

Marco Marinoni

ACUSTICA E PSICOACUSTICA MUSICALE

Lezione 6. Acustica degli strumenti musicali (4)

- 6.1 Clarinetto
- 6.2 Oboe
- 6.3 Fagotto
- 6.4 Sax
- 6.5 Gli ottoni
- 6.6 La tromba moderna
- 6.7 Trombone a tiro
- 6.8 Corno
- 6.9 Gli ottoni rinascimentali

6.1 Clarinetto

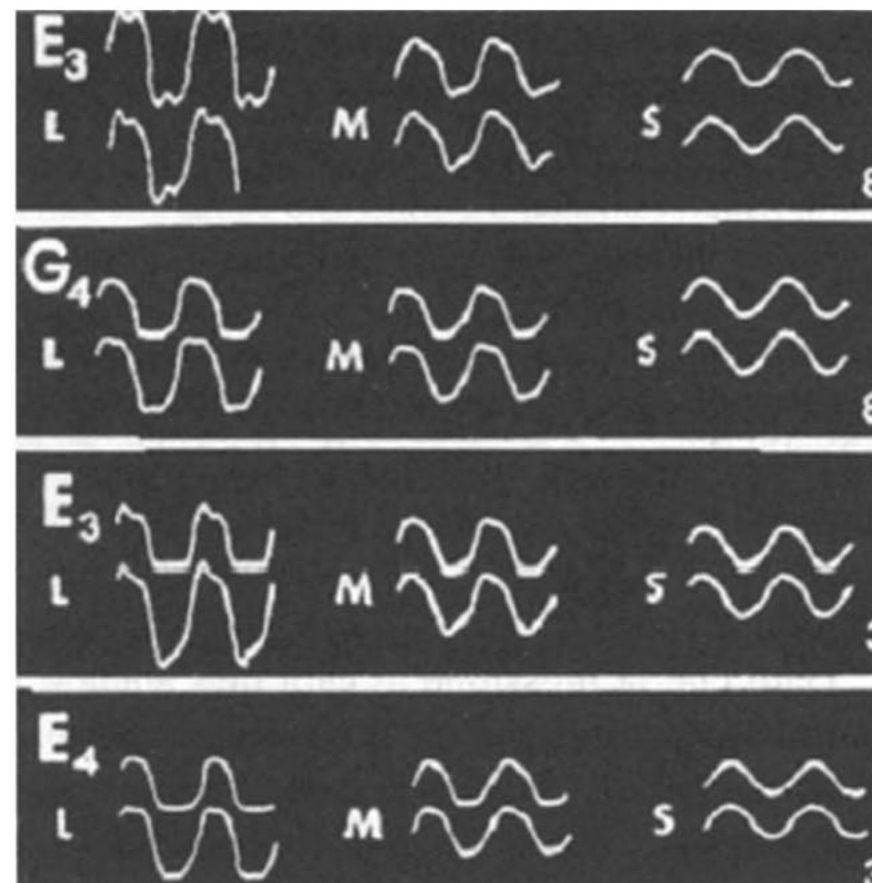
- è un **legno ad ancia**
- Raggiunge la sua configurazione moderna verso la metà del '700
- Aggiunte ulteriori chiavi nell'800 e razionalizzati i fori
- Ha ancora **problemi di intonazione** da risolvere
- Caratteristiche:
 - Ampio range dinamico (50 dB)
 - Fondamentale forte
 - Marcata caratterizzazione coloristica delle tessiture

6.1 Clarinetto. Meccanica dell'eccitazione

- Il fatto di presentare un'**estremità tappata** impone che le armoniche emesse siano solo quelle dispari
- Nei *ppp* è percettibile quasi solo la fondamentale
- Nei *fff* rileviamo la fondamentale di maggiore intensità e le armoniche superiori

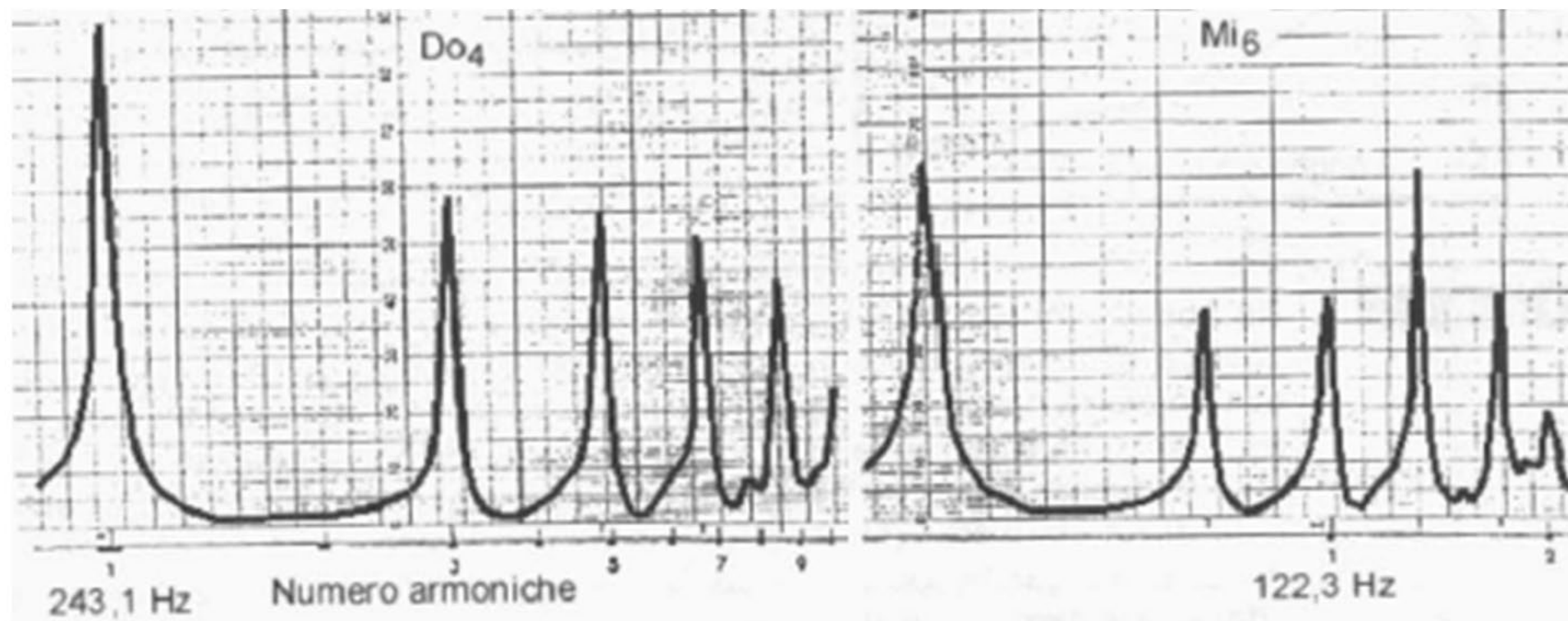
6.1 Clarinetto. Meccanica dell'eccitazione

- Il tipo di ancia e l'intensità di emissione determinano le qualità dell'onda sonora
- **L** = loud; **M** = medium; **S** = soft
- Traccia superiore: pressione acustica
- Traccia inferiore: ampiezza di vibrazione dell'ancia
- Pitch
 - E2, G3 (ancia 8)
 - E2, E3 (ancia 3)



6.1 Clarinetto. Risonanze del canneggio

- Impedenza d'ingresso di un canneggio reale.
 - Sx: registro grave (chalumeau) (C3); dx: registro acuto (E5)



6.1 Clarinetto. Risonanze del canneggio

- **Registro grave**
 - Buona coincidenza con le prime armoniche dispari
- **Registro acuto**
 - Sfalsatura dei picchi molto evidente
 - La fondamentale è più debole
 - Non eccita più il primo picco di impedenza
 - Problema ancora da spiegare

6.1 Clarinetto. Risonanze del canneggio

- I grafici [slide 5] si riferiscono a quando l'ancia è sigillata
- Durante la normale esecuzione la vibrazione dell'ancia può provocare un abbassamento di frequenza anche di un semitono
 - L'esecutore corregge l'errore agendo su
 - **Pressione** acustica P
 - **Tensione** con cui le labbra comprimono l'ancia

6.1 Clarinetto. Risonanze del canneggio

- Gli strumentisti sostengono che anche **particolari conformazioni assunte dal cavo oro-faringeo** possono influire su **timbro e frequenza**
- Le ricerche dimostrano che
 - Lingua abbassata
 - Frequenze gravi
 - Non influente (i picchi di impedenza del cavo oro-faringeo sono in condizione di disadattamento rispetto a quelli del canneggio, più marcati)
 - Punta della lingua sollevata
 - Frequenze acute
 - Influente (i picchi a bassa frequenza crescono in ampiezza e possono agire su timbro e altezza, specie se l'esecutore accorda la frequenza del cavo oro-faringeo su una delle risonanze dello strumento)

6.1 Clarinetto. Emissione

- **Principale problema:** commutazione della colonna d'aria alla 12a superiore, all'apertura del foro di registro
 - Fino alla **frequenza di taglio f_c (1.6 kHz ca.)**
 - le armoniche dispari calano di circa 3dB/ottava, quelle pari crescono di 6dB/ottava
 - L'efficienza di irradiazione cresce
 - Oltre la **f_c**
 - Il suono irradiato proviene direttamente dall'ancia, non c'è interazione da parte del caneggio
 - Rapida discesa di 18dB/ottava

6.1 Clarinetto. Emissione

- **Timbrica** dei vari registri di un clarinetto in Bb
 - Chalumeau (E2-E3)
 - Carattere nasale, armoniche dispari
 - Medio (F3-Bb3)
 - Compaiono le armoniche pari
 - Clarino (B3-G4)
 - Foro di registro aperto: scompaiono quasi le differenze tra armoniche pari e dispari
 - Altissimo (G#4 in su)
 - Foro tonale aperto: carattere chiaro e brillante

6.1 Clarinetto. Emissione

- **Frequenza di taglio**
 - Clarinetto in C (1830)
 - 1400-1500 Hz
 - Clarinetto in C (moderno)
 - 1700 Hz
 - Timbro troppo brillante per eseguire correttamente composizioni del periodo classico
 - Clarinetto in Bb
 - 1500 Hz
 - Clarinetto in A
 - 1400 Hz

6.2 Oboe

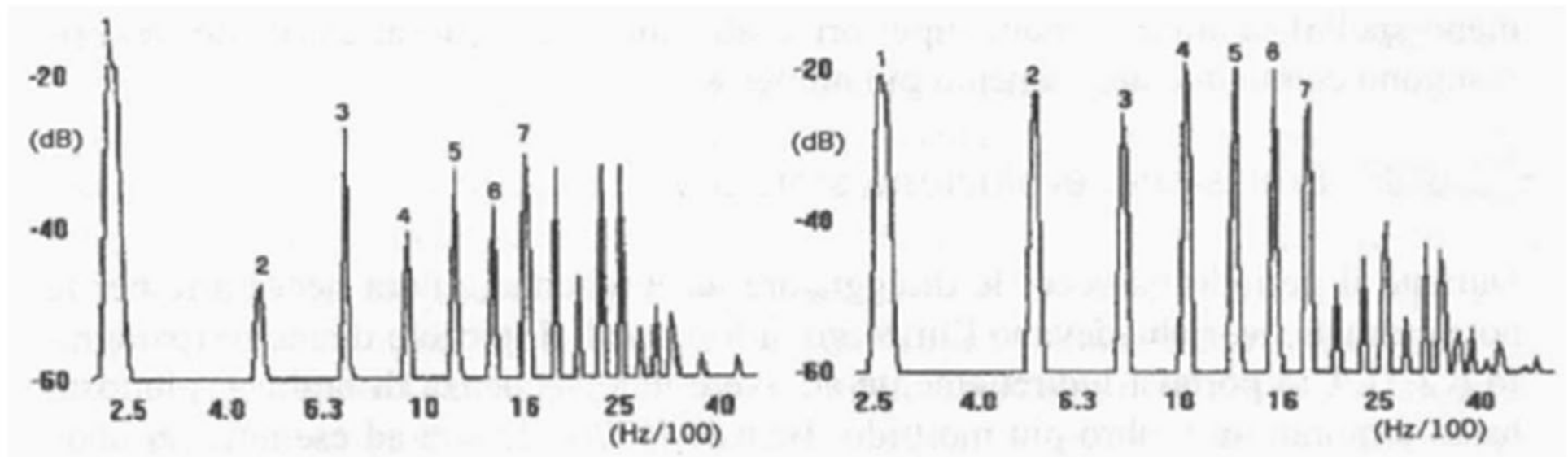
- **Cameratura conica** (angolo di apertura 1.4°)
 - Ambito: suona un'ottava ca. più in acuto del clarinetto
 - Lunghezza: più o meno come il clarinetto
- **Spettro**: emette **tutte le armoniche**
- **Meccanismo di eccitazione**: la stretta imboccatura è munita di un'**ancia doppia** simile a quella del fagotto
- **Range dinamico** più che dimezzato rispetto al cl (15-20 dB)
- **Timbro** leggero e penetrante
 - Fondamentale più debole e molte armoniche superiori, anche nelle frequenze acute
- **Colorazione uniforme dei registri**
 - L'ancia chiude completamente l'imboccatura

6.2 Oboe

- **Pressione di alimentazione**
 - Clarinetto: la più alta dei legni
 - 3-5 kPa
 - Oboe: la più bassa
 - 4-12 kPa
 - Estensione tonale oltre il A5
 - La pressione cresce al crescere di intensità e frequenza da generare
 - Note più acute possono essere ottenute “teeth on the reed”, stringendo l’ancia tra i denti

6.2 Oboe.

- Spettro di emissione
 - Sx: **Clarinetto in Bb**: C3, suono reale Bb2
 - Dx: **Oboe**: C3



6.2 Oboe. Risonanze del canneggio

- Il volume aggiuntivo dell'imboccatura, completando il cono, riporta gli ipertoni a una serie armonica, compensando così lo stiramento introdotto dalla tronatura
 - Più evidente nelle frequenze gravi
 - I modi superiori si attenuano ma restano molto più numerosi di quelli del clarinetto

6.2 Oboe. Emissione

- Periodo barocco
 - Diteggiature a forchetta necessarie per le note cromatiche
 - → bassa frequenza di taglio (es. 1720: $f_c = 1100$ Hz)
 - → ance più larghe, leggere e flessibili
 - → timbro più morbido
- Ottocento
 - Nuove esigenze estetiche (frasi più ampie, legate)
 - Introduzione delle chiavi
 - → ance più rigide
 - » → maggiori pressioni di alimentazione

6.2 Oboe. Emissione

- Bohm e Triébert
 - Tenta di applicare all'oboe i fori più larghi applicati al flauto traverso
 - Risultato: $f_c = 1600-2400$ Hz
 - Troppo brillante, sconfina nell'asprezza

Ci si limitò all'introduzione delle chiavi → modello Conservatoire (di Parigi), realizzato da Triébert e Barret tra 1840-60

$$f_c = 1400 \text{ Hz}$$

Due **zone formantiche**: 1000 e 3000 Hz

6.3 Fagotto

- Tra i legni impiegati in orchestra, ricopre la parte del tenore o del basso
- **Estensione** Bb0 (58Hz) – C4 (523Hz)
- **Ancia doppia**
- **Cameratura conica** come quella dell'oboe
 - Angolo di apertura più stretto (0.8°)
- **Range dinamico** più basso tra i legni
 - 10 dB per il moderno modello tedesco (secondo Lehman)
 - 20 dB (secondo Fletcher)
- **Timbrica** uniforme

6.3 Fagotto

- **Intonazione** dipende da:
 - Regolarità della cameratura
 - Lunga 2.5 m
 - Piegato su se stesso a U
 - Cannello ritorto su cui viene innestata l'ancia
 - Posizionamento dei fori tonali
 - Scavati diagonalmente attraverso le pareti
 - Stretti (sopra al D3 diteggiature a forchetta)
 - Profondi
 - $\rightarrow f_c$ bassa, circa 400-600 Hz, varia con la tessitura

6.3 Fagotto

- I tentativi per riformare lo strumento alla Bohm non hanno avuto successo
 - Il **modello francese** classico è caduto in disuso
 - Canneggio più sottile
 - → Timbro più brillante
 - → più facile intonazione di note acute (E4 e F4)
 - **Modello tedesco** (C. Almenraeder):
 - Timbro più scuro e omogeneo
 - In uso dal 1930

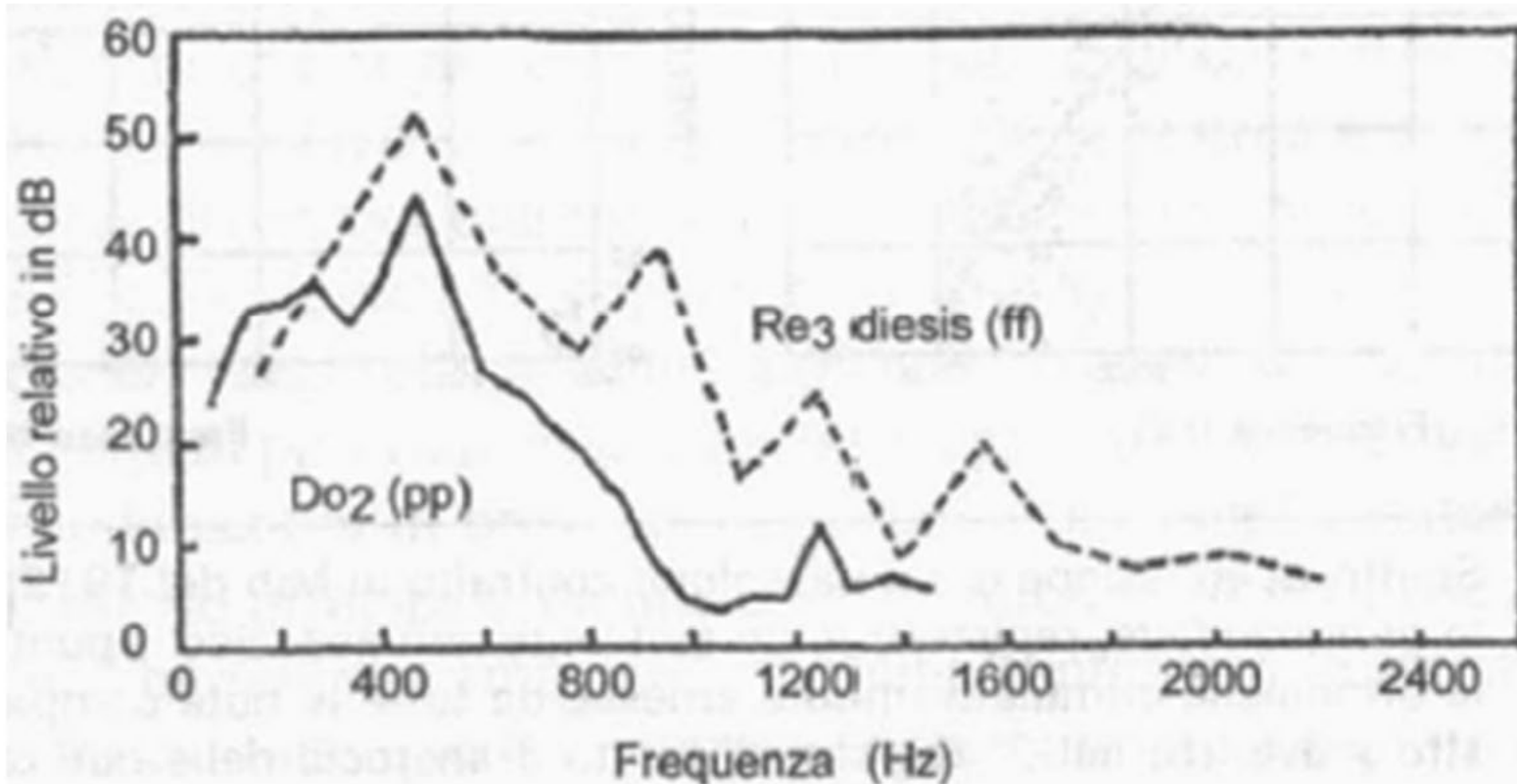
6.3 Fagotto

- Tra tutti i legni è quello rimasto più legato al suo predecessore barocco, con i problemi tecnici che ne derivano
 - Ogni esecutore ha imparato a **trattare** il proprio fagotto, correggendone l'intonazione (flessibile anche di semitono) con diteggiature personalizzate

6.3 Fagotto

- **Picchi di impedenza:** situazione simile all'oboe
 - Regolari nelle frequenze gravi
 - Sopra il G2 assumono andamento casuale
- **Spettro di emissione:**
 - Drastico calo oltre la frequenza di taglio
 - Modello tedesco: due pronunciate zone formantiche
 - 440-500 Hz
 - 1220-1280 Hz
 - figura [slide 23]

6.3 Fagotto



Spettri involuppo di due note di un fagotto in figura, media dell'emissione di undici fagottisti professionisti, rilevati in camera anecoica (Lehman, 1964)

6.4 Saxofono

- **Cameratura conica**
 - Ampia apertura angolare (4° nel sax soprano)
- **Ancia** simile a quella di un clarinetto
- Strumento progettato ex novo (A. Sax, 1947)
 - Unico legno a non essere il risultato di un processo evolutivo
- Suono più intenso di quello del clarinetto

6.4 Saxofono

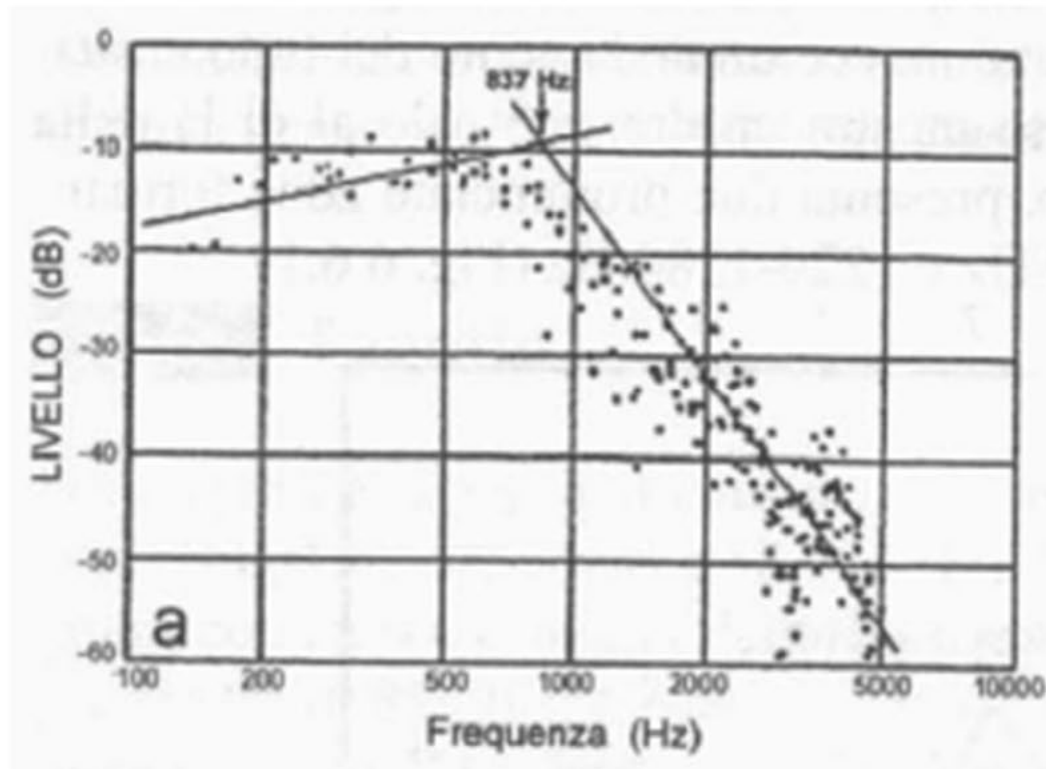
- f_c sax soprano = 1300 Hz
 - Di poco inferiore a quella di un clarinetto dello stesso taglio (1500 Hz)
 - Fino alla f_c l'emissione cresce di 3dB/ottava
 - Oltre la f_c l'emissione cala di 18dB/ottava
- Come in tutte le camerature coniche, la **fondamentale** è
 - debolmente generata
 - ma fortemente irraggiata dalla larga apertura terminale o dal grande diametro dei fori tonali

6.4 Saxofono

- L'irradiazione sonora di un **sax soprano** supera di 14 dB quella di un **clarinetto soprano**
 - **10 dB** dovuti al maggiore diametro dell'apertura terminale o dei fori tonali
 - **4 dB** dovuti al differente andamento della pressione acustica di un'ancia innestata in una **cameratura conica** rispetto alla stessa innestata in una cameratura cilindrica

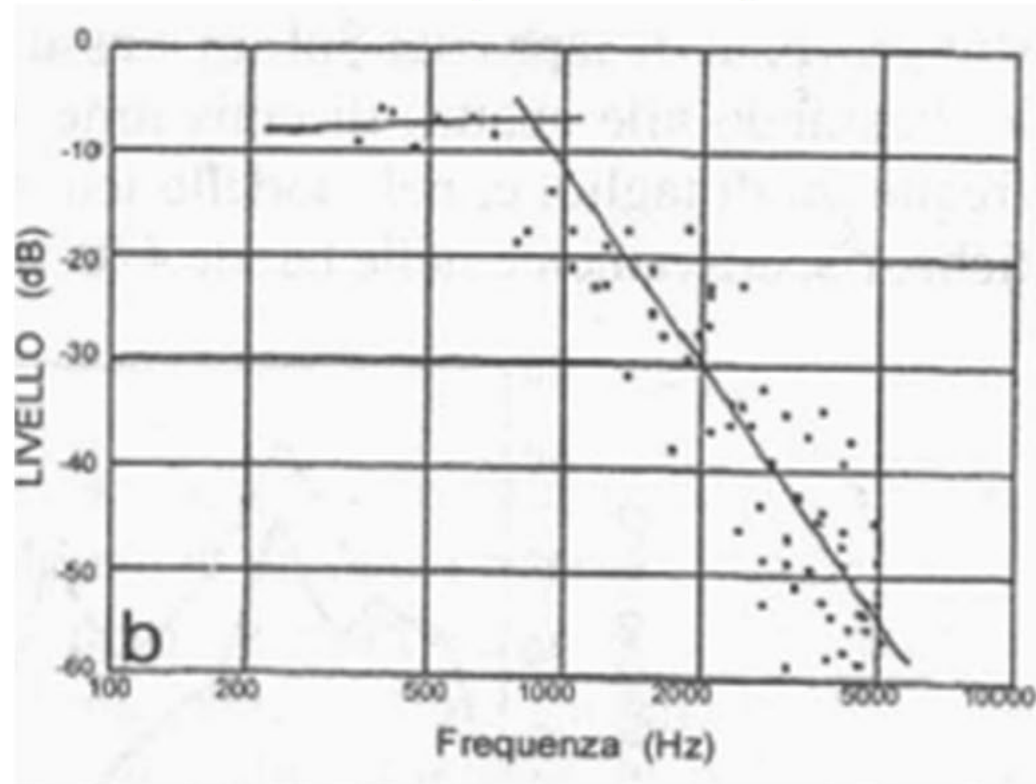
6.4 Saxofono

- Sax contralto in Eb: $f_c = 837$ Hz ca.
 - Spettro di emissione per le frequenze gravi



6.4 Saxofono

- Sax contralto in Eb: $f_c = 837$ Hz ca.
 - Spettro di emissione per le frequenze acute



6.5 Gli ottoni

- Caratterizzati dalla serie armonica **0.8, 2, 3, 4, 5 ecc.**
 - 0.8 non viene impiegato
 - L'armonico 1, detto nota pedale, può essere prodotto con tecniche particolari
- Fino agli inizi dell'800 le uniche note emesse da trombe e corni erano le armoniche naturali, modificate se necessario dalla tensione delle labbra
 - Per formare una scala era necessario servirsi di una nota pedale molto grave

6.5 Gli ottoni



Armonici emessi dagli ottoni aventi il taglio nominale di figura: (a) tromba moderna a valvole, (b) tromba naturale *barocca*, (c) corno in Fa, (d) corno in Sib. Servendosi della terminologia organistica, detti strumenti hanno quindi una lunghezza, rispettivamente, di 4' (4 piedi), 8', 12', 9', mentre quella dei legni impostati sul Do₄ era di 2'

6.5 Gli ottoni

- Rispetto a un legno di analoga tessitura melodica, lo strumento diventava 4 volte più lungo, per cui in genere veniva ripiegato due volte su se stesso a U, oppure avvolto a spire (corni)
- **1814**: dotazione di valvole per l'aggiunta di canneggi supplementari
 - **Tromba**: da uno a sei semitoni
 - Era possibile ottenere note mancanti, come quelle intermedie tra armonici lontani
 - Problemi di timbro e intonazione

6.5 Gli ottoni

- Già dal rinascimento i **tromboni** potevano emettere scale cromatiche o enarmoniche anche partendo dal grave grazie alla possibilità di allungare a piacere la parte cilindrica del canneggio mediante un tubo scorrevole telescopicamente, la **coulisse**

6.5 Gli ottoni – canneggio e generazione degli armonici

- Un ottone è composto da 3 parti:
 - **Bocchino**, con il suo raccordo
 - **Canneggio** cilindrico
 - Indispensabile per l'inserzione delle ritorte o della coulisse
 - **Svasatura** a campana
- I modi di risonanza di un canneggio composito non seguono una serie armonica
- Mediante opportuno dimensionamento dei 3 componenti tali modi possono essere riportati alla serie precedentemente esposta

6.5 Gli ottoni – canneggio e generazione degli armonici

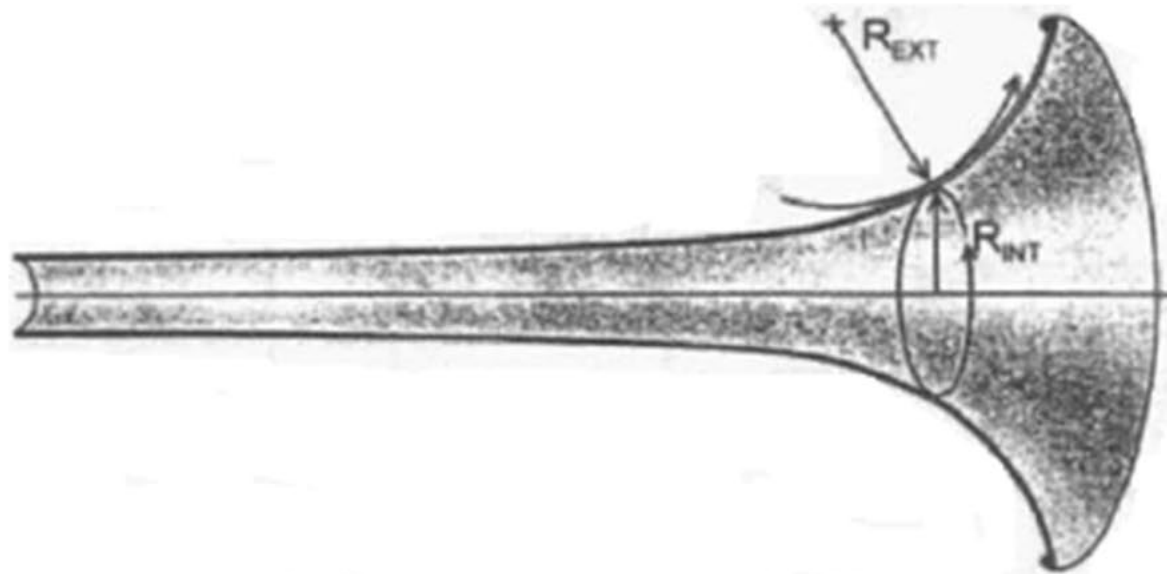
- **Il bocchino**
 - Abbassa la frequenza dei modi che si trovano intorno alla sua risonanza
 - Esalta i picchi d'impedenza del canneggio compresi in una certa banda di frequenza
- **La campana**
 - Contribuisce al compattamento dei modi inacutendo in misura percentualmente maggiore quelli gravi
 - Si comporta da filtro passa-alto, come i fori dei legni
- Bocchino e campana riescono a riportare la successione dei picchi di impedenza del canneggio a una serie armonica, se si esclude il primo termine calante di 3° magg o 4a

6.5 Gli ottoni – canneggio e generazione degli armonici

- Le risonanze vengono eccitate dalle armoniche generate dall'**ancia labiale**
 - Il contenuto in armoniche aumenta
 - con il calare della frequenza
 - col crescere dell'intensità sonora

6.5 Gli ottoni – campana e irradiazione sonora

- I due parametri che identificano una **campana** sono
 - Il raggio interno
 - Il raggio esterno



6.5 Gli ottoni – campana e irradiazione sonora

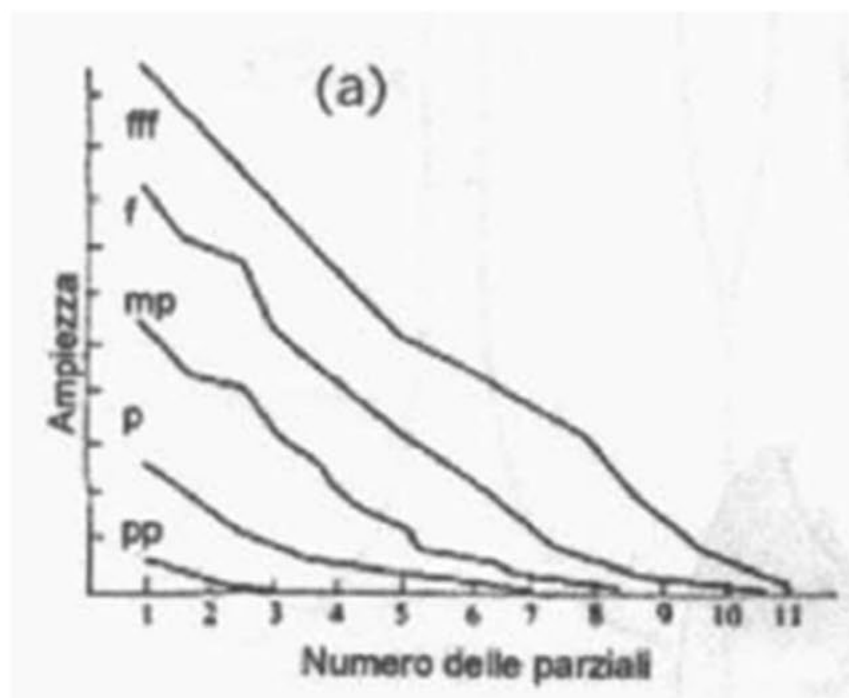
- Il rapporto tra i due parametri deve soddisfare precise regole di dimensionamento in modo da **ridurre al minimo il disadattamento di impedenza tra i due componenti**
- Le **frequenze acute** penetrano più profondamente delle gravi nella campana ma devono attraversare una zona di attenuazione definita dalla ***horn function***
 - **$F = 1 / R_{EXT}$**
 - Per campane coniche **$F = 0$**
 - Campane che svasano più rapidamente producono frequenze più brillanti

6.5 Gli ottoni – campana e irradiazione sonora

- In un canneggio l'efficienza di irradiazione cresce con il quadrato della frequenza (cioè di 6dB / ottava) fino alla f_c (in una tromba $f_c = 1\text{kHz}$ ca.)
- Sopra alla f_c tutta l'energia prodotta viene irradiata
- Alle alte frequenze l'irraggiamento sonoro è fortemente direzionale per cui la brillantezza della tromba è avvertita soprattutto da chi sta di fronte alla campana

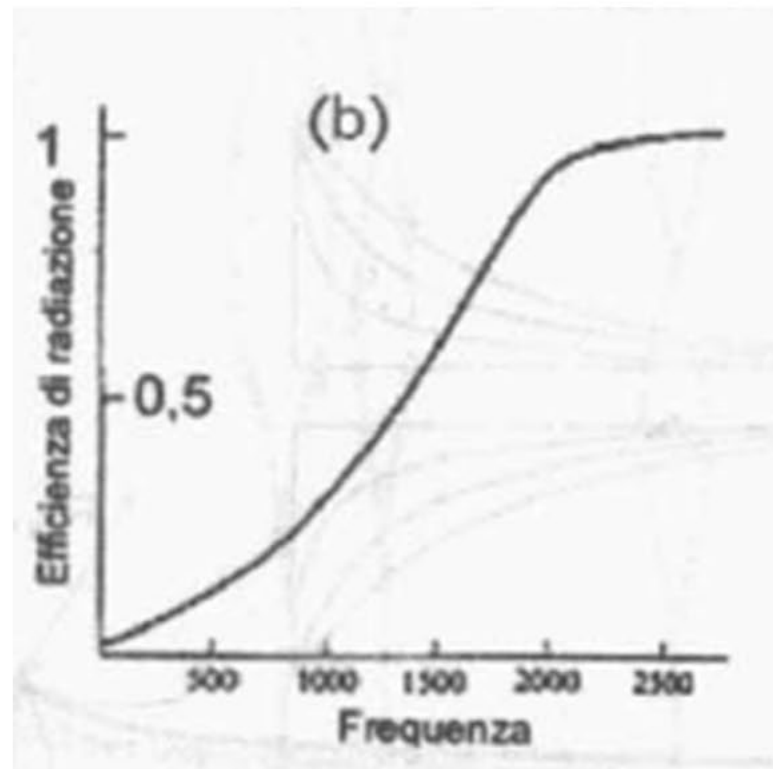
6.5 Gli ottoni – campana e irradiazione sonora

- Inviluppo dello spettro acustico all'interno di una tromba per la nota Bb2 (233 Hz)



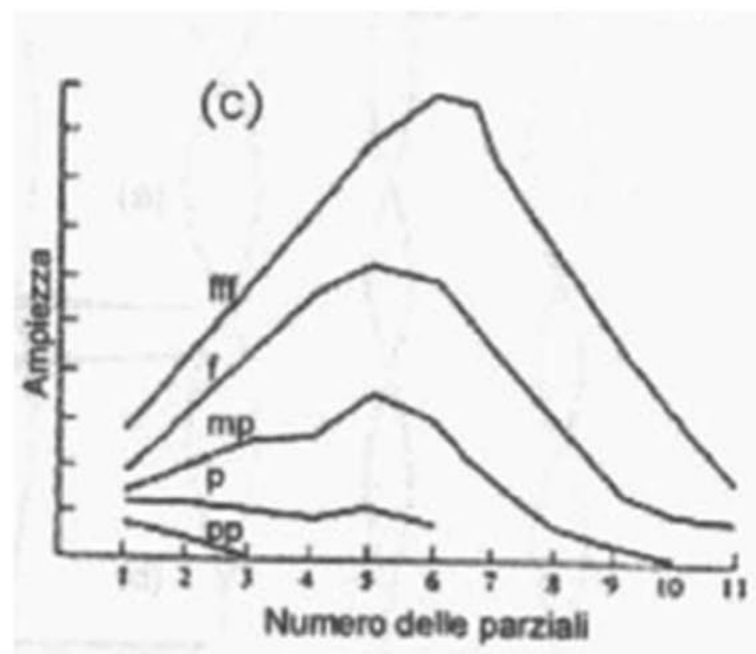
6.5 Gli ottoni – campana e irradiazione sonora

- Efficienza di irradiazione della tromba

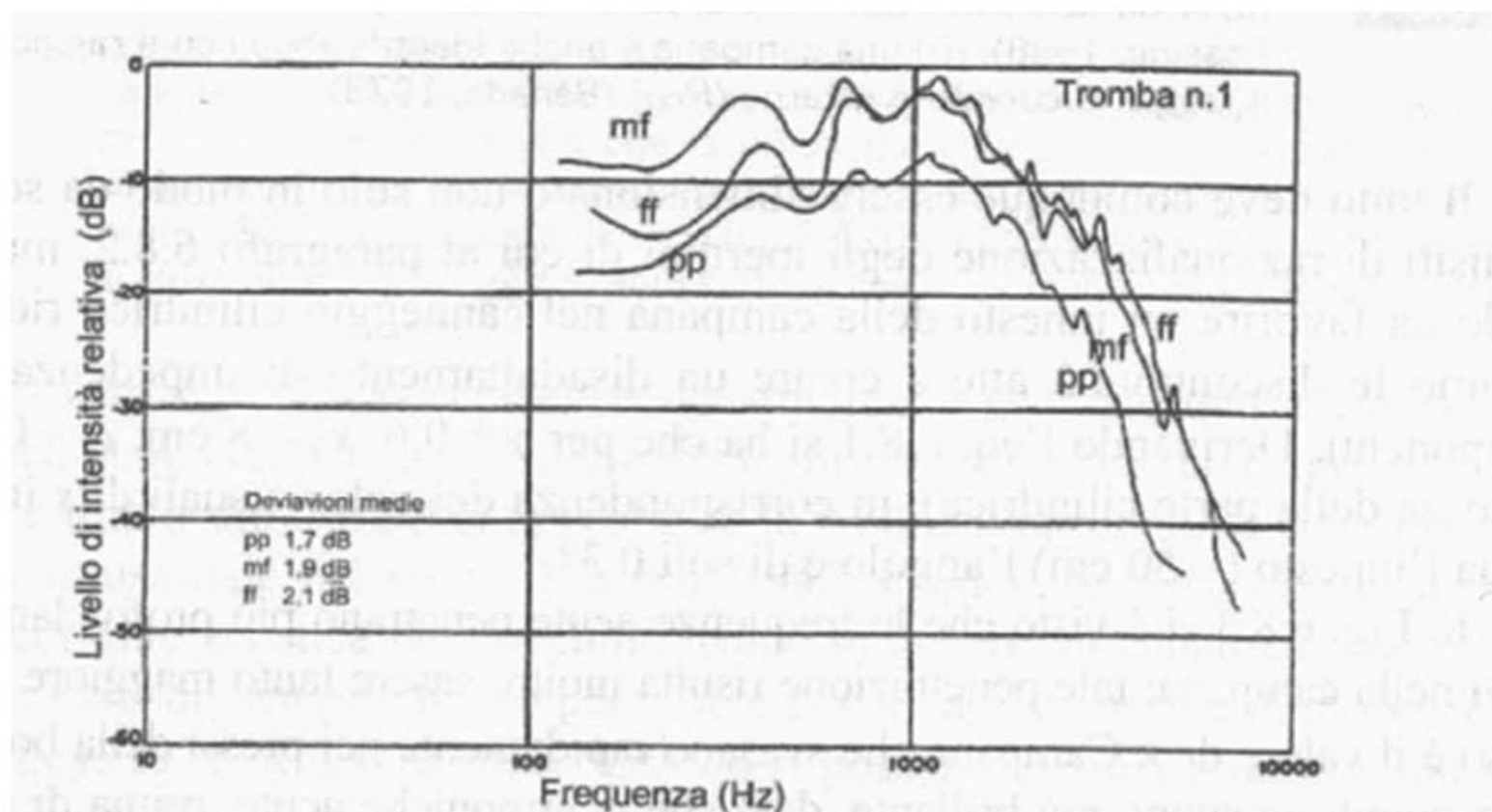


6.5 Gli ottoni – campana e irradiazione sonora

- Spettro del suono irradiato, ottenuto moltiplicando, per ogni frequenza, le ordinate della curva (a) per le corrispondenti della curva (b)



6.5 Gli ottoni – campana e irradiazione sonora

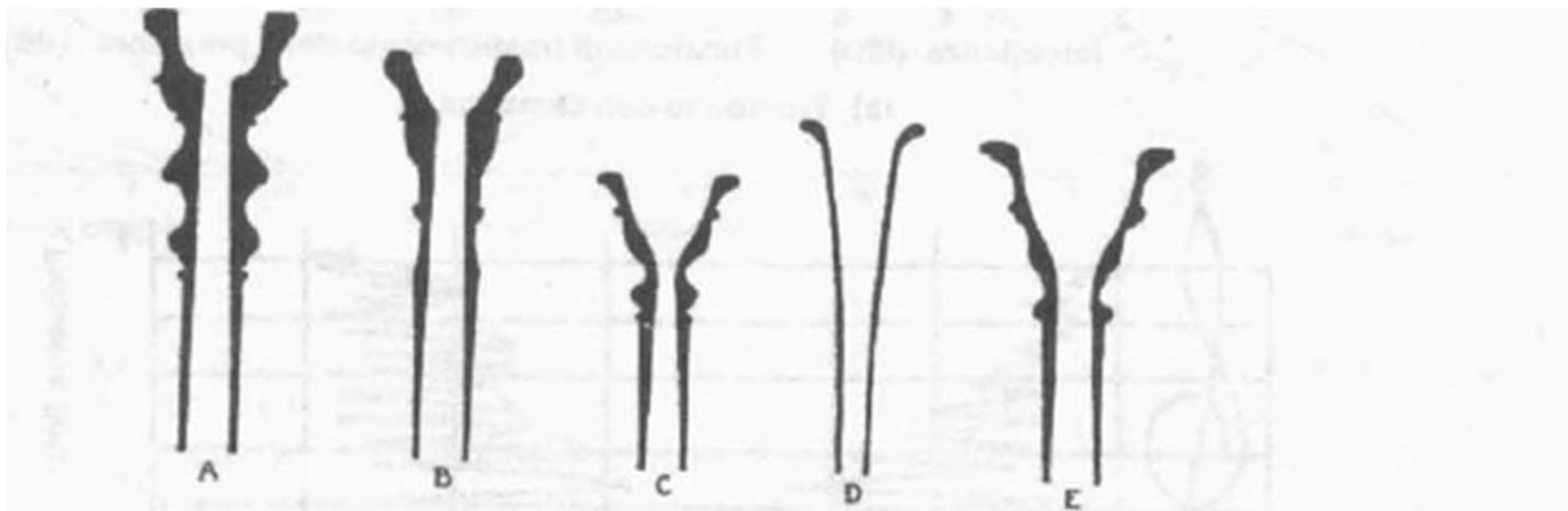


Involuppo spettrale del suono irradiato da una tromba, per tre differenti livelli dinamici, lungo l'intera sua estensione tonale; l'emissione cala bruscamente in corrispondenza della frequenza di taglio, pari a circa 1 kHz (Luce, Clark, 1967)

6.5 Gli ottoni – bocchini e cooperazione dei modi di risonanza

- I bocchini degli ottoni presentano **varie sagome, a seconda del tipo di strumento e delle epoche**
- Anche per uno stesso strumento l'esecutore può scegliere tra bocchini simili in foggia ma con una differente frequenza di risonanza (***popping frequency***)
 - Individuata ad orecchio battendo il bocchino sul palmo della mano incavato
 - **Tromba**: risonanza comprese nella banda 700-800 Hz
 - Esaltano i picchi di impedenza del canneggio ad essi vicini (vale solo per la tromba)

6.5 Gli ottoni – bocchini e cooperazione dei modi di risonanza



Tipi di bocchino per ottoni. A: con bacino «a tazza», per tromba *barocca*; B: tromba moderna (bacino che si collega al *grain* con una svasatura più dolce); C: cornetta; D: corno (a imbuto); E: trombone (Carse, 1965).

6.5 Gli ottoni – bocchini e cooperazione dei modi di risonanza

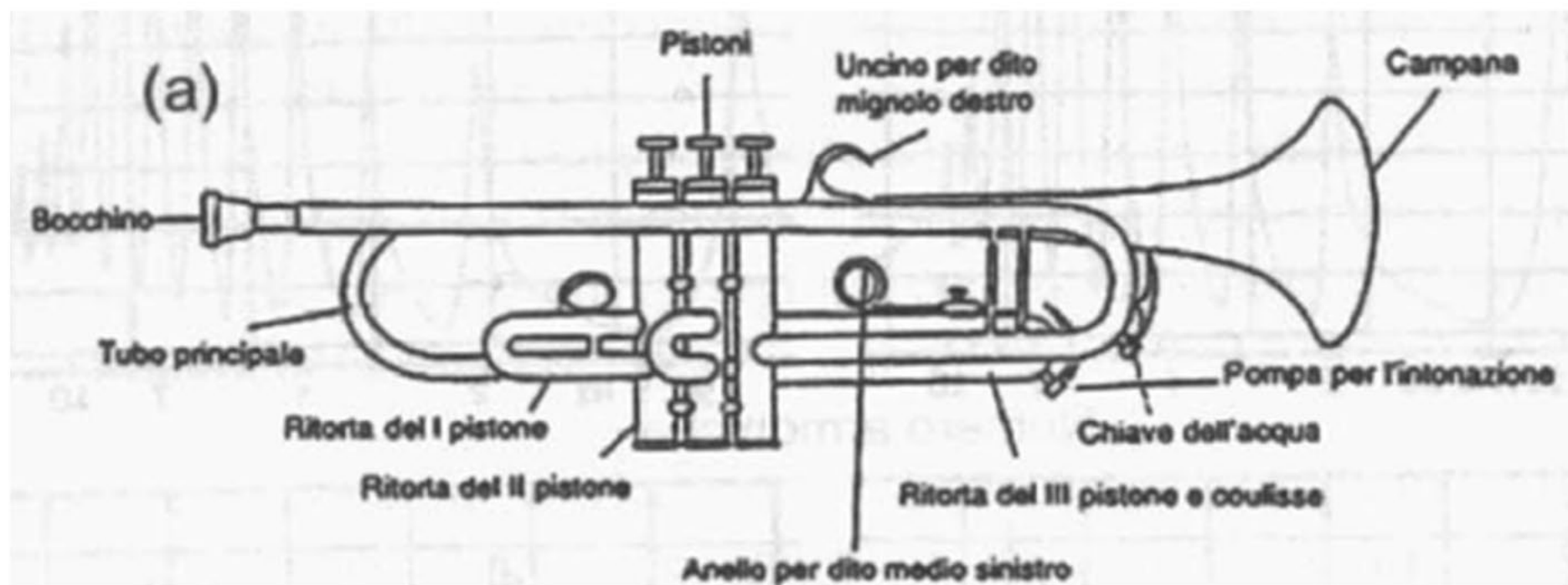
- Variando la tensione delle labbra sui bordi del bacino, l'esecutore può emettere note di una data frequenza fondamentale, accompagnata dalle sue armoniche, che eccitano i modi di risonanza del canneggio ubicati sulla loro frequenza; questi vengono riflessi sulle labbra stesse, stabilizzandone la vibrazione
- Al crescere del volume sonoro, le labbra emettono armonici sempre più intensi e numerosi, ma nelle frequenze acute è necessaria una correzione dell'intonazione
 - Più semplice nel far calare le note che nel farle crescere
 - In questo modo si produce il tremolo

6.6 La tromba moderna – valvole

- Un'**ancia labiale** ha sufficiente flessibilità da permettere all'esecutore, variandone la tensione, di *centrare* l'armonico voluto.
 - Oggi il trombettista e il cornista hanno a disposizione, rispettivamente, almeno 12 e 16 **registri**.
- Rimane il problema di raccordare tra loro gli armonici naturali emessi
 - Trombone: la **coulisse**
 - Tromba e corno: le **valvole**, che permettono l'inserzione delle **ritorte**
 - La nota pedale può essere fatta scendere fino alla quinta diminuita

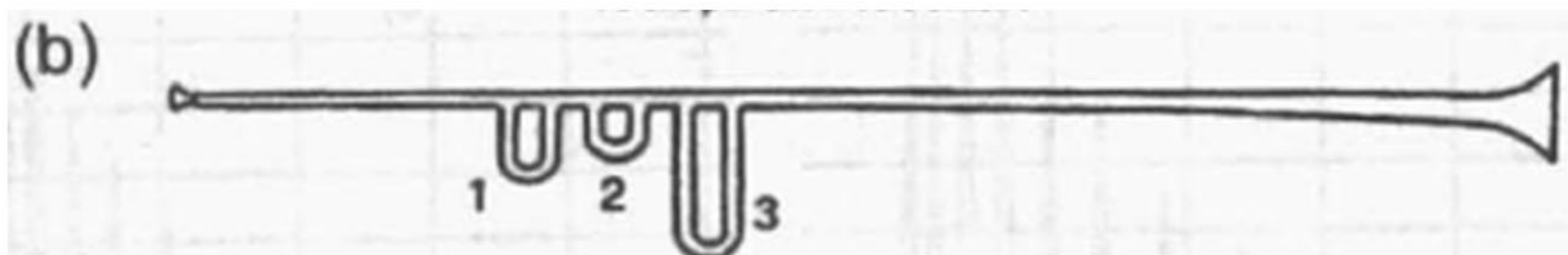
6.6 La tromba moderna – valvole

- Moderna **tromba a pistoni** e sue parti



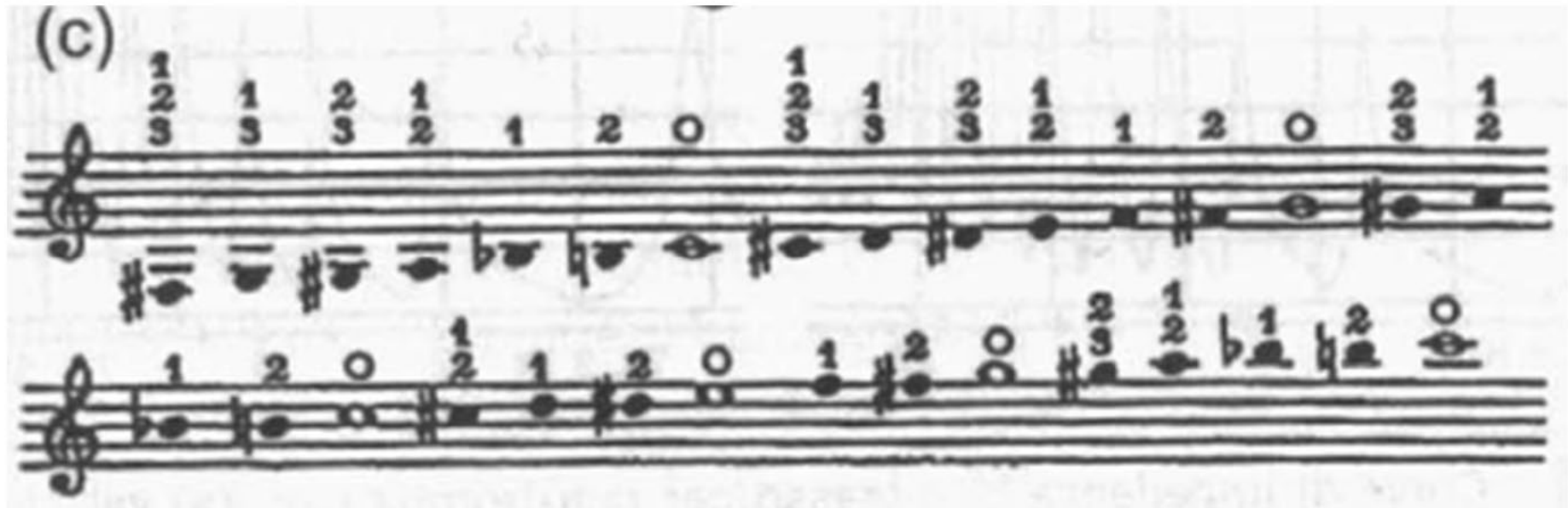
6.6 La tromba moderna – valvole

- Disposizione schematica delle tre **ritorte a pistone**



6.6 La tromba moderna – valvole

- Diteggiatura delle scala della tromba, dove i cerchietti indicano le armoniche naturali ottenute col solo caneggio principale e i numeri corrispondono alle ritorte indicate in [slide 48]



6.6 La tromba moderna – valvole

- L'inserzione dei tubi aggiuntivi incrementa la parte cilindrica del canneggio, attenuando l'effetto della campana che innalza la frequenza dei modi inferiori.
- conseguenze
 - Con il progressivo azionamento delle valvole, l'intervallo armonico dei modi inferiori tenderà ad allargarsi
 - **Intonazione:** i registri gravi sono calanti rispetto a quelli superiori
 - **Timbro:** modi *stirati* in frequenza
 - Per fortuna le tre valvole si impiegano congiuntamente solo per due note: C#3 e F#3

6.6 La tromba moderna – valvole

- Non tutte le valvole vengono usate con la stessa frequenza (nel registro acuto, ad esempio, la terza serve solo per il G#4) per **cui non tutti i ritorti si trovano alla temperatura di regime**
 - Conseguenze sull'intonazione
- L'intonazione varia anche a seconda di quante valvole vengono usate
 - La frequenza del caneggio varia in relazione alla sua lunghezza complessiva
 - Con le tre valvole inserite l'errore è di 53.7 cent, più di mezzo semitono in crescere
 - In genere si corregge allungando la terza valvola, che si usa sempre solo insieme alle altre due: **inserendo il mignolo della sinistra in un apposito gancio, si fa scorrere su se stessa una parte di tale ritorta, come fosse una coulisse**

6.6 La tromba moderna – sordine

- Dispositivi per attenuare la sonorità degli strumenti a fiato, consistenti in **speciali tappi forati che occludono parzialmente la campana**
 - In uso già nel seicento
- Sotto i 1000 Hz l'emissione è uniformemente attenuata
 - La superficie di irradiazione della campana è stata ridotta
- Sopra i 1000 Hz il timbro è alterato dalla presenza di alcune zone formantiche

6.6 La tromba moderna – sordine

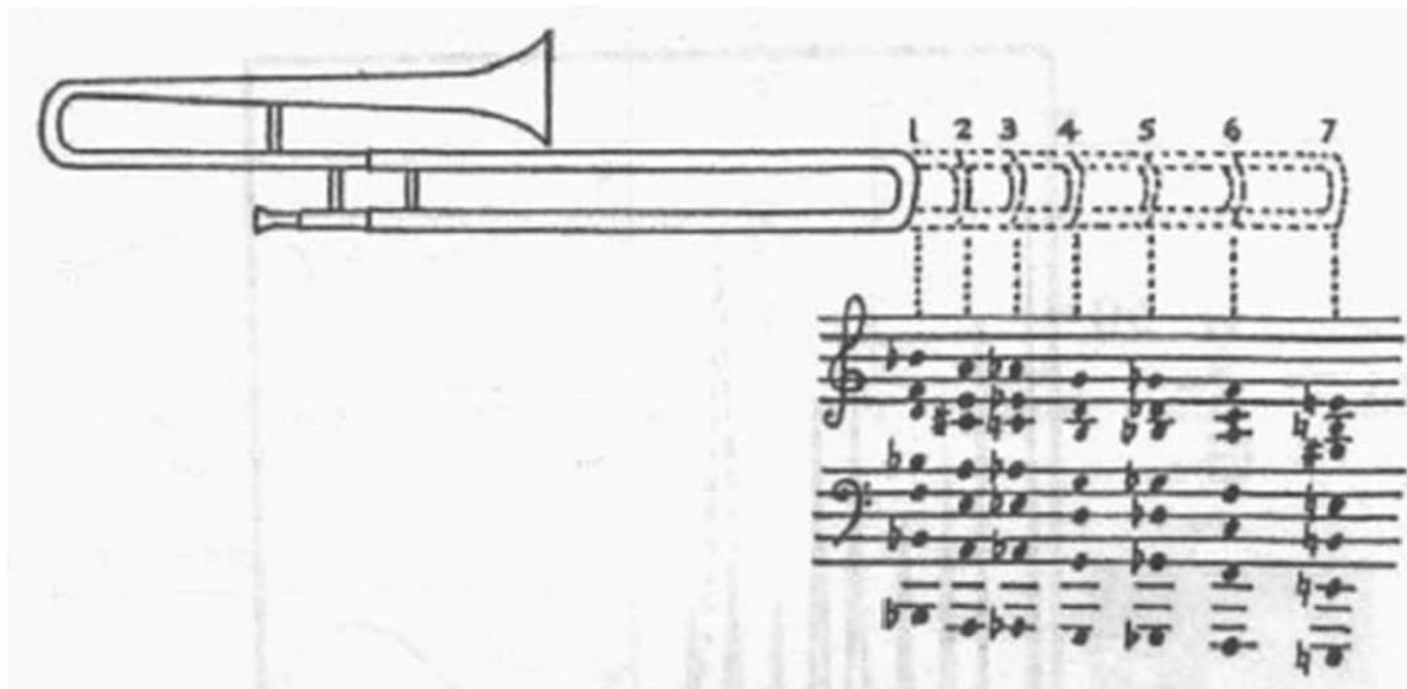
- L'utilizzo della sordina **non altera l'allineamento dei modi**
 - I modi più gravi vengono riflessi dalla campana prima che possano arrivare alla sordina
 - Viene rilevata solo una **leggera compressione dei modi**
- Si creano però **nuovi picchi di impedenza nell'acuto**
 - A causa dell'**innalzamento della frequenza di taglio** introdotta dalla sordina

6.7 Trombone a tiro

- Suona **un'ottava al di sotto della tromba**, per cui è lungo circa il doppio
- Per raccordare tra loro cromaticamente gli armonici naturali ci si serve della **coulisse**
 - Permette una **flessibilità di intonazione di tipo analogico** (confrontata con i pistoni della tromba)
 - Allunga i tempi di transizione tra una nota e l'altra
 - Il prolungamento della parte cilindrica del canneggio, passando dalla prima alla settima posizione, provoca uno **stiramento dei picchi di impedenza**, senza conseguenze per l'intonazione, che può essere di volta in volta corretta dall'esecutore

6.7 Trombone a tiro

- Le sette posizioni della coulisse di un trombone in Bb, che permettono di ottenere, per ognuno dei registri, le sette note indicate

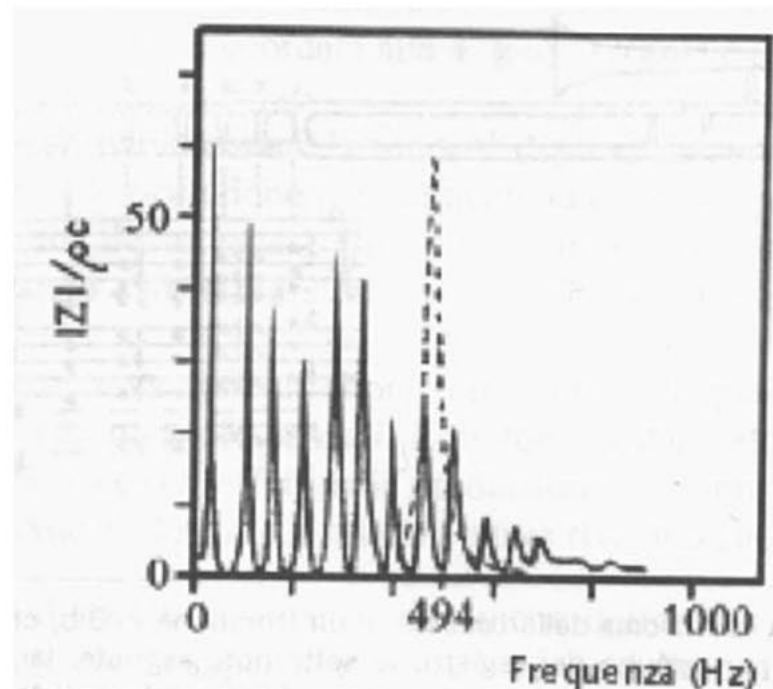


6.7 Trombone a tiro

- I picchi di impedenza non vengono più esaltati in corrispondenza della *popping frequency* del bocchino (500 Hz ca., essendo il volume del bocchino di un trombone circa 4 volte maggiore rispetto a quello della tromba) ma intorno ai **350 Hz**, a causa della **conicità del bocchino**, più **accentuata rispetto a quello della tromba**
- Anche la frequenza di taglio f_c è più bassa, **500-600 Hz ca.**
 - Per questi motivi il trombone ha un **timbro meno brillante**

6.7 Trombone a tiro

- Diagramma di **impedenza di ingresso** in funzione della frequenza
 - la curva tratteggiata si riferisce al bocchino isolato

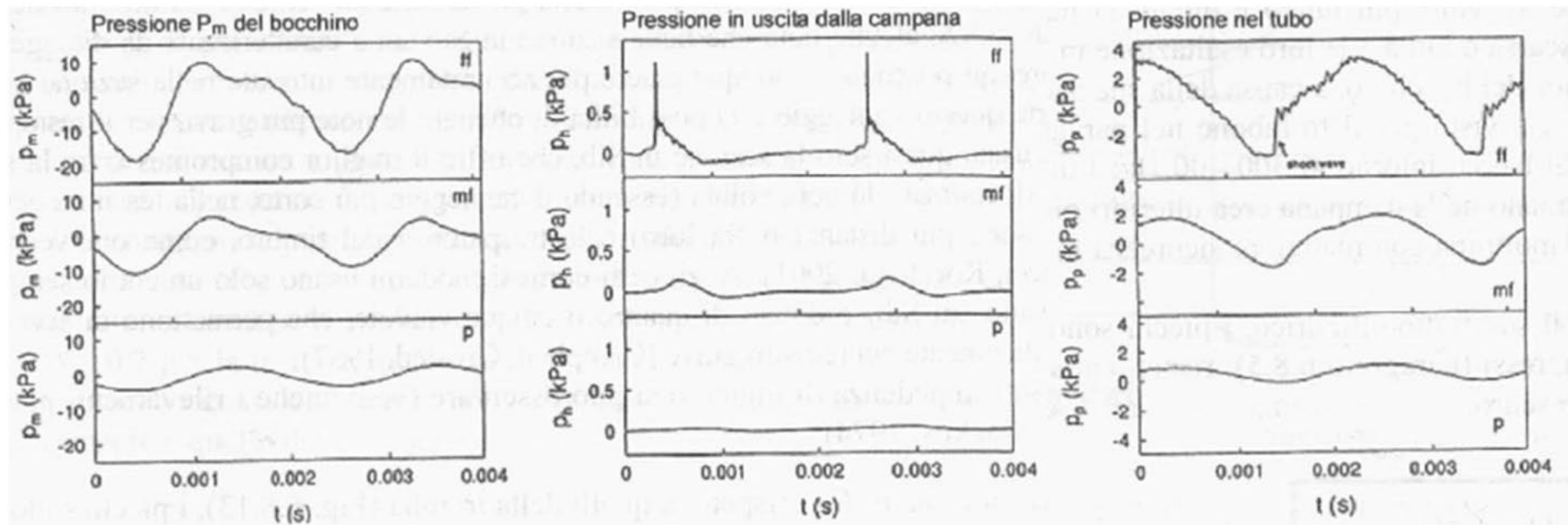


6.7 Trombone a tiro

- Nel *fff* il trombone presenta un'**asprezza più accentuata** di quella della tromba, con forti componenti inarmoniche, a causa di una vera e propria onda d'urto
 - Nel bocchino di un ottone, il *fff* può produrre livelli di intensità acustica anche di 175 dB
 - La compressione fa aumentare localmente temperatura e velocità del suono → la parte più compressa dell'onda tende a raggiungere quella più rarefatta
 - Il tratto cilindrico può coprire l'80% della lunghezza totale e alla fine del tratto, nel *fff*, può presentarsi **un gradino di pressione tale da produrre un picco affilato nel segnale irradiato**

6.7 Trombone a tiro

- Forme d'onda di pressione acustica per tre differenti livelli dinamici.
 - L'onda d'urto è spesso meno di un millimetro e corrisponde al picco affilato in uscita dalla campana



6.8 Corno – struttura ed emissione

- Oggi il più usato è il **corno doppio**, in Bb/F
 - Dotato di **due canneggi**, aventi rispettivamente Bb₀ e F₀ come nota pedale, che sboccano nella stessa campana
 - Unione di due strumenti che anticamente erano separati
 - La commutazione dall'uno all'altro si effettua mediante un'apposita **valvola, azionata dal pollice**
 - Il **bocchino** del corno è molto più profondo e svasato di quello degli altri ottoni

6.8 Corno – struttura ed emissione

- Come nella tromba, i semitoni tra gli armonici naturali si ottengono mediante **tre tubi cilindrici aggiuntivi, comandati da valvole**
 - Gli inconvenienti sono gli stessi già descritti
- Vantaggio del doppio corno: alcune note gravi con diteggiatura sfavorevole in Bb possono essere prese in F con diteggiatura più semplice
- Per il resto oggi viene usata quasi solo la sezione in Bb
 - Miglior compromesso tra la **certezza di centrare la nota voluta e trasparenza del timbro**

6.8 Corno – struttura ed emissione

- Alcuni cornisti moderni usano solo un **corno semplice impostato sul Bb_0** , con quattro o cinque valvole che permettono di scendere cromaticamente nel registro grave

6.8 Corno – struttura ed emissione

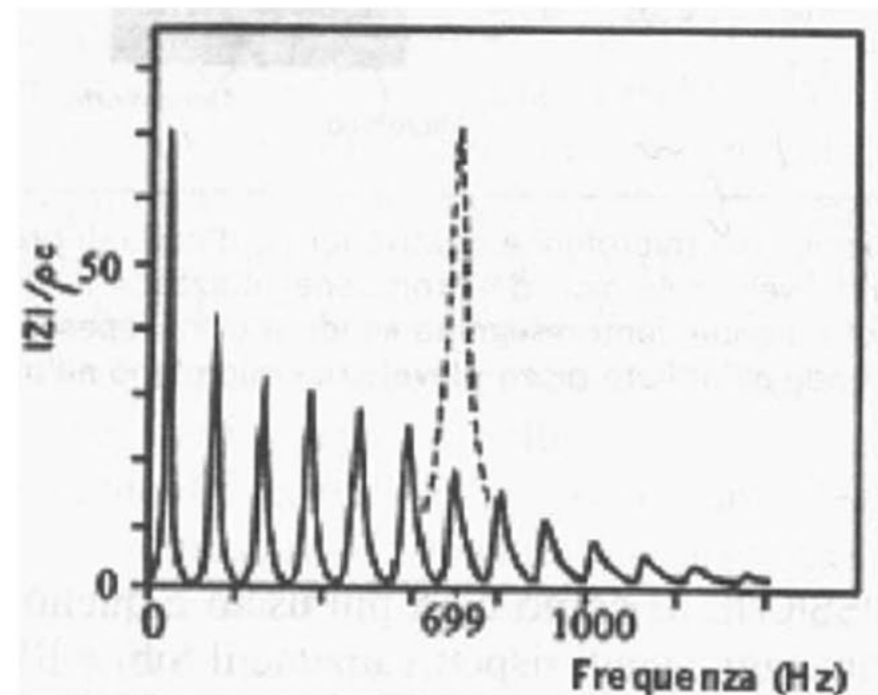
- **SEZIONE in F**
 - Canneggio tre volte più lungo di quello della tromba
 - Maggiori perdite lungo le pareti
 - Picchi alti circa la metà
 - Scarsa o nulla esaltazione dei picchi in corrispondenza della *popping frequency* (molto bassa: 300-400 Hz ca.)
 - A causa dell'**accentuata conicità**
 - L'inserzione parziale della **mano nella campana** crea ulteriori picchi nell'acuto
 - Maggiore sicurezza in tale regione

6.8 Corno – struttura ed emissione

- **SEZIONE in Bb**
 - Essendo più corto il suo tratto cilindrico, i **picchi** sono
 - Più elevati in frequenza
 - Meno compressi, quindi timbricamente più equilibrati
 - Rispetto alla sezione in F il **timbro è meno scuro**

6.8 Corno – struttura ed emissione

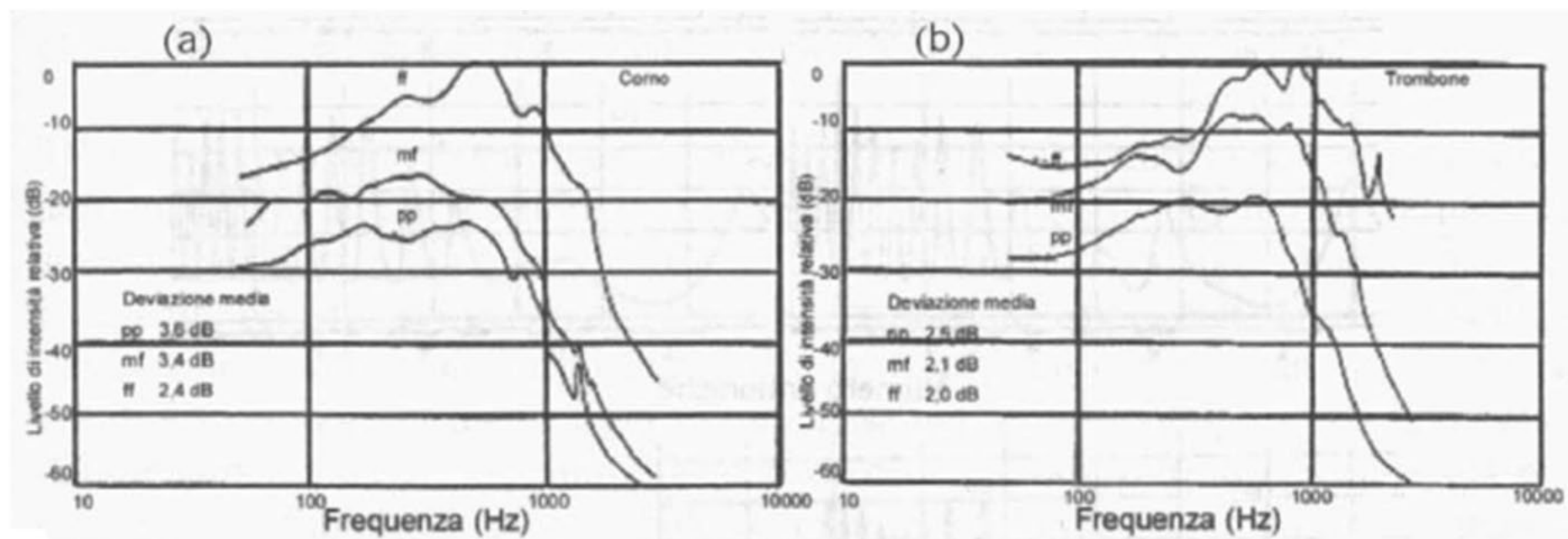
- Rilevamento dell'impedenza d'ingresso in funzione della frequenza, di un tubo cilindrico dotato di un bocchino da corno
- La curva tratteggiata si riferisce al bocchino isolato
 - I picchi non vengono esaltati in corrispondenza della sua frequenza di risonanza (*popping frequency*)



6.8 Corno – struttura ed emissione

- **La sonorità è più morbida di quella della tromba. Le ragioni sono:**
 - Potenza irradiata mediamente più contenuta
 - Picchi di impedenza del canneggio scarsamente esaltati dal bocchino
 - A causa della sua sagoma allungata
 - Maggiore raggio di curvatura della campana
 - Permette una maggiore irradiazione degli armonici gravi
 - Frequenza di taglio quasi dimezzata
 - Lo spettro di emissione si avvicina a quello del trombone

6.8 Corno – struttura ed emissione



Involuppo dello spettro di emissione di un corno, a campana non ostruita (a), e di un trombone (b), per tre diversi livelli dinamici (Luce, Clark, 1967)

6.8 Corno – introduzione della mano nella campana

- Quando il cornista introduce non in profondità la mano incoppata nella campana, l'effetto timbrico è simile a quello della **sordina**
- Nella tessitura acuta l'intonazione è facilitata poiché si creano **picchi supplementari di impedenza fino a 1500 Hz**
 - A campana non ostruita essi si fermano a 750 Hz

6.8 Corno – introduzione della mano nella campana

- Questa pratica viene utilizzata dai cornisti e non dai trombettisti perché **il corno presenta problemi di intonazione più ardui:**
 - L'impiego dei registri acuti, dove le armoniche sono assai ravvicinate, è più esteso
 - Il corno è 2 (corno in Bb) o 3 (corno in F) volte più lungo della tromba, → durante l'attacco della nota le labbra dell'esecutore hanno un **tempo di attesa doppio o triplo prima di essere raggiunte dall'onda riflessa, che le aiuta a stabilizzarne la frequenza di vibrazione**

6.8 Corno – introduzione della mano nella campana

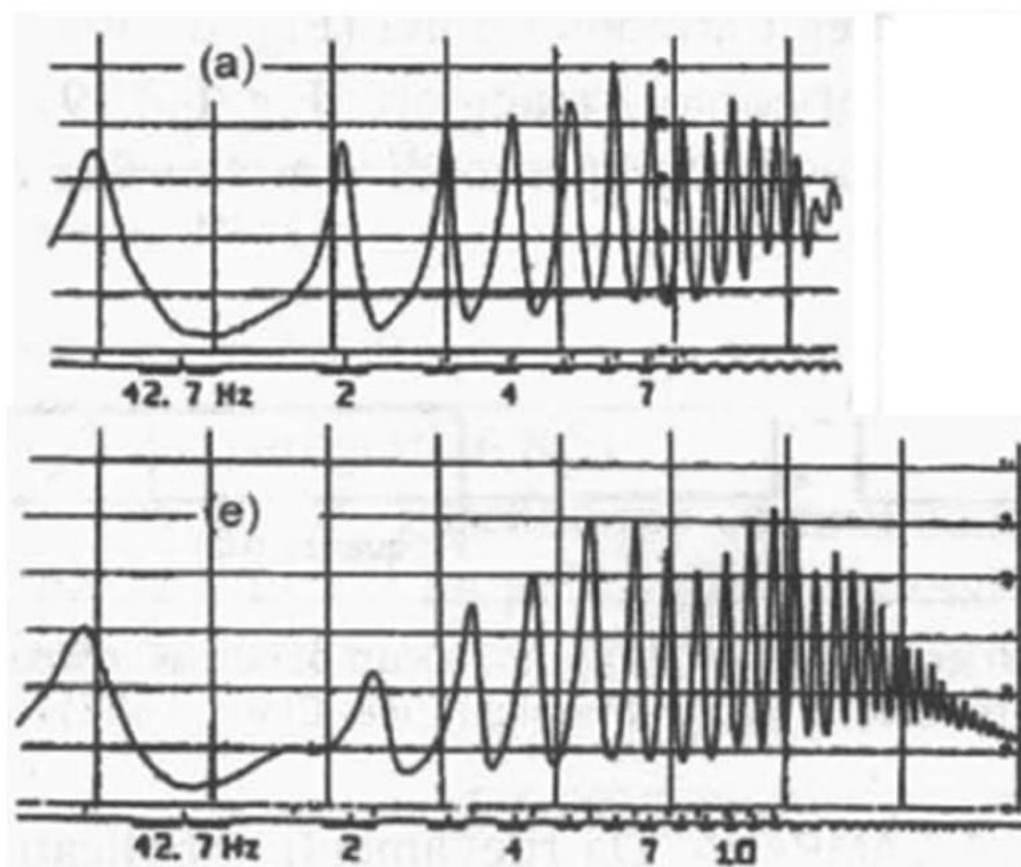
- Inserendo progressivamente la mano nella campana, in modo però da non ostruirla mai completamente (altrimenti la corrente d'aria immessa dall'esecutore non potrebbe uscire), i **modi si abbassano proporzionalmente in frequenza**

6.8 Corno – introduzione della mano nella campana

- Durante l'operazione si possono presentare **due casi**:
 - Il cornista regola la tensione delle labbra in modo da assecondare la discesa dell'intonazione
 - Il cornista cerca di mantenere l'intonazione iniziale
 - A un certo punto **la nota commuta alla risonanza immediatamente superiore (nota *bloccata*)**

6.8 Corno – introduzione della mano nella campana

- Andamento dei picchi di impedenza di ingresso di un corno:
 - a) campana non ostruita
 - e) inserzione completa della mano nella campana



6.8 Corno – introduzione della mano nella campana

- A partire dal secolo XVII alcune fonti riportavano che **le sordine alzavano il corista dello strumento di un tono**
- L'effetto è quello descritto in [slide 20]
- Negli **ottoni barocchi**
 - il coefficiente di svaso era alto
 - La sordina penetrava più profondamente nella campana di quanto non accada oggi

6.9 Ottoni barocchi - tromba

- Priva di **valvole**
- Nel registro di clarino, la **nota pedale** era impostata sul C_1
- Necessitava una **frequenza di taglio** più elevata
 - → **campana** dalla **bocca** di area minore di quelle in uso oggi
- Lo **svaso** della campana era assai più prossimo a quello conico
 - **Intensità** più contenuta
 - **Timbro** più morbido

6.9 Ottoni barocchi - tromba

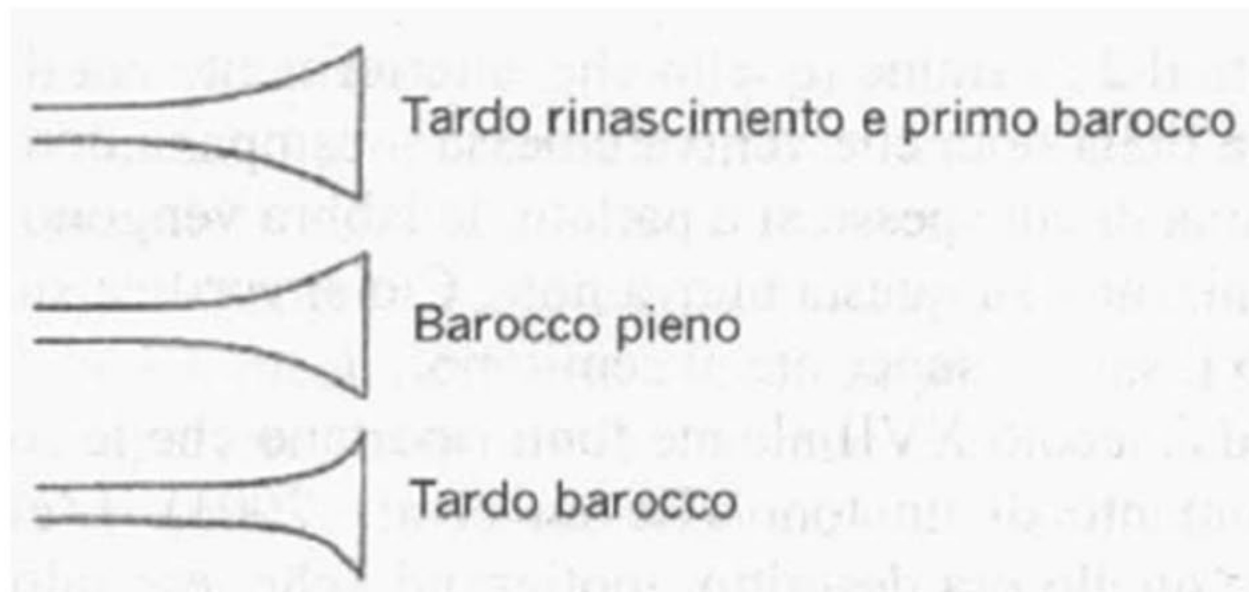
- Passando dal tardo rinascimento al barocco, **lo svaso iniziò a modificarsi in direzione di quello moderno**
 - Il suono guadagnò in brillantezza
- Si saliva più in acuto, a volte fino al 24° armonico (composizioni settecentesche scritte per la corte di Vienna da Caldara e Fux)
 - per ottenere note stabili in tessiture così elevate era necessario un bocchino con una ***popping frequency*** **elevata** e contrarre il volume della cavità orale come per pronunciare delle «i»

6.9 Ottoni barocchi - tromba

- Restava il problema di come poter intonare, senza le valvole, i semitoni compresi tra gli armonici naturali
- Nella **tessitura di clarino** alle labbra è tecnicamente possibile sottrarsi entro ampi limiti all'imposizione dei modi di risonanza del canneggio
 - gli intervalli sono sempre più piccoli e i picchi sempre più bassi
 - Nella tromba antica questo era ancora più evidente a causa della martellatura manuale della lastra

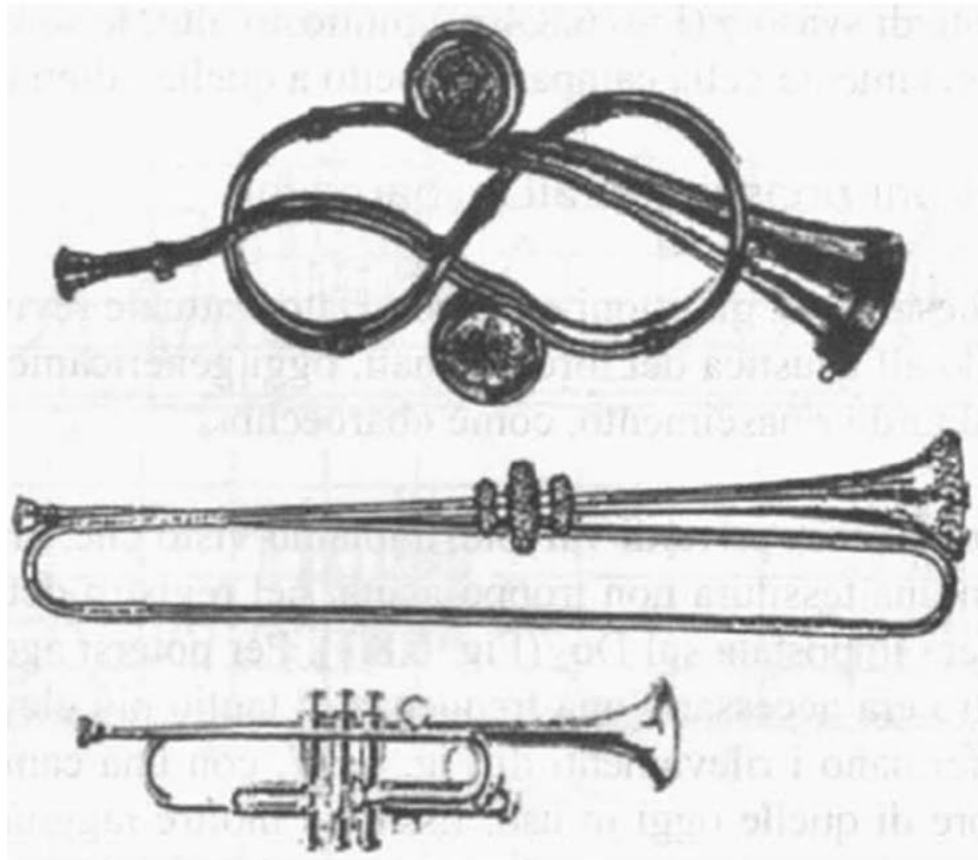
6.9 Ottoni barocchi - tromba

- Variazione nel tempo del **coefficiente di svaso della campana**



6.9 Ottoni barocchi - tromba

- Tromba 1585 → 1651 → 1987



Marco Marinoni - Conservatorio
"L. Marenzio" di Brescia

6.9 Ottoni barocchi - tromba

- La maggiore accuratezza della lavorazione moderna è andata a discapito della flessibilità di intonazione
 - Tale flessibilità permetteva di **correggere l'intonazione di armonici** (7°, 11°, 13°, 14°) incompatibili con quella che era la nostra scala musicale
- La rinascita della tromba barocca è iniziata nel 1931
 - *Querelle* tra i filologi puristi (lo strumento va utilizzato così come era costruito allora [*tromba naturale*, E. H. Tarr]) e chi vuole praticare i fori di registro (*tromba barocca*, E. H. Tarr) per
 - Correggere l'intonazione degli armonici (11°, 13°)
 - Sopprimere di volta in volta altri armonici, a seconda della nota da suonare, per sfoltire le risonanze nell'acuto e facilitare la centratura della nota voluta

6.9 Ottoni barocchi - trombone

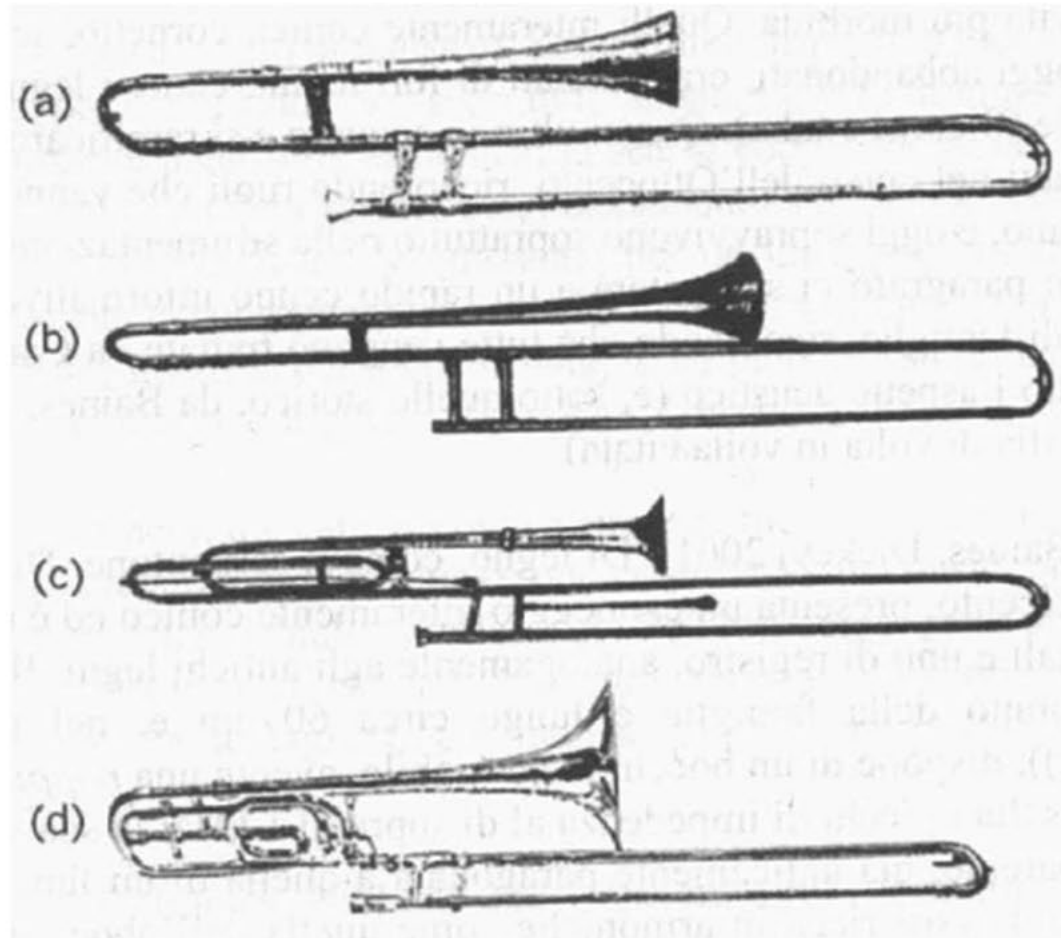
- La **forma della campana** presenta la stessa evoluzione storica già vista per la tromba
- I semitoni che collegano gli armonici anche allora si ottenevano agendo sulla **coulisse**
 - Lo strumento odierno è meno dissimile da quello barocco rispetto alla tromba
- Oggi alcuni esecutori si limitano a **segare parte della campana del trombone moderno** per trasformarlo in un trombone antico (*sackbut*, termine utilizzato oggi per descrivere entrambi gli strumenti)

6.9 Ottoni barocchi - trombone

- Il **coefficiente di svaso** della campana rinascimentale era più basso
- La parte cilindrica del ***sackbut*** antico presentava un diametro più ridotto
 - Suonato a basso volume la sonorità era più contenuta

6.9 Ottoni barocchi - trombone

- a) tenore 1557;
- b) tenore 1653;
- c) basso 1732;
- d) moderno, con valvola per il fa [figure non in scala]



6.9 Ottoni barocchi - corno

- Inizialmente impiegato come **strumento da segnali**, solo nell'ultimo terzo del seicento fu ammesso nel concerto strumentale
- Inizio '700: dotato di una serie di **ritorti** per adattarsi alle varie tonalità
 - Che tuttavia ne cambiavano il timbro di volta in volta
- Poteva salire fino al **24° armonico**
- I semitoni erano ottenuti con la tecnica dell'**introduzione della mano nella campana**, documentata già dal 1774

6.9 Ottoni barocchi - corno

- 1814: prima applicazione delle **valvole**
 - Inizia a decadere la tecnica dell'inserzione della mano nella campana
- Esse finirono poi per confinare il corno nelle sole tonalità di Bb e F
 - → Uniformità timbrica