

NOTE DI TEORIA MUSICALE GRECA

Elemento fondamentale della musica greca è il TETRACORDO (19). 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 = 4 diesis enarmornici = 204 cents) percui le note estreme del tetracordo sono fisse e formano un intervallo costante che rapportato in cents è di 510 (il diatessarón).

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 enarmornici.

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

A) TETRACORDO ENARMONICO	cents $408 + 51 + 51 = 510$ diesis $8 + 1 + 1 = 10$
B) TETRACORDO DIATONICO	cents $204 + 204 + 102 = 510$ diesis $4 + 4 + 2 = 10$
C) TETRACORDO CROMATICO	cents $357 + 76\frac{1}{2} + 76\frac{1}{2} = 510$ diesis $7 + 1\frac{1}{2} + 1\frac{1}{2} = 10$

(19) Sono stati consultati:

P. & G. Righini: *Guida sonora attraverso i sistemi musicali antichi e moderni* - Zanibon 1974.

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

Gli intervalli musicali e la musica (dai sistemi antichi ai nostri giorni) - Zanibon 1975.

La Musica greca — analisi storico-tecnica - Zanibon 1976.

Musica Antica e Orientale della New Oxford History of Music - London 1957 - Vol. I.

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 sesquioctavo che coprivano una OTTAVA INTERA (*diapason*).

Esempio di « genere » enarmonico:

		grado	corp	diapente	cents	toni
TETRAC. DIEZEGMENON	NETE	I	mi	8	408	2
	PARANETE	II	re	1	51	1/2
	TRITE	III	do	1	51	1/2
	PARAMESE	IV	si			
TONO DISGIUNTIVO			4	204	1
TETRAC. MESON	MESE	V	fa	8	408	2
	LICHANOS	VI	mi	1	51	1/2
	PARHYPATE	VII	re	1	51	1/2
	HYPATE	VIII	do			

Esempio di « genere » diatonico sintono

12 mi di tono 12 12 6 TONO DISGIUNT. 12 12 6

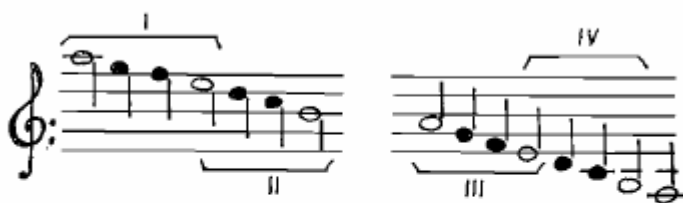
ma in generale le ottave usate erano due e creavano la scala del SISTEMA PERFETTO

I tetrac. HYPERBOLAION	{	NETE	LA	} II tetrac. DIEZEUGMENON
		PARANETE	SOL	
		TRITE	FA	
		NETE	MI	
		PARANETE	RE	
		TRITE R	DO	
		PARAMESE	SI	

TONO DISGIUNTIVO

III tetrac. MESON	{	MESE	LA	} IV tetrac. HYPATON
		LICHANOS	SOL	
		PARHYPATE	FA	
		HYPATE	MI	
		LICHANOS	RE	
		PARHYPATE	DO	
		HYPATE	SI	

LA PROSLAMBANOMENOS



C Z Z K I Z I
 O ΣΟΥ Ζησος φαυ - - - νου

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

E X Z E W E Γ
 ΤΟ-ΤΕ ΛΥΠΩ ΚΥΝ ΘΕ-ΑΝΘΑΔΥ

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

27

I M Y M Θ
 Θύ-γα-τρης εύώ-λεγου μου

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

Ζ	Ν	Κ	Τ	Κ	Α	Ζ	Ν	Κ	Τ	Κ	Ε	Ε
Λ	Υ	Υ	Υ	Υ	Κ	Λ	Υ	Υ	Υ	Ω	Τ	Ε
Υ	Κ	Ε	Υ	Κ	Λ	Υ	Υ	Υ	Υ	Α	Β	Τ

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. 12
ESEMPI DI NOTAZIONI MUSICALI GRECHE DEL IV-III e II SEC. A.C.

Premesse queste brevi note di teoria musicale (20) basate sul trattato di ARISTOSSENSO « Elementa Harmonica » riassunte anche da Vitruvio nel suo « De Architectura Libri » (21) 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.

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

(21) Vitruvio: *De Architect libri* - lib. V, 4.





LE NOTAZIONI MUSICALI

(Fig. 12)

I Greci si giovavano di due differenti sistemi di notazione; il più antico definito *strumentale* e il più recente (III sec. a.C.) *vocale* (22).

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 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. 10) e del quale ho riportato la ricostruzione alla Fig. 11.

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

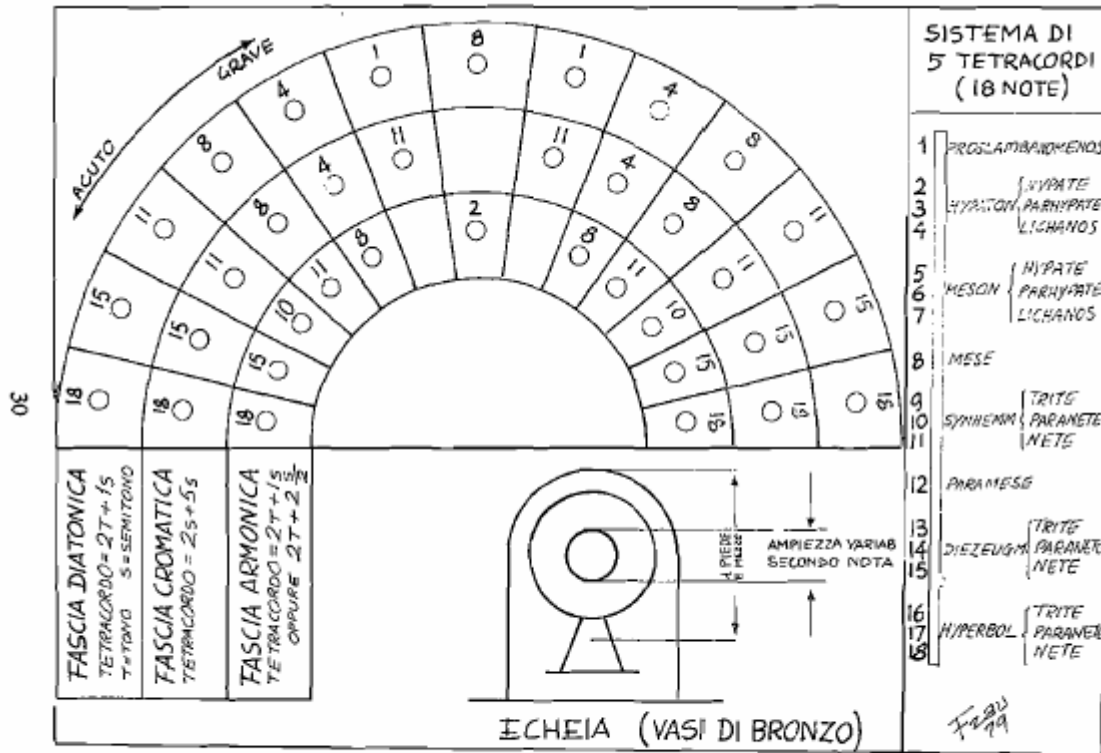


FIG. 13

DISPOSIZIONE NEI TEATRI DEI VASI DI RISONANZA (ECHEIA) E SCHEMA DELLA COLLOCAZIONE NELLE CELLE.

I VASI DI RISONANZA GLI ECHEIA

(Fig. 13)

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 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 di cui alla Fig. 12, tenendo conto del fatto che Vitruvio si riferisce 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).

(23) Vitruvio. *De Architect. libri*, lib. X, 7.

POMPA PNEUMATICA DI CTESIBIO

(Fig. 14)

Abbiamo visto 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 fu 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 (23) 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 (« modiolii ») uguali posti a poca distanza uno dall'altro, comunicanti con due tubi (« fistulas ») che si riuniscono insieme a forcilla e sfociano in un serbatoio centrale (« medium catinum »). In questo si collocano delle tavole 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 (« paenuia ») 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 cilindri vi sono delle altre valvole, costituite da tavolette, che vanno 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 di recipienti posti in basso sarà dunque possibile pompare l'acqua.

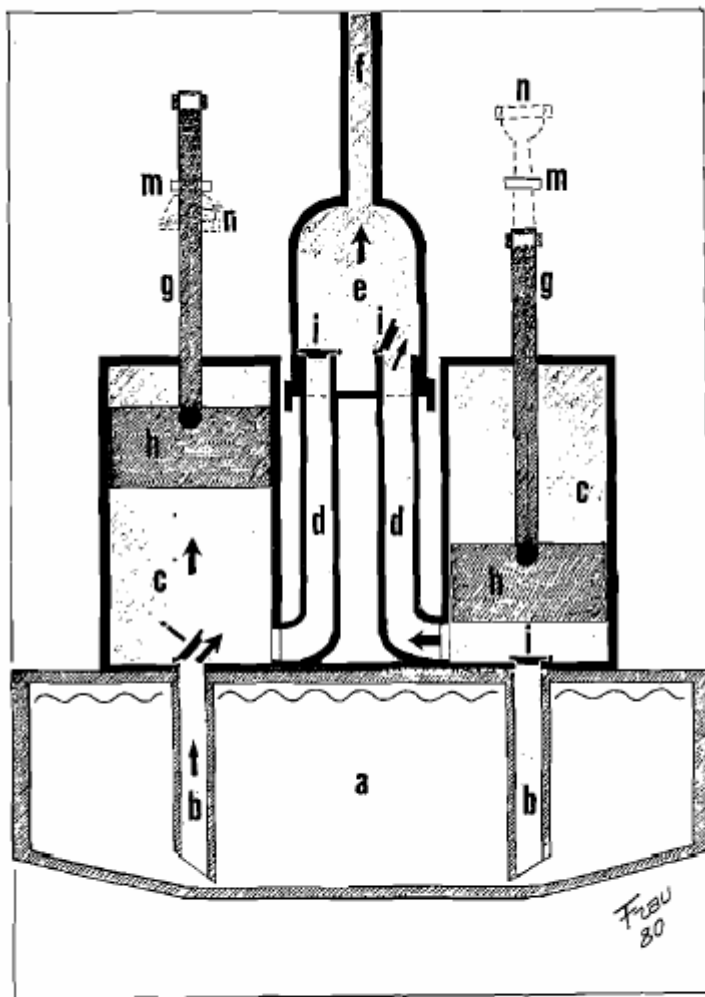


FIG. 14

POMPA ASPIRANTE E PREMENTE DI CTESIBIO

a) serbatoio; b) tubi di adduzione ai due cilindri di rame (modioli); c) cilindri di rame (modioli) d) tubi di adduzione (fistulas) al **medium castinum** 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 .

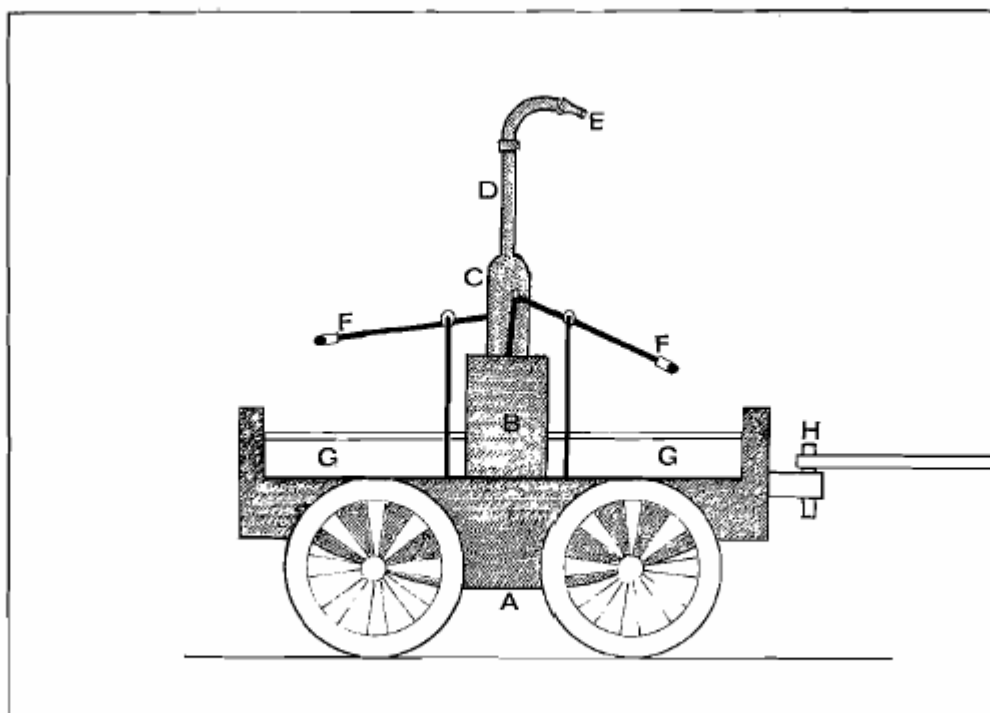


FIG. 15

MACCHINA PER SPEGNERE GLI INCENDI DI CTESIBIO

a) serbatoio dell'acqua; b) cilindri di rame; c) serbatoio con paucula; d) tubo; e) pompa girevole;
 f) leve per la manovra dei pistoni; g) piano di manovra sul carro.

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: versi 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 diletano 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 incurioso 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. 15.

Il serbatoio porava 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 (24) 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.

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.

L'impianto della macchina poteva risultare molto prossimo a quello ipotizzato con la Fig. 16 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.

(24) B. Frau *Note di Tecn. Mecc. ant. Strumenti di calcolo* GAR pag. 44 fig. 16.

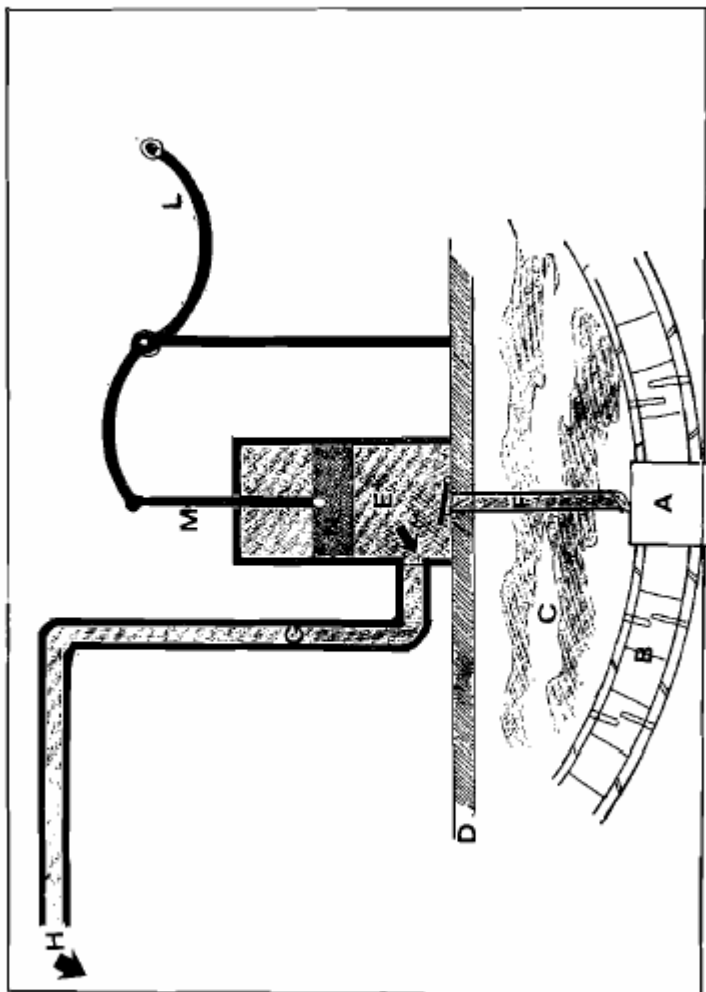


FIG. 16

POMPA PER SPURGARE ACQUA DALLE SENTINE DELLE NAVI - DI CTESIBIO

a) chiglia; b) carena; c) sentina; d) ponte di sen tina; e) cilindro di rame; f) tubo di adduzione acqua dalla sentina; g) tubo di espulsione dell'acqua attraverso il ponte di coperta; h), f) leva; m) biella; n) pistone.

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 certamente o principalmente vuotate per mezzo degli impianti a carrucola ed argano disposti sui pozzi utilizzando gli stessi impianti che servivano ad estrarre il materiale dalle gallerie (25).

OROLOGIO IDRAULICO A VASI COMUNICANTI

(Fig. 17)

Questo orologio idraulico è da raffrontarsi per la forma alla scala delle canne di un organo idropneumatico. Per il funzionamento esso ricorda e si accosta notevolmente al CONTAMIGLIA (26) in cui le palline cadendo in un vaso di bronzo segnalavano il percorso. In questo orologio le palline metalliche segnalano lo scorrere delle ore.

Il funzionamento dell'apparecchio per il resto, scarico dell'acqua ad ogni ciclo di dodici ore, taratura del passaggio dell'acqua ecc. segue le regole già ben collaudate di tutti gli altri orologi idraulici con la differenza che la chiave di regolazione del flusso dell'acqua doveva essere messa a punto per ogni variazione equinoziale o solstiziale. L'orologio calcolava infatti probabilmente solo le ore diurne (27).

Aperto il flusso dell'acqua essa sale sui condotti verticali in modo uniforme e dopo un'ora raggiunto l'apice del condotto più corto spinge un tappo di sughero o legno a chiudere il foro di uscita superiore espellendo contemporaneamente una pallina metallica che va a cadere sonoramente su un vaso di bronzo.

Bloccata sul primo condotto l'acqua prosegue sempre in

(25) G. Cozzo *Ingegneria Romana* Roma - pag.

(26) B. Frau op. cit. pag. 48, fig. 18.

(27) B. Frau op. cit. pag. 27.

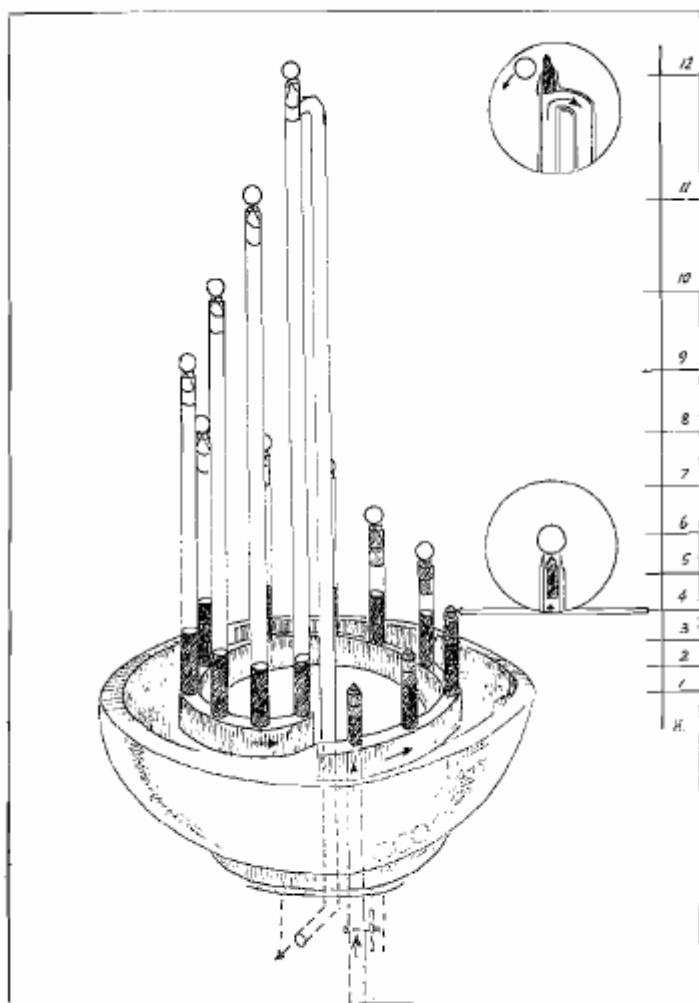


FIG. 17
GROLOGIO IDRAULICO A VASI COMUNICANTI

modo uniforme sui rimanenti e dopo un'altra ora blocca il secondo orificio espellendo la seconda pallina metallica, segnando la seconda ora e così via.

Dopo la dodicesima ora il tappo chiude il foro superiore del dodicesimo condotto liberando però un foro laterale collegato ad un tubo che scende al disotto del livello dell'ora zero. Per il principio dei vasi comunicanti tutta l'acqua si scarica in un catino sottostante dando poi inizio ad un nuovo ciclo.

APPARECCHI DI SEGNALAZIONE

(Figg. 18 - 19)

Spesso nelle « Storie » di Tucidide, di Polibio e di altri storici greci e latini si fa menzione di segnalazioni luminose scambiate durante azioni militari tra unità dell'esercito a terra ed unità navali o viceversa.

I sistemi adoperati permettevano lo scambio di messaggi anche a distanza rilevante tra vari reparti in tempo relativamente breve. Una catena poi di reparti di segnalazione disposta su una serie di alture poteva coprire centinaia di miglia e far giungere notizie utili in un tempo quale nessun messaggero a cavallo avrebbe potuto fare che in più giorni di corsa.

Polibio che fu osservatore attento degli avvenimenti del suo tempo, storico dalla « ricerca e dalla esposizione ragionata », ufficiale romano al seguito degli Scipioni descrive nei frammenti del X libro delle STORIE sia la tecnica di segnalazione messa in atto da Enea Tattico (28) che compose un'opera « Sulla strategia » sia la tecnica inventata da Cleosseno e da Democrito e perfezionata da Polibio stesso.

Mi sembra opportuno soffermarmi a trattare delle segnalazioni luminose, molto utili in caso di guerra ma usate in passato in modo del tutto empirico. Tutti sanno che nelle imprese e particolarmente in quelle militari, occorre soprattutto saper approfittare delle occasioni propizie: le segnalazioni luminose contribuiscono a renderle note.

(28) Scrittore di cose militari vissuto nel IV sec. a.C.

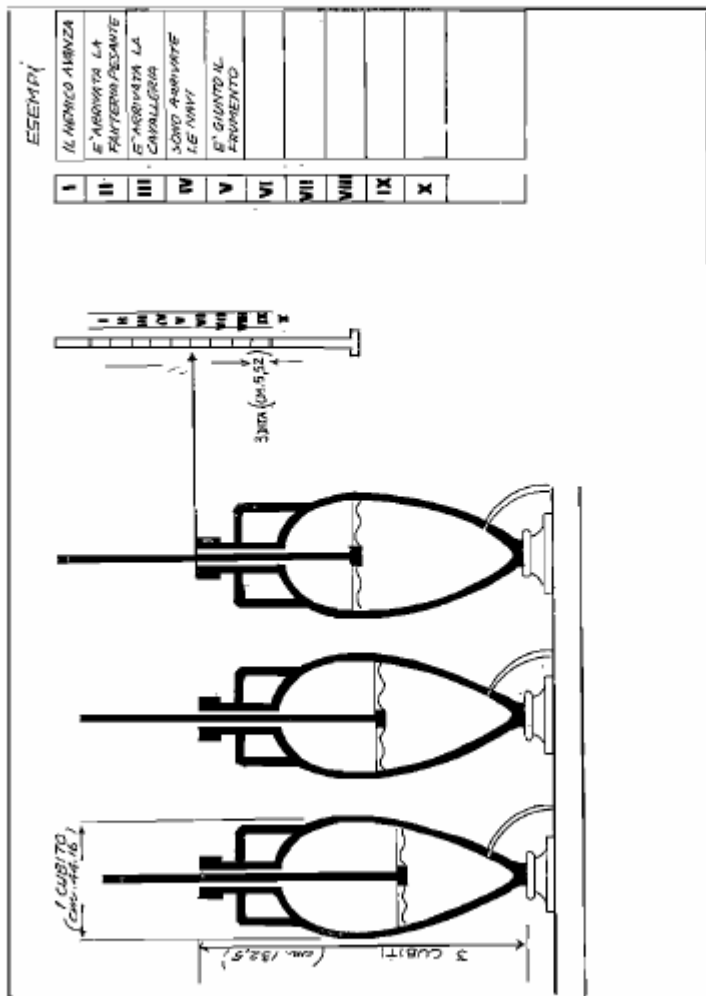


FIG. 18
APPARECCHI IDRAULICI DI SEGNALAZIONE IDEATI DA ENEA TATTICO NEL IV SEC. A.C.

Esse permettono infatti a chi di dovere di sapere che cosa sia avvenuto e che cosa stia accadendo anche se dista tre o quattro o più giorni di cammino. Le segnalazioni luminose possono dunque riuscire di grande aiuto in caso di necessità; ma in antico esse erano troppo elementari e perciò riuscivano per lo più inutili: si usavano infatti segni convenuti, ma essendo gli eventi possibili pressoché illimitati, non si potevano segnalarli coi fuochi, come appunto accade nei casi ricordati più sopra. Si poteva per esempio indicare con segni prestabiliti che la flotta nemica era a Oreo, a Pepareto, in Calcide, ma non che alcuni cittadini si erano ribellati o avevano tradito o che nella città era avvenuta una strage, o un qualsiasi altro avvenimento imprevedibile; eppure proprio gli eventi imprevisi richiedono interventi ed aiuti al momento opportuno. Ma non era possibile segnalare eventi non previsti.

Enea (Tattico), che compose un'opera « SULLA STRATEGIA » cercò di rimediare a questo inconveniente e fece effettivamente un progresso, ma non riuscì a rinnovare radicalmente il metodo delle segnalazioni luminose, come non è difficile dimostrare. Egli dice che coloro che vogliono comunicare qualche cosa per mezzo delle segnalazioni luminose debbono preparare dei vasi di terra perfettamente uguali fra loro in larghezza e profondità: la larghezza deve essere di un cubito (cm. 44,16), la profondità di tre (cm. 132,50). Egli consiglia poi di preparare dei sugheri un po' meno larghi dell'imboccatura dei vasi in modo da poter galleggiare liberamente sull'acqua dei vasi e scendere con essi in questi si debbono conficcare dei bastoncini divisi in parti uguali di tre dita (cm. 5,52), ciascuna delle quali porta una iscrizione ben chiara (evidentemente contrassegnata da una cifra o da un numero o da una lettera). Su ogni frammento del bastoncino è scritto uno degli avvenimenti che più frequentemente si verificano in guerra come per esempio: « i cavalieri sono arrivati nel territorio » e sul secondo: « E' arrivata la fanteria pesante » e sul terzo: « La fanteria leggera » e ancora: « I fanti con la cavalleria » e « Le navi » quindi « Frumento » e così via finché sulle singole parti dei bastoncini siano segnati tutti gli avvenimenti bellici che ragionevolmente si possano prevedere. Si deve poi praticare accuratamente un foro nel fondo di ciascuno dei vasi, in modo che i canaletti di scarico siano perfettamente uguali e ne sgorgi una identica quantità di liquido: dopo aver riempito i vasi d'acqua, si chiudono con i sugheri nei quali sono conficcati i bastoncini e si lasci poi scolare contemporaneamente l'acqua attraverso i canaletti. Poiché da entrambe le parti è stato costruito allo stesso modo, necessariamente,

di mano in mano che il liquido esce, scendono di uguale tratto nei vasi i sugheri coi bastoncini. Preparato tutto il necessario, in modo che vi sia perfetta coincidenza e accordo fra le due parti, gli uomini incaricati delle segnalazioni luminose si recano nelle località prestabilite e vi portano i loro vasi. Quando si verifica uno degli avvenimenti segnalati sul bastoncino, viene levata una fiaccola accesa che non si abbassa finché dall'altra parte non ne venga alzata una in risposta. Avvenuto questo, si tolgono insieme le fiaccole e subito si lascia scorrere l'acqua dai vasi. Quando il sughero è sceso fino al punto necessario perché l'iscrizione corrispondente agli avvenimenti sia all'altezza dell'orlo del vaso, chi fa la segnalazione leva di nuovo la fiaccola; chi la riceve chiude subito il canaletto e guarda che cosa sia scritto sulla bacchetta all'altezza dell'orlo del vaso; sarà quella la notizia che si vuole trasmettere, se i movimenti sono avvenuti sincronicamente (Fig. 18).

...Ma ecco il commento negativo di Polibio:

Questo metodo di trasmissione è un poco migliore di quelli con semplici segnali, ma è ancora troppo impreciso; evidentemente infatti non è possibile prevedere tutto il futuro né scrivere sul bastoncino tutto quello che si può prevedere: le circostanze impreviste non si possono segnalare con questo metodo, né quanto è scritto sul bastoncino è abbastanza determinato. Per esempio non si può dire quanti fanti e quanti cavalieri siano arrivati, né in qual punto del territorio o quante navi, o quale quantità di frumento; in generale non si può fare alcuna previsione intorno ad avvenimenti sconosciuti, prima che essi si siano verificati. Ma le notizie sono quelle che con questo metodo non si possono trasmettere: come si può decidere di accorrere in aiuto, senza sapere quanti nemici siano sopravvenuti o dove si trovino? Come riprendere animo o scoraggiarsi del tutto o prendere qualche provvedimento, non sapendo quante navi o quanto frumento siano arrivati da parte degli alleati?

...e suggerisce un nuovo metodo:

Il metodo più recente di segnalazione, inventato da Cleoseno e Democrito e perfezionato da me, è preciso ed adattabile ad ogni circostanza, ma deve essere attuato con grande cura e diligenza. Si tratta di questo: si dividono le lettere dell'alfabeto in cinque gruppi di lettere ciascuno; alla fine mancherà una lettera, ma ciò non nuoce gran che all'insieme della segnalazione. Gli uomini incaricati di fare la segnalazione luminosa debbono preparare cinque tavolette e scrivere ogni gruppo di lettere su una tavoletta; devono accordarsi quindi con coloro che

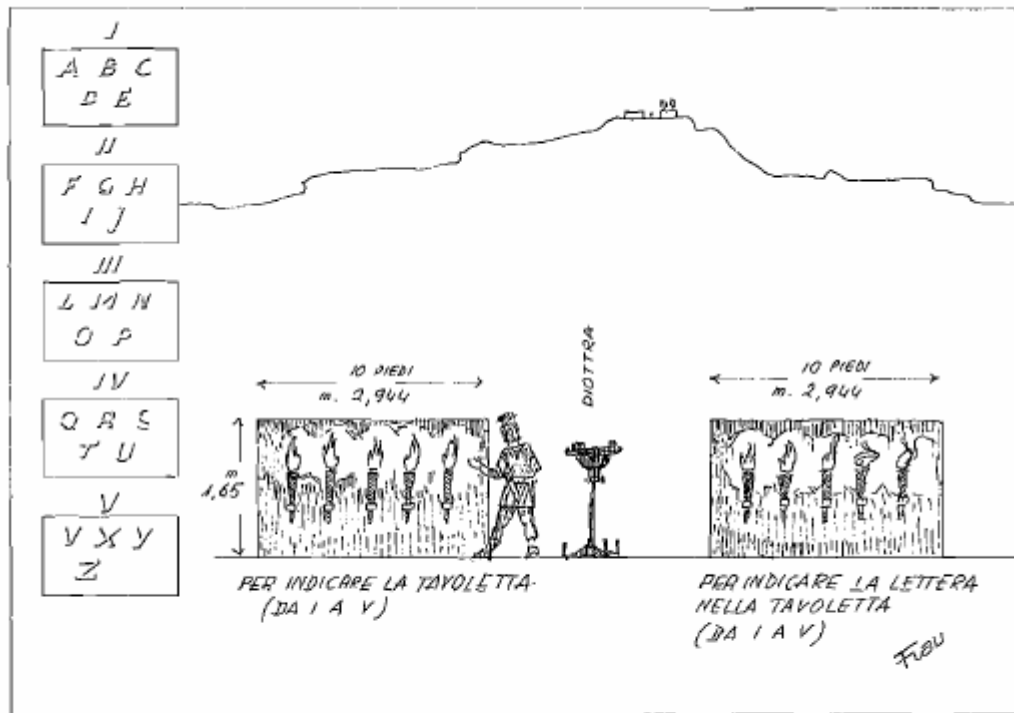


FIG. 19
SISTEMA DI SEGNALAZIONE LUMINOSA IDEATO DA CLEOSSENSO, DA DEMOCLITO E DA POLIBIO

debbono ricevere la segnalazione e che avranno fatto la stessa cosa; chi vuole trasmettere il segnale leva una fiaccola, quindi una seconda e attende finché chi lo deve ricevere faccia altrettanto in risposta. Sarà questo il modo di invitarsi reciprocamente a prestare attenzione. Ottenuta la risposta, chi trasmette il segnale, abbassate le prime fiaccole, ne innalza altre a sinistra indicando con esse quale tavoletta si debba guardare: se si deve guardare la prima tavoletta si innalzerà una fiaccola, se la seconda due e così via. Alzerà quindi allo stesso modo altre fiaccole dalla parte destra, per indicare quale lettera dovrà scrivere sulla sua tavoletta l'incaricato che riceve la comunicazione.

Stabilito tutto questo, gli incaricati si dividono e si recano sul posto di vedetta; qui essi dovranno innanzitutto provvedersi di un « traguardo », cioè uno strumento munito di due fori (una diottra), che permettendo di concentrare lo sguardo sul lato destro o sul lato sinistro della posizione dalla quale le segnalazioni vengono trasmesse. Presso al « traguardo » vengono conficcate diritte le tabelle; sia a destra che a sinistra si innalzerà un parapetto largo dieci piedi (m. 2,944) e dall'altezza di un uomo (circa m. 1,65), affinché le fiaccole levate al di sopra di quello si vedano distintamente e abbassate scompaiano del tutto. Preparato tutto ciò da entrambe le parti, chi vuole segnalare per esempio che « circa cento soldati sono passati dalla parte degli avversari » deve prima di tutto trovare il modo di esprimere la notizia col minor numero di parole possibile, per esempio così: « cento Cretesi disertarono »; in questo caso si esprime la stessa cosa con meno della metà delle lettere. Scritta la notizia su una tavoletta, la si trasmette con le fiaccole nel modo seguente: la prima lettera è una C che si trova al terzo posto sulla prima tavoletta; si dovrà alzare una fiaccola da sinistra in modo che chi riceve la segnalazione sappia di dover guardare la prima tavoletta; poi si dovranno innalzare tre fiaccole a destra in modo da indicare che la lettera è una C, cioè la terza lettera sulla prima tavoletta; chi riceve la segnalazione segnerà sulla sua tabella C. Quindi ci dovrà innalzare una fiaccola a sinistra perché la E si trova ancora sulla prima tavoletta, poi cinque fiaccole a destra perché la lettera è al quinto posto. Chi riceve la segnalazione scrive E e così di seguito. Con questo metodo si può segnalare qualsiasi avvenimento (Fig. 19).

Le fiaccole necessarie sono molte, perché ce ne vogliono due per ogni lettera, tuttavia con un po' di attenzione si può segnalare qualunque notizia. Bisogna però che, qualsiasi metodo si usi, gli incaricati si esercitino con cura, per saper fare la trasmissione senza errori al momento del bisogno.

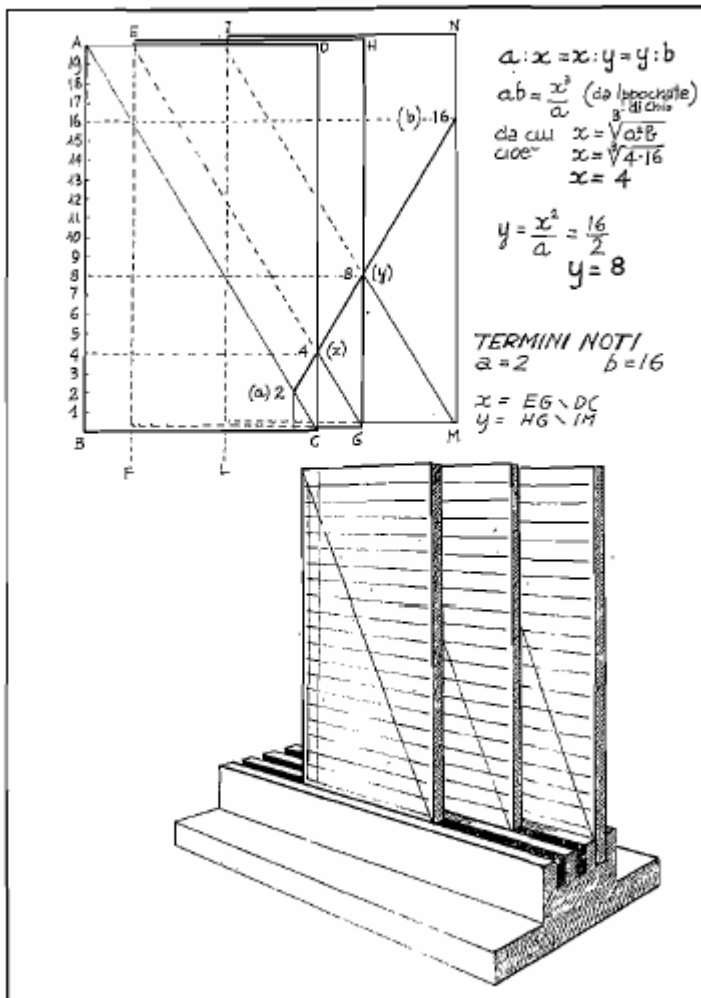


FIG. 20
IL MESOLABIO DI ERATOSTENE.

IL MESOLABIO DI ERATOSTENE

(Fig. 20)

Dice Vitruvio (29): *(Archita di Taranto ed Eratostene da Cirene) indipendentemente l'uno dall'altro e con procedimenti diversi, riuscirono a risolvere il difficile problema che Apollo, attraverso il suo oracolo di Delo, aveva posto agli abitanti dell'isola omonima: costoro infatti, per liberarsi dell'ira divina avrebbero dovuto raddoppiare il volume dell'altare del dio, che aveva la forma di un cubo.*

Archita vi riuscì con un procedimento geometrico mediante una figura a base di cilindri, Eratostene empiricamente, per mezzo di quello strumento che è detto MESOLABIO.

Letteralmente « prendere nel mezzo », il MESOLABIO era uno strumento che consentiva di trovare meccanicamente due medie proporzionali x , y da inserire tra due segmenti dati a , b cioè:

$$a : x = x : y = y : b$$

Lo strumento era composto da tre tavolette rettangolari uguali, tagliate ciascuna da una diagonale e disposte in modo che due di esse potessero scorrere su due guide e sovrapporsi parzialmente tra loro ed alla terza in modo che si ottenessero meccanicamente le due medie richieste.

Orizzontalmente le tavolette erano tagliate da linee indicanti grandezze determinate.

Sovrapponendo la seconda e la terza tavoletta in modo che i valori conosciuti a , b fossero uniti da una linea intersecante le diagonali nel loro punto di incontro con il bordo destro della prima e della seconda tavoletta si trovavano empiricamente anche le grandezze di x (punto di incontro tra ab - DC - EG) ed y (punto di incontro tra ab - HG - IM).

(29) Vitr. De Arch. liber, Pref. lib. IX.

Questa applicazione permise anche di dimostrare la teoria di Ippocrate di Chio (30) secondo cui il problema della duplicazione del cubo è riducibile a quello della inserzione di due medi proporzionali fra due numeri dati. Infatti da:

$$a : x = x : y = y : b \quad \text{si ha}$$

$$(I \text{ e } II) \quad y = \frac{x^2}{a}$$

$$(I \text{ e } III) \quad a : x = y : b \quad \text{in cui sostituendo il valore di } y$$

$$a : x = \frac{x^2}{a} : b \quad \text{da cui} \quad a \cdot b = \frac{x^2}{a}$$

moltiplicando ambedue i termini per a^2 si ha:

$$a^3 b = a x^2 \quad \text{cioè} \quad a^2 b = x^2$$

e posto $b = 2a$ si avrà

$$\boxed{2 a^3 = x^2}$$

Formula che dimostra appunto la teoria di Ippocrate di Chio.

(30) Vissuto verso il 450-420 a.C. Fondatore della Scuola geometrica ateniese.