

cap 3: Caratteri distintivi del suono

- altezza
- intensità
- timbro
- effetto dei transitori di attacco e rilascio sul timbro

Introduzione

In qualsiasi manuale di acustica si può leggere che i caratteri distintivi del suono sono tre:

altezza, intensità, timbro,

e che questi dipendono rispettivamente dalla frequenza delle vibrazioni (altezza), dall'ampiezza delle vibrazioni (intensità), dal numero, dall'ampiezza e dalle modalità di associazione delle componenti armoniche (timbro).

Questa tradizionale descrizione delle relazioni che intercorrono tra il fatto fisico e quello soggettivo dell'audizione è insufficiente: attualmente infatti si ammette una quarta caratteristica, la **durata** del suono.

Altezza:

è quell'attributo della sensazione uditiva oer mezzo del quale i suoni possono essere ordinati dal basso verso l'alto, come avviene, per esempio, nella scala musicale.

Dipende soprattutto dalla frequenza, ma è influenzata anche dal timbro e dall'intensità del suono.

Intensità:

è l'attributo della sensazione uditiva mediante il quale i suoni possono essere ordinati dal debole al forte. L'acustica fisiologica ha però sostituito il termine "intensità soggettiva" con il più semplice "sonia".

Dipende soprattutto dalla pressione acustica generata dalle vibrazioni della sorgente sonora, ma è influenzata anche dall'altezza e dal timbro.

Timbro:

è quell'attributo della sensazione uditiva mediante il quale è possibile distinguere suoni diversi, anche quando vi sia tra i medesimi parità di altezza e sonia.

Dipende dalla composizione spettrale del suono (vibrazioni armoniche), ma è influenzato pure dall'intensità e dall'altezza, nonché dai transitori di attacco e di estinzione e dalle disarmonicità che in misura sia pur minima sono presenti nei moti vibratorii.

Durata:

La durata del suono influisce non solo sull'immagine sonora a livello psicoacustico, ma anche sulla oggettività della stimolazione acustica. Se la durata del suono scende a un valore molto basso, l'udito non può percepire integralmente le qualità del suono.

Altezza

L'altezza è la **frequenza fondamentale** di una nota musicale o suono che viene percepita, ed è una delle **caratteristiche principali** di un suono. L'altezza indica se un suono è **acuto** piuttosto che **grave** e dipende dalla **frequenza dell'onda sonora** che lo ha generato. In particolare: più la frequenza di un'onda sonora è elevata e più il suono ci sembrerà acuto, mentre più è bassa la frequenza e più il suono ci apparirà grave. Nonostante la frequenza fondamentale reale possa essere determinata con una misura fisica, essa può differire dall'altezza percepita per via degli **ipertoni** e degli **armonici naturali** del suono. Il sistema di percezione uditiva umano può avere anche difficoltà a distinguere differenze di altezza fra le note, in alcune circostanze.

La percezione dell'ampiezza

Il La sopra al Do centrale suonato su uno strumento qualsiasi ha un'altezza percepita pari a quella di un suono puro a 440 Hz ma non necessariamente ha un'armonica a quella frequenza. Inoltre, una piccola variazione di frequenza potrebbe non comportare una variazione percepibile di altezza, ma una variazione di altezza comporta necessariamente una variazione di frequenza. Infatti la **minima differenza avvertibile**, la soglia oltre la quale si percepisce la variazione di frequenza, è di circa **cinque cent**, cioè *cinque centesimi di un semitono*; ma questa soglia varia lungo lo spettro delle frequenze udibili ed è minore quando due note sono suonate contemporaneamente. Come le altre sensibilità agli stimoli umani, la percezione dell'altezza può essere spiegata dalla

legge di Weber-Fechner.

L'altezza è influenzata anche dall'ampiezza del suono, specialmente alle basse frequenze. Per esempio, una nota grave e forte sembrerà ancora più grave se suonata più piano. Come accade per gli altri sensi, anche la percezione relativa dell'altezza può essere tratta in inganno, creando delle illusioni auditive. Ce ne sono diverse, come il paradosso di tritone o la più nota scala Shepard, dove una sequenza ripetuta (continua o discreta) di toni disposti in modo particolare può sembrare come una sequenza ascendente o discendente infinita.

La concert pitch

Il La sopra il Do centrale al giorno d'oggi è fissato a 440 Hz, e spesso è scritto come "A = 440 Hz" o semplicemente A440, e conosciuto come concert pitch (a volte chiamato diapason da concerto).

Questo standard è stato adottato di recente.

Altezze storiche

Storicamente, diverse convenzioni sono state impiegate per fissare l'altezza delle note a specifiche frequenze. Vari sistemi di temperamento sono stati applicati per determinare i rapporti fra le frequenze delle note di una scala. Nel **1955**, l'Organizzazione Internazionale per le Standardizzazioni fissò la frequenza del La sopra al Do centrale a **440 Hz**, ma in passato sono state usate varie frequenze. Fino al XIX secolo non ci sono stati tentativi di collaborazione per trovare uno standard all'altezza delle note, e i livelli in Europa erano i più diversi. Anche all'interno di una singola chiesa. l'altezza usata poteva variare nel tempo per via del **modo in cui si accordavano gli organi**.

Generalmente, l'estremità del tubo di un organo veniva ribattuta verso l'interno in modo da formare un cono o aperta verso l'esterno per variare la frequenza. Quando le estremità divenivano troppo danneggiate, venivano tagliate, incrementando così l'altezza musicale dell'organo.

Ci si può fare un'idea della variabilità dell'altezza esaminando i **vecchi diapason** per accordatura, i tubi degli organi ed altre fonti. Per esempio, un vecchio pitchpipe inglese del **1720** suona il La sopra al Do centrale a **380 Hz**, mentre gli organi suonati da Johann Sebastian **Bach** ad Amburgo, Lipsia e Weimar erano calibrati a **A = 480**, una differenza di **circa quattro semitoni**. In altre parole, il La prodotto dal pitchpipe del 1720 aveva la stessa frequenza del Fa di uno degli organi di Bach. L'altezza non variava solo a seconda del posto o del periodo, il livello poteva variare anche all'interno di una città. L'altezza di un organo di una cattedrale inglese del XVII secolo, per esempio, poteva essere inferiore di cinque semitoni rispetto a quella di uno strumento a tastiera casalingo della stessa città.

Ricerca di un'altezza convenzionale

Durante quei periodi in cui la musica strumentale divenne preminente rispetto al canto si nota una **tendenza continua dell'altezza ad aumentare**. Questa "inflazione dell'altezza" sembra dovuta alla competizione fra gli strumentalisti, ognuno teso a produrre un **suono più chiaro e brillante** di quello dei rivali; il che è particolarmente difficile con gli strumenti a fiato, dove la competizione coinvolge di più i fabbricanti che i musicisti. Bisogna ricordare che l'inflazione dell'altezza è un problema solo quando le composizioni musicali sono fissate secondo una notazione, e la combinazione di numerosi strumenti a fiato e della musica scritta ha di conseguenza ristretto quasi completamente il fenomeno dell'inflazione dell'altezza alla tradizione Occidentale.

In almeno due momenti l'inflazione dell'altezza divenne così evidente che si rese necessaria una riforma. All'inizio del XVII secolo, **Michael Praetorius** notava nel suo enciclopedico *Syntagma musicum* che i livelli d'altezza erano diventati **talmente elevati** che *i cantanti soffrivano di problemi alla gola e che liutisti e violisti si lamentavano per le corde rotte*. Analizzando le estensioni vocali tipiche citate da Praetorius si può concludere che il livello d'altezza del suo tempo, almeno nella parte di Germania dove viveva, era più alto di oggi di almeno una terza minore (tre semitoni). Le soluzioni che venivano applicate erano sporadiche e locali, ma comportarono in generale la creazione di standard separati per voci e organo da una parte ("Chorton") e per compagnie da camera dall'altra ("Kammerton"). Quando i due gruppi suonavano insieme, come in una cantata, *cantanti e strumentalisti potevano suonare la musica scritta in due chiavi diverse*.

Questo sistema tenne testa all'inflazione dell'altezza per un paio di secoli. Un modo in cui l'altezza poteva essere controllata era con i diapason, ma anche fra questi c'era una varietà di riferimenti: un diapason associato con Händel, datato 1740, è regolato a $A = 422.5$ Hz, mentre un diapason del 1780 è regolato a $A = 409$ Hz, quasi un semitono inferiore. Ciò nonostante, la tendenza verso la fine del XVIII secolo era che il La sopra al Do centrale fosse compreso nell'intervallo fra 400 e 450 Hz. L'arrivo dell'orchestra come di un'ensemble indipendente (non più d'accompagnamento) portò l'altezza ad aumentare nuovamente.

L'aumento si riflesse nei diapason prodotti nel periodo: un diapason del 1815 dalla opera house di Dresda dà **A = 423,2 Hz**, mentre un altro diapason di undici anni dopo della stessa orchestra dà **A = 435 Hz**. A la Scala di Milano, il La arrivò fino a **451 Hz**.

La maggior parte degli oppositori alla tendenza al rialzo erano i cantanti, che lamentavano il crescente **sforzo nel cantare**. Principalmente per queste proteste il **governo francese** fece approvare una legge il 16 febbraio **1859** che definiva il **La** sopra al Do centrale a **435 Hz**. Questo fu il primo tentativo di standardizzazione dell'altezza su un territorio così ampio, e fu conosciuto come il **diapason normal**. Divenne una convenzione abbastanza popolare anche al di fuori della Francia. Comunque continuarono ad esserci le variazioni. Uno standard alternativo, conosciuto come **altezza filosofica o scientifica**, fissava il Do centrale a 256 Hz (cioè 28 Hz) e quindi poneva il La superiore a circa 430,54 Hz. Questa convenzione ottenne una discreta popolarità per via della sua immediatezza matematica (la frequenza di **ogni Do è una potenza di due**). Ma non ottenne lo stesso riconoscimento ufficiale di $A = 435$, e non fu molto usato.

Nel **1939** una conferenza internazionale consigliò che il La sopra al Do centrale fosse accordato a **440 Hz**. Questo standard fu ufficializzato dalla Organizzazione Internazionale per le Standardizzazioni nel 1955 (e riconfermato nel 1975) come ISO 16. **La differenza fra questo standard e il diapason normal è dovuta alla confusione su quale fosse la temperatura alla quale deve essere misurato lo standard Francese**. Lo standard doveva essere 439 Hz, ma fu cambiato in $A = 440$ Hz perché più facile da riprodurre in laboratorio, dato che 439 è un numero primo.

Nonostante questa confusione, **A = 440 Hz è l'accordatura più usata nel mondo**. Le orchestre degli Stati Uniti e del Regno Unito, tendono ad aderire a questa convenzione come concert pitch. In altri paesi, comunque, un'altezza un po' più acuta è diventata la norma: $A = 442$ è comune nelle orchestre dell'Europa continentale, mentre $A = 445$ è diffuso in Germania, Austria e Cina. In pratica, dato che le orchestre continuano ad accordarsi su una nota fornita dall'oboe piuttosto che da un dispositivo di accordatura elettronico, e dato che l'oboista potrebbe non avere usato un tale dispositivo per accordare il suo strumento, c'è ancora una piccola **varianza** nell'esatta altezza usata.

Variazione dell'intensità e percezione dell'altezza

Il fatto è vero ed è legato ad una particolarità della sensazione uditiva che interessa in modo prevalente le frequenze molto alte e quelle basse.

Sappiamo che per studiare le caratteristiche dell'udito si devono usare suoni puri perché quelli complessi possono essere fuorvianti dato che le varie componenti armoniche cambiano a seconda dell'intensità.

L'effetto della variazione dell'intensità sulla percezione dell'altezza, non è uniforme per tutte le frequenze: esso è massimo per le frequenze molto alte, è un po' meno marcato per quelle basse mentre è scarsamente rilevante per una larga fascia delle frequenze medie.

Secondo i dati finora accertati si possono dare le seguenti esemplificazioni:

- un aumento dell'intensità fisica del suono a carico di una frequenza sinusoidale sui **100 Hz**, comporta una **perdita** d'altezza, al livello di percezione, di circa il 5%.
- un aumento invece per una frequenza attorno agli **8000 Hz** comporta un **incremento** d'altezza ancora più forte. (esempio basta 10 dB a produrre un incremento del 5%).
- per la fascia di frequenze che vanno dai 150 ai 2000 Hz, a cui è dovuto circa l'80% del contributo sonoro durante un'esecuzione musicale, si può invece dire che le variazioni d'intensità influiscono in misura praticamente inapprezzabile sulla percezione dell'altezza.

Anche il timbro può influire sull'altezza soggettiva del suono: la prevalenza di certe componenti può far gravitare la percezione in un campo di frequenze piuttosto che un altro, e noi sappiamo che la risposta dell'orecchio alla sollecitazione delle varie frequenze non è lineare

L'effetto di maggior rilievo, dovuto sempre alla mancanza di linearità uditiva, è la **discordanza** che si riscontra tra la **progressione geometrica delle frequenze** e l'**apprezzamento dell'altezza per i suoni in successione melodica** (cioè privi di confronto simultaneo con gli altri suoni).

Secondo l'indagine statistica compiuta nel **1937** dagli specialisti di psicoacustica **Stevens** e **Wolkmann**, la sensazione dell'altezza per i suoni consecutivi, si mantiene lineare, rispetto al variare della frequenza, sino ai 500 Hz, per decrescere verso le frequenze più alte, conformemente all'andamento indicato nel diagramma riprodotto in figura.

In questi ultimi tempi è stato accertato un effetto consimile anche per le basse frequenze, ma in senso contrario rispetto a quello che riguarda le frequenze alte e di misura comunque molto minore.

L'importanza della questione è tale che è stata introdotta una nuova scala per la misura della sensazione dell'altezza per i suoni puri in successione melodica. Si tratta della scala dei **mel** il cui nome deriva appunto da "melodia". Al raddoppio del numero di "mel" corrisponde il raddoppio della **sensazione** dell'altezza, che sino a non molti anni addietro veniva attribuita esclusivamente al raddoppio della frequenza.

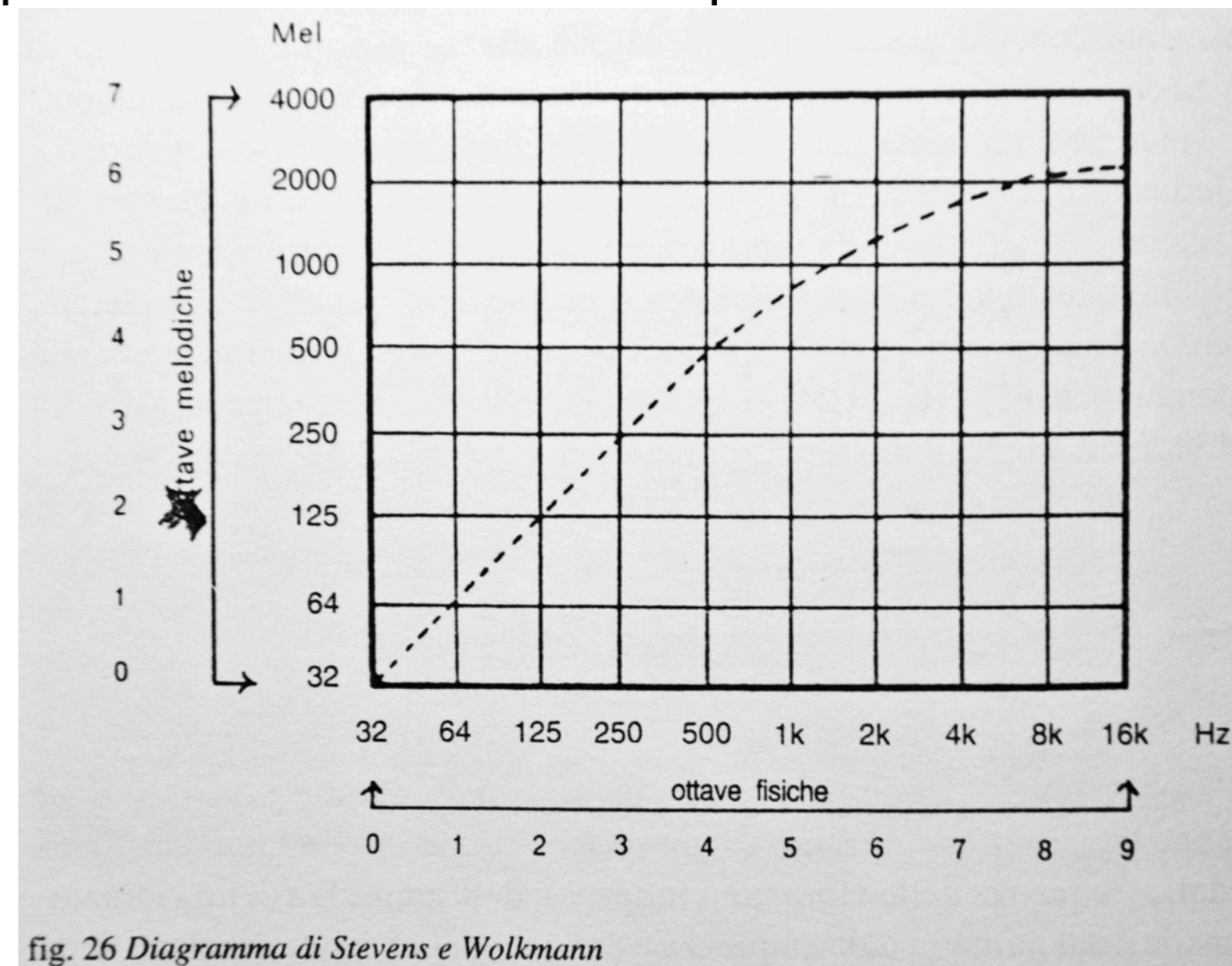


fig. 26 Diagramma di Stevens e Wolkmann

I dati ricavati da Stevens e Wolkman, come si è detto, sono statistici: non è però nota l'estrazione dei soggetti esaminati, ma è certo che se il soggetto ha un orecchio sensibile e musicalmente educato, il rapporto tra la progressione delle frequenze e la sensazione dell'altezza non porta, nemmeno per le frequenze superiori del campo di udibilità, ai forti contrasti che appaiono nel diagramma. Ciò non significa che la discordanza fra le due progressioni sia limitata, ma vuole solamente dire che viene considerevolmente ridotta dall'acuità musicale del soggetto.

Accordatura del Pianoforte

E' noto che il buon accordatore di pianoforti usa alzare un po', ma con gradualità, la frequenza delle ottave alte. Controlli tecnici effettuati subito dopo accordature eseguite a regola d'arte hanno confermato il fatto. Gli scarti sono piccoli, anche perché l'accordatore non si limita ad ascoltare i suoni solamente in linea successiva, ma usa pure ascoltarli contemporaneamente. Nonostante tale tecnica, il richiamo della non linearità uditiva è così forte che gli scarti sono inevitabili. Dobbiamo anzi dire che sono necessari musicalmente, poiché quello che conta in questo campo, non è tanto il responso della strumentazione tecnologica, quanto quello di ciò che udiamo.

Intensità

Della non linearità uditiva per la percezione dell'intensità si è già parlato a proposito del **campo di udibilità**, delle **curve isofoniche** e dei **phon**.

Circa la **soglia differenziale per l'intensità** (ossia la minima variazione percepibile) i dati forniti dai vari ricercatori indicano un incremento che oscilla tra il 5% e il 25% della pressione acustica. Anche per questa soglia differenziale la sensibilità dell'orecchio varia col variare della frequenza: l'incremento richiesto è massimo per i suoni gravi ed è minimo per quelli compresi tra i 500 e i 2000 Hz.

L'esposizione prolungata a intensità sonore molto forti determina un **affaticamento uditivo** che fa **diminuire la sensibilità** rispetto a tutti i parametri del suono. Il recupero avviene in un tempo che dipende dalla fatica sopportata, com'è per qualsiasi altra forma di affaticamento. Se l'esposizione a fortissime intensità sonore è quotidiana o prolungata, o se si tratta di un trauma acustico rilevante, il soggetto può riportare **sordità transitorie** e persino **permanenti**.

Altro effetto dovuto alla fatica uditiva è il **mascheramento** dei suoni. E' noto a tutti che quando si parla di un ambiente molto rumoroso bisogna alzare la voce per farsi udire. Ciò dipende dal fatto che il "disturbo" produce un **innalzamento della soglia di udibilità**: è come se l'orecchio diventasse improvvisamente meno sensibile. L'effetto di mascheramento gioca un ruolo molto importante anche nella pratica musicale: se la sonorità di qualche strumento è eccessiva può ridursi la percettibilità o l'importanza musicale di altri suoni.

L'effetto di mascheramento è maggiore quando sono i suoni gravi ad influenzare quelli medi e alti che viceversa.

Quando però l'intervallo fra gli uni e gli altri è molto forte, l'effetto di mascheramento può essere talmente ridotto da ritenersi praticamente inesistente.

Un'altra caratteristica uditiva riguardante sia l'intensità dei suoni sia l'effetto di mascheramento è il cosiddetto **ascolto intenzionale**. I musicisti sanno per esperienza professionale come anche in una situazione strumentale molto complessa basti fissare l'attenzione su un suono particolare per **udirlo più distintamente**; così come tutti sanno che anche in un ambiente rumoroso è sufficiente fissare l'attenzione sulla voce di una determinata persona, che può essere anche distante da noi, per percepire con maggior chiarezza le sue parole.

Con ciò risalta in modo estremamente evidente l'importanza della componente soggettiva nel processo dell'audizione. La facoltà di attenuare psicologicamente i "disturbi" non basta purtroppo a eliminare gli effetti deleteri prodotti dal rumore, la cui esperienza quotidiana ci toglie il compito di descriverli.

Il rumore può equivalere a un graduale avvelenamento del sistema nervoso, che nei casi estremi può determinare anche lo squilibrio mentale, senza poi parlare del rumore usato come strumento di tortura (la leggenda racconta di un antico imperatore cinese che usava uccidere i prigionieri sottoponendoli, legati mani e piedi, all'incessante suono di una campana).

Il prof. Burk, direttore del Laboratorio di Elettroacustica di Monaco di Baviera, dice che "*il rumore è quello che fanno gli altri*"; con la cui proposizione si ritorna alla discriminazione psicologica delle sollecitazioni acustiche.

Si dice anche che la rumorosità di un paese è inversamente proporzionale al grado di civiltà dei suoi abitanti (inquinamento acustico).

Volume e intensità

Il volume che viene spesso anche chiamato - colloquialmente ed erroneamente - intensità, è la qualità sonora associata alla percezione della forza di un suono, ed è determinato dalla pressione che l'onda sonora esercita sul timpano: quest'ultima è a sua volta determinata dall'ampiezza della vibrazione e dalla distanza del punto di percezione da quello di emissione del suono.

Per misurare il volume percepito di un suono, si fa spesso riferimento al livello di pressione sonora. Il livello di pressione sonora (SPL) o livello sonoro L_p è una misura logaritmica della pressione sonora efficace di un'onda meccanica (sonora) rispetto ad una sorgente sonora di riferimento. Viene misurata in decibel sonori (simbolo dB SPL):

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right) \text{ dB}$$

dove p_0 è la pressione sonora di riferimento (è circa la soglia uditiva a 1000 Hz, soglia del silenzio circa equivalente al rumore provocato da una zanzara a tre metri di distanza) e p è il valore efficace della pressione sonora che si vuole misurare.

La pressione di riferimento più comunemente utilizzata (in aria) è $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ (RMS).

La misura in decibel risulta più appropriata per indicare il livello sonoro percepito, perché la risposta dell'orecchio umano è all'incirca logaritmica.

Può essere utile esprimere la pressione sonora in termini di decibel sonori quando si ha a che fare con problemi legati all'udito, dal momento che l'intensità percepita dall'orecchio è circa proporzionale al logaritmo della pressione sonora (**Legge di Weber-Fechner**).

Timbro

Timbro

Il timbro, è la qualità che, a parità di frequenza, distingue un suono da un altro. Il timbro dipende dalla forma dell'onda sonora, determinata dalla sovrapposizione delle onde sinusoidali caratterizzate dai suoni fondamentali e dai loro armonici. Dal punto di vista della produzione del suono, il timbro è determinato dalla natura (forma e composizione) della sorgente del suono e dalla maniera in cui questa viene posta in oscillazione.

La scomposizione di un suono nelle proprie componenti sinusoidali fondamentali è detta analisi in frequenza. Nella musica, tanto più un suono è composto da diverse componenti, tanto più esso risulta complesso: si va dal suono di un flauto dolce, composto dalla fondamentale e da pochissime armoniche, al suono degli strumenti ad arco, composto da moltissime frequenze armoniche secondarie. Tanto più le frequenze secondarie che si sovrappongono alla principale non sono armoniche (ovvero hanno frequenze che non sono multipli interi della fondamentale), tanto più ci si avvicina al rumore.

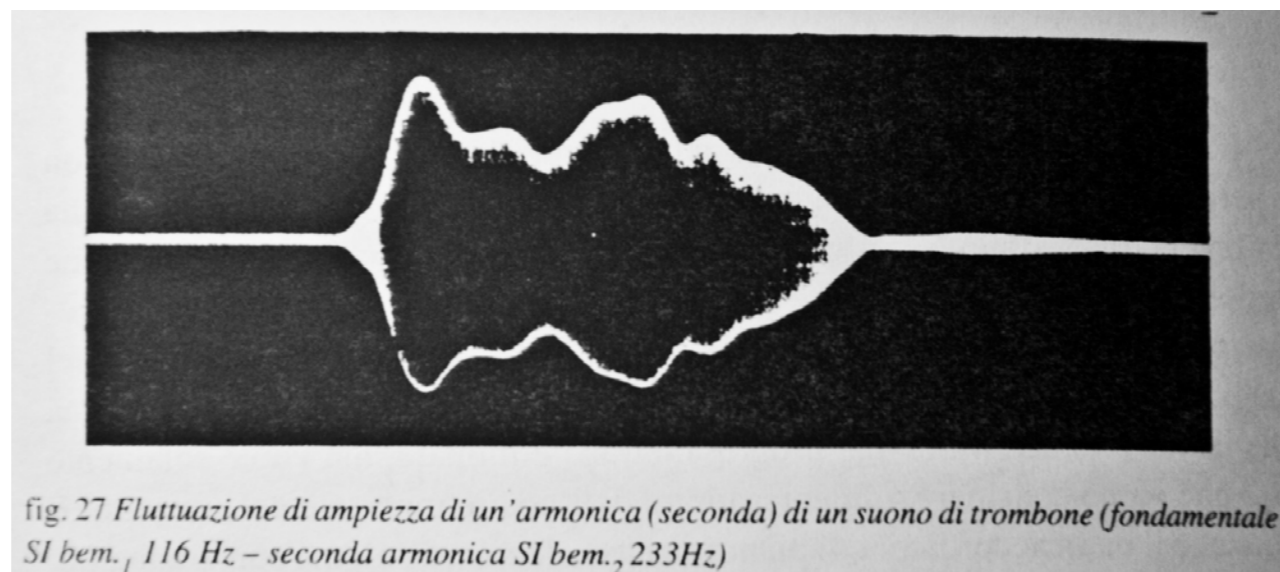
E' questo il terzo elemento essenziale del suono ed è forse il più complesso tante sono le cause che possono influire su di esso.

Le componenti di un suono complesso, dalla cui associazione dipende prevalentemente la formazione del timbro, non sono di ampiezza (intensità) stabile se non nel caso in cui una sorgente sonora di natura meccanica o elettrica (oscillatori, organi elettrici etc.) sia adeguatamente predisposta.

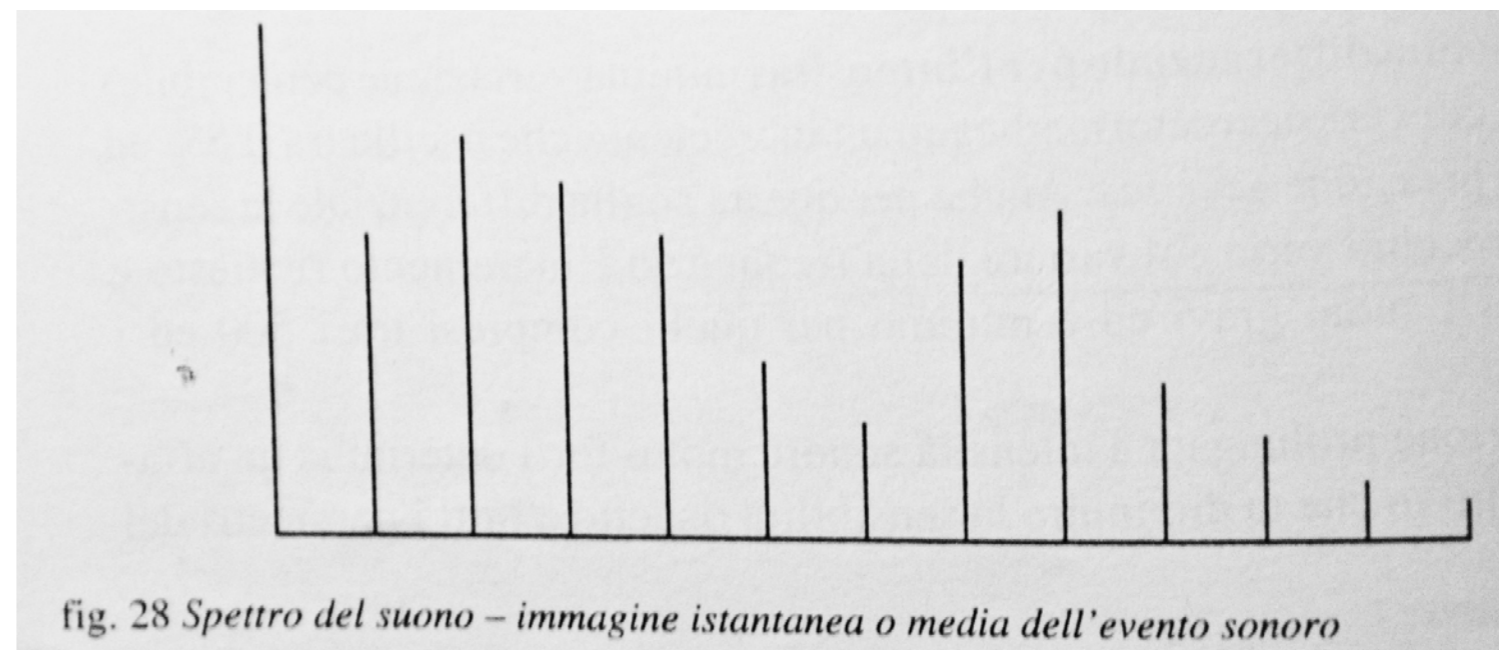
Non vi è suono strumentale o vocale le cui componenti non siano di ampiezza fluttuante.

Per sperimentare direttamente e facilmente questo fatto, basta suonare un accordo perfetto maggiore nella tessitura medio bassa di un pianoforte (meglio se è a corda), tenendo alzati gli smorzatori: è sufficiente un minimo di esperienza e di orecchio per distinguere nel groviglio della sonorità alternanze d'intensità a carico di varie componenti, con effetto prevalente per la terza e la quinta armonica e per le loro ottave. L'esito della prova dipende anche dai fenomeni di risonanza che avvengono nella cassa armonica dello strumento, ma il fondamento di questa semplice esperienza, dal punto di vista esemplificativo, è validissimo.

Nel campo degli strumenti musicali e della voce umana anche il suono, che all'ascolto ci sembra il più **stabile**, è costituito da **componenti di ampiezza fluttuante** e il fatto che dette **fluttuazioni non siano percepite** dipende da un processo d'integrazione compiuto spontaneamente dal nostro organo uditivo: vediamo la fluttuazione della seconda armonica di un suono di trombone, fatti del genere si verificano costantemente in qualsiasi suono complesso di origine non meccanica o elettrica



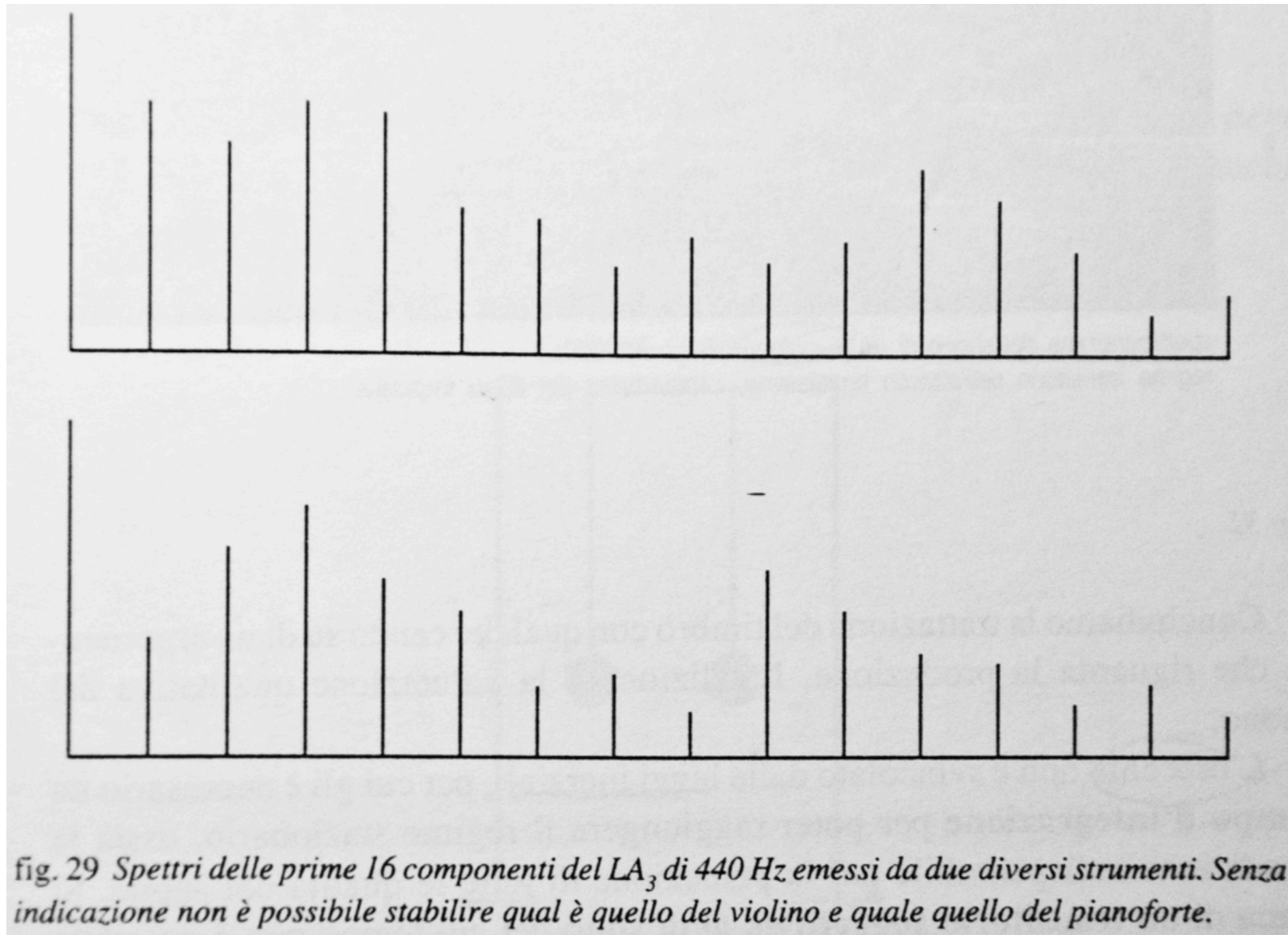
Lo spettro armonico del suono, si cui un esempio è dato dalla figura a lato, rappresenta, come a suo luogo è stato detto, il risultato dell'analisi del suono stesso, ma le fluttuazioni di ampiezza delle componenti non possono apparire, poiché lo spettro è l'immagine di un istante dell'evento sonoro, oppure quella della sua situazione media.



La questione è ancora più critica se si considera che le fluttuazioni delle componenti, fondamentale compresa, sono di ampiezza imprevedibile e di andamento tutt'altro che costante. Se a tutto questo aggiungiamo le impurità, i rumori e disarmonicità sempre presenti nei suoni strumentali e vocali, si avrà un quadro sufficientemente informativo sulla complessità della situazione. Tutti questi fattori hanno un'importanza positiva e determinante sulla formazione del timbro, ma la loro aleatorietà e l'imprevedibile andamento che caratterizza e differenzia ogni caso reale, rendono pressoché impossibile produrre suoni sintetici che siano veramente identici a quelli originali.

La diffusione degli strumenti musicali elettrici ed elettronici ha portato alla comune conoscenza i migliori risultati ottenuti in questo campo dalla tecnologia elettroacustica, e i "registri" preordinati, o preordinabili, di cui questi strumenti sono provvisti, consentono anche buone simulazioni di timbri strumentali di natura tradizionale, ma la differenza tra questi e i suoni originali è sempre inequivocabile anche nei casi più felici, perché infinite sono le variabili dei suoni vocali e strumentali.

Il valore informativo che ai fini del timbro può essere offerto da uno spettro del suono non consiste solamente nella cognizione pura e semplice delle ampiezze relative delle varie componenti. In questa figura sono riprodotti due spettri, uno di violino e l'altro di pianoforte: chi saprebbe distinguerli?

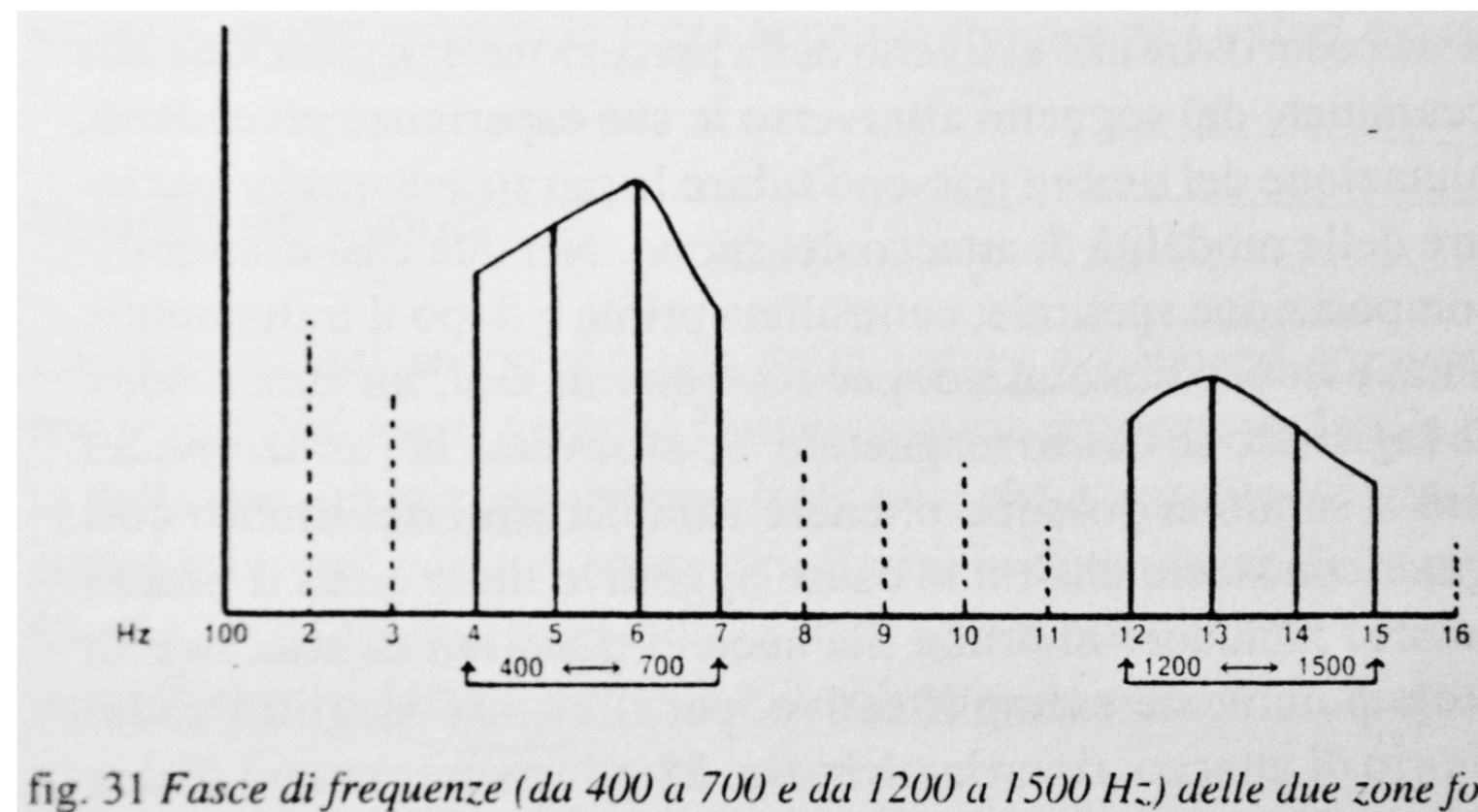
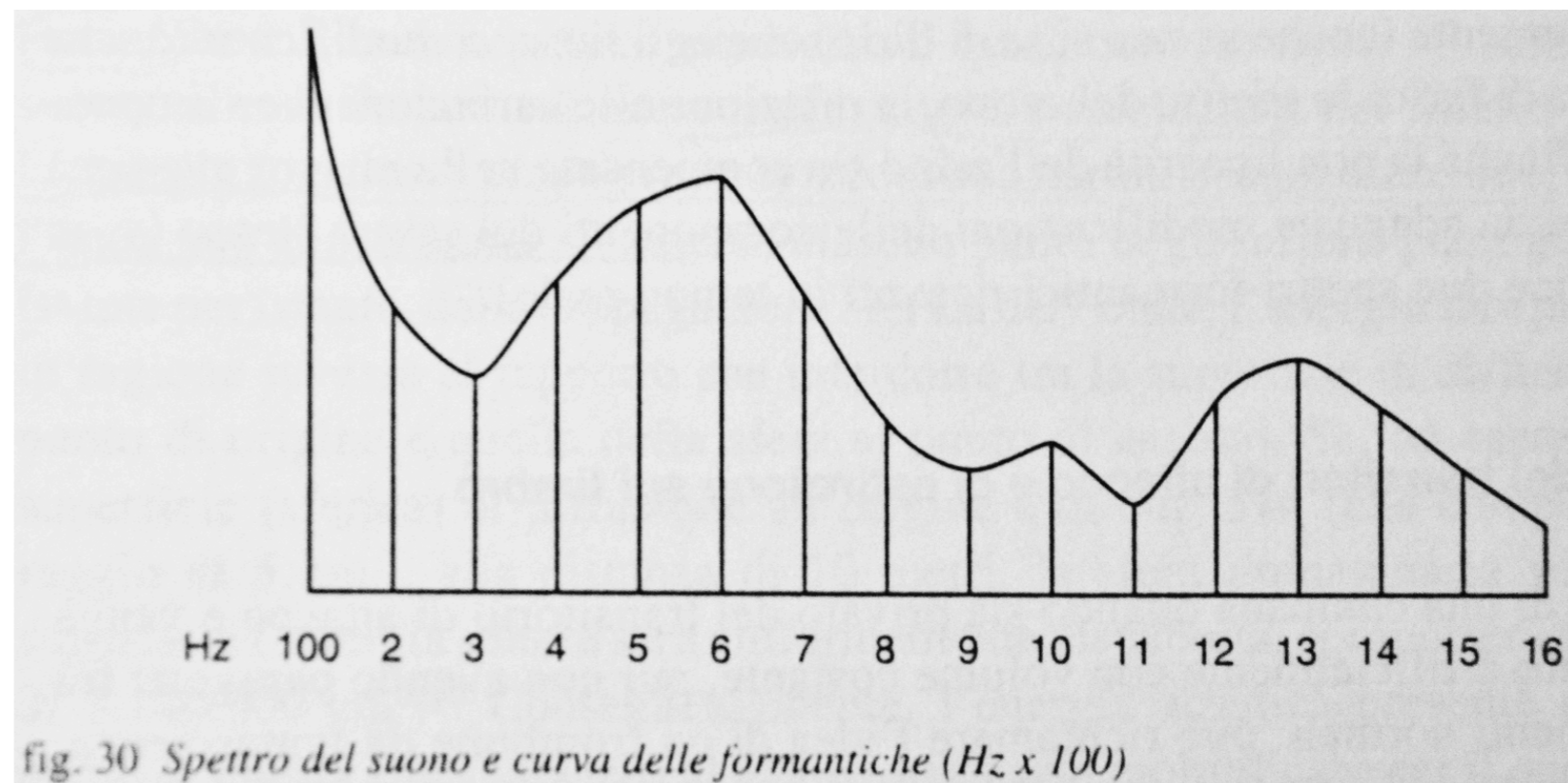


Qualsiasi spettro esige un'interpretazione accurata e specializzata.

Oggi si tende ad accertare nello spettro del suono la presenza di fasce di frequenze di maggior ampiezza, che sono messe in risalto da fenomeni di risonanza propri, ma ben definiti, della sorgente sonora e che prendono il nome molto significativo di **formanti**: la loro considerazione ha dato vita alla **teoria formantica del timbro**.

Secondo la **teoria formantica del timbro** quest'ultimo dipende in modo prevalente dalla presenza più o meno cospicua delle zone formanti e dalla larghezza della fascia di frequenze abbracciata da ciascuna di esse. In questa figura è data un'esemplificazione delle zone formanti riguardanti un caso reale:

La curva segnata sopra le componenti dello spettro del suono descrive le zone formanti inerenti al caso, le quali interessano due fasce di frequenze che possono essere così delimitate (nella figura sotto).



Ciò significa che nei suoni emessi da quella sorgente sonora si ha un'esaltazione più o meno accentuata di tutte le componenti che vengono a trovarsi nell'ambito delle due zone formantiche.

Il timbro è influenzato anche dall'intensità del suono, in quanto una variazione apprezzabile di questa può esaltare o attenuare in modo non uniforme, rispetto alle caratteristiche uditive, i vari gruppi delle componenti.

Anche l'altezza influisce sul timbro: lo spostamento di una stessa situazione armonica in una regione o in un'altra del campo di udibilità, può infatti alterare l'effetto in funzione della diversa sensibilità dell'orecchio al variare della frequenza.

Quando si dice che quel tal cantante, o strumentista, riesce ad ottenere un timbro omogeneo in tutta la tessitura della voce e dello strumento, si dice semplicemente che egli riesce a modificare lo spettro del suono, in relazione alle variazioni che s'impongono affinché la non linearità dell'udito sia compensata nella misura massima possibile da adeguate modificazioni delle componenti del suono stesso.

Effetto dei transitori di attacco ed estinzione sul timbro

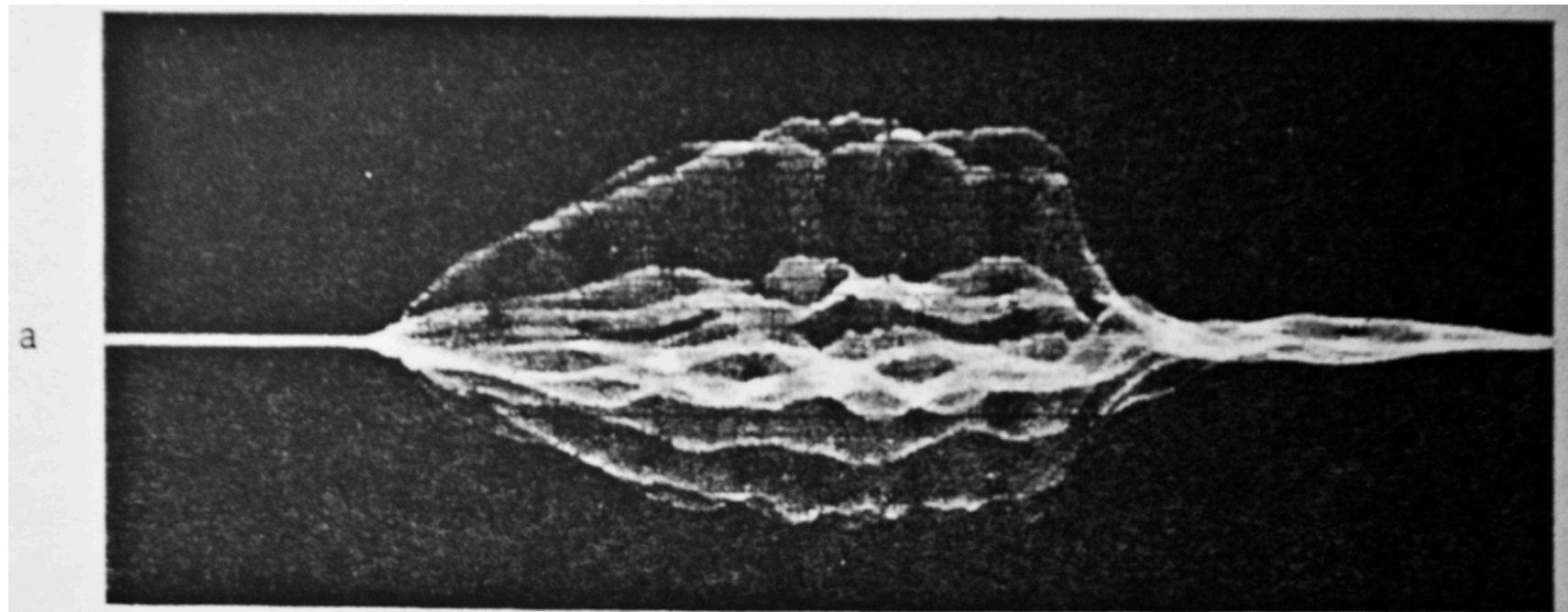
Il suono di una campana quando sia privato del transitorio di attacco e venga prolungato artificialmente con volume costante, pur non avendo paragone fra gli strumenti normali, può richiamare l'idea di un trombone da fantascienza.

Un suono di corno, della tessitura media (FA3), quando venga adeguatamente trattato, in modo che a un attacco repentino segua un effetto di estinzione tipo “campana”, assomiglia decisamente al suono del pianoforte, nonostante la così diversa composizione spettrale dei due suoni.

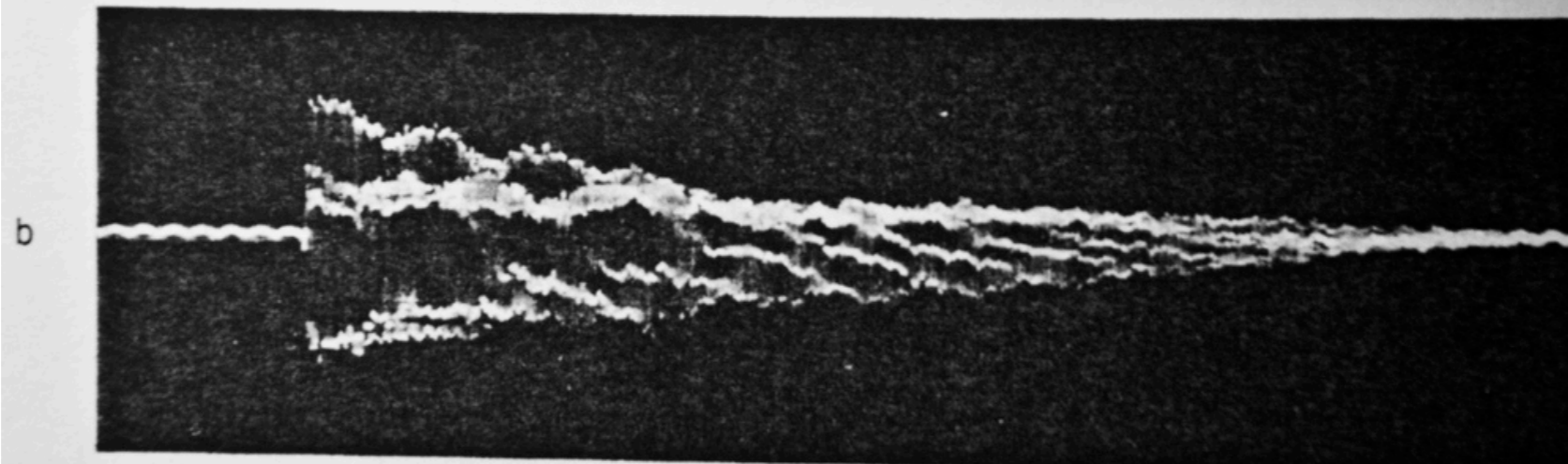
Questi esempi di travestimento del suono potrebbero continuare a lungo, col solo risultato di dimostrare la stessa cosa: ossia che al livello della percezione e in relazione alle informazioni accumulate dal soggetto attraverso le sue esperienze precedenti, le qualità e la valutazione del timbro possono subire le più strane trasformazioni col solo variare delle modalità di attacco del suono.

Nei due casi esemplificati, infatti, la composizione spettrale, controllata prima e dopo il trattamento, è rimasta invariata, essendo stato usato, per ciascuno di essi, un suono solo, preventivamente registrato su nastro magnetico. Se attraverso la variazione del modo di attaccare il suono si possono ottenere cambiamenti del timbro così radicali, bisogna riconoscere che tra le cause oggettive dalle quali il timbro dipende, è necessario includere in prima fila anche i transitori di attacco e di estinzione.

A titolo puramente esemplificativo, per illustrare meglio l'andamento del transitorio di attacco, riportiamo in figura gli spettrogrammi di due suoni: uno di violino e l'altro di pianoforte.



spettrogramma del suono di un violino ($RE_4 = \text{Hz } 294$)
regime transitorio dell'attacco di durata media



spettrogramma del suono di un pianoforte ($FA_3 = \text{Hz } 350$)
regime transitorio dell'attacco rapidissimo, caratteristico dei suoni impulsivi