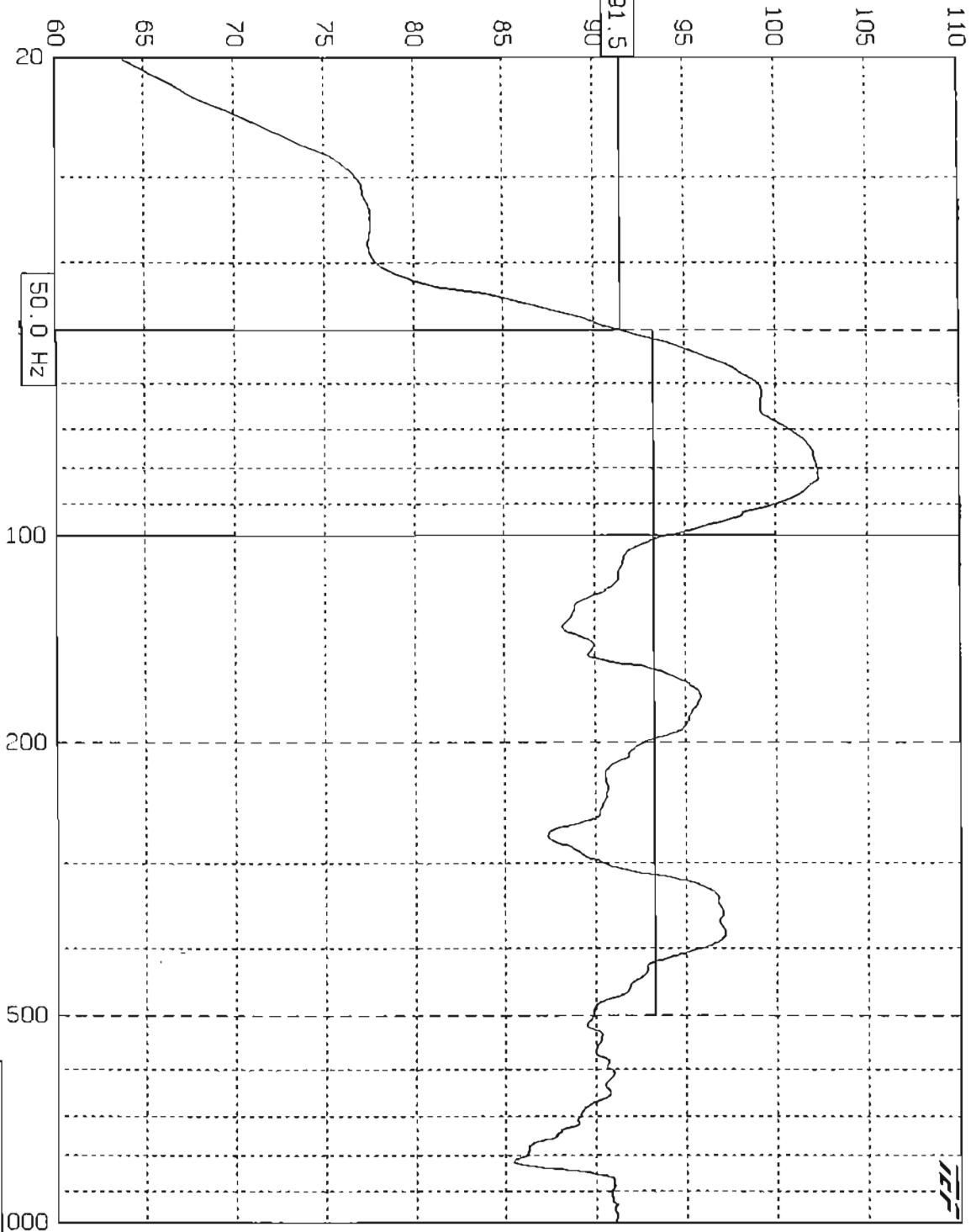
Sensitivity:  
Linear average = 80.6  
Log average = 79.0  
Start frequency = 50.0  
End frequency = 500.0

SEZIONE BASSI (IT.) 4 VOLT 1 cano  
SENZA FILTRO = 16 ut (-24dB ref 1m) RISOLUZIONE 10Hz/100ms

FILE: BASSI000.TDS

FREQUENCY (Hz)

MAGNITUDE (dB)

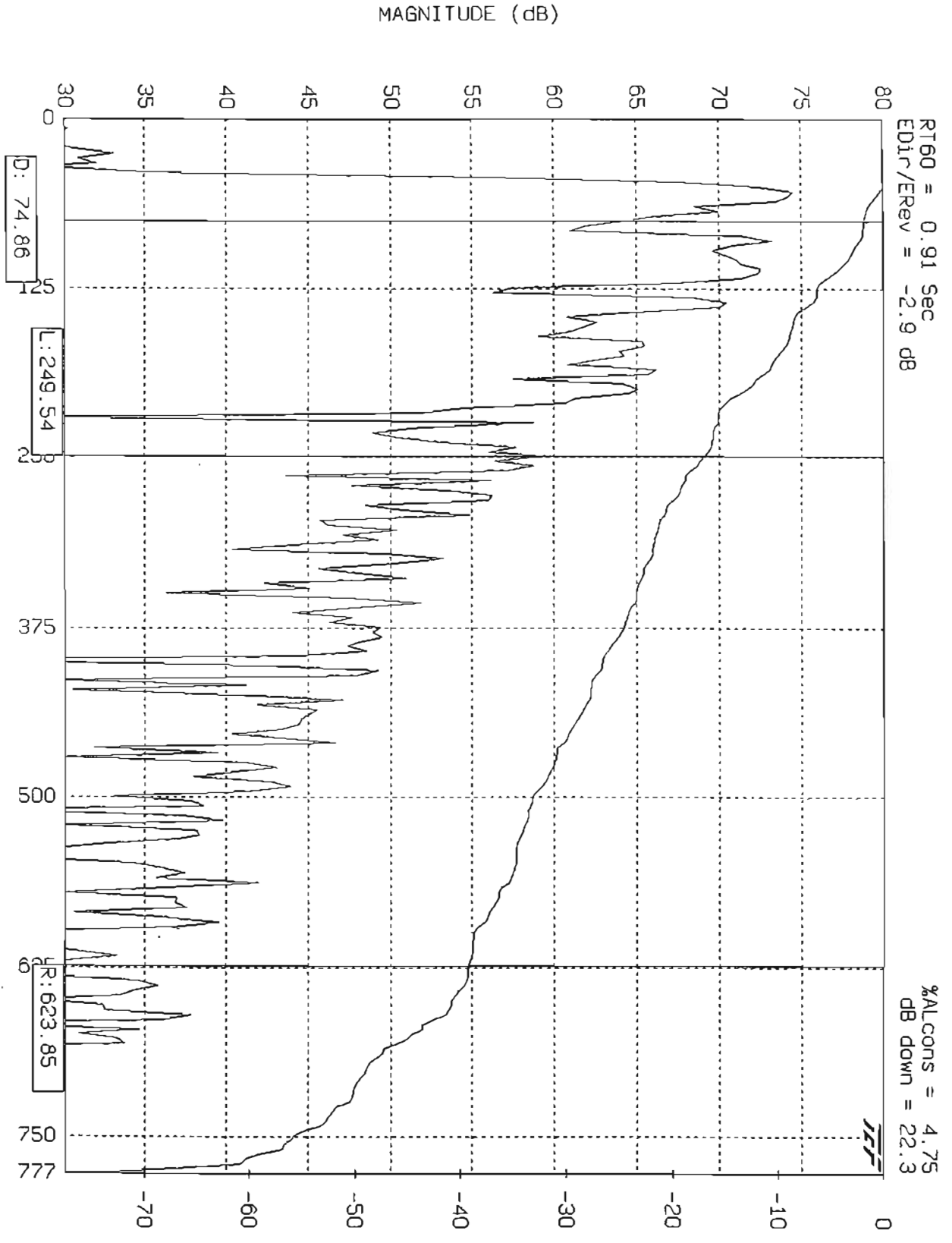


Sensitivity:  
Linear average = 93.3  
Log average = 94.2  
Start frequency = 50.0  
End frequency = 500.0

SEZIONE BASSI F.C. 4VOLT SU 12 UNITA' 8R/12  
SOTTRA RE 10-12 dB 21W  
= 16 mt (-24dB ref 1m) RISONANZA 10 Hz/100 mV

FILE: BARB047.ETC

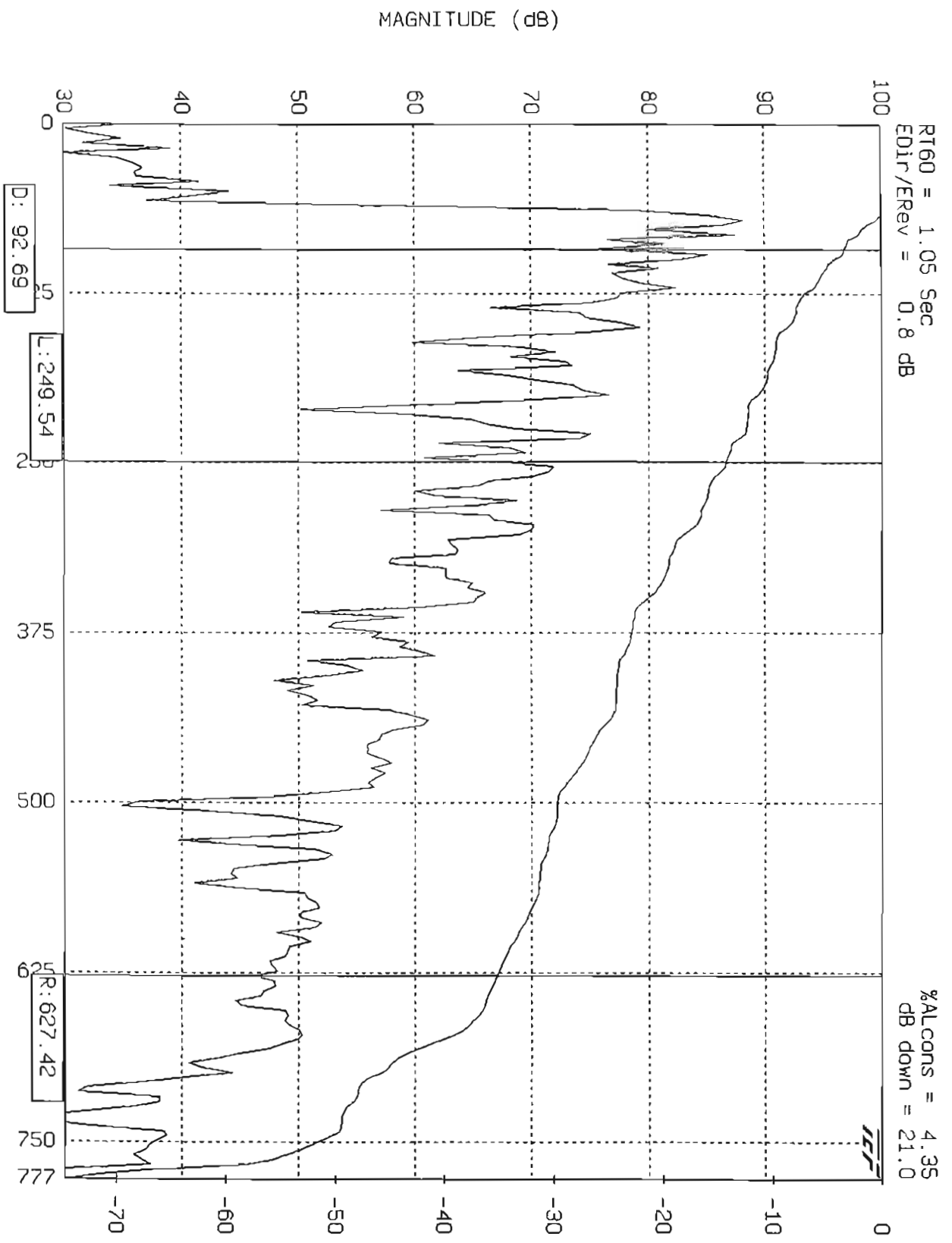
TIME (milliseconds)



SEZIONE BASSI 4 VOLT 2 CANI 20/300 Hz  
(U.S.A)

FILE: BASSI010.ETC

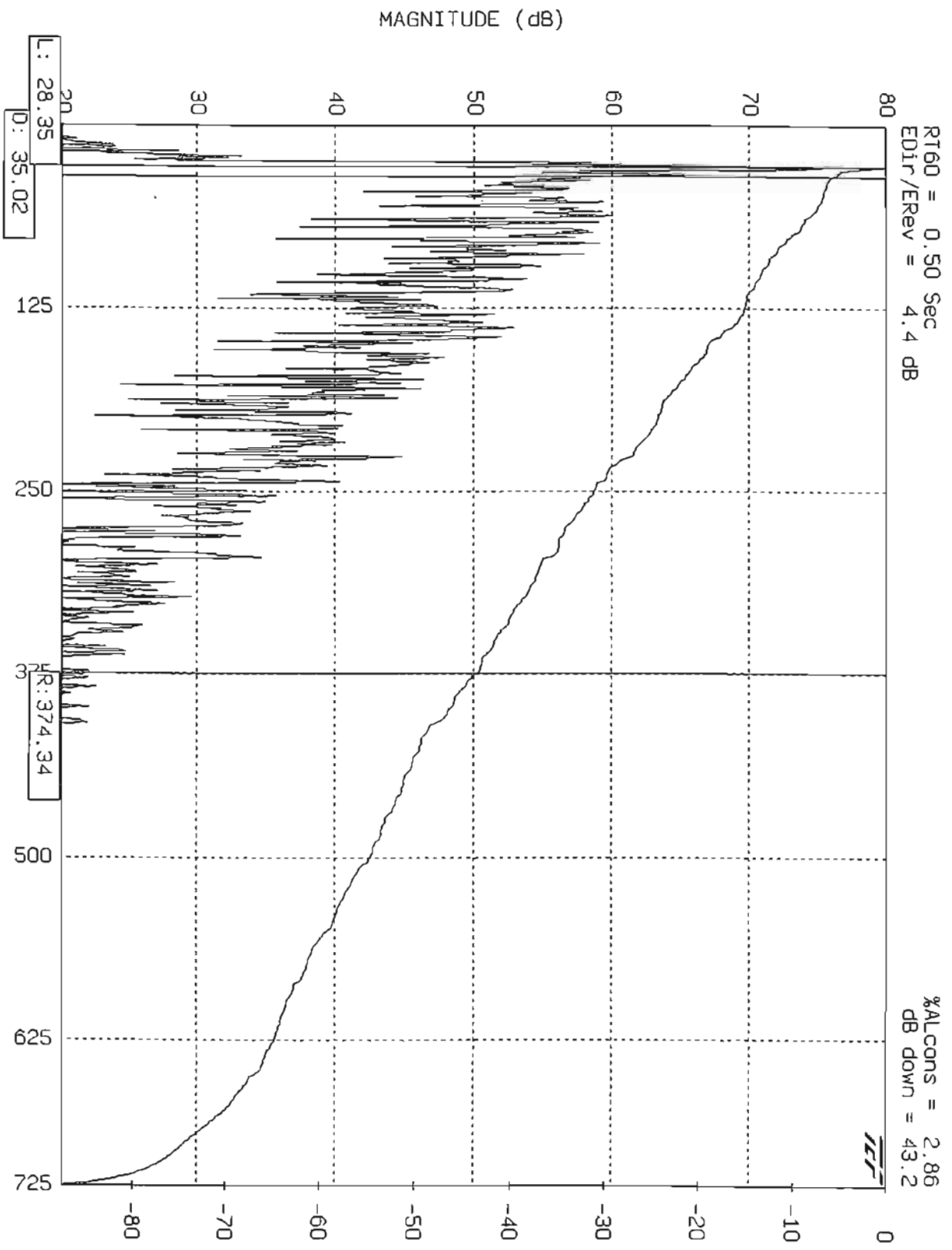
TIME (milliseconds)



SEZIONE BASSI F.C. (12<sup>AP</sup> 6VOLT)  
20/300Hz

FILE: MIDD005.ETC

TIME (milliseconds)

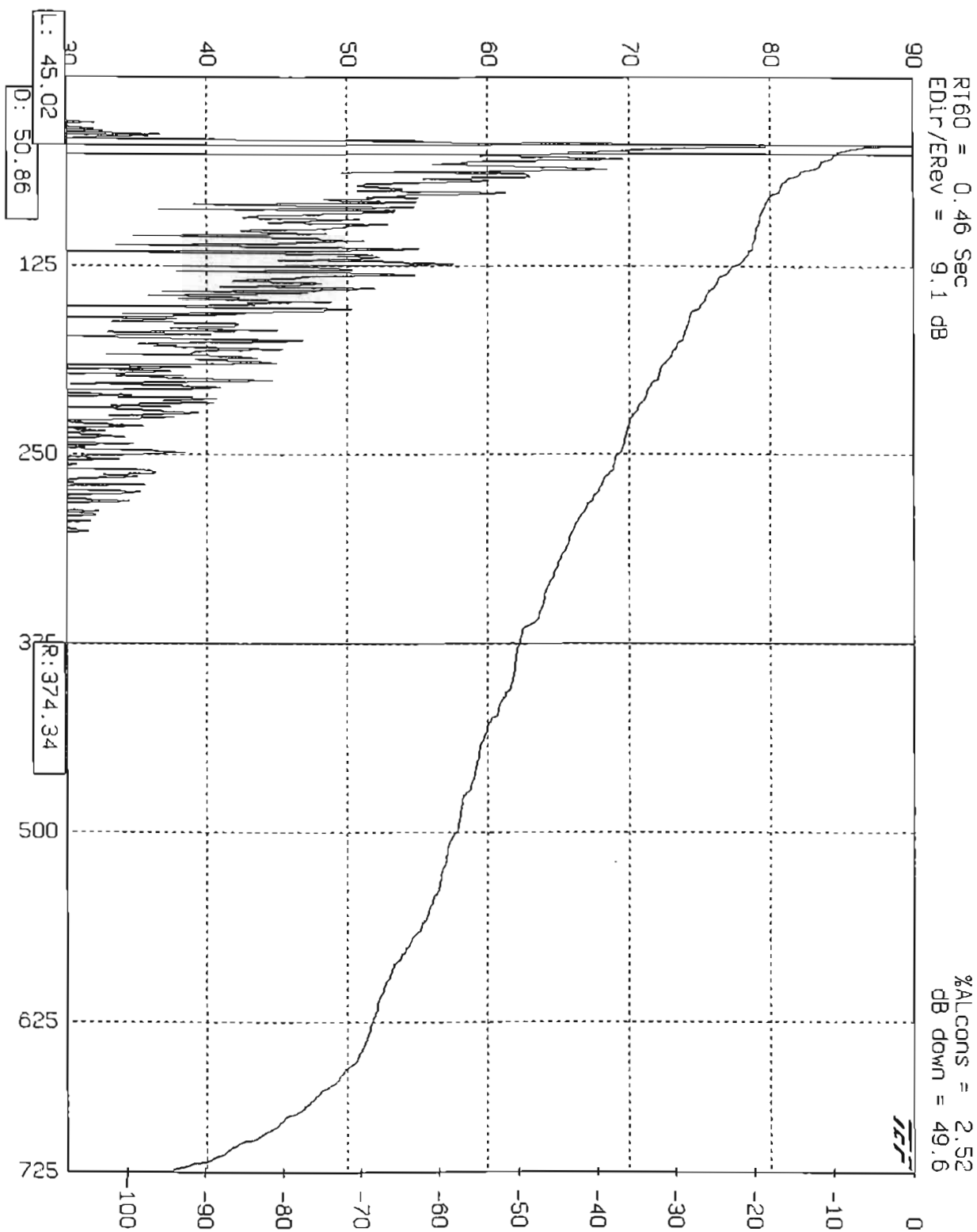


MIDRANGE DIRETTIVO 3VOLT 1,4/2,6KHz  
SETTORE ANTERIORE OMOATERACE

MAGNITUDE (dB)

FILE: MID009.ETC

TIME (milliseconds)



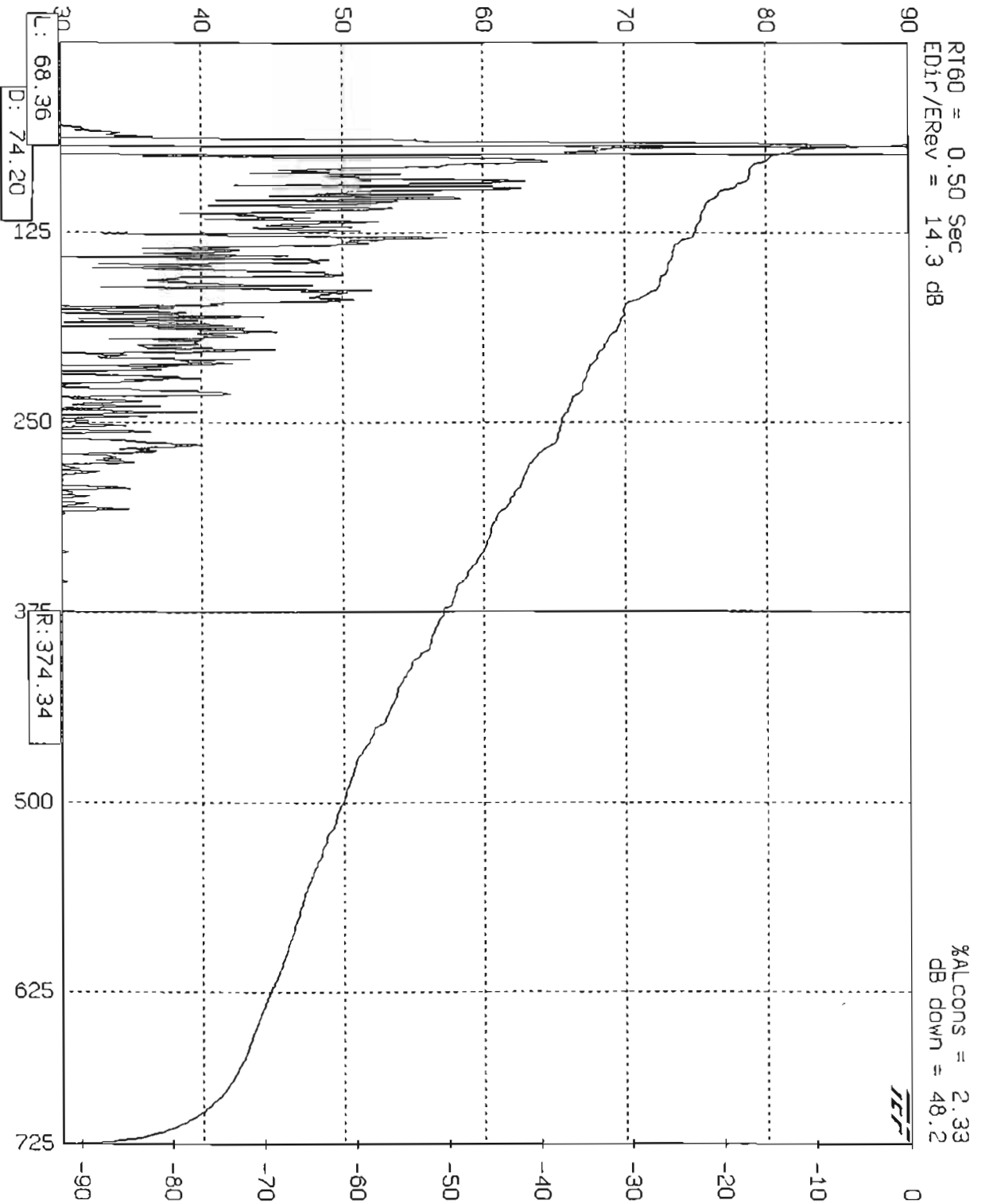
MIDRANGE DIRETTIVO 3VOLT 1,4/2,6 KHz  
SETTORE CENTRALE



MAGNITUDE (dB)

FILE: MID013.ETC

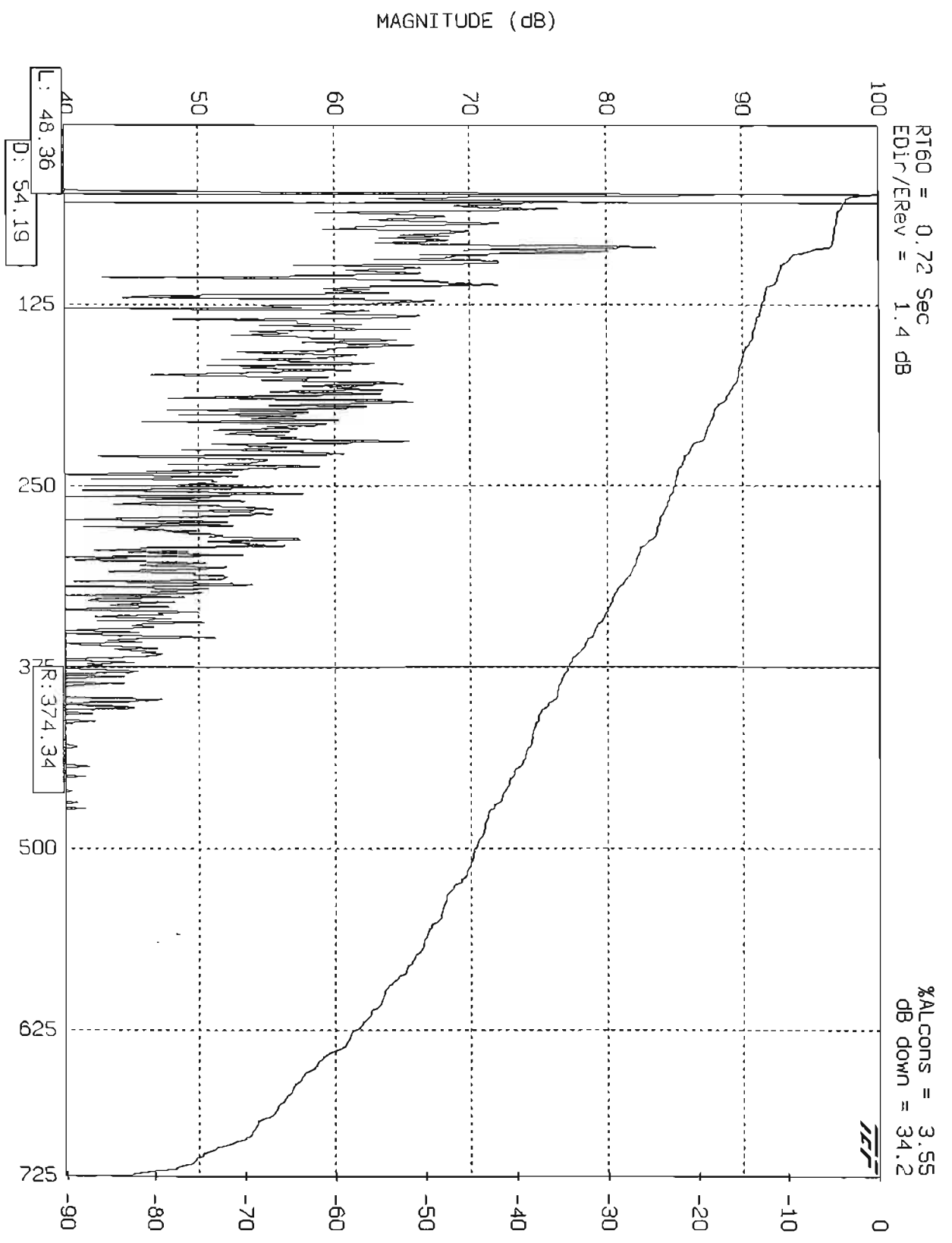
TIME (milliseconds)



MIDRANGE DIRETTIVO 3VOLT 1.4/2.6 KHZ  
SETTORE PASTEMORE CONTROLATERALE

FILE: BARB064.ETC

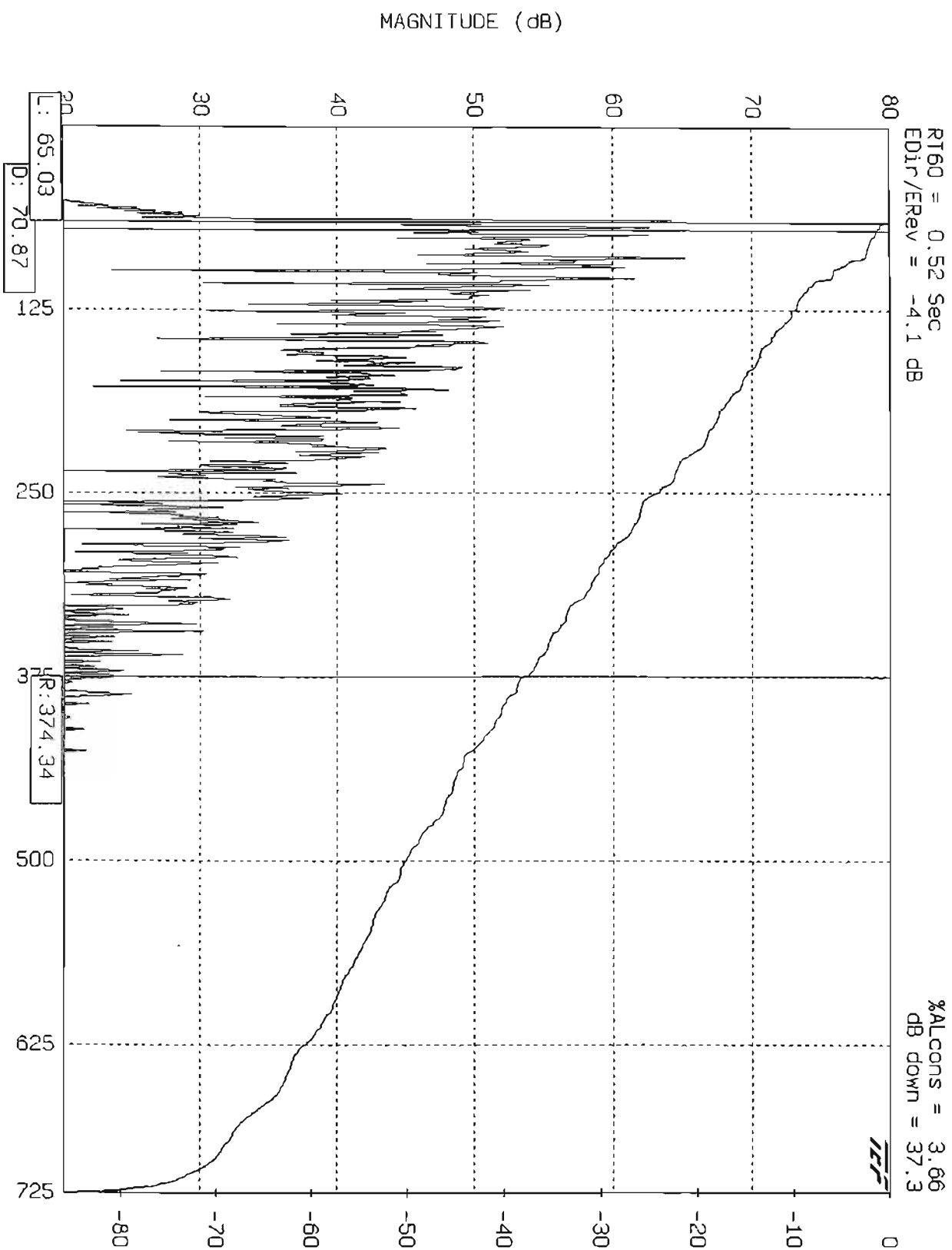
TIME (milliseconds)



DIFFUSORE A TROMBA (DIVER 2") 4V 14/26KHz  
DUE TERZI INDIETRO ED A DESTRA

FILE: ROYAL077.ETC

TIME (milliseconds)

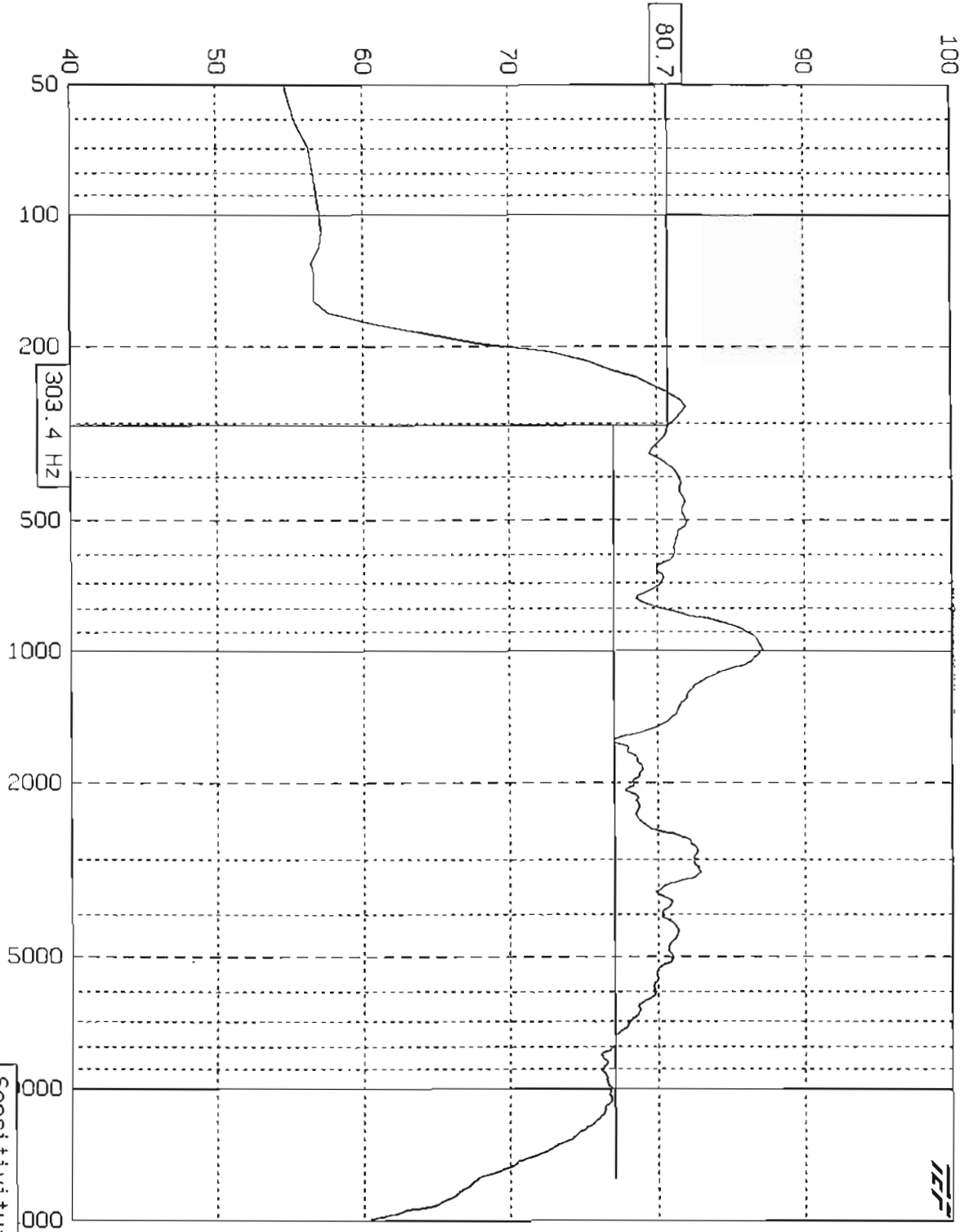


DIFFUSORE CONVENZIONALE 3VIE 4VOLT 14/26kHz  
SETTORE POSTERIORE, VERSO DESTRA (DIFF. CENTRALE)

FILE: ROYNX002.TDS

FREQUENCY (Hz)

MAGNITUDE (dB)



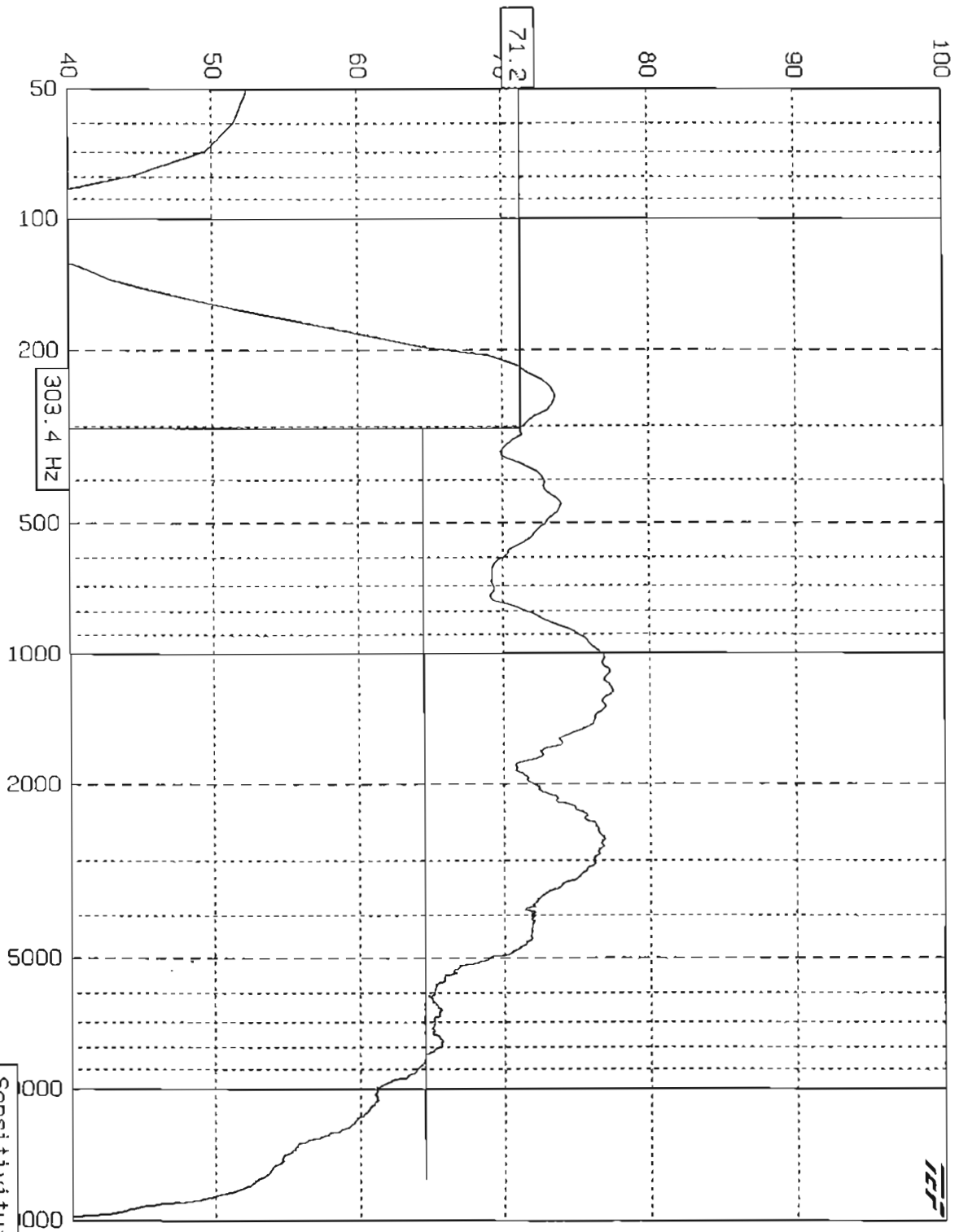
Sensitivity:  
Linear average = 77.0  
Log average = 79.2  
Start frequency = 303.0  
End frequency = 16004.0

SEZIONE MEDIO-ACTI F.C. CON FILTRI  
4 VOLT = 13 mV (-22.5 dB re 1 mV) RISOLUZIONE 50 Hz/10 mV

FILE: ROYXX004.TDS

FREQUENCY (Hz)

MAGNITUDE (dB)



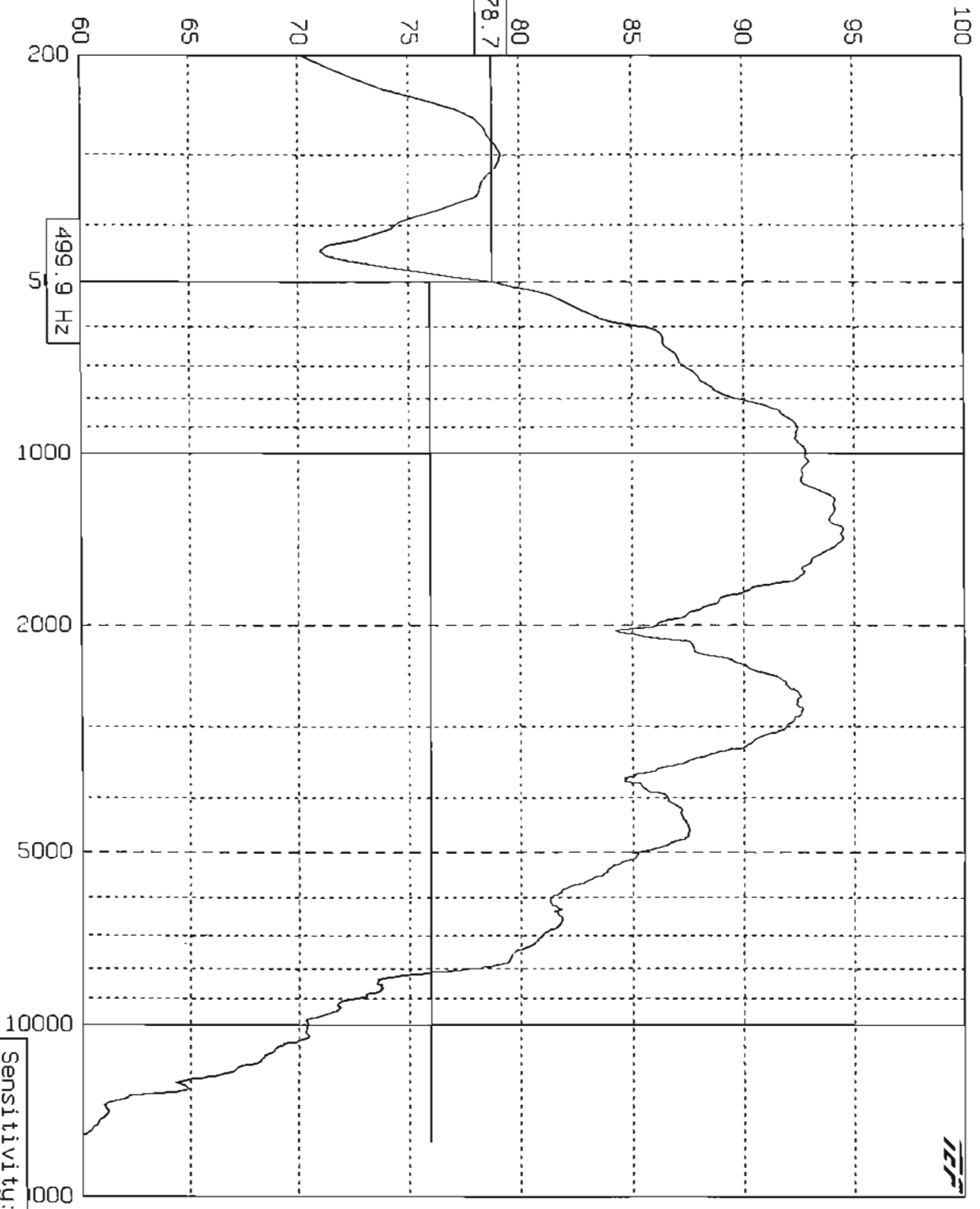
Sensitivity:  
Linear average = 64.5  
Log average = 69.2  
Start frequency = 303.0  
End frequency = 16004.0

SEZIONE MEDIO-ALTI CONVENZIONALE  
CON FILTRO XOVER 4 VOLT 1 B ut (-22.5dB ref 1m)  
RISOLUZIONE 50Hz/20 msec

FILE: BARB095.TDS

FREQUENCY (Hz)

MAGNITUDE (dB)



Sensitivity:  
Linear average = 75.9  
Log average = 83.9  
Start frequency = 500.0  
End frequency = 16005.0

TROMBA CON DRIVER 2" NON FILTRATA  
4 VOLT = 20 int (-26 dB ref 1 int) RUSCUZIONE 50 Hz/20000