

Impianto audio per la proiezione in anteprima del film “QUO VADIS” per il S. Padre, nell’aula Paolo VI, Vaticano, il 30 agosto 2001: note tecniche di collaudo.

**di Fabrizio Calabrese
Consigliere della Sezione Italiana
dell'Audio Engineering Society**

Di seguito è descritta la configurazione di impianto audio prescelta ed utilizzata per la proiezione in anteprima del film “Quo Vadis” di Jerzy Kawalerowicz nell'aula Paolo VI, nella Città del Vaticano, il 30 agosto 2001: i grafici allegati riportano i risultati di alcuni rilievi elettroacustici eseguiti a collaudo dello stesso impianto.

Requisiti di progetto e configurazione

L'impianto audio in oggetto è stato approntato per soddisfare le esigenze specifiche della sonorizzazione dell'anteprima del film “Quo Vadis” nell'aula Paolo VI: il requisito principale è stato quello di riprodurre il parlato con livello sonoro omogeneo nella vasta area della sala (6000 posti), in modo di assicurarne l'intelligibilità sino alle ultime file occupate dal pubblico (70 metri dallo schermo) e senza produrre livelli di pressione sonora fastidiosi alle prime file (poste a circa 28 metri).

A tal scopo - e per ridurre al massimo grado il naturale riverbero del vasto ambiente - l'impianto audio è stato configurato in modo di assicurare la maggiore direttività di emissione praticabile, ricorrendo -per l'occasione- anche a soluzioni tecniche particolarmente innovative e di impiego inconsueto.

La gamma delle alte frequenze (sopra 900 Hz) è stata riprodotta da sei drivers a compressione con trombe a fase lineare e paraboloidi in vetroresina da 150 cm. di diametro: la coppia centrale era leggermente divergente in modo di limitare la quota di energia riflessa dal pavimento libero del corridoio centrale, che altrimenti avrebbe elevato innaturalmente il livello delle alte frequenze proprio in corrispondenza della posizione d'ascolto del S. Padre. Gli altri paraboloidi erano orientati in modo di sonorizzare omogeneamente gran parte dell'area occupata dal pubblico, con una leggera diminuzione verso i settori più lontani (5-6 dB) a scopo precauzionale (per evitare le riflessioni dal fondo sala).

La gamma delle frequenze medio-basse (240-900 Hz) è stata riprodotta da tre coppie di trombe coniche a fase lineare, rivolte verso tre emiparaboloidi di 3 metri di diametro, posti a pavimento in modo di beneficiare dell'immagine speculare riprodotta per riflessione.

La gamma delle basse frequenze (50-240 Hz) è stata affidata a tre coppie di dipoli risonanti, affiancati alle trombe coniche dei medio-bassi e dunque coadiuvati dal leggero incremento di emissione causato dalla presenza degli emiparaboloidi da 3 mt.

Come subwoofers sono stati impiegati quattro sistemi a dipolo risonante, con woofer da 15" a corsa lunga, anch'essi posti a pavimento, in modo di creare un'immagine speculare coerente.

L'amplificazione impiegata era di potenza media (**200 Watt** per diffusore, **400 Watt**

per canale di amplificazione: **12 in totale**), ma del tutto sufficiente, data l'estrema efficienza di conversione di tutti i diffusori impiegati: dai **109 dB/1W/1m** della sezione bassi e medio-bassi, agli oltre **124 dB/1W/1m** della combinazione drivers + parabolidi per le alte frequenze.

I rilievi elettroacustici

L'equalizzazione delle tre sezioni dell'impianto è stata eseguita con l'ausilio di un fonometro integratore Bruel & Kjaer mod 2238 con set di filtri a terzi d'ottava: la portatilità dello strumento e la possibilità di acquisire spettri multipli mediati sono state utili ad evitare di sovracorreggere eventuali artefatti nella risposta causati da riflessioni provenienti dai seggi vuoti al momento dell'equalizzazione.

I rilievi di collaudo sono stati invece eseguiti con un Analizzatore di Time Delay Spectrometry tipo Techron TEF-20, con segnale analitico TDS ed MLS prodotto dallo stesso analizzatore ed acquisendo dal microfono Bruel & Kjaer del fonometro 2238.

Il **Grafico n.1** mostra, sovrapposte, le Funzioni di Trasferimento rilevate inviando il segnale analitico (una sequenza **MLS** di 64K campioni) al canale centrale degli amplificatori e diffusori e campionate per quattro diverse posizioni del microfono di misura, di cui una presso le prime file, l'altra presso le ultime e per due posizioni prossime al seggio del S. Padre, al centro della sala.

Le Funzioni di Trasferimento sono ottenute per **FFT** dei primi 680 millisecondi della risposta impulsiva, senza finestre: è **notevole la sovrapposizione dei livelli e la linearità di risposta** nella gamma da **55 a 1000 Hz**, nonostante la differenza di distanza tra le prime file e le ultime (28 e 70 m. dai diffusori).

Il **Grafico n.2** mostra il risultato di un'ulteriore misura di **verifica dell'effettiva costanza del livello delle basse frequenze** (20-300 Hz) rilevato alle prime file (28m.) ed alle ultime (70m.), questa volta mediante la tecnica della **Time Delay Spectrometry**, cioè utilizzando come segnale analitico uno sweep lineare di frequenze sinusoidali ed un filtro sintonizzato in ricezione: ancora una volta si riscontrano differenze minime, nonostante la differenza di distanza dai diffusori. Per la cronaca è utile specificare che una simile uniformità di livelli sarebbe stata praticabile -in un ambiente vasto e riverberante come l'aula Paolo VI- anche operando semplicemente in condizioni di minima direttività di emissione e dunque avvalendosi soltanto dell'energia (uniforme) del campo riverberato: altri rilievi (vedi ai **Grafici n.7 e n.8**) mostrano che questo non è il caso, come anche è intuibile dall'esame della configurazione di diffusori utilizzata. Anche alle ultime file, a 70 metri dai diffusori, il campo riverberato resta comparabile -per energia- all'emissione diretta dai diffusori, con evidente beneficio nella resa e nell'articolazione dei transienti.

Il **Grafico n.3** mostra l'andamento dell'Energia Acustica rispetto al Tempo per la gamma di frequenze di un'ottava intorno ai 2000 Hz e per una posizione di misura corrispondente **alle prime file occupate dal pubblico**: questa è la gamma di frequenze più critica per l'intelligibilità delle consonanti.

I risultati dell'elaborazione della misura, eseguita in Time Delay Spectrometry, mostrano una **netta prevalenza del segnale diretto dai diffusori**, energeticamente **superiore di circa 7 dB** rispetto al complessivo delle riflessioni fino a circa 3 secondi, con una **Perdita di Articolazione delle Consonanti (AL.Cons)** dell'ordine del **4 per cento**.

Il **Grafico n.4** mostra l'andamento dell'Energia Acustica rispetto al Tempo, di nuovo per la gamma di frequenze di un'ottava intorno ai 2000 Hz, ma ora per una posizione di misura corrispondente **alle ultime file occupate dal pubblico (70 mt.)**.

I risultati dell'elaborazione della misura mostrano una moderata prevalenza del campo riverberato (**+3,6 dB**), con una **Perdita di Articolazione delle Consonanti (AL.Cons)** dell'ordine dell'**8 per cento**, ancora del tutto accettabile.

Va rammentato che l'orientamento dei due parabolidi centrali era leggermente divergente, proprio allo scopo di limitare l'emissione di energia lungo il corridoio centrale sgombro e riflettente, lungo il quale tuttavia sono stati effettuati i rilievi di questi due grafici.

Il **Grafico n.5** riporta, sovrapposte, le curve di distorsione relative al canale centrale pilotato ad un livello medio di 96 deciBel a 70 metri di distanza. La curva in alto rappresenta la frequenza fondamentale, mentre la curva appena inferiore è quella della distorsione di seconda armonica: in media da 30 a 40 dB inferiore alla fondamentale in gamma medio-bassa, 25 dB inferiore alla fondamentale in gamma alta, dove l'incremento è causato dalla non linearità dell'aria nelle gole dei drivers a compressione, ma è assai poco udibile. La curva inferiore è quella della distorsione di terza armonica, la più udibile, ma qui emessa ad un livello inferiore in media di 54 deciBel rispetto alla fondamentale (0,2 %).

Nel grafico precedente sono state ignorate le basse frequenze, in quanto durante l'effettuazione dei rilievi erano presenti rumori ambiente cospicui e potenzialmente fuorvianti proprio per quella gamma di frequenze: quanto a queste si riporta il risultato di un rilievo effettuato preventivamente, su una sezione di impianto del tutto analoga a quella impiegata il 30-08-01, ma in ambiente più silenzioso.

Il **Grafico n.6** riporta, sovrapposte, le curve di distorsione relative ad una sezione bassi e medio-bassi pilotata ad un livello medio di 102 deciBel a 16 metri di distanza (16 Volt su 4 ohm).

La curva in alto rappresenta la frequenza fondamentale; la curva appena inferiore è quella della distorsione di seconda armonica: in media 40 dB inferiore alla fondamentale (1 per cento).

La curva inferiore è quella della distorsione di terza armonica, situata ad un livello inferiore in media di 48 deciBel rispetto alla fondamentale (0,4 per cento).

I **Grafici n.7 e n.8** mostrano l'andamento dell'Energia Acustica rispetto al Tempo per le bande di un'ottava centrate, rispettivamente, su 125 e 250 Hz, ricavate per elaborazione numerica dalla risposta impulsiva rilevata via MLS per una posizione di misura corrispondente alle ultime file del pubblico, a 70 metri dai diffusori.

In entrambi i casi l'energia degli arrivi diretti dai diffusori della sezione centrale è energeticamente comparabile con il complessivo delle riflessioni rilevate nell'intervallo di misura (1,36 secondi): questo a conferma della elevata direttività di emissione della configurazione di diffusori prescelta.

In pratica la **Distanza Critica**, alla quale l'emissione diretta dai diffusori equivale energeticamente al campo riverberato, è stata mantenuta -per tutte le frequenze emesse- pari o superiore alla massima distanza tra diffusori ed ascoltatori (mentre normalmente si opera anche sino a tre volte questa distanza): questo nelle condizioni di misura, cioè a sala completamente priva di pubblico.

Per sistemi di diffusori direttivi ed orientati ad emettere la loro energia soltanto in aree successivamente occupate dal pubblico -che è assorbente- i risultati dei rilievi e dell'ascolto a sala piena sono evidentemente assai superiori, rispetto a quelli verificati a sala vuota, come quelli riportati nella presente relazione.

Dato che l'energia rilevata sino alle ultime file era prevalentemente prodotta dal campo diretto dai diffusori, non è stato necessario -per compensare l'effetto della presenza del pubblico- incrementare che in minima misura il livello di pilotaggio dei diffusori, dunque confermando le lusinghiere prestazioni in termini di ridotta distorsione rilevate strumentalmente ed a sala vuota.

3 settembre 2001

Fabrizio Calabrese

Mode: OVR

File: QUOVADO1.MLS

Frequency (Hz)

Octave Smoothing = 16.6%

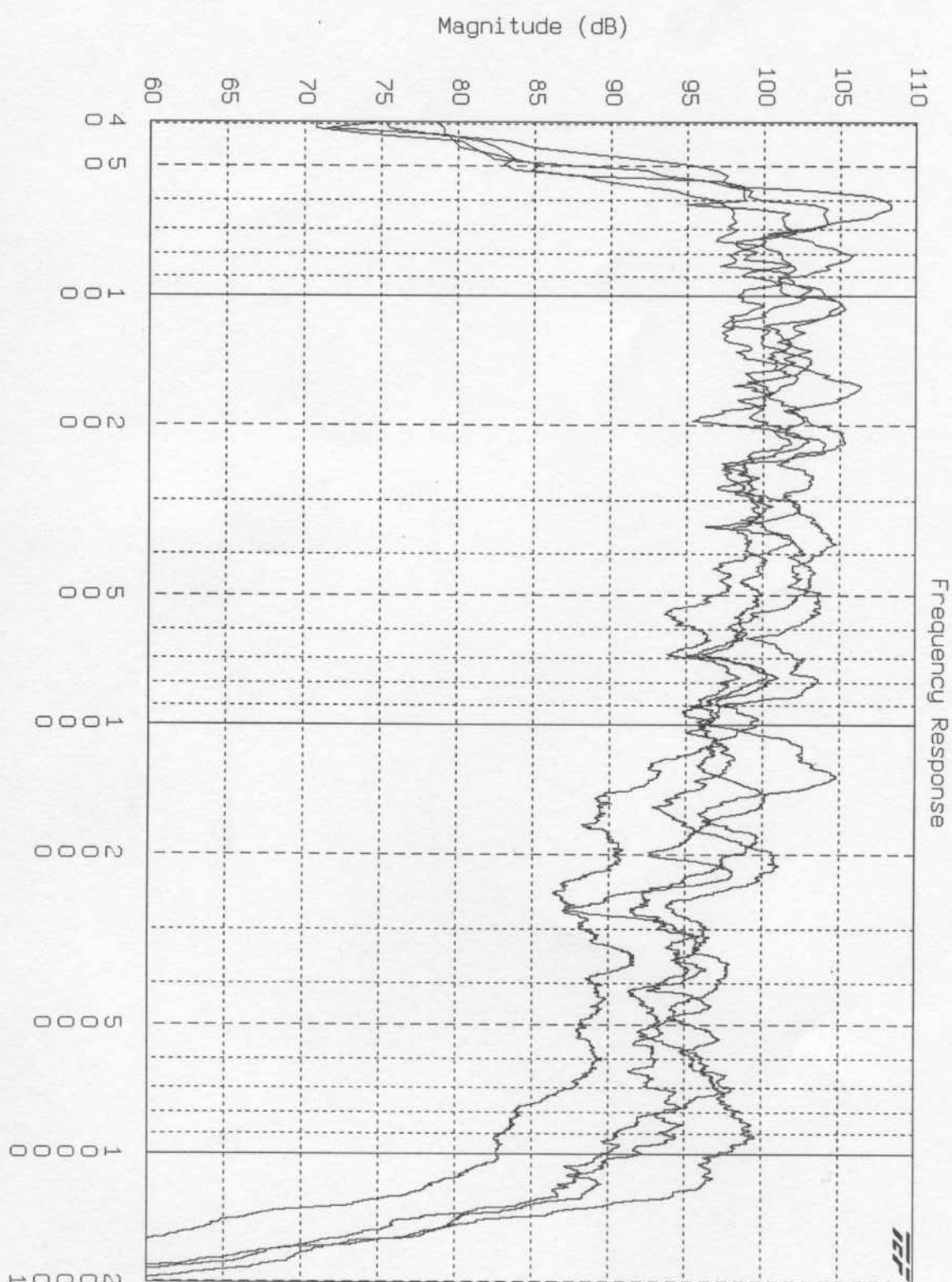
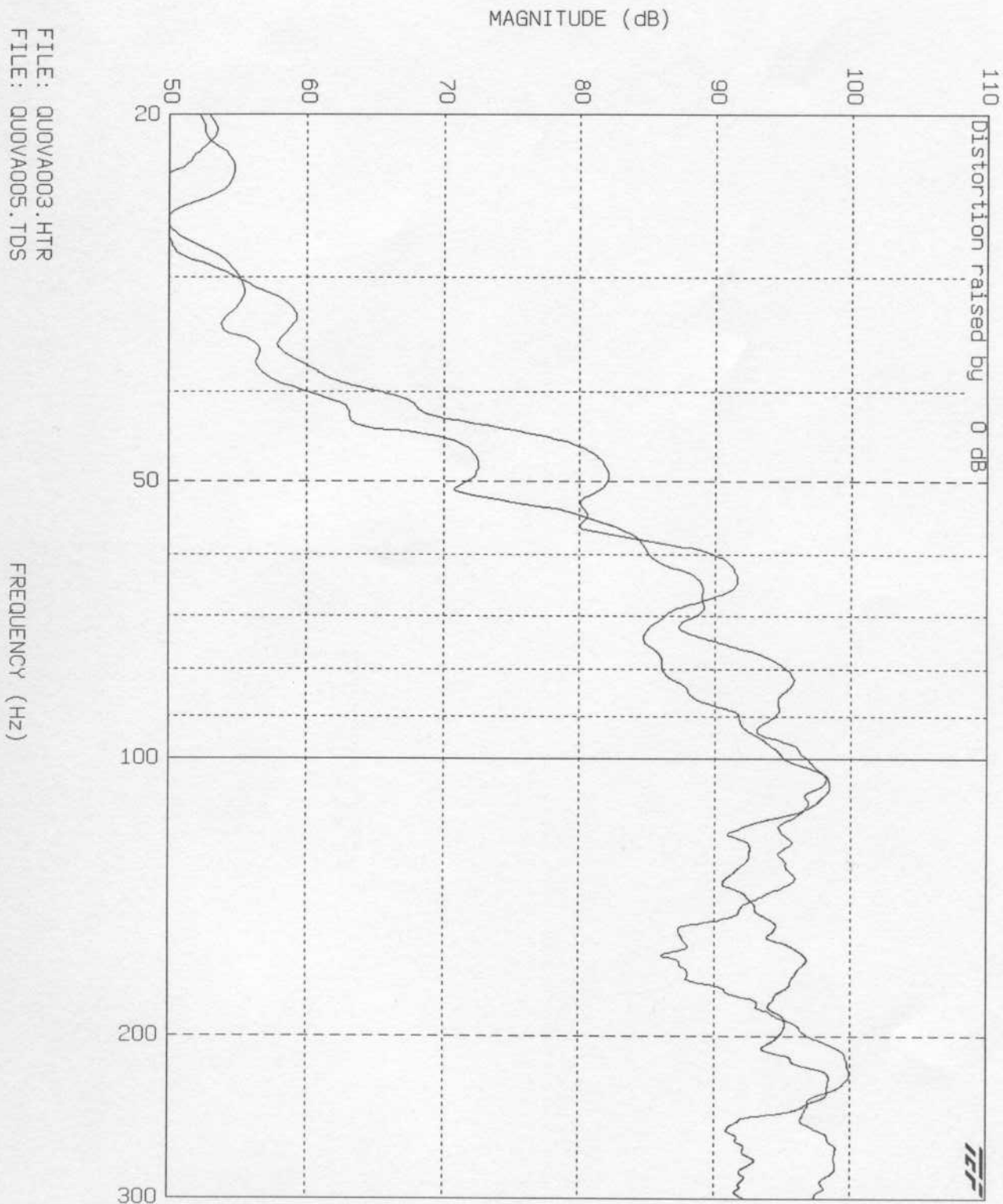


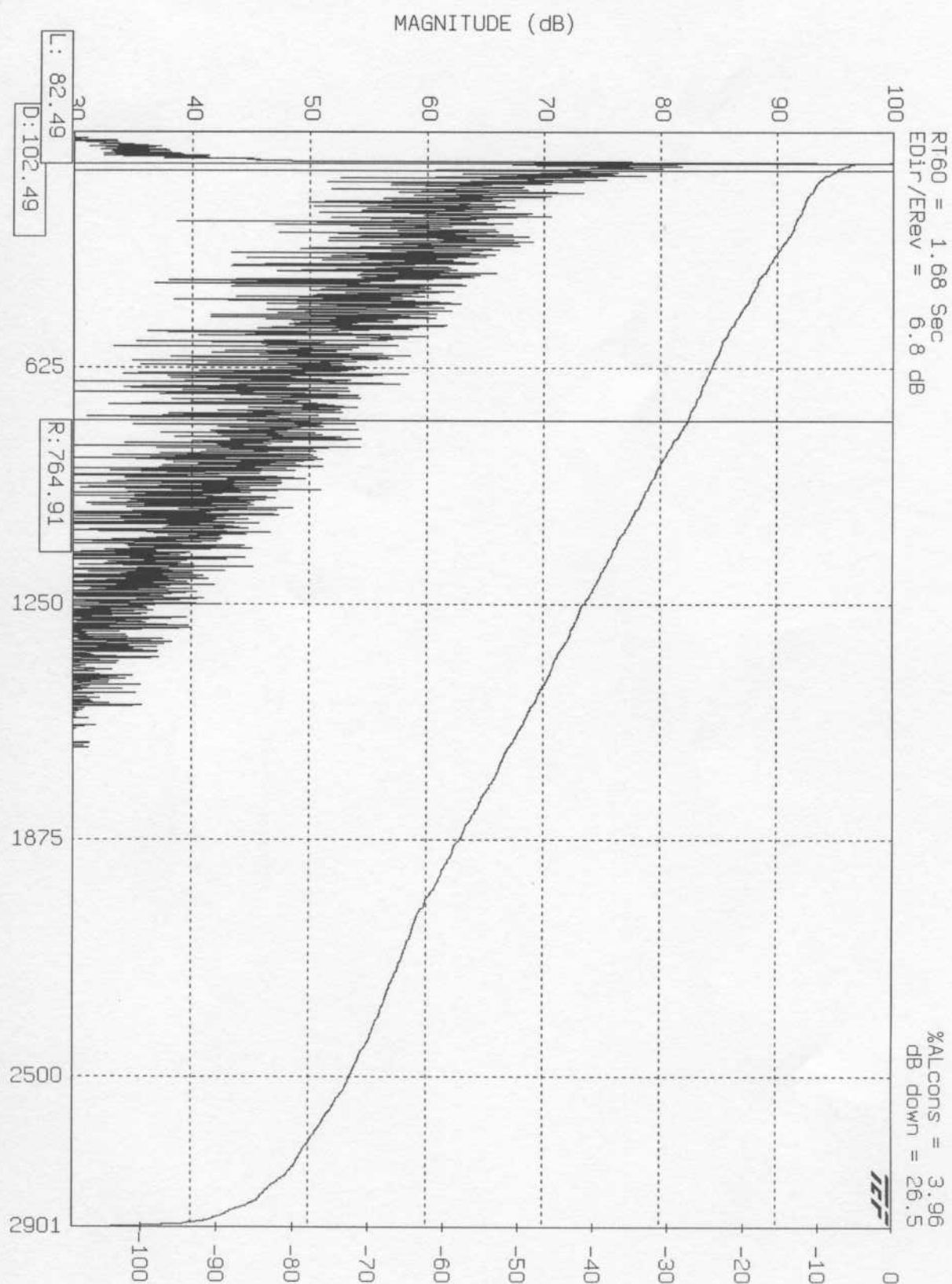
Grafico n.1: Impianto audio per la proiezione del film
“QUO VADIS” nell’aula Paolo VI, Vaticano, 30-08-2001



**Grafico n.2: Impianto audio per la proiezione del film
“QUO VADIS” nell’aula Paolo VI, Vaticano, 30-08-2001**

FILE: QUOVA001.ETC

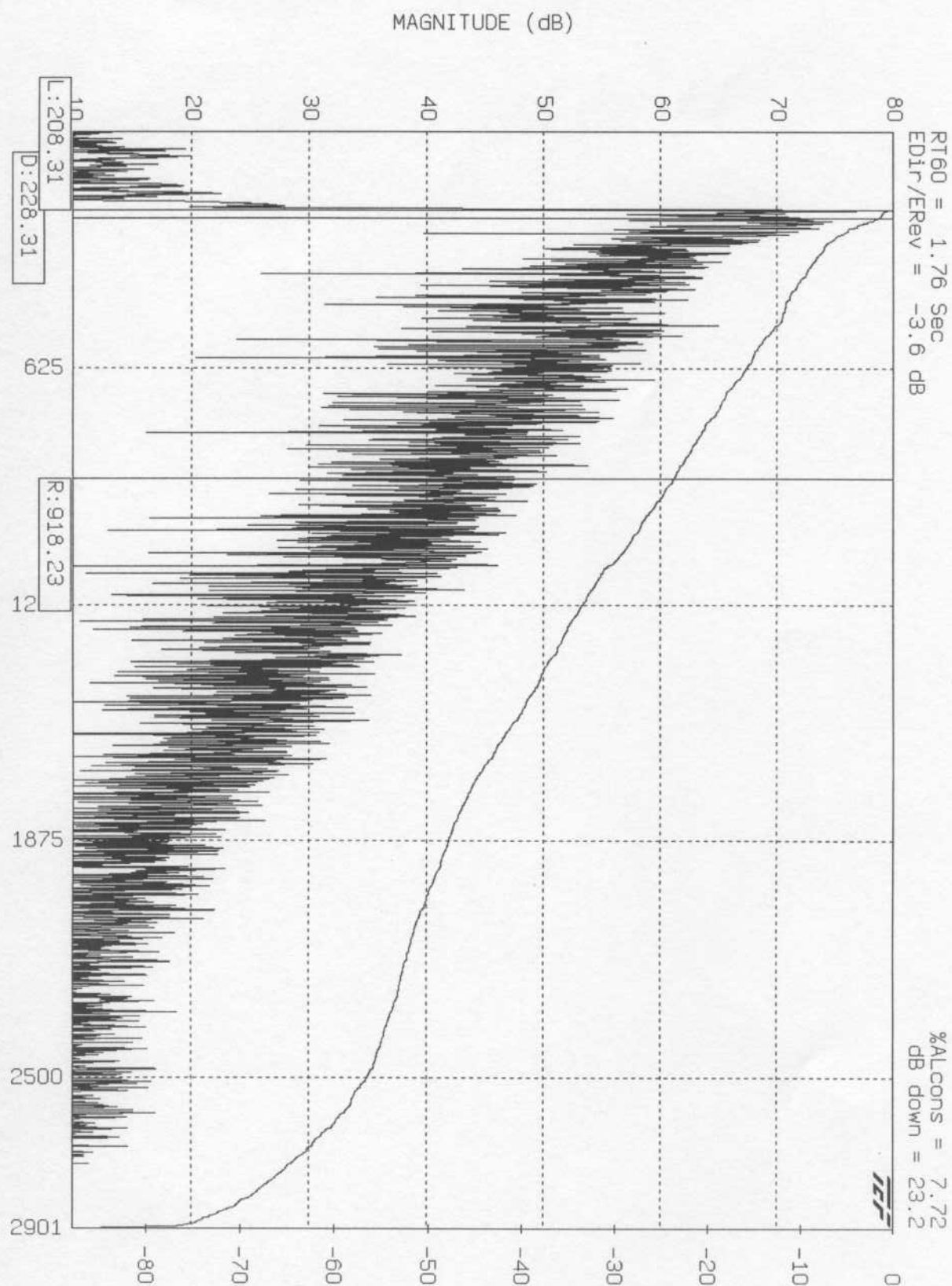
TIME (milliseconds)



**Grafico n.3: Impianto audio per la proiezione del film
"QUO VADIS" nell'aula Paolo VI, Vaticano, 30-08-2001**

FILE: QUOVA004.ETC

TIME (milliseconds)



**Grafico n.4: Impianto audio per la proiezione del film
“QUO VADIS” nell’aula Paolo VI, Vaticano, 30-08-2001**

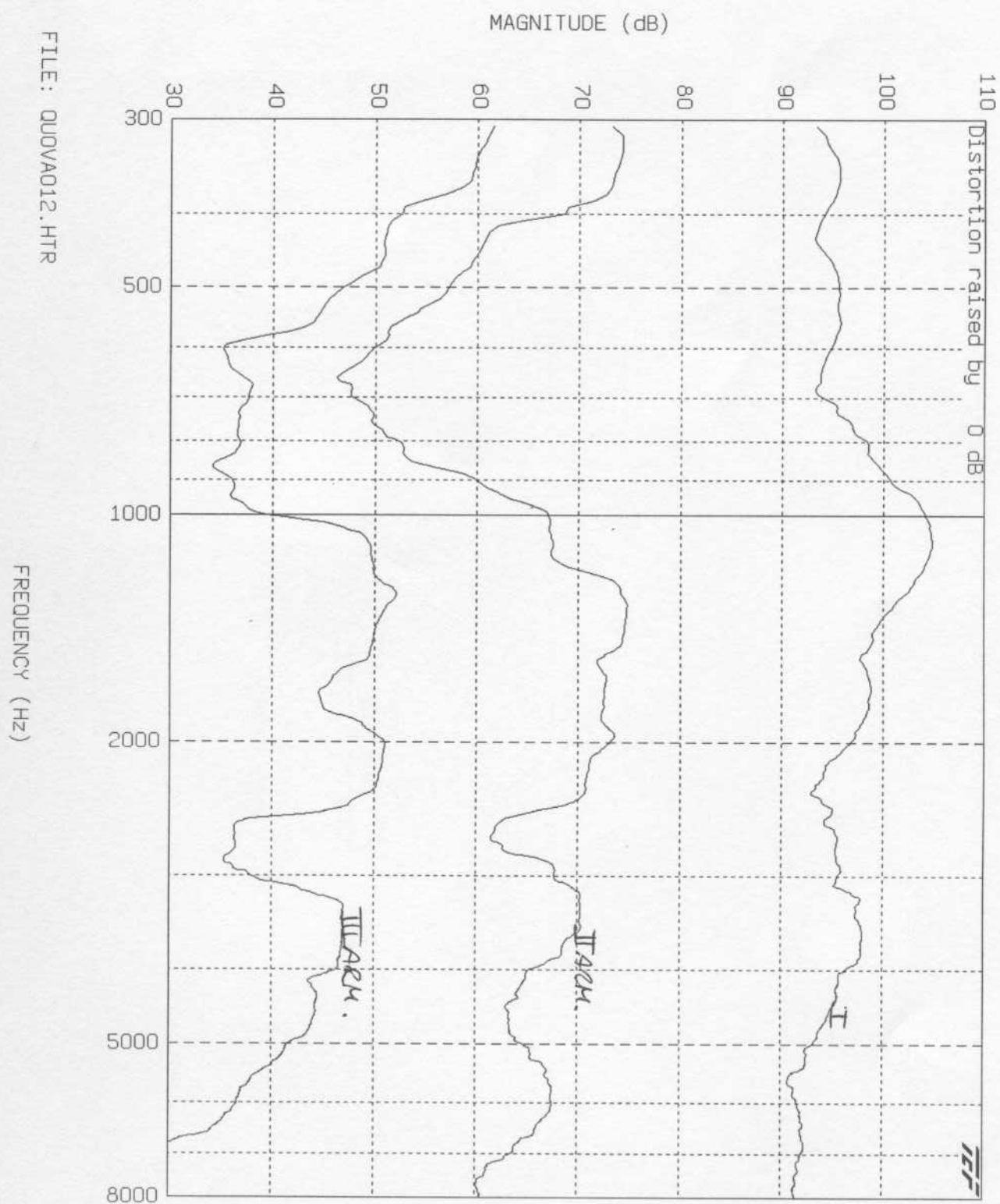
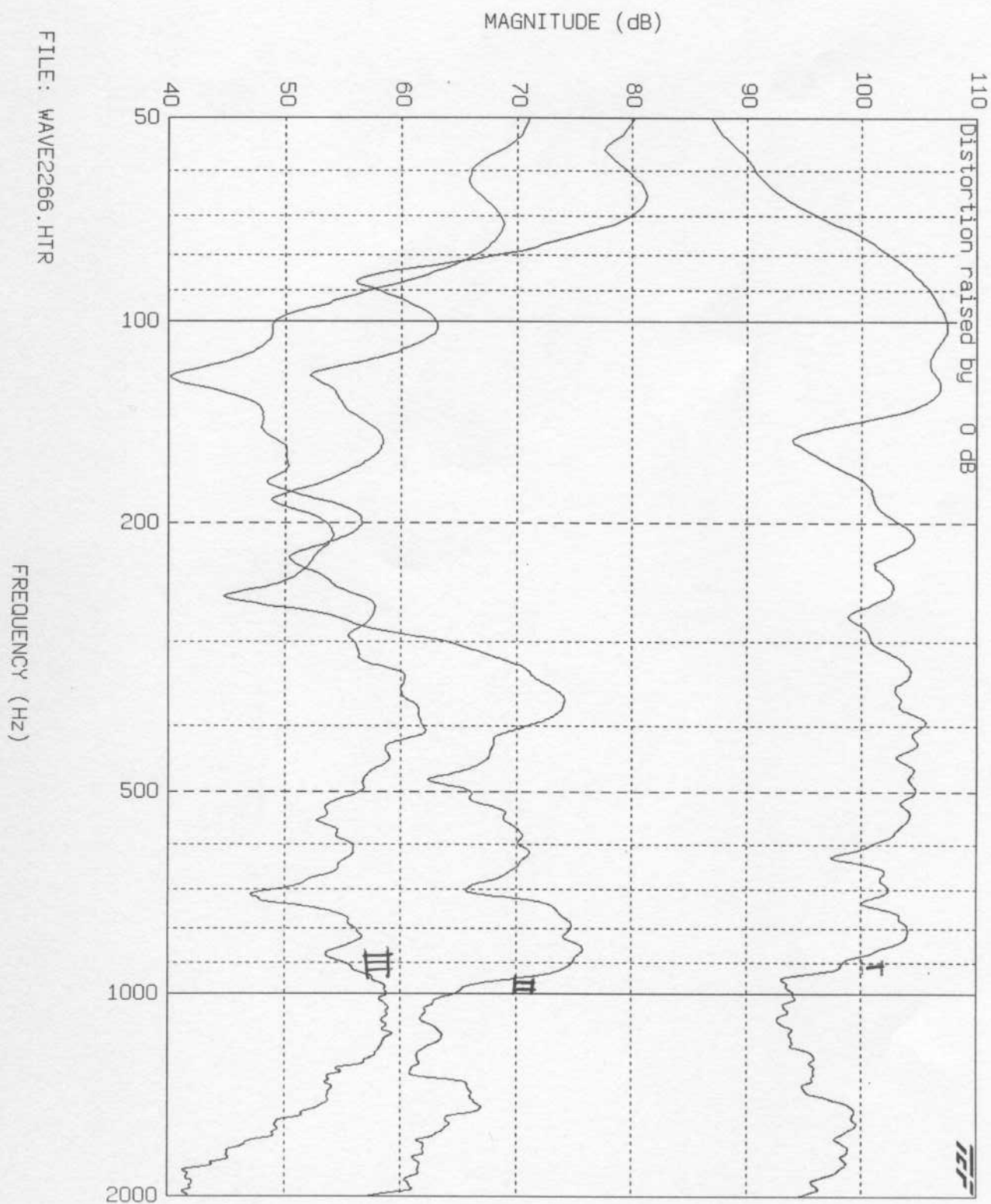


Grafico n.5: Impianto audio per la proiezione del film
“QUO VADIS” nell’aula Paolo VI, Vaticano, 30-08-2001



**Grafico n.6: Impianto audio per la proiezione del film
"QUO VADIS" nell'aula Paolo VI, Vaticano, 30-08-2001**

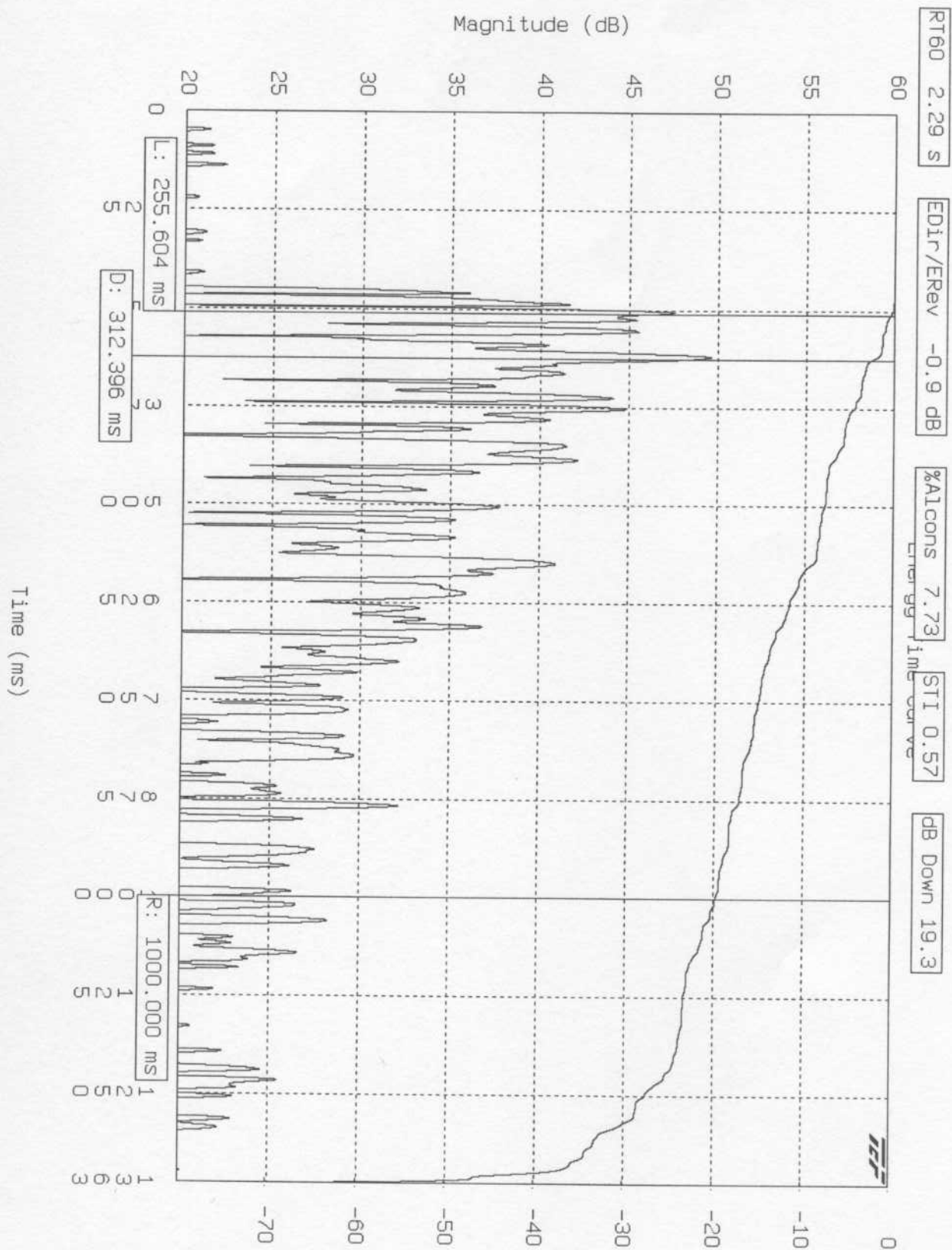


Grafico n.7: Impianto audio per la proiezione del film
“QUO VADIS” nell’aula Paolo VI, Vaticano, 30-08-2001

