

BENVENUTO FRAU

*Dompe e organi musicali  
del III sec. a.C.*

*Note di tecnologia meccanica antica*

**II**



GRUPPO ARCHEOLOGICO ROMANO  
Roma 1980

## INDICE

Pag.

3	Per una ricostruzione dell'hydraulus
4	L'organo di Ctesibio
6	Funzionamento dell'organo
8	I secchi bronzei
10	Gli imbuti nell'arca
11	L'arca
13	Le Plinthides
15	La tastiera
17	Le canne
24	Note di teoria musicale greca
29	Le notazioni musicali
31	I vasi di risonanza. Gli echcia
33	Pompa pneumatica di Ctesibio
38	Orologio idraulico a vasi comunicanti
40	Apparecchi di segnalazione
47	Il mesolabio di Eratostene

*Disegni di Benvenuto Frau*

Quaderni del G.A.R. n. 17

Serie **TECNOLOGIA**

## PER UNA RICOSTRUZIONE DELL'HYDRAULUS (ORGANUM HYDRAULICUM)

Alla raffinata ingegnosità di Ctesibio dobbiamo la creazione di un organo idro-pneumatico di eccezionale importanza per la somma di applicazioni tecniche che in esso furono profuse, ma anche per lo sviluppo pratico che gli organi ebbero dopo questo prototipo costruito dall'ingegnere ellenico di Alessandria d'Egitto tra il 246 e il 221 a.C. (Fig. I) (1).

Le notizie che abbiamo ci tramandano di concerti con l'impiego di organi; Svetonio (2) dice che Nerone aveva promesso di partecipare ai ludi della Vittoria suonando diversi strumenti, fra cui vari tipi di organo e di cornamusa.

Parlano dell'HYDRAULUS Erone di Alessandria (3) e Vitruvio. Le ricerche di Clément Loret sull'hydraulus sono riassunte nello studio che suo figlio redasse sugli strumenti musicali dell'antico Egitto nell'« Encyclopédie de la musique » del Lavignac (4).

Due modelli di organi portativi di bronzo provengono dagli scavi di Pompei. Due modelli in terracotta sono riprodotti su una fotografia (n° 25880) dell'Anderson. Lo strumento è raffigurato in vari mosaici e *contorniates*. E' riprodotto sulla epigrafe di Gentilla, nel cimitero di Commodilla, nell'obelisco di Teodosio a Costantinopoli, nel sarcofago di Saint-Maximin, in una iscrizione, di Secundiano, sul sarcofago di Julia Tyrrania nel Museo lapidario di Arles, in un mosaico del Landesmuseum di Treviri dove è un mosaico con organista e suonatore di corno proveniente dalla villa romana di Nennig, oltre al modello di terracotta di Cartagine (Fig. 8/a) e su pietra incisa (Fig. 8/d) al British Museum.

(1) Vitruvio, *De Architect.*, libri, X, 8.

(2) Svetonio, *Nerone* XLI, LIV.

(3) H. G. Farmer, *The Organ of the Ancients*, Londra.

(4) Lavignac e La Laurencie, *Encyclopedie de la musique*, - Iere partie I, pp. 30-34.

Ad Aquincum (attuale Budapest) sono stati trovati i resti di un organo idraulico fra i detriti di una cantina (5). Una iscrizione visibile sullo strumento stesso lo fa risalire al 228 d.C. donato da Cajus Julius Viatorinus (Aedilis in Aquincum). Esso ha quattro file di canne, 13 per fila. Si sono trovati i resti di leve, cursori e cassa armonica (Fig. 2).

Dai trattati di Muristus si ha poi notizia che gli arabi costruivano organi pneumatici e idraulici, capolavori meccanici, basati soprattutto sulle esperienze di Filone, Erone e Archimede (6).

Di *hydraules* giganti simili a torri parla Cassiodoro ma anche autori latini minori del tardo impero parlarono dell'organo idraulico (7).

Nel VII e VIII secolo riapparvero, provenienti da Bisanzio, come strumenti di grande prestigio per le corti imperiali.

Pipino il Breve ne riceverà uno dall'Imperatore di Bisanzio, Carlo Magno dal Califfo di Bagdad, Luigi il Dabbene da un prete veneziano (8).

Dopo l'anno mille si parlerà di *organum* e di musica *per organa* a due voci e dopo l'anno 1163 la chiesa di Nôtre-Dame a Parigi ospiterà due grandi maestri organisti: Leonino e Perotino (9).

## L'ORGANO DI CTESIBIO

(Fig. 1)

Era uno strumento musicale strettamente collegato ed aderente al sistema musicale ellenico (dorico) elaborato da Aristosseno (10).

---

(5) Lo studio originale è di L. Nagy: *Die Orgel von Aquincum*, Budapest 1934. Vedi Mercurelli in *Rivista di Archeologia Cristiana*, XV 1938 p. 73.

(6) In H. G. Farmer *The organ of the Ancients*.

(7) Giuliano, *Epigrammi*, II.

(8) Georges Hacquard, *Guide Romain antique*. Hachette 1952.

(9) Anonimo IV (tardo XIII sec.) definisce Leonino: *optimus organista* e Perotino: *optimus discantor*.

(10) Massimo teorico greco di musica del IV sec. a.C.

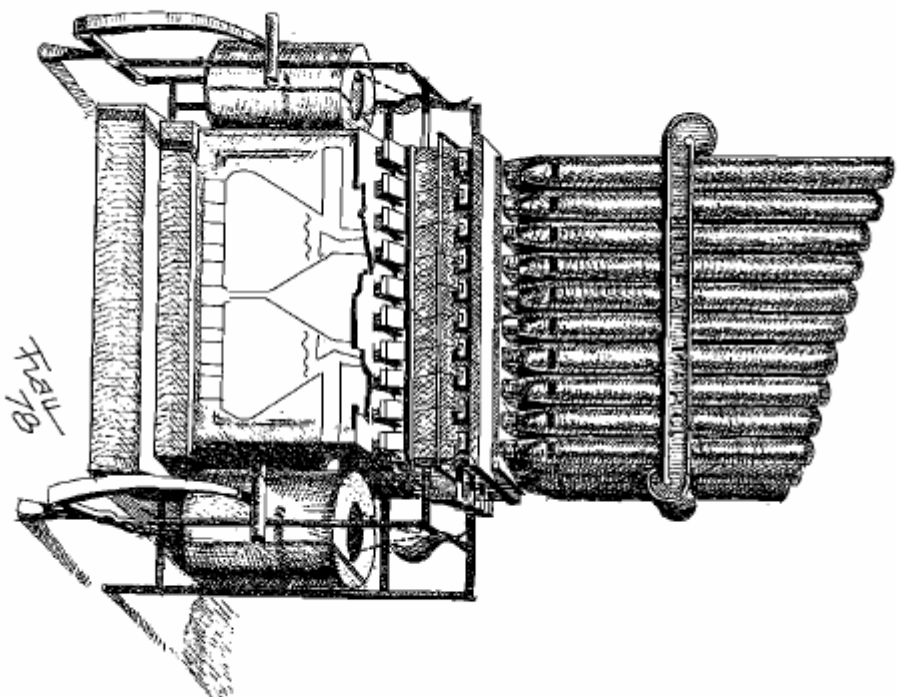


FIG. 1

RICOSTRUZIONE DI UN HYDRAULUS (ORGANUM IDRAULICUM)  
INVENTATO DA CTESIBIO NEL III SEC. A.C.

Lo dimostrano oltre che i reperti archeologici di cui abbiamo parlato anche l'accurata descrizione che dell'HYDRAULUS dà Vitruvio e sulla quale mi sono basato per formulare questa ipotesi di ricostruzione (11).

Lo strumento è impostato sulla teoria dei *tetracordi* ma non esclude una impostazione sugli *esacordi* e sugli *ottocordi*.

*Manubria* corredevano l'organo per manovrare leve, *plinthides* per otturare i fori delle canne, *epistonia* che scorrendo nelle canne lasciavano via libera ad onde d'aria prodotte da pompe. Ne scaturivano, dice Vitruvio, *voci sonanti per molteplici varietà di modulazioni*.

Esponendo la sua descrizione Vitruvio conclude:

*quanto potei mi sforzai di esporre lucidamente con la scrittura l'oscuro tema; esso però non è facile né per tutti speditamente intellegibile, salvo per chi sia esercitato in questi generi. Pure se taluno poco ha compreso sugli scritti, quando avrà sotto gli occhi la cosa, riconoscerà tutto esservi studiosamente e sottilmente ordinato* (12).

## FUNZIONAMENTO DELL'ORGANO

Lo strumento poggiava su un piancito di legno ben compatto per l'evidente necessità di impedire dispersione di sonorità all'arca di bronzo sottostante.

Quest'arca a forma di grossa cassapanca comprendeva uno o forse due grossi serbatoi d'acqua a forma di imbuto rovescio e riceveva aria compressa prodotta da due pompe per trasmetterle al *CANONE MUSICALE*.

Alcuni secoli dopo, questi organi, trasformati in organi pneumatici, ospiteranno anche mantici ed otri di aria.

La struttura della parte superiore dell'arca determinava, a seconda del numero di canali che su esso si aprivano, il tipo di strumento: *tetrachordos* se con 4 canali, *hexachordos* se con 6 ed *octochordos* se con otto canali.

Sul *canone musicale* si alzava tutta la struttura delle canne,

---

(11) Vitruvio, vedi sopra.

(12) Vitruvio, vedi sopra.

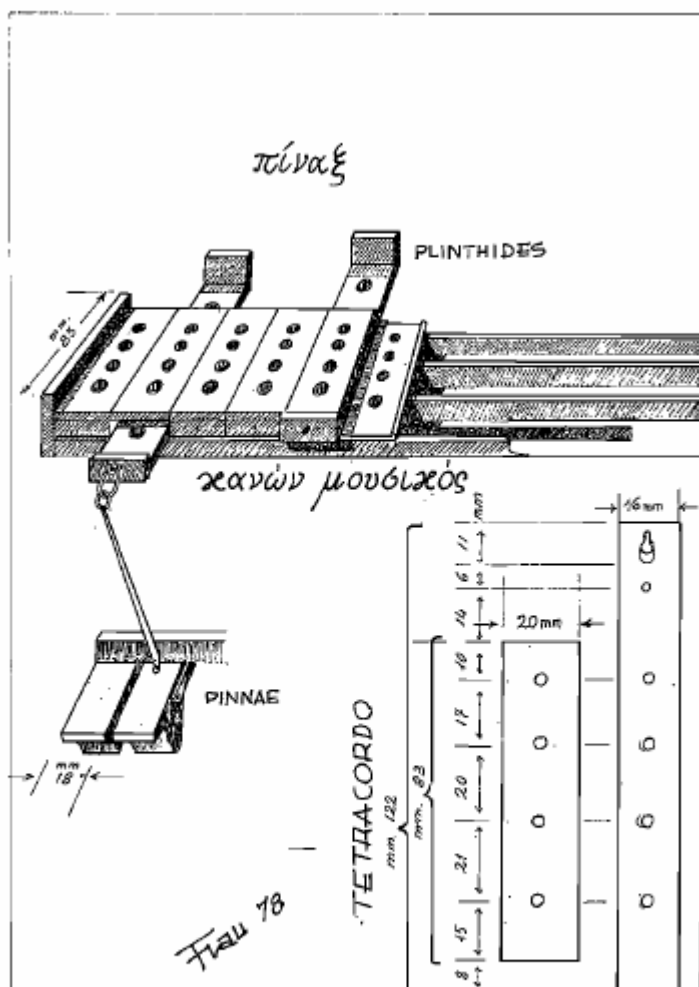


FIG. 2

I RESTI DELL'ORGANO DI AQUINCUM (BUDAPEST) DEL III SEC. D.C. CON DEDICA DI CAJUS VIATORINUS (AEDILIS IN AQUINCUM).

Su di esso erano disposti tutti gli organi di comando: *leve, manubri, pinne*.

A lato della cassapanca due intelaiature metalliche a scala nelle quali erano collocati, uno per lato, due secchi bronzei che muniti di leve e pistoni servivano ad alimentare d'aria compressa le canne.

L'aria compressa generata dalla risalita del pistone nei secchi confluiva attraverso un tubo sul collo del secchio a forma di imbuto capovolto ripieno d'acqua e poi risaliva verso i canali del canone musicale e da qui attraverso le *plinthides* verso le canne dell'organo. Una parte dell'aria comprimendo l'acqua determinava altri suoni che si componevano con quelli fuoruscanti dalle canne.

I fori, in numero di quattro per i tetracordi, potevano aprirsi o chiudersi per l'azione combinata delle *plinthides* che agivano sull'intero tetracordo o per l'azione dei *manubria* che agivano su un intero canale.

Il suono complessivo dello strumento era determinato dai fori aperti sul *pinax*, dall'altezza della canna e dalla posizione della fessura ad ancia nella canna.

Il movimento delle *plinthides* era determinato dalla percussione di leve disposte in modo pressoché analogo a quello delle attuali tastiere come hanno documentato i ritrovamenti di Aquincum. L'apertura dei canali era regolata da un asse mosso da *manubria* che agiva per torsione.

La forza motrice dunque di questi organi scaturiva da due pompe il cui elemento principale era costituito da un secchio di bronzo.

## I SECCHI BRONZEI

(Fig. 3)

dice Vitruvio: *Si alloghino secchi bronzei, a fondo mobile, delicatamente torniti e lavorati a sbalzo, i quali abbiano gomiti di ferro in mezzo e siano congiunti con leve mediante cerniere, e avviluppati di pelli lanose. Inoltre nel loro piano superiore si trovino fori di circa tre dita. Vicinissimo ai fori, su cerniere, si collochino contrappesi di bronzo in forma di delfini, che sospesi con catene alla bocca abbian cimbali calati nei fori dei secchi.*



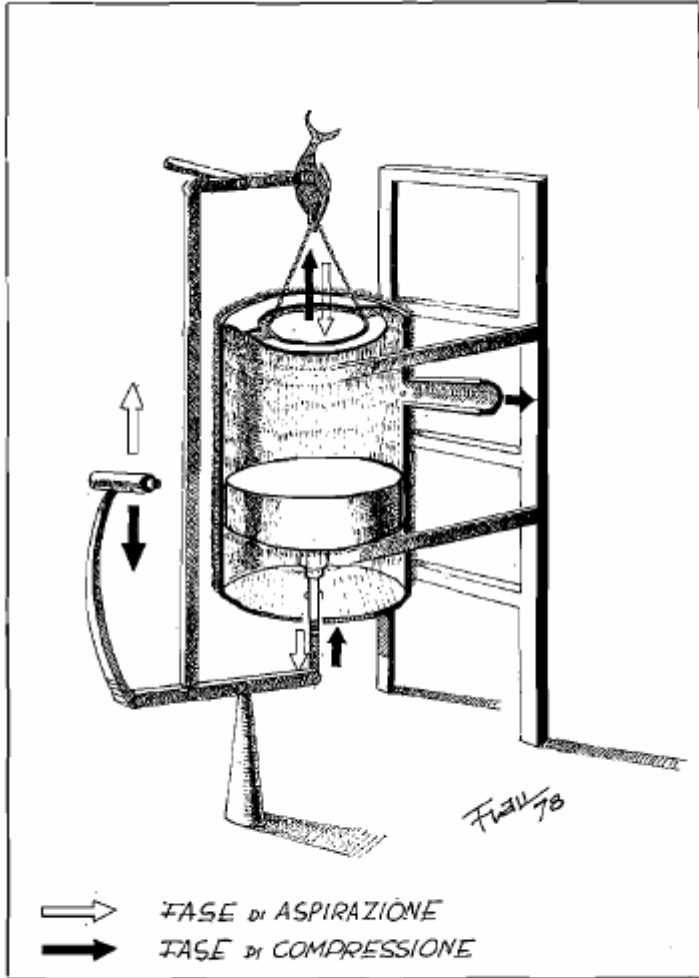


FIG. 3  
RICOSTRUZIONE DELLA POMPA DELL'HYDRAULUS. FASI DI ASPIRAZIONE E DI COMPRESSIONE.

Su un telaio metallico, forse a 40/50 cm. da terra, era collocato questo secchio di bronzo *delicatamente tornito ecc.* Può darsi che ciò fosse dovuto a qualche necessità tecnica, come ad esempio, evitare risonanze o altro.

Il secchio aveva il fondo mobile che spinto da una leva assolveva la funzione di un pistone comprimendo l'aria all'interno e spingendolo nel canale dopo la simultanea chiusura del coperchio.

Il coperchio aveva la forma di cimbalo ed era congegnato a chiudere il secchio dall'interno per mezzo di una leva sincronizzata con la leva del pistone.

Il cimbalo era legato con una piccola catena alla bocca di un delfino che pendeva dal braccio della leva superiore.

L'apertura del secchio dalla parte del cimbalo avveniva durante la fase discendente del pistone che aspirava l'aria dal foro superiore che misurava circa cm. 5,4.

L'aspirazione non richiamava l'aria di ritorno attraverso il tubo perché, come vedremo, lo impediva una valvola.

Queste pompe risultavano situate a destra ed a sinistra dell'arca e nei modelli in terracotta si vedono disposte più in basso del *canone musicale* e sembra potersi arguire che esse erano manovrate attraverso leve da persone diverse dall'organista.

Sembra anche che a seguito di perfezionamenti successivi tutto l'apparato delle pompe venisse inglobato in più grossi cilindri a forma di botti dalle quali uscivano le sole leve principali.

Le due leve probabilmente venivano azionate alternativamente onde alimentare il canone musicale in modo costante e continuativo.

dice Vitruvio: *quindi, allorché le leve si alzano, i gomiti spingono in giù il fondo dei secchi ed i delfini montati su cerniere, calando in essi i cimbali riempiono d'aria gli spazi dei secchi. I gomiti poi alzando il fondo dei secchi con veemente impulso di rinserramento d'aria turano i buchi superiori per mezzo di cimbali, sicché l'aria ivi chiusa coatta per pressione, viene costretta nei tubi per i quali affluisce negli imbuti e per le loro cervici nell'arca.*

## GLI IMBUTI NELL'ARCA

(Fig. 4)

I recipienti d'acqua a forma di imbuti rovesciati disponevano sui colli di tappi mobili che costituivano delle autentiche valvole di scarico (ed il confronto con le analoghe valvole dei

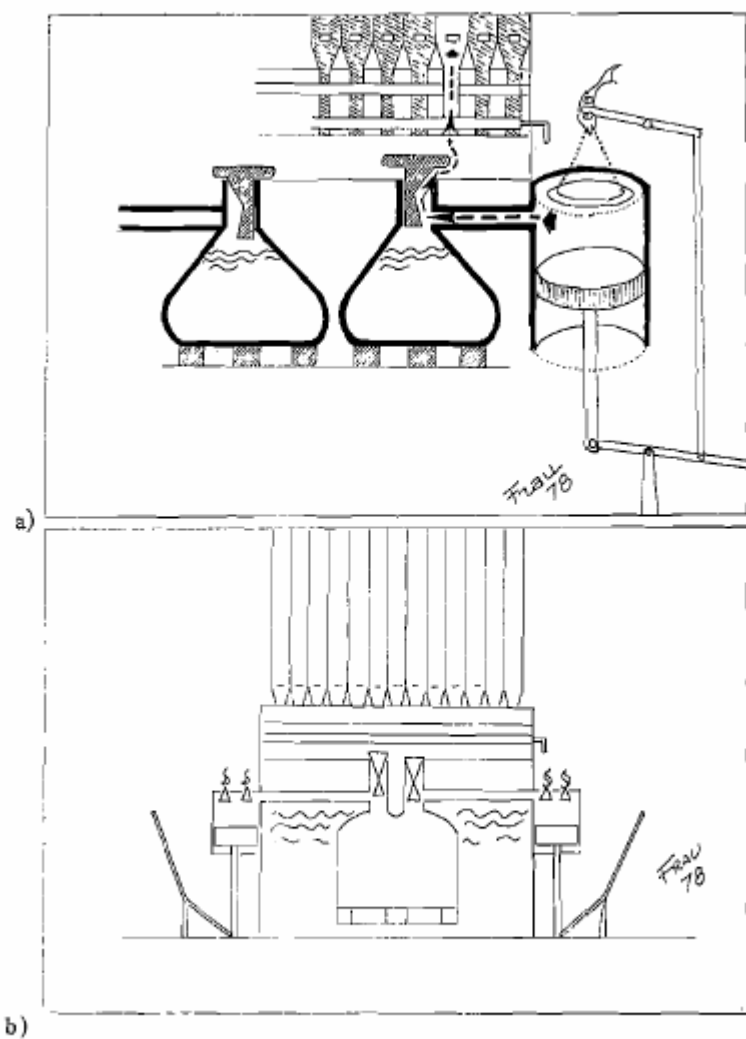


FIG. 4

a) FUNZIONAMENTO DEGLI IMBUTI NELL'ARCA  
b) SCHEMA DELL'ARCA. (Altra ipotesi inattendibile).

motori a scoppio d'oggi è quanto mai appropriato). Altri hanno ritenuto di ricostruire l'interno dell'arca destinando all'acqua lo spazio esterno ai recipienti di rame a forma di imbuto rovesciato. Io ritengo che se fosse stata sottratta l'acqua all'azione diretta dell'aria compressa non si sarebbero realizzati i suoni particolari che erano elemento caratterizzante dell'organo idraulico.

Lo stesso Vitruvio in altro capitolo del suo trattato (13) dice:  
*nullameno non è questa la sola squisita trovata da riferirsi a Ctesibio; molte altre ve ne sono e di vari generi, nelle quali il liquido astretto per pressione, trasmettendo gli impulsi prestati dalla natura ne mostra gli effetti: per esempio, voci di merli dati dal moto dell'acqua.*

Il punto in cui l'aria esercitava la maggiore potenza e pressione era appunto il collo dei recipienti.

Il tubo proveniente dalla pompa entrando nel collo del recipiente veniva costretto a frazionare il getto d'aria in parte verso il basso dove a contatto con l'acqua la comprimeva e creava i suoni di cui si è detto ed in parte verso l'alto dove una valvola ne permetteva l'afflusso verso il canone musicale.

La valvola nel collo dell'ampolla non permetteva il ritorno dell'aria nel tubo perché una corrente d'aria inversa ne avrebbe provocato la chiusura.

## L'ARCA

Le dimensioni dell'arca variavano a seconda delle dimensioni dello strumento che da monumentale poteva anche ridursi a *portatile*. Comunque l'ampiezza dell'arca poteva essere o leggermente inferiore o superiore alla lunghezza del canone musicale della tastiera.

Dalla terracotta di Cartagine si può dedurre che la tastiera musicale poteva aggirarsi sui 60-80 cm. Vittore Lugàr (14) ha calcolato che l'organo di Aquincum fosse quasi un organo portatile con tastiera musicale lunga circa 27 cm. e comprendente 13 tasti larghi ognuno circa cm. 1,8.

(13) Vitruvio, *De Architect. libri, X, 7.*

(14) Vittore Lugàr, *L'organo idraulico del III sec. d.C. scoperto negli scavi di Aquincum.*

Per quanto piccolo, che l'organo di Aquincum fosse idraulico, lo si desume da una scritta per cui è definito *HYDRA*. I tredici tasti corrispondevano a 13 canne in ordine per 4 con un totale di 52 canne.

Nelle catacombe di Domitilla la figura dell'organo è rappresentato con 17 canne a più ordini.

Abbiamo visto come le *cervices* confluissero in un vano sottostante l'arca: l'*arcula*, che era in comunicazione con 4 canali longitudinali i quali venivano alternativamente chiusi al passaggio dell'aria da *epistonia* che venivano aperti *cum torquentur... manubria* girando i corrispondenti manubri. Non dice Vitruvio che essi venivano estratti ma che girandoli si permetteva il passaggio dell'aria (Fig. 5).

I canali erano isolati fra loro.

L'aria veniva ulteriormente selezionata dalle *plinthides* che operavano sopra i canali ed in senso trasversale ad essi.

## LE PLINTHIDES

Fig. 5

Queste *PLINTHIDES* erano forate nello stesso modo del tetracordo che le sovrastava, ma scorrevano in avanti e indietro mosse dai tasti (*pinnæ*) e l'aria passava solo se i fori combaciavano.

Dice Vitruvio: *Tra la tavola ed il canone sono interposte delle righe forate nello stesso modo e stropicciate d'olio, per essere spinte avanti ed indietro, le quali otturano quei buchi e si chiamano plinthides e il loro va e viene ottura alcuni di quei fori, altri ne apre.*

Le *plinthides* dell'organo di Aquincum erano lunghe cm. 12,2 ma la parte sottoposta al tetracordo era solo di cm. 8,3 e le distanze tra i fori, corrispondenti agli intervalli tra le note erano le seguenti: mm. 58 tra le due note esterne e mm. 17-20-21 tra le note interne mobili, cosicché si aveva questa progressione:

- dal bordo alla 1ª nota mm. 15 + 13 esterni al canone
- dalla 1ª alla 2ª nota mm. 21
- dalla 2ª alla 3ª nota mm. 20
- dalla 3ª alla 4ª nota mm. 17
- dalla 4ª nota al bordo mm. 10 + 31 esterni al canone

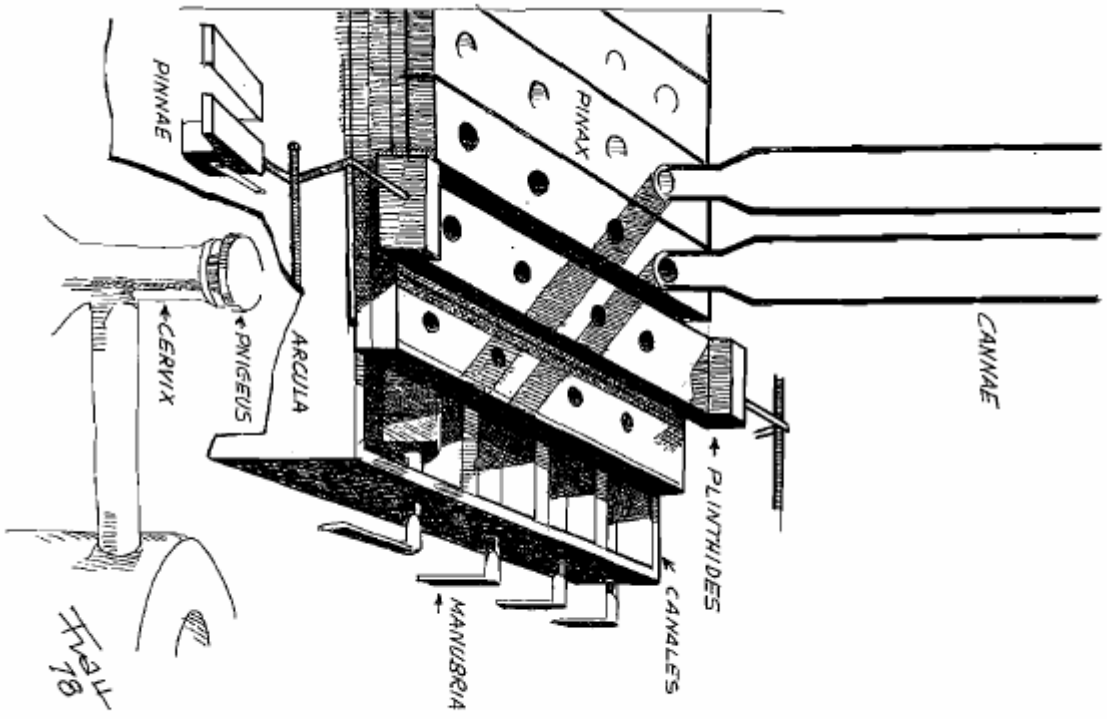


FIG. 5  
 IL FUNZIONAMENTO DELLE PLINTHIDES NEL CORPO DEL « CA-  
 NONI MUSICALE ».

Struttura che come vedremo si avvicina agli intervalli dei tetracordi del genere diatonico, più prossimo a quello di Tolomeo (*equabile*) che ha i seguenti rapporti convertiti in cents (15):

182 - 165 - 151  
21 20 (?) 17

Da Pietro Righini (16) abbiamo:

*Aristosseno indica le proporzioni dei suoi tetracordi misurando gli intervalli mediante un MONOCORDO (Fig. 6) diviso in 120 sezioni. (vedi anche Fig. 9).*

*Sulla quarta parte del monocordo, dalla 90° alla 120° sezione, Aristosseno stabilisce, secondo i vari « generi » i rispettivi intervalli, assumendo come misura unitaria la dodicesima parte equalizzata del tono sesquiottavo. La grandezza di ciascun intervallo è quindi determinata esclusivamente dai dodicesimi di tono che il medesimo contiene ed è pertanto chiaro che ogni tetracordo aristossenico è formato da 30 di codeste particelle (« aliquote ») le quali sono collocate sulle ultime 30 sezioni del monocordo.*

Le *plinthides* ed i relativi fori del *pinax* rappresentavano quindi i tetracordi secondo un determinato genere.

## LA TASTIERA

Fig. 6

Da Vitruvio:

*Queste righe (plinthides) hanno suste ferree con pinne aggiunte, il tono delle quali produce per connessione i movimenti delle righe.*

I tasti (*pinnae*) spinti dalle dita azionavano leve che provocavano lo spostamento in avanti delle *plinthides* ed aprivano i fori del canone corrispondenti alle note.

---

(15) Il cent introdotto da A. Ellis verso la fine del secolo scorso è oggi una misura di uso universale. Corrisponde alla centesima parte proporzionale del semitono temperato (l'ottava = 1200 cents) e con esso può essere misurato qualsiasi intervallo, antico o moderno che sia.

(16) Pietro Righini: « *La Musica Greca* » — analisi storico-tecnica — Zanibon 1976 pag. 25. Dello stesso autore: *Gli intervalli musicali e la musica dai sistemi antichi ai giorni nostri*, Zanibon 1975.

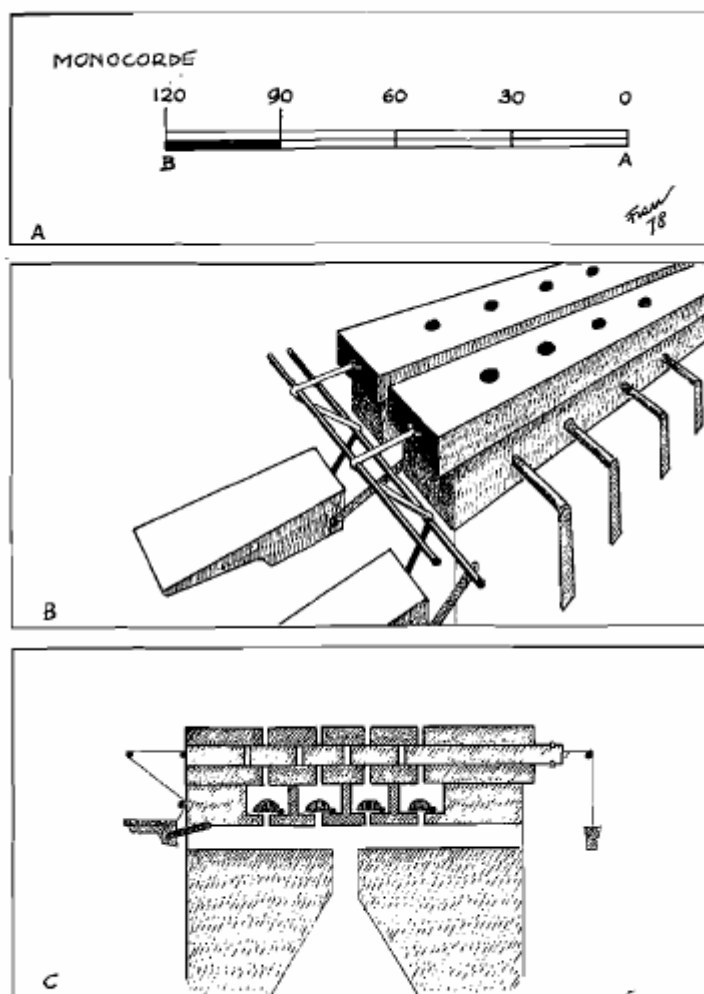


FIG. 6  
 a) SCHEMA DI MONOCORDE  
 b) FUNZIONAMENTO DELLA TASTIERA  
 c) SISTEMA DI RICHIAMO DELLE PLINTHIDES A MEZZO DI CON-  
 TRAPPESI.



Nei reperti di Aquincum i tasti risultano in legno rivestiti di rame, sono larghi mm. 18 ed hanno quella caratteristica forma detta *alla francese*.

Ora il movimento dei tasti è descritto in modo molto appropriato da un poeta minore latino (17) dove esso è paragonato a quello del movimento vogatorio ed anche in un Epigramma di Giuliano (v. nota 7) dove è paragonato al remare dei marinai.

Questo movimento così accentuato dei tasti ne fa forse sospettare una posizione particolarmente inclinata.

La percussione dei tasti provocava lo spostamento in avanti delle plinthides ma dopo la percussione dei tasti esse ritornavano nella primitiva posizione per effetto di un movimento elastico provocato da contrappesi.

Lo spostamento delle plinthides provocava l'apertura o la chiusura di tutta la serie dei quattro fori del tetracordo. Il meccanismo che invece stabiliva quale dei quattro fori doveva rimanere aperto era la serie dei quattro pistoni nei canali, comandati dai manubri. E' presumibile che il meccanismo funzionasse per mezzo di cerniere e che il manubrio servisse ad alzare e porre di lato il lungo perno che otturava i canali.

E' il principio del cosiddetto *organo catenacciario*.

Dalle *cervices* l'aria passava dunque attraverso le plinthides e da queste entrava nelle canne.

## LE CANNE

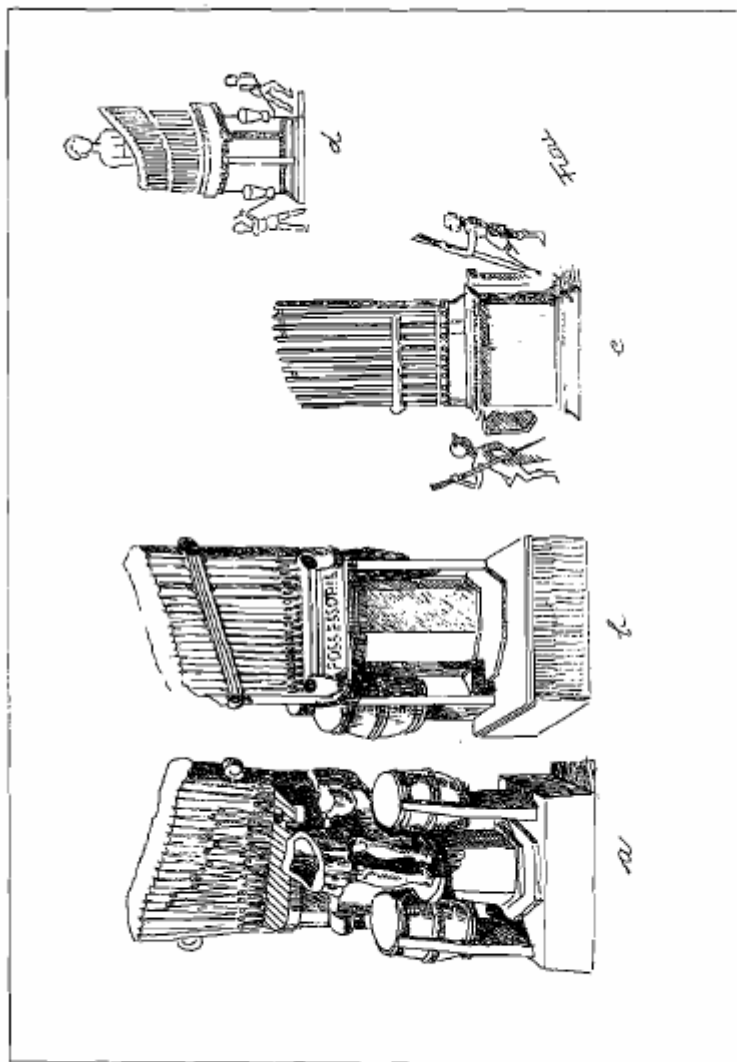
Il *pinax* costituito da una lastra di bronzo era la tavola che sovrastava il *canone musicale* dove confluivano tutti i fori corrispondenti ai tetracordi.

Da questi fori sarebbero usciti inutili i soffi provenienti dalle pompe se ad essi non fossero sovrastanti le canne armoniche.

Dice Vitruvio: *lì dove uscendo dai canali sboccano i soffi,*

---

(17) L'autore del poema *Aetna* (v. 297 segg.) dice: *proprio come in un vasto teatro, un organo idraulico, i cui modi musicali armonizzano attraverso le sue canne ineguali, suona la sua musica prodotta dall'acqua grazie alla abilità dell'organista che immette una piccola dose di aria e produce un movimento vogatorio nell'acqua sottostante*. Da *Minor Latin Poets*, Loeb Classical Library.



**MODELLI DI ORGANO IDRO-PNEUMATICO**  
 a-b) Terracotta al Museo di Cartagine, Organo a 18 canne.  
 c) Medaglia di bronzo alla Biblioteca Nazionale di Parigi.  
 d) Gemma incisa al British Museum.

FIG. 7

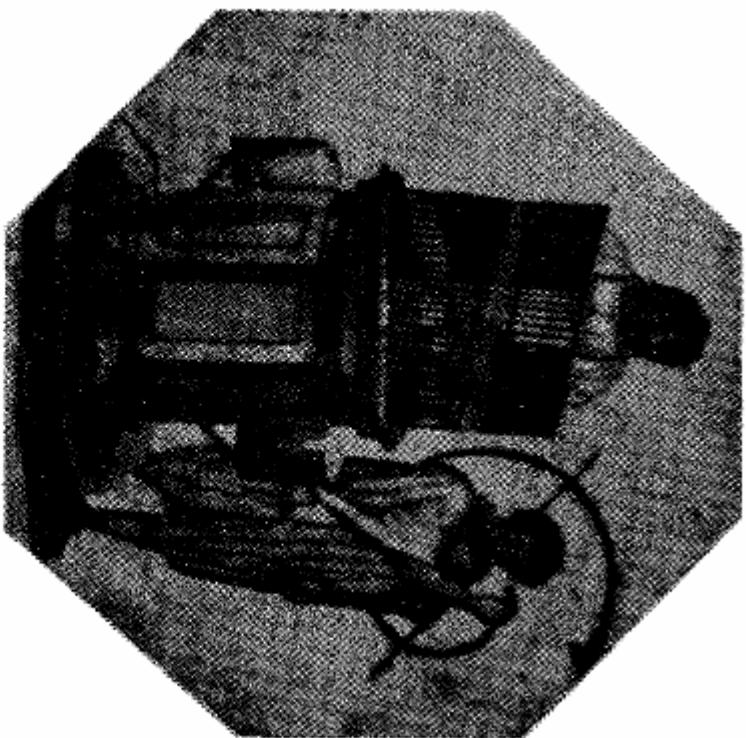


FIG. 8

TREVIRI, LANDESMUSEUM, MOSAICO.  
UN'ORCHESTRA, COMPOSTA DA UN ORGANO IDRO-PNEUMATICO E  
DA UNA TROMBA, ACCOMPAGNA GIUOCHI GIADIATORI.

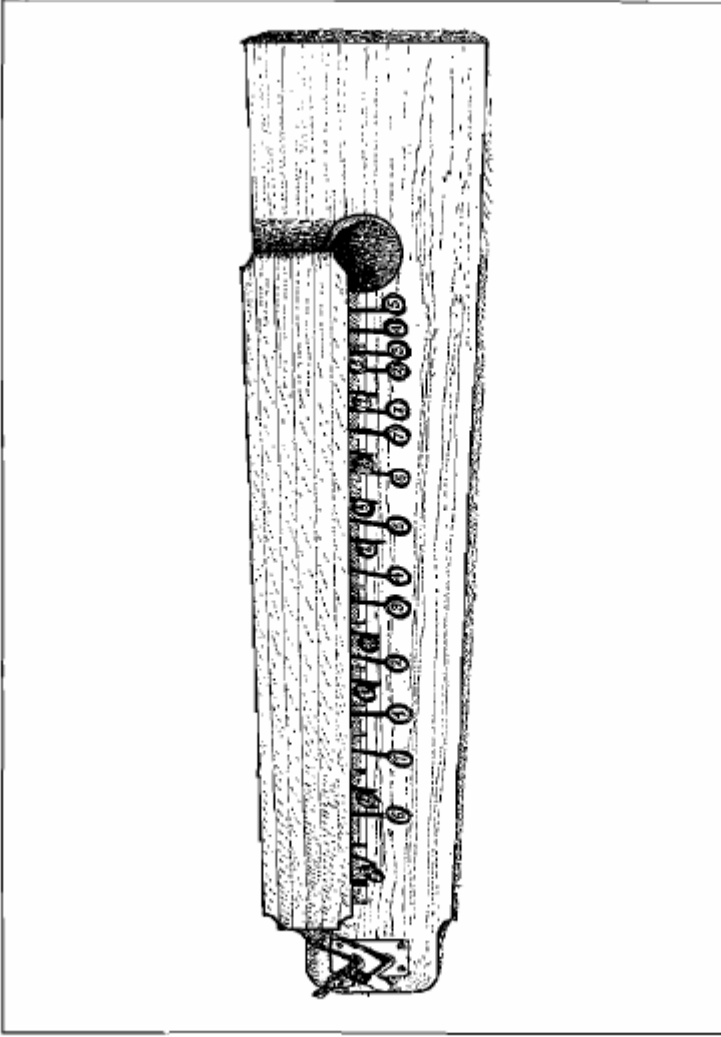


FIG. 9  
MONOCORDO DEL XIV SEC. SIMILE NELLA FORMA A QUELLO IDEATO DA PITAGORA NEL V SEC. A.C.

trovansi anelletti incollati, nei quali si includono le linguette degli organi.

Il numero delle canne in un organo tetracordo doveva essere multiplo di quattro per quanto si abbia notizia, in epoca romana, di organo a canne doppie.

Nel modello in terracotta di Cartagine la lunghezza massima delle canne sembra aggirarsi sui m. 1,60 - 1,80.

L'organo di Aquincum, che era quasi certamente portatile aveva le canne, più lunghe alte 40 cm. e le più corte cm. 4.

Nell'Epigramma di Giuliano già citato (v. nota 7) è detto:

*Vedo canne, o tubi, di genere diverso: immagino che scaturiscano forse da qualcos'altro, da un piano metallico. Vibrano con violenza e non per il nostro fiato; ma una raffica, che affluisce da un'otre di pelle taurina penetra nella parte inferiore, sotto la base delle canne accuratamente perforate, e un bravo artista dotato di dita agili, regola con il suo tocco vagante le piccole piastre collegate alle canne, e queste piastre scattando docili al suo tocco, esprimono il canto.*

L'aria proveniente dal pinax entrava dunque nella lingua delle canne e si disperdeva in vibrazione per tutta la lunghezza del tubo. Ma prima di creare la colonna d'aria in vibrazione nella canna, una parte di essa usciva dalla sottile fessura a forma di ancia producendo un fruscio simile ad un rumore bianco.

*In un rumore bianco sono presenti tutte le frequenze; perciò tra queste viene scelta quella che permette di tenere in vibrazione, in risonanza, l'aria entro il tubo.*

*La risonanza avviene in un tubo che è chiuso da un estremo e aperto all'altro con una frequenza che è data dalla formula*

$$f = \frac{nc}{4l}$$

*in cui per n = si ha la frequenza fondamentale  
per c si ha la velocità del suono nell'aria del tubo  
per l la lunghezza del tubo.*

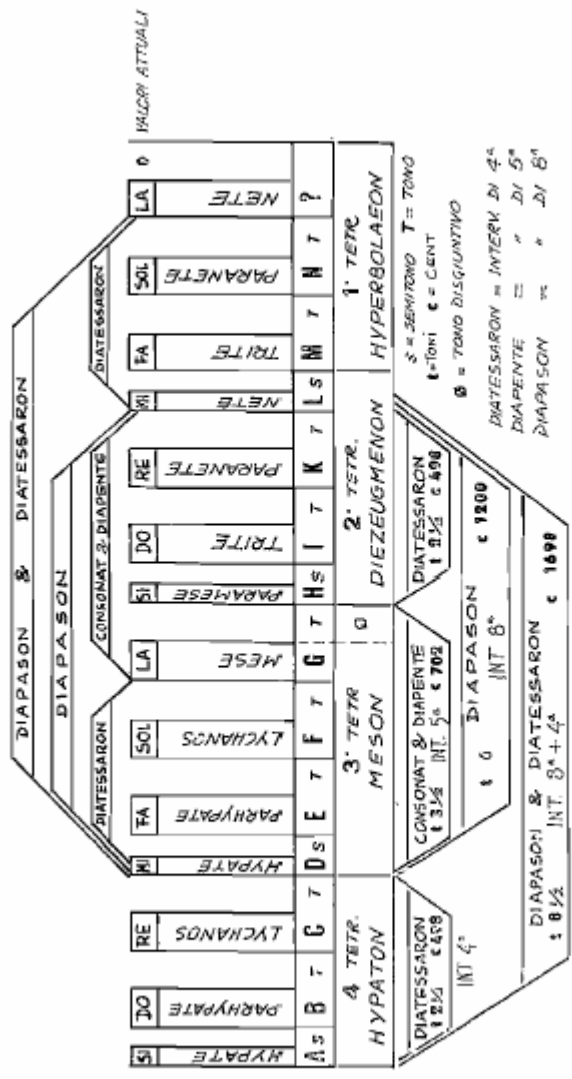
*L'organo funziona secondo il principio della canna a estremo chiuso.*

*Il timbro dello strumento dipende, fra l'altro, dal rapporto tra lunghezza e diametro delle sue canne (18).*

---

(18) Da un trattato di acustica musicale.





Ferrari

FIG. 11

I DIAPASON. INTERPRETAZIONE DELL'ANTICO CODEX COLBERTINUS.