

Gustave Lyon e l'arpa cromatica (II)

di Anna Pasetti

Riprendiamo in questo numero la pubblicazione della traduzione dell'articolo *La harpe chromatique et sa facture* di Gustave Lyon, apparso nell'Encyclopédie de la musique et dictionnaire du Conservatoire, a cura di Albert Lavignac e Lionel de la Laurencie, Paris, 1914-1926, 11 voll., vol. VIII, pp. 1942-1967. Nella prima parte [cfr. Hortus Musicus, III (2002), 9, pp. 32-3] Lyon ci aveva edotti sulle origini di questo strumento e sulle motivazioni che lo avevano spinto ad occuparsi della questione della produzione dei semitoni sull'arpa; inizia ora invece la trattazione dei problemi tecnici specifici relativi alla costruzione dell'arpa cromatica senza pedali.

L'arpa cromatica e la sua fattura (II)

Di Gustave Lyon
Direttore della Maison Pleyel

Tensione delle corde

Orbene, quest'arpa presentava il fondamentale difetto di non tenere per nulla l'accordatura e di deformarsi enormemente.

Lo sforzo imposto alla tavola armonica dalla tensione delle corde era eccessivo; il Signor G. Lyon fu dunque costretto innanzitutto a determinare con precisione questo sforzo, che doveva poi essere messo in relazione con la resistenza alla rottura delle corde impiegate.

È noto che, assegnata una nota ad una corda di lunghezza determinata e di peso conosciuto, è facile sapere quale tensione debba essere applicata alla corda stessa, grazie alla formula delle vibrazioni trasversali delle corde. La formula è la seguente:

$$P = n^2lp/g$$

dove **P** rappresenta il peso in chilogrammi della tensione applicata alla corda, **n** il numero di vibrazioni semplici al secondo, **l** la lunghezza della corda in metri, **p** il peso in chilogrammi della porzione vibrante della corda, **g** l'accelerazione dovuta al peso.

È noto altresì, per la legge di Savart, che una corda vibra tanto meglio quanto più la sua tensione è prossima al punto di rottura.

Il problema si poneva dunque nei termini seguenti:

1° - determinare esattamente quale sia il limite di tensione applicabile con sicurezza ad una corda di spessore dato;

2° - individuare il peso per metro cui è sottoposta una corda tesa fino a questo limite e della quale si conosca il diametro prima della tensione. La variazione del diametro dipende dal considerevole allungamento e si può constatare ad occhio nudo su una corda di budello che venga tesa sempre più.

Per risolvere questo problema il Signor G. Lyon inventò un apparecchio atto a misurare gli allungamenti progressivi di una corda di budello sottoposta alla tensione di un peso crescente con una progressione continua.

Questo apparecchio (fig. 992), costruito nell'officina Pleyel, Wolff e Co., era in grado di registrare simultaneamente l'allungamento e la tensione su un medesimo foglio applicato su un cilindro rotante di Richard. La tensione si ottiene tramite il flusso d'acqua proveniente dal serbatoio R, riversantesi nel recipiente S, appeso alla corda.



fig. 992

La corda **ab** è attaccata da una parte ad un punto fisso **a**, dall'altra ad una caviglia **b**, a sua volta fissata a quella che regge la catena che sostiene il recipiente **S**. Questa seconda caviglia è collegata, mediante un gancio regolabile, ad una piccola piattaforma, a sua volta collegata con un filo ad un elemento circolare che regge una penna; quest'ultima registra sul cilindro la variazione di altezza della piccola piattaforma **e**, di conseguenza, l'allungamento della corda.

Il serbatoio **R** è cilindrico e di diametro conosciuto.

Un galleggiante collegato con un filo ad un elemento **q**, che regge anch'esso una penna, permette di scrivere sullo stesso cilindro, ma sul lato diametralmente opposto alla prima penna, le variazioni del livello dell'acqua del serbatoio **e**, di conseguenza, il peso dell'acqua fluita nel secchio **S**.

Le penne sono inchiostrate con due diversi colori, per facilitare la lettura del foglio.

Furono compiuti ottocottotrentacinque esperimenti su una quantità di corde di tutti i diametri e di diverse provenienze.

La prima conclusione fu che il budello poteva essere adoperato in sicurezza fino ad una tensione pari a 18 chilogrammi per millimetro quadrato. Questa legge vale per tutta la liuteria a corde (violini, violoncelli, chitarre, ecc.).

Le altre conclusioni furono riassunte per mezzo di curve, le variabili delle quali sono costituite dalle estensioni assolute e dalle lunghezze sotto tensione segnate sul diagramma, mentre i diametri sotto tensione misurati nel corso degli esperimenti, così come le lunghezze sotto tensione, sono sostituiti dal peso per metro sotto tensione, che si ricava dividendo il peso per metro a riposo per la lunghezza sotto tensione, ammesso, evidentemente, che il peso del campione non debba variare nel corso dell'esperimento.

Si poté constatare inoltre che ad un diametro dato corrisponde un valore unico di peso per metro lineare, qualsiasi sia la tensione. I punti rappresentativi sono in effetti raggruppati lungo una stessa parabola la cui equazione è $D^2 = 96P$ (essendo **D** il diametro in centesimi di millimetro e **P** il peso per metro in centigrammi).

Questa curva è raffigurata alla fig. 993.

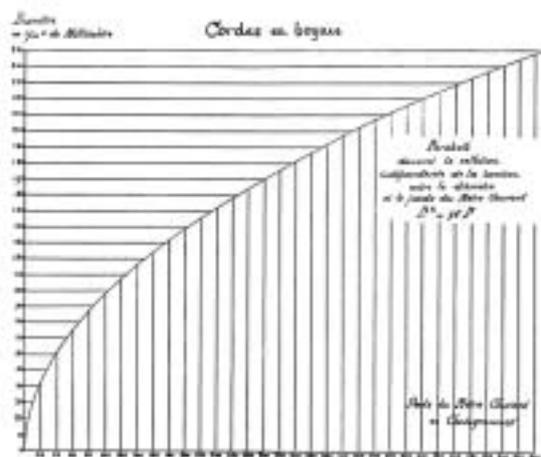


fig. 993

Si costruirono in seguito le curve relative ai diametri sotto tensione, dalle quali si conclude per esempio che una corda di 180 centesimi di diametro a riposo non diventa meno di 164 centesimi sotto 65 chilogrammi di tensione; inoltre da queste curve si deducono quelle dei pesi per metro sotto tensione secondo la parabola.

Da queste ultime curve si è dedotto per esempio che una corda pesante 4 grammi per metro a riposo, sottoposta a una tensione di 67 chilogrammi non pesa meno di 3,27 grammi. Se dunque si avesse bisogno di una corda pesante 3,27 grammi per metro, per produrre una data nota sotto una tensione di 67 chilogrammi, si dovrebbe prendere una corda pesante 4 grammi per metro a riposo, il cui diametro fornito dalla parabola sarà di 195 centesimi.

Il calcolo permette di trarre qualche conclusione.

Essendo **P** il peso in centigrammi per metro lineare sotto una tensione data; **D** il diametro in centesimi di millimetro alla stessa tensione; **d** la densità corrispondente; **l** l'allungamento in millimetri di 1 metro di corda a riposo sottoposta a questa tensione. Ancora, **P'** il peso per metro lineare a riposo e conseguentemente il peso a una tensione qualsiasi di un campione lungo in origine 1 metro; **D'** il diametro iniziale; **d'** la densità iniziale; a tensione con diametro **D**, la sezione in millimetri quadrati sarà:

$$/4(D/100)^2$$

ed il volume in millimetri cubi:

$$1000 /4(D/100)^2$$

dunque il peso in milligrammi per 1 metro di corda sotto tensione sarà:

$$1000 /4(D/100)^2 d$$

e quindi:

$$10P = 1000 /4(D/100)^2 d$$

oppure:

$$P = (D^2/400)d$$

Senza tensione dalla stessa si ottiene:

$$P = (/400)D'^2 d'$$

Oppure, dato che $D^2 = 96P$ e $D'^2 = 96P'$; si concluderà che $D^2/P = D'^2/P'$, da cui:

$$d = d' = (P/D^2)400 = 400/96 = 400/3016 = 1,3262$$

La densità delle corde di budello resta dunque costante sotto tensione e corrisponde ad un valore di 1,3262.

Questo risultato comprova in pieno le misurazioni dirette della densità effettuate dal Signor G. Lyon.

Un altro punto è stato molto interessante da studiare, quello dell'azione dell'umidità sulle corde di budello.

Se si sottopone una corda di budello tesa ad una bagnatura, cingendola di cotone imbevuto d'acqua, il peso tenditore rimanendo pur costante, essa s'allunga; se la si lascia, essa continua ad allungarsi e quando si toglie il cotone per farla asciugare, essa si allunga ancora, fino a quando si asciuga del tutto. A partire da questo momento, se si sottopone ulteriormente la corda a bagnature ed asciugature, il fenomeno non è più lo stesso; ogni bagnatura successiva alla prima provoca un accorciamento e un'asciugatura conseguente a tale bagnatura causa un allungamento che compensa sensibilmente il precedente accorciamento.

La prima bagnatura ha sulla corda un effetto importante, che fa scivolare le fibre le une sulle altre e permette questo primo allungamento considerevole.

Tale effetto non si produce con l'umidità atmosferica normale, per cui una corda che non abbia subito la prima bagnatura deformante si comporterà come nel caso della seconda bagnatura. L'umidità, quale quella di una sala da concerto, per esempio, tende dunque a raccorciare le corde e dato che gli strumenti non cambiano la loro dimensione, le corde subiscono per questo un'aggiunta di tensione che l'apparecchio ha permesso di misurare facilmente.

Gli strumenti a corde dell'orchestra hanno dunque una tendenza a crescere e a seguire il movimento degli strumenti a fiato che crescono però per un'altra ragione, cioè per il riscaldamento della colonna d'aria vibrante e la diminuzione della sua densità.

In mezzo a tutti questi risultati e utilizzando, a seguito di una prova con delle lunghezze di corde più vicine a quelle reali, una serie di diametri che rendessero la tensione alla quale sono aduse le dita degli arpisti, fu facile calcolare la lunghezza esatta da dare a ciascuna corda, nelle migliori condizioni di tensione.

Una delle estremità di ciascuna corda fu fissata sulla tavola armonica con un bottone su una bacchetta di legno diritta, mentre la curva della parte superiore dell'arpa si poteva dedurre.

Non restavano dubbi che l'insieme della tensione di tutte le corde sulla tavola oltrepassava la forza di resistenza della stessa. Il Signor G. Lyon tentò allora di far passare le corde attraverso la tavola, agganciandole, sul retro della tavola stessa, ad un somiere ad essa adiacente costruito in legno, che si poteva rinforzare in modo tanto robusto da poter resistere alla tensione totale di tutte le corde.

L'arpa n° 2 (fig. 994) rappresenta il tentativo fatto in tal senso; le corde potevano essere agganciate a due somieri posizionati sul retro (fig. 995) e l'arpa era stata costruita in un modo tale da poter rendersi conto se il fatto di agganciare le corde ad un somiere retrostante piuttosto che alla tavola avrebbe prodotto o meno una diminuzione delle qualità sonore dell'istrumento.



fig. 994



fig. 995

Il risultato dell'esperienza ha portato a riconoscere che non v'era alcun danno nel non agganciare le corde alla tavola coi bottoncini e il principio del somiere attaccato sul retro della tavola fu considerato come operativo.

Tuttavia, era abbastanza naturale pensare che delle corde che attraversavano con due angoli una tavola armonica non avrebbero più dato lo stesso timbro sonoro rispetto a corde tese direttamente sulla tavola; furono fatte delle prove atte a modificare le dimensioni della tavola in larghezza e spessore, anziché le lunghezze delle porzioni di corde al di sotto della tavola, fino al somiere di aggancio: esse diedero utili indicazioni. La tavola non era abbastanza flessibile, le lunghezze delle corde al di sotto della tavola erano troppo esigue e si trovavano per così dire imbrigliate da questi legami non elastici.

Tali porzioni di corde furono allora sostituite da molle a spirale fissate ai punti di aggancio e alle quali furono attaccate le corde. Si poté constatare allora che la tavola riacquistava tutta la sua elasticità e che il timbro ridiventava quello al quale le arpe a pedali ci hanno abituati, con la solita grande sonorità.

Ma quali molle era d'uopo impiegare? Le corde, piegate a gomito nel passaggio attraverso la tavola, non vi si introducevano facilmente, e se le molle venivano sottoposte ad un allungamento considerevole, le corde, entrando nella tavola, le conferivano una convessità eccessiva che la rendeva nuovamente rigida. Si dovettero dunque impiegare delle molle che, sotto la tensione delle diverse corde, variassero da 3 a 59 chilogrammi; trattandosi di un allungamento lieve e costante, esse non superavano i 3 millimetri circa.

Per comodità di fabbricazione e visto lo spazio disponibile nell'arpa, si scelse un tipo di molle arrotolate su un cilindretto di 4 millimetri di diametro. Le molle furono provate sull'apparecchio già usato per le corde di budello. Le

curve inscritte diedero sempre una linea in principio quasi retta, che in seguito s'impennava abbastanza bruscamente. Il punto di inflessione brusca corrisponde a quella tensione a partire dalla quale gli allungamenti non sono più proporzionali alla tensione stessa, ed indica il limite d'elasticità fino al quale le molle potevano essere impiegate. Misurando sul foglio il corrispettivo allungamento totale e dividendolo per il numero delle spire e per il numero dei chilogrammi che l'aveva prodotto, si ottiene l'allungamento caratteristico di ciascuna molla impiegata, per ciascuna spira e per chilogrammo.

Si sa, in effetti, che, nel caso delle molle a spirale, l'allungamento per unità di tensione è proporzionale al numero delle spire e che l'allungamento totale è proporzionale alla tensione, finché non si oltrepassi il limite d'elasticità.

Una piccola modifica dovette essere apportata all'apparecchio per ottenere un getto uniforme d'acqua, al fine di assicurare la rettificazione dell'iscrizione degli allungamenti. L'acqua, anziché fluire attraverso il rubinetto posto alla base del recipiente R, passava attraverso un sifone sorretto dal galleggiante, il cui orifizio si trovava dunque a seguire esattamente le variazioni del livello dell'acqua nel serbatoio.

Esiste nondimeno, nell'interpretazione di questa iscrizione, una causa d'errore legata all'allungamento permanente delle molle. Questo allungamento è dovuto a due cause: la prima si manifesta abbastanza rapidamente e proviene dalla deformazione delle buccoline che terminano le molle; questa deformazione si verifica progressivamente nel corso dell'iscrizione rettilinea e, una volta prodotta, non si ripete più; l'altra comincia a partire dall'incurvarsi dell'iscrizione, vale a dire nel momento in cui viene oltrepassato il limite d'elasticità.

Una volta stabilito questo limite attraverso un numero sufficiente di esperimenti, sotto la direzione del Signor G. Lyon, su alcune molle in filo d'acciaio di Firminy (corde di pianoforte), i risultati si riassunsero sotto forma di due curve (figura 996) che indicano:

- l'una, in tratto pieno, la tensione in chilogrammi al di là della quale non si può impiegare una molla costituita da un filo di diametro dato, quale che sia il numero delle sue spire;
- l'altra, l'allungamento per spira e per chilogrammo di trazione di una molla analoga.

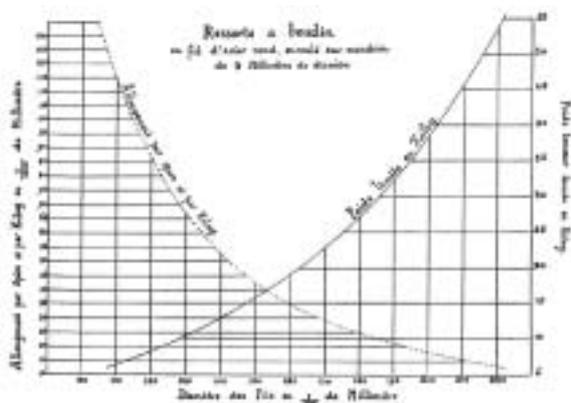


fig. 996

Conoscendo la tensione di ciascuna corda, si può facilmente calcolare il diametro del filo d'acciaio da impiegare per ciascuna molla, nonché il numero delle sue spire per ottenere l'allungamento desiderato.

Nell'arpa seguente, n° 3, furono realizzati una serie di perfezionamenti conseguentemente a queste decisioni: soppressione dell'aggancio delle corde alla tavola per mezzo dei bottoni, loro sostituzione mediante sistemi d'aggancio alla cassa stessa al di là della tavola, impiego delle caviglie Alibert a vite micrometrica, oltre alle caviglie ordinarie che presentavano numerosi inconvenienti; nella parte degli alti furono montate caviglie ordinarie, nella parte dei bassi caviglie Alibert. In un altro esemplare di questo modello il Signor G. Lyon aveva fatto l'inverso, montando le caviglie Alibert nella parte alta dell'arpa e caviglie normali per le corde dei bassi.

Con quest'arpa n° 3 (figg. 997 e 998) si vide anche la nascita di uno smorzatore, poiché, dato che essa doveva essere suonata cromaticamente, diventava necessario munirla di uno smorzatore, come nel pianoforte. Questo smorzatore era costituito da due fasce di feltro; attraverso un movimento oscillatorio attorno ad un'assicella posta lungo il piano di simmetria inclinato di 15° rispetto alla tavola, azionato da un pedale, il feltro veniva a contatto con le corde bianche verso l'alto e con le corde nere verso il basso.



fig. 997



fig. 998

Il Signor G. Lyon progettò dunque le arpe seguenti, rappresentate nelle figure 999, 1000, 1001, seguendo le lunghezze precise delle corde in base ai calcoli da lui effettuati, adottando come trazione il massimo di 18 chilogrammi per millimetro quadrato di sezione.



fig. 999



fig. 1000



fig. 1001

L'arpa n° 5 (fig. 999) possedeva due sottili colonne e questo modello, così ben equilibrato, sarebbe stato adottato se non avesse modificato troppo l'aspetto abituale dell'arpa.

L'immagine dell'arpa n° 7 (fig. 1001) permette di rendersi conto della costruzione del somiere superiore, che era costituito di più spessori di legno di faggio incollati, nonché dei somieri di aggancio all'interno, che erano anch'essi di faggio con dei rinforzi formati da tre corde da pianoforte tese a 100 chilogrammi ciascuna, che dovevano opporsi alla possibile curvatura di questi somieri sotto l'azione del tiraggio delle corde.

Sempre più convinto della necessità primaria di avere un'arpa molto solida, le cui corde non si spezzassero, il Signor G. Lyon trasportò quest'arpa in riva al mare, a Villers-sur-Mer, nel mese di agosto del 1895. Era dunque servito un intero anno per arrivare a questo risultato.

Contrariamente alle sue previsioni, egli si rese conto con stupore che quest'arpa non teneva per nulla l'accordatura, che le corde si rompevano di continuo; il risultato, insomma, era sconcertante, dato che v'erano più corde in quest'arpa che nell'arpa a pedali e che queste corde si rompevano quasi tanto sovente quanto nell'arpa citata. Forte, tuttavia, delle conclusioni tratte grazie al suo apparecchio per lo studio delle corde, egli fu costretto ad ammettere che le rotture delle corde non erano causate solamente dall'azione delle variazioni igrometriche dell'aria sulle corde, ma che un'altra causa importante doveva causare queste rotture.

Egli fu indotto a verificare se lo stesso scheletro dell'arpa non fosse capace di movimenti tali da rendere inevitabili le rotture delle corde.

Costruì dunque un apparecchio munito di sei cilindri rotanti, sui quali segnavano le loro tracce tre penne fissate alle due estremità e nel mezzo della parte superiore dell'arpa, più tre altre penne posizionate in modo analogo sui somieri di aggancio interni all'arpa.

Dopo otto giorni di esperimenti, egli fu obbligato a constatare, peraltro con un certo stupore, che l'arpa, così come il violino per il quale aveva compiuto le medesime osservazioni, sembra respirare durante le diverse ore della giornata, si deforma in modo significativo in certi momenti per riprendere la sua posizione d'equilibrio in altri momenti. A seconda del sole e del calore, o dell'ombra e dell'umidità, l'arpa pareva sbocciare o rinchiudersi su se stessa.

Il Signor G. Lyon poté verificare inoltre che la parte incurvata del somiere superiore poteva presentare delle variazioni di altezza di circa tre millimetri e quindi, calcoli alla mano, dovette concludere che non avrebbe mai trovato delle corde di budello capaci di resistere alla trazione che in questo modo si verificava.

Fu dunque portato ad attribuire la causa della rottura delle corde alla deformazione dei singoli pezzi che componevano l'arpa.

Per aver il cuore sgombro, decise di costruire un'arpa interamente in acciaio. Questa fu l'arpa n° 9 (fig. 1002, 1003, 1004).



fig. 1002



fig. 1003



fig. 1004

Le figure relative all'arpa n° 9 permettono di vedere il somiere superiore, tutto in acciaio fuso, che era stato progettato come si sarebbe fatto per una campata di un ponte. Questo pezzo s'incurvava ad una estremità sopra la colonna in acciaio stirato e, dalla parte opposta, si veniva ad incastrare tra due ganasce che reggevano il somiere di aggancio delle corde, somiere, anch'esso, in acciaio fuso e posto all'interno della cassa lignea dell'arpa.

Allo stesso tempo, dato che le arpe precedenti avevano provato che la caviglia a movimento micrometrico era migliore della caviglia ordinaria, l'arpa n° 9 fu munita di queste nuove caviglie, modello Alibert, su tutta la sua estensione; inoltre fu montata con corde la lunghezza delle quali era stata calcolata dal Signor Lyon al limite del punto di rottura.

Quest'arpa non fu terminata che nel mese di aprile del 1896; lo studio, i disegni, la fabbricazione dei modelli, la fonte di tali modelli, i ritocchi, ecc., avevano richiesto moltissimo tempo.

Essa fu affiancata ad una grande arpa gotica a pedali a doppio movimento di recente fabbricazione e ad una piccola arpa Pleyel munita dello stesso meccanismo, datata 1840 circa.

Queste tre arpe furono montate con corde installate dallo stesso fabbricante nello stesso giorno, furono trasportate e conservate in riva al mare, ancora a Villers-sur-Mer e colà, la notte stessa del loro arrivo e della loro sballatura, dovettero sopportare un tremendo ciclone che abbatté più di venti alberi nella proprietà all'interno della quale si trovavano gli strumenti.

Fu proprio grazie a questo ciclone, tuttavia, che il Signor G. Lyon l'indomani mattina poté constatare che mancavano quindici corde all'antica arpa Pleyel, quattordici corde alla grande arpa gotica a pedali, mentre per contro non ne mancava nessuna alla sua arpa d'acciaio. La dimostrazione era fatta ed egli si convinse fermamente che la soluzione risiedeva nell'adozione di un somiere alto indeformabile, quindi metallico, di un somiere di aggancio interno metallico, di una colonna metallica incastrata fra i due somieri delle caviglie a vite micrometrica per la regolazione dell'accordatura.

Quest'arpa aveva però un difetto assai grave: pesava più di 60 chili e, non senza una naturale apprensione, il Signor G. Lyon si domandò come questo strumento così pesante avrebbe potuto essere maneggiato dalle graziose ed affascinanti mani femminili.

Per palliare un poco in fretta questo difetto di mobilità, egli munì quest'arpa di rotelline incassate sotto le zampe di leone, nella parte anteriore dello zoccolo, in modo che fosse sufficiente inclinare leggermente in avanti l'arpa per farla poggiare bene sulle rotelle e per trasportarla facilmente da un posto all'altro, nonostante i suoi 60 chili.

D'altronde, i progressi che nello stesso periodo stava facendo la metallurgia dell'alluminio spinsero il Signor G. Lyon ad intraprendere alcuni tentativi volti all'impiego di questa lega per le arpe. Dopo un certo periodo di ricerche, coronate peraltro dal successo, egli poté realizzare in alluminio il somiere superiore, il somiere d'aggancio e anche la colonna.

Le immagini seguenti (figg. 1005 e 1006) raffigurano la prima arpa in alluminio ch'egli poté costruire.

Il somiere d'aggancio interno è stato calcolato in modo razionale in forme di una doppia T. I punti d'aggancio hanno potuto essere portati all'esterno e, di conseguenza, le aperture dei fori di risonanza hanno potuto essere spostati all'esterno della cassa, posizione irrazionale nelle arpe antiche dato che gli abiti e il petto degli esecutori li ostruivano completamente.



fig. 1005



fig. 1006

Quest'arpa ha mostrato:

- 1° - la sua perfetta tenuta dell'accordatura;
- 2° - la sua resistenza alla rottura delle corde;
- 3° - le sue buone qualità sonore; il modello fu adottato come riferimento e fu realizzato in una forma più conveniente nell'arpa n° 11, esemplare del maggio 1897 (fig. 1007 e 1008).



fig. 1007



fig. 1008

Smorzatore

Lo smorzatore rotante, applicato all'arpa n° 2, modificato una prima volta nell'arpa n° 5 e reso ascendente, era posizionato al di sopra della tavola armonica; nell'arpa n° 11, questo smorzatore fu spostato verso il somiere superiore e il suo movimento verticale divenne discendente, per permettere alle due fasce di feltro di incunarsi tra i due piani delle corde, che sono inclinati sulla verticale; questo movimento è molto poco visibile.

Quest'arpa tiene l'accordatura molto bene e, per le ragioni di equilibrio indicate, le corde si rompono molto poco: in ventiquattro giorni si produssero tredici rotture di corde. Nell'arpa a pedali che serviva come prova se ne ruppero ventotto in trentasei giorni, vale a dire che, dato che la nuova arpa possiede più del doppio delle corde, sarebbero necessari centosettanta giorni per rompere un numero di corde proporzionale ai trentasei dell'arpa normale.■