

# Gs Electronics News

*Le notizie della Gs Electronics direttamente sul tuo PC!*

Anno 34 N. 08 Gennaio – Febbraio 2014

## Sommario

1. Premessa
2. Il timbro e la sua storia.
3. Argomenti del prossimo articolo.
4. Bibliografia.

[Visita il nostro sito](#)

[www.gselectronics.it](http://www.gselectronics.it)

## 1. Premessa

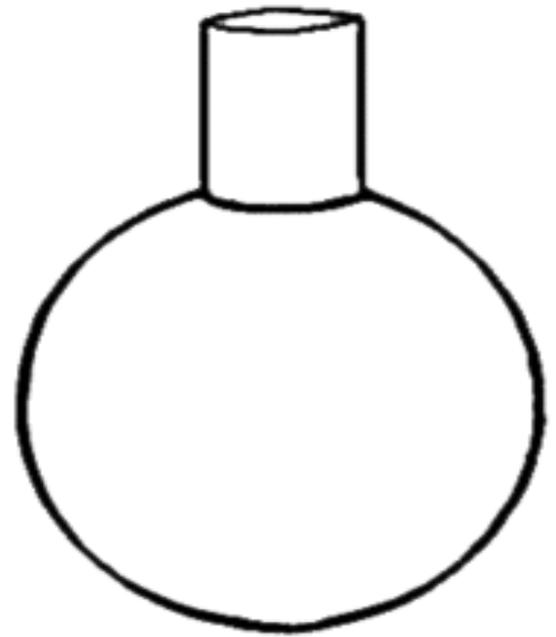
In questa news riprendiamo alcune esperienze sul timbro di voci armoniche suonate su un provino, fuori dalla fisarmonica, in modo che la loro timbrica non sia influenzata dalla cassa armonica. Inoltre si analizzano alcuni metodi impiegati nell'harmonium per migliorare il suono generato.

## 2. Il timbro e la sua storia

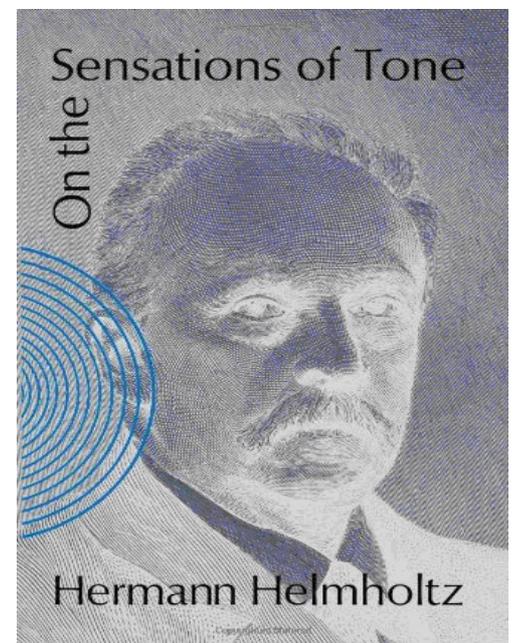
Nella news\_06 avevamo definito il timbro come un parametro che ci permette di differenziare un suono da un altro e che si può valutarlo solo in modo qualitativo non potendo attribuirgli una dimensione fisica. Infatti il timbro viene definito come una grandezza multidimensionale. Nella news\_07 si era verificato che la timbrica di una voce armonica dipende dal suo spettro armonico e dal luogo in cui è suonata. Per effetto della cassa armonica, abbiamo introdotto alcuni concetti sulle formanti che individuano quel campo di frequenze, per le quali si ha una concentrazione di energia acustica del segnale emesso. Nella fisica classica la teoria del suono si era sempre basata sull'intuizione di Helmholtz [13], per cui il timbro di un suono era determinato solo dal suo spettro, ossia in base alla distribuzione dell'energia delle diverse componenti di frequenza che lo compongono. L'esperienza ha dimostrato che i suoni prodotti da strumenti musicali tradizionali sono caratterizzati da una distribuzione dell'energia nello spettro di frequenza che si modifica nel tempo. Per gli strumenti a corda il timbro risulta molto più ricco di armoniche al momento che la corda

viene pizzicata e diviene sempre più puro al diminuire dell'intensità sonora, ossia la corda vibra con legge sinusoidale. Una rappresentazione intuitiva del suono richiede un grafico tridimensionale in funzione delle tre grandezze frequenza, ampiezza e tempo. In definitiva il tono di una voce armonica dipende dal numero di vibrazioni dell'ancia mentre la sua "caratterizzazione" timbrica dipende dalla forma dei sbuffi, con le relative turbolenze, ed è direttamente collegata con il fenomeno dei suoni armonici e con la cassa di risonanza con le sue formanti.

Per effettuare un'analisi armonica di una forma d'onda occorre riferirsi alla serie di Fourier che è la rappresentazione di una funzione periodica mediante una combinazione lineare di semplici funzioni sinusoidali. Jean Baptiste Joseph Fourier (1768 - 1830) ha formulato per primo questa teoria che fu molto contestata dai suoi contemporanei Laplace e Lagrange. La validità di questa teoria fu dimostrata qualche anno dopo da Hermann von Helmholtz (1821 - 1894)[13] ricorrendo per l'analisi dei suoni a risonatori, realizzati con bocce cave di forma sferica. In pratica un risonatore è un dispositivo capace ad oscillare ad una determinata frequenza, detta di risonanza, e, quindi, ad emettere un suono di frequenza  $f_0$ , se colpito da un'onda sonora di frequenza  $f_0$ . Il livello del suono generato dal risonatore è maggiore di quello che lo ha innescato. Le casse acustiche di tipo bass reflex ne sono un' applicazione. Anche il soffiare trasversalmente sul collo di una bottiglia di vetro produce un suono, che consiste in un'armonica contenuta nel suono generato dal soffio pari alla frequenza di risonanza della bottiglia. In definitiva qualsiasi corpo cavo di materiale elastico gode della proprietà di entrare in oscillazione in presenza di una particolare frequenza e di alterare le ampiezze delle armoniche, lasciando inalterate la loro frequenza. Helmholtz, avendo a disposizione una serie di risonatori di diverse dimensioni e quindi di frequenze di risonanza differenti, ha potuto individuare le singole armoniche di un suono. La precisione delle misure dipendeva dal numero di risonatori che aveva a disposizione. Le misure effettuate con questo metodo si possono definire statiche e non permettono la verifica della variazione della frequenza e del contenuto armonico di un suono di uno strumento musicale nel tempo. La visualizzazione di un'onda sonora è stata possibile solo dagli anni 30 del XX secolo con i mezzi che ha offerto l'elettronica realizzando l'oscilloscopio e l'oscillografo. Con lo spettrografo nel 1946 è stato possibile anche eseguire un'analisi in frequenza di onde sonore. Attualmente esistono software per PC che, attraverso la scheda audio, svolgono egregiamente queste analisi e algoritmi, per cui non esistono più problemi nell'analisi di un segnale sonoro.



**Figura 1. Risonatore di Helmholtz**



**Figura 2 Copertina del testo di Helmholtz**

## 2.1. Esperienza sulla frequenza di risonanza

Se prendiamo in considerazione una bottiglia di vetro come risonatore, è possibile calcolare la sua frequenza di risonanza conoscendone le dimensioni. La formula è:

$$f = \frac{v}{2 * \pi} * \sqrt{\frac{A}{V * L}}$$

dove:

$f$  è la frequenza di risonanza,

$v$  è la velocità del suono pari ad 343 m/s a 20°C,

$A$  è la sezione del collo,

$L$  è la lunghezza del collo,

$V$  è il volume della bottiglia.

In una esperienza di laboratorio si sono effettuate prove con una bottiglia di vetro con le seguenti dimensioni:

$A = 2,5 \text{ cm}^2$ ,

$V = 270 \text{ cm}^3$ .

$L = 6,2 \text{ cm}$ .

Con questi valori la frequenza teorica di risonanza vale 211 Hz.

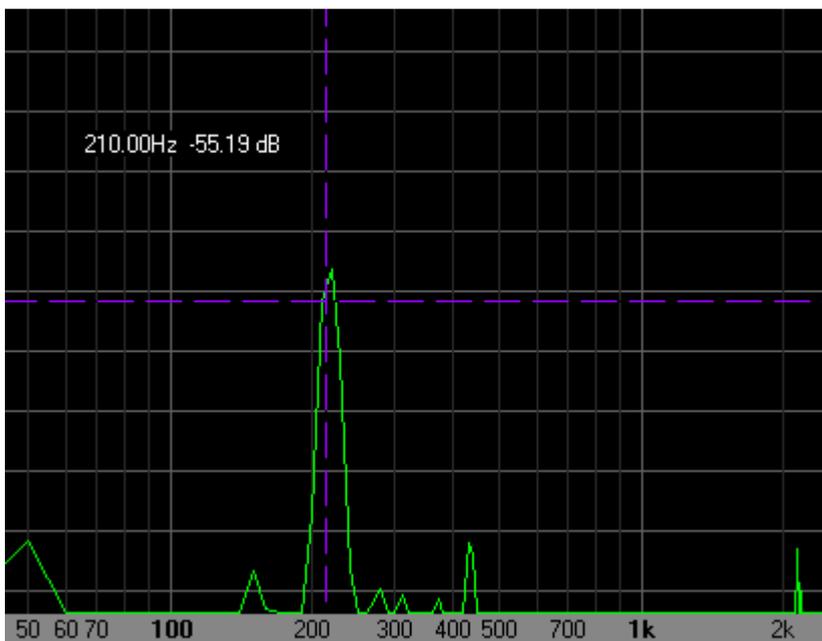
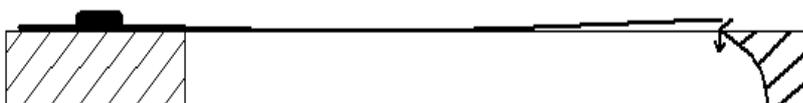


Figura 3. Spettro del suono generato dalla bottiglia

La Fig.3 mostra lo spettro del segnale ottenuto soffiando dentro la bottiglia. La frequenza di maggiore ampiezza corrisponde a quella di risonanza. L'esperienza ha confermato la validità della formula. Per variare tale frequenza è sufficiente riempire la bottiglia con un liquido in modo da modificarne il volume  $V$ .

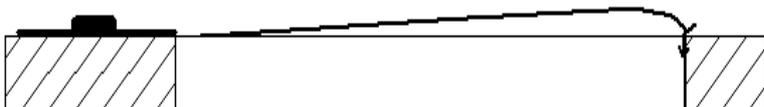
## 2.2. Mustel e la voce eufonica

Per ottenere una generazione efficiente del suono sia per qualità che per volume, intorno gli anni 1860/80, sono state fatte esperienze su voci armoniche impiegate per la generazione del suono nell'harmonium. La formula riportata nella News\_06, anche se si riferisce ad un'ancia di spessore costante, indica come varia il tono al variare di alcune dimensioni dell'ancia ma non ha alcuna indicazione sul timbro. Aumentare lo spessore dell'ancia in testa comporta un abbassamento del tono ma anche un attacco ritardato, mentre aumentare lo spessore sulla base permette un aumento della frequenza ed una risposta più pronta. In entrambi i casi una variazione della pressione comporta una variazione del tono; un aumento della pressione provoca una diminuzione del tono, mentre una diminuzione della pressione un suo aumento. La larghezza dell'ancia non comporta una variazione del tono ma solo del timbro. Le prime ricerche nel miglioramento della voce armonica riguardarono la modifica del telaio, lasciando inalterata la geometria dell'ancia. La voce si dimostrò più pronta ad oscillare ed il suono risultò molto ricco di armoniche tanto da produrre un suono non sempre gradevole. (Fig.4).



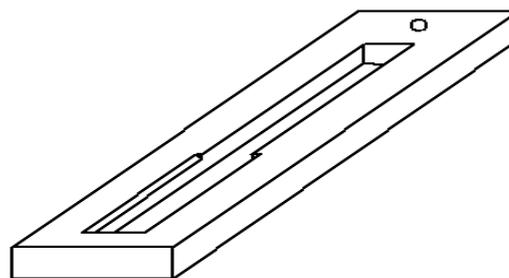
**Figura 4. Telaio smussato**

Furono eseguite anche prove nel modificare la forma dell'ancia (Fig.5), che fu curvata verso in basso alla estremità libera. Questa modifica, pur rendendo il suono più dolce e profondo, ha comportato un attacco leggermente ritardato.



**Figura 5. Ancia curvata in testa**

Charles Mustel, attraverso la sua esperienza nel costruire harmonium, osservò che le voci con ance più larghe producevano suoni più puliti, più intensi e con meno armoniche a differenza di quelle più strette che presentavano un suono più ricco. Nel 1878 ha bre-



**Figura 6: Telaio di Mustel**

vettato la voce eufonica (Fig.6) che lasciava inalterata la geometria dell'ancia ma modificava il telaio. Questa modifica consisteva nello smussare gli spigoli dell'asola dove vibrava la testa dell'ancia. A tentativi trovò un compromesso nell'entità di questo smusso con il risultato di ottenere un timbro più dolce, meno aggressivo senza alcun ritardo sulla prontezza della voce. Infatti se tale smusso era eccessivo si aveva un ritardo nell'attacco, se poco, il suono rimaneva inalterato.

## 2.3 Esperienze su una voce "eufonica"

Le prove sono state effettuate in laboratorio ponendo la voce armonica su un provino e, non essendo posta dentro una fisarmonica, il suono non risulta influenzato dalla cassa armonica. Le figg. 7, 9 e 11 si riferiscono ad una voce tradizionale mentre le figg. 8 - 10 - 12 alla stessa voce modificata, secondo le indicazioni di Victor Mustel (1815 - 1890).

### 2.3.1 Analisi della forma d'onda

Le figg. 7 e 8 visualizzano le forme d'onda del segnale ottenute con l'oscilloscopio. Le due forme d'onda mostrano una leggera differenza ma significativa. La fig. 8 risulta rispetto la della fig. 7 meno spigolosa, più arrotondata e oscillante. Il significato di questa differenza qualitativa fra le due forme d'onda visibile all'occhio viene percepita anche da un orecchio esperto ed avrà una spiegazione quantitativa in un'esperienza successiva.

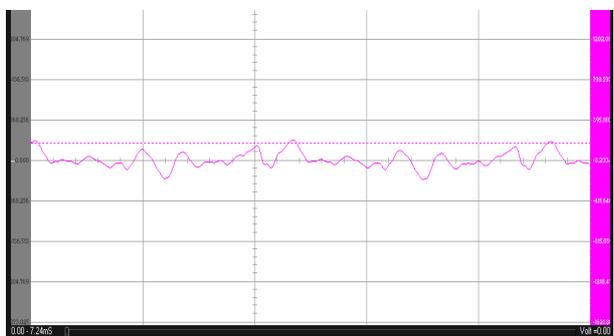


Figura 7

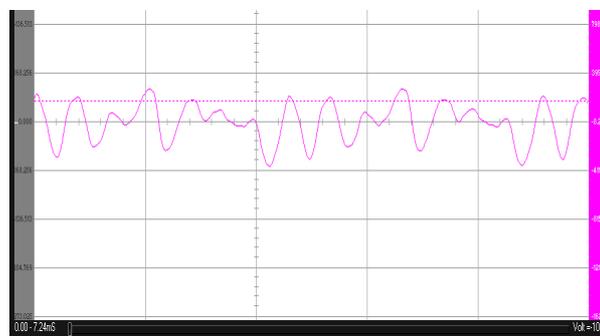


Figura 8

### 2.3.2. Innesco della vibrazione dell'ancia

Una caratteristica importante di una voce armonica la prontezza della voce ad oscillare sotto l'effetto del flusso d'aria generato dal mantice. La prova seguente, eseguita con l'oscilloscopio, è verificare se la modifica del telaio portava una variazione dell'innesco del suono. Lo scopo è stato quello di effettuare una misura qualitativa della prontezza della voce ad oscillare. I risultati sono mostrati nelle fig. 9, relativa telaio tradizionale, e fig. 10, relativa al telaio modificato. Entrambe mostrano una pronta risposta alla eccitazione. La modifica al telaio non ha comportato alcun ritardo. Il fatto che nella fig. 10 la risposta risulta più pronta potrebbe essere dovuto ad una reimpostazione dell'ancia, dopo l'asportazione del materiale per la realizzazione dello smusso.

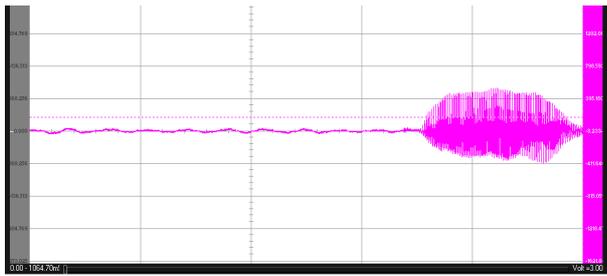


Figura 9

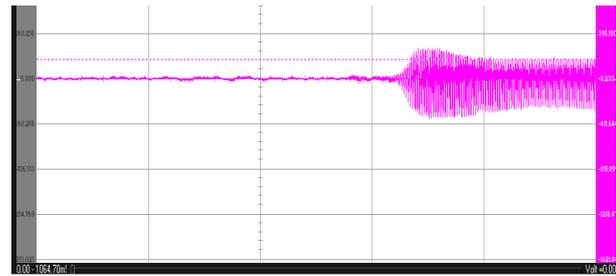


Figura 10

### 2.3.3 Analisi delle armoniche

E' la prova più significativa e interessante dal punto di vista del timbro, che è determinato dallo spettro del segnale. Le figg. 11 e 12 mostrano gli spettri relativi rispettivamente al telaio tradizionale ed a quello modificato di un RE della 4° ottava, la cui frequenza è 293,665. Si vede chiaramente la differenza fra i due spettri. In quello rappresentato nella fig.12 si notano, in questo caso, l'assenza di armoniche sopra la ottava armonica, cioè sopra i 2349 Hz e, un'attenuazione delle armoniche in corrispondenza a 881 Hz, che risulta la prima armonica dispari (293,66x3). La presenza di tale armonica comporta al timbro un carattere più aspro e nasale. In definitiva il suono ottenuto con la modifica risulta più dolce. L'intuizione di Mustel, tenendo presente che non esistevano strumenti di misura, può considerarsi più che geniale per ottenere miglioramenti del timbro delle sue voci poi montate nell'harmonium.

Nella fisarmonica la presenza di una cassa acustica di dimensioni differenti, che altera la distribuzione energetica di tutte le frequenze presenti nello spettro di una voce armonica, ne modifica il timbro ma non aggiunge altre frequenze.

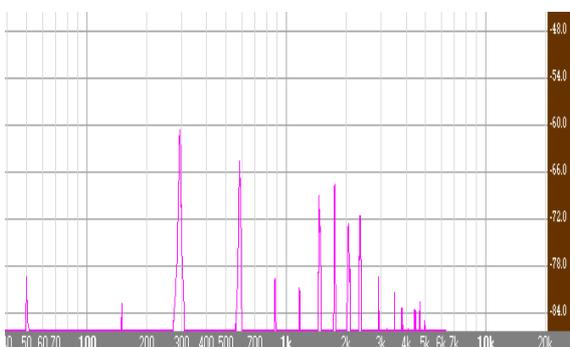


Figura 11

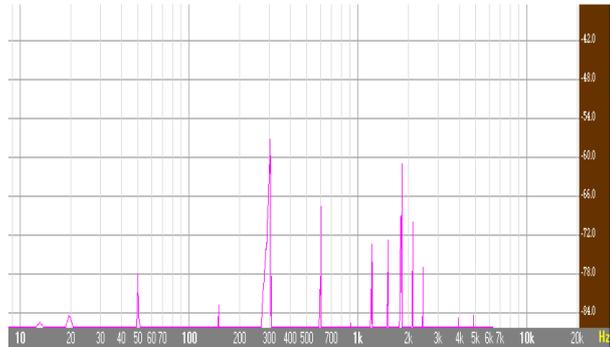


Figura12

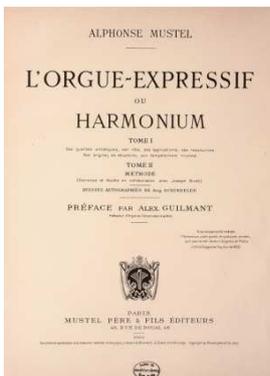


Figura 13. Copertina del testo di Alfonso Mustel

L'esperienza ha fornito una soddisfacente indicazione sulla validità nell'effettuare uno smusso sull'asola del telaio di alluminio. In pratica si ottiene un timbro che lo si potrebbe ottenere con un'ancia più larga. Basta pensare alla differenza del timbro generato nelle basse frequenze fra le voci strette con peso sulla punta dell'ancia e le voci tipo helikon più larghe. Le prove sono state effettuate su diverse voci sempre sullo stesso provino per verificare lo spettro spontaneo generato dalla voce non influenzato da un somiere o da una cassa acustica. In questo articolo abbiamo riportato solo i risultati di un RE della 4° ottava. Un giudizio definitivo sul metodo può essere espresso solo dalla percezione acustica con le voci montate su un somiere e suonate con una fisarmonica.

### 3. Argomenti della prossima news

Nel prossimo articolo tratteremo la costruzione di una scala musicale.

### 4. Bibliografia

- [1] Sound Generation in Wind, String, Computers:**  
**Author:** Arthur H. Benade.  
**Publisher:** Kungl. Musikaliska Akademien (1980).  
**ISBN-10:** 9185428183.
- [2] The Physic of sound:**  
**Author:** Berg, David G Stork.  
**Publisher:** Addison-Wesley; 3 edition (August 27, 2004).  
**ISBN-10:** 0131457896.
- [3] The Physics of Musical Instruments:**  
**Author:** Neville H. Fletcher, Thomas D. Rossing .  
**Publisher:** Springer; 2nd edition (June 19, 1998) .  
**ISBN-10:** 0387983740.
- [4] La Scienza del Suono:**  
**Author:** John R. Pierce.  
**Publisher:** Zanichelli.  
**ISBN-10:** 8808021661.
- [5] Musical Physics and Engineering:**  
**Author:** Harry F. Olson.  
**Publisher:** Dover Publications; Revised edition (June 1, 1967).  
**ISBN-10:** 0486217698.
- [6] The Physics and Psychophysics of Music - An Introduction:**  
**Author:** Juan G. Roederer .  
**Publisher:** Springer; 3rd edition (October 31, 2001).  
**ISBN-10:** 9780387943664.
- [7] The Science of Sound:**  
**Author:** Thomas D. Rossing.  
**Publisher:** Addison-Wesley; 2 edition (March 1, 1990).  
**ISBN-10:** 0201157276.
- [8] Physics for Scientists and Engineers, Chapters 1-46:**  
**Author:** Raymond A. Serway.  
**Publisher:** Brooks/Cole Pub Co; 5th edition (October 30, 1999).  
**ISBN-10:** 0030317169.

- [9] Musical Acoustics:**  
**Author:** Thomas D. Rossing.  
**Publisher:** Amer Assn of Physics Teachers (July 1988).  
**ISBN-10:** 091785330X.
- [10] Fundamentals of Musical Acoustics - Second, Revised Edition:**  
**Author:** Arthur H. Benade.  
**Publisher:** Dover Publications; Reprint edition (November 1, 1990).  
**ISBN-10:** 048626484X.
- [11] Science and Music:**  
**Author:** Sir James H. Jeans.  
**Publisher:** Dover Publications; New edition edition (June 1, 1968).  
**ISBN-10:** 0486619648.
- [12] Musical Instrument Design - Practical Information for Instrument Design:**  
**Author:** Bart Hopkin, John Scoville.  
**Publisher:** See Sharp Press (January 1, 1996).  
**ISBN-10:** 1884365086.
- [13] On the Sensations of Tone:**  
**Author:** Hermann Helmholtz  
**Publisher:** Dover Publications; 2nd edition (June 1, 1954)  
**ISBN-10:** 0486607534
- [14] Analysis, Synthesis, and Perception of Musical Sounds:**  
**Author:** James Beauchamp.  
**Publisher:** Springer; 2007 edition (January 24, 2007).  
**ISBN-10:** 0387324968.