



Università degli Studi di Milano

“Ausili e l’ambiente per la limitazione uditiva

antonio.arpini@unimi.it

**Prof. Antonio Arpini
Cattedra di Audiologia**

Suono e Udito



Omaggio dello
scultore Mario
Robaudi

Società dell'Immagine

Con la diffusione della scrittura e l'avvento della “Galassia Guttenberg” la vista ha sempre più avuto il sopravvento a tal punto da caratterizzare la nostra società “Società dell'Immagine”.

Prevale il dominio della visione subordinando così la fenomenologia dell'Audizione che è il processo che mette in relazione

L'Uomo con l'Ambiente

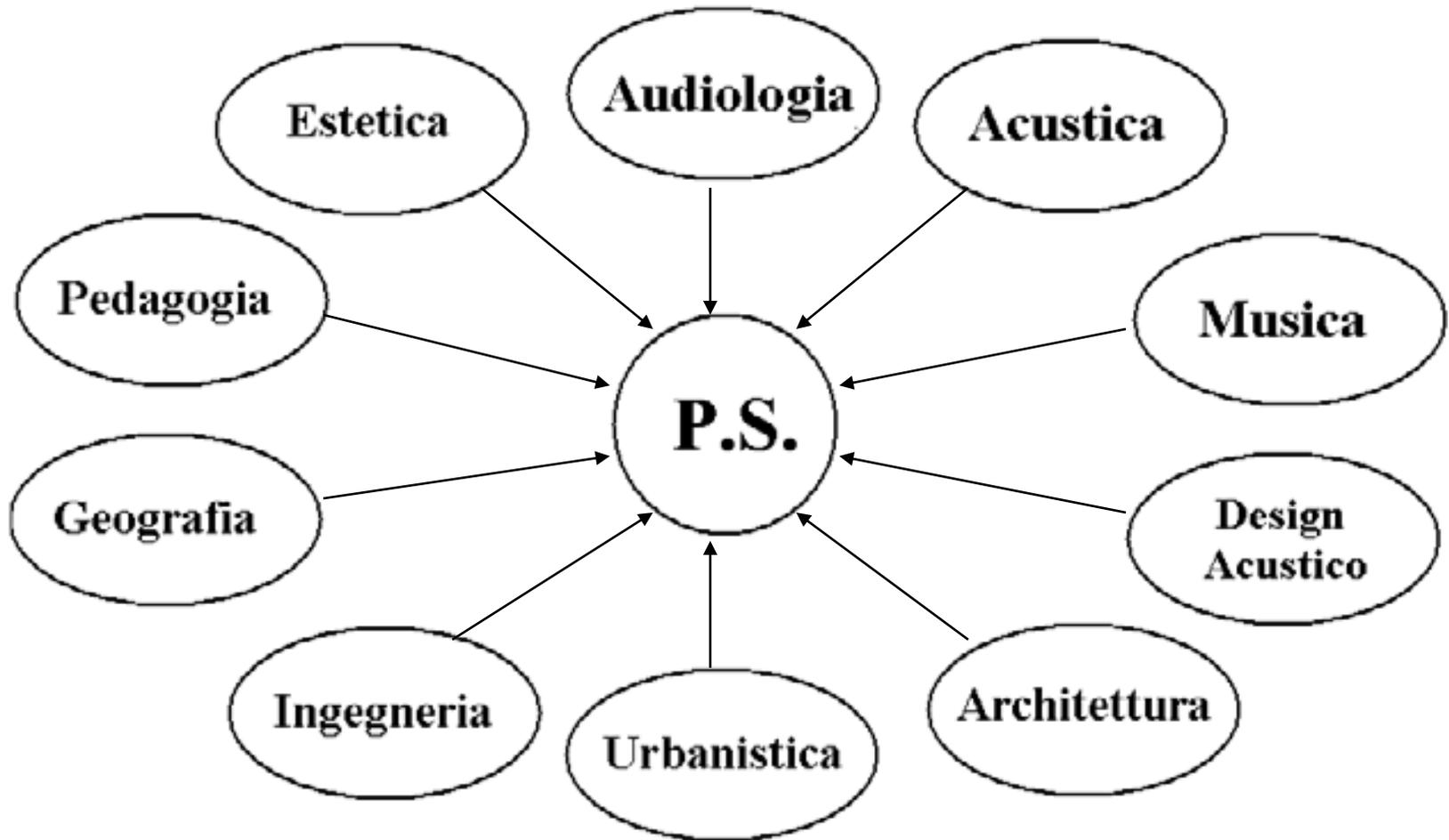
Cos'è il Paesaggio Sonoro

Il Paesaggio Sonoro è lo spazio fisico che accoglie i segnali sonori (suoni, rumori, silenzi, parole e altro) i quali determinano le alterazioni meccaniche dell'atmosfera che sono la causa della percezione uditiva.

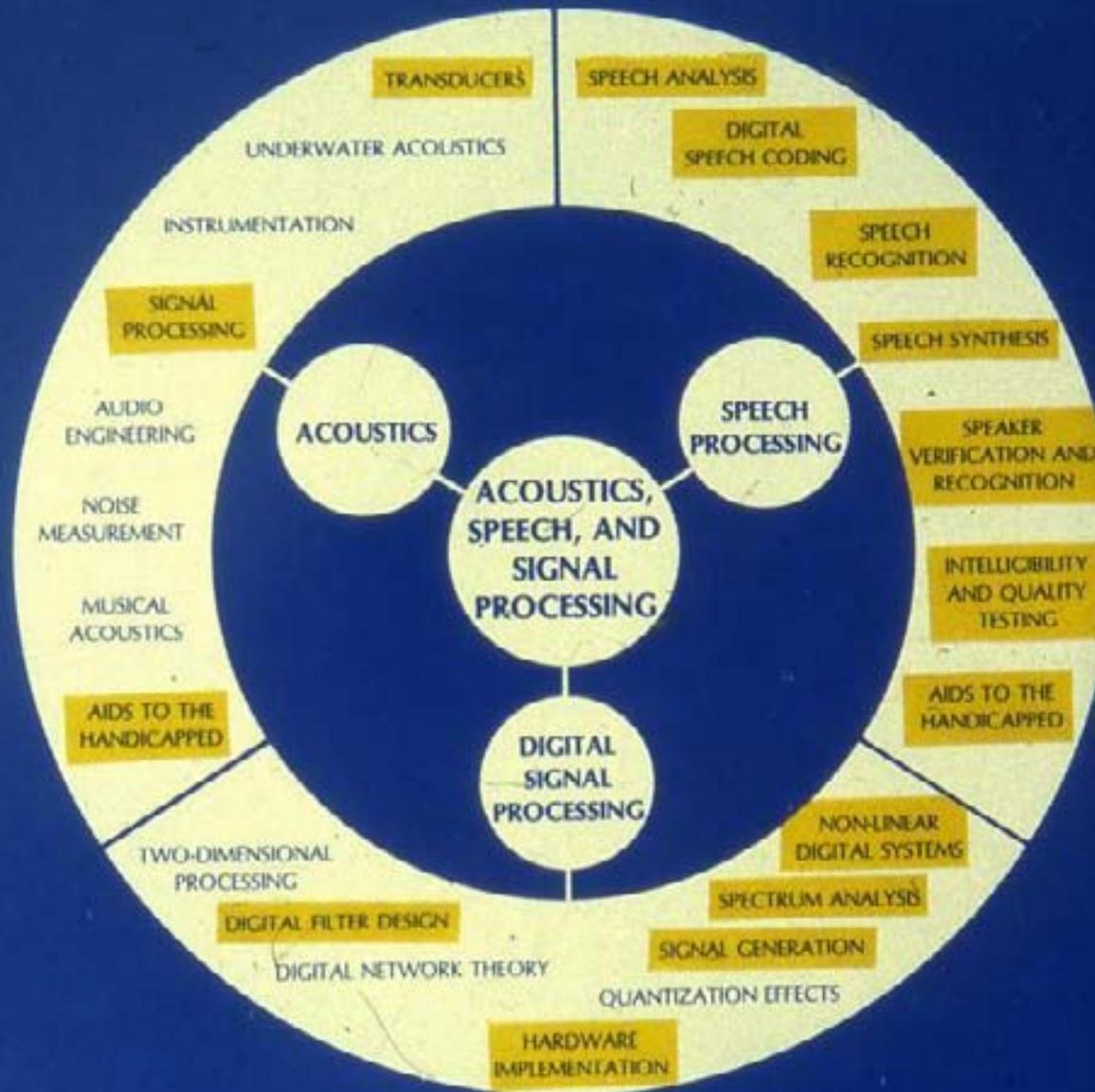
La percezione uditiva sottende ad una delle leggi più importanti della psicofisica dove:

$$S = K \log (I + cTe)$$

La peculiarità del paesaggio sonoro è la
multidisciplinarietà:



Audiologia e Acustica verso la percezione sonora

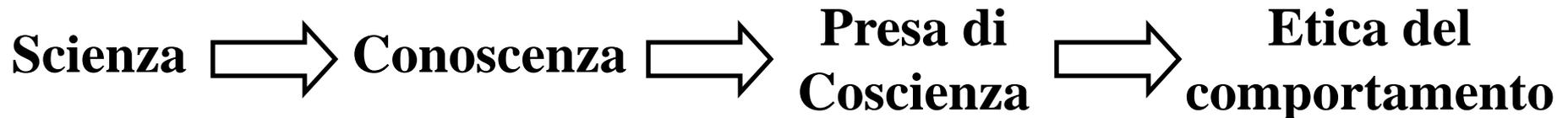


World Sound Scape Project

A trent'anni dal “World Sound Scape Project” si è verificata una continua deturpazione del paesaggio sonoro interferendo negativamente con la fisiologia dell'ascolto.

Questa problematica ha allertato le organizzazioni internazionali (W.H.O.) circa l'aumento della sordità nel mondo.

Si richiede la presa di coscienza che:



“Ognuno di noi è educatore verso gli altri”

Epidemiologia della Sordità

W.H.O. 2001

500 milioni di persone al mondo sono ipoacusiche, due terzi vivono nei paesi in via di sviluppo

250 milioni sono ipoacusie lievi

250 milioni sono ipoacusie medie, gravi, profonde
(nel 1995 erano 120 milioni)

Il National Royal Institute for the Deaf (R.N.I.D) 2004 stima in 300 milioni le ipoacusie correlate all'età e nel 2050 saranno 900 milioni.

W.H.O. e R.N.I.D. ritengono che l'inquinamento acustico sia la causa principale di ipoacusia per i soggetti quotidianamente esposti:

- 10 milioni di persone sono stimate negli USA
- 25-30 milioni di persone in Europa

Le sorgenti principali sono: traffico, lavoro e divertimento.

In Italia il 72% della popolazione è esposta a livelli rischio rumore.

Legislazione

*Giulio Cesare, 45 a.C. promulga la “Lex Julia Municipalis”:
Esclusione dei carri nella città di Roma dal sorgere del sole sino
all’ora nona.*

L’Italia ha accumulato un grave ritardo e tutte le leggi,
decreti, direttive si rifanno all’articolo 32 della
Costituzione Italiana:

***“...tutela della salute del cittadino come bene della
collettività e diritto di se stesso...”***

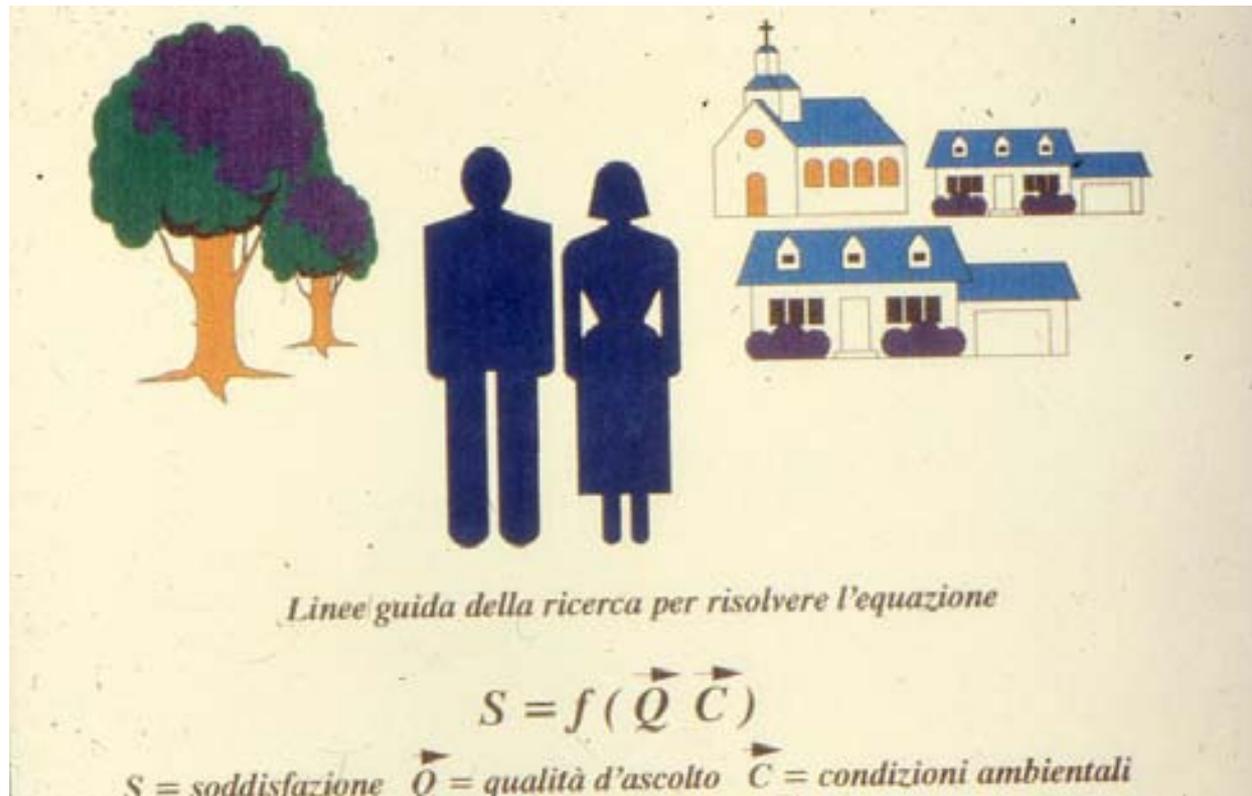
Legislazione

- D.M. 1975 Edilizia scolastica
- Legge 277 1991 Protezione dal rumore nei luoghi di lavoro
- Legge 285 1992 Codice della strada (cicli motocicli e veicoli a motore)
- Legge Quadro 447 1995 Zonizzazione acustica del territorio
- D.M. 31-10-1997 Rumore aeroportuale
- D.M. 18-09-1997 Luoghi di intrattenimento e danzante (discoteca)
- D.P.R. 495 1999 Rumore ferroviario

“Protezione delle aree destinate alla quiete”

Direttiva Europea sul rumore ambientale 2002/49/EC recepita
in Italia con DL n 194 18/08/2005

$$S = f(Q \cdot C)$$



La **Soddisfazione** della sensazione uditiva è **funzione** della **Qualità** di ascolto e delle **Condizioni ambientali**

Emissione sonora e percezione uditiva

L'orecchio esiste perché
esiste il suono, il
suono esiste perché
esiste l'orecchio



Generazione => Propagazione=> Rilevazione

I segnali sonori
possono essere
semplici come
una nota
musicale o
complessi come
la parola, la
musica, il rumore



L'UNITA' DI MISURA E' IL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA
ESPRESSO IN:

dB SPL Sound Pressure Level

IL CUI VALORE EFFICACE VALE:

$$\text{dB (SPL)} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

CON P_0 = PRESSIONE SONORA DI RIFERIMENTO CHE VALE

$$2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{DINE}}{\text{CM}^2} \text{ OPPURE } 2 \cdot 10^{-5} \text{ PA}$$

IN UNA MISURAZIONE DI RUMORE ASSUME MOLTA IMPORTANZA
LA VALUTAZIONE DEL LIVELLO SONORO EQUIVALENTE L_{Aeq}
CHE PRODUCE GLI STESSI EFFETTI SULL'APPARATO UDITIVO
DEL RUMORE VARIABILE CONSIDERATO PER IL TOTALE TEMPO
DI ESPOSIZIONE E VALE:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P(\tau)}{P_0} d\tau$$

dB = unità di misura
relativa della intensità
sonora

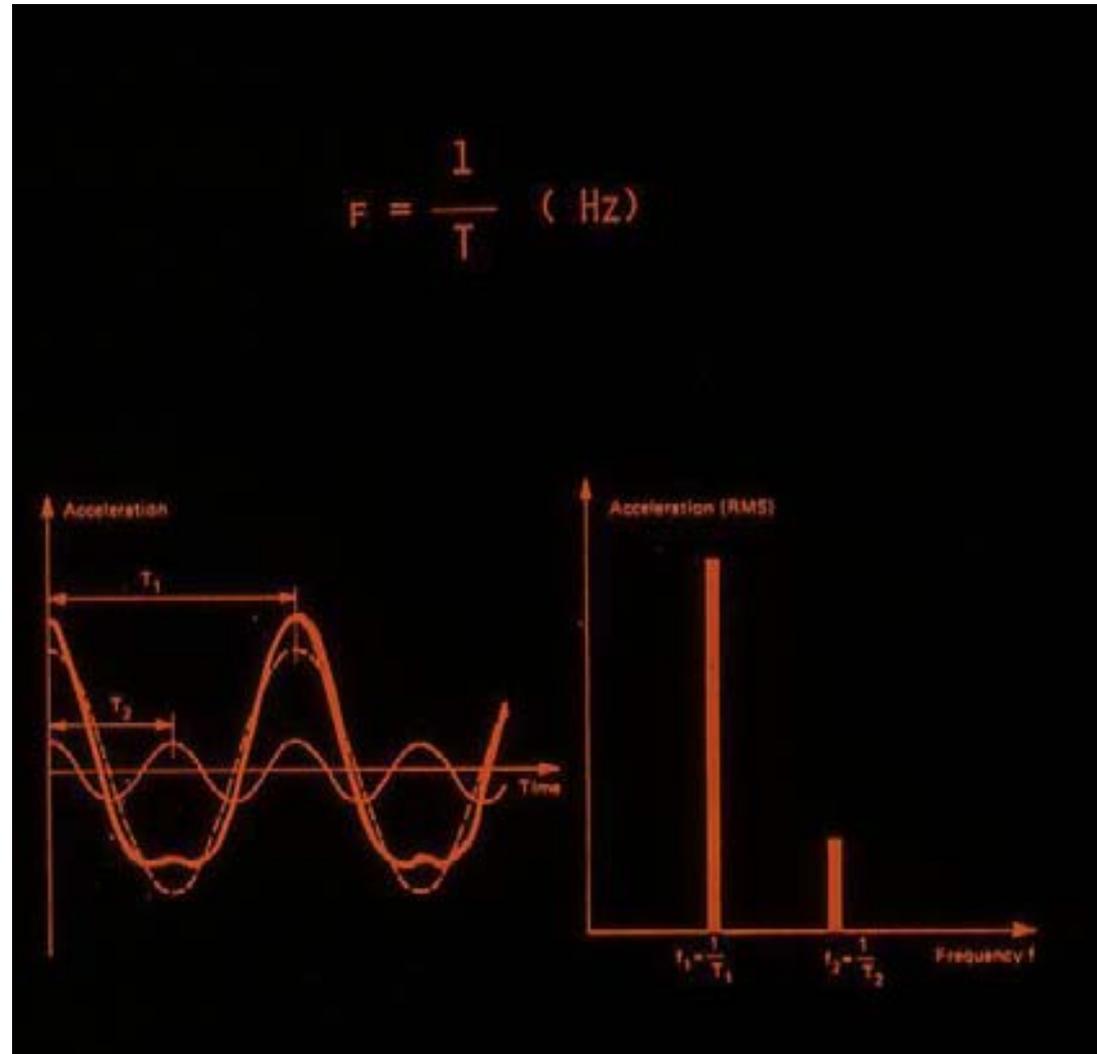
Il decibel
è un operatore
matematico che
esprime la pressione
sonora.

$$\mathbf{P = F/s}$$

$$F = 1 / T \text{ (Hz)}$$

La Frequenza espressa in Hertz rappresenta il numero delle oscillazioni complete nell'unità di tempo

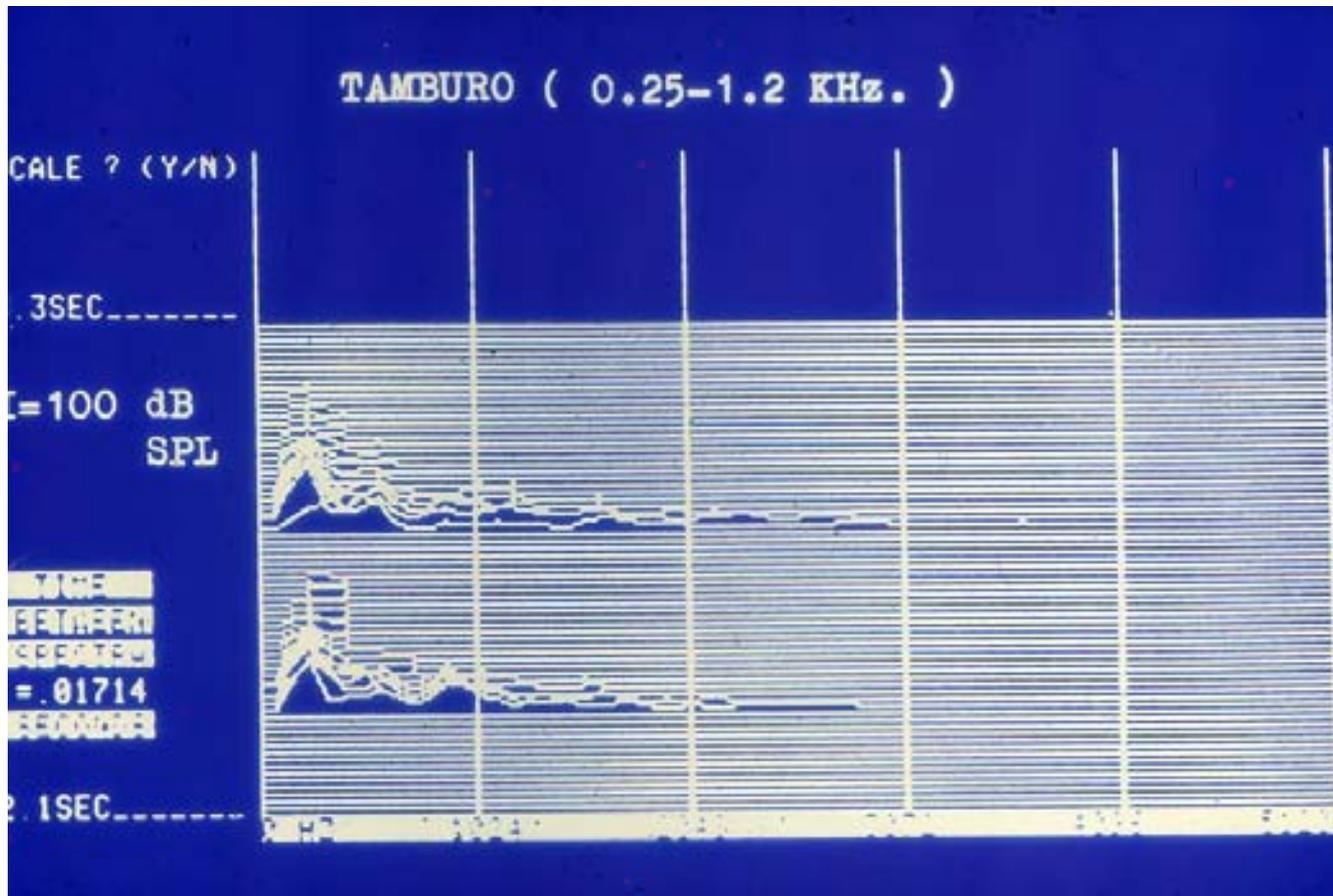
L'orecchio umano percepisce da un minimo di 20 Hz. ad un massimo di 20 KHz



Analisi tridimensionale del canto di un usignolo



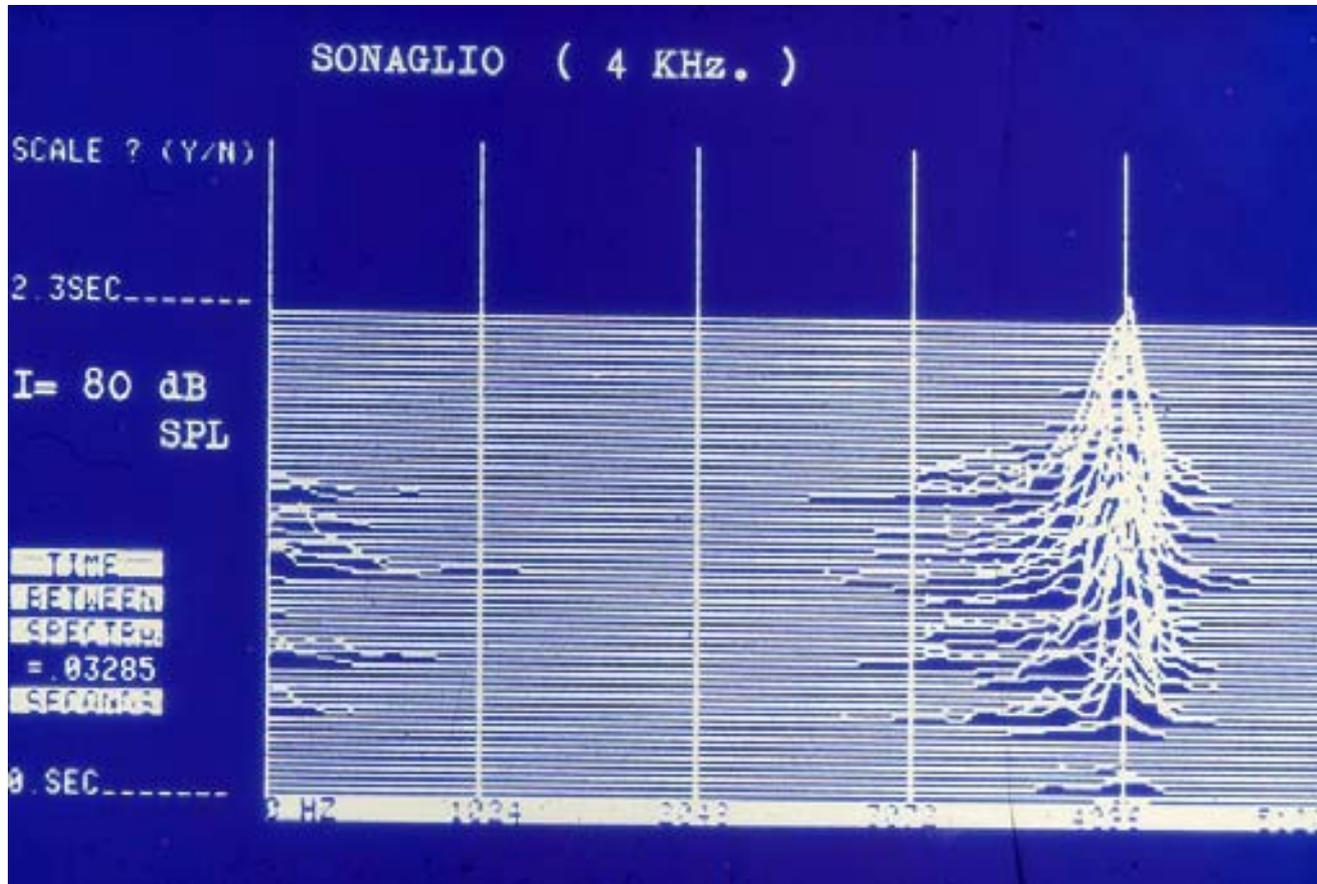
Analisi spettrale



Componenti spettrali della percussione di un tamburo.

Campo di frequenze da 0.25 – 1.2 KHz.

Analisi spettrale



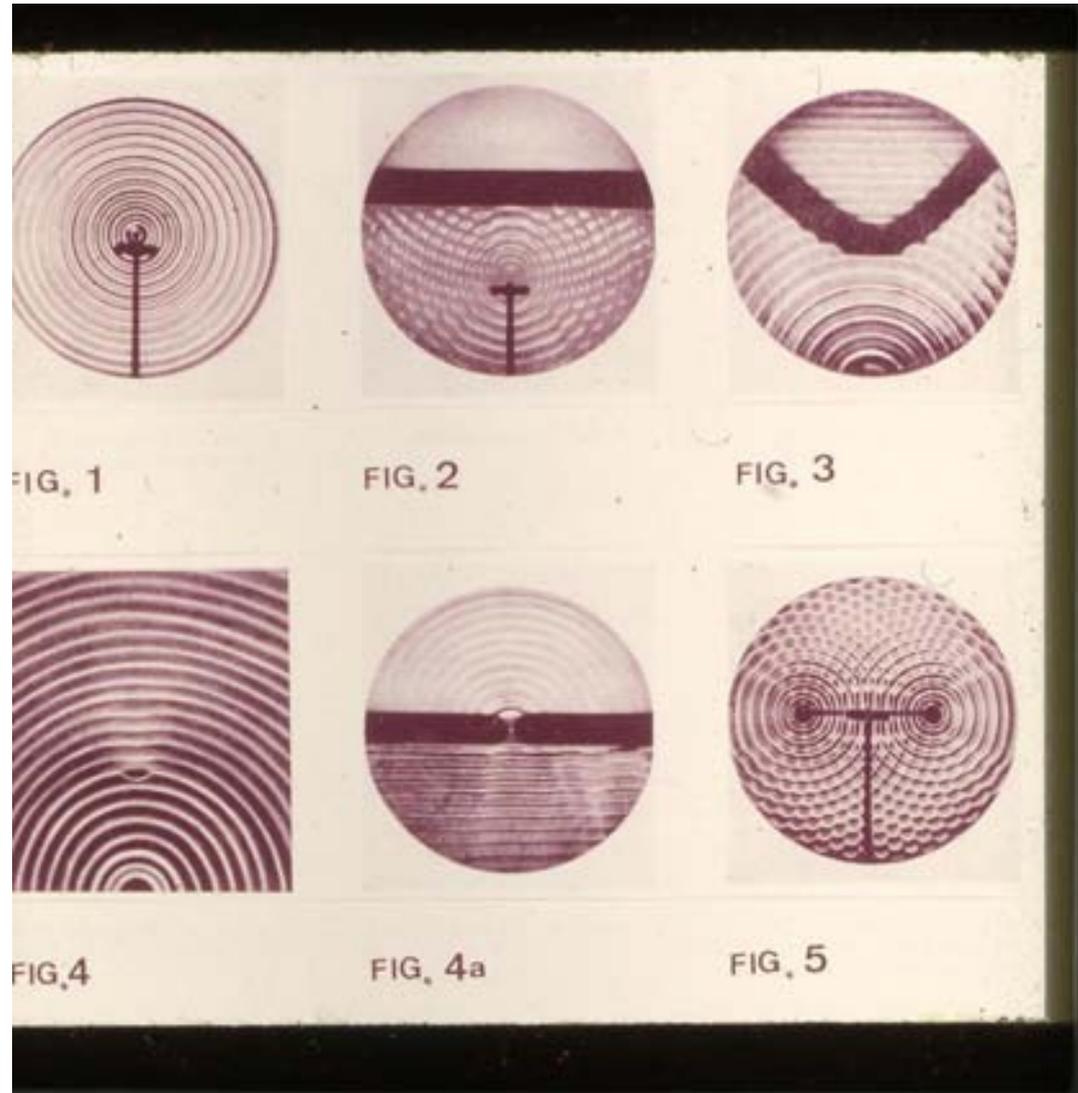
Componenti spettrali della percussione di un sonaglio.

Campo di frequenza 4 KHz.

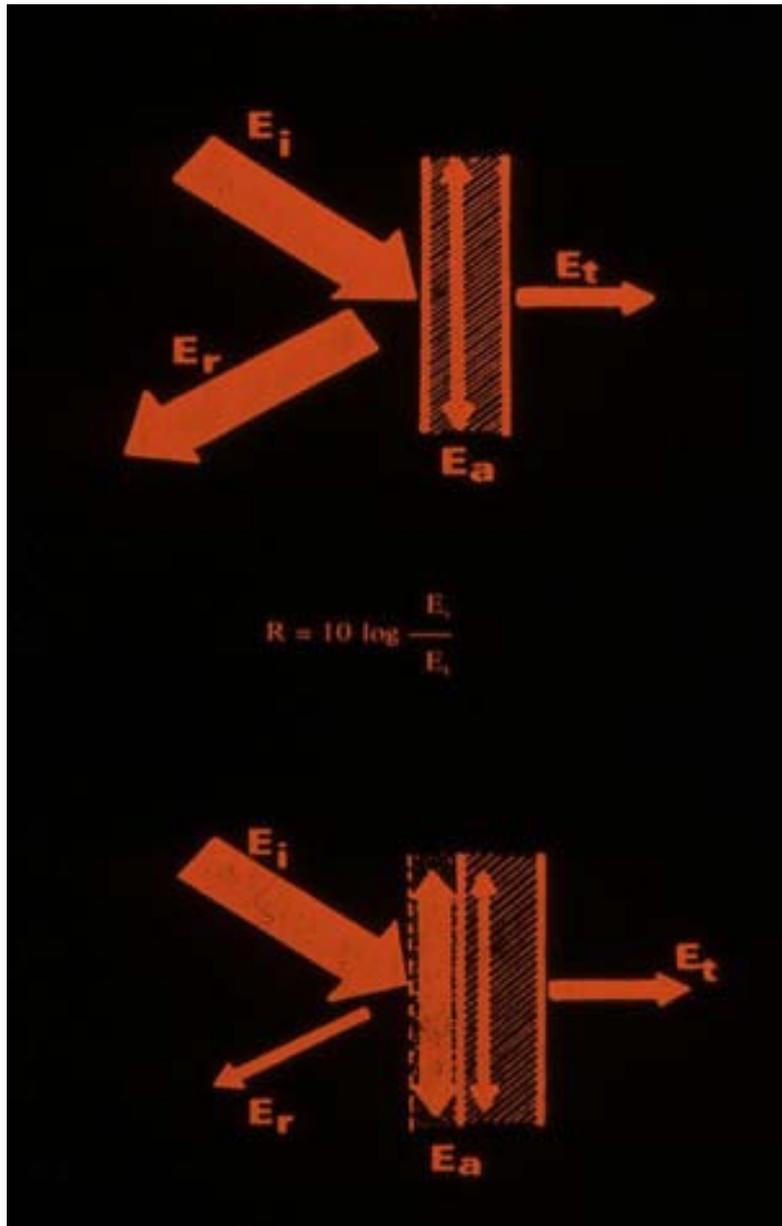
Propagazione

Esempi di propagazione sonora:

1. Propagazione Circolare
2. Riflessione totale da un ostacolo
3. Riflessione e rifrazione da un ostacolo con parziale trasparenza
4. Fenomeno della diffrazione caratterizzato da un piccolo ostacolo (fig 4) e da un piccolo foro (fig 4a)
5. Fenomeno della risonanza



Assorbimento sonoro



Per i materiali si valuta il
coefficiente di

assorbimento α

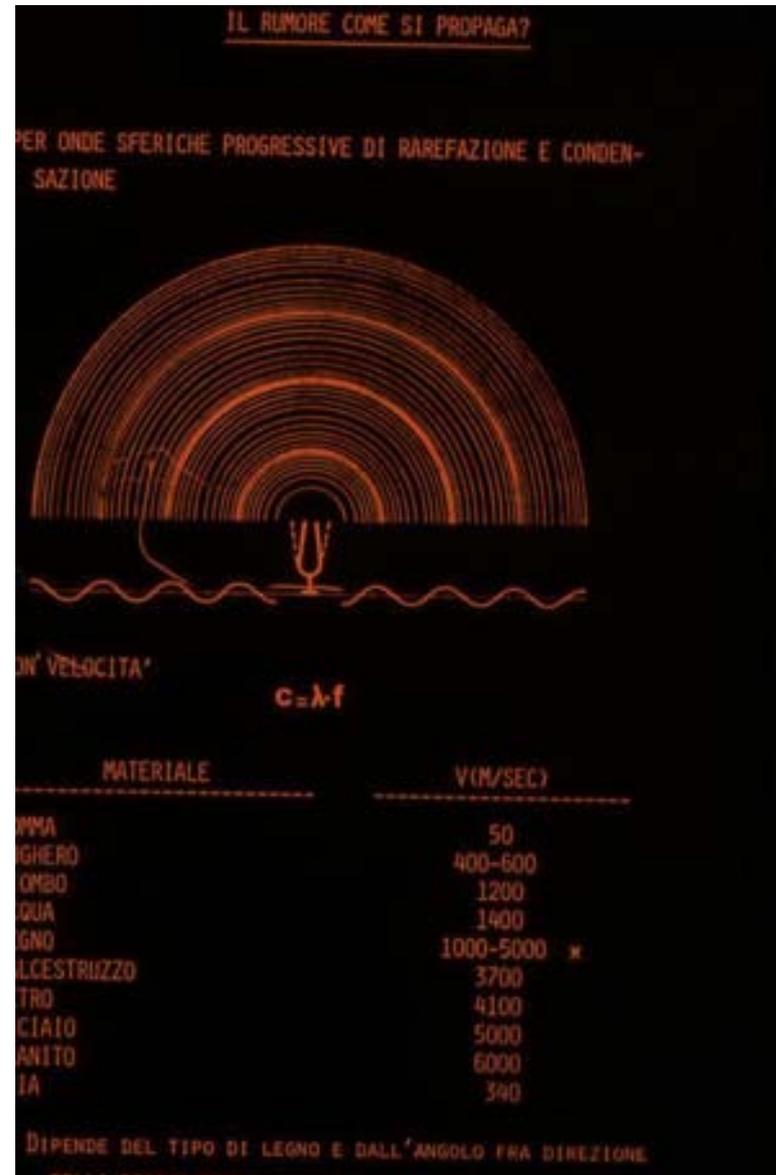
mentre nel contesto
ambientale si valuta

l'indice di
attenuazione

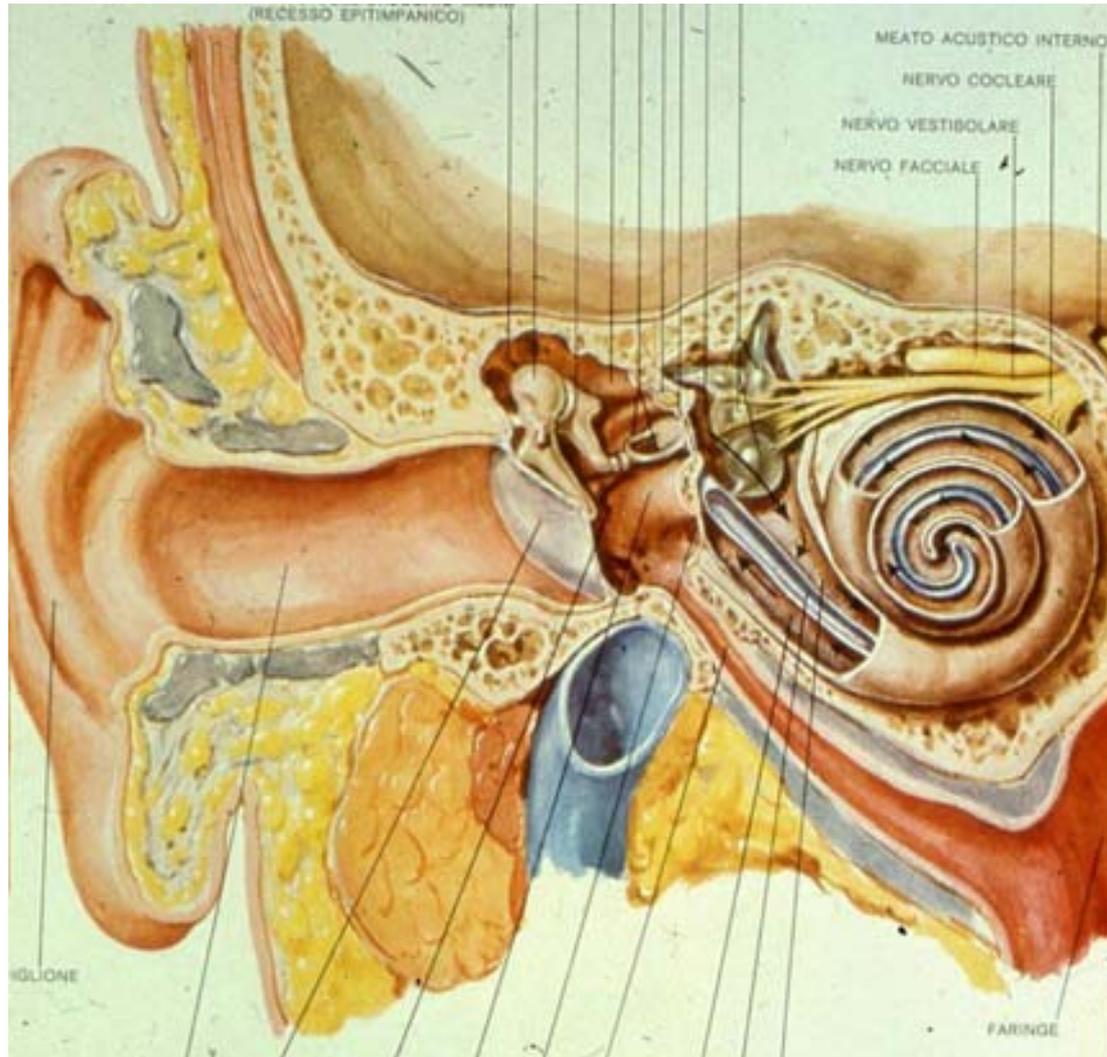
($R = 10 \log Ei/Et$)

Velocità di propagazione

Il suono si propaga più velocemente nei mezzi solidi rispetto ai liquidi rispetto agli aeriformi



L'Orecchio Umano



- L'orecchio umano è composto da:
1. orecchio esterno
 2. orecchio medio
 3. orecchio interno.

Orecchio esterno

L'orecchio esterno è
composto da:
padiglione auricolare,
condotto uditivo
esterno o meato
acustico esterno e
membrana del timpano

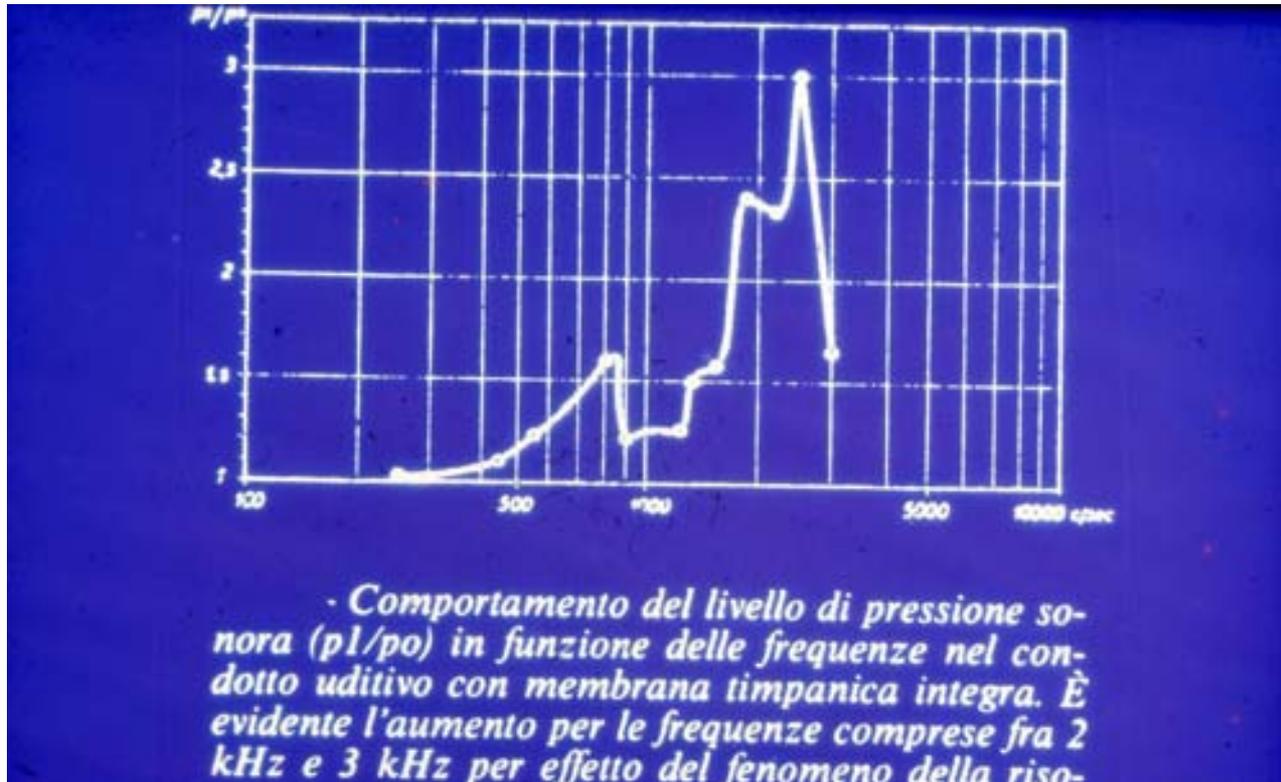


Padiglione auricolare eccellente



Il padiglione auricolare dell'orecchio di W. A. Mozart presenta un ampliamento della conca del padiglione stesso rispetto ad un normale orecchio umano

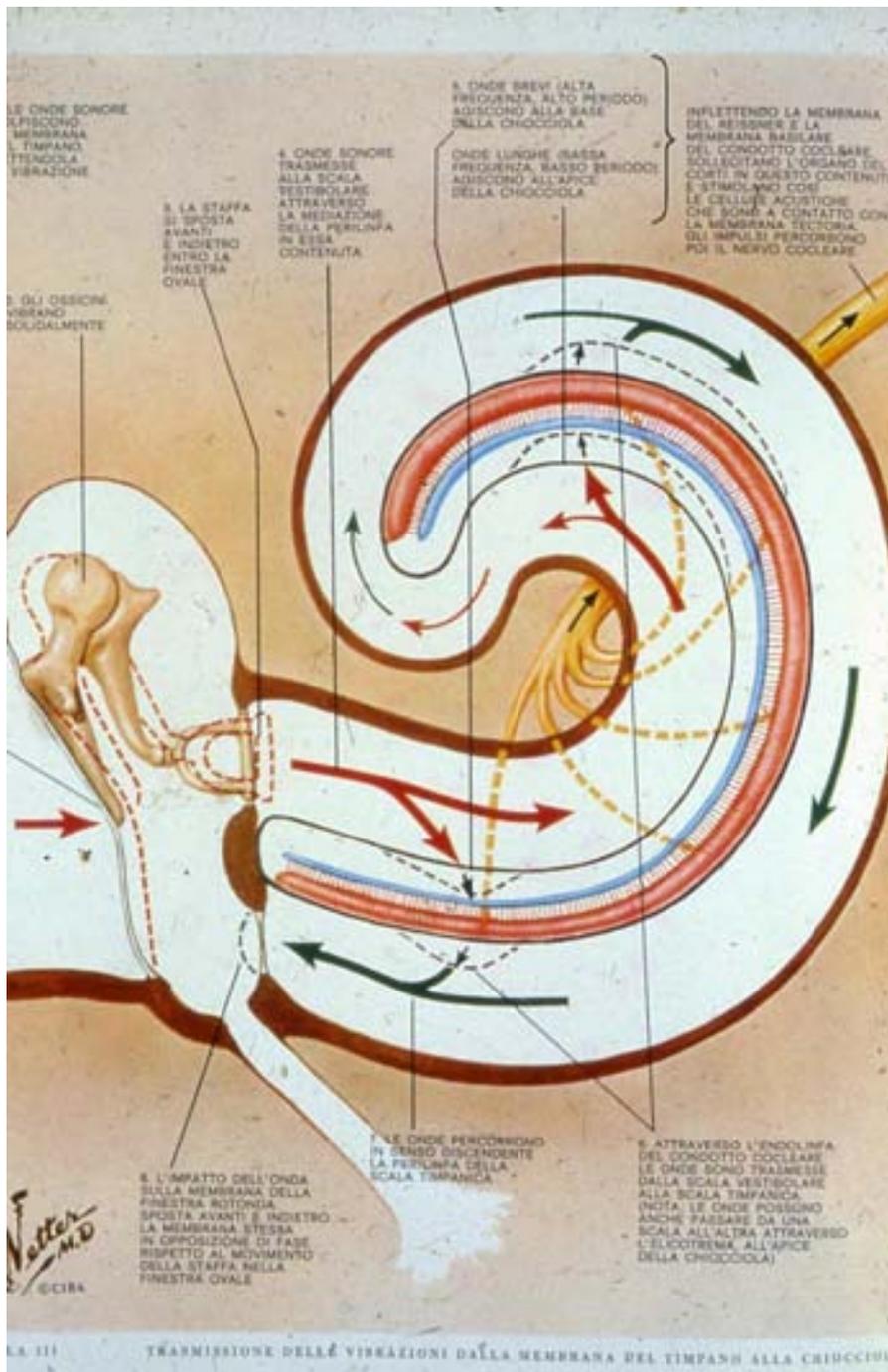
Frequenza di risonanza del meato acustico esterno



Il condotto uditivo o meato acustico esterno
risuona fra 2 – 3 KHz

Orecchio medio

L'orecchio medio si sviluppa dalla membrana del timpano alla platina della staffa. Questa porzione porta il nome di catena ossiculare costituita dal martello, incudine e staffa



Orecchio interno

Immagine di coclea o
chiocciola distribuita
sui giri basale, medio,
apicale sede dei suoni
acuti, medi e gravi.

Preparato anatomico
fotografato al
microscopio
elettronico a scansione



Sezione verticale della coclea



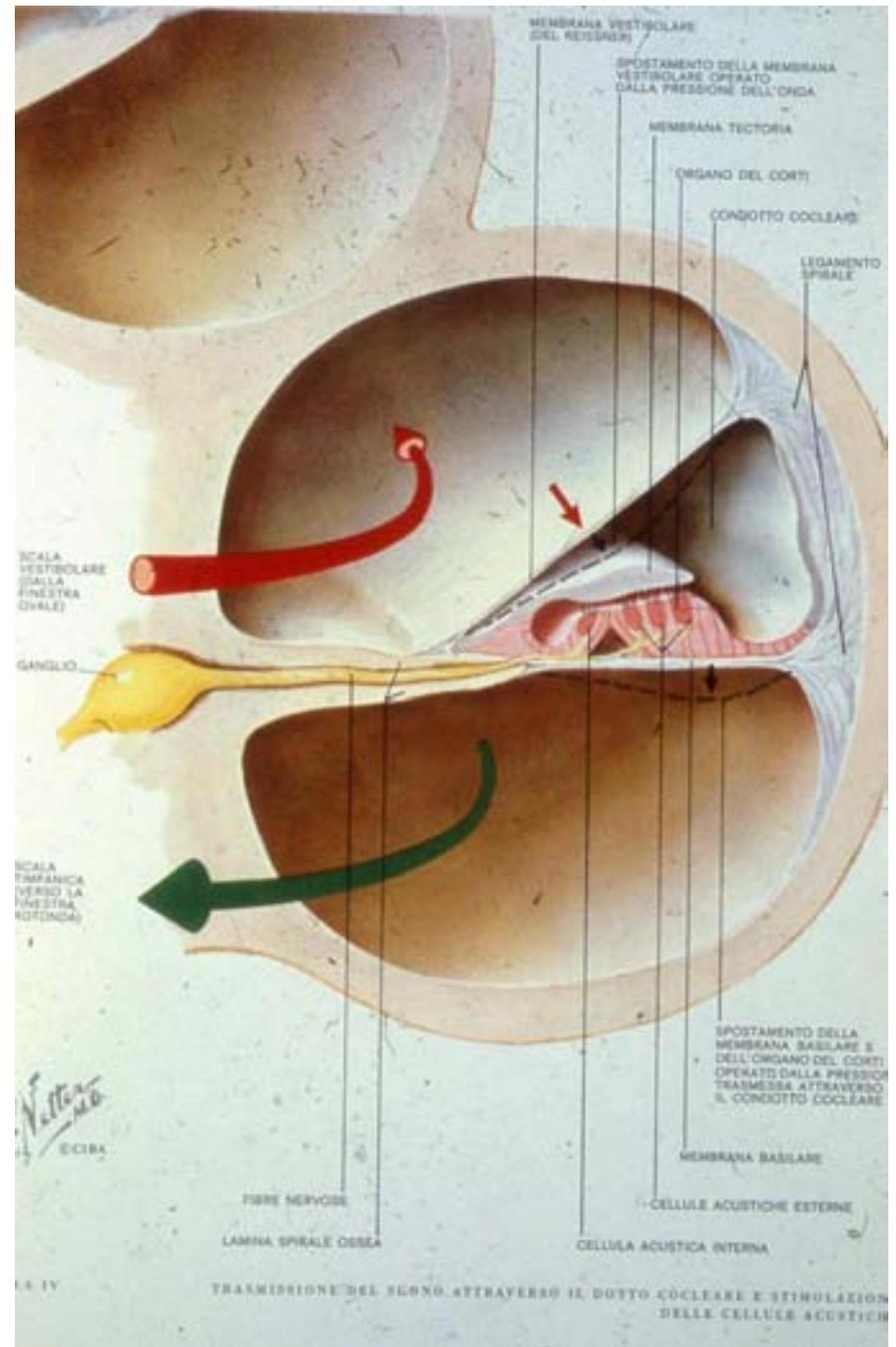
Si notino i tre giri:

1. basale
2. medio
3. apicale

e inoltre il ganglio, le innervazioni cocleari e il nervo acustico.

Ingrandimento della sezione basale della coclea

Sono evidenti la scala
timpanica , vestibolare
e il dotto cocleare che
ospita l'organo di
Corti



L'organo di Corti

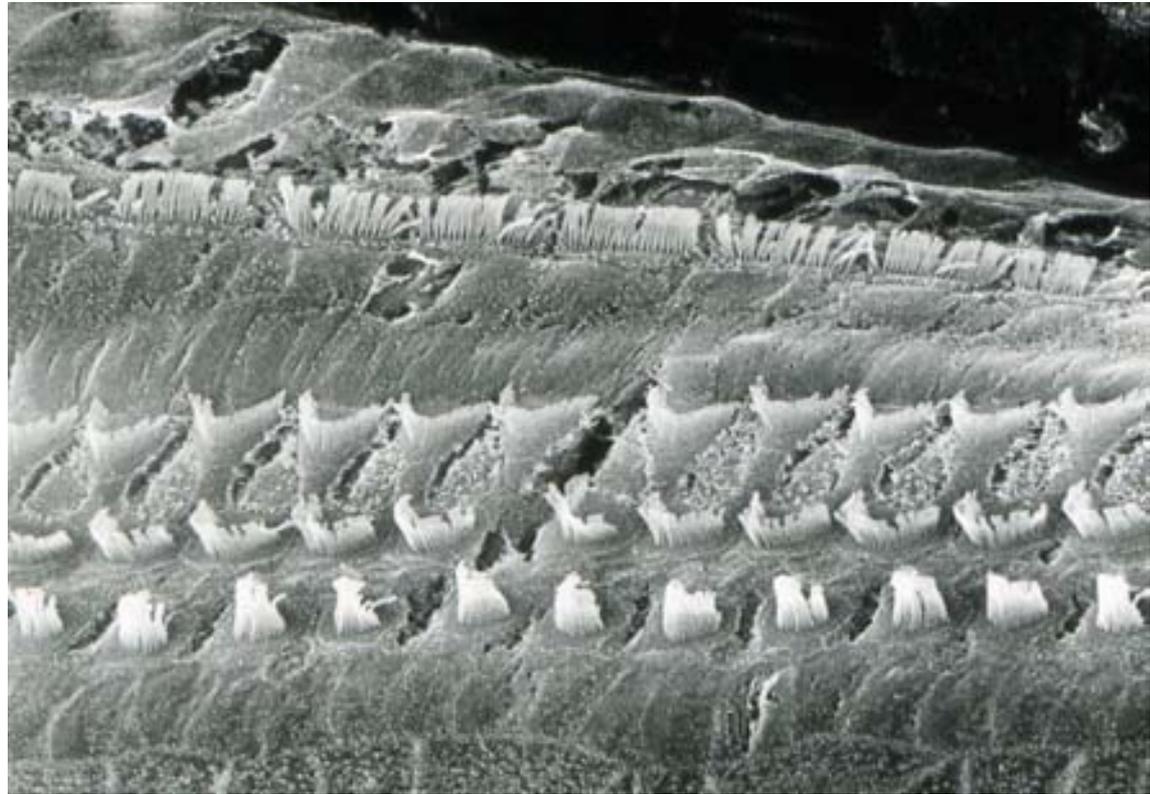


Visualizzazione delle
cellule cigliate esterne
e interne dell'organo
di Corti con la tecnica
di microscopia ottica
interferenziale

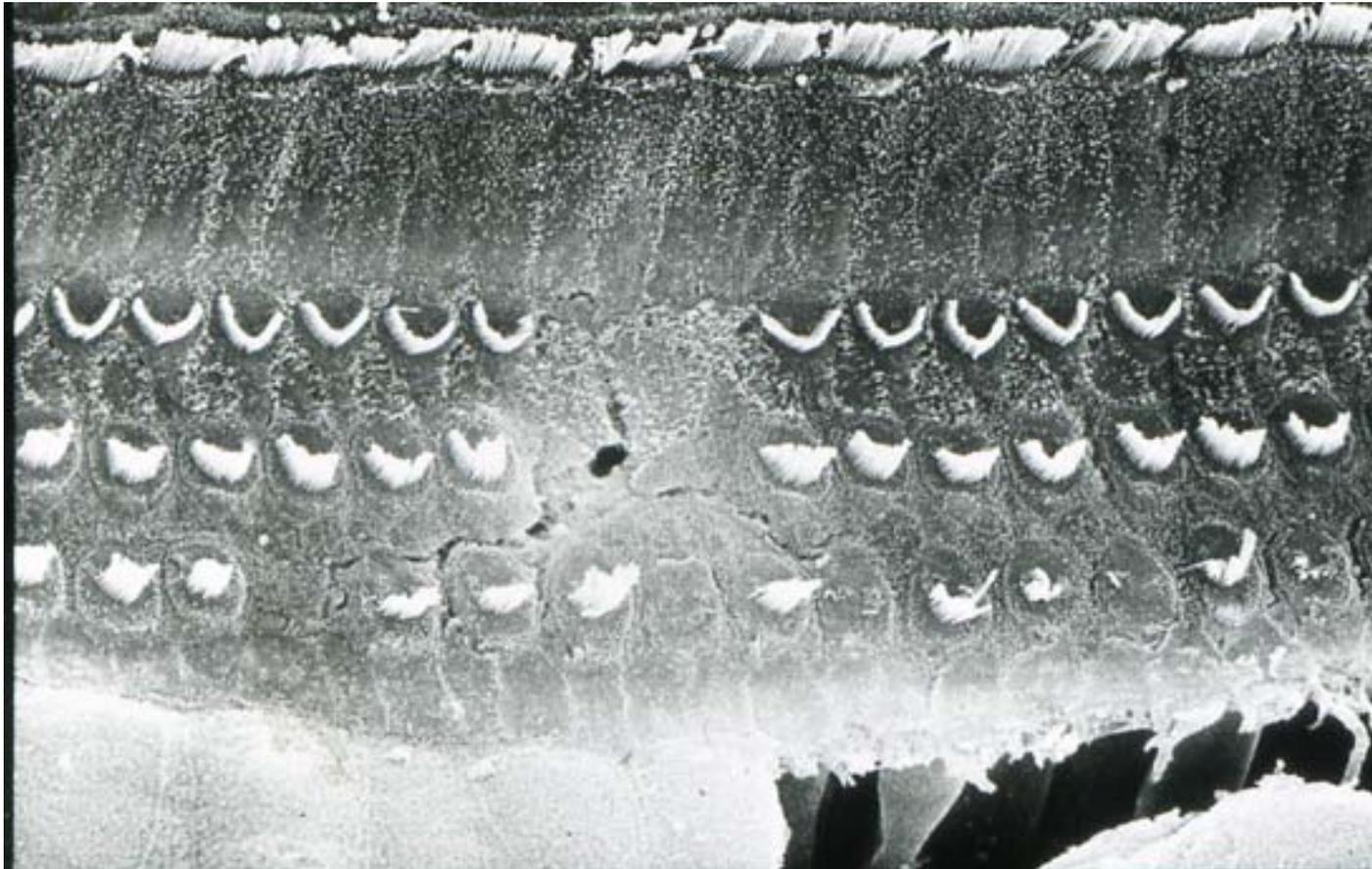


Ciglia delle cellule acustiche dell'organo di Corti

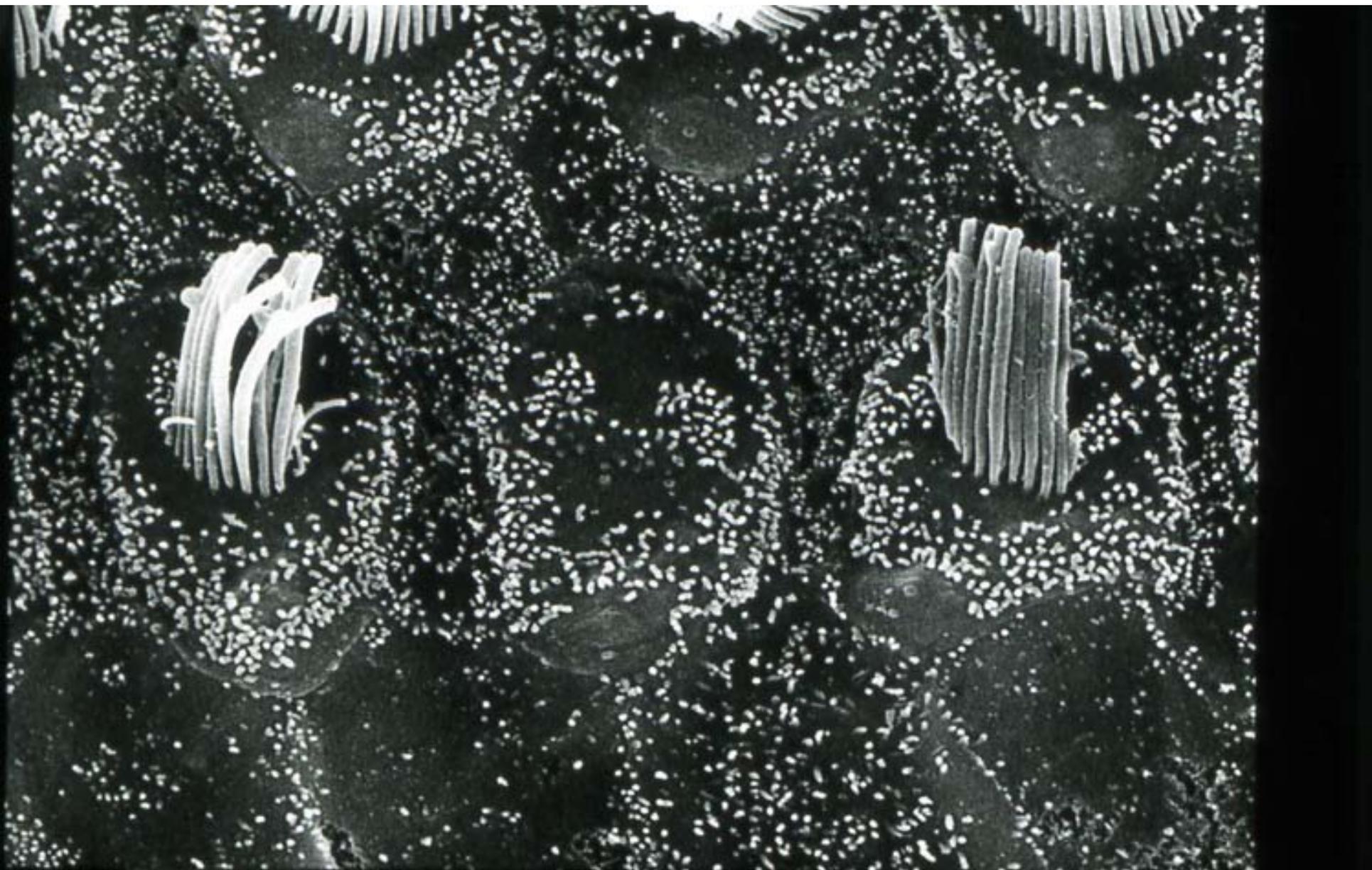
Si può notare verso la parte bassa le tre fila delle cellule cigliate esterne e una fila delle cellule cigliate interne

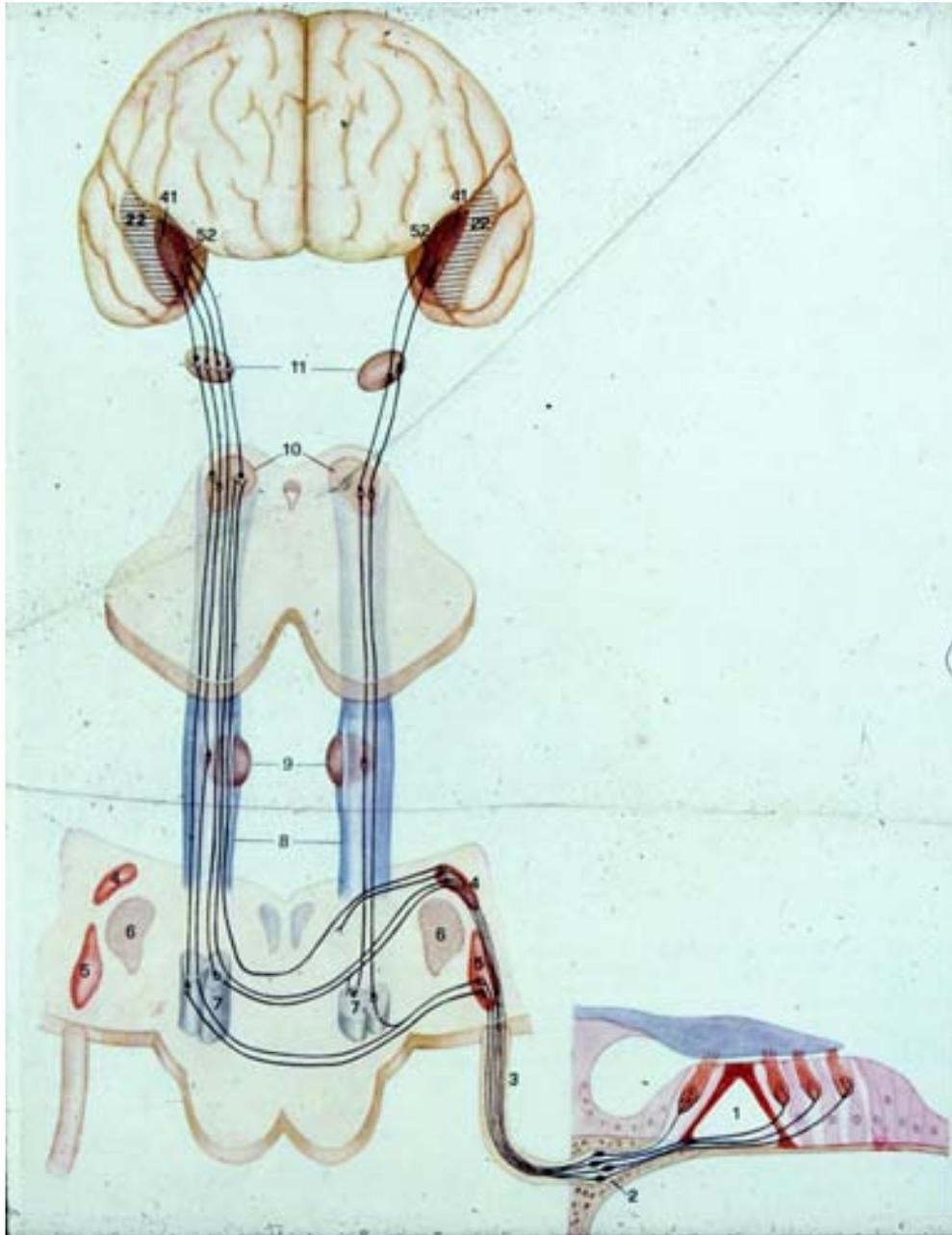


Ciglia delle cellule acustiche dell'organi di Corti



Danno cellulare da esposizione al rumore



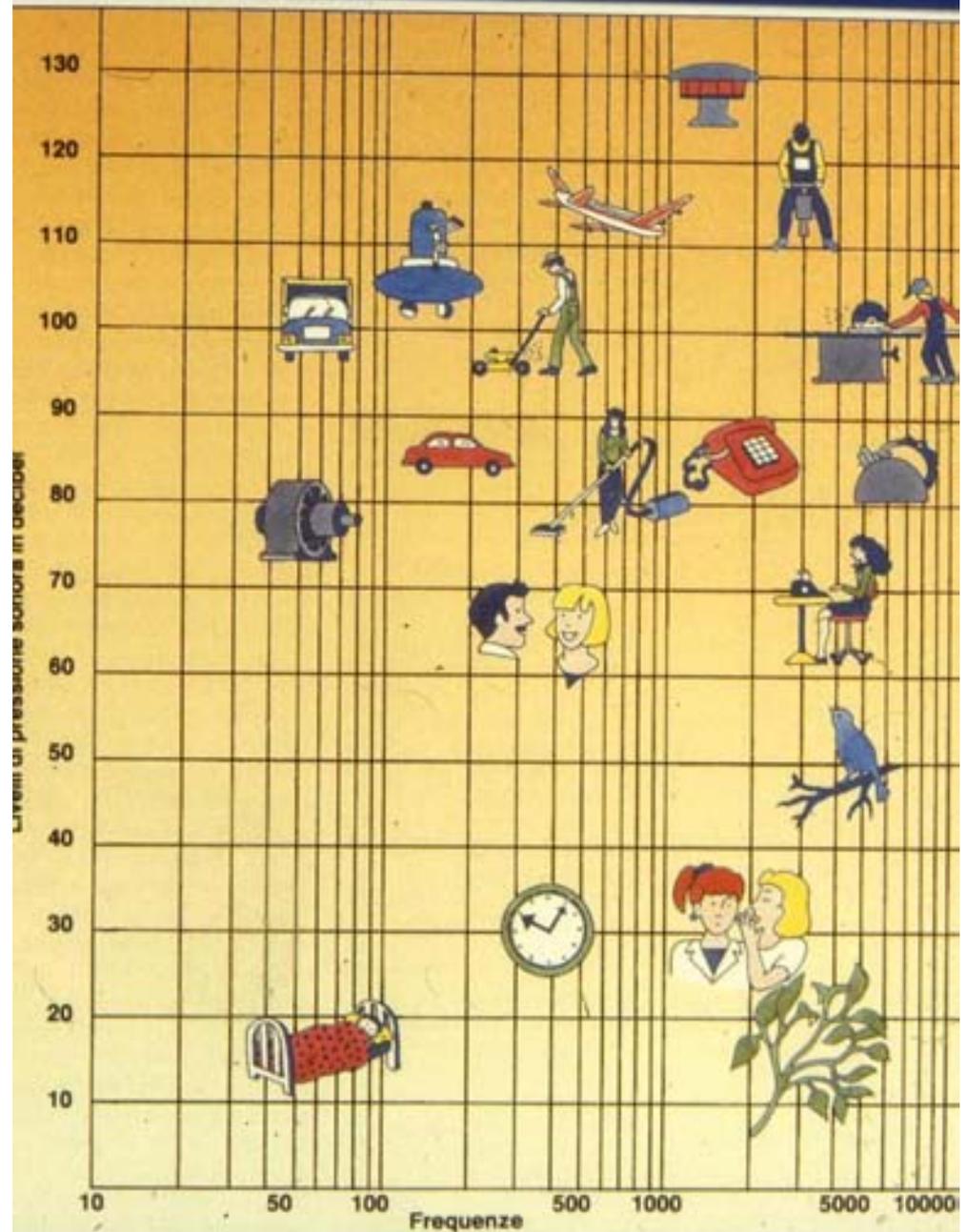


Apparato Uditivo

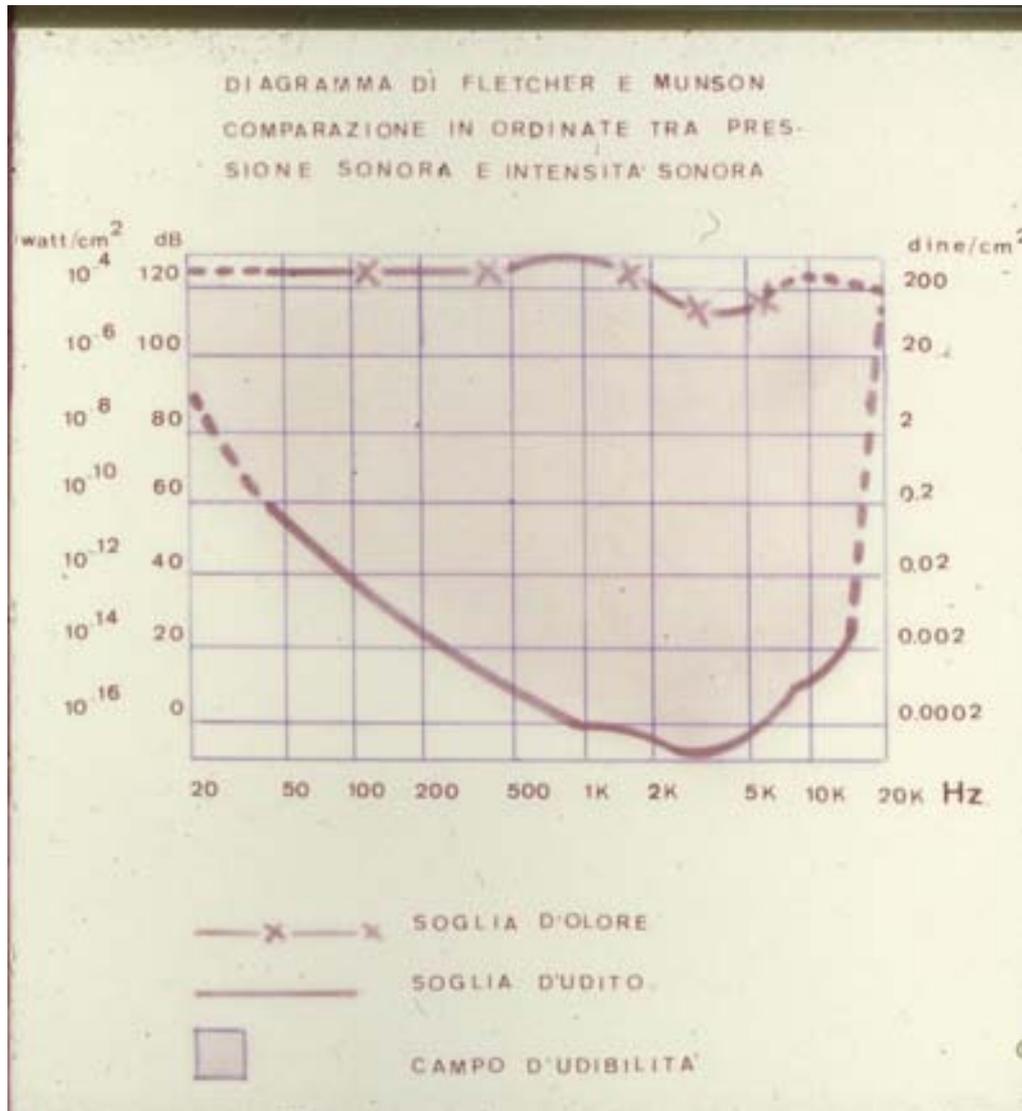
Sviluppo dell'Apparato Uditivo; dalla periferia (Organo di Corti) alle aree corticali uditive

Psicoacustica delle sensazioni uditive

Varie situazioni di
Paesaggio Sonoro
espresse in dB HL nel
dominio delle
frequenze.

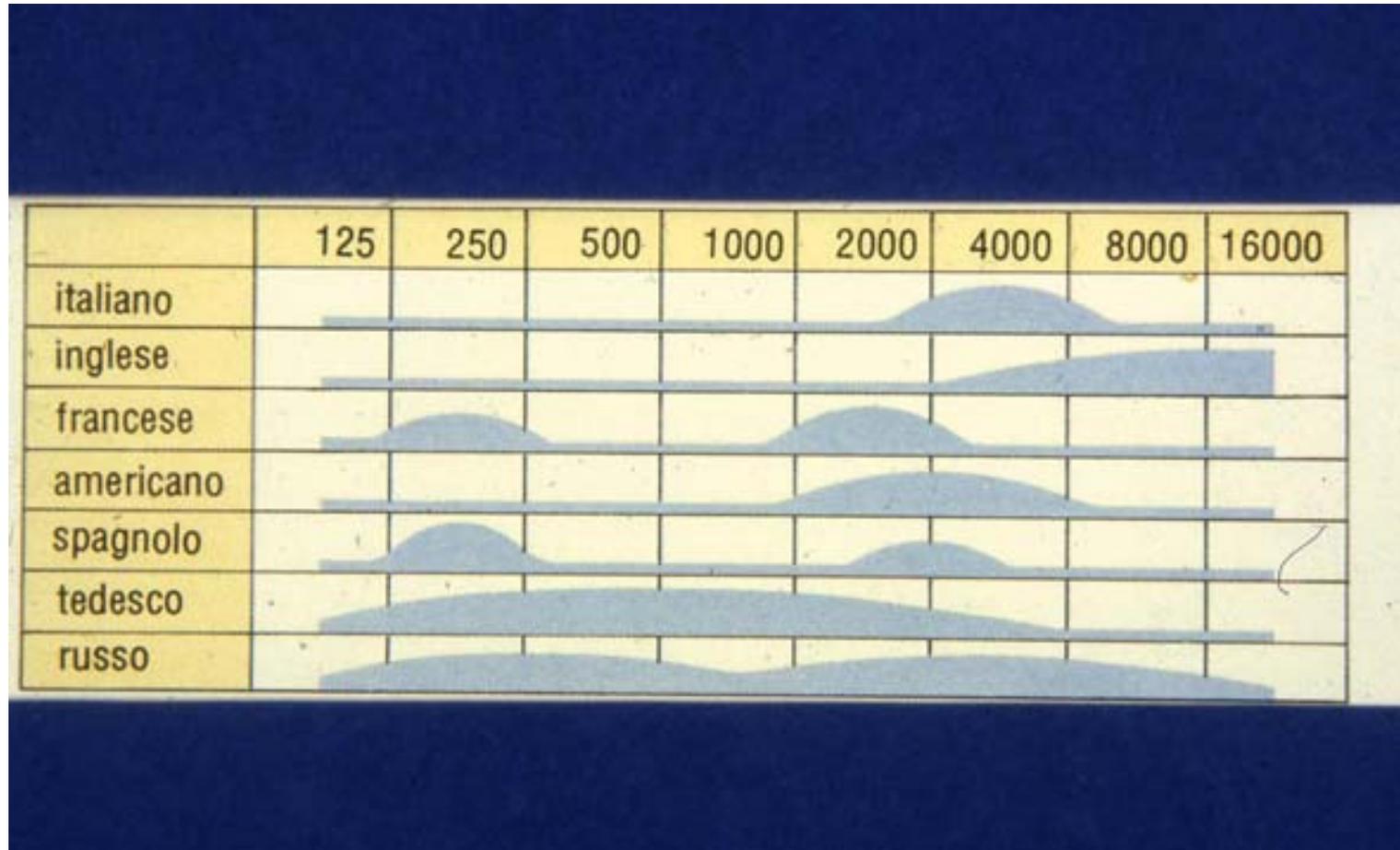


Campo Uditivo



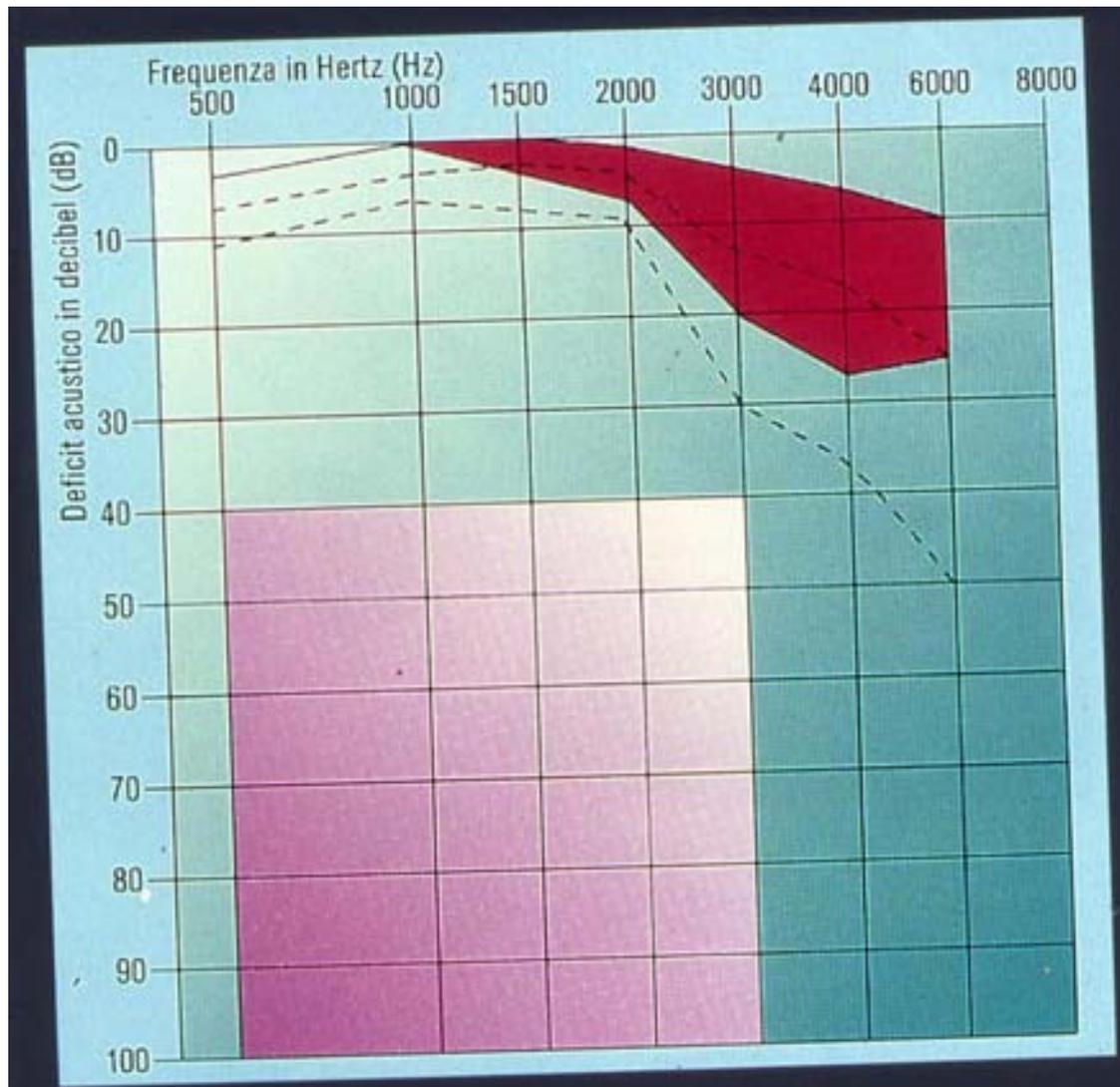
- In ascissa le frequenze e in ordinata dB SpL.
- Soglia dell'udito e soglia del dolore.

Le varie lingue



Distribuzione delle frequenze rispetto le varie lingue.

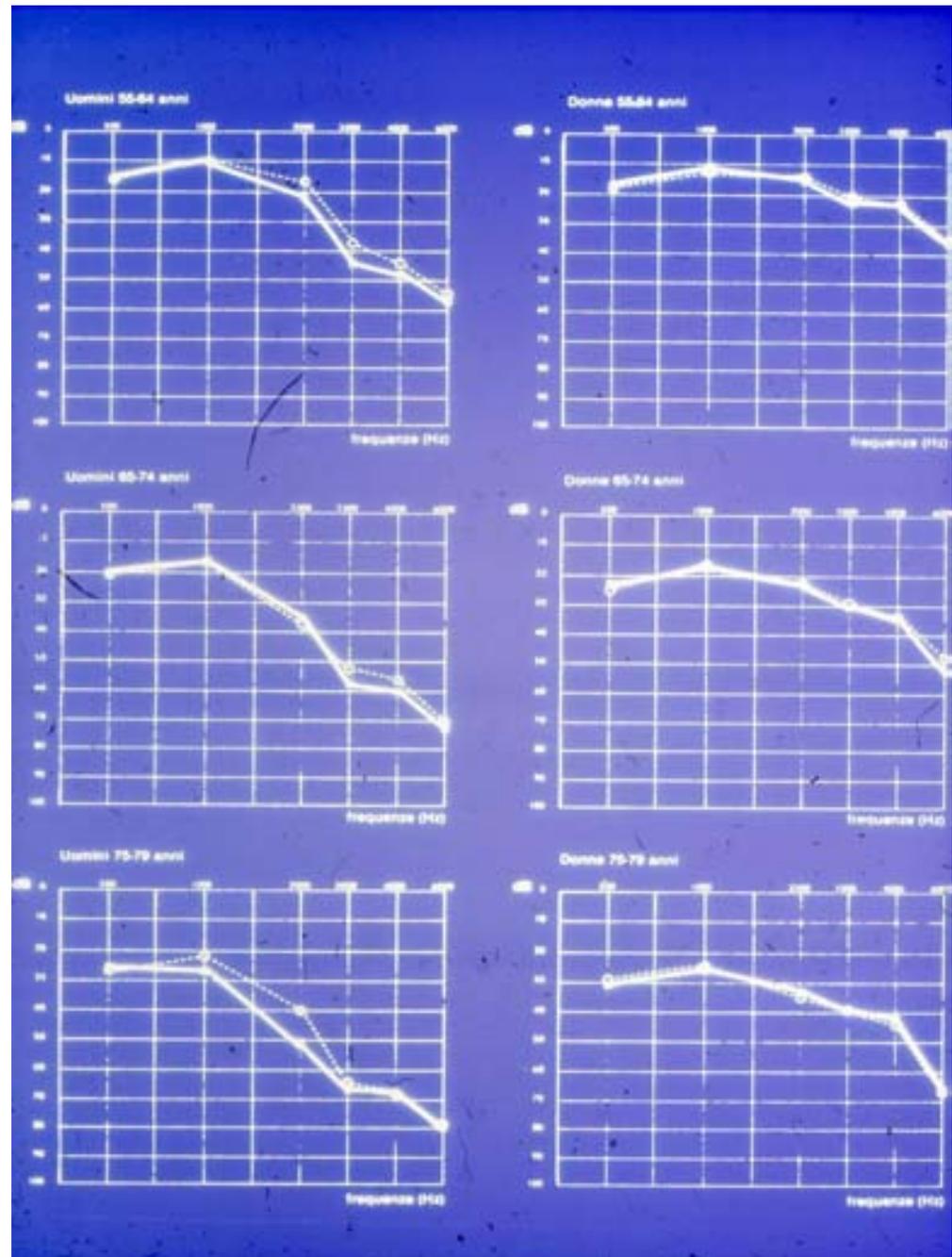
Schema dell'audiogramma



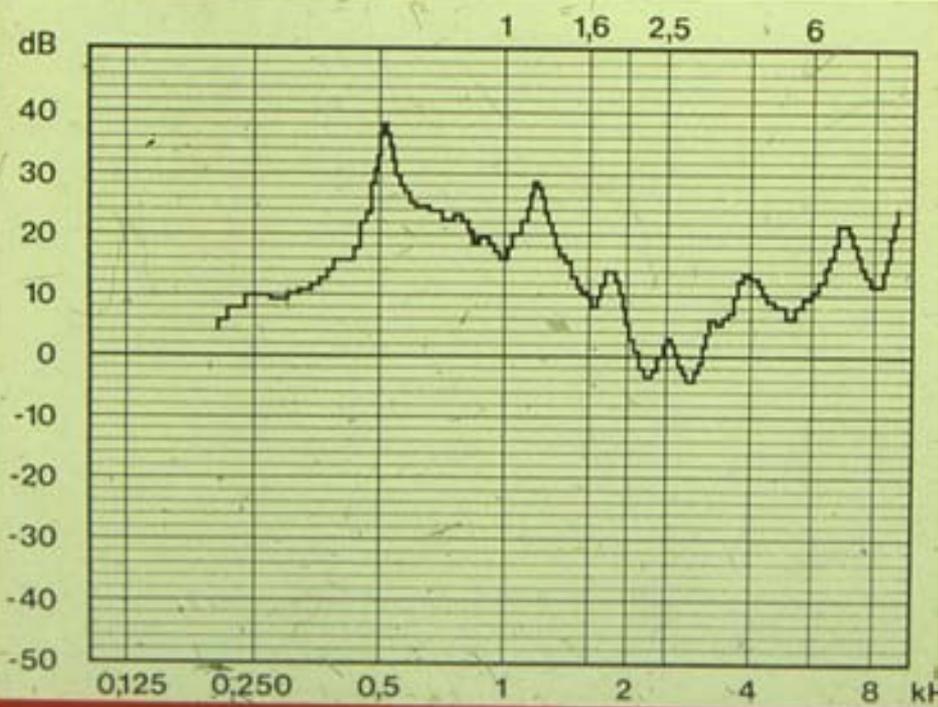
La banda rossa
evidenzia la
progressione della
perdita uditiva per
effetto
dell'esposizione al
rumore

Evoluzione della perdita uditiva

Perdita uditiva neurosensoriale di uomini (a sinistra) e donne (a destra) rapportate a differenti decenni di età.







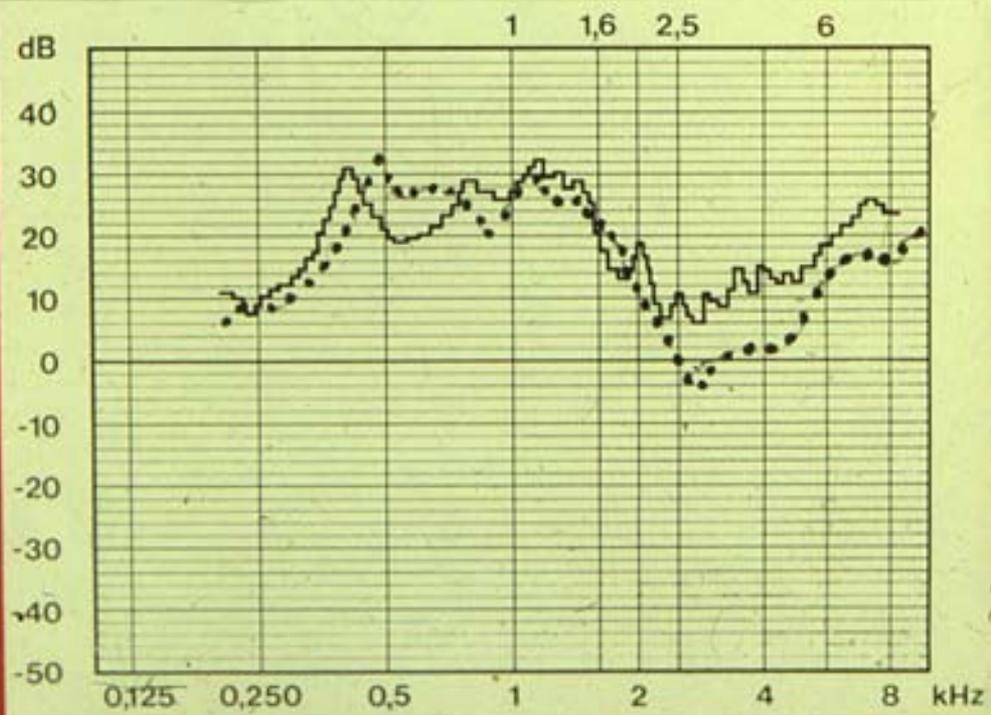
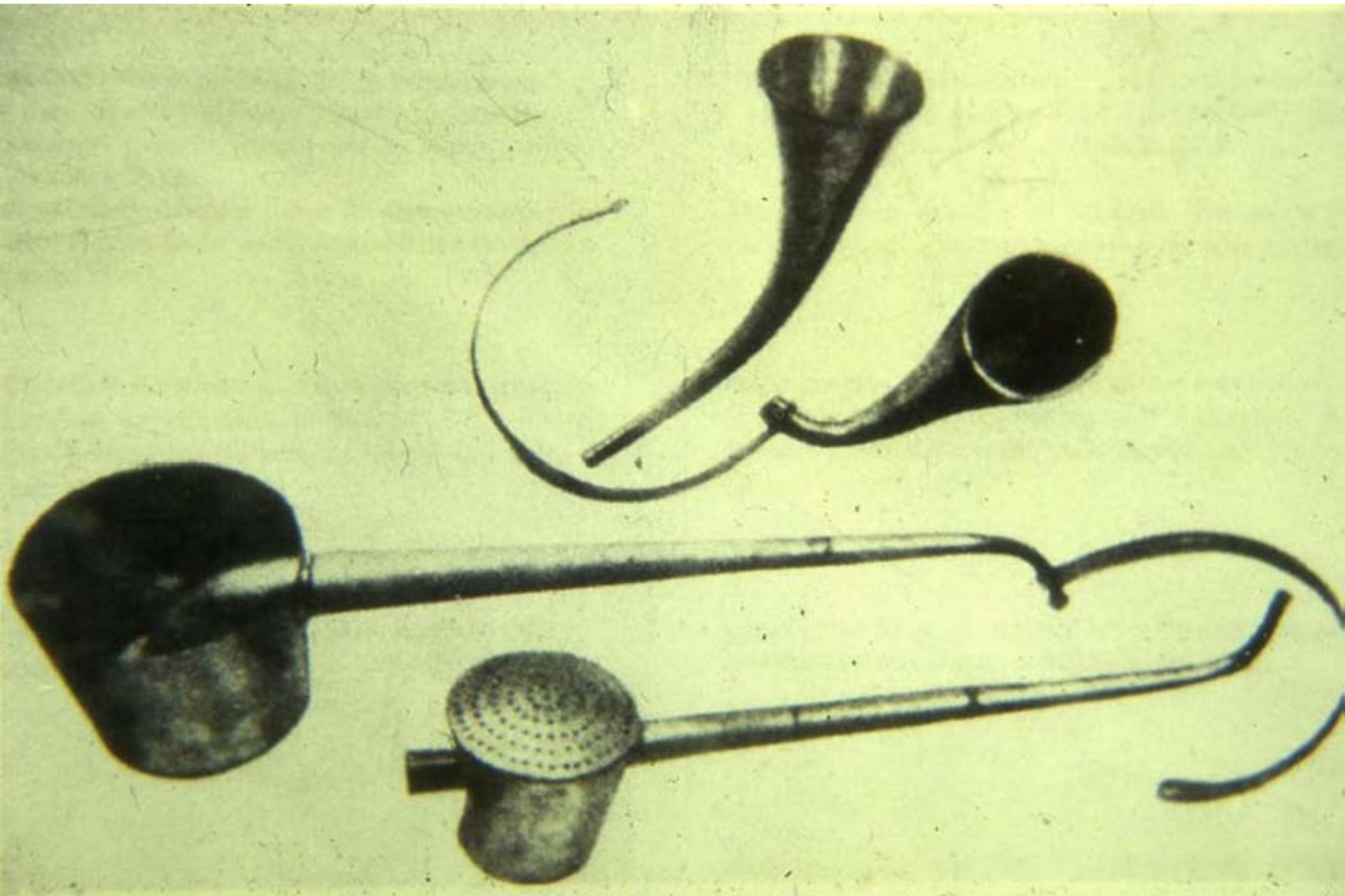


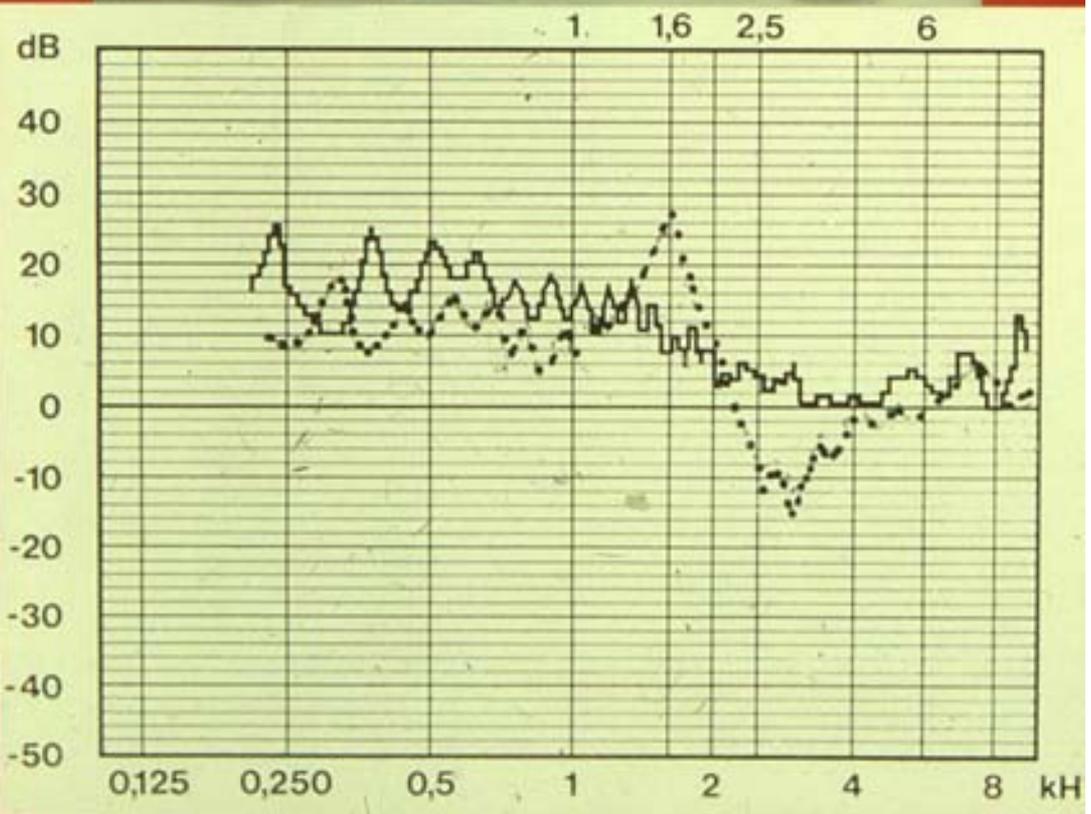
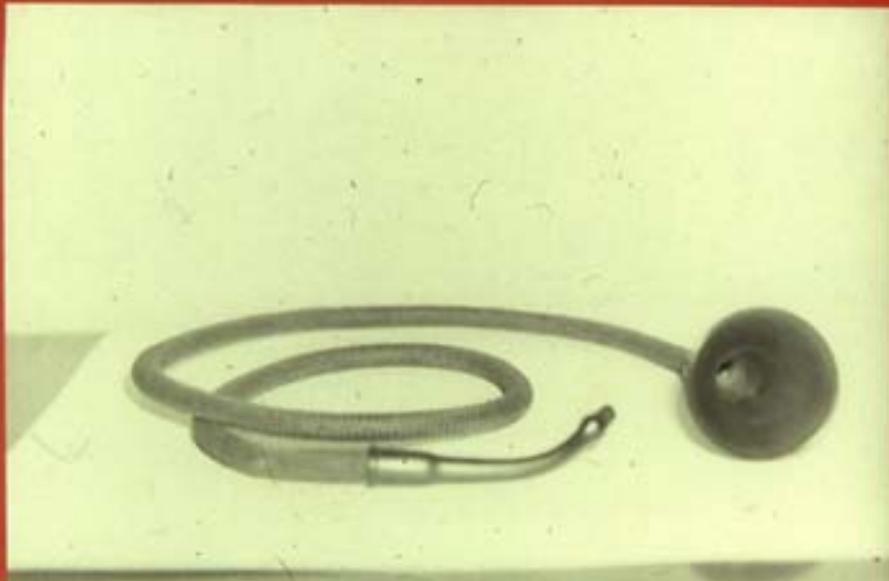


FIG. 3. — Fauteuil acoustique dit de Curtis (1841).





7 - Il « Dentaphone » (particolare di una illustrazione da Frank
ie, Illustrated News, New York, 13 dicembre 1879).

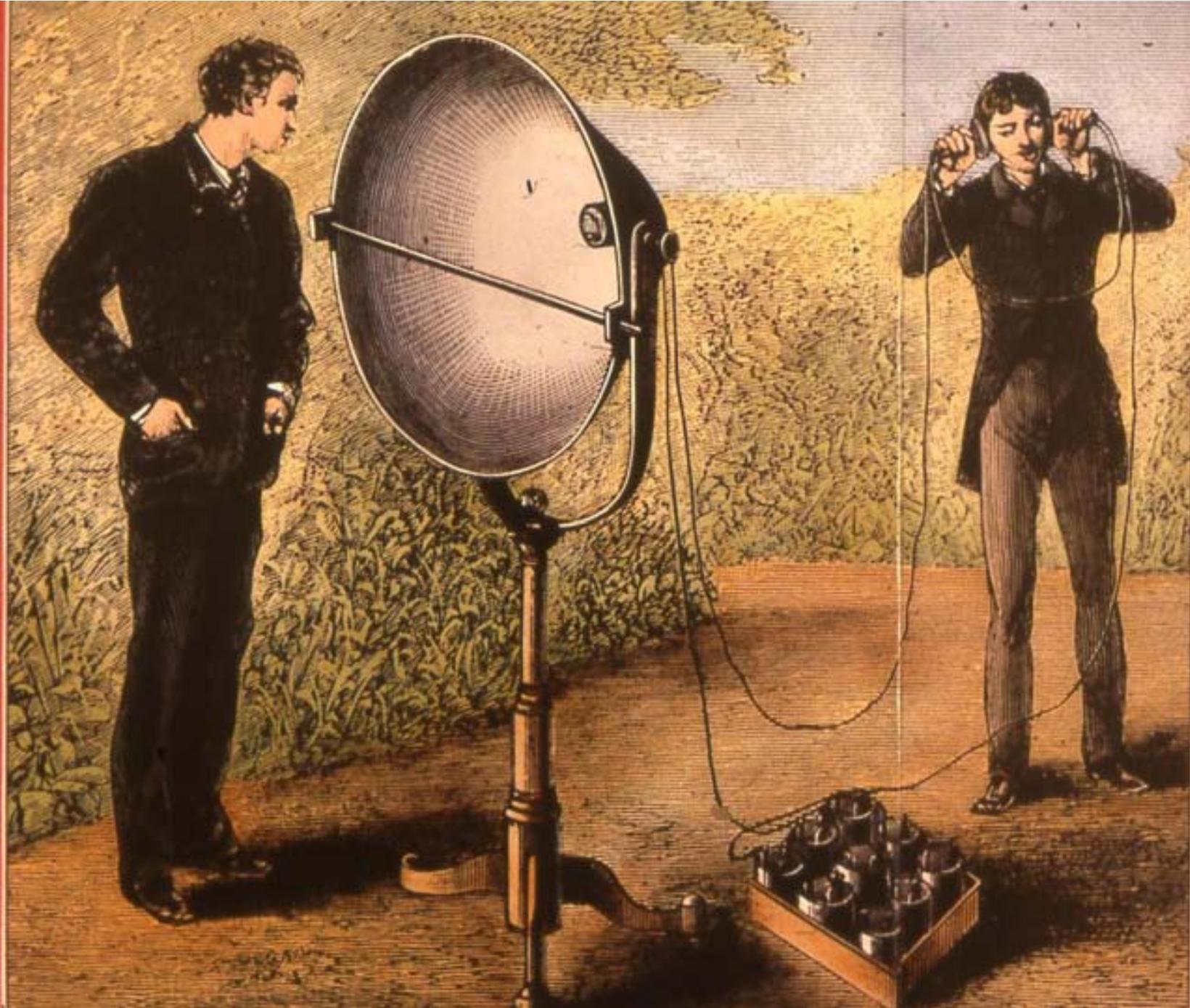






APR 18 1878

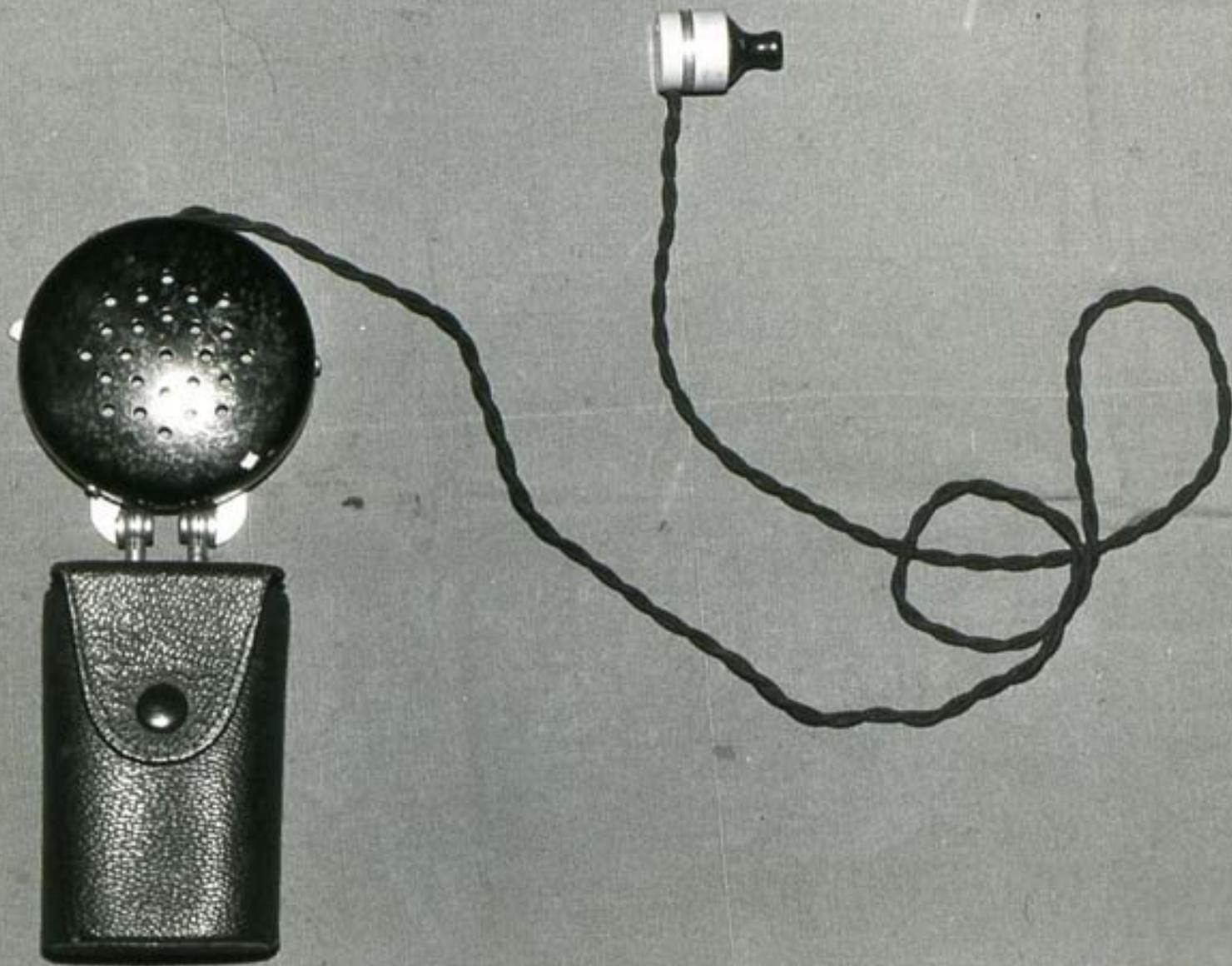
From a photograph of an American class in the New York Institution, showing the use of the "Currier Conico-cylindrical Conversation Tubes with Duplex Ear-Piece."



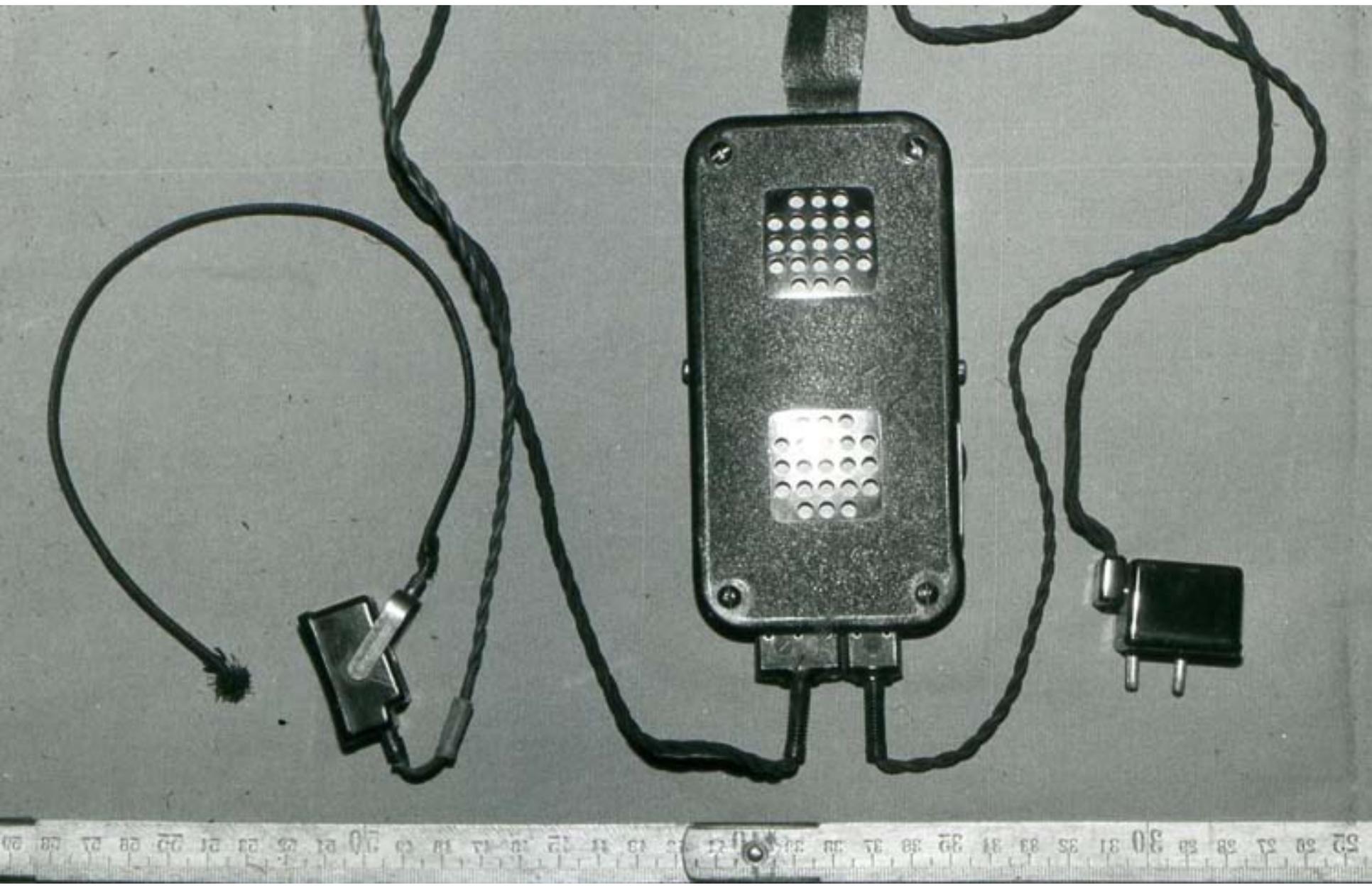


g. 8 - L'apparecchio di Hutchison usato nel 1901 in occasione dell'incoronazione della Regina Alessandra d'Inghilterra.









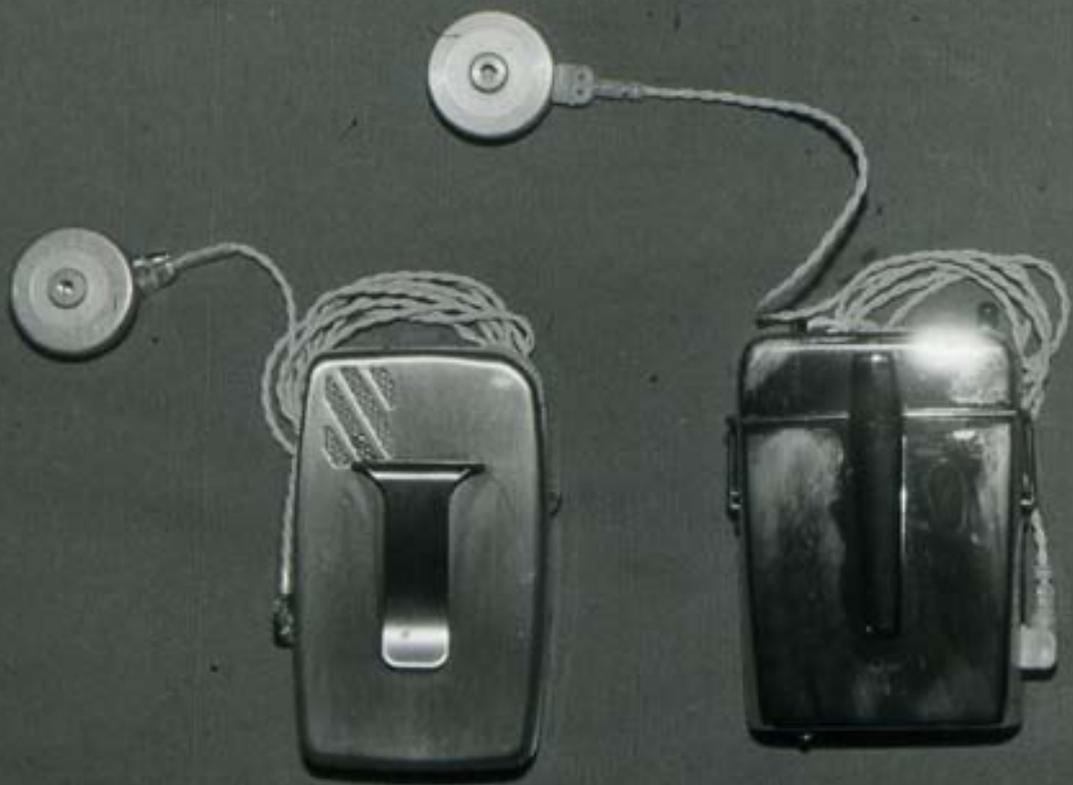




MODELLO
GV-700

WARNING
DO NOT FORCE
COVERS-BAT-
TERY INTO FRAME
BREAKAGE MAY
RESULT-ANY
COVERS-BAT-
TERY

38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60









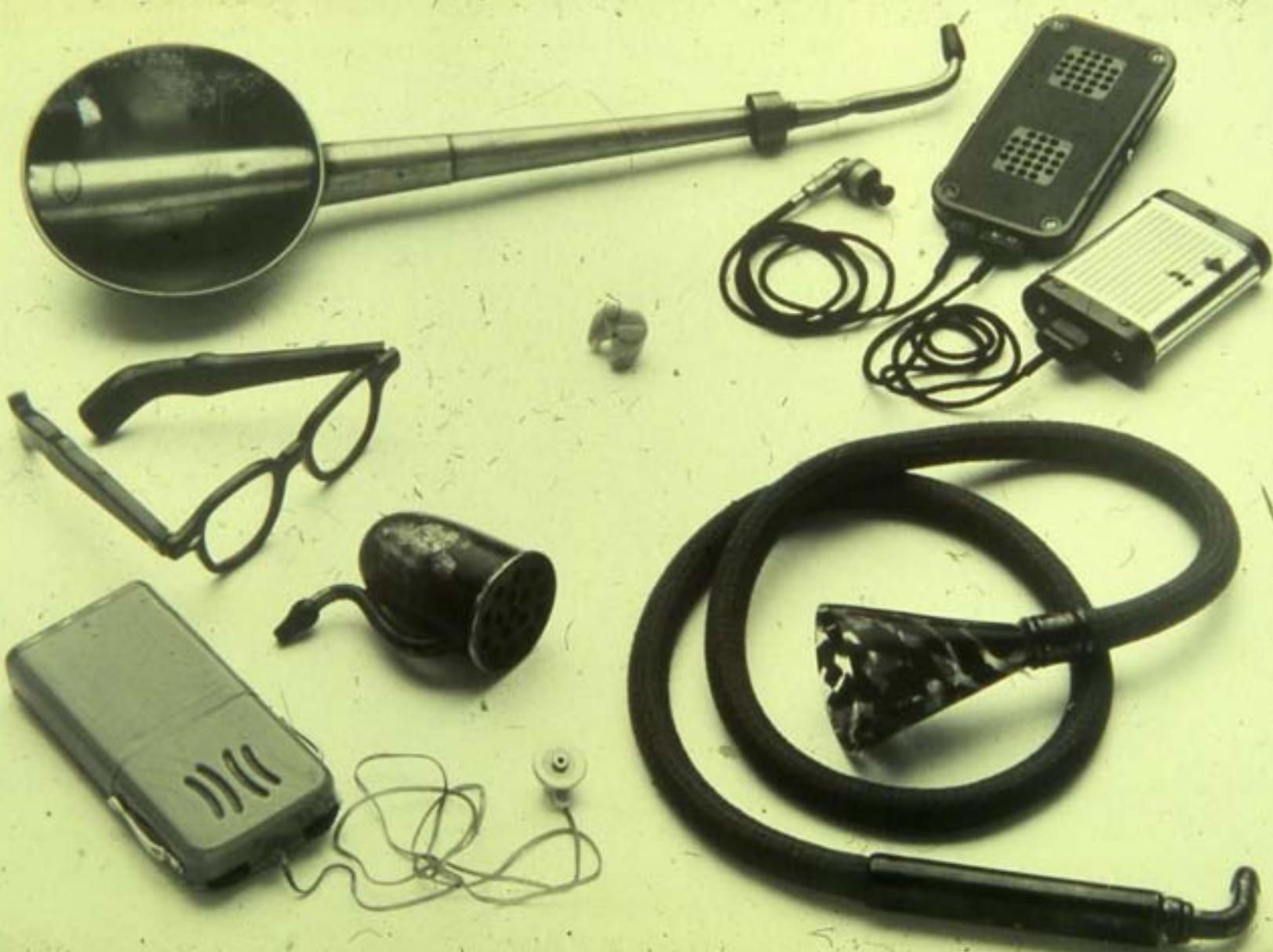
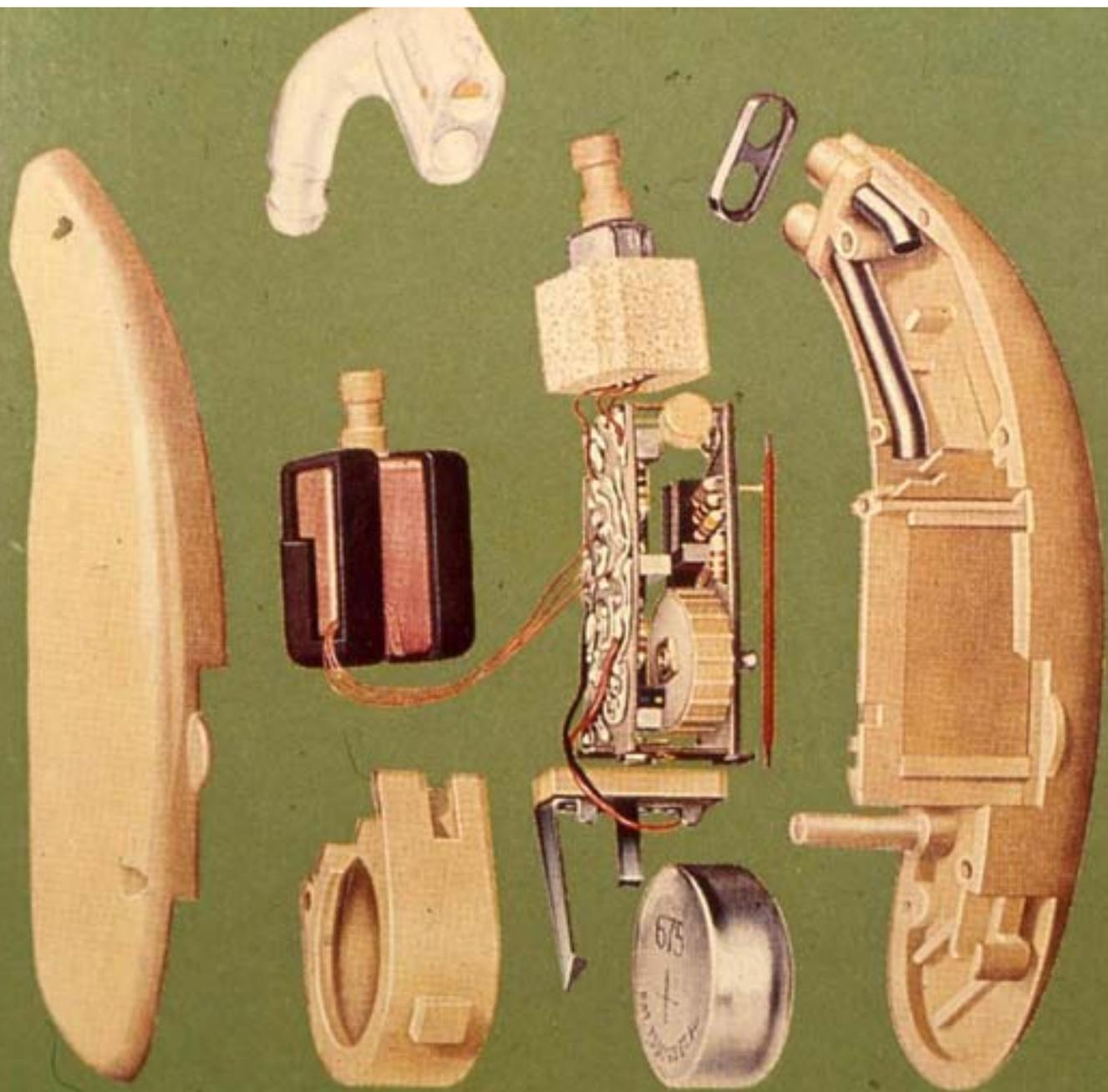






Fig. 1. - Schema a blocchi di una protesi acustica.



INPUT

AMPLIFICATION STAGES

OUTPUT



Hello

PERSON SPEAKING

Hello Hello Hello



HEARING AID

MICROPHONE

AMPLIFIER

RECEIVER

Hello



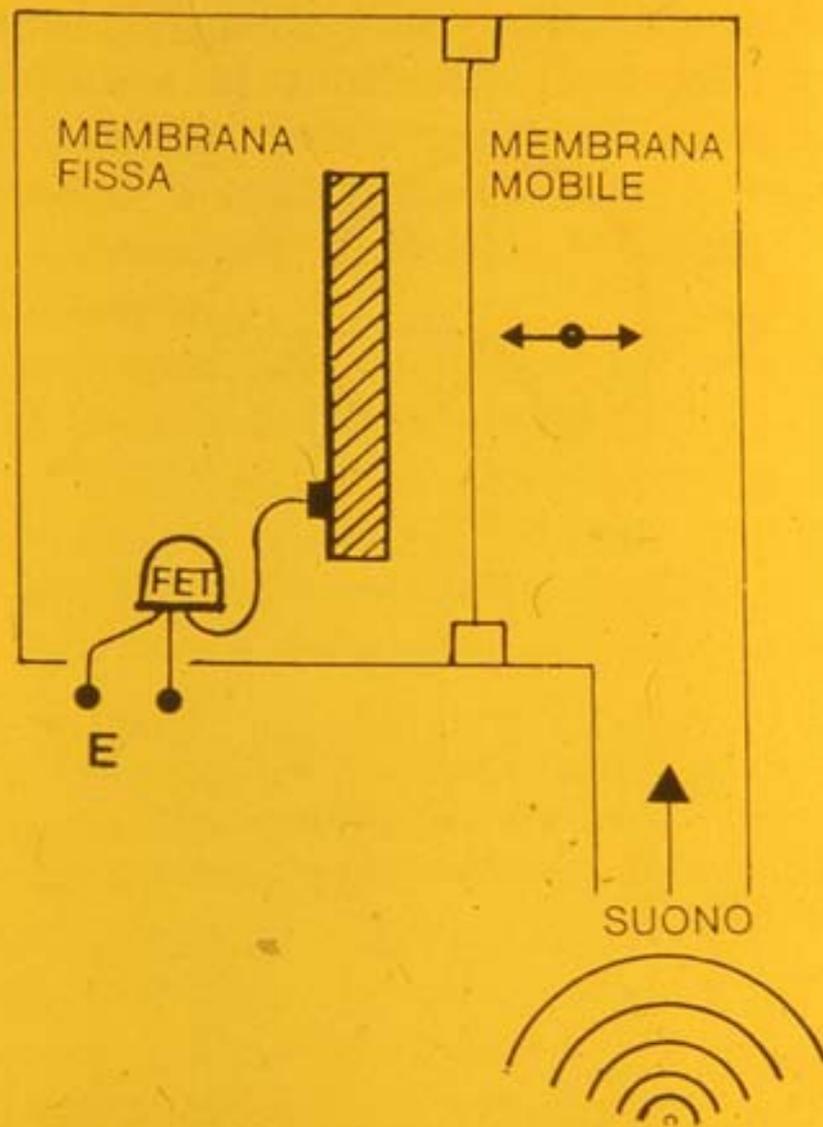


Fig. 9 - Rappresentazione schematica di un microfono condensatore electret. La membrana mobile per effetto del suono varia il campo elettrico esistente con la membrana fissa.

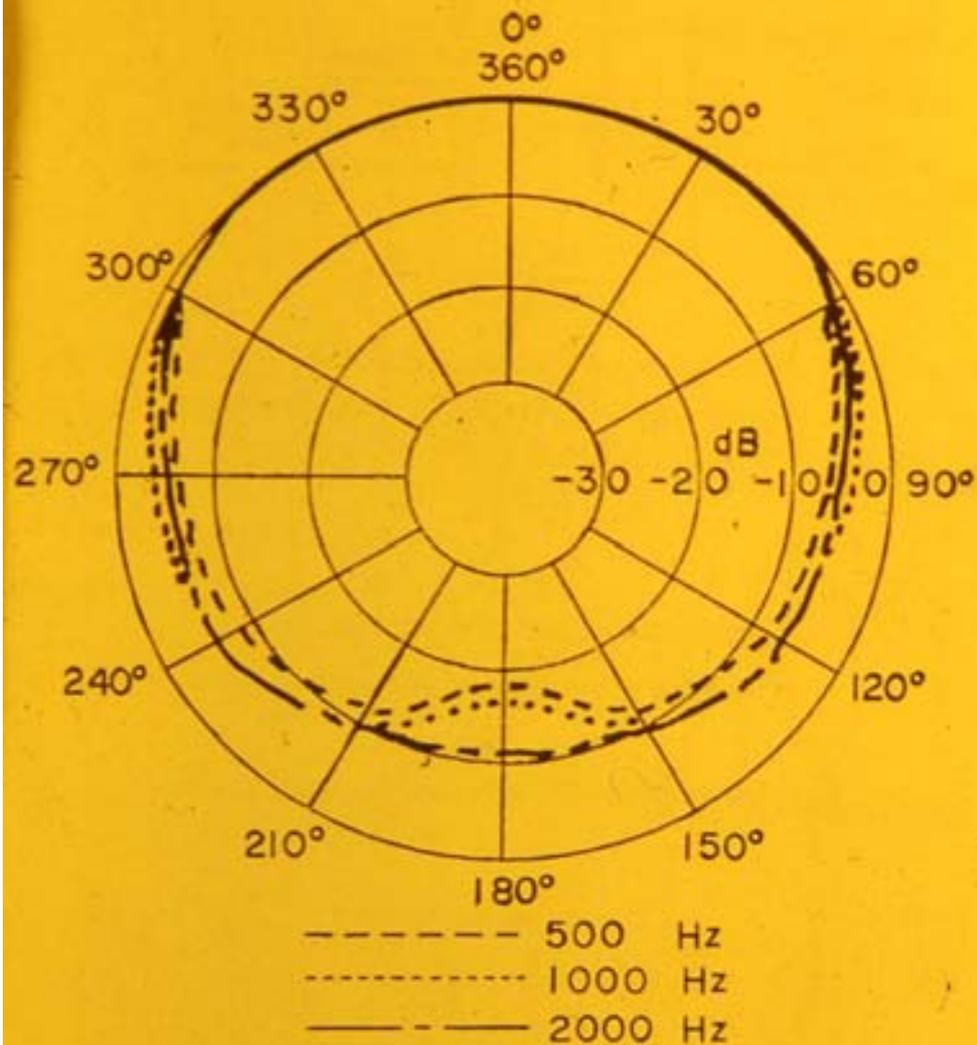
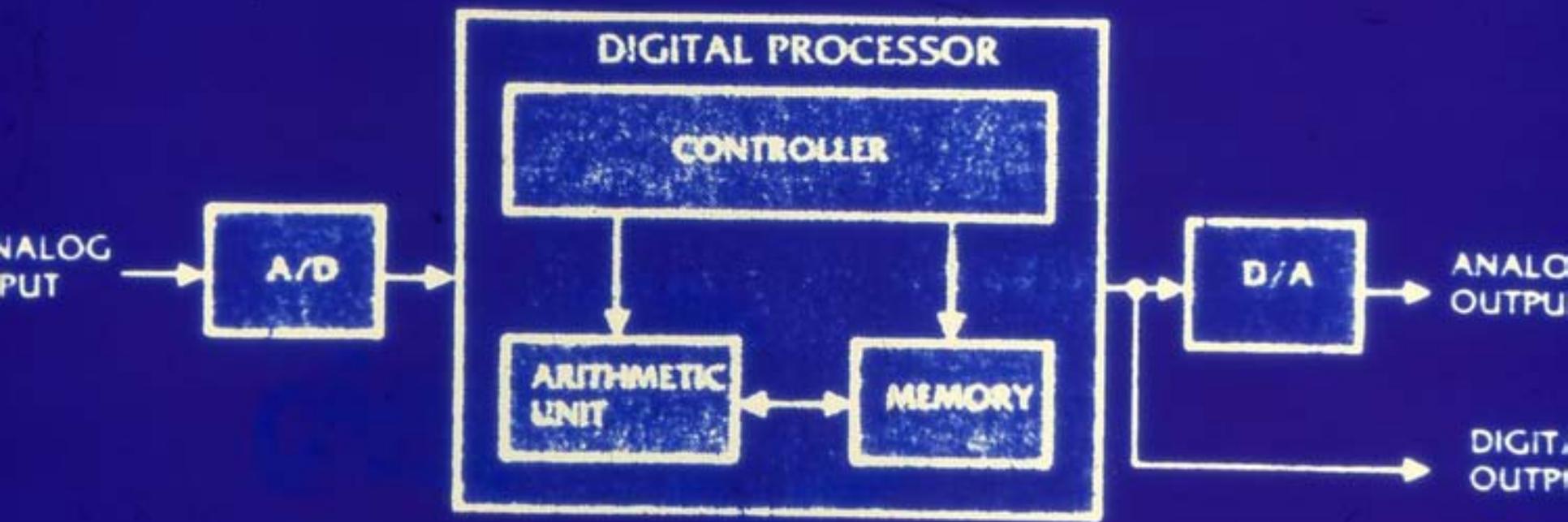


Fig. 14 - Diagramma polare delle caratteristiche di risposta di una protesi acustica con microfono direzionale. Si osservi come il grafico cardioide vari in funzione della frequenza.

REAL TIME DIGITAL FILTER

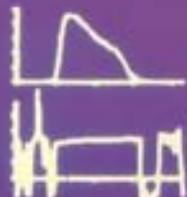
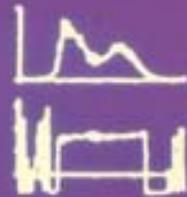




CONTROL
FUNCTIONS

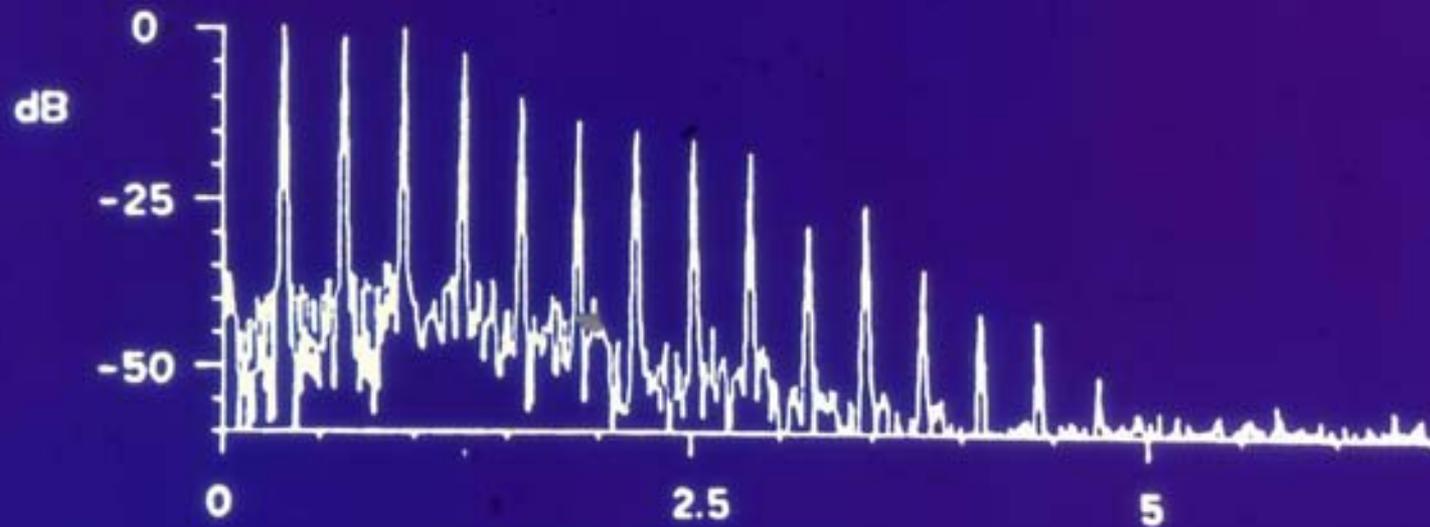
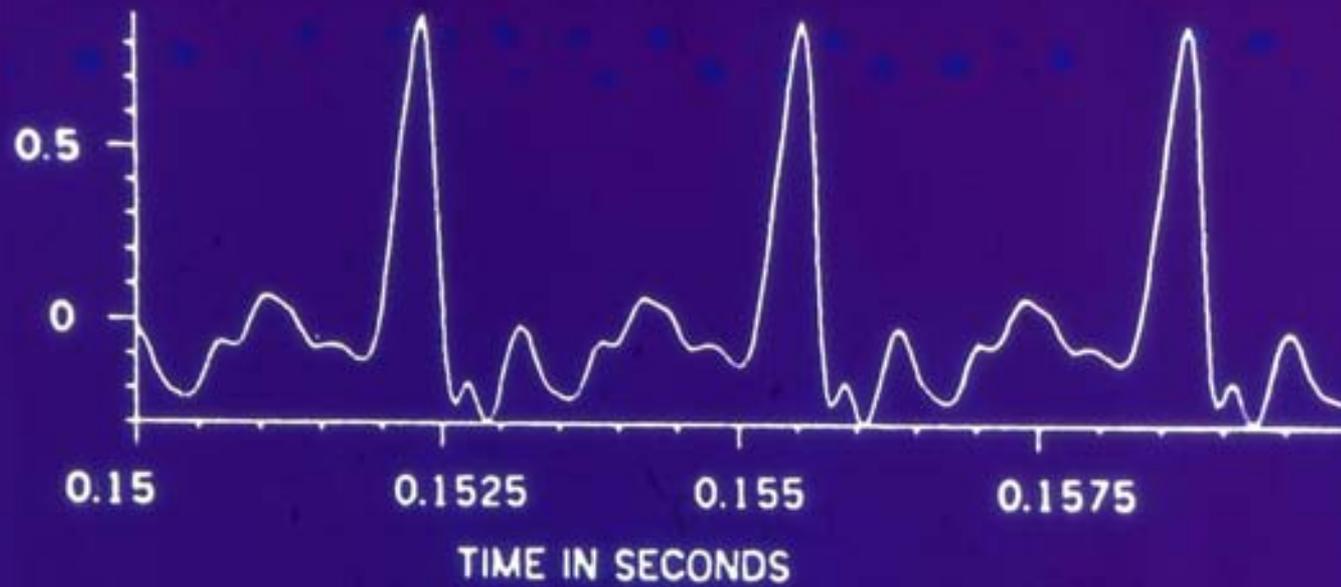
SINUSOIDAL
OSCILLATORS

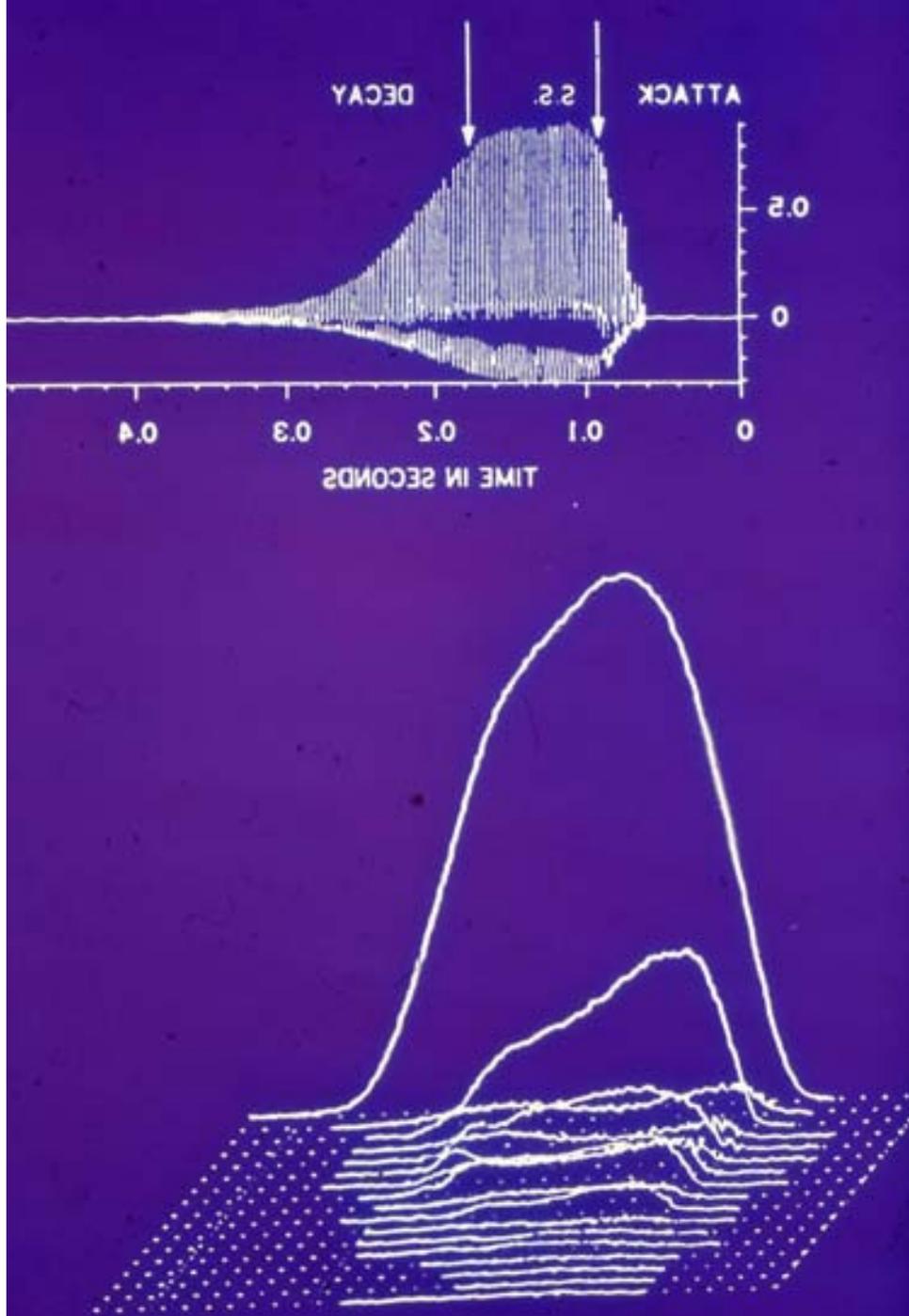
OUTPUT
SUMMATION

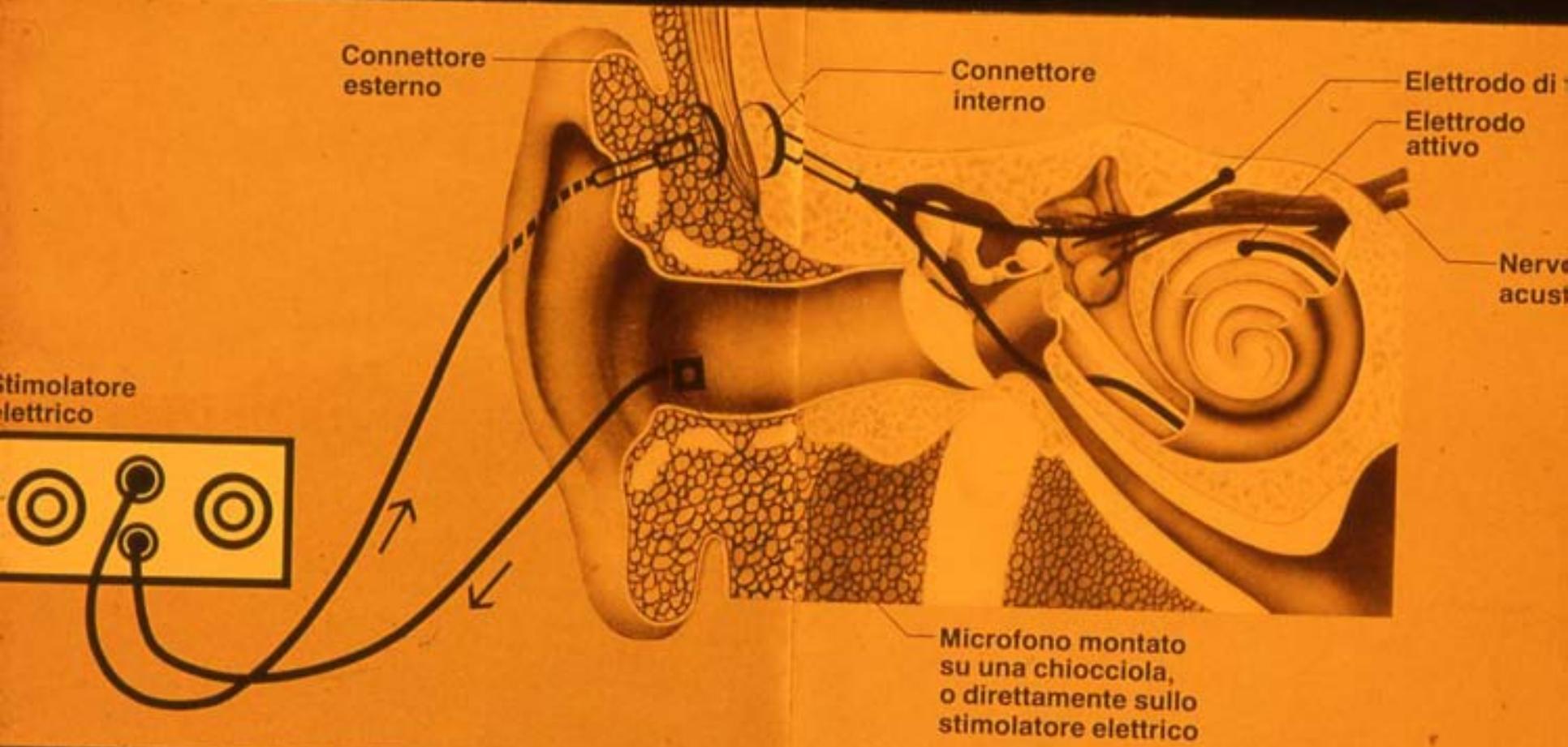


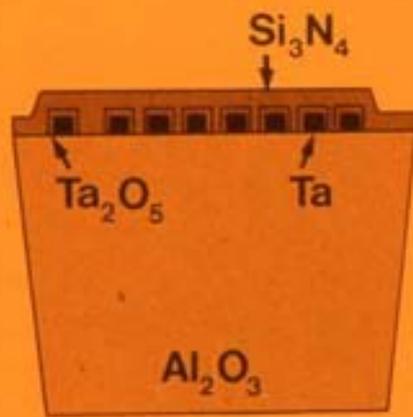
$x(n)$

(more ...)

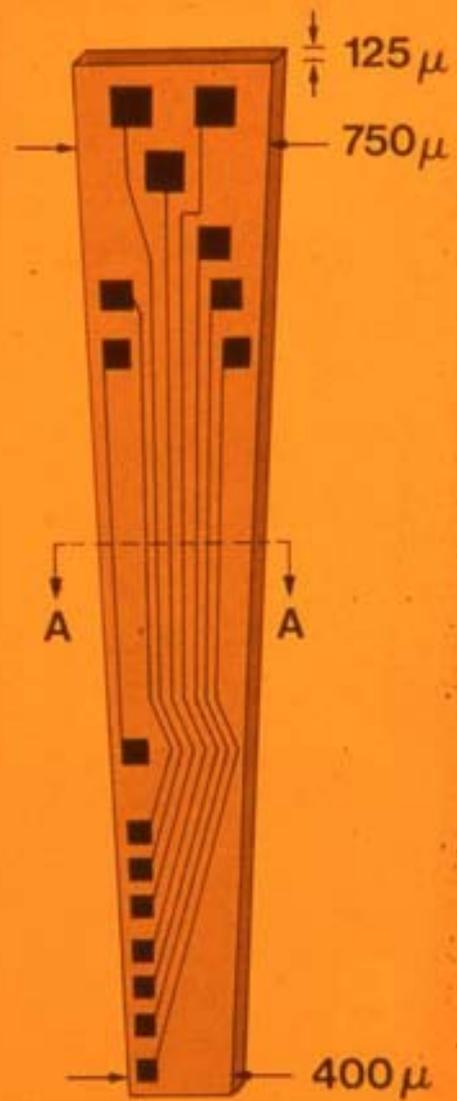


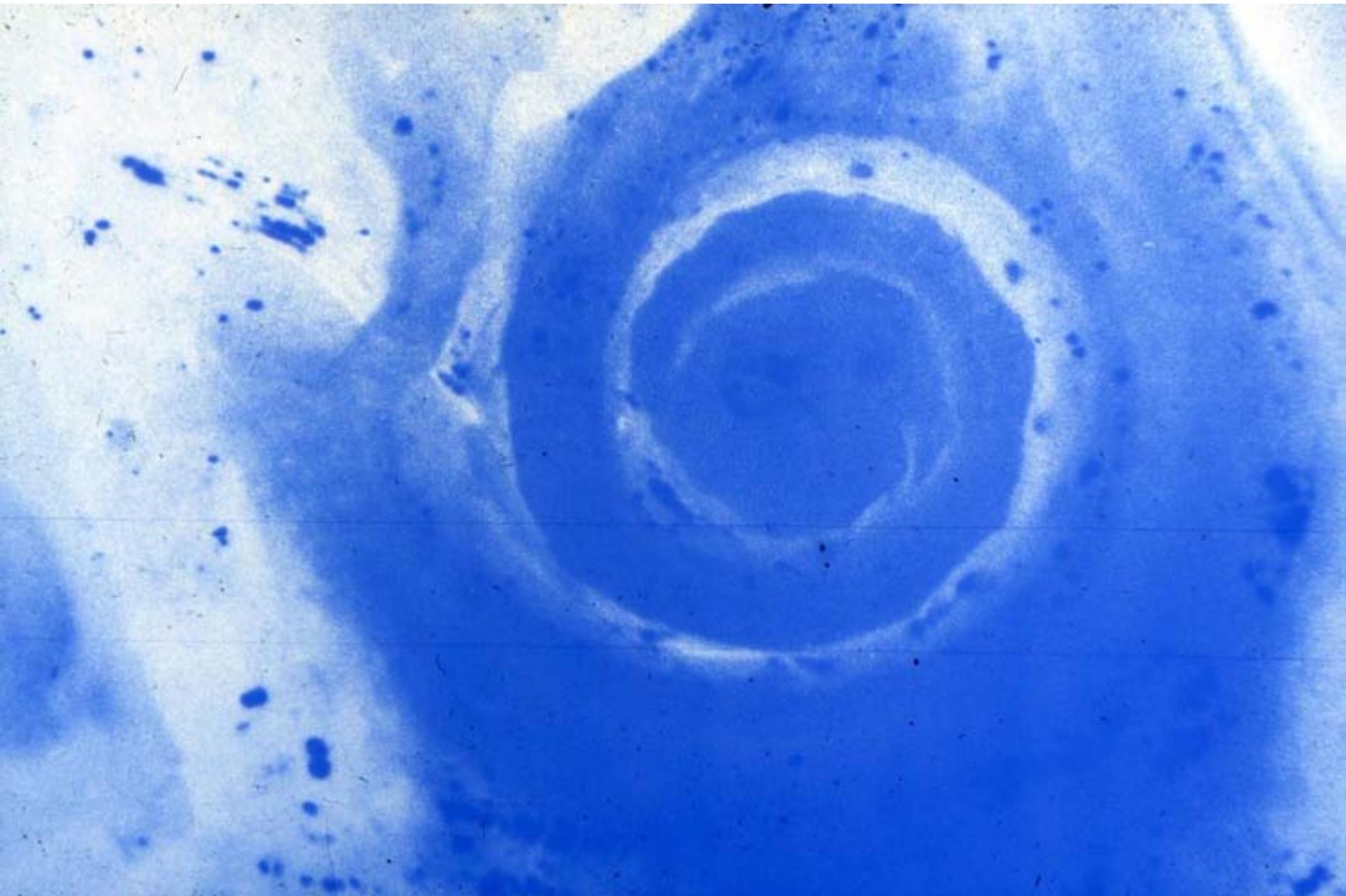






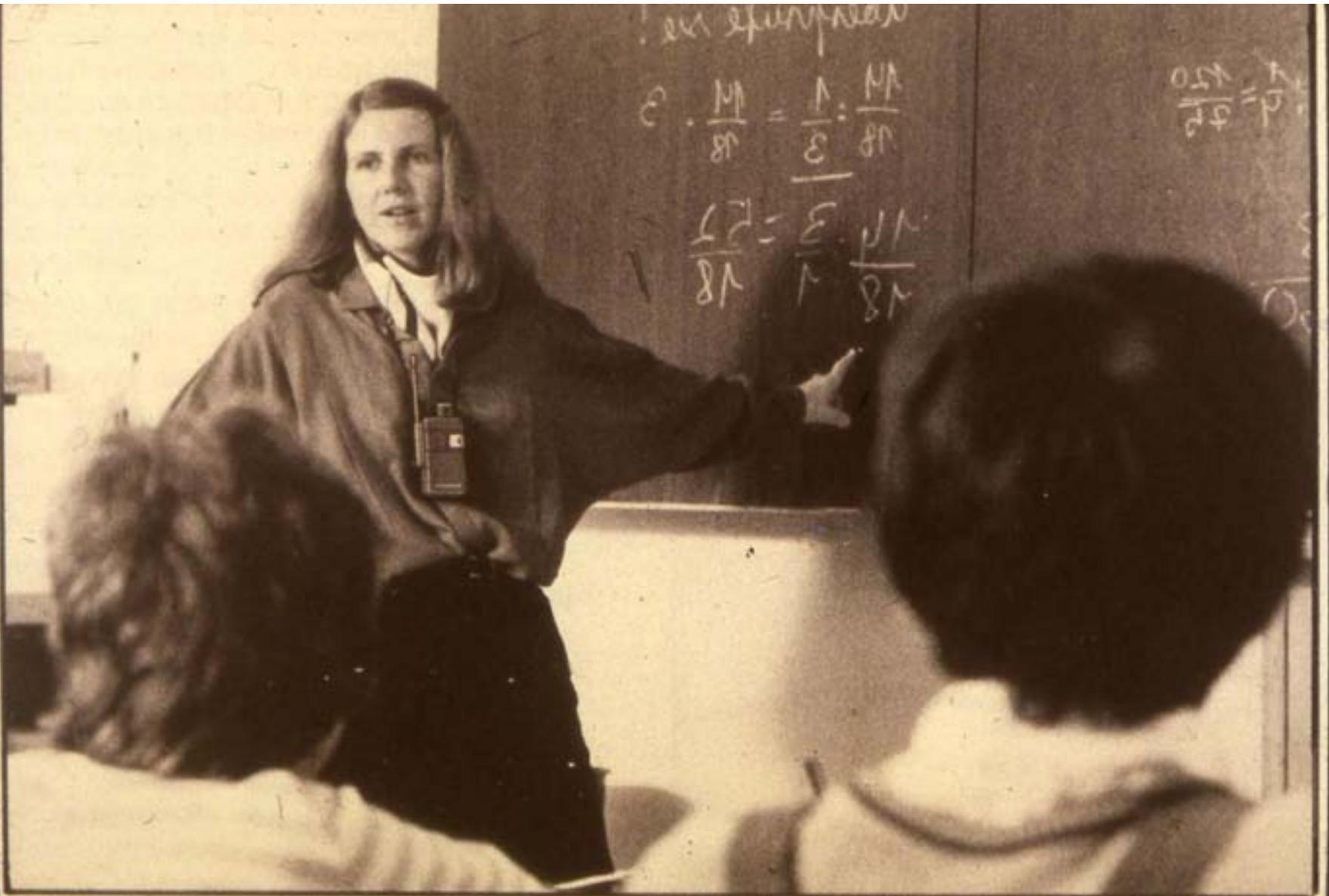
Sezione AA



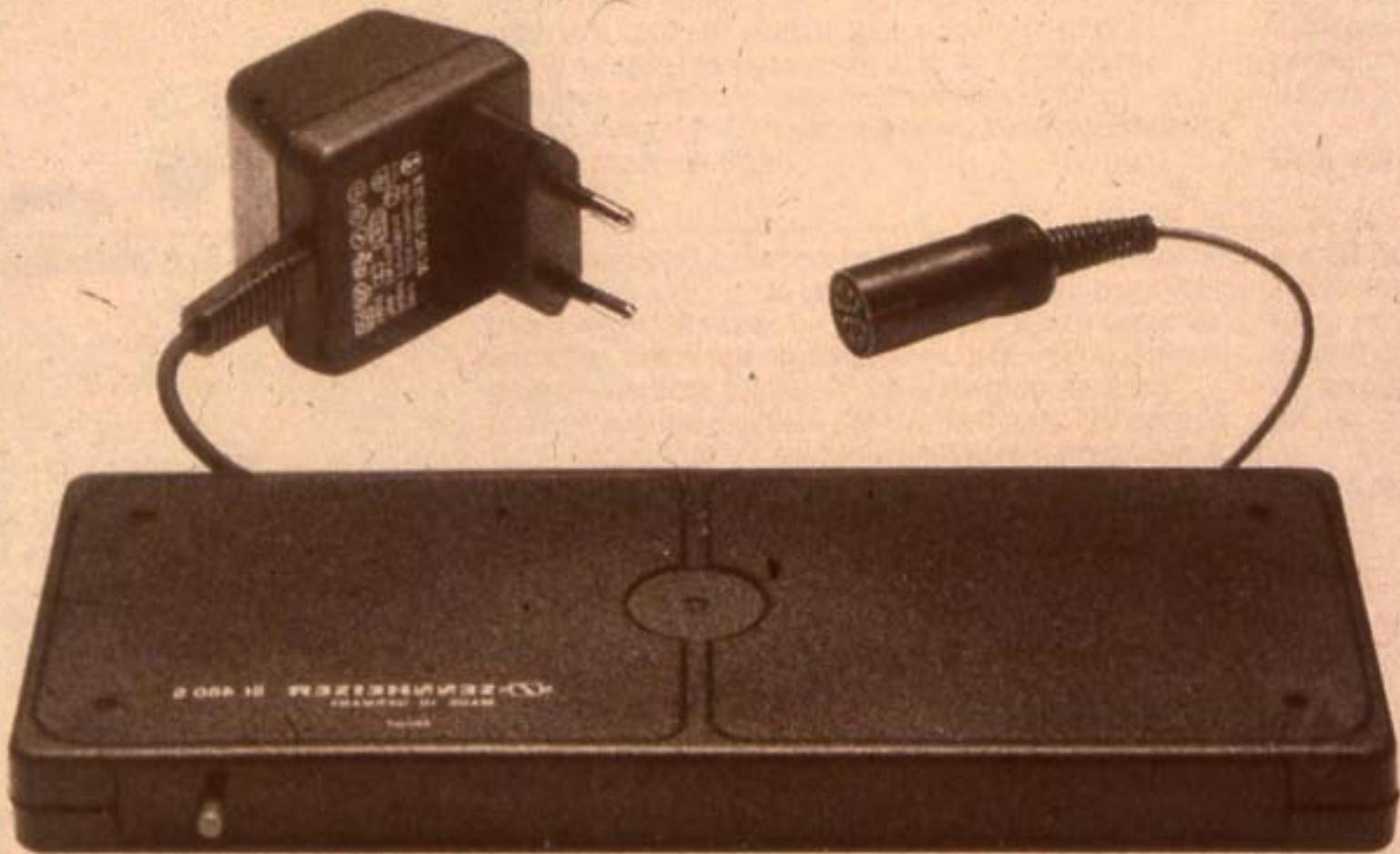




Altoparlante EM HC 443 B con presa acustica "PHONE PAIR" HC 880 dotata di ingresso audio.







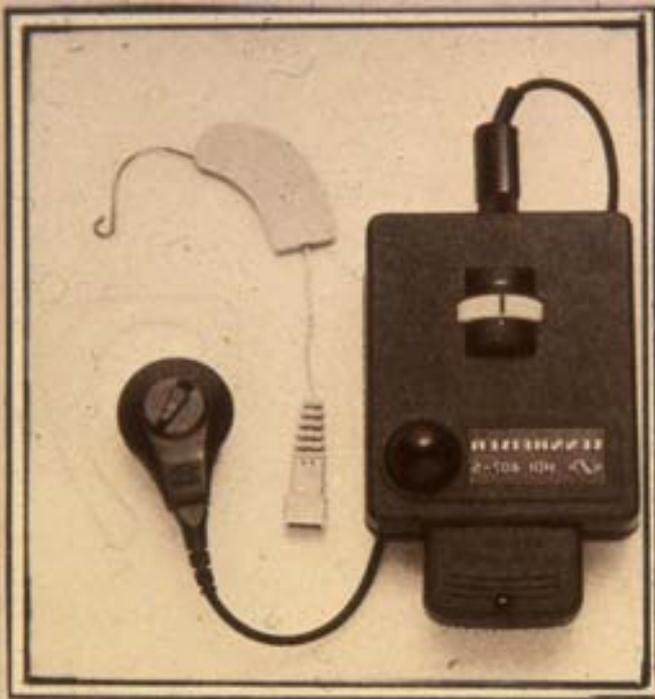
214002

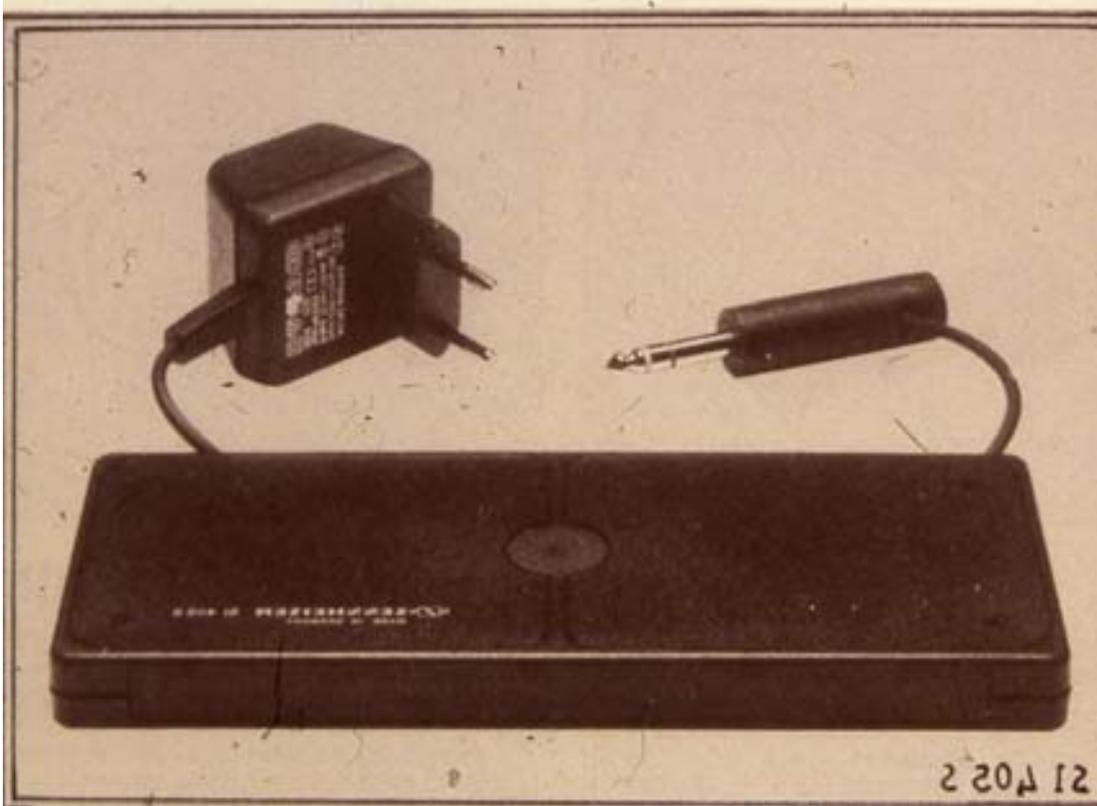


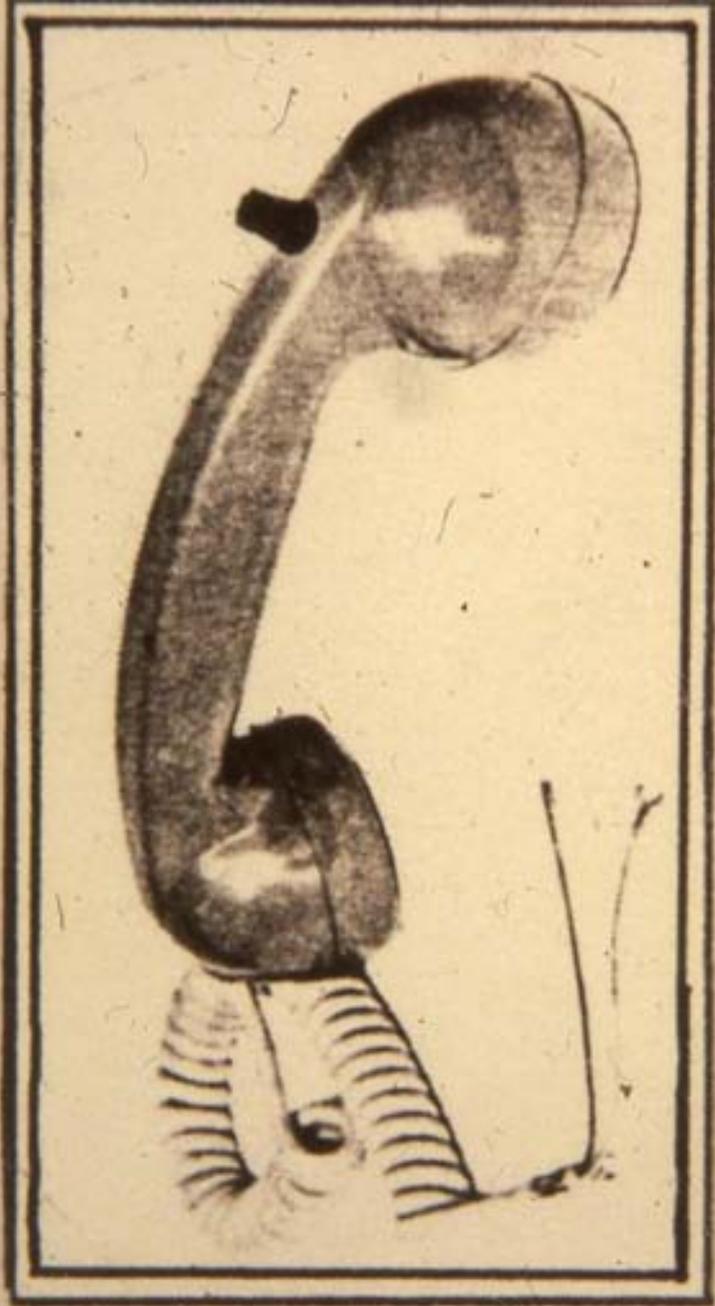
EK 1011



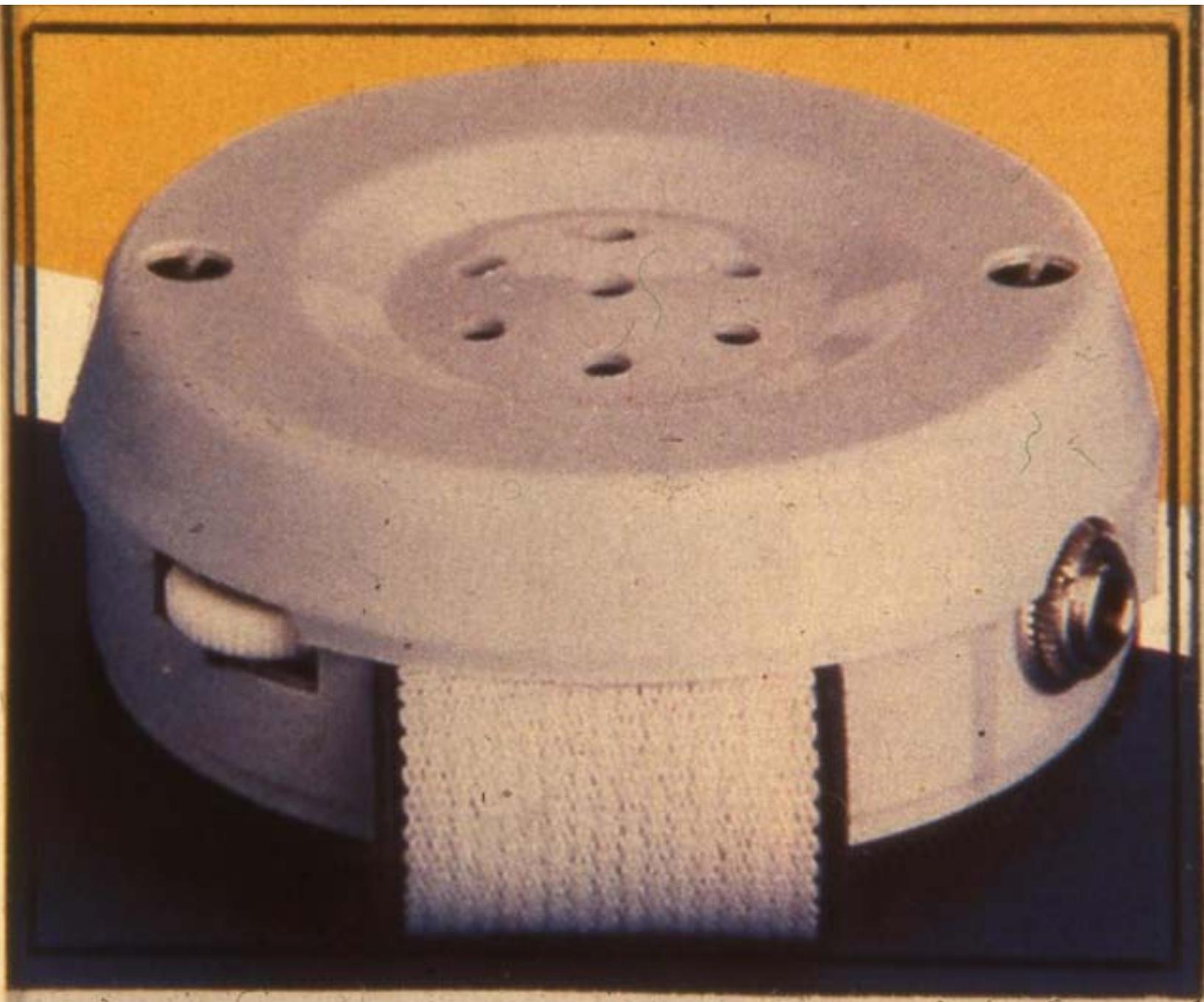
SK 1011

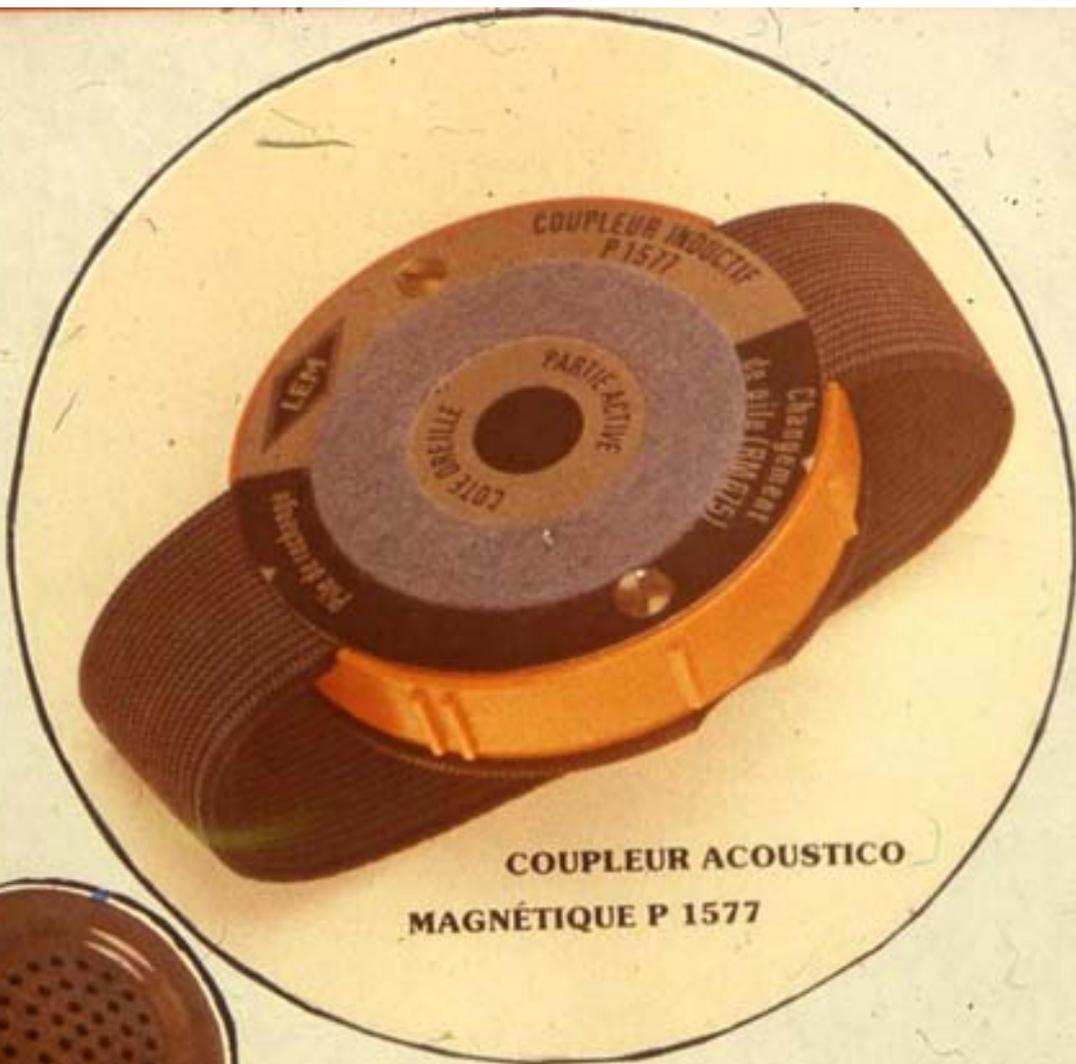
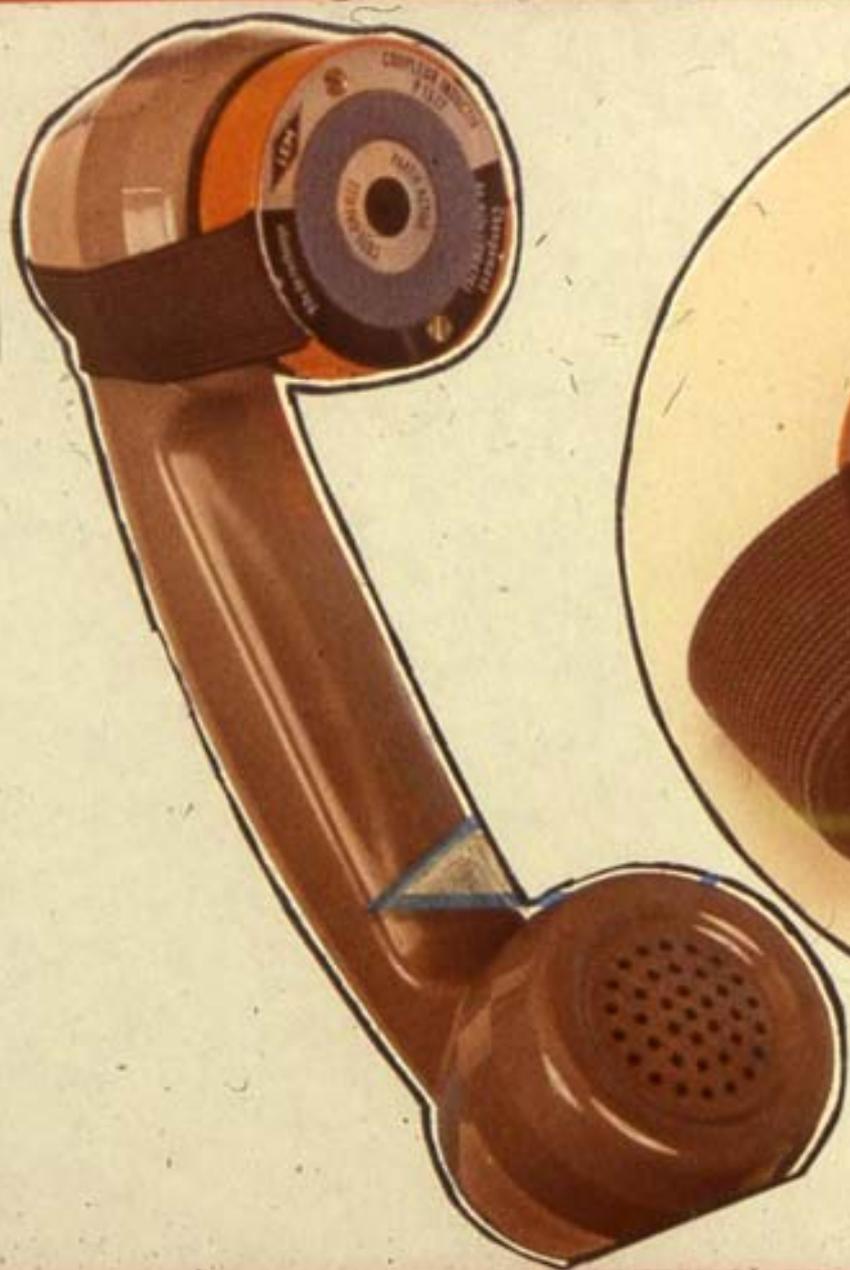












**COUPLEUR ACOUSTICO
MAGNÉTIQUE P 1577**



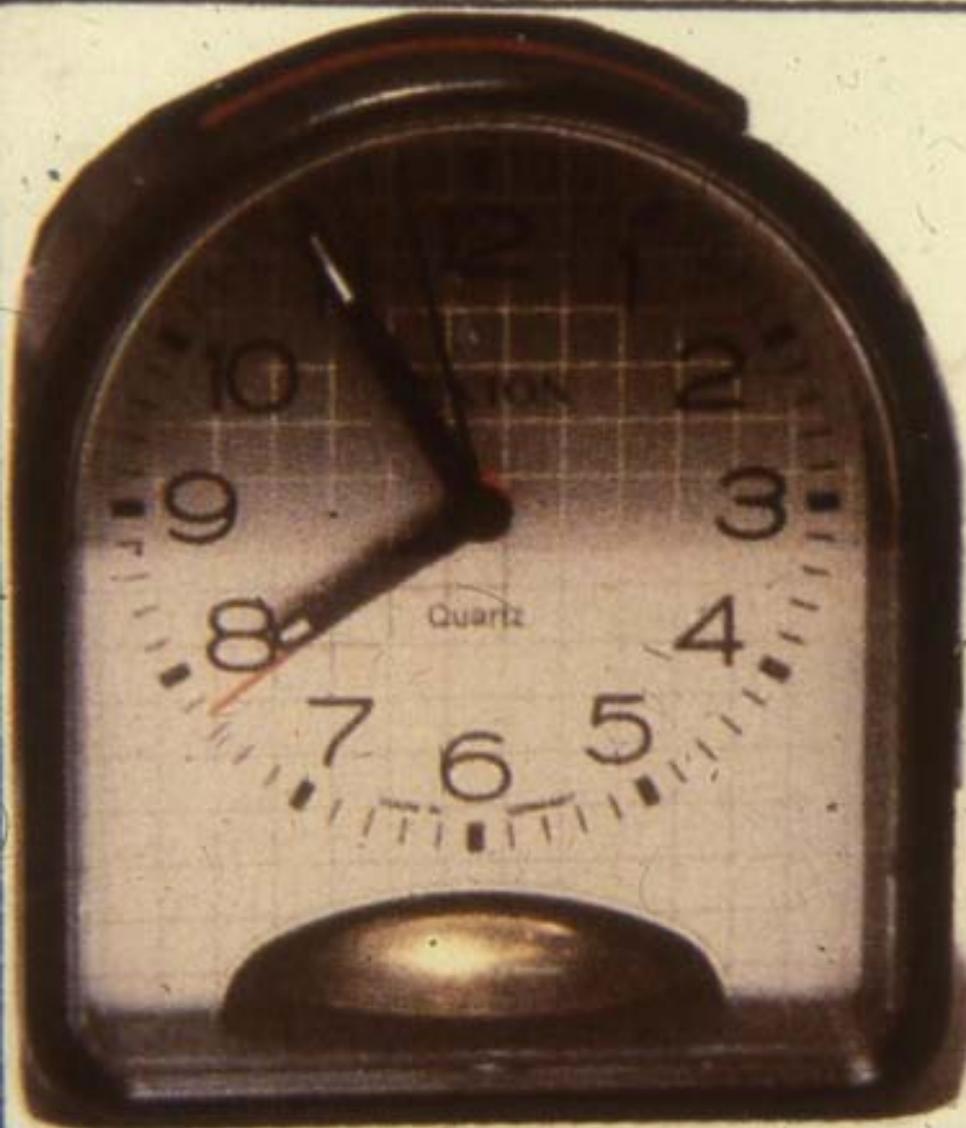
I COME STAI SONO CARLO**3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	Q
Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	.
A	S	D	F	G	H	J	K	L	;	'
Z	X	C	V	B	N	M	,	>	?	/







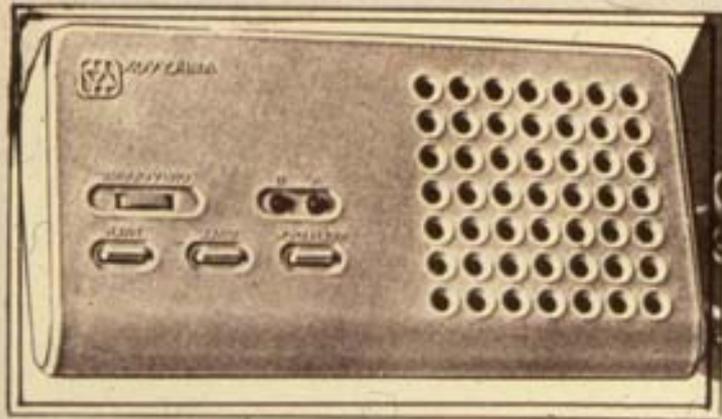




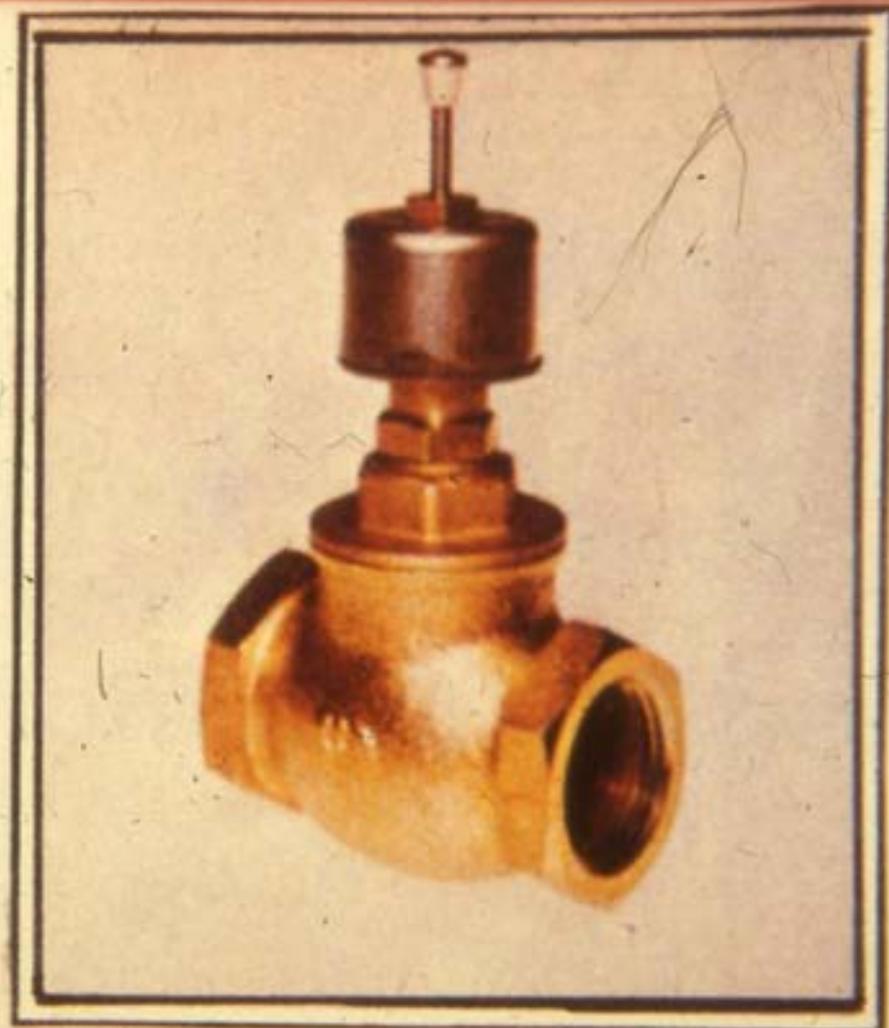
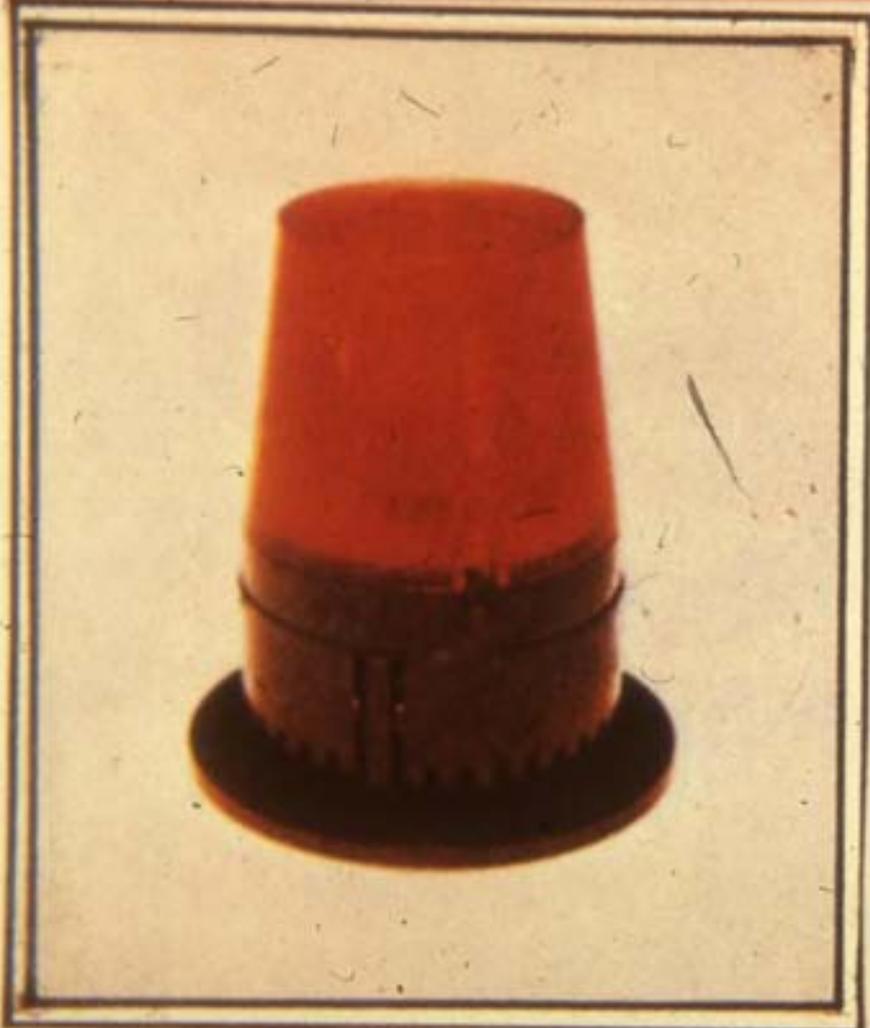


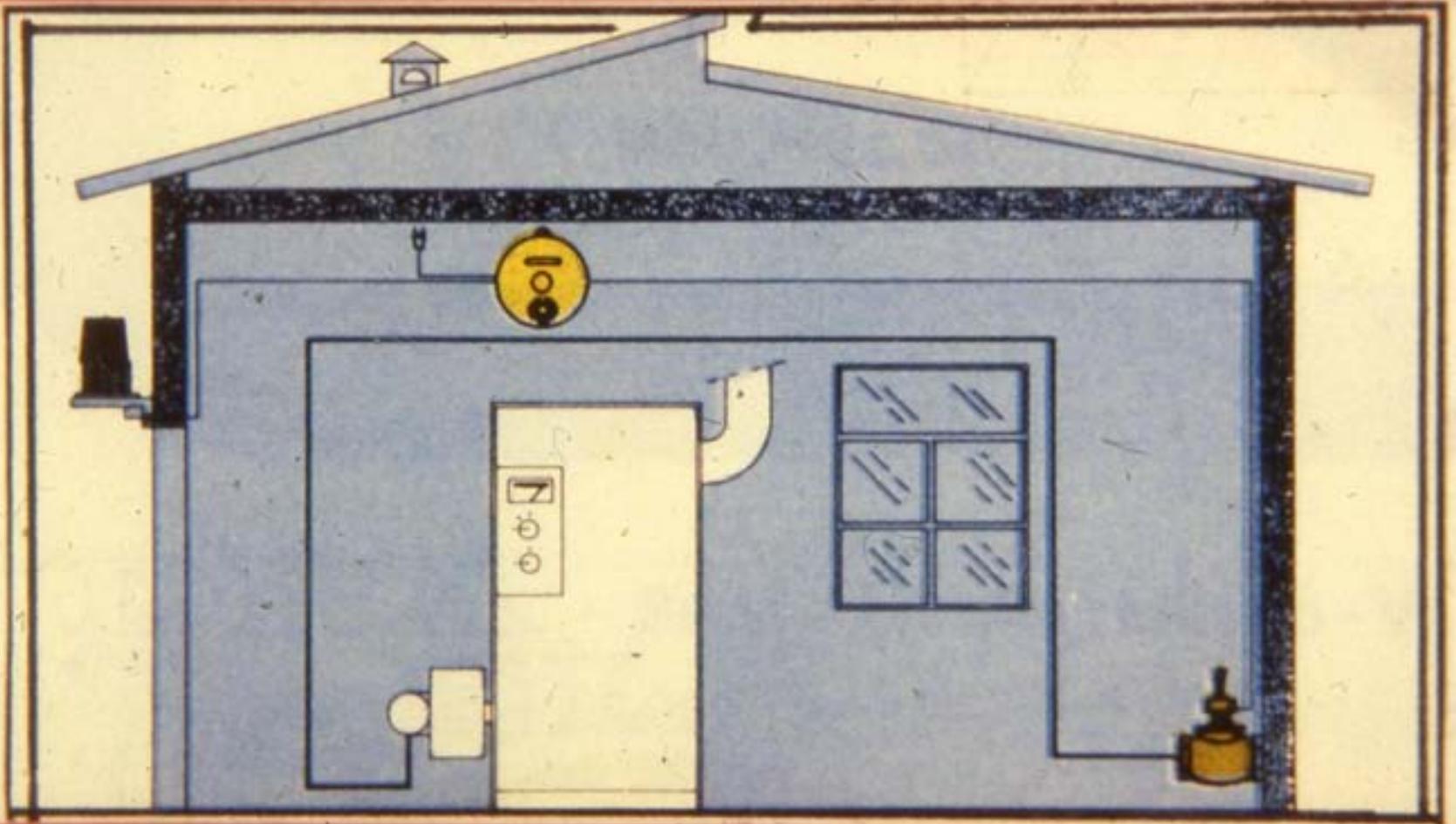


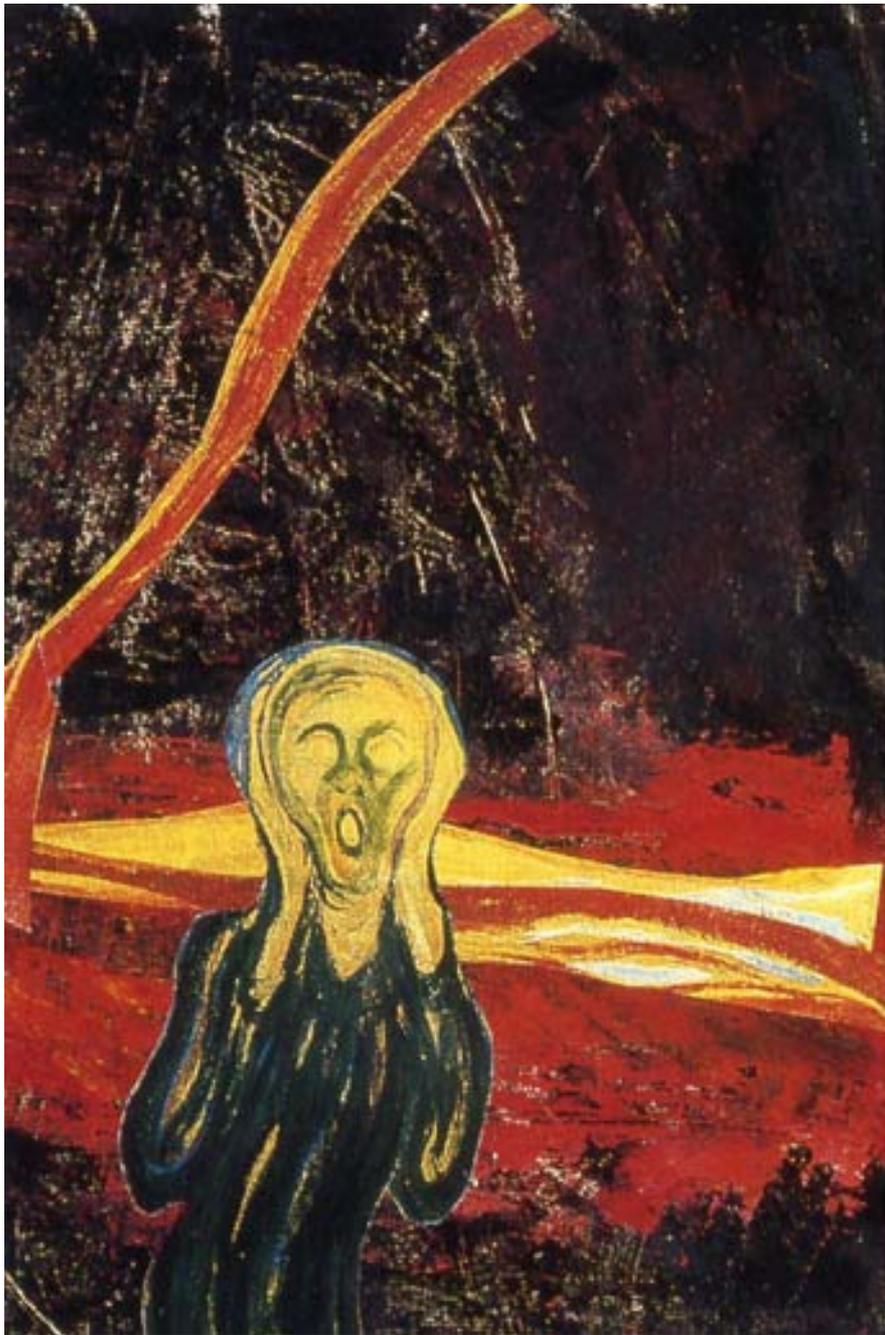
AMPLVOX cod. 209



2





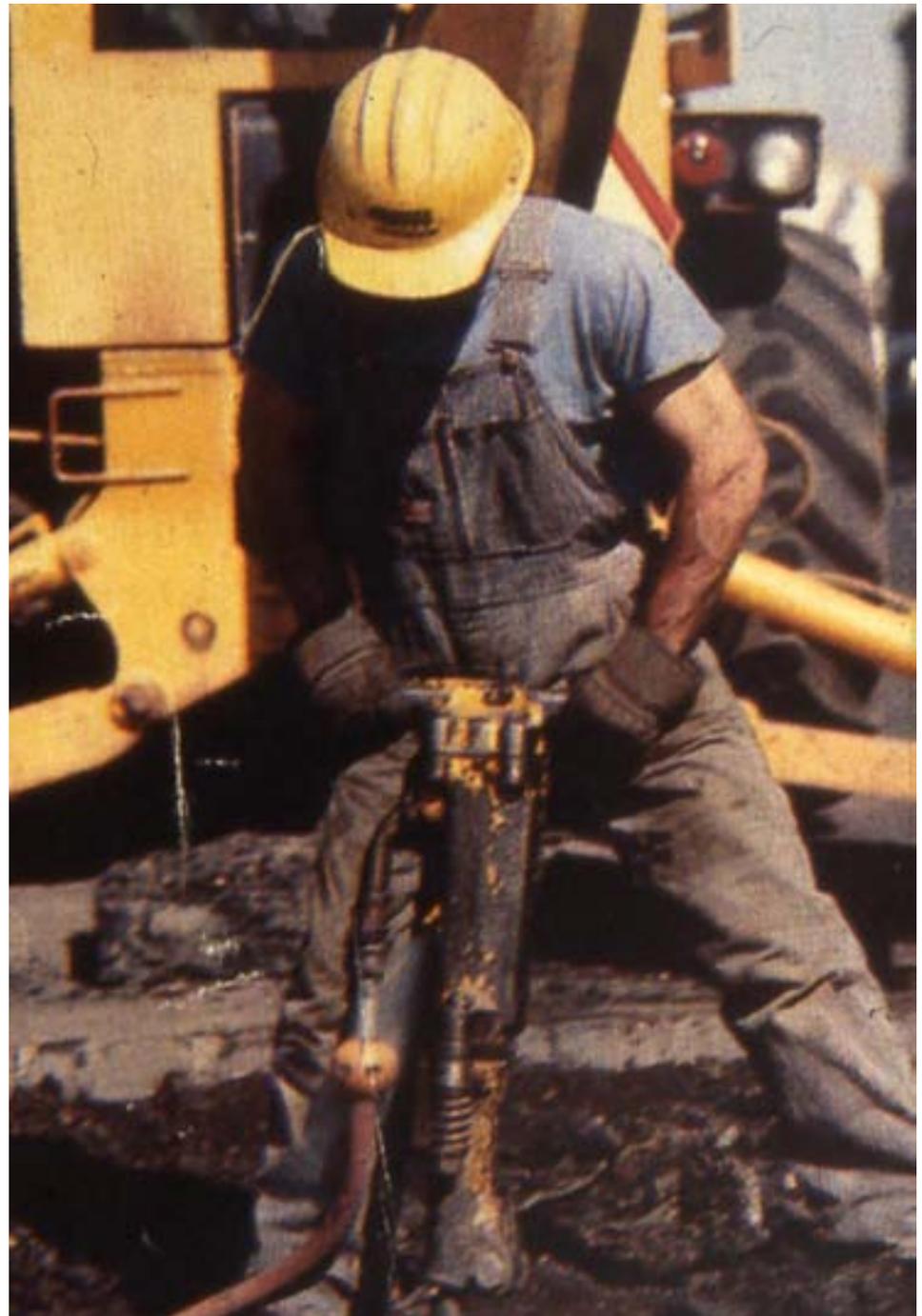


L'urlo di Munch

Una bella
rappresentazione del
fastidio da rumore.

Inquinamento acustico esterno

La legislazione che
tutela i lavoratori è
molto avanzata.

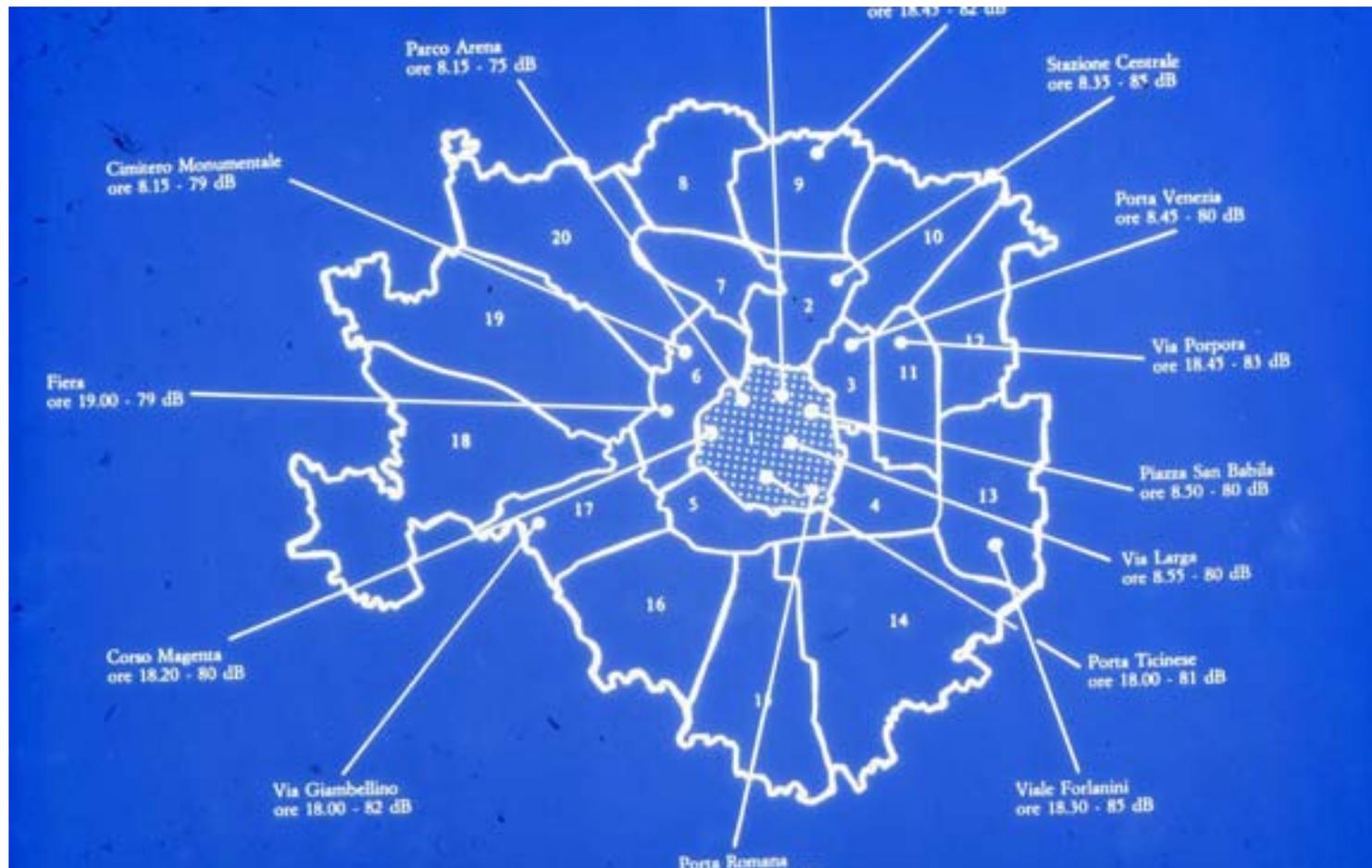


Inquinamento acustico esterno aeroportuale

Più complessa e meno applicata è la legislazione che tutela le persone residenti limitrofe gli aeroporti.

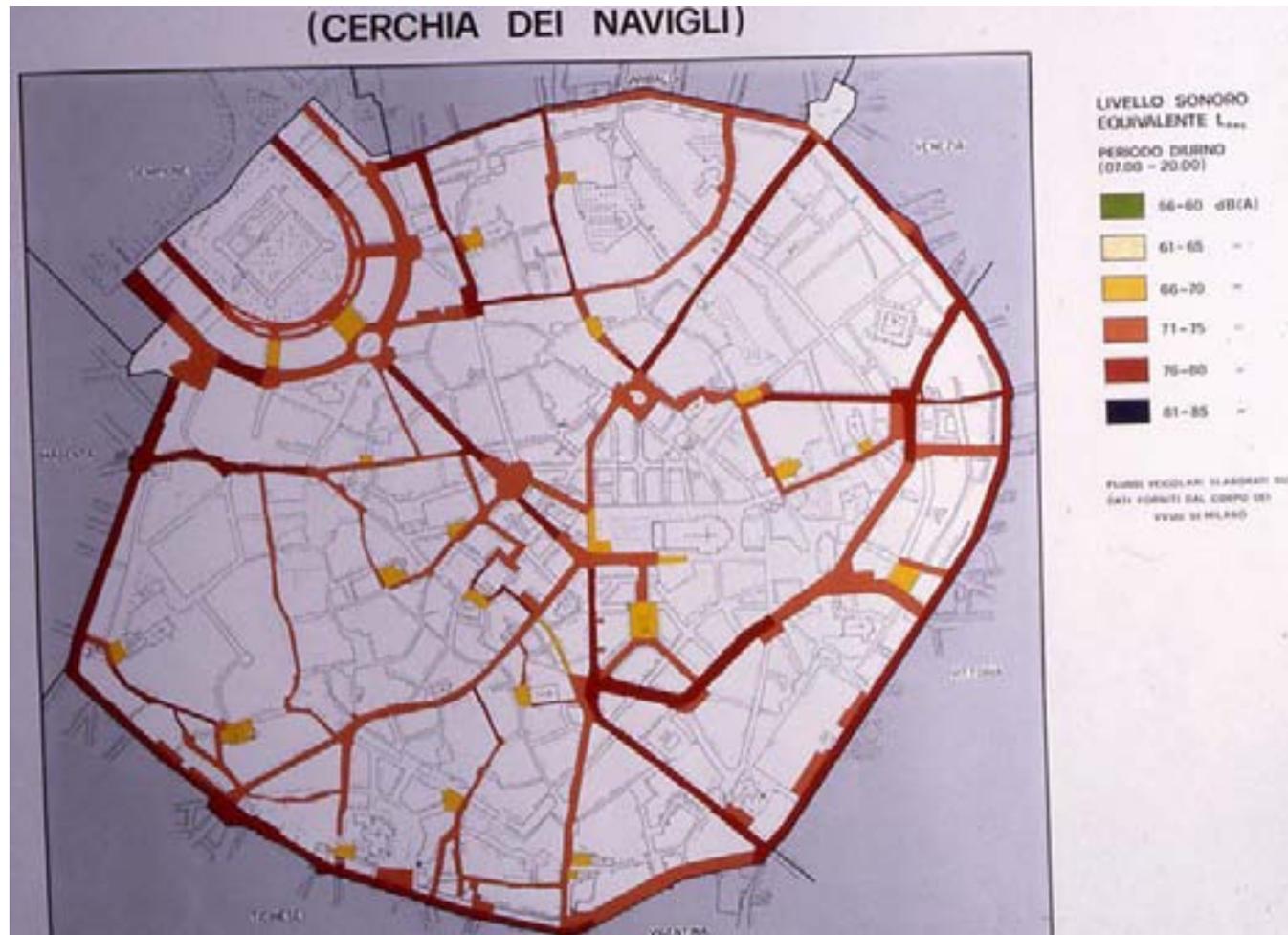


Inquinamento acustico esterno a Milano



Milano pulsa a livelli di 70 – 75 dB Leq.

Inquinamento acustico a Milano

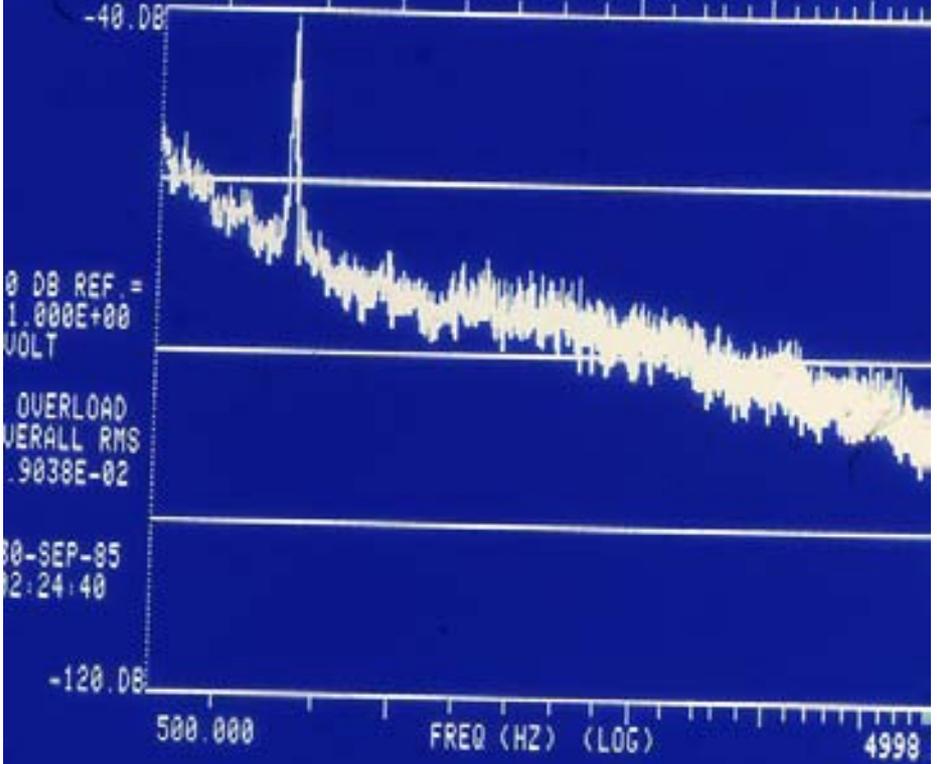


Visualizzazione dei livelli per bande di colore.



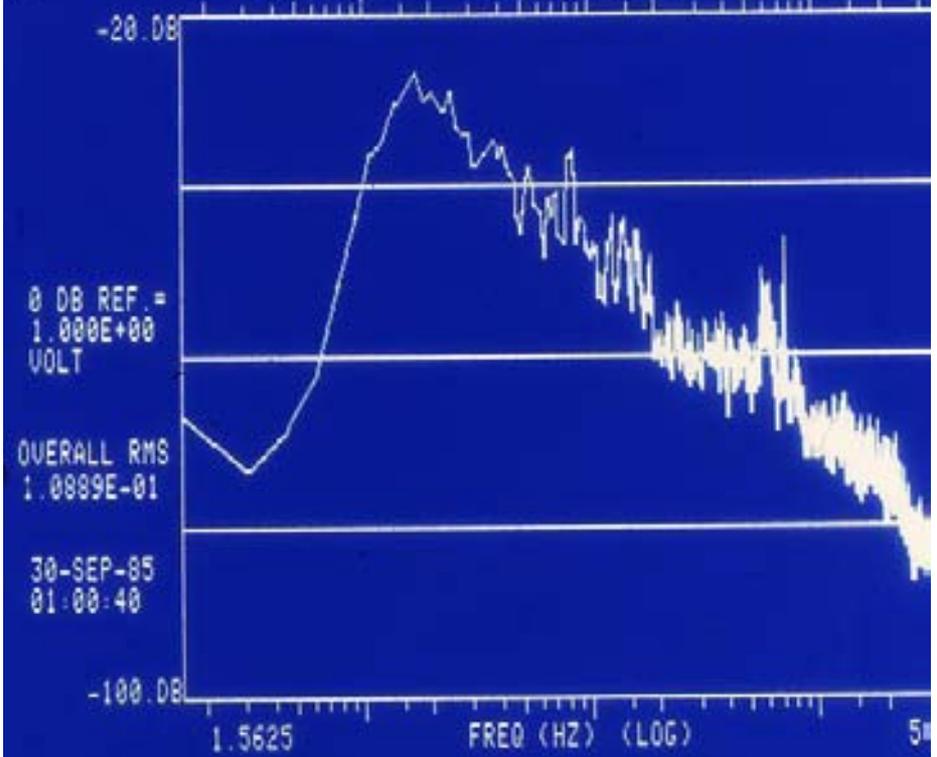
ANDAMENTO DELLO SPETTRO IN FREQUENZA DEL RUMORE INTERNO ALLA METROPOLITANA VELOCITA' 40 km/h POSIZ. 1 FINESTRINI CHIUSI

REC CHA .5 V AC TRG-AUTO CHA 0% HAN OFF FREQ 500.000
AUG-SUM(F) 16/16 RES 3200 VALU -57.6 DB



ANDAMENTO DELLO SPETTRO IN FREQUENZA DEL RUMORE INTERNO DELL'AUTOBL...
VELOCITA' km/h POSIZ. 1 FINESTRINI CHIUSI

REC CHA .5 V AC TRG-OFF HAN ONC FREQ 4239.0
AUG-SUM(F) 16/16 RES 3200 VALU -81.7 DB





Il traffico di Milano

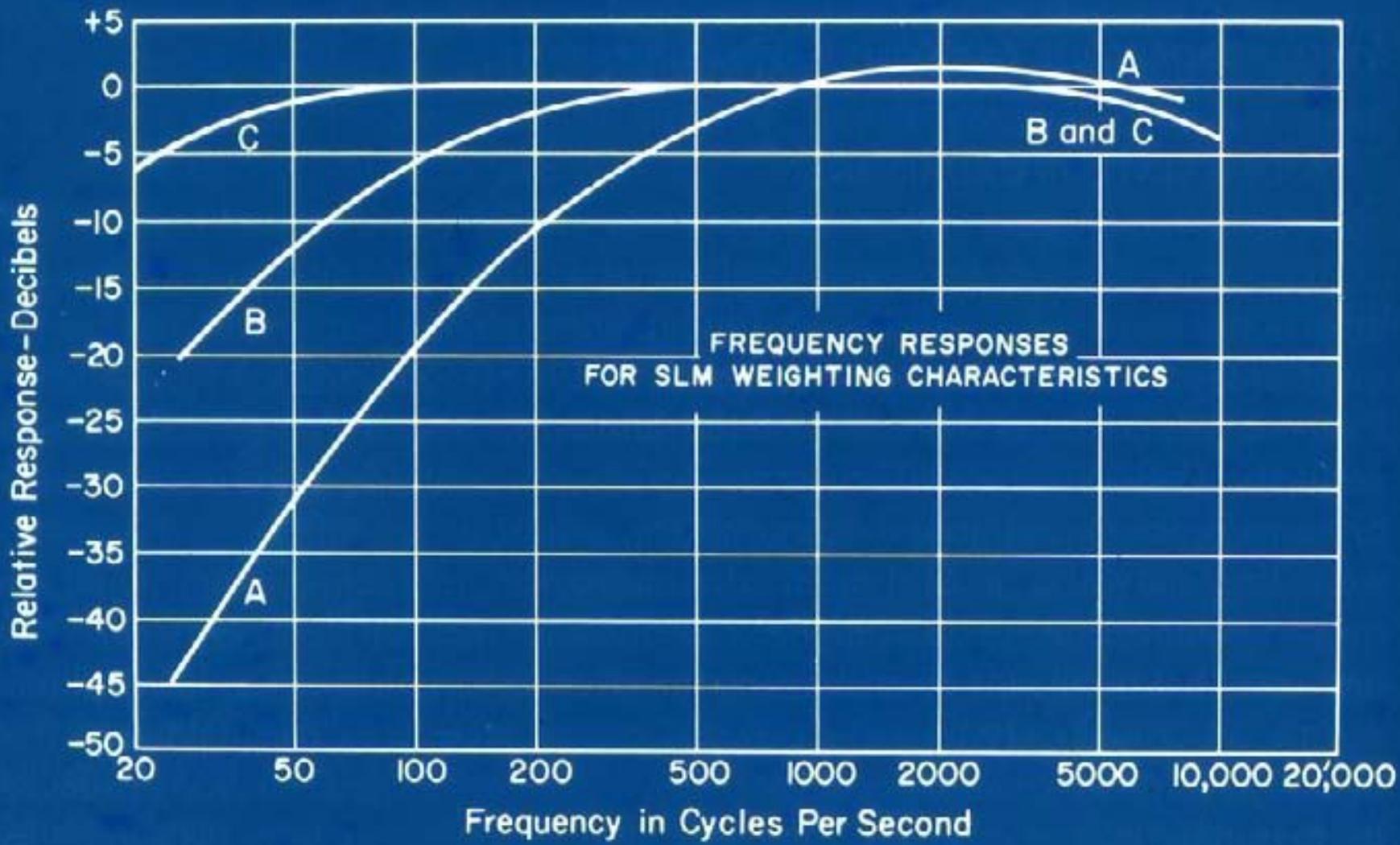


Sosta all'Università Statale di Milano



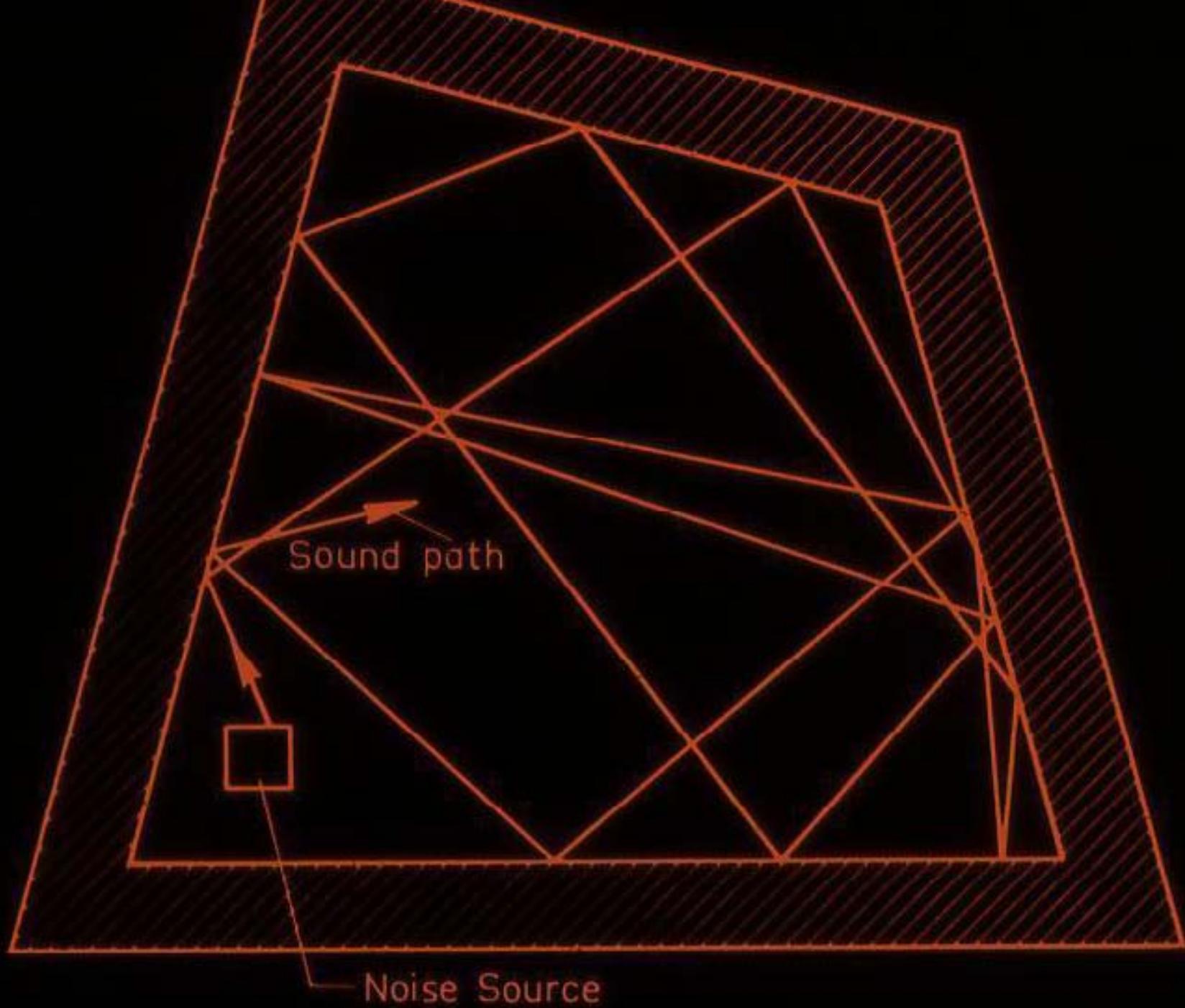
Risultati della misurazione

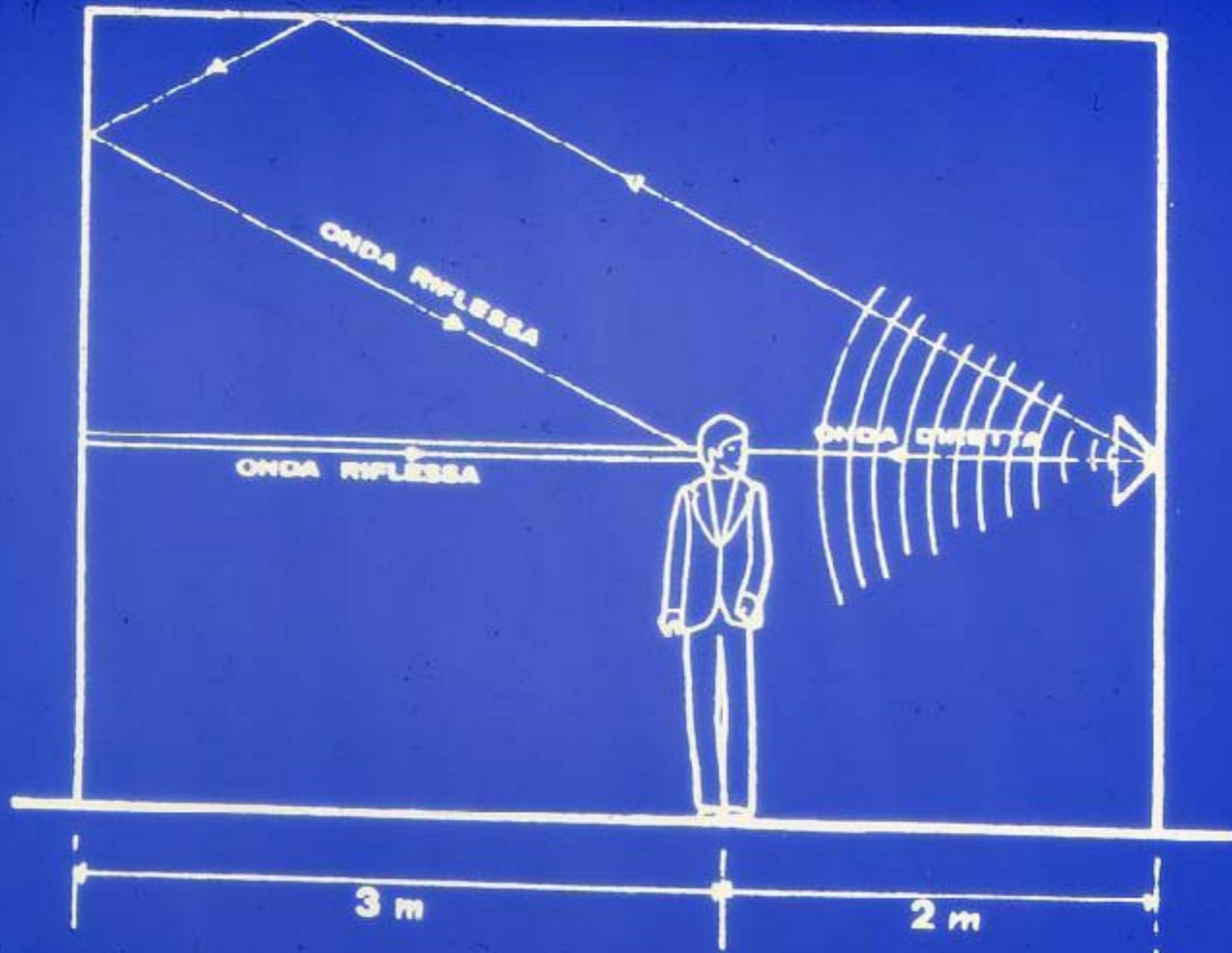




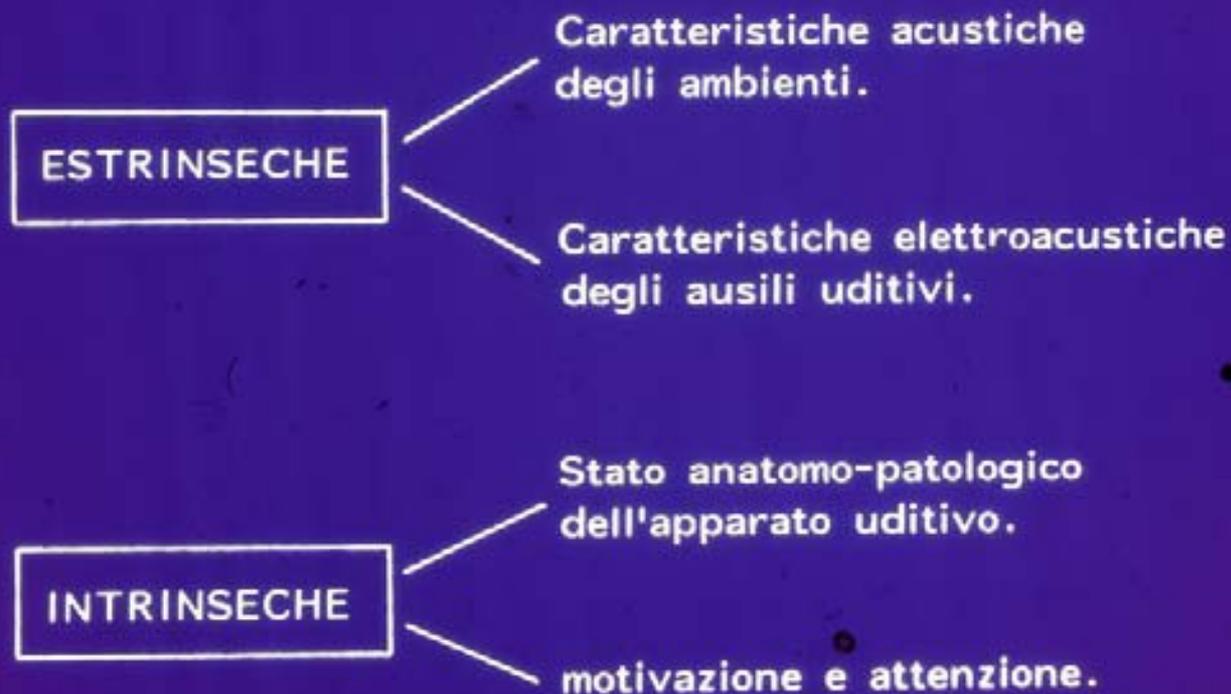
**Leggete attentamente, ricordate e
mettete in pratica**





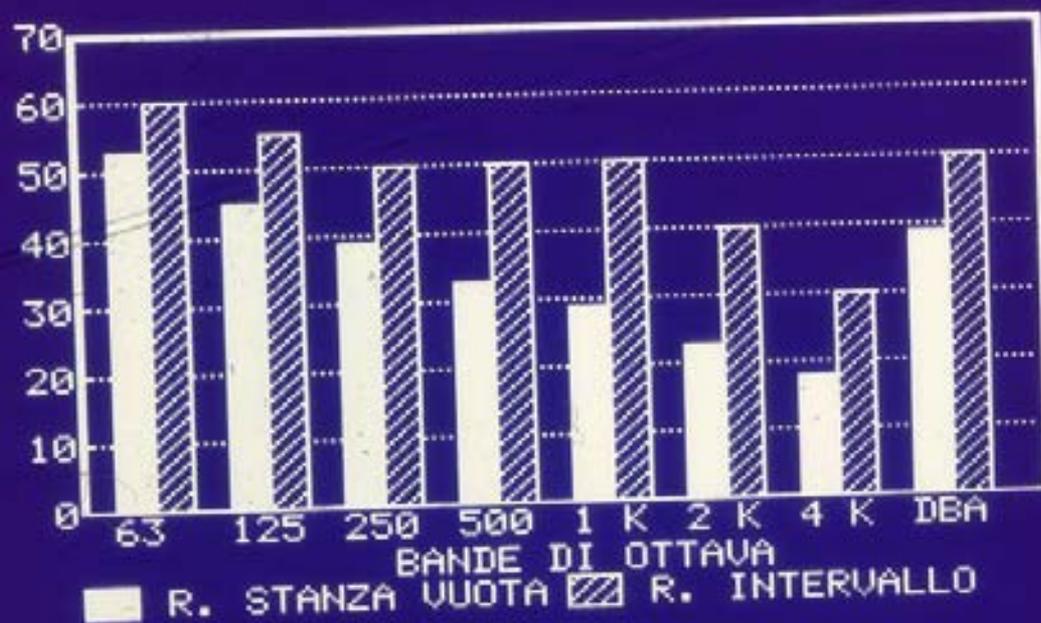


VARIABILI CHE INFLUENZANO IL CONFORT ACUSTICO

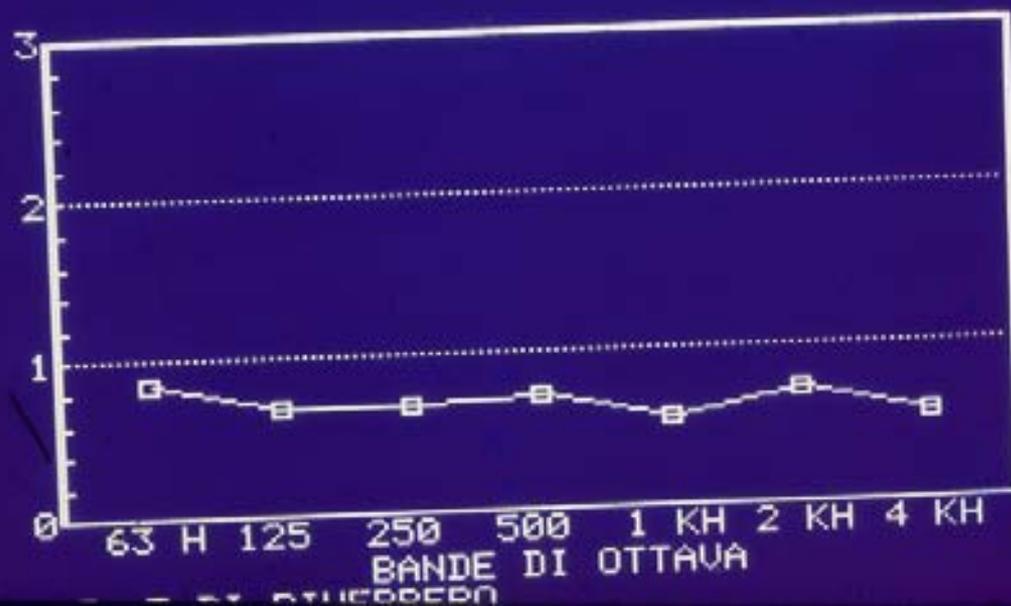


AULA SCUOLA MEDIA

LIVELLO IN DB



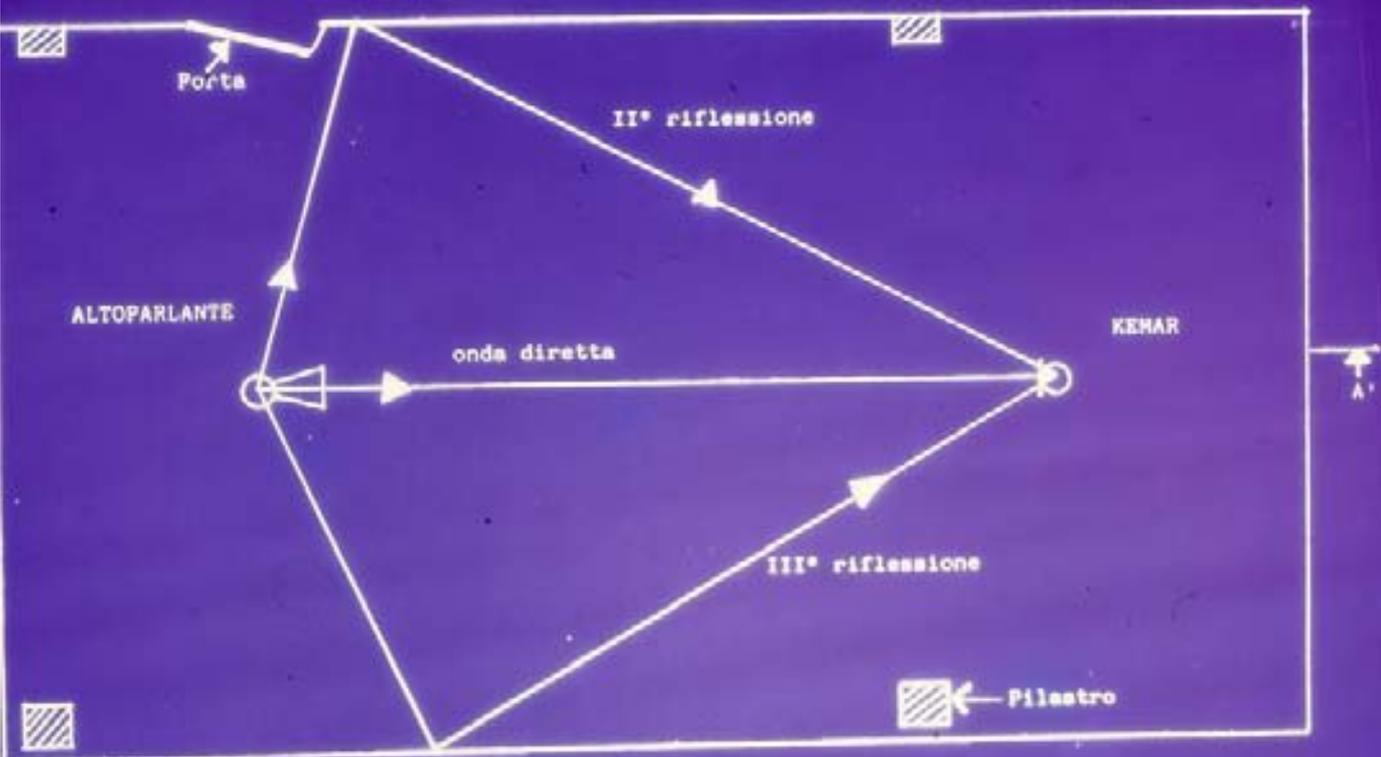
TEMPO IN SECONDI



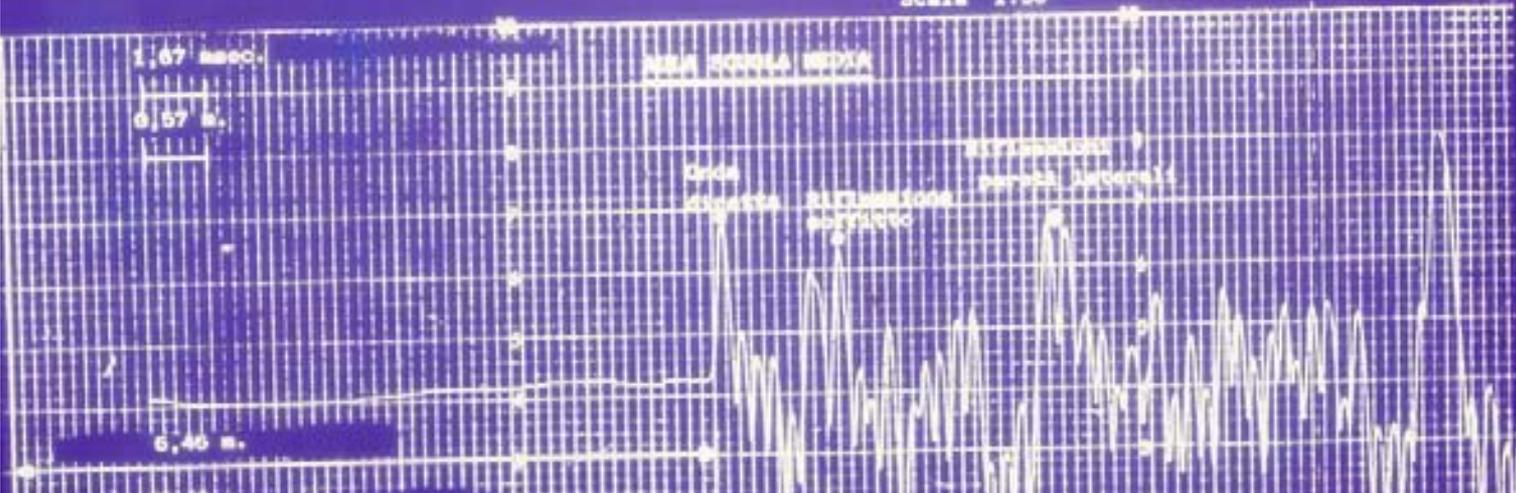


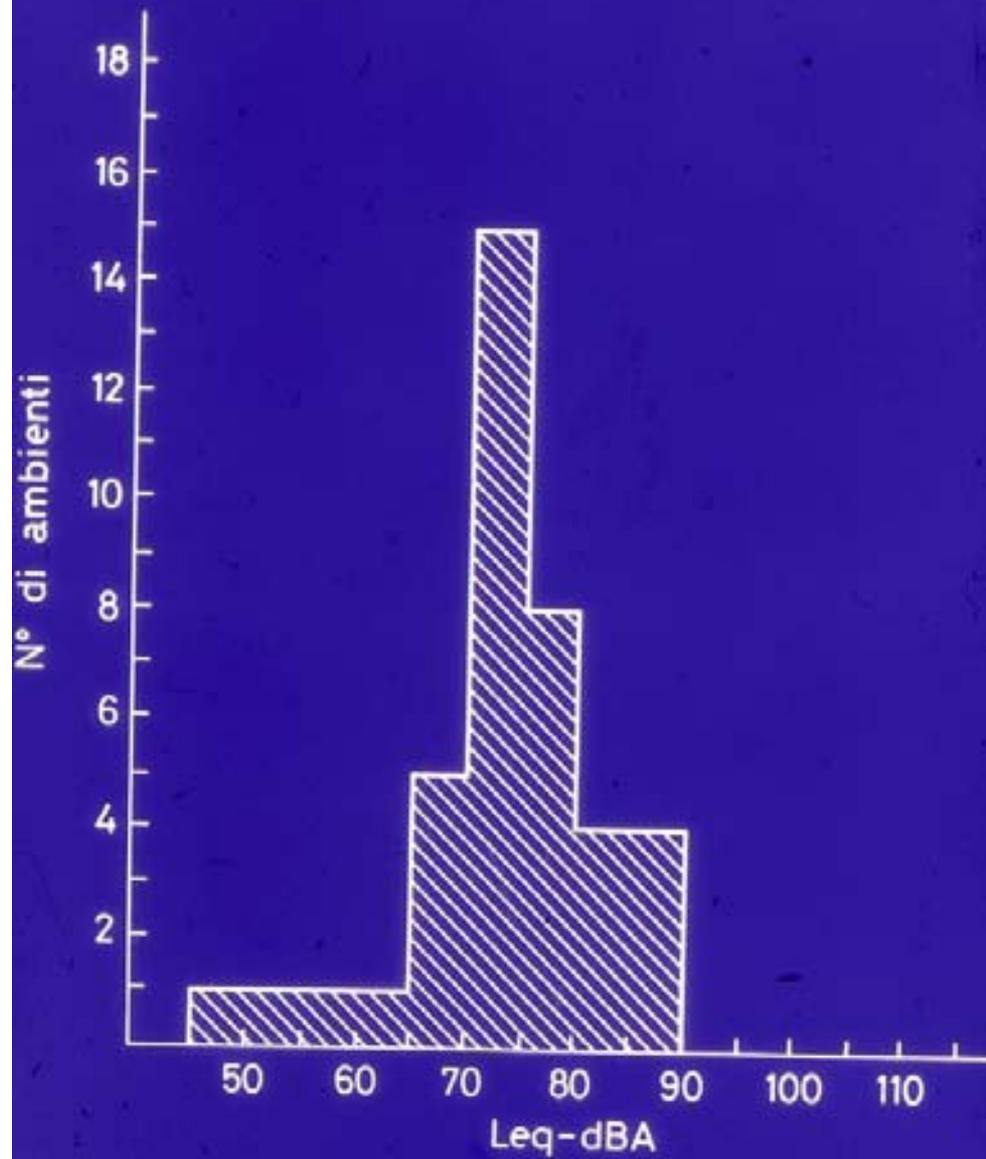
Sez. AA'

Vista in pianta



Scala 1:50

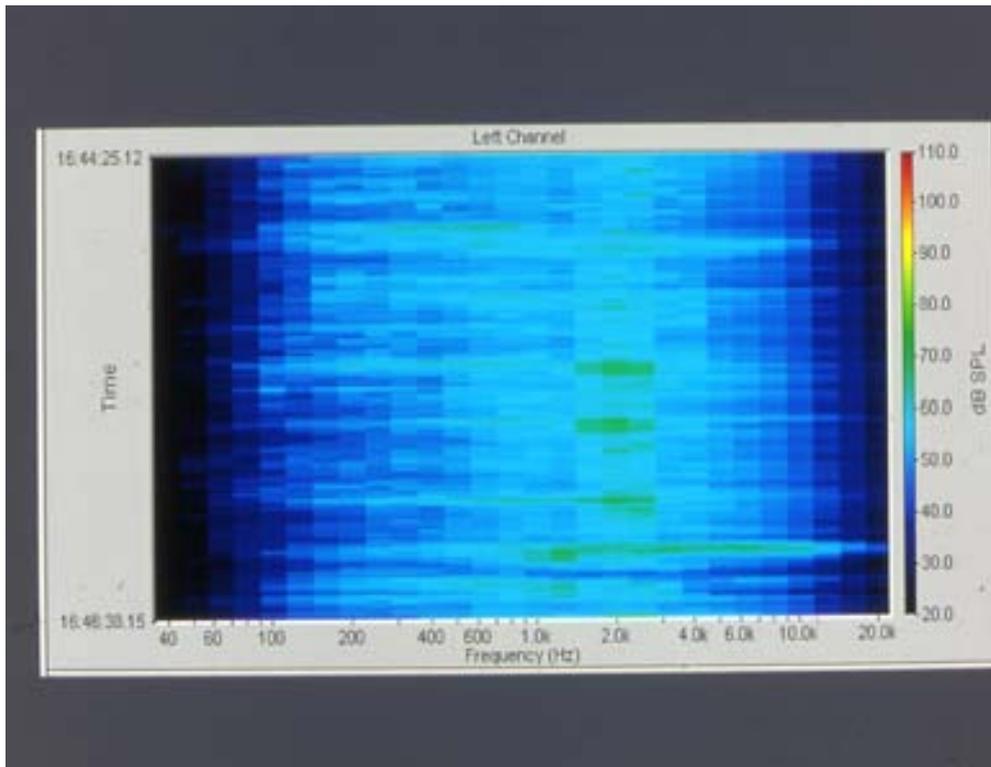




Andamento del Leq in funzione del numero degli ambienti



Analisi spettrale cromatica

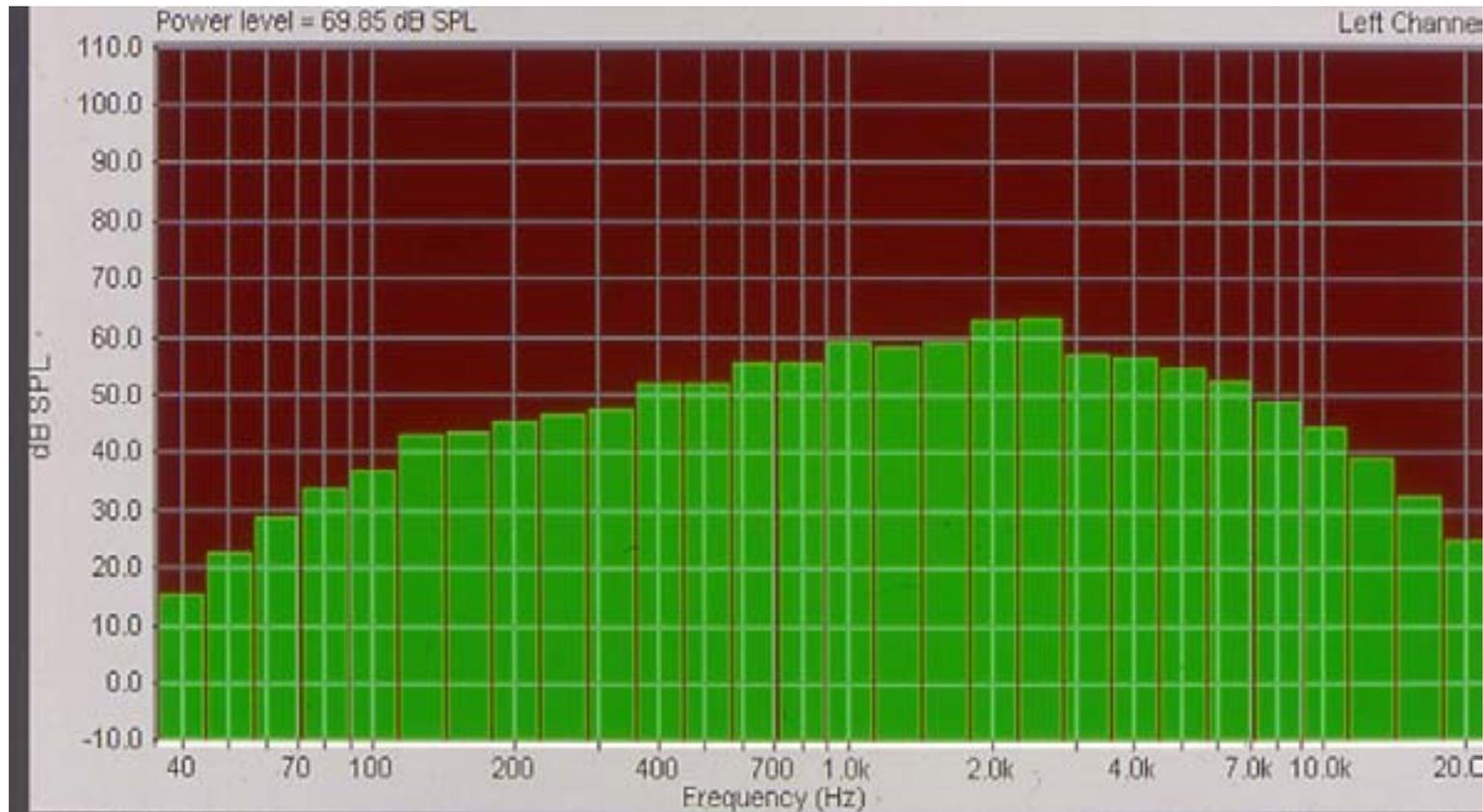


- Rumore di fondo del **Centro Studi e Ricerche di Audiologia** dell'Ambiente.
- Bleu scuro basso livello, rosso alto livello.

Rumore di fondo del Cento

Studi e Ricerche di Audiologia

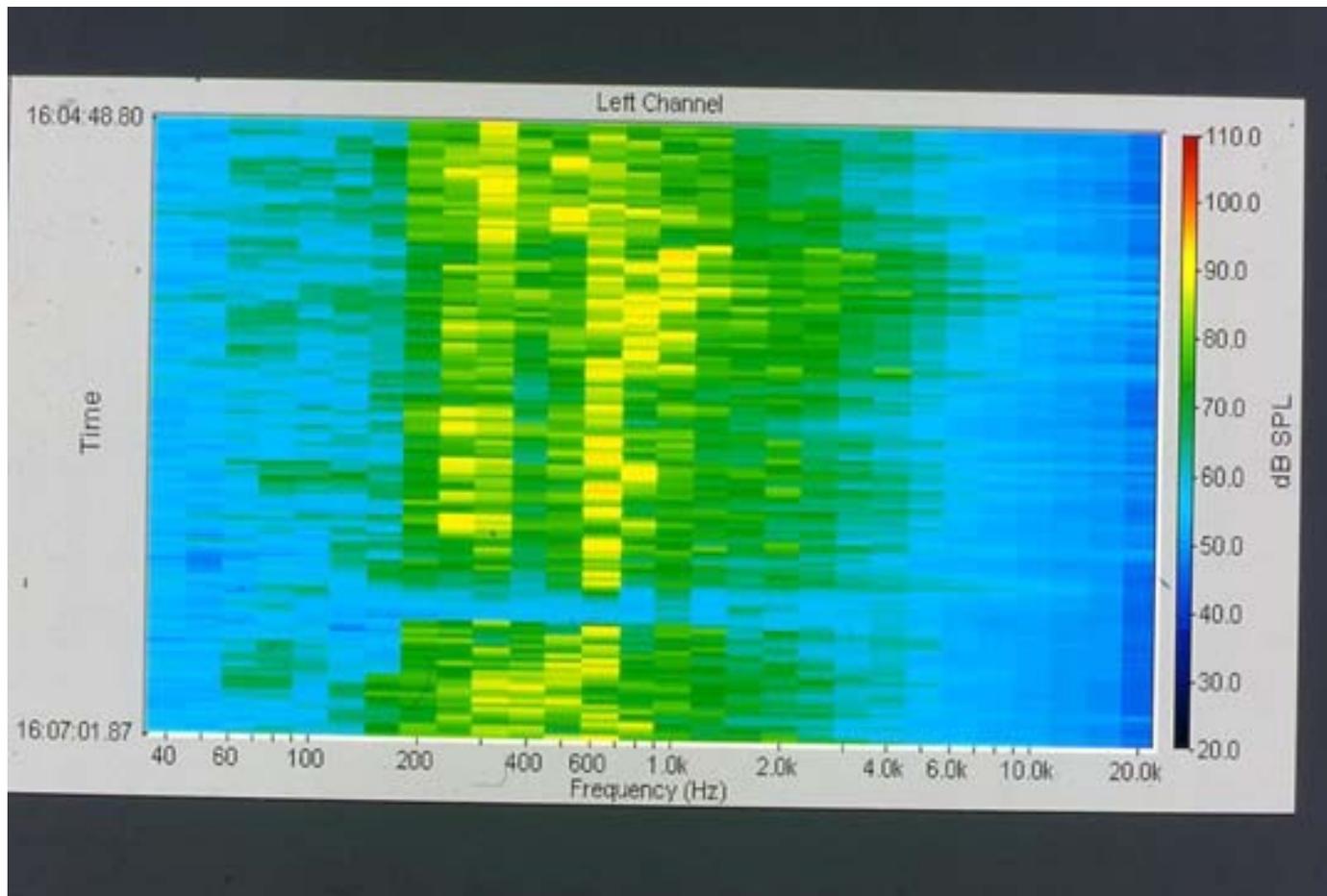
dell'Ambiente



Distribuzione dei livelli in dB SpL nel dominio delle frequenze.

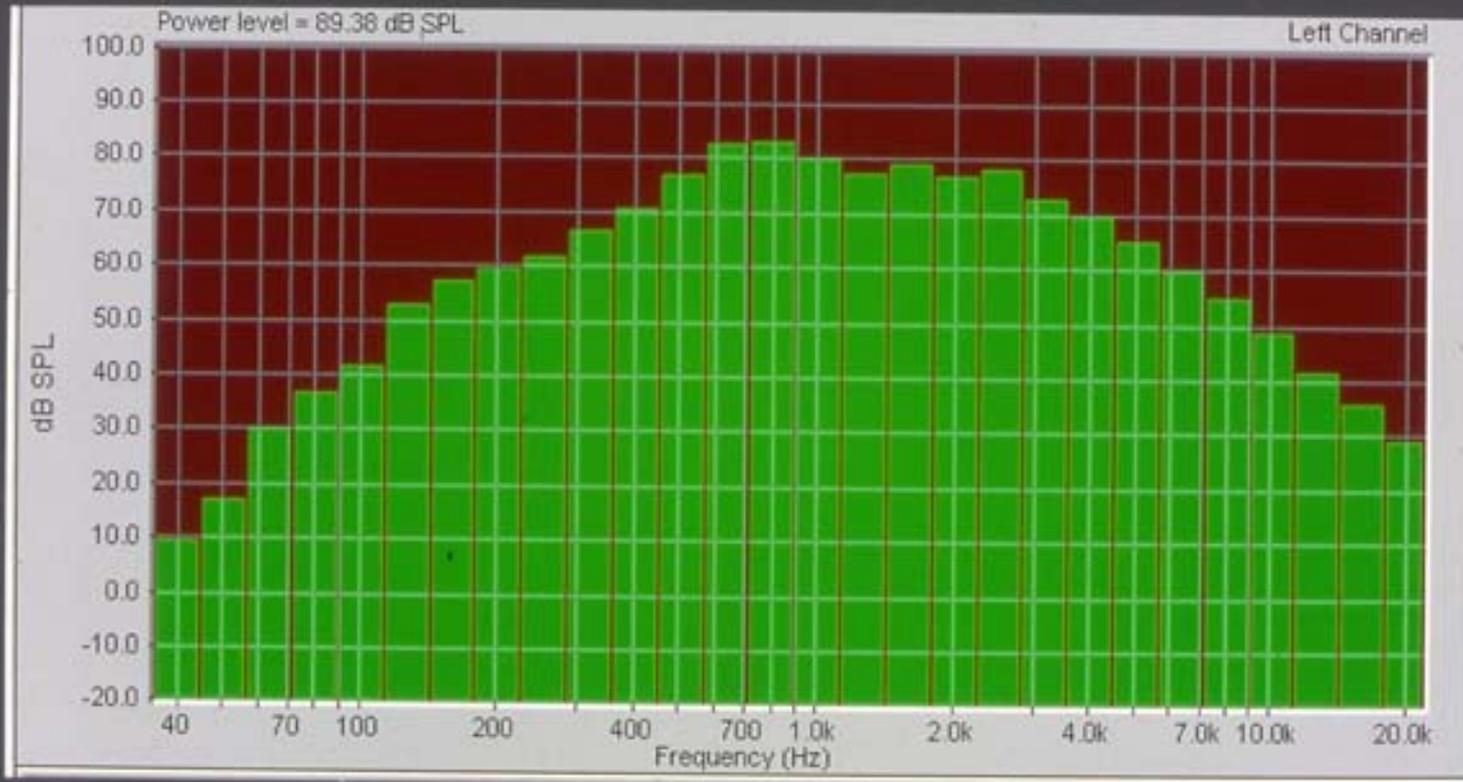
Analisi spettrale cromatica di un brano di Paganini

Si noti la comparsa del violino.

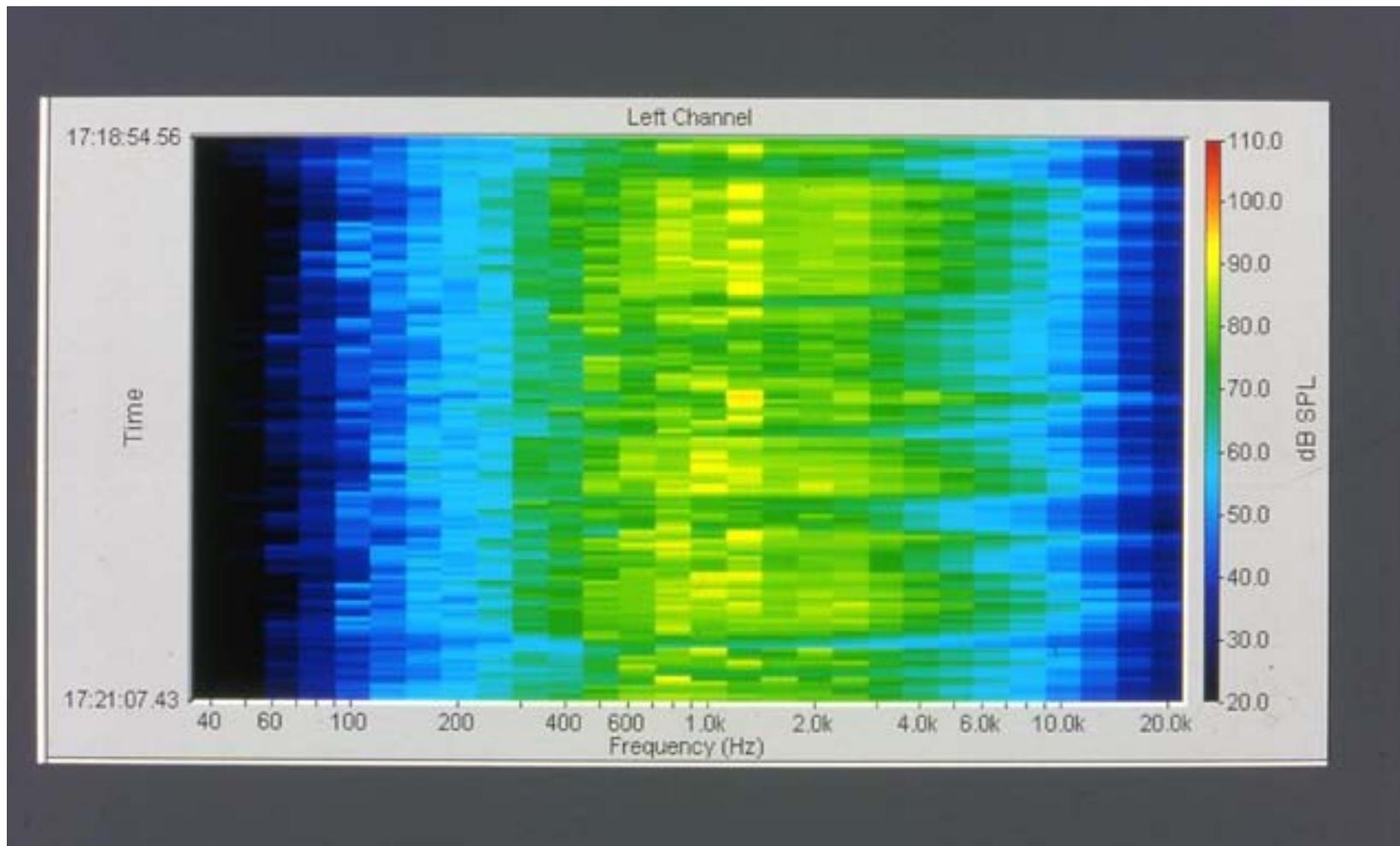


Distribuzione dei livelli

Notare la presenza dei violini tra 1 e 4 KHz.



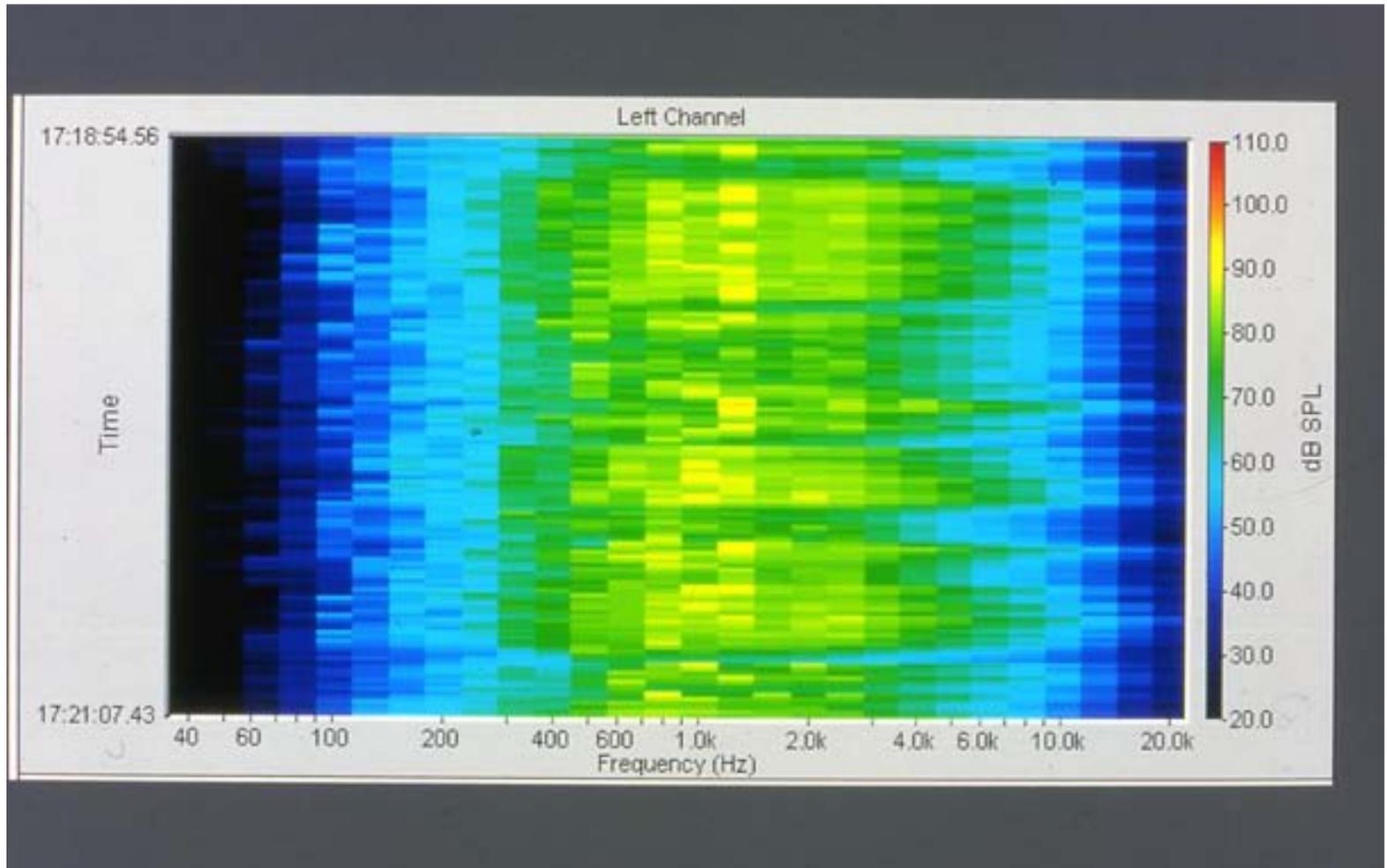
Analisi spettrale cromatica



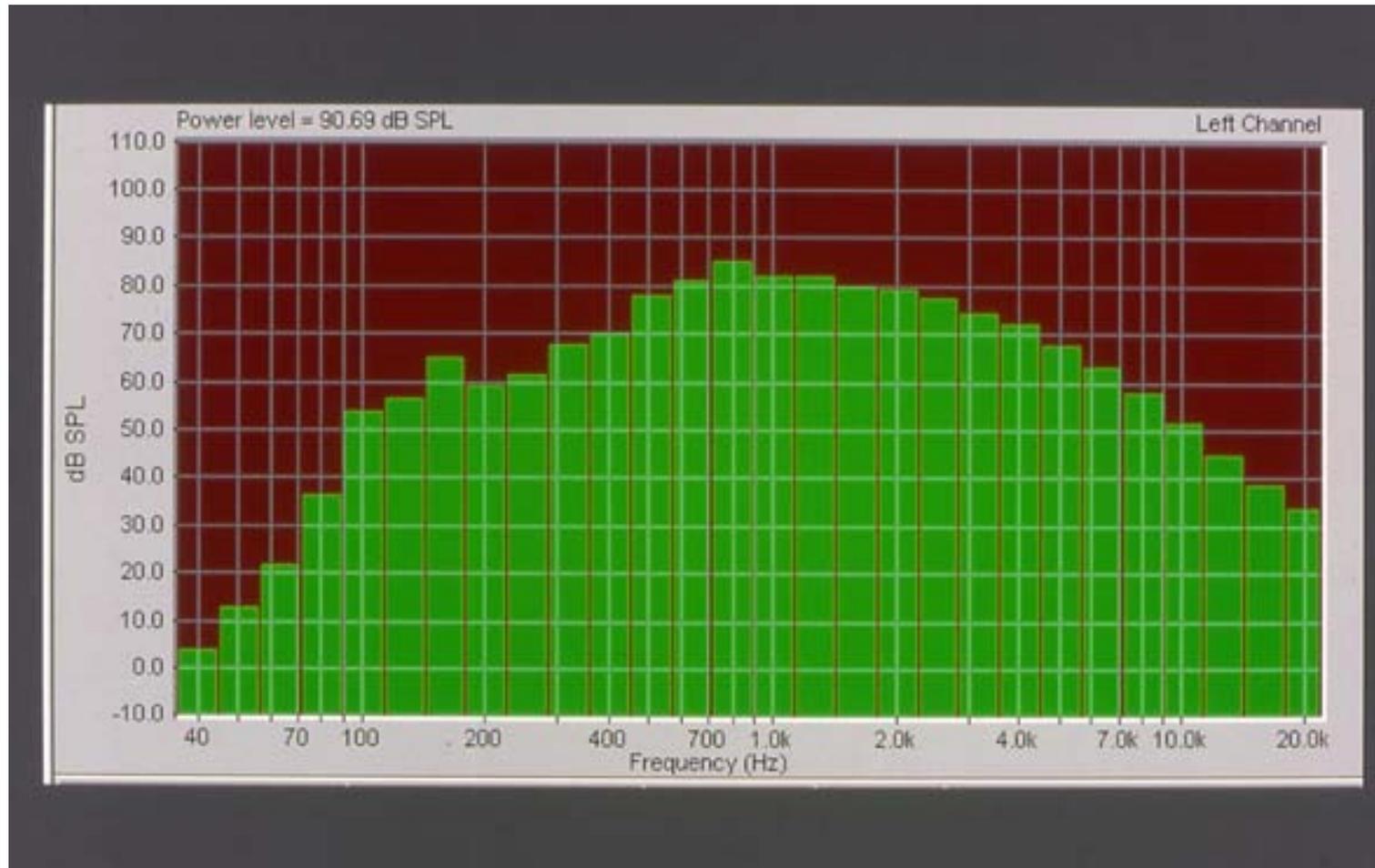
Media ponderata dei livelli di musica al pianoforte
di Ludovico Einaudi

Analisi spettrale cromatica

Tre minuti del gruppo R.E.M.



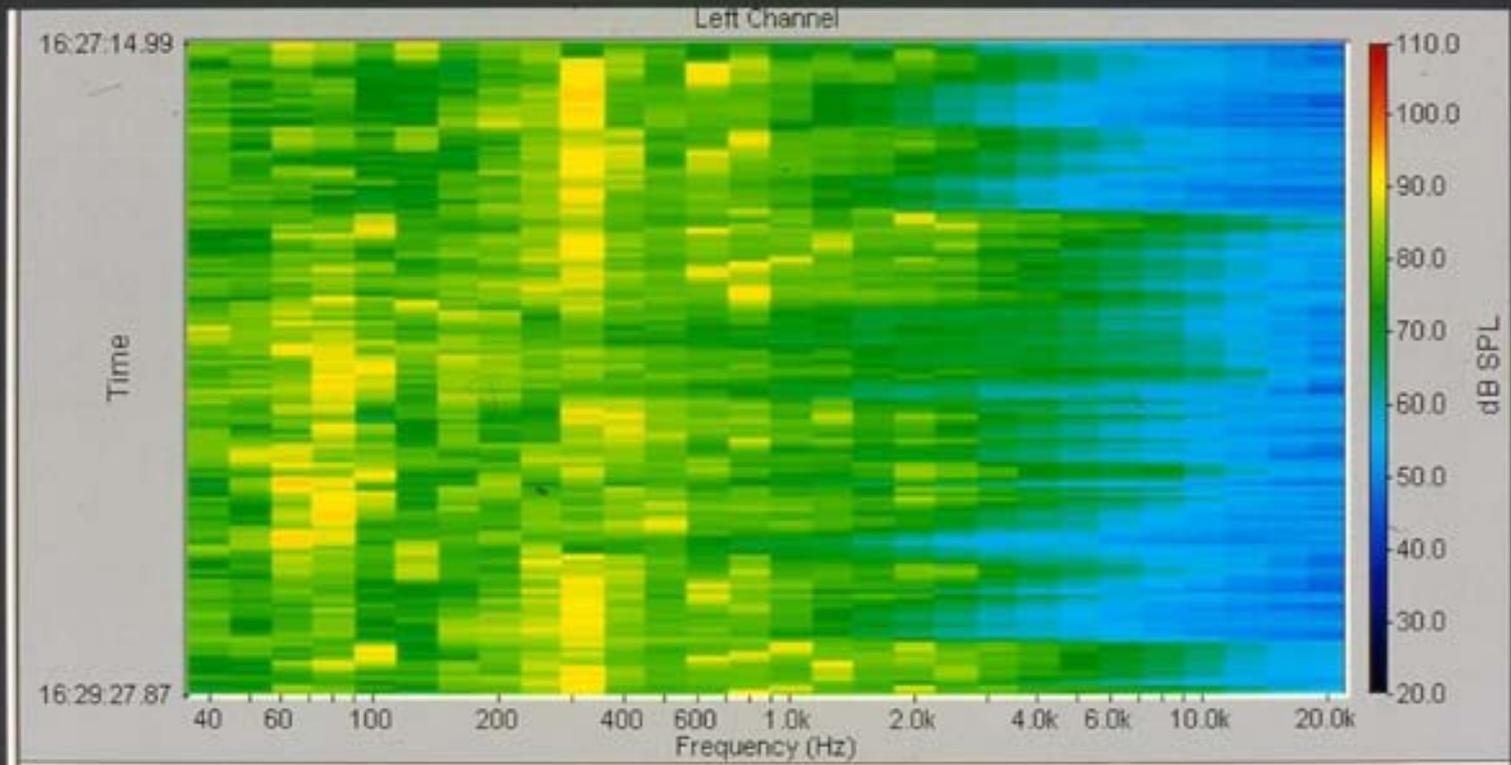
Analisi spettrale di livello



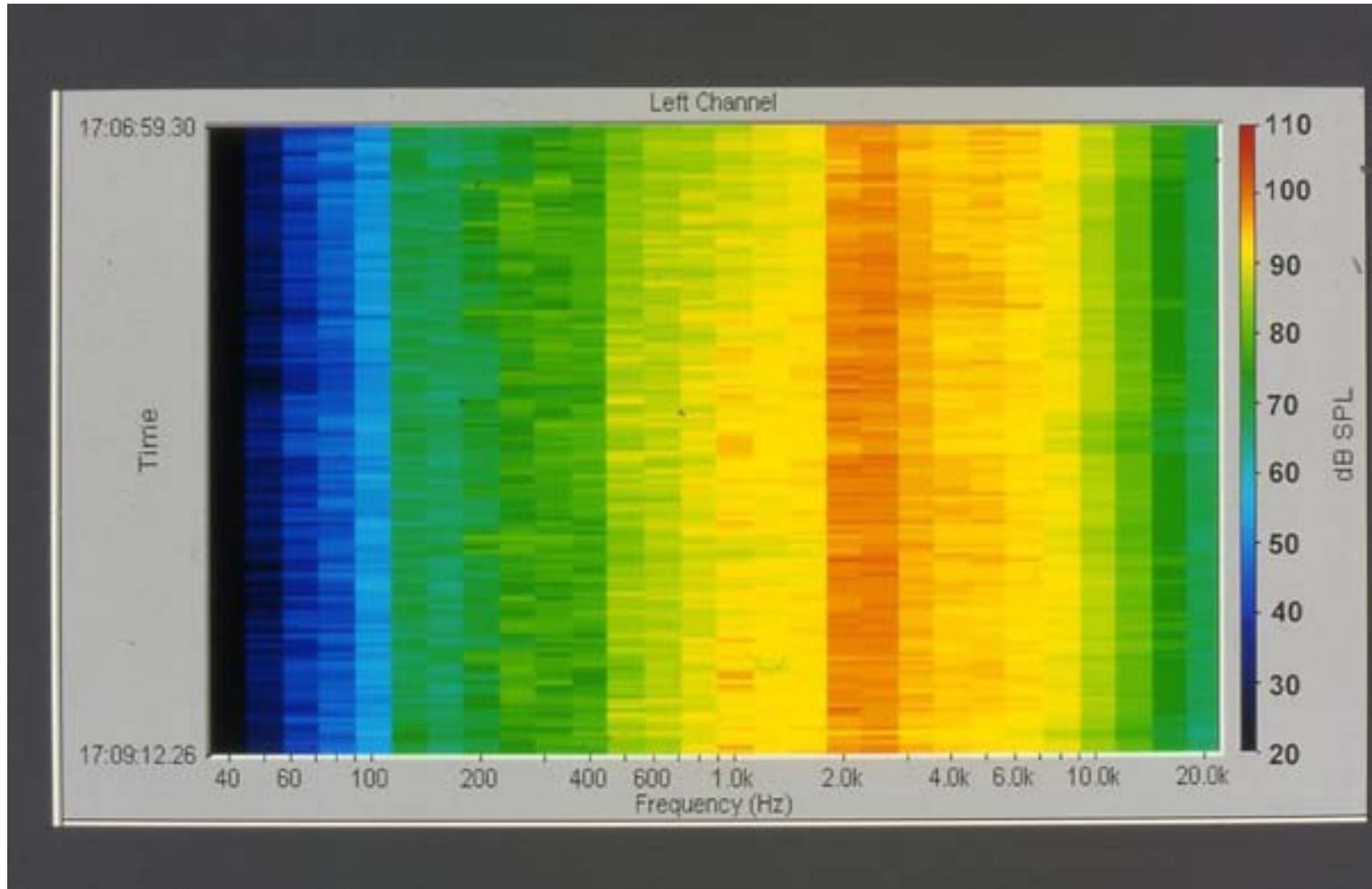
Tre minuti del gruppo dei R.E.M.. Si noti la presenza delle basse frequenze.

Analisi spettrale cromatica

Tre minuti del “Bolero di Ravel”



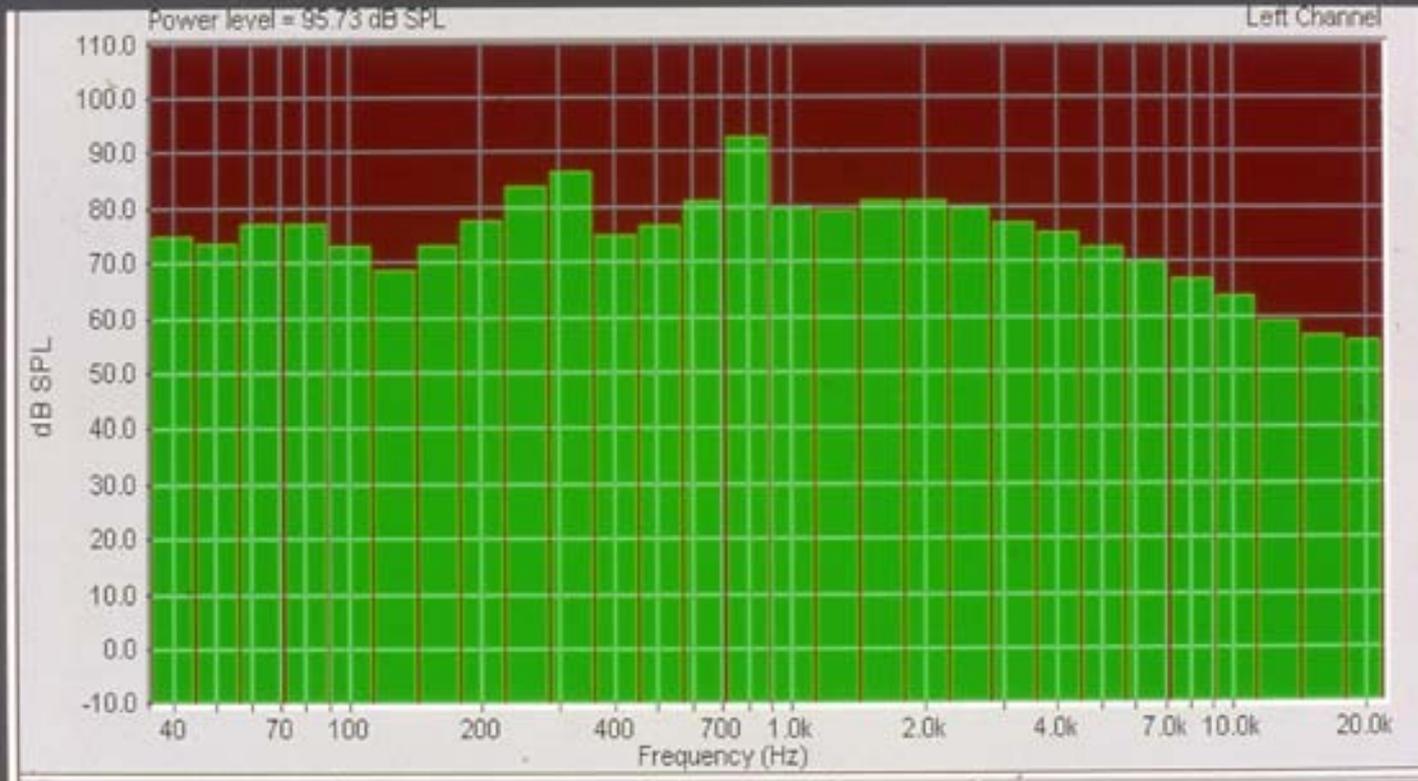
Analisi spettrale cromatica



Un minuto del gruppo gli “Slayers”

Analisi di livello

Si noti il livello in dB SpL quasi costante a tutte le frequenze.



Esempi di disturbi extrauditivi

Più parti del nostro organismo vengono interessate.



Effetti uditivi ed extrauditivi dell'inquinamento acustico

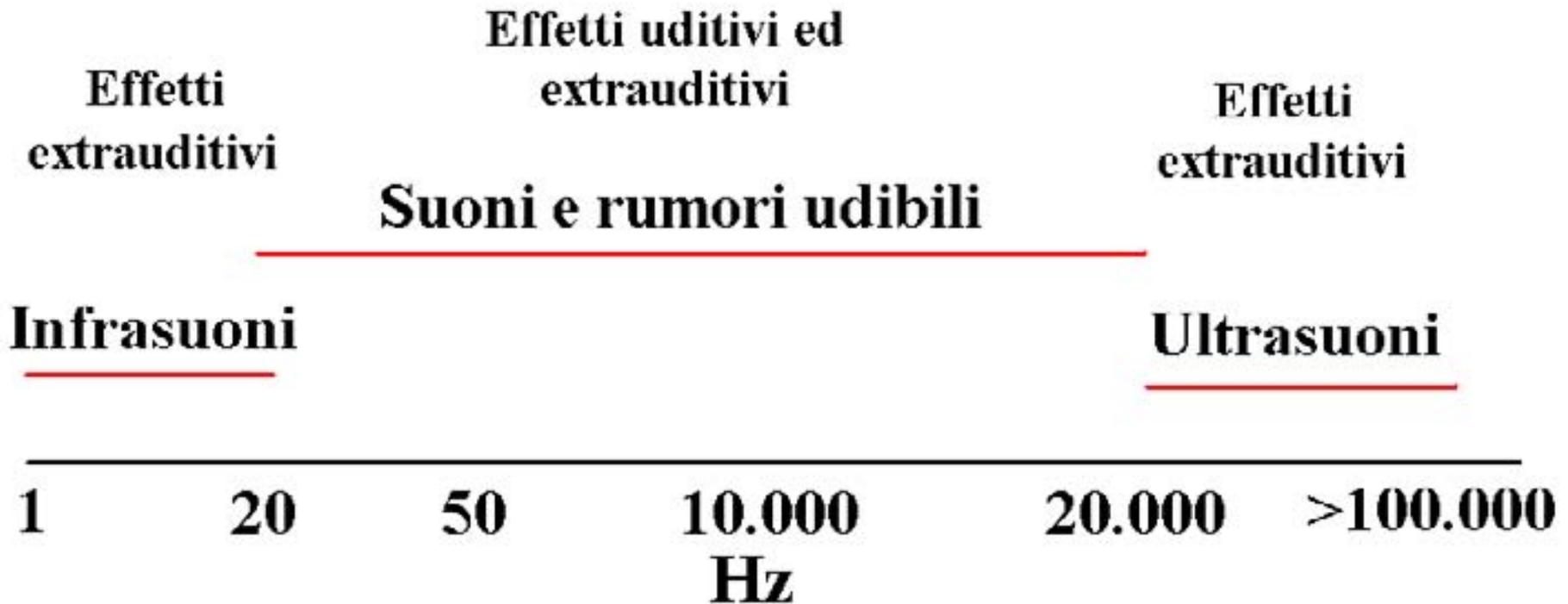


Grafico 3 - Lombardia Anno 2000

Fonte della segnalazione per ipoacusie e non ipoacusie

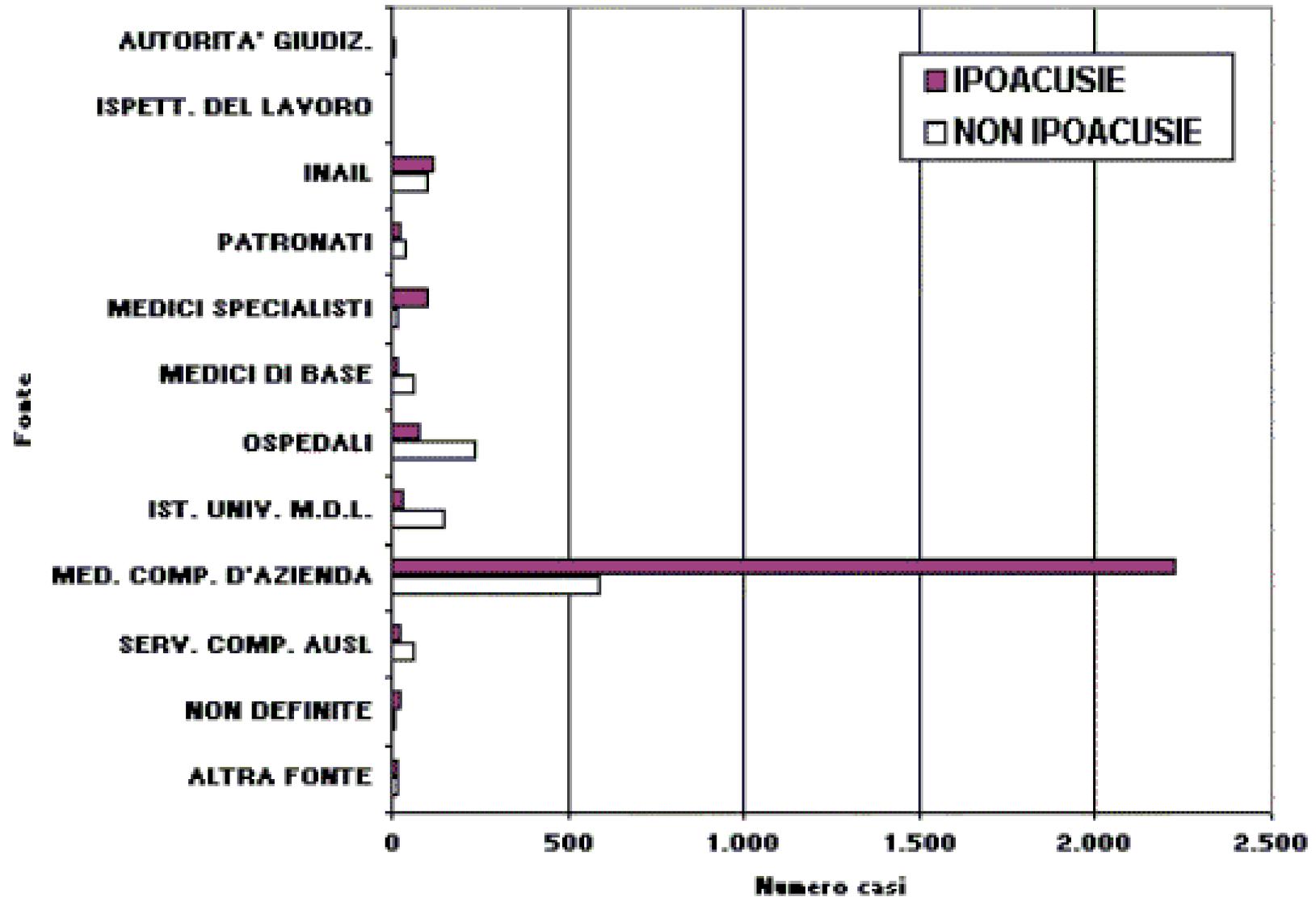
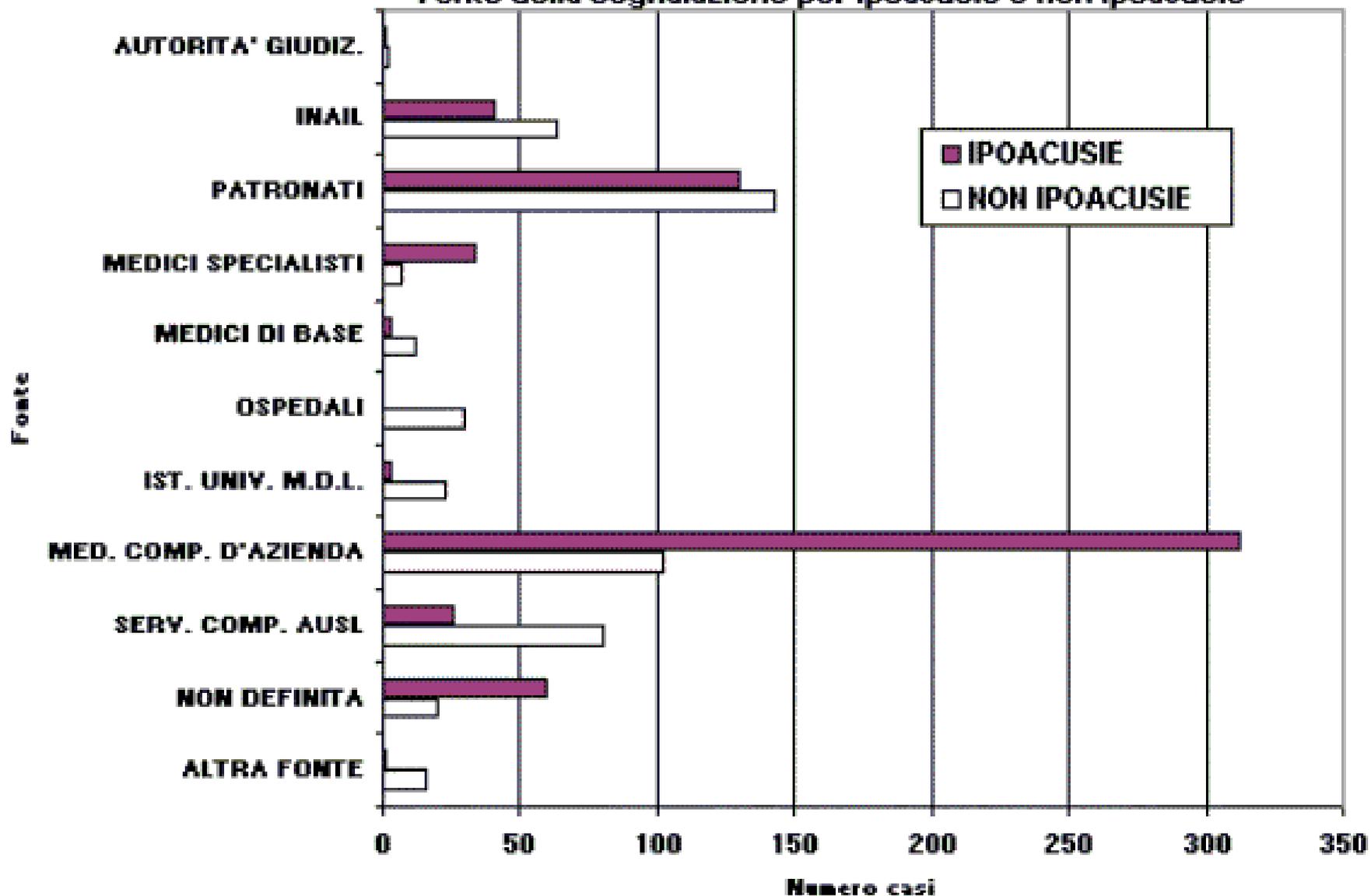


Grafico 3 - Toscana Anno 2000

Fonte della segnalazione per ipoacusie e non ipoacusie



Parco Adamello Brenta



Parco Adamello Brenta

Valle di Borzago



Parco Adamello Brenta

Valle di Borzago



Parco Adamello Brenta

Valle di Borzago ponte del Zucal



Parco Adamello Brenta rifugio Carè Alto mt. 2459



Parco Adamello Brenta rifugio Carè Alto mt. 2459 con l'aiuto di Giovanni Pellizzari



Parco Adamello Brenta chiesetta dei Russi



Parco Adamello Brenta

Lago dei Pozzoni



Parco Adamello Brenta Rifugio Carè Alto chiesetta dei Russi



Parco Adamello Brenta

Cima Carè Alto mt.3462



Parco Adamello Brenta

Valle di Genova



Parco Adamello Brenta - Baita Germenega Alta – Val di Genova



Parco Adamello Brenta

Baita Germenega Alta Val di Genova



Parco Adamello Brenta

Baita Germenega Alta Val di Genova



Parco Adamello Brenta

Valle di Genova – Cascate Nardis



Parco Borromeo



Misurazione del livello di rumore di fondo

Effetto dell'assorbimento da parte della vegetazione



Barriera vegetale , fonometro e registratore di livello

Fonometro



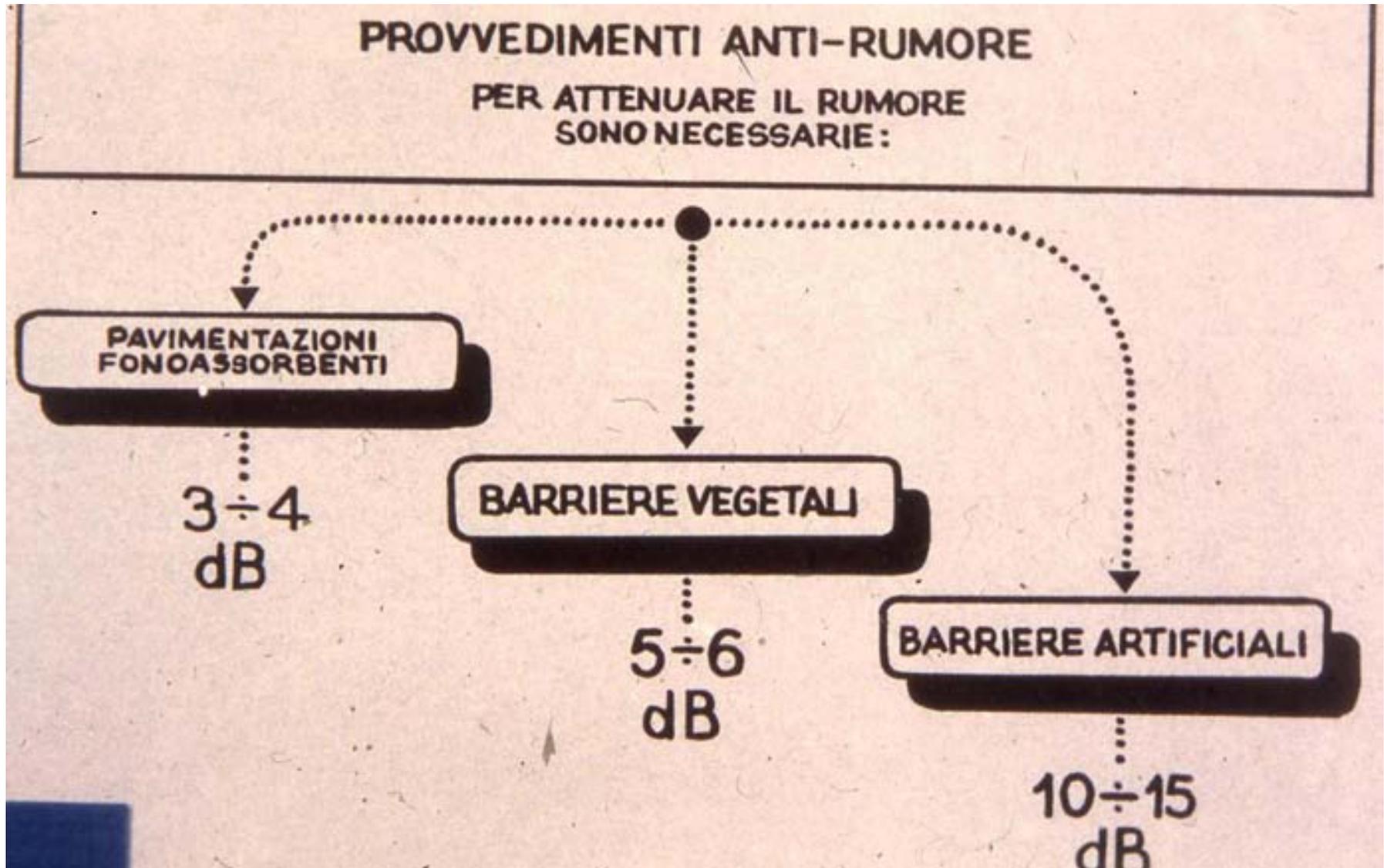
Barriera assorbente vegetale



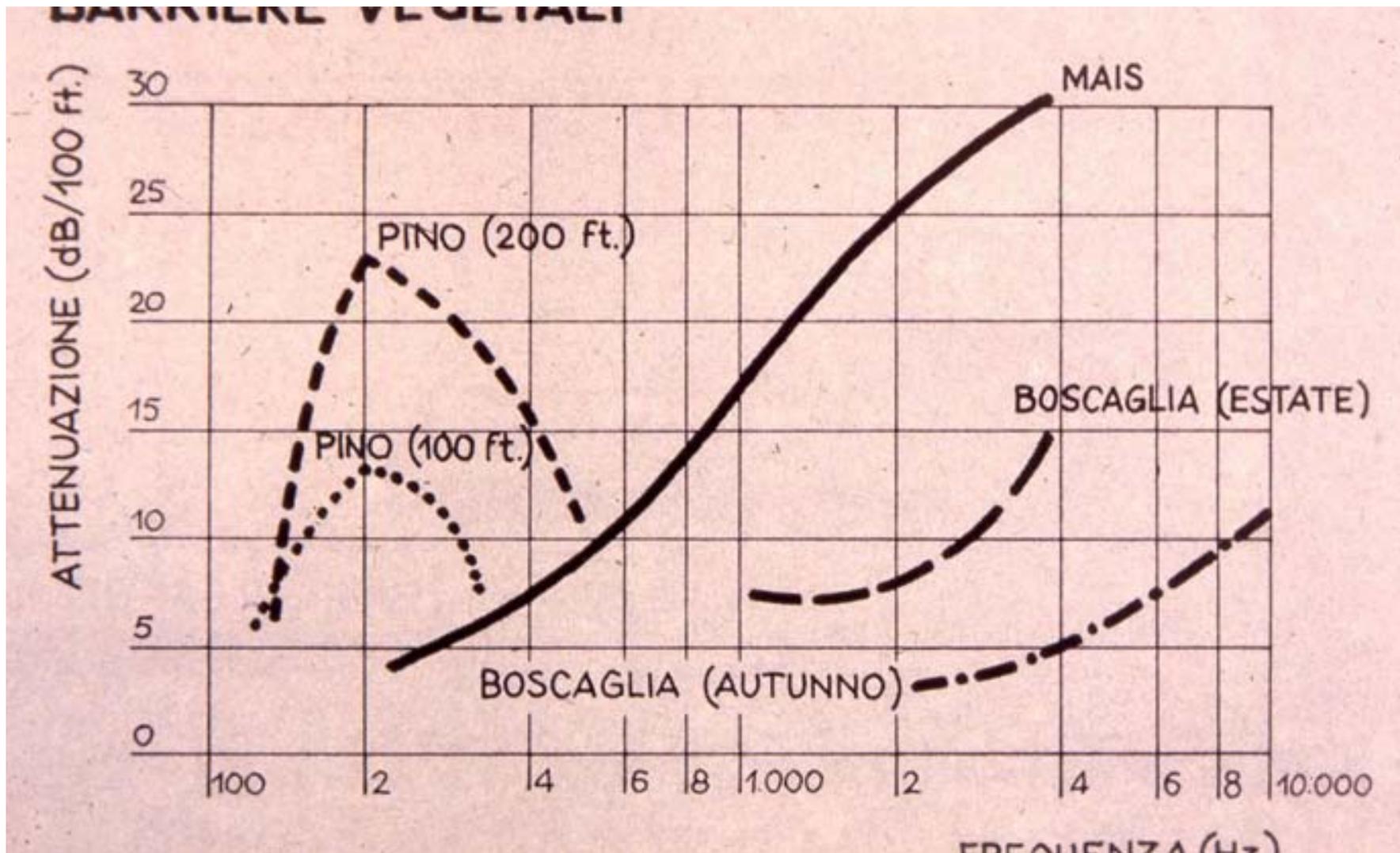
Strumentazione per la misura del rumore



Esempi di barriere fonoassorbenti



Effetto del potere di assorbimento di varie vegetazioni





Parco del Cilento

**Veduta del golfo
di Agropoli dal
monte Stella**











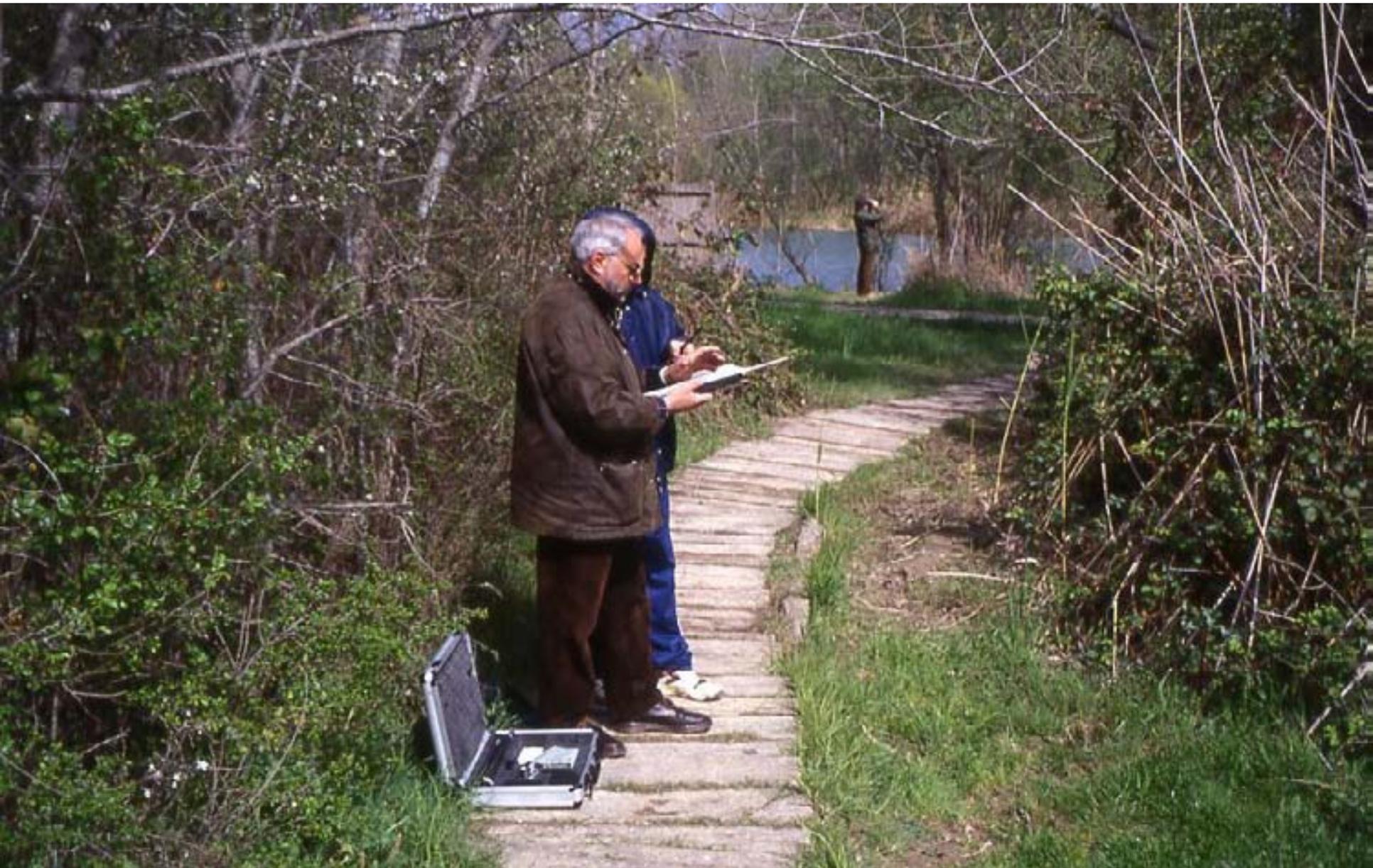
Oasi WWF di Persano



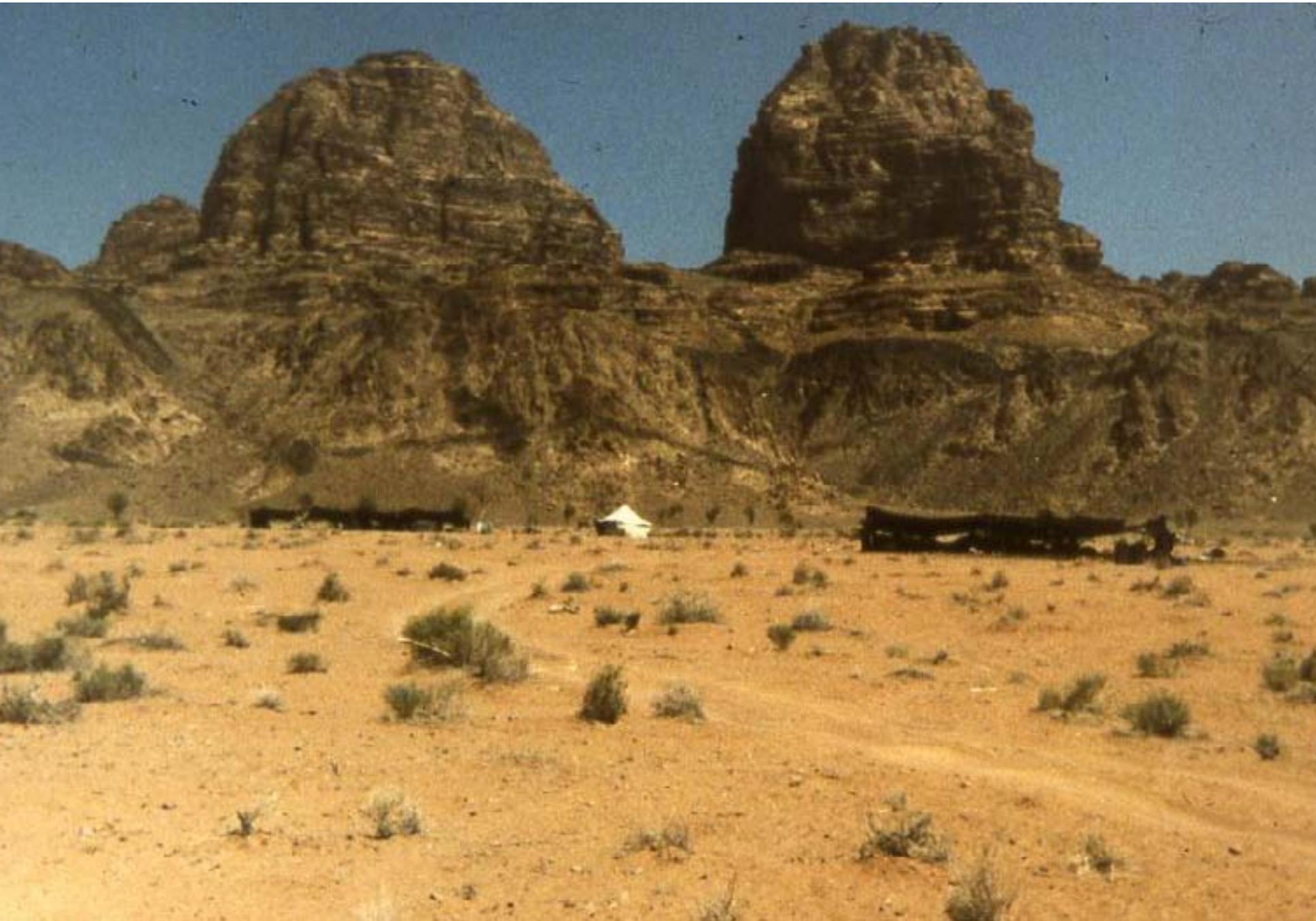












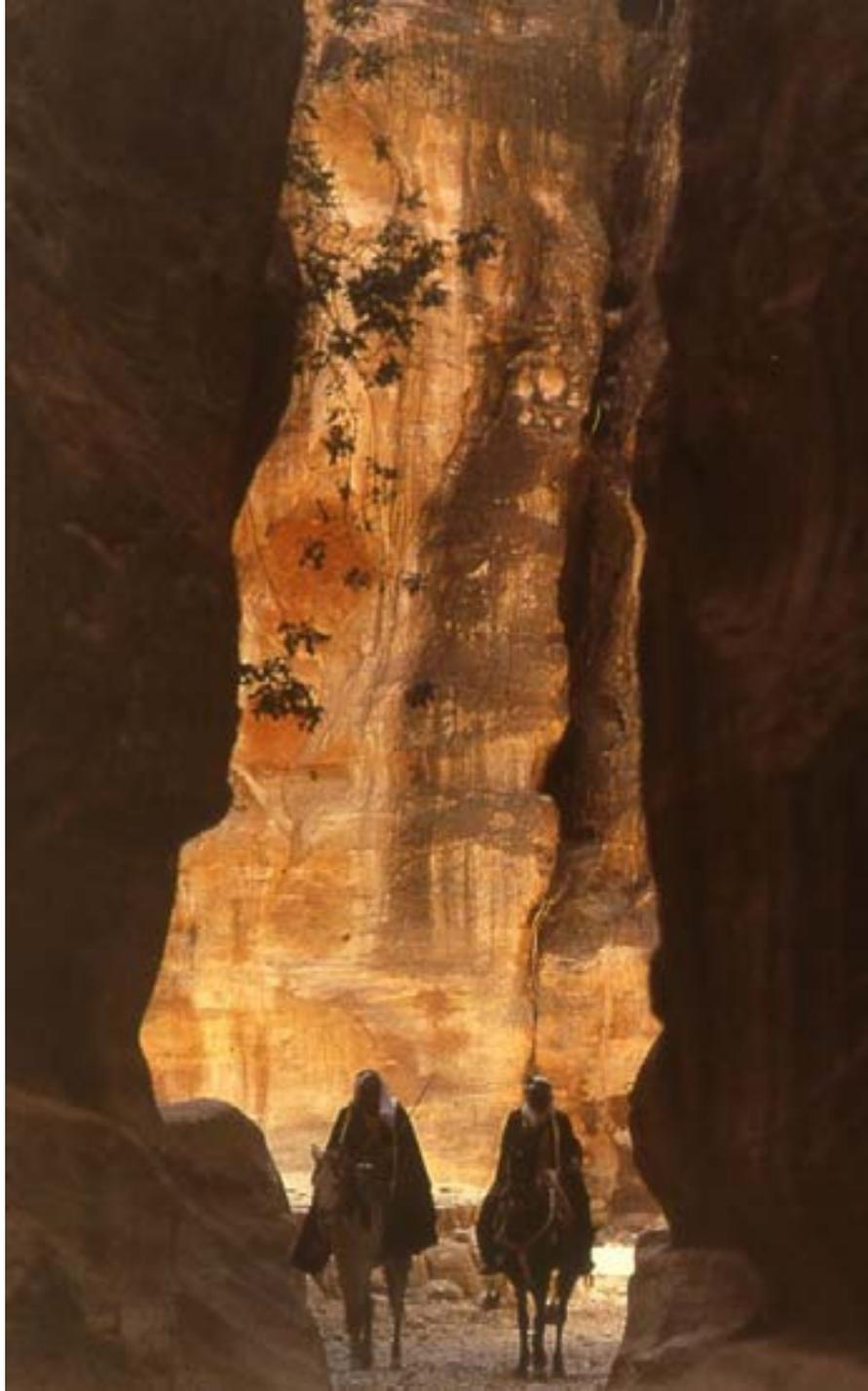


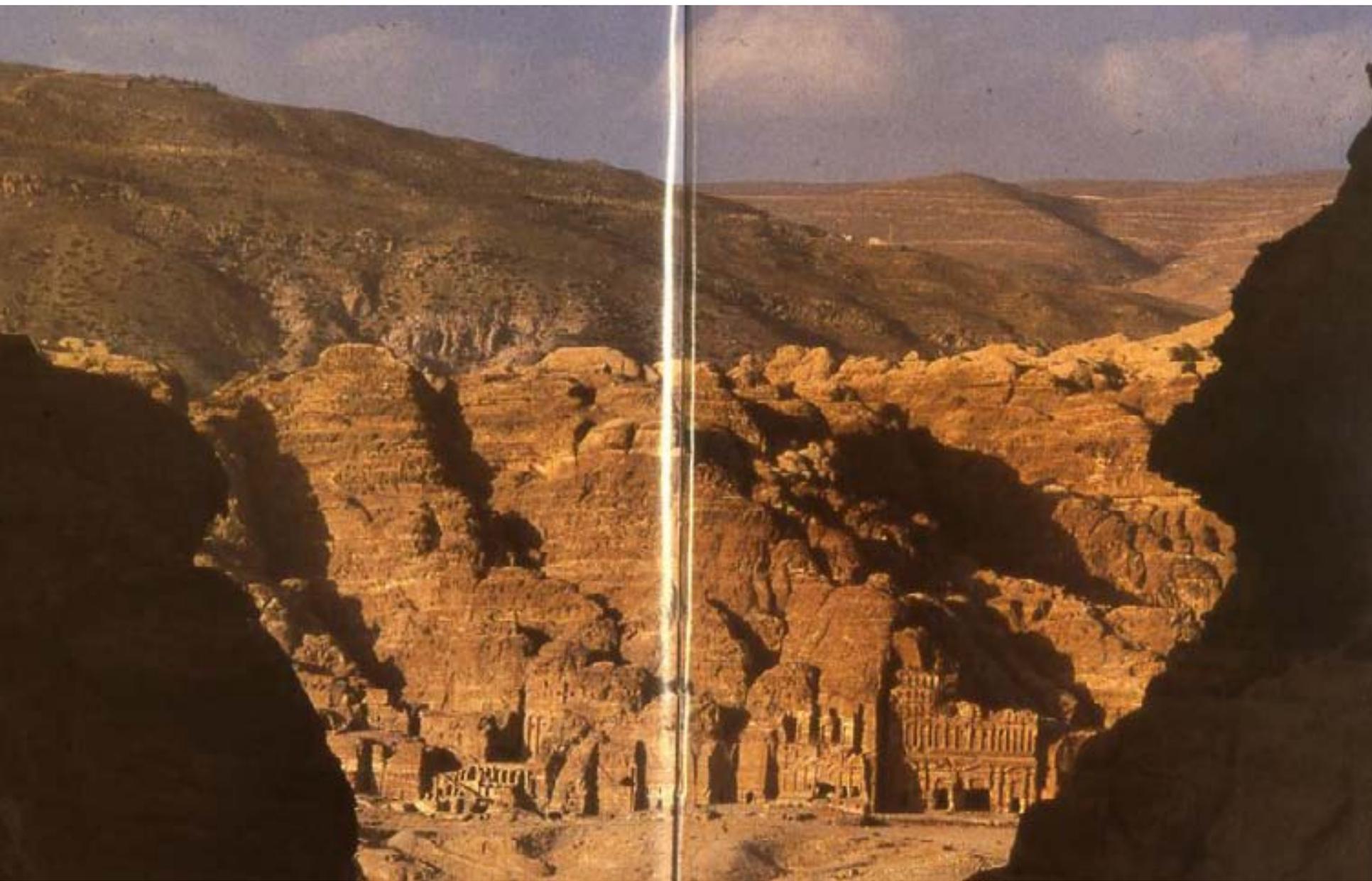


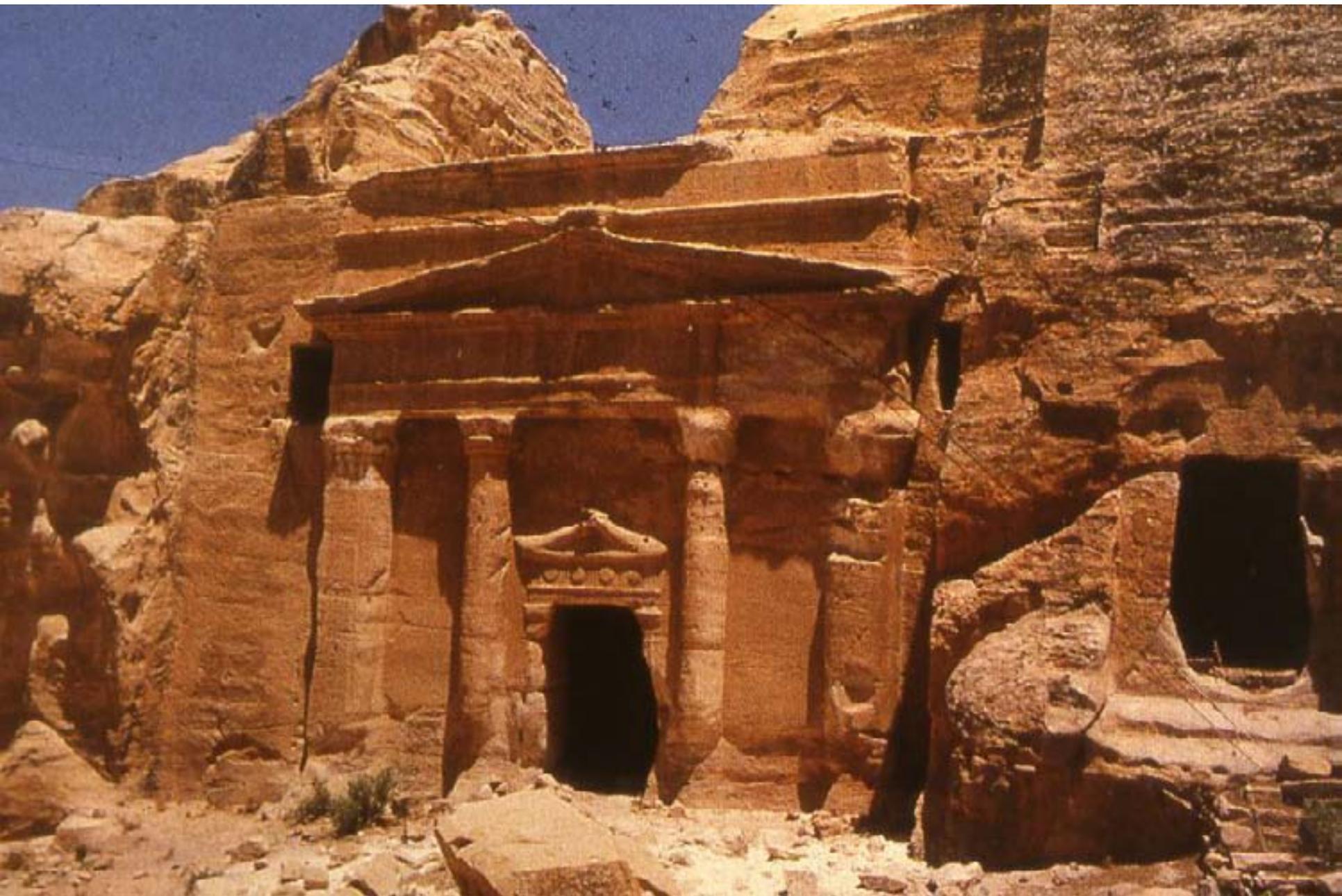






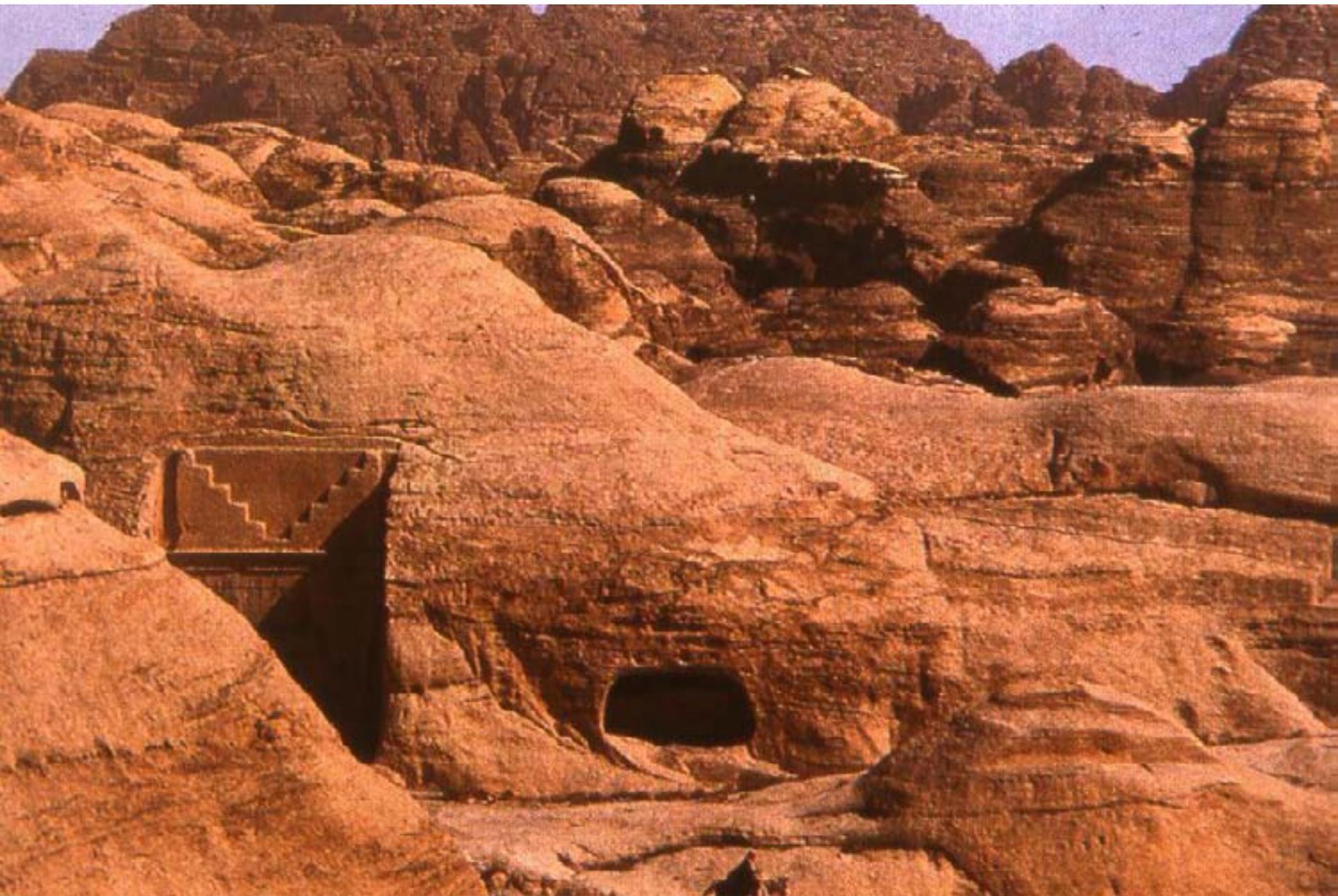


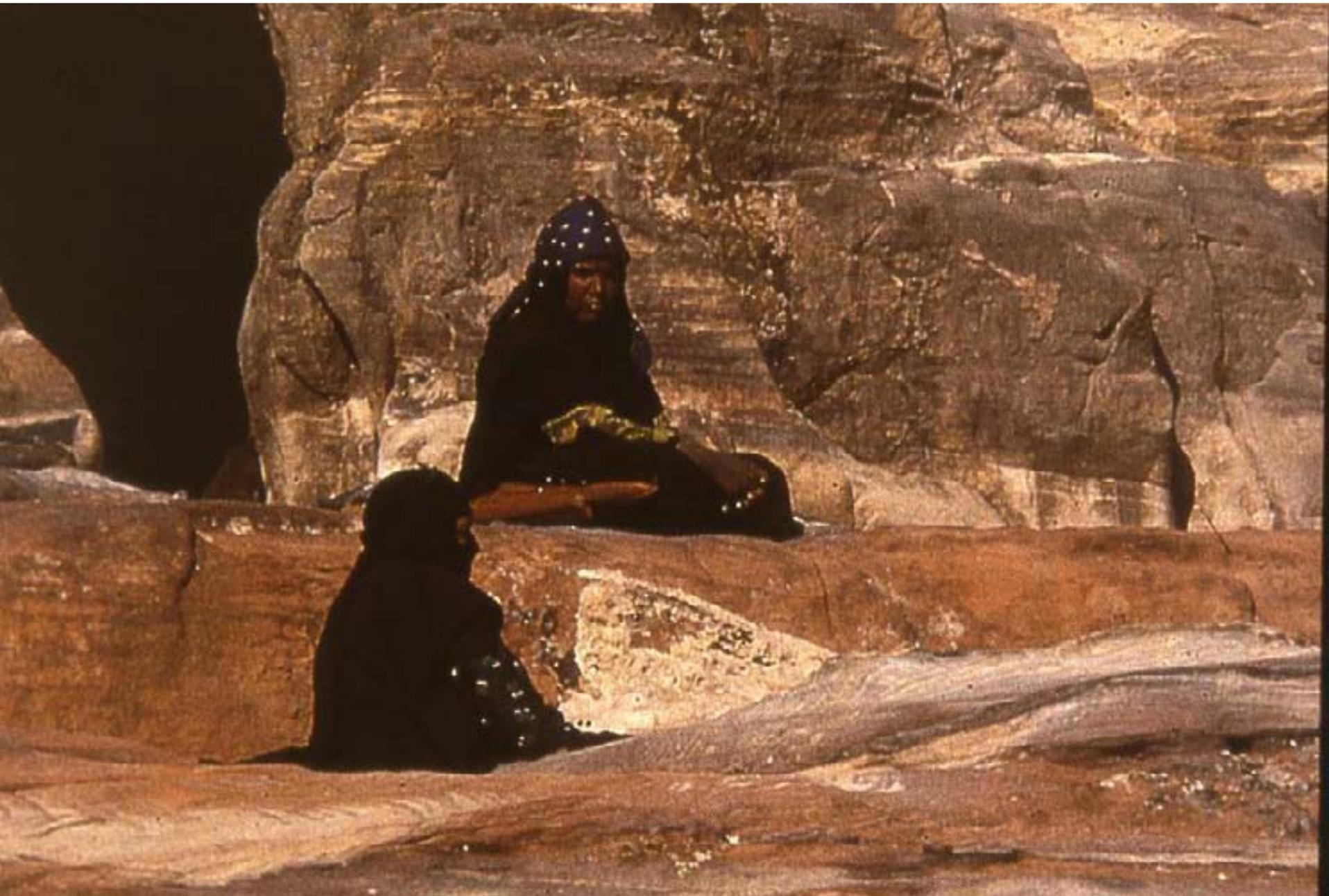


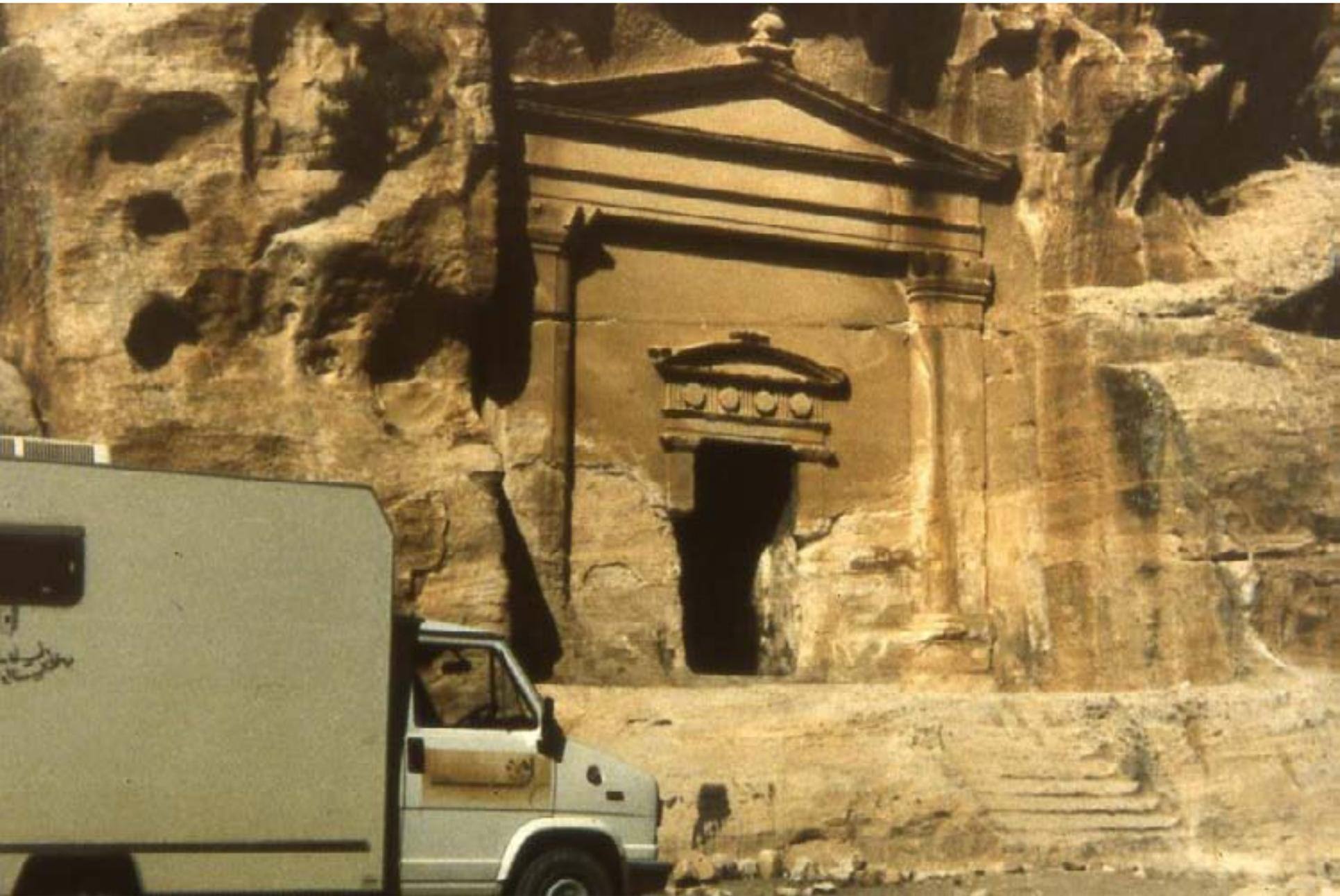


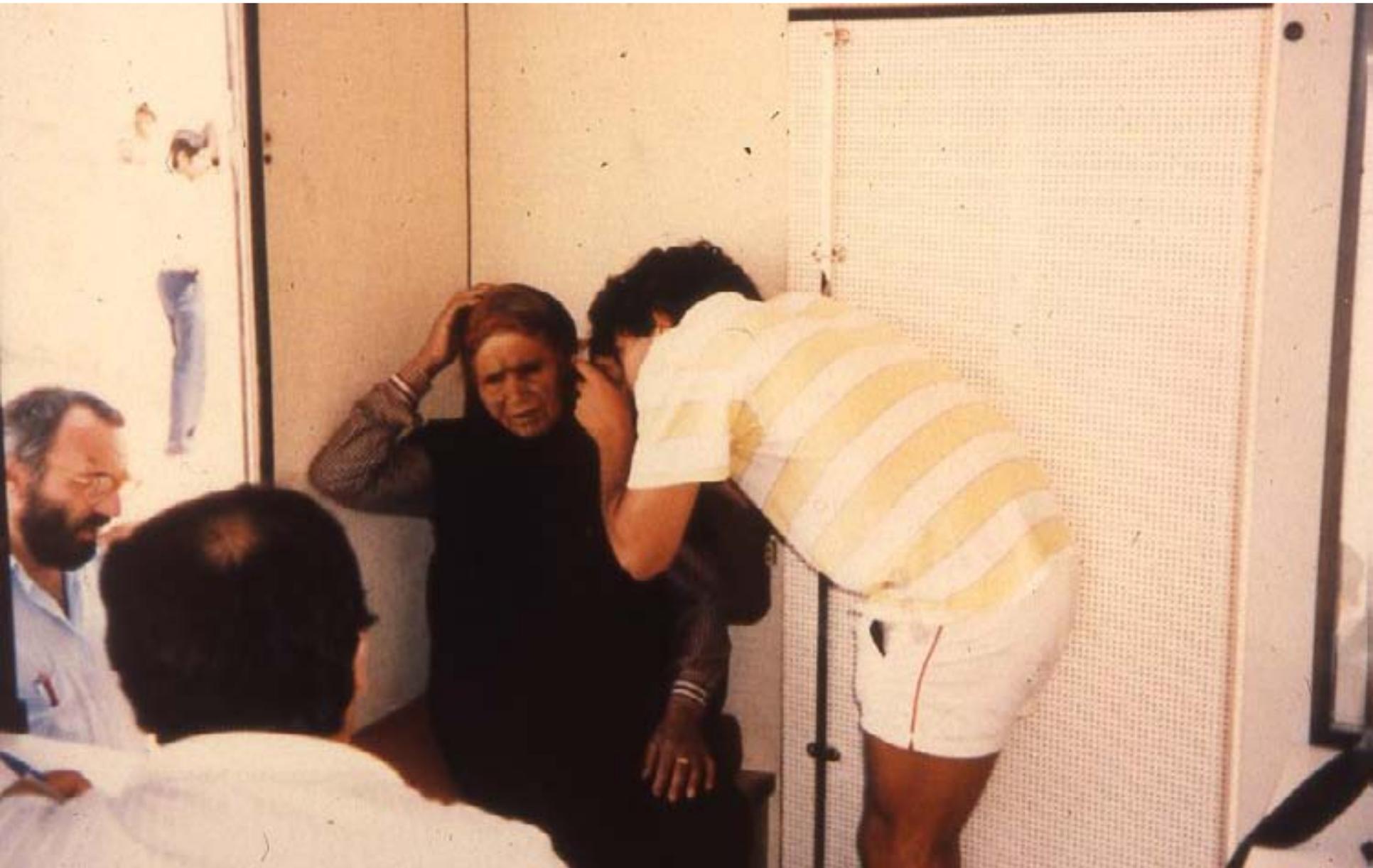






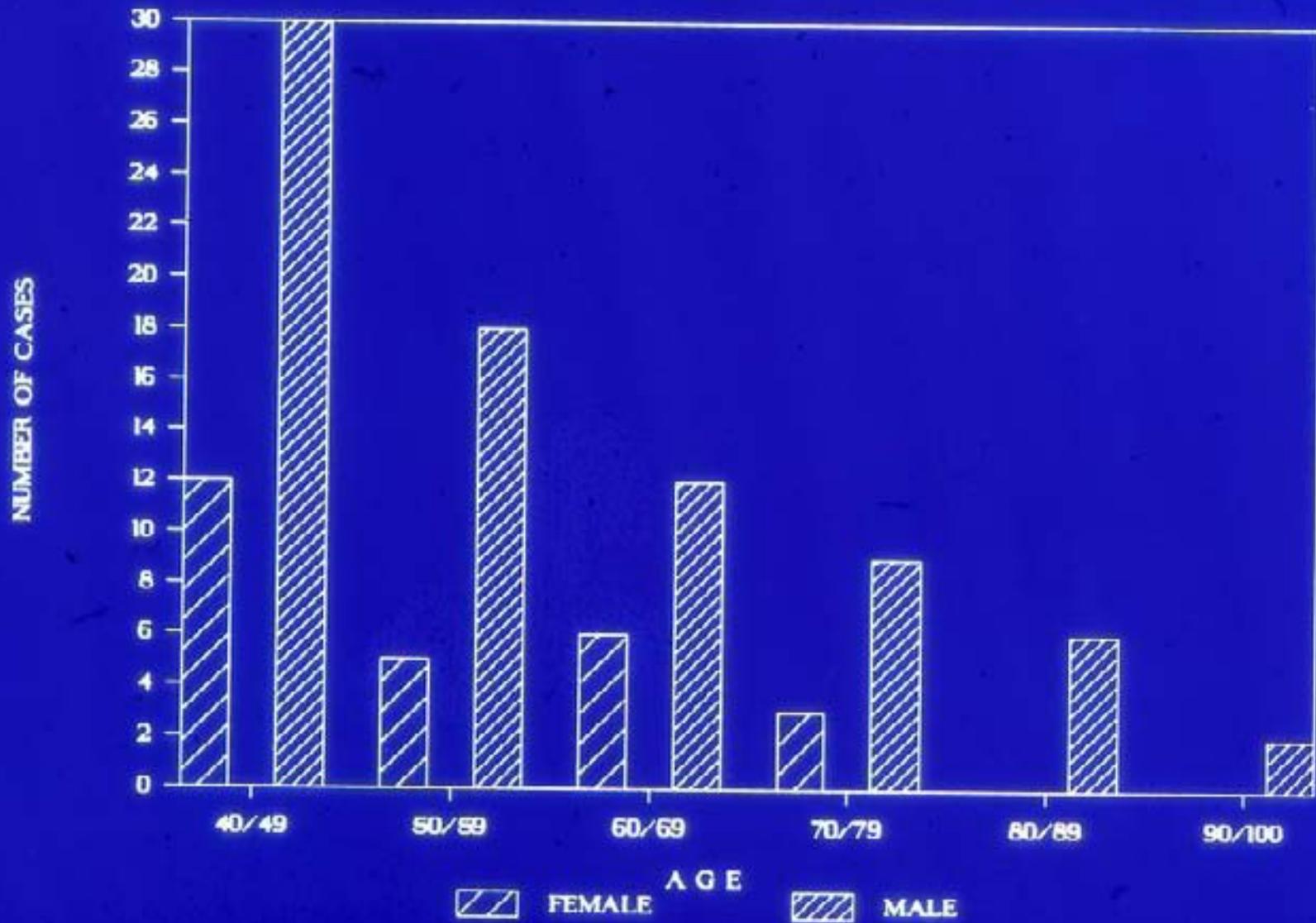




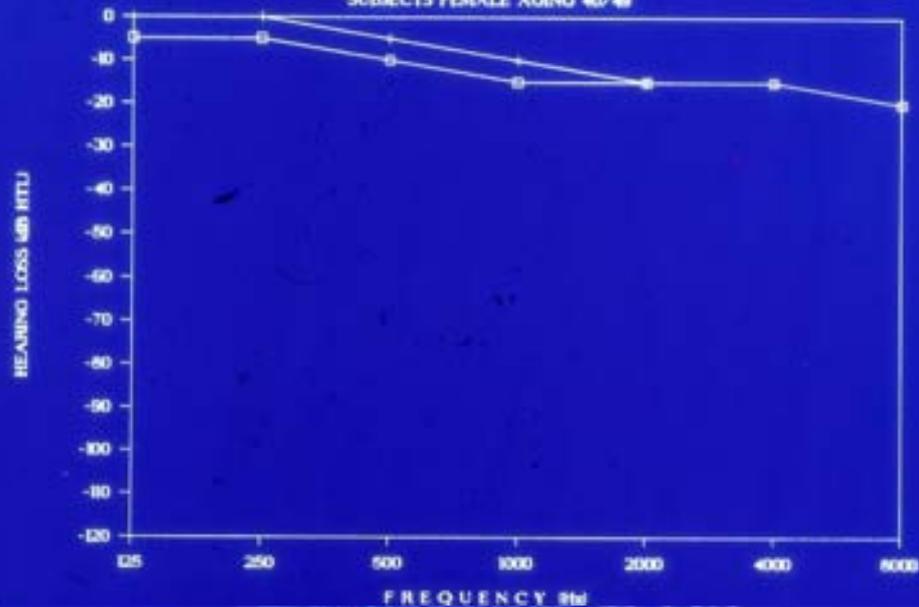




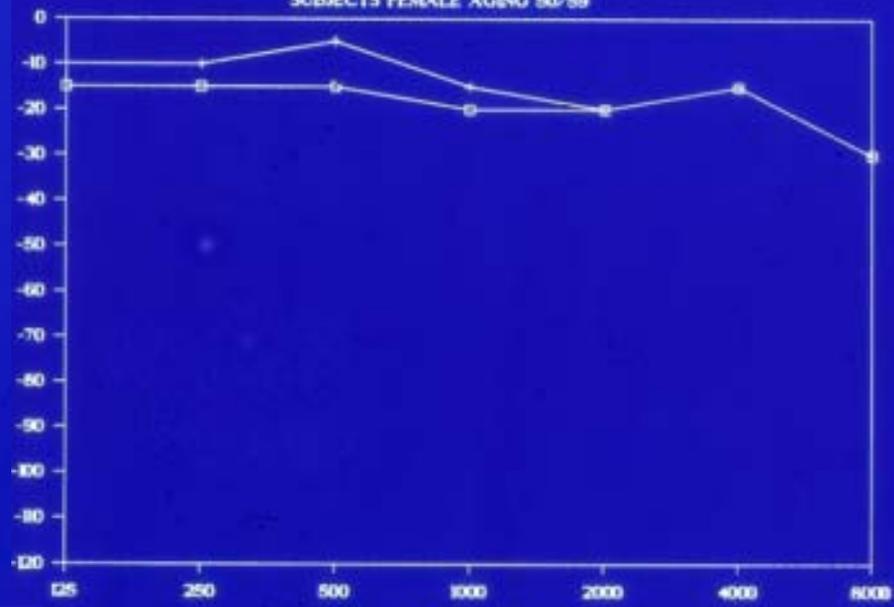
DISTRIBUTION OF CASES VERSUS AGE



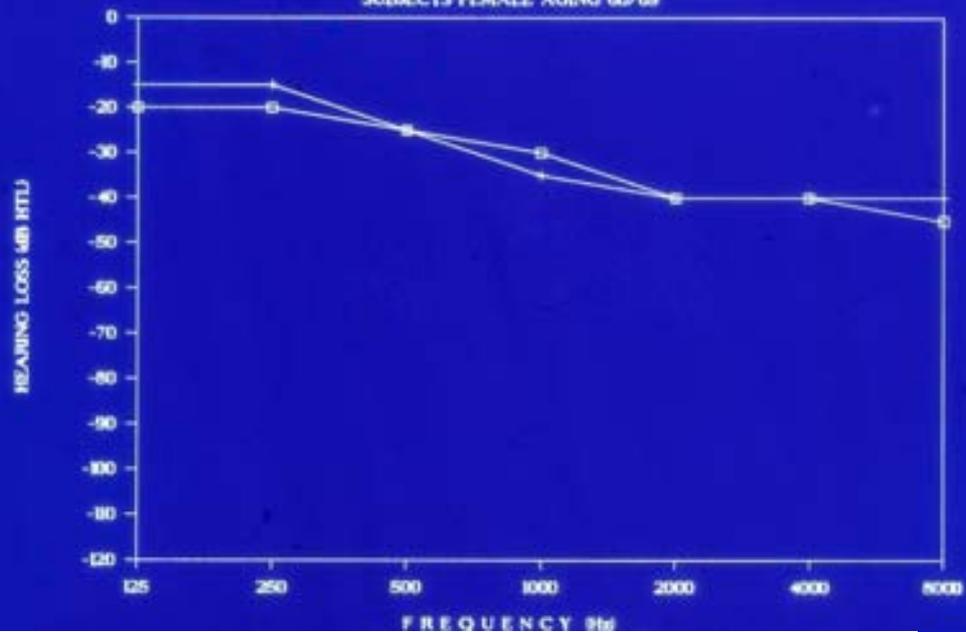
SUBJECTS FEMALE AGING 40/49



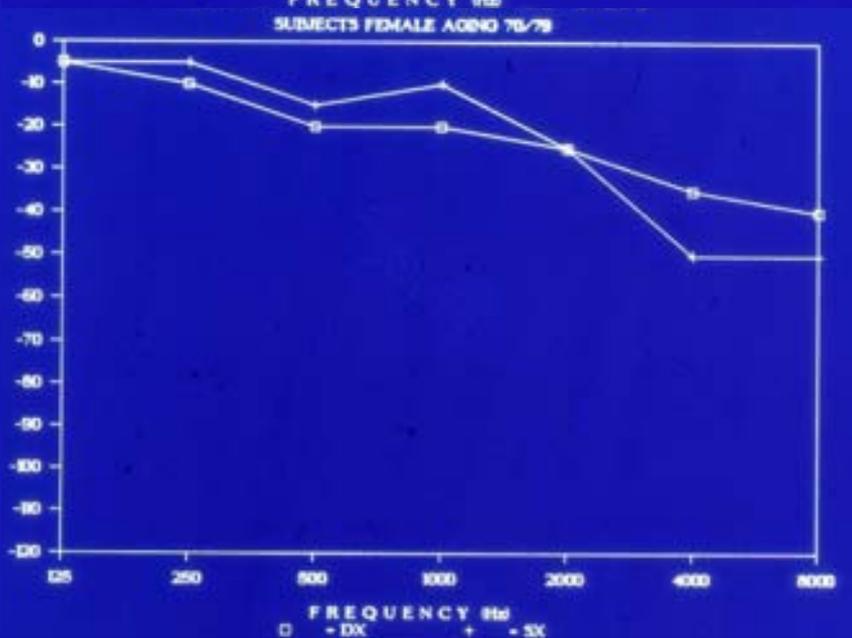
SUBJECTS FEMALE AGING 50/59



SUBJECTS FEMALE AGING 60/69

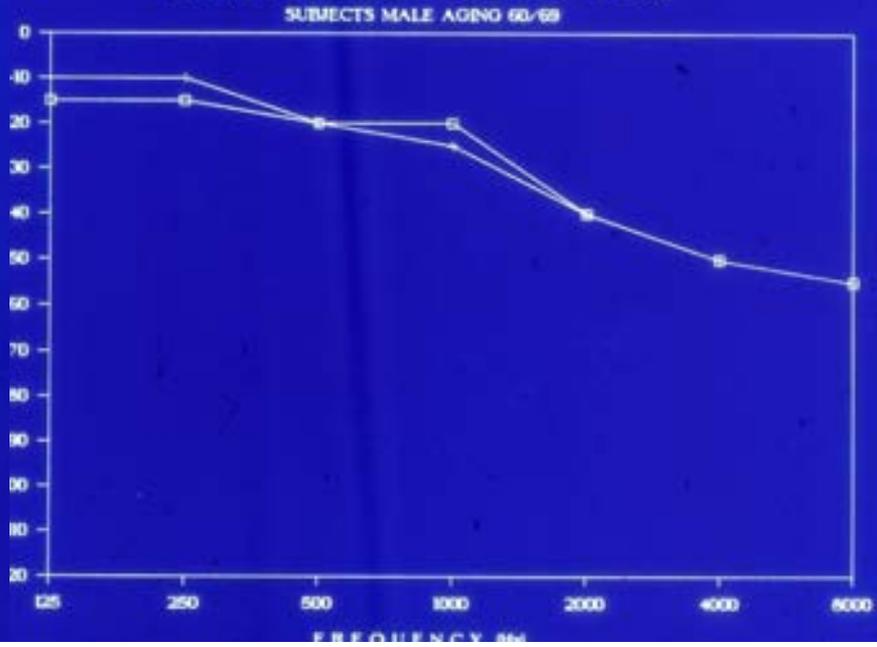
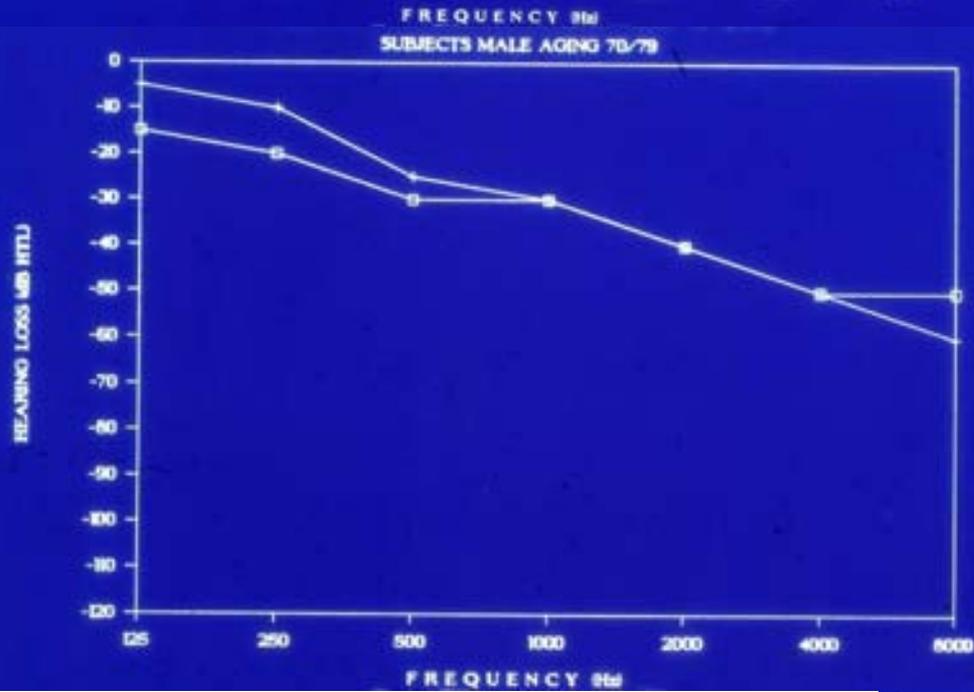
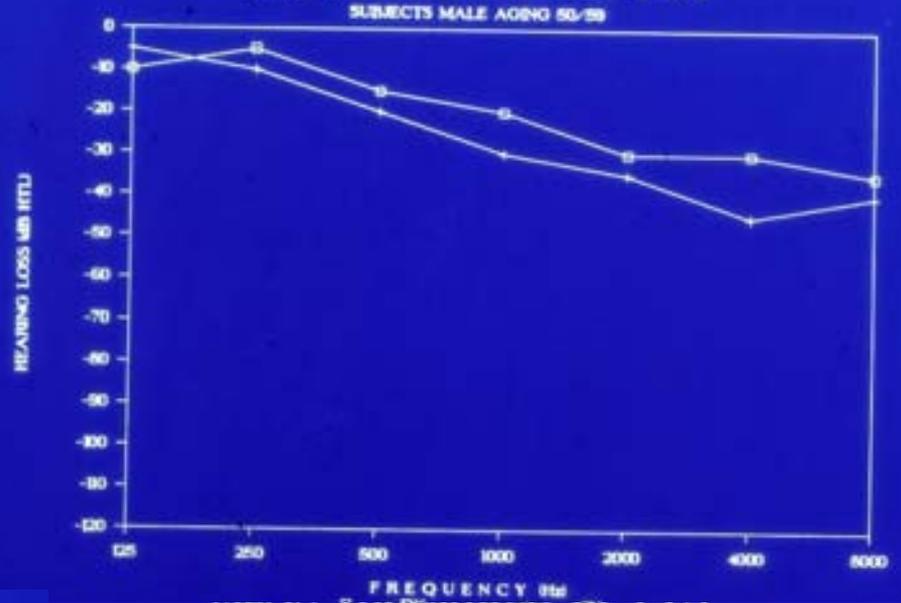
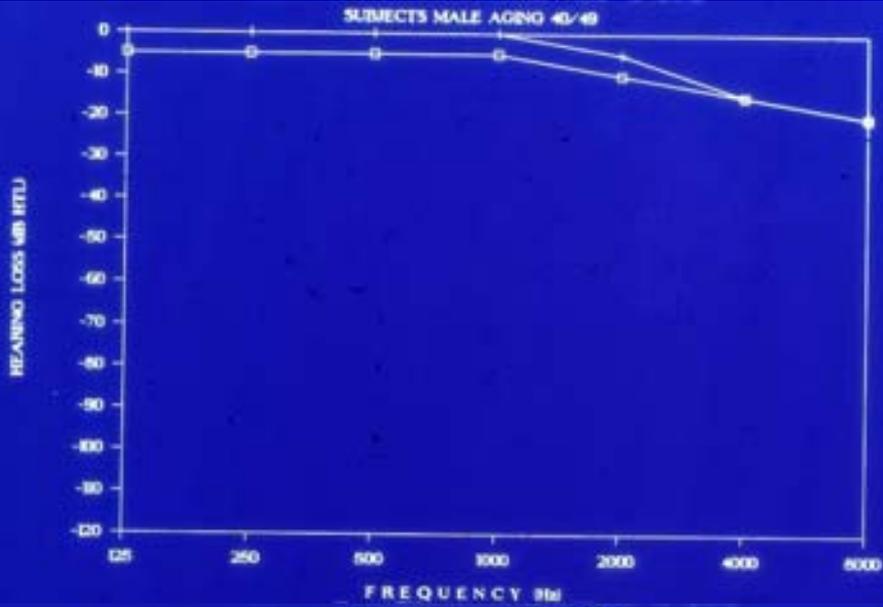


SUBJECTS FEMALE AGING 70/79



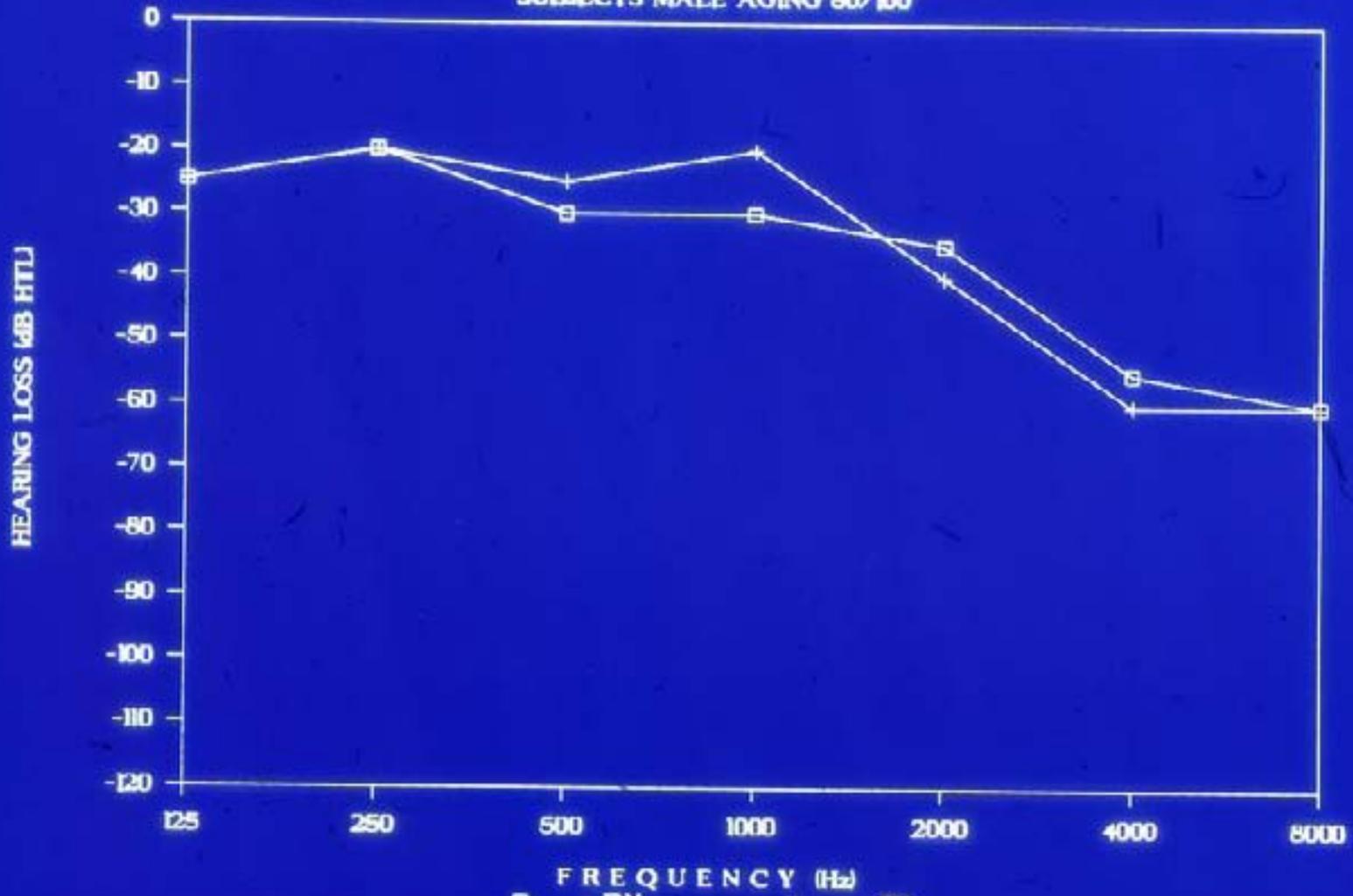
□ + DX
+ - DX

HEARING THRESHOLD OF PTA



MEAN THRESHOLD OF PTA

SUBJECTS MALE AGING 80/100



Deserto giordano



Ascolta

*Prestami ragazzo il tuo udito,
io ti regalerò la saggezza.*

*Ti è stata donata la furbizia dell'orecchio,
ma non il cuore per la verità*

*Impara a distinguere che sentire
non è comprendere,
comprendere non è apprendere
e ancora diverso è amare.*

*Salva ragazzo il tuo udito,
scopri il silenzio del paesaggio e del cuore
cammina con me per la manutenzione della vita
da vecchio sarai più saggio di me.*