

**S**  
**STRUMENTI**  
**PNEUMATICI**  
**E MUSICALI**

## IL LANCIAFIAMME DI TUCIDITE

(Fig. 79)

Tucidite, vissuto tra il 465/460 ed il 404 cca a.C., descrive un vero e proprio lanciafiamme, usato dai Beoti nell'assedio di Delio che fra i tanti apparecchi del genere adoperati in seguito è l'unico del quale ci sia rimasta una descrizione in un certo senso dettagliata.

Dopo questa di Tucidite, altre notizie su macchine incendiarie le abbiamo da Flavio Vegezio verso il 370 d.C., da Callinico al tempo di Costantino VII. Ci fu poi il « fuoco greco » del quale parla Teofane (671 d.C.) e nuovamente il lanciafiamme bizantino del X sec. d.C. che sembra abbia adoperato come « sifoni » delle pompe a pressione a doppia azione sul disegno di quelle di Ctesibio del III sec. a.C.

Ecco quanto scrive Tucidite nel lib. IV, 100 delle sue « Storie »:

*I Beoti fecero arrivare subito dal golfo di Melide arcieri e fromboliefri, e già erano venuti in aiuto, dopo la battaglia, duemila opliti corinzi e la guarnigione dei Peloponnesiani uscita da Nisea con i Megaresi; mossero quindi contro Delio e assalirono la fortezza. Con tutti i mezzi tentarono, finché la conquistarono, dopo aver condotto innanzi una macchina di questo genere. Segata in due parti una grossa trave che svuotarono completamente, adattarono di nuovo le due parti come un flauto: collocarono con catene ad una estremità un braciere mentre un tubo di ferro rivolto verso di quello scendeva lungo tutta la trave che per gran parte era avvolta con ferro. Con dei carri la trasportarono verso il muro, là dove in prevalenza era stato costruito con vigne e con pali, e quando fu accanto, ponendo grandi mantici all'estremità della trave rivolta verso di loro, vi soffiaron dentro. L'aria che arrivava al braciere pieno di carboni accesi e di pece, in tal modo compressa, sprigionava grandi fiamme che incendiarono il muro, cosicché nessuno poteva rimanere presso di esso, ma abbandonandolo tutti si diedero alla fuga; e in questo modo fu espugnata la fortezza. Di quelli di guardia alcuni morirono, duecento furono catturati, degli altri la maggior parte, imbarcatasi sulle navi, se ne tornò in patria (Fig. 79).*

E' interessante far rilevare quanto Enea Tattico (360 a.C.)

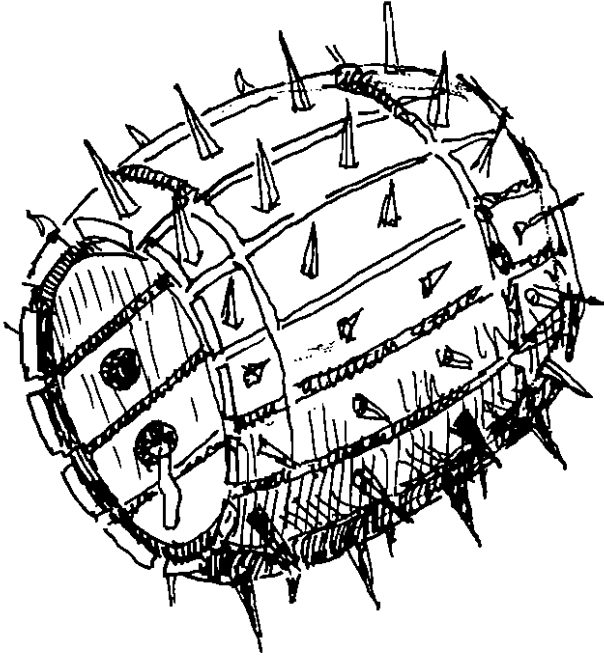


Fig. 80 — Proiettile incendiario ideato da Enea Tattico (360 a.C.) da lanciare a mezzo catapulta. Contenuto del proiettile: pece, zolfo, incenso, stoppa, pezzi di legno resinoso chiodi.

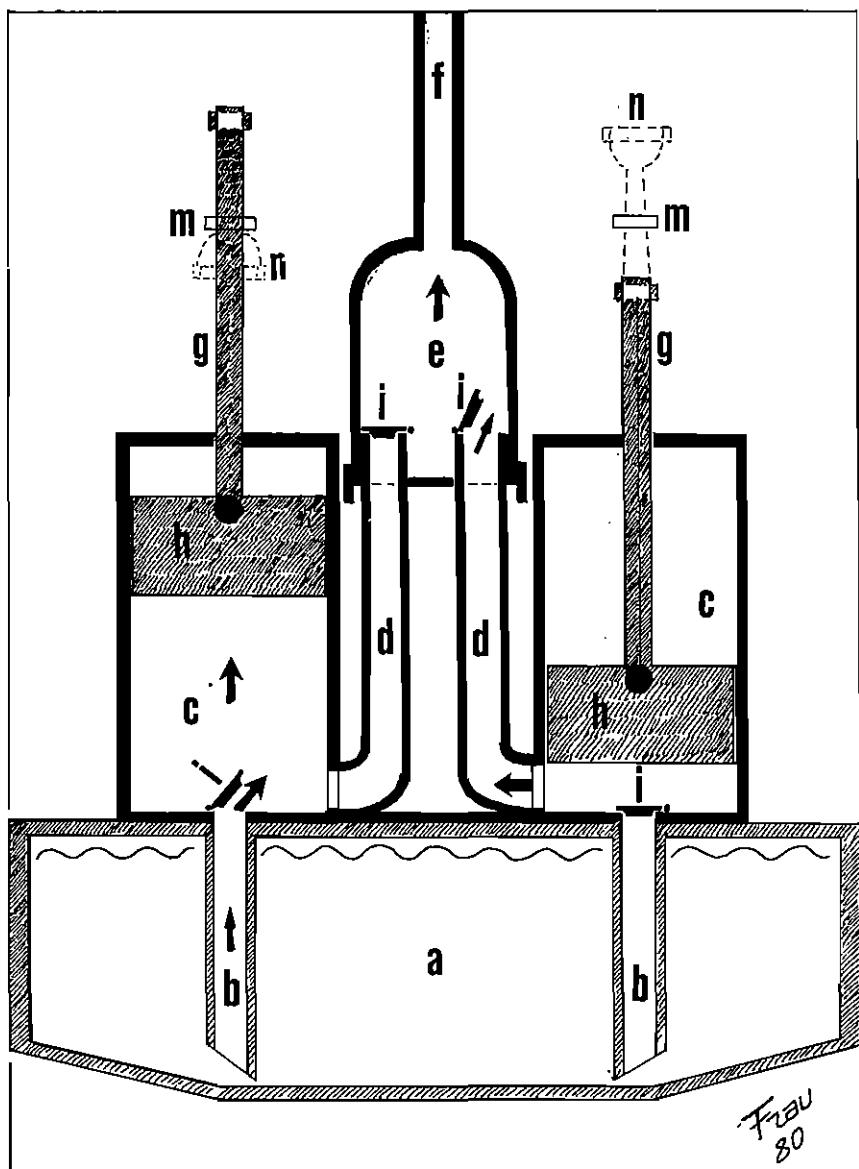


Fig. 81 — Pompa aspirante e premente di Cetsibio (III sec. a.C.)  
 a) serbatoio; b) tubi di adduzione ai due cilindri di rame (modioli); c) cilindri di rame (modioli); d) tubi di adduzione (fistulas) al *medium catinum*; e) serbatoio di raccolta (*medium catinum*) con imbuto rovescio (*paenula*); f) pompa di uscita; g) bielle dei pistoni; h) pistoni (emboli); i) valvole; m) perni dei pistoni; n) manubri delle leve

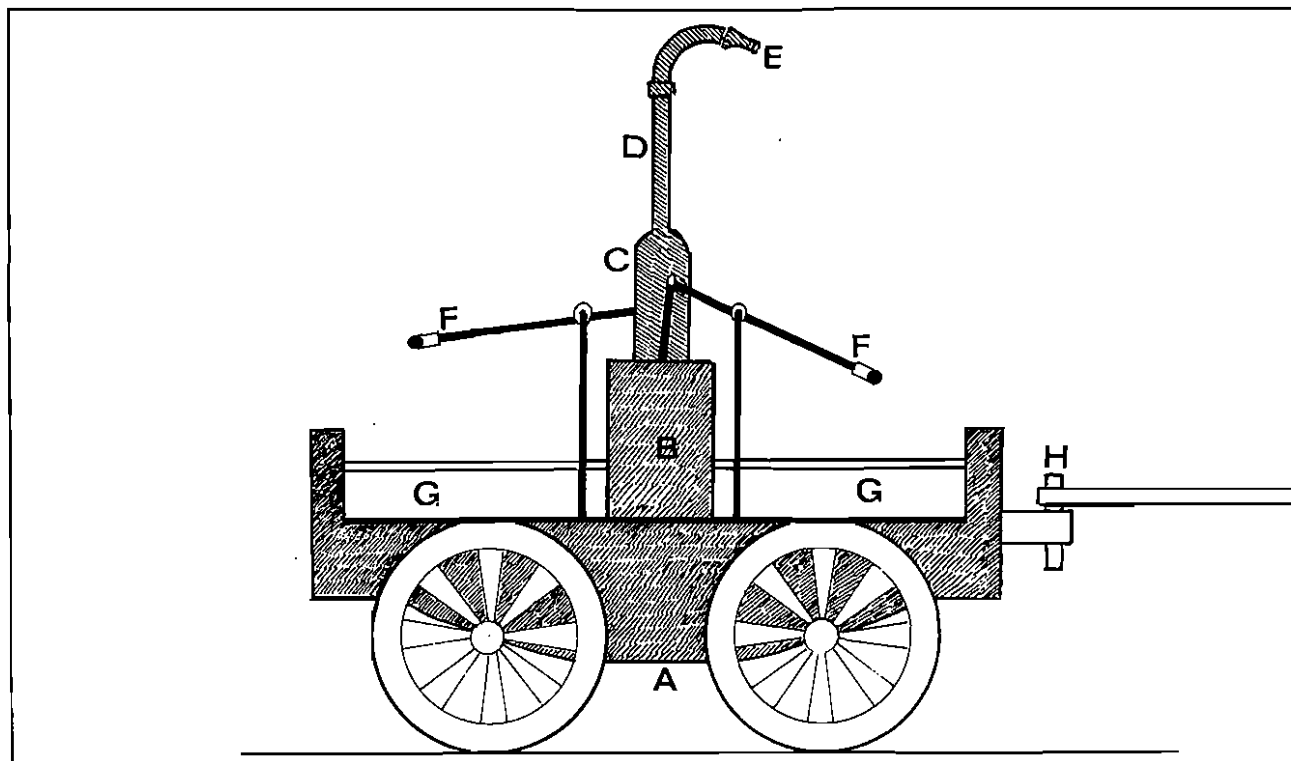


Fig. 82 — Macchina per spegnere gli incendi di Ctesibio. a) serbatoio dell'acqua; b) cilindri di rame; c) serbatoio con paenula; d) tubo; e) pompa girevole; f) leve per la manovra dei pistoni; g) piano di manovra sul carro

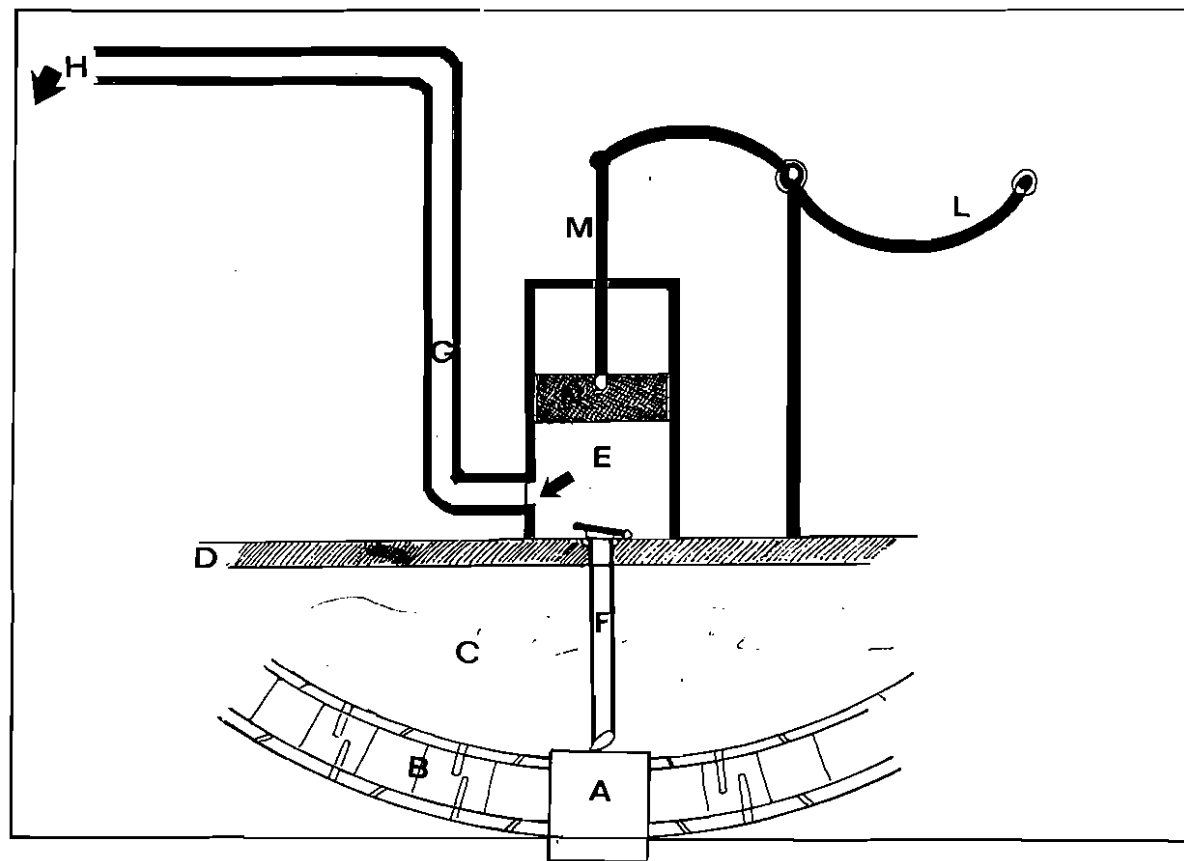


Fig. 83 — Pompa per spurgare acqua dalle sentine delle navi di Ctesibio. a) chiglia; b) carena; c) sentina; e) cilindro di rame; f) tubo di adduzione acqua dalla sentina; g) tubo di espulsione dell'acqua attraverso il ponte di coperta; h), l) leva; m) biella; n) pistone

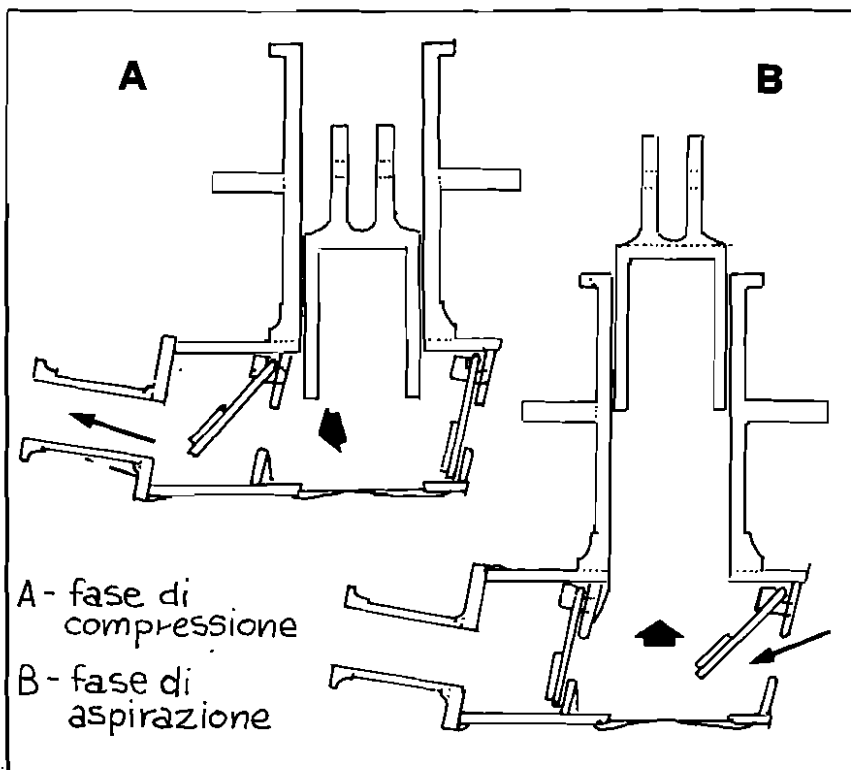


Fig. 84 — Schema delle pompe a stantuffo ritrovate sul relitto della nave di Saint Rafael (Dramond D) della metà del I sec. d.C.

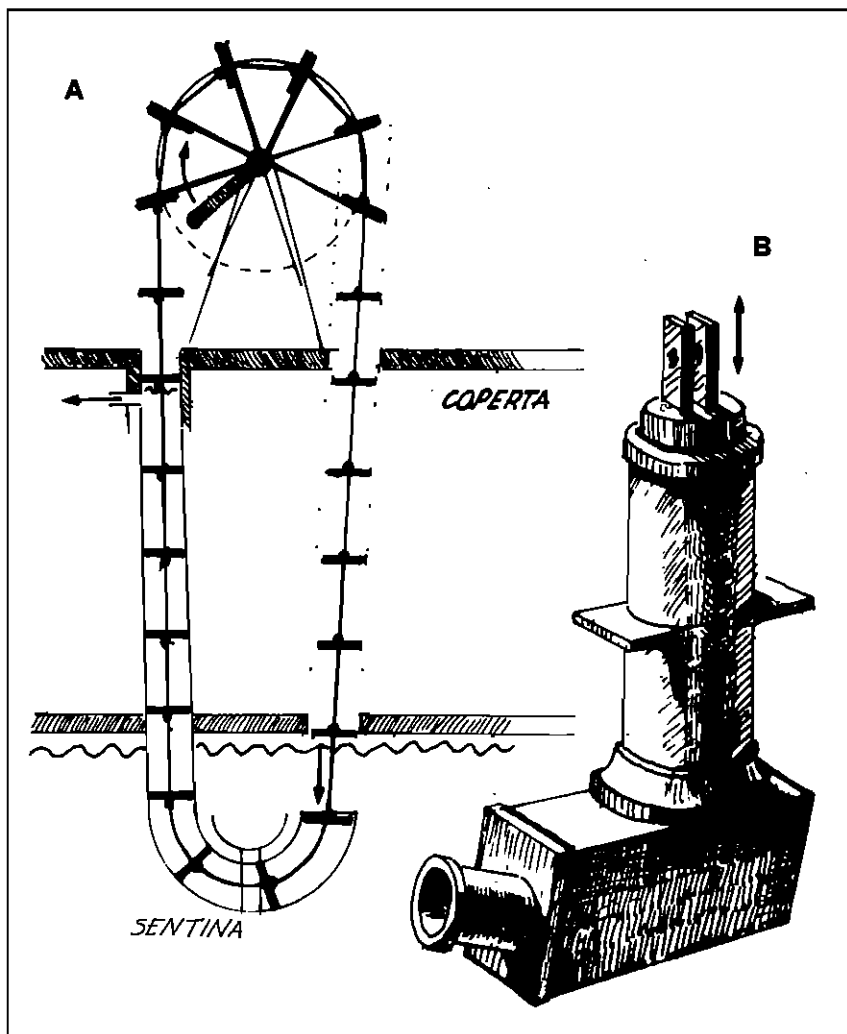


Fig. 85 — A) Una delle 4 pompe ritrovata sul relitto della Dramond D;  
 B) Pompa a bindolo per lo svuotamento dell sentine ritrovata  
 sul relitto di Los Ullastres (Spagna)



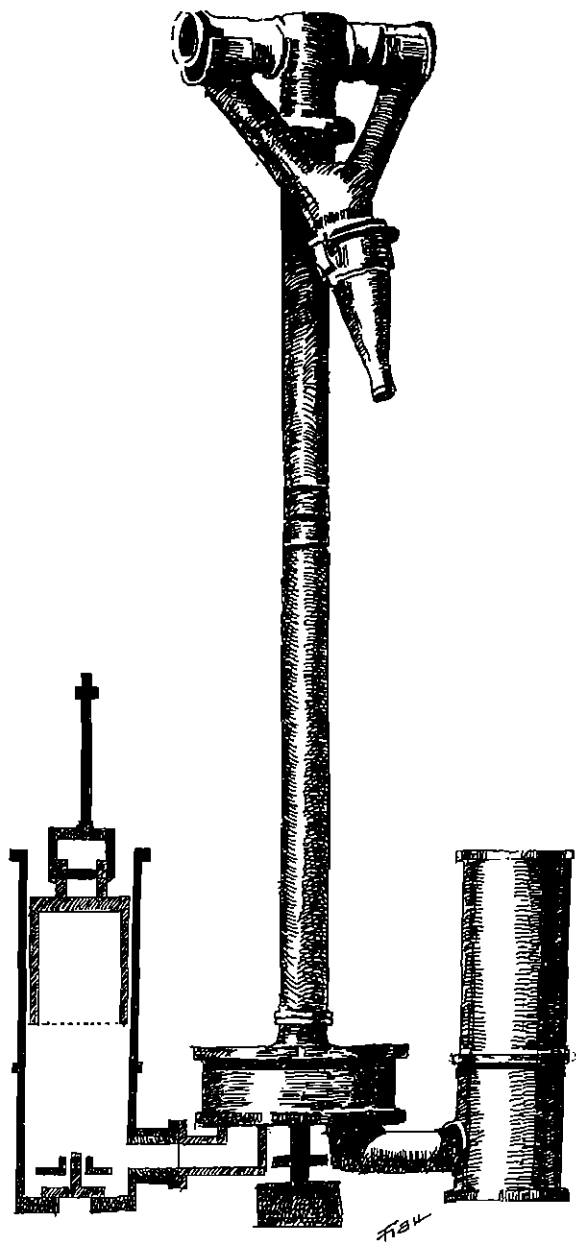
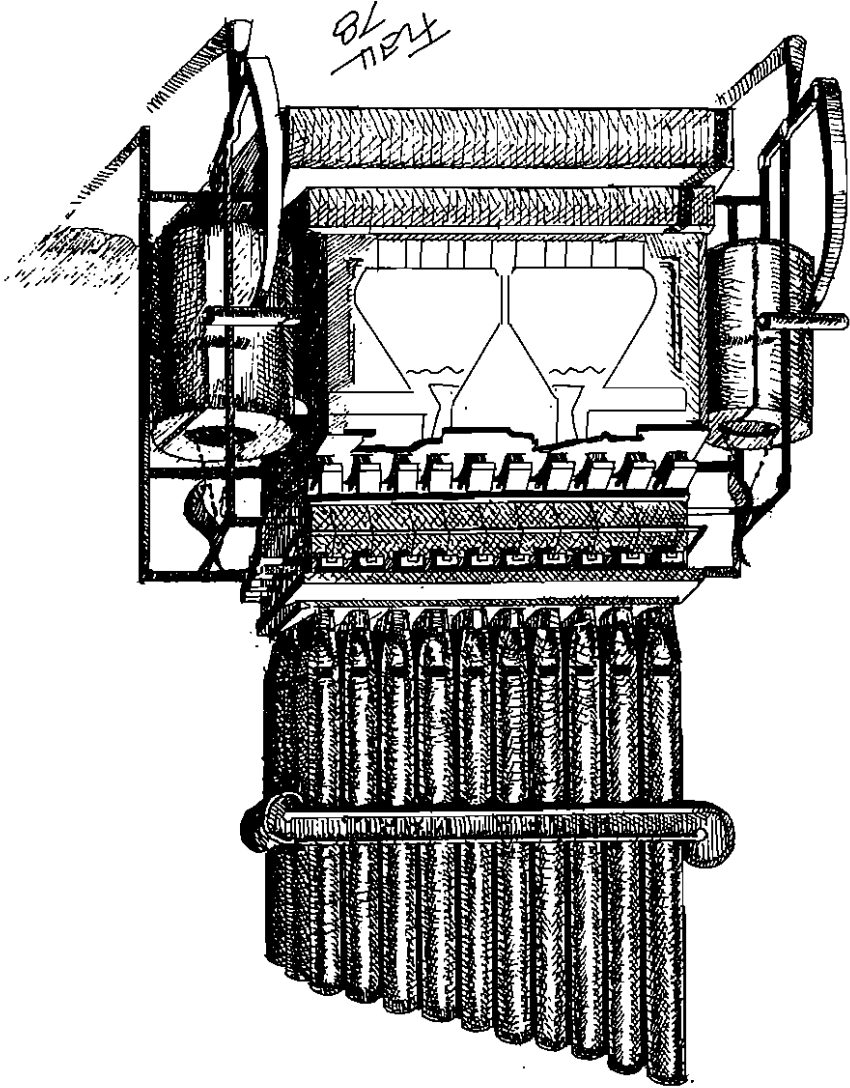


Fig. 86 — Pompa a getto orientabile aspirante e premente (tecnica di Ctesibio) di età romana, scoperta a Sotiel Curonada (Spagna) ora al museo di Madrid

Fig. 87 — Ricostruzione di un hydraulus (organum hydraulicum) inventato da Ctesibio nel III sec. a.C.



propone a proposito di proiettili incendiari nel suo trattato sull'assedio dal titolo « Eliano ».

Egli consigliava di utilizzare piccole botti dalle pareti sottili di legno ma irte di chiodi di ferro e riempite di un miscuglio incendiario composto di pece, zolfo, incenso, stoppa e pezzi di legno resinoso. Dopo averle innescate ed incendiate si lanciavano con catapulte sulle fortificazioni nemiche o sulle navi (Fig. 80).

## POMPA PNEUMATICA DI CTESIBIO

Fig. 81

Vedremo come l'elemento motore dell'HYDRAULUS (organo idro-pneumatico) sia la pompa pneumatica che nella sua funzione originaria era destinata a trasferire l'acqua da un serbatoio inferiore ad uno superiore, utilizzando la forza di aspirazione o di compressione dell'aria.

Un tale risultato era ovviamente suscettibile di numerose applicazioni pratiche oltre quella dell'organo idraulico. Tra le altre si ebbe la *macchina per spegnere gli incendi* che Ctesibio costruì in Alessandria e la *macchina per spurgare l'acqua dalle sentine delle navi*.

Vitruvio (1) così descrive la macchina:

*Proseguiamo ora con la descrizione della pompa di Ctesibio, che manda l'acqua a notevole altezza. Essa va costruita in bronzo. La parte bassa consiste in due cilindri (« modioli ») uguali posti a poca distanza uno dall'altro, comunicanti con due tubi (« fistulas ») che si riuniscono insieme a forcella e sfociano in un serbatoio centrale (« medium catinum »). In questo si collocano delle tavolette accuratamente disposte sopra gli sbocchi dei tubi. Esse, funzionando da valvole, hanno il compito di chiudere le bocche superiori dei tubi impedendo che ciò che è stato spinto a forza nel serbatoio possa uscire per la stessa via. Sopra al serbatoio si adatta una cappa (« paenula ») ad imbuto rovescio ad esso saldamente congiunta mediante l'inserimento di un perno per impedirne il sollevamento ad opera dell'acqua che vi viene pompata. Nella parte superiore la cappa comunica con un tubo, chiamato tromba (« tuba »), che si prolunga in altezza. Nel fondo dei cilindro vi sono delle altre valvole, costituite da tavolette, che vanno*

---

(1) Vitruvio, *De Arch. Lib.*, lib. X, 7.

*a chiudere le aperture inferiori. Dall'alto sono inseriti nei cilindri dei pistoni (« emboli ») lavorati al tornio ed unti ad olio, che vengono azionati per mezzo di bastoni e leve. Trovandosi dunque all'interno dei cilindri aria ed acqua assieme, messi in azione i pistoni, le valvole si chiuderanno. Spinta allora dalla forza dell'aria compressa, l'acqua prima entrerà nel serbatoio attraverso i tubi e da qui passerà alla tromba che la farà salire. Con questo sistema sarà dunque possibile pompare l'acqua.*

*Questa macchina non è stata l'unica invenzione di Ctesibio; ve ne sono anzi molte altre di genere anche diverso che funzionano tutte sfruttando lo stesso principio dell'aria compressa, ottenendo effetti simili a quelli naturali: verso di merli suscitati dal moto dell'acqua e congegni automatici, fra i quali figurette che bevono o si muovono da sole ed altre macchine che con il loro aspetto ed i loro suoni dilettono la vista e l'udito. Fra tutte le sue invenzioni io ho comunque scelto quelle che ho giudicato più utili all'uso pratico: nel libro precedente ho infatti parlato dell'orologio ad acqua, in questo delle pompe pneumatiche. Ho tralasciato tutte le altre, che più che portare reali vantaggi, mirano a divertire; chi ne sia incuriosito potrà saperne di più consultando direttamente gli scritti dello stesso Ctesibio.*

Fra le altre operazioni abbiamo accennato al CARRO PER SPEGNERE GLI INCENDI del quale abbiamo tentato una ricostruzione nella fig. 82.

Il serbatoio posava certamente su un telaio rettangolare poggiante sugli assali delle quattro ruote del carro. Ai lati del serbatoio dovevano prender posto non meno di quattro persone. Due adibite al pompaggio, una alla manovra del carro ed una per indirizzare il getto del tubo ruotante al di sopra della cappa. Nell'orologio anaforico ad acqua (2) abbiamo visto l'impiego di due raccordi maschio e femmina, congiunti a perfetta tenuta, ruotanti uno dentro l'altro per mezzo di cardini per cui è da supporre anche nel caso del tubo ruotante sulla cappa l'impiego di un sistema analogo.

L'efficienza della macchina dipendeva certamente da numerosi fattori ma io ritengo che la cura principale fosse posta nel garantire la scorrevolezza dei pistoni (lavorati al tornio) dentro i cilindri di bronzo per mezzo di olio e nel garantire la tenuta delle valvole per mezzo di adeguate guarnizioni. Plinio il Giovane in una lettera a Traiano (lib. X, 33) a proposito di un incendio a Nicodemia dice:

---

(2) Vedi fig. 26.

... e del resto non v'era alcuna pompa pubblica da incendi, né secchi, né...

Questi strumenti erano dunque in uso ancora nel II sec. d.C.

Come POMPA PER LO SPURGO DELL'ACQUA DALLE SENTINE DELLE NAVI questa apparecchiatura ha lasciato presumibili tracce di se sia nei resti delle navi di Nemi che in quelli della nave di Albenga ed in quella di S. Rafael (Dramond D).

L'impianto della macchina poteva risultare molto prossimo a quello ipotizzato con la Fig. 83 e non sembra che i movimenti di beccheggio e di rollio possano aver creato difficoltà insormontabili. Quasi certamente il tubo di spurgo risaliva in coperta e da qui faceva defluire l'acqua fuori dalle murate.

Quattro pompe a stantuffo sono state ritrovate nel relitto del Dramond D (a Saint-Rafael) della metà del I sec. d.C. basate tutte sull'applicazione delle teorie di Ctesibio (Fig. 84).

Una pompa a bindolo, sempre per lo svuotamento di sentine, è stata ritrovata a bordo del relitto di Los Ullastres (Spagna). La ricostruzione di cui alla Fig. 85 è di F. Foerster Laures.

Di più difficile applicazione deve essere stato il suo impiego nelle gallerie. Vedi il caso della galleria per l'emissario del lago di Avezzano costruito da Claudio nel quale le sacche d'acqua venivano quasi certamente vuotate per mezzo degli impianti a carrucola ed argano disposti sui pozzi utilizzando gli stessi impianti che servivano ad estrarre il materiale dalle gallerie (3).

Un eccezionale esemplare di pompa a getto orientabile, aspirante e premente, impostata sulla tecnica dettata da Ctesibio, di età romana, è quella scoperta di recente a Sotiel Curonada in Spagna (Fig. 86).

## L'ORGANO DI CTESIBIO (Fig. 87)

Era uno strumento musicale strettamente collegato ed aderente al sistema musicale ellenico (dorico) elaborato da Aristosseno (4).

Lo dimostrano oltre che i reperti archeologici di cui abbiamo già parlato (Fig. 92) anche l'accurata descrizione che dell'HYDRAULUS dà Vitruvio e sulla quale mi sono basato per formu-

---

(3) G. Cozzo, in *op. cit.*

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

lare questa ipotesi di ricostruzione (5).

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* (6).

#### a) 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 trasmetterla 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. 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 ca-

---

(5) Vitruvio, *De Arch Lib.*, lib. X, 8.

(6) *Ibidem*.

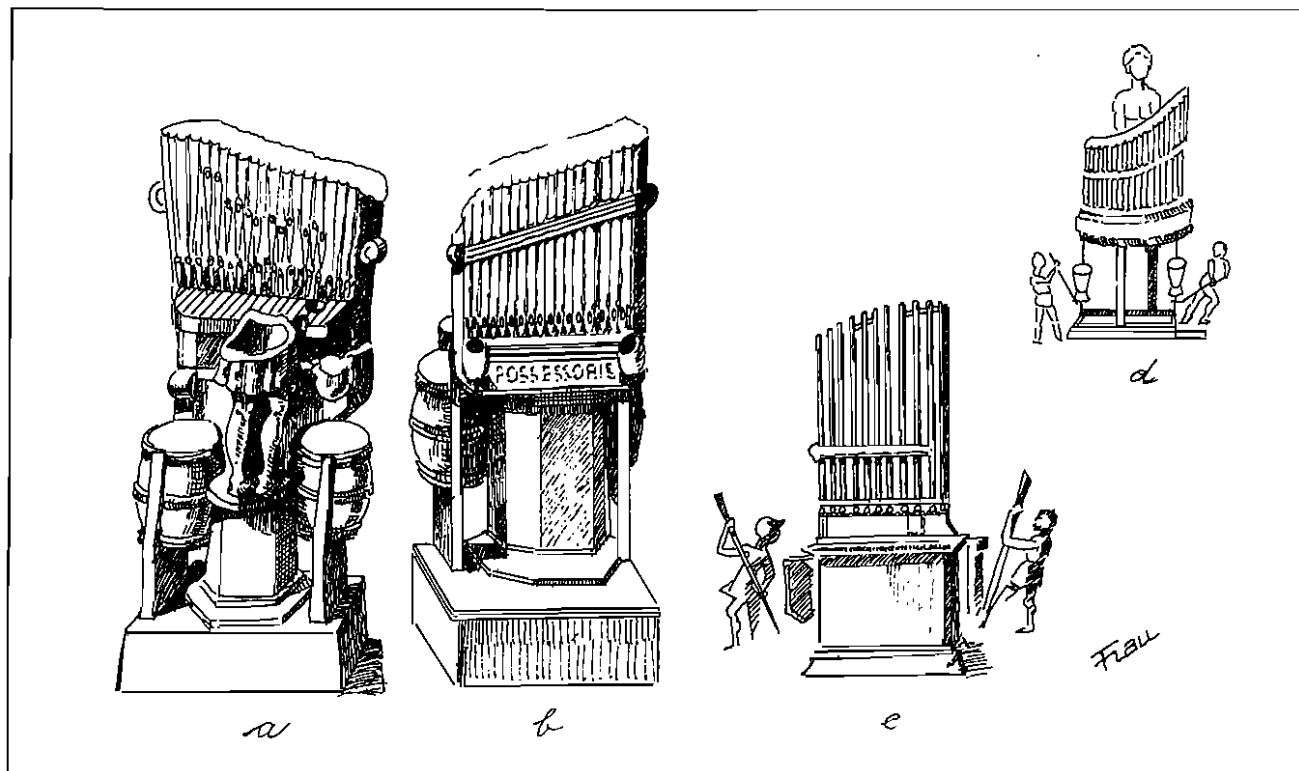


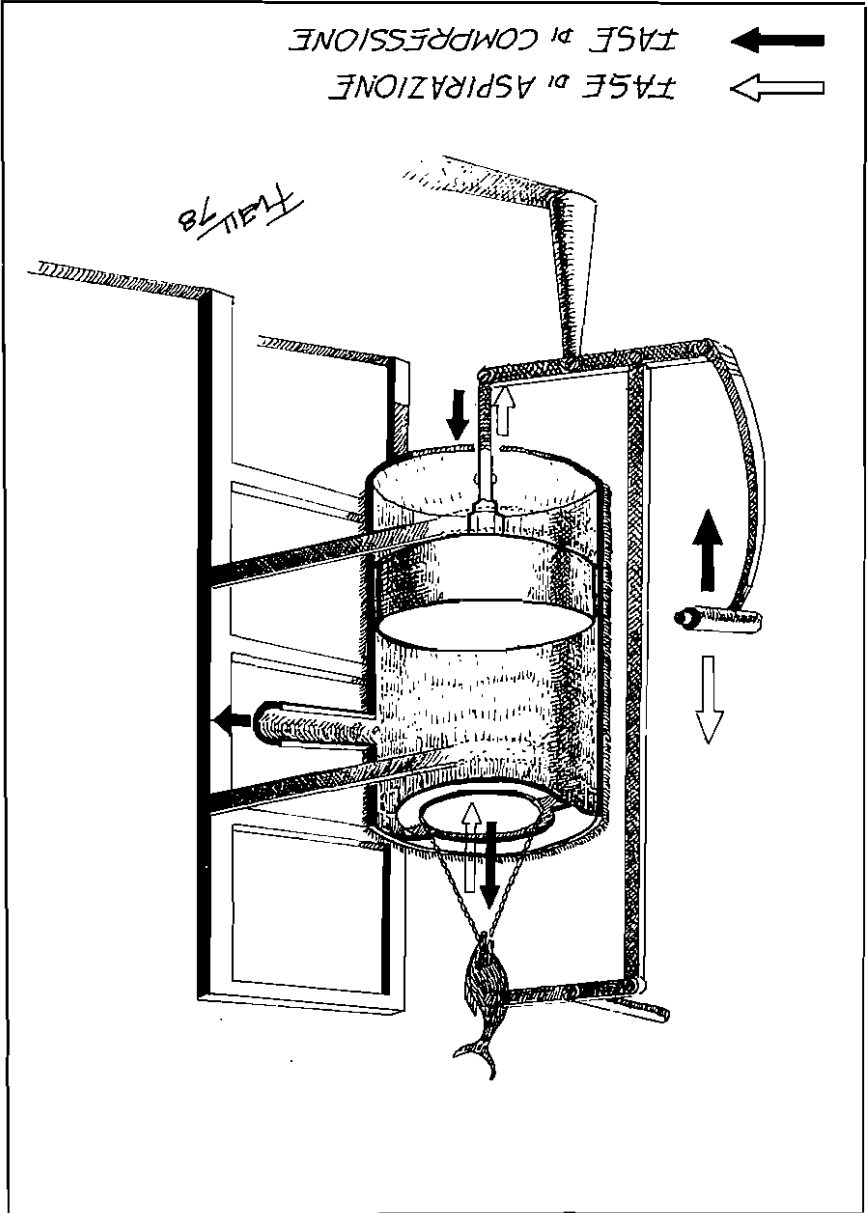
Fig. 88 — Modelli di organo idro-pneumatico. a-b) Terracotta al Museo di Cartagine, Organo a 18 canne; c) Medaglia di bronzo alla Biblioteca Nazionale di Parigi; d) Gemma incisa al British Museum



Fig. 89 — Treveri, Landesmuseum, mosaico. Un'orchestra, composta da un organo idro-pneumatico e da una tromba, accompagna giochi gladiatorii



Fig. 90 — Ricostruzione della pompa dell'hydraulus. Fasi di aspirazione e di compressione



nali 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 regolato 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.

*b) I secchi bronzei*  
(Fig. 90)

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.*

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.

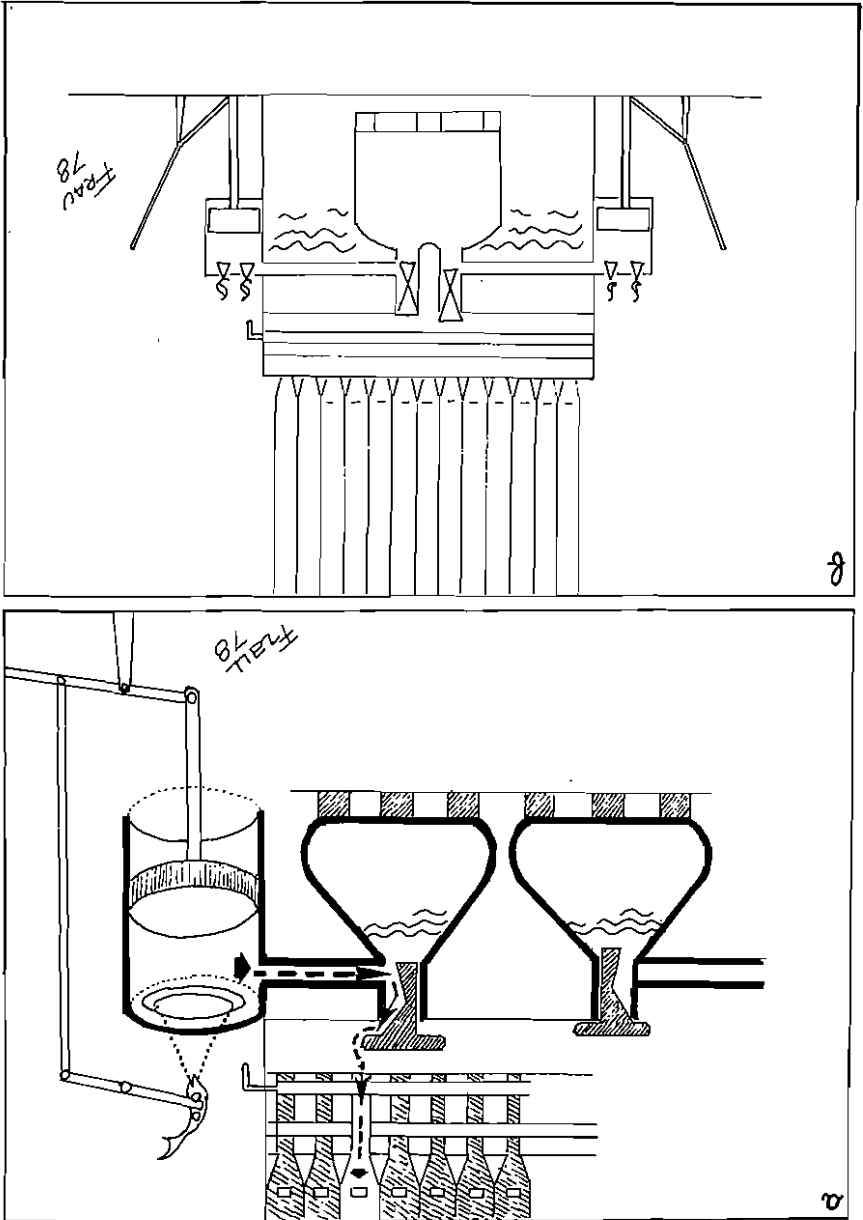
Il secchio aveva il fondo mobile che spinto da una leva assolveva la funzione di pistone comprimendo l'aria all'interno e spingendolo nel canale dopo la simultanea chiusura del coperchio.

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

Fig. 91 — a) Funzionamento degli imbui nell'arca; b) Schema dell'arca. (Altra ipotesi attendibile)



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 fossero 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.*

c) *Gli imbuti nell'arca*  
(Fig. 91)

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 analogie valvole dei 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 (7) 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*

---

(7) Vitruvio, *De Arch. Lib.*, lib. X, 7.

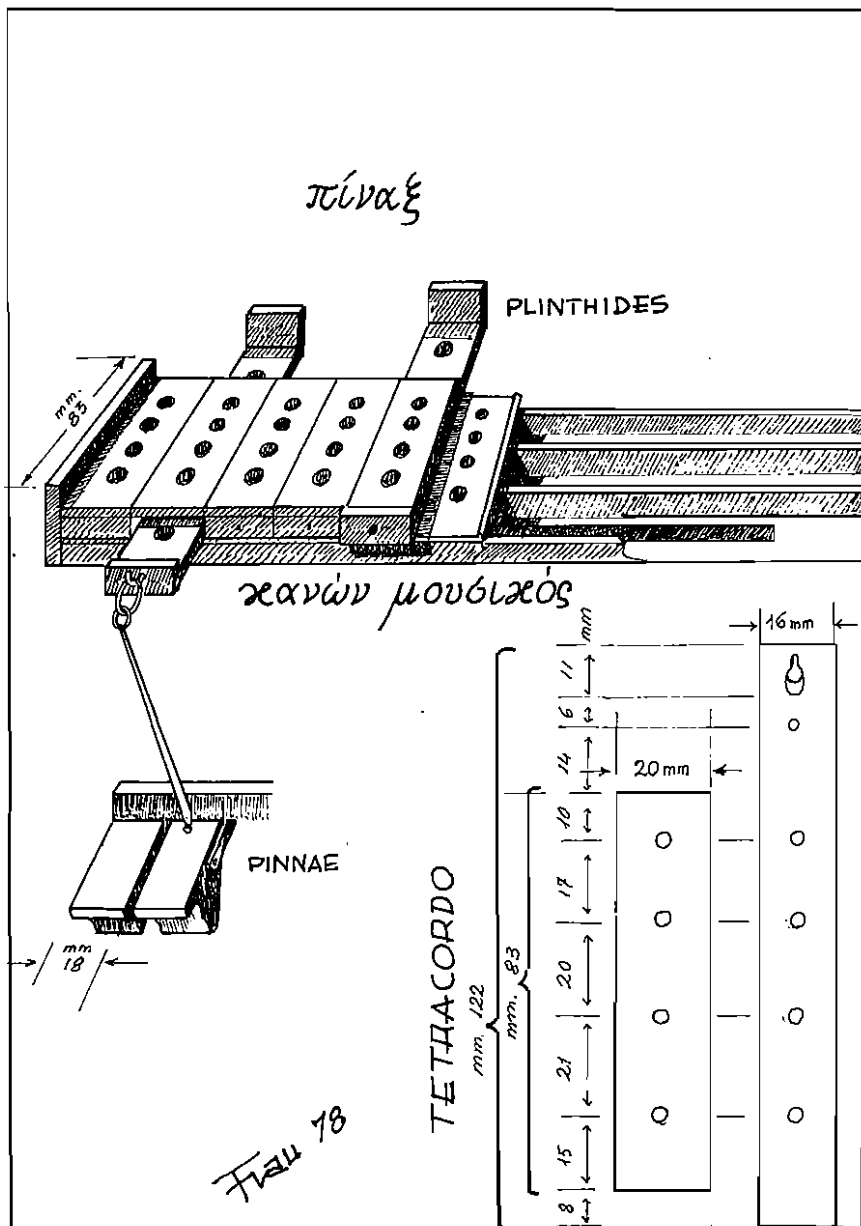


Fig. 92 — I resti dell'organo di Aquincum (Budapest) del III sec. d.C. con dedica di Cajus Viatorinus (Aedilis in Aquincum)

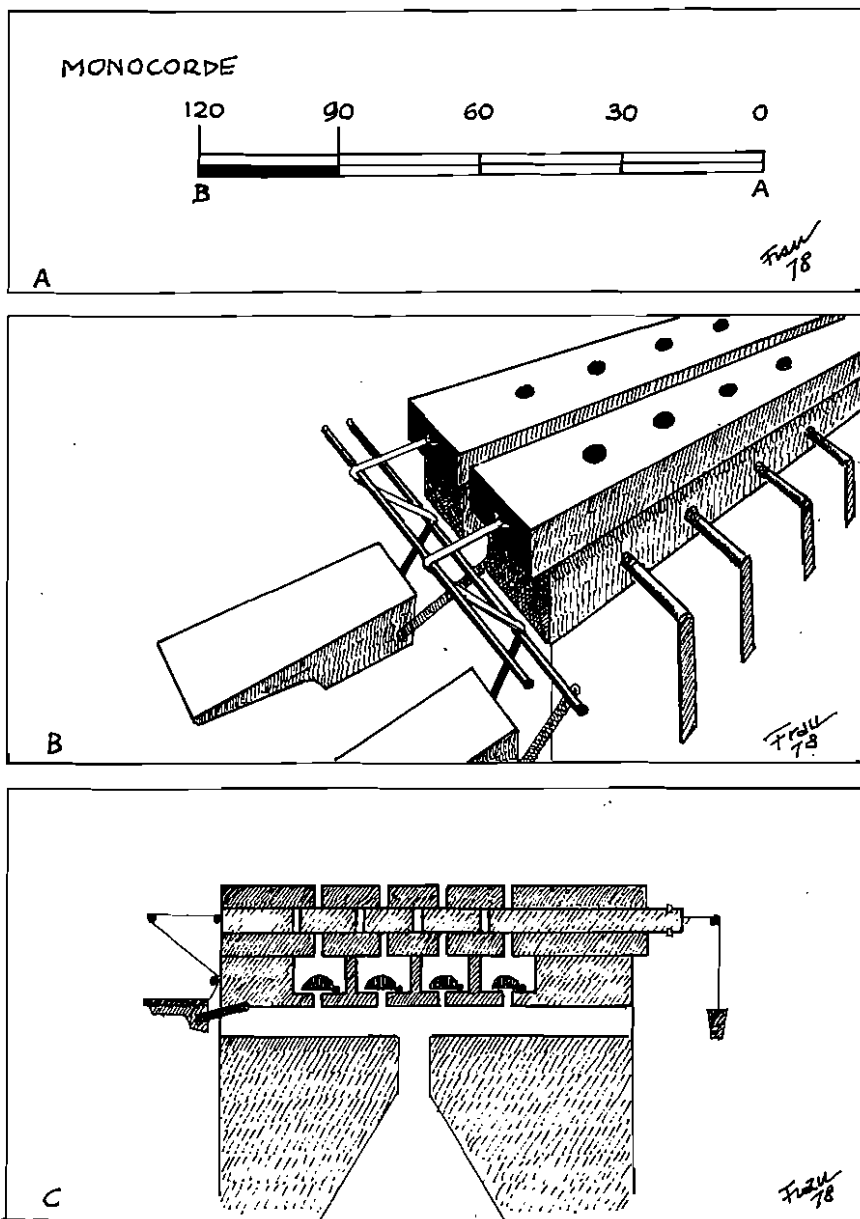


Fig. 93 — a) Schema di monocorde; b) funzionamento della tastiera; c) Sistema di richiamo delle plinthis a mezzo di contrappesi

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.

#### d) 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 60-68 cm. Vittore Lugàr (8) 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 (Fig. 92).

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.

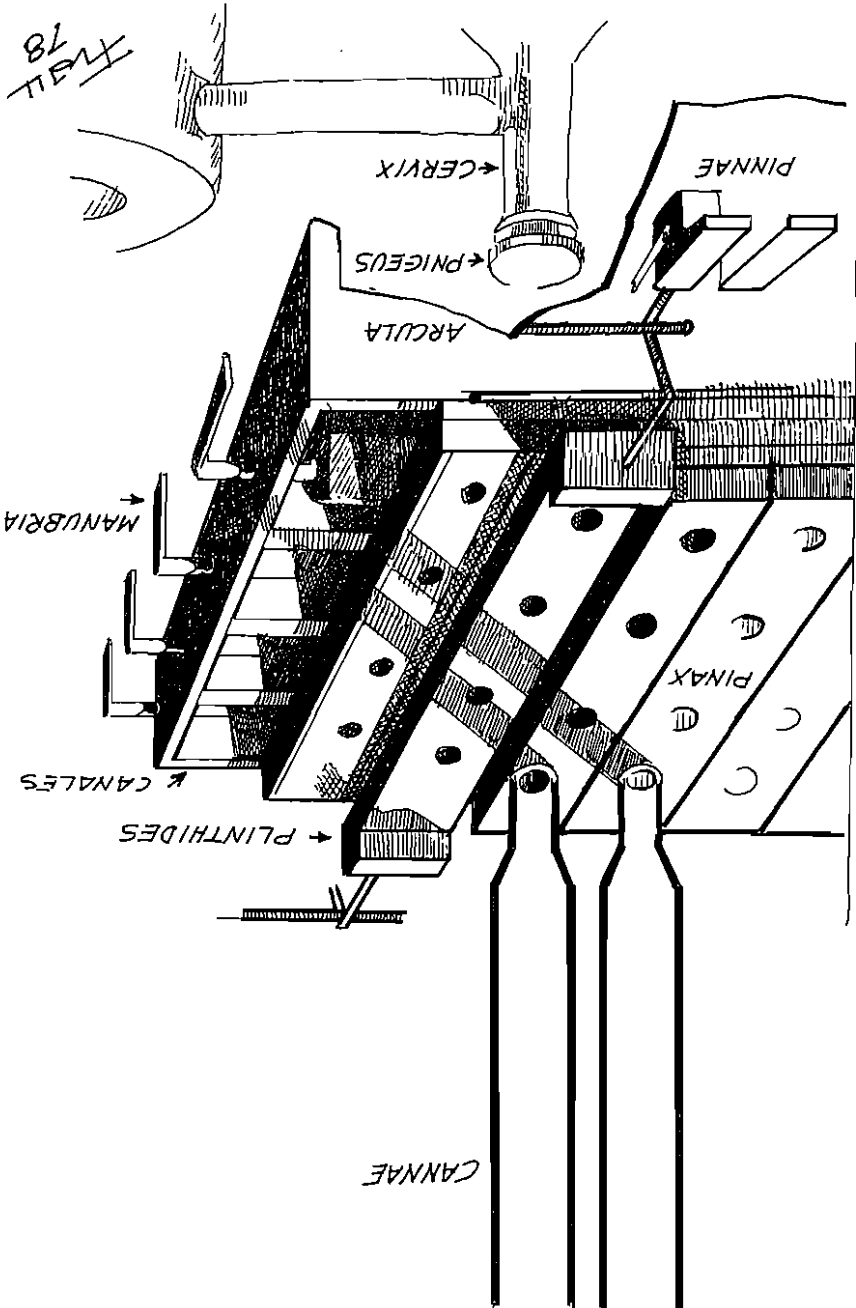
Nelle catacombe di Domitilla la figura dell'organo è rappresentato con 17 canne a più ordini.

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.

---

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

Fig. 94 — Il funzionamento delle plinthides nel corpo del «canone musicale».





I canali erano isolati tra loro.

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

e) *Le plinthides*  
(Fig. 93-94)

Queste PLINTHIDES erano forte nello stesso modo del tetracordo che le sovrastava, ma scorrevano in avanti e indietro mosse dai tasti (*pinnae*) 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 1<sup>a</sup> nota mm. 15 + 13 esterni al canone
- dalla 1<sup>a</sup> alla 2<sup>a</sup> nota mm. 21
- dalla 2<sup>a</sup> alla 3<sup>a</sup> nota mm. 20
- dalla 3<sup>a</sup> alla 4<sup>a</sup> nota mm. 17
- dalla 4<sup>a</sup> nota al bordo mm. 10 + 31 esterni al canone.

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 (9):

182 - 165 - 151

21 20 (?) 7

Da Pietro Righini (10) abbiamo:

*Aristosseno indica le proporzioni dei suoi tetracordi misurando gli intervalli mediante un MONOCORDO (Fig 93) diviso in 120 sezioni.*

---

(9) 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.

(10) 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.

*Sulla quarta parte del monocordo, dalla 90ª alla 120ª 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.

f) *La tastiera*  
(Fig. 93)

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 corrispondente alle note.

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 (11) dove esso è paragonato a quello del movimento vogatorio ed anche in un Epigramma di Giuliano 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.

---

(11) L'autore del poema *Aetna* (v. 297 e segg.) dice: «Proprio come in un vasto teatro, un organo idraulico, suona la sua musica prodotta dall'acqua grazie all'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.

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.

g) *Le canne*  
(Figg. 86-93-94)

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, 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 certamente *portatile* aveva le canne più lunghe alte 40 cm. e le più corte cm. 4.

Nell'Epigramma di Giuliano già citato 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 suono.*

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.

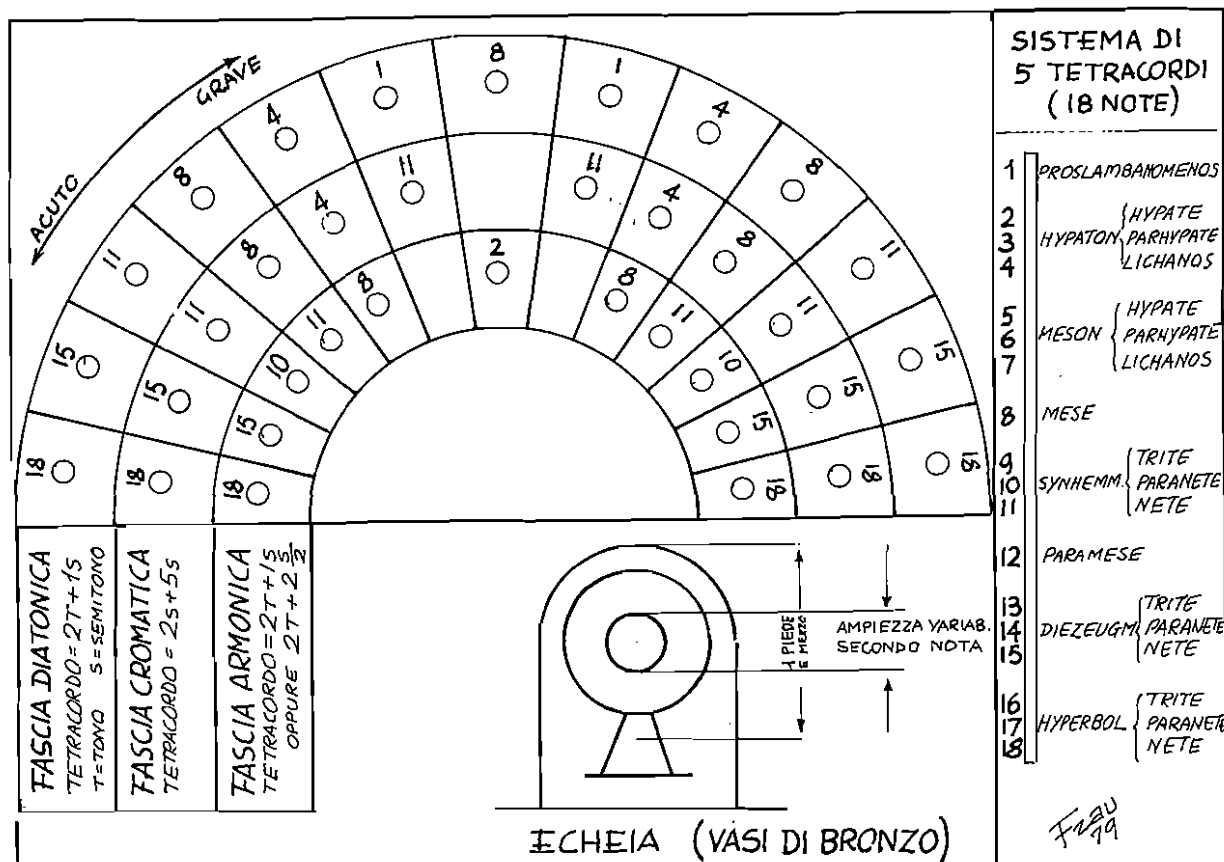


Fig. 95 — Disposizione nei teatri dei vasi di risonanza (echeia) e schema della collocazione nelle celle

*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 (12).*

## I VASI DI RISONANZA

*Gli Echeia*  
(Fig. 95)

Una nota particolare va riservata al cap. 5 del lib. V di Vitruvio dove è detto:

*Sulla base di queste ricerche (quelle di Aristosseno di cui ha parlato nel 4° cap.) e di calcoli matematici si devono fabbricare i vasi di risonanza (echeia), le cui dimensioni dovranno essere in rapporto a quelle del teatro. Questi vasi, una volta percossi, dovranno emettere note di diatessaron (interv. di 4°), diapente (interv. di 5°) e così via fino alla doppia ottava risuonando l'un l'altro. Vanno poi collocati, a seconda delle loro caratteristiche sonore, in celle ricavate fra i seggi in teatro; non devono però mai venire a contatto con i muri, anzi devono avere all'interno e al disopra dello spazio libero.*

*Vanno invece posti riversi, sostenuti, nella parte che guarda verso la scena, da basi a forma di cuneo alte almeno mezzo piede. Di fronte a questi compartimenti, all'altezza dei gradini più bassi, si lascino delle aperture larghe due piedi e alte mezzo.*

*La collocazione delle celle nella pianta del teatro si determina nel modo che segue. Se il teatro non è molto grande, si*

---

(12) Da un trattato di acustica musicale.

*individua una zona trasversale a metà altezza ed in essa si costruiscono con copertura a volta tredici celle, a distanze uguali l'una dall'altra.*

*I vasi di risonanza in questione si distribuiscono così: quelli in sintonia con la nota NETE HYPERBOLEON vanno nelle celle ai lati esterni... ecc.*

Di tutto ho prospettato la ricostruzione tenendo conto del fatto che Vitruvio si riferiva ad un sistema congiunto di ben 5 tetracordi (18 note) ed in cui per semplicità ho sostituito nelle celle degli *echeia* i numeri alla denominazione delle note.

*...Se però il teatro ha dimensioni abbastanza ampie, allora la sua altezza deve essere divisa in quattro parti in modo da individuare tre zone trasversali, nelle quali situare le celle dei vasi di risonanza: l'ARMONICA, la CROMATICA, la DIATONICA. Cominciando dal basso avremo per prima la zona armonica...*

*...è quanto possiamo capire anche osservando i citaredi che, quando devono alzare il tono, si volgono verso le porte della scena (cioè a destra ed a sinistra dove sono disposti i vasi che echeggiano gli acuti), per accrescere la propria voce con la loro consonanza.*

*...potrei portare, inoltre, la testimonianza di Lucio Mummio, che dopo la distruzione del teatro di Corinto (nel 146 a.C.) ne portò i vasi di risonanza di bronzo a Roma e li dedicò come preda di guerra nel tempio della Luna (sull'Aventino. Distrutto nell'incendio di Nerone. Tacito, Ann. XV, 41).*

## NOTE DI TEORIA MUSICALE GRECA

Elemento fondamentale della musica greca è il TETRACORDO (13). E' formato da quattro suoni i cui intervalli dipendono dal « genere » al quale il tetracordo stesso appartiene. Tutti i tetracordi hanno ampiezza costante di due toni e mezzo (ogni tono

---

(13) Sono stati consultati:  
di P. & G. Righini, *Guida sonora attraverso i sistemi musicali antichi e moderni*, Zanibon 1974;

di P. Righini, *A difesa del Patricio (nei labirinti della musica greca)*, Zanibon 1974.

*Gli intervalli musicali e la musica dai sistemi antichi ai giorni nostri*, Zanibon 1975.

*La musica greca — analisi storico-tecnica*, Zanibon 1976.

*Musica antica e orientale*, New Oxf. Hist. of Music - London 1957 - vol. I.

= 4 diesis enarmonici = 204 cents) per cui le note estreme del tetracordo sono fisse e formano un intervallo costante che rapportano in cents è di 510 (il diatessaron).

A seconda del *genere* che può essere ENARMONICO, DIATONICO, CROMATICO, viene modificata la posizione delle due note interne. La distanza tra le estreme è calcolabile in 10 diesis enarmonici.

Ecco gli intervalli in successione tra le quattro note per i tre generi calcolati in cents ed in diesis:

A) TETRACORDO ENARMONICO  $\begin{matrix} \text{cents} & 408 + 51 + 51 = & 510 \\ \text{diesis} & 8 + 1 + 1 = & 10 \end{matrix}$

B) TETRACORDO DIATONICO  $\begin{matrix} \text{cents} & 204 + 204 + 102 = & 510 \\ \text{diesis} & 4 + 4 + 2 = & 10 \end{matrix}$

C) TETRACORDO CROMATICO  $\begin{matrix} \text{cents} & 357 + 76\frac{1}{2} + 76\frac{1}{2} = & 510 \\ \text{diesis} & 7 + 1\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2} = & 10 \end{matrix}$

oltre all'intervallo di quarta (*diatessaron*) che abbiamo ora visto ed il cui valore in cents è fissato in 510 (ma è discusso per 498), si hanno gli intervalli basilari di QUINTA (*diapente*) di 702 cents e di OTTAVA (*diapason*) di 200 cents.

La prima forma di strutturazione di una scala è data dal SISTEMA o MODO SISTEMA la cui caratterizzazione era dovuta alla posizione dei toni e dei semitoni nell'ambito di DUE TETRACORDI integrati da UN TONO DISGIUNTIVO sesquiottavo che coprivano una OTTAVA INTERA (*diapason*).

Esempio di « genere » enarmonico:

		grado	corr.	diesis	cents	toni
TETRACORDO DIEZEGMENON	nete	I	mi	8	408	2
	paranate	II	re	1	51	$\frac{1}{4}$
	trite	III	do	1	51	$\frac{1}{4}$
	paramese	IV	si			
TONO DISGIUNTIVO				4	204	1
TETRACORDO MESON	mese	V	la	8	408	2
	Lichanos	VI	sol	1	51	$\frac{1}{4}$
	parhypate	VII	fa	1	51	$\frac{1}{4}$
	hypate	VIII	mi			

Esempio di « genere » diatonico sintono corrispondente a:

1° TETRAC.      tono disgiuntivo      2° TETRAC.

12 mi di tono      | 12 | 12 | 6 |      | 12 | 12 | 6 |

ma in generale le ottave usate erano due e creavano la scala del SISTEMA PERFETTO

1° TETRACORDO HYPERBOLAION	NETE	} 2° TETRACORDO DIEZEUGMENON	LA
	PARANETE		SOL
	TRITE		FA
	NETE		MI
	PARANETE		RE
TRITE P.			DO
PARAMESE			SI
TONO DISGIUNTIVO			
3° TETRACORDO MESON	MESE	} 4° TETRACORDO HYPATON	LA
	LICHANOS		SOL
	PARHYPATE		FA
	HYPATE		MI
	LICHANOS		RE
PARHYPATE			DO
HYPATE			SI
PROSLAMBANOMENOS			
LA			

corrispondente a:

I      IV



C Z Z̄ K I Z I  
 Ο ΣΟΥ ΖΗΣ ΦΑΥ - - - ΝΟΥ



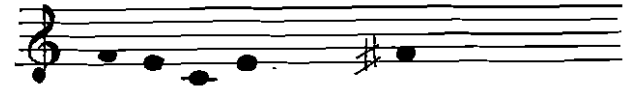
ESEMPIO DI NOTAZIONE SU MELODIA DEL II-III SEC. D.C. E TRASFERIMENTO IN VERSIONE MODERNA

C V < C W C Γ  
 ΤΟ-ΤΕ ΛΥΠΩ ΚΥΝ ΘΕ-ΑΝΓΑΘΩ

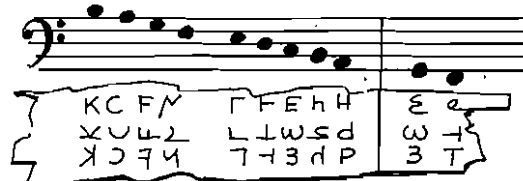


ESEMPIO DI NOTAZIONE SUL SECONDO INNO DELFICO DEL II SEC A C E TRASF IN VERSIONE MODERNA

I M Y M Θ  
 ΘΥ-ΓΑ-ΤΡΕΣ ΕΥΩ-ΛΕΥΟΥ ΜΩ



ESEMPIO DI NOTAZ. SULLO STESSO INNO SECONDO ALIPIO E TRASFERIMENTO IN CHIAVE MODERNA



SERIE COMPLETA DELLE NOTAZIONI DEL IV SEC. A.C. — LA PRIMA RIGA RAPPRESENTA LA SERIE DIATONICA DEI SUONI — LA SECONDA IL SUO DIESIS (ENARMONICA) — LA TERZA IL DOPPIO DIESIS (CROMATICA)

Fig. 96 — Esempi di notazioni musicali greche del IV-III e II sec. a.C.

Premesse queste brevi note di teoria musicale (14) basate sul trattato di ARISTOSSENSO « Elementa Harmonica » riassunte anche da Vitruvio nel suo « De Architectura Libri » (15) e rifacendoci alla struttura del *canone musicale* dell'organo possiamo riferirci al MONOCORDE di Aristosseno per stabilire che esiste un rapporto tra la lunghezza delle canne e la lunghezza del tetracordo

$$\frac{90}{120} : \frac{30}{120}$$

Nell'ambito del tetracordo poi, cioè nello spazio compreso fra il punto 90 e il punto 120 del monocorde lo spazio ripartito in 30/mi riporta aliquote rigorosamente proporzionali nell'effetto acustico da loro prodotto.

La variazione della distanza tra gli intervalli sul « canone musicale » ossia la posizione dei due fori intermedi, determina la variazione del « genere » del tetracordo.

Alla disposizione sulla sinistra delle note gravi corrispondono canne più lunghe per suoni più gravi cui seguono poi i suoni medi, i congiunti, i disgiunti e quinto gli acuti cui corrispondono le canne più corte.

## LE NOTAZIONI MUSICALI

(Fig. 96)

I Greci si giovavano di due differenti sistemi di notazione; il più antico definito *strumentale* e il più recente (III sec. a.C.) *vocale* (16).

La notazione vocale era basata sull'impiego delle lettere dell'alfabeto ionico classico che erano 24 in cui più lettere corrispondevano alle varie alterazioni di una stessa nota alterata di 1/4 di tono o alterata di 1/2 di tono (mentre nel sistema *strumentale* una sola lettera inclinata o rovesciata definiva la nota allo stato naturale, quella alterata di un quarto di tono e quella alterata di 1/2 di tono).

Per indicare il RITMO, cioè la durata delle note, oltre alle

---

(14) Aristosseno, *Elementa Harmonica*. Testo, traduzione italiana e note R. da Rios, 2 voll., Roma 1954.

(15) Vitruvio: *De Arch Lib.*, lib. V, 4.

(16) *Musica antica e orientale*, a cura di Egon Wellesz - Feltrinelli 1962.

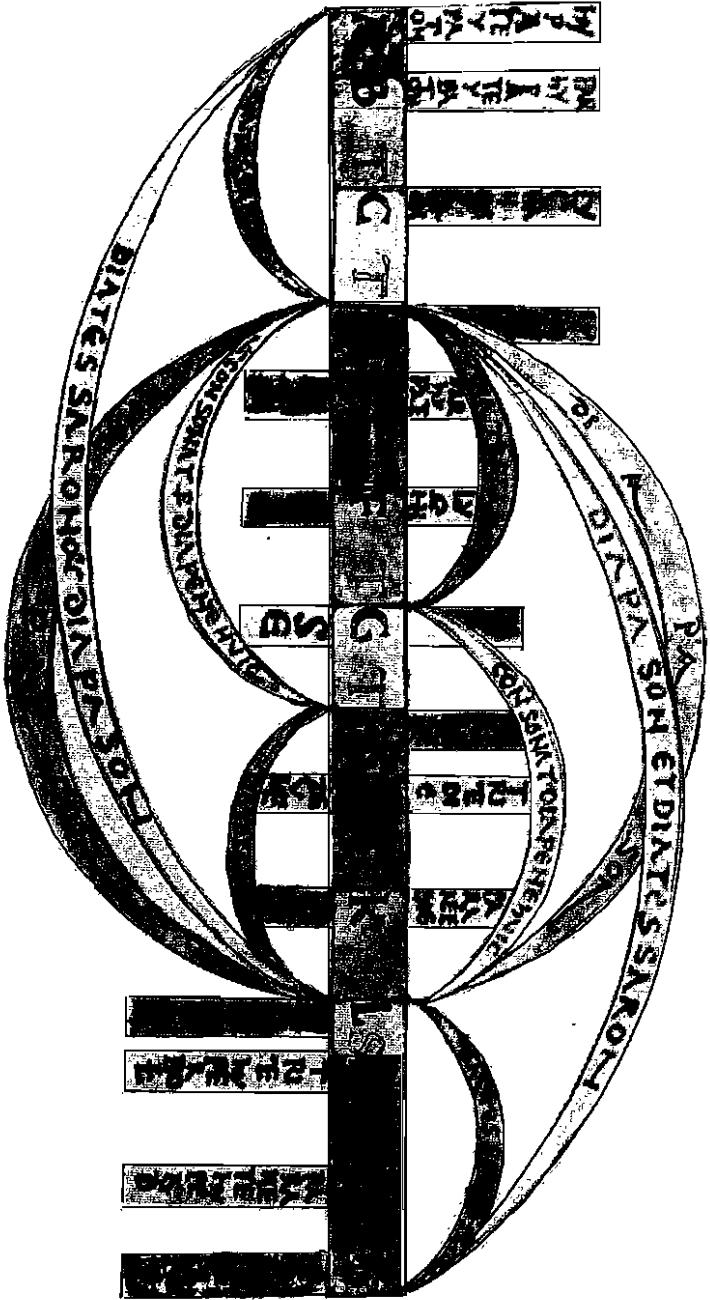


Fig. 97 — I diapasone nell'antico Codex Colbertinus ora a Parigi

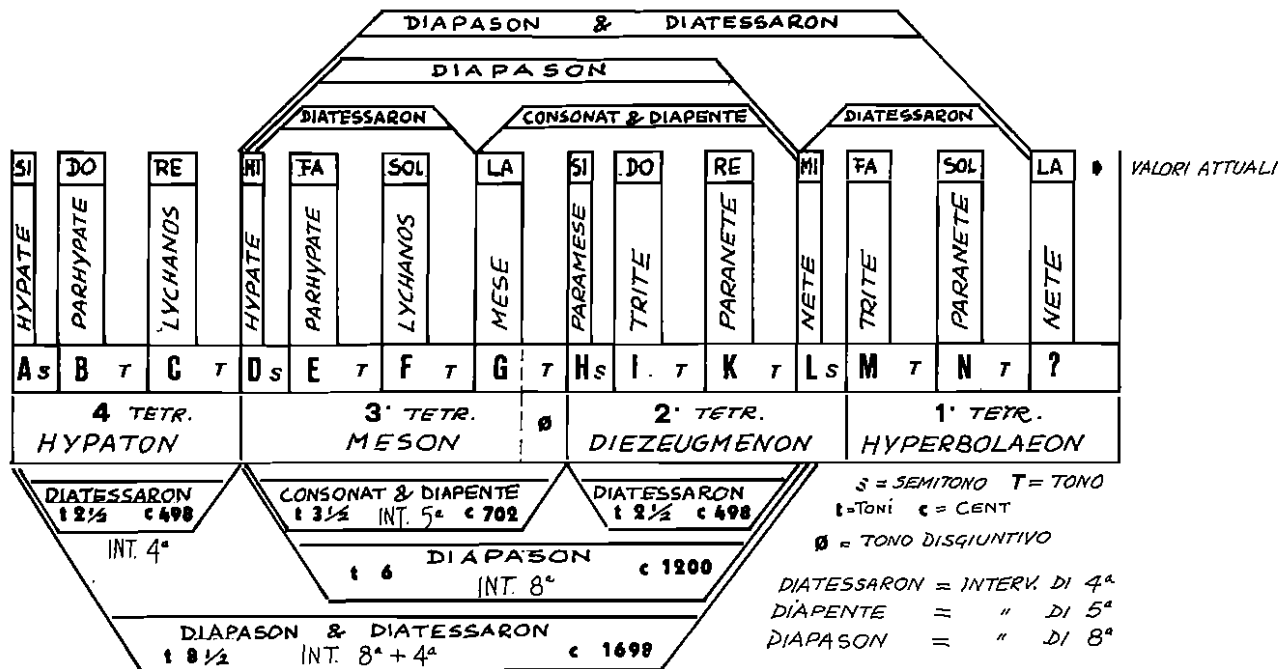






Fig. 98 — I diapason. Interpretazione dell'antico Codex Colbertinus

regole sul ritmo della poesia ci si basava su segni particolari che venivano posti sopra le lettere:

-  indicava la lunga ed aveva un valore doppio
-  indicava un valore triplo
-  indicava un valore quadruplo
-  indicava un valore quintuplo

Quasi certamente sul PINAX, per lo stesso significato del termine, dovevano essere riportate o dipinte alcune delle notazioni citate. Forse le lettere relative ai tasti, forse i *generi* o il *genere* di tetracordi impiegati o quanti di essi.

IL SISTEMA PERFETTO è sopravvissuto in un eccezionale antico documento, il *Codex Colbertinus* ora alla Biblioteca Nazionale di Parigi (MS lat. 7212 f. 9v) (Fig. 97) e del quale ho riportato la ricostruzione alla fig. 98.

Fig. 99 — Le correnti superficiali del Mediterraneo  
(Studi di A. Metálo).

