

VOLTE E CUPOLE

NOMENCLATURA (Appunti di G. Trabucco)

MORFOLOGIA DELLE VOLTE (Appunti di G. Trabucco)

Volte a semplice curvatura

- Volta a botte

Volte composte

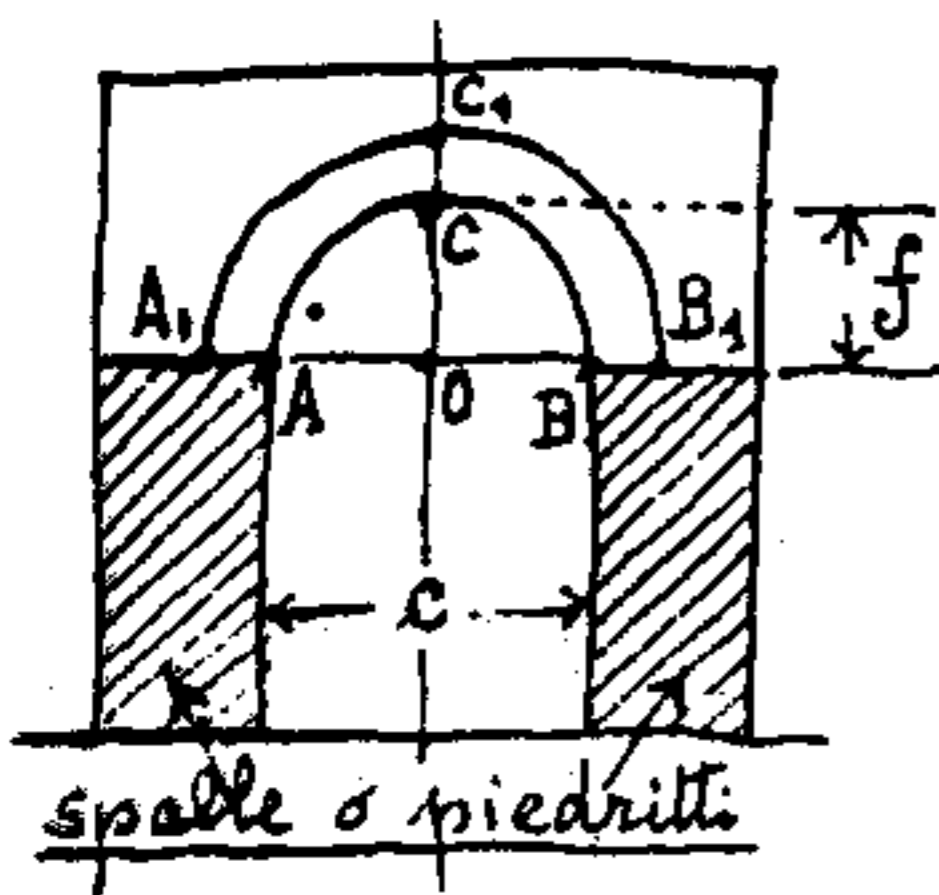
- Volta a padiglione
- Volta a crociera

Volte a doppia curvatura

- Volta a vela
- Cupola

TECNICHE COSTRUTTIVE

- Centine per volte
- Fasi costruttive
- Apparecchio murario
- La falsa volta (Appunti di A. Buti)
- Volta in canniccio
- Raccordo con le pareti verticali
- Catene e cerchiature



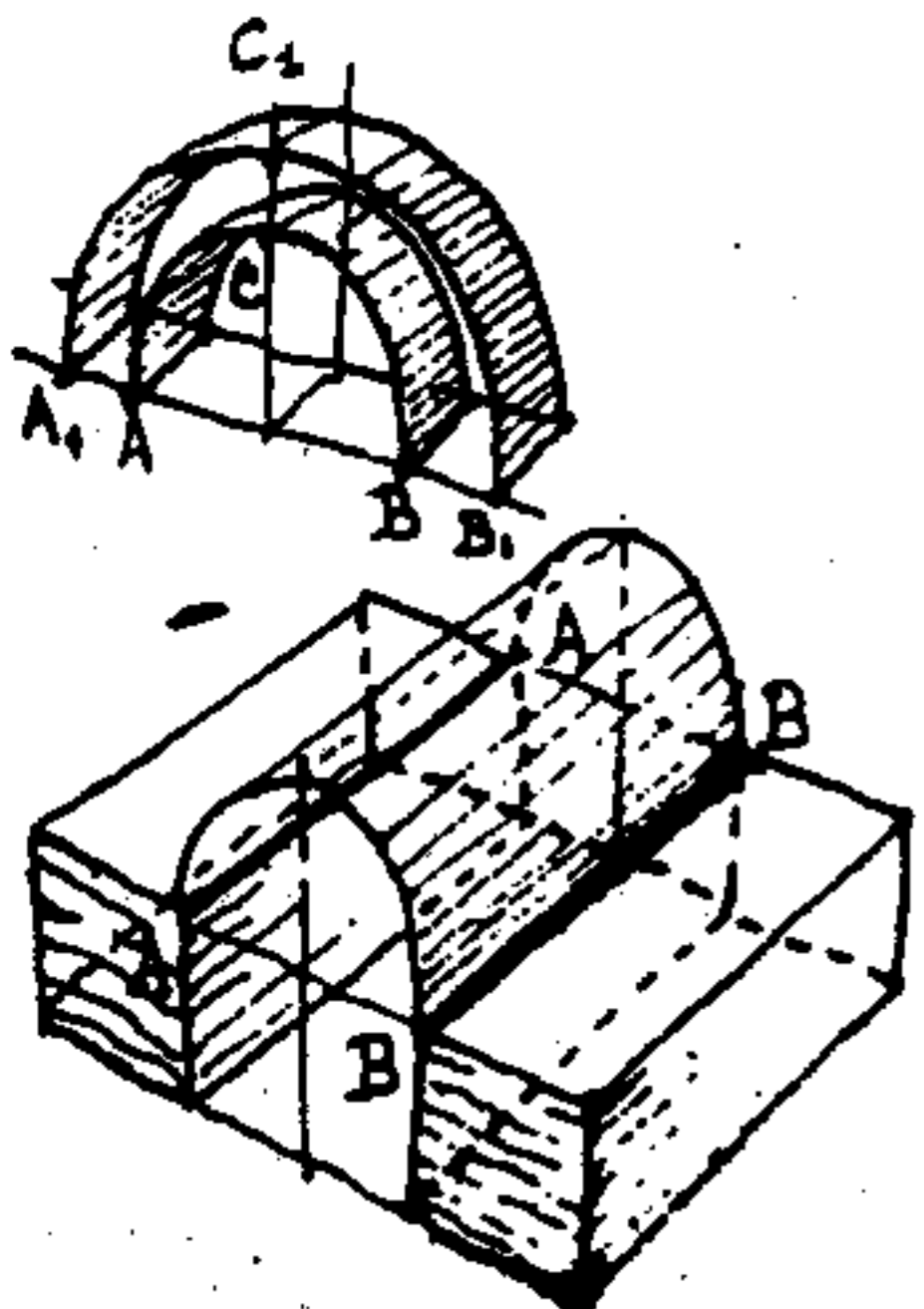
intradosso: è la superficie concava ACB che limita la struttura nella parte inferiore;

estradosso: è la superficie convessa A₁B₁C₁ che limita la struttura superiormente;

sesto dell'arco o della volta: è la linea ACB che segna il profilo d'intradosso;

corda o luce: è la distanza c tra le spalle;

monta o freccia o saetta: è la distanza f tra il piano d'appoggio AB e il vertice C dell'intradosso, ossia la distanza OC;

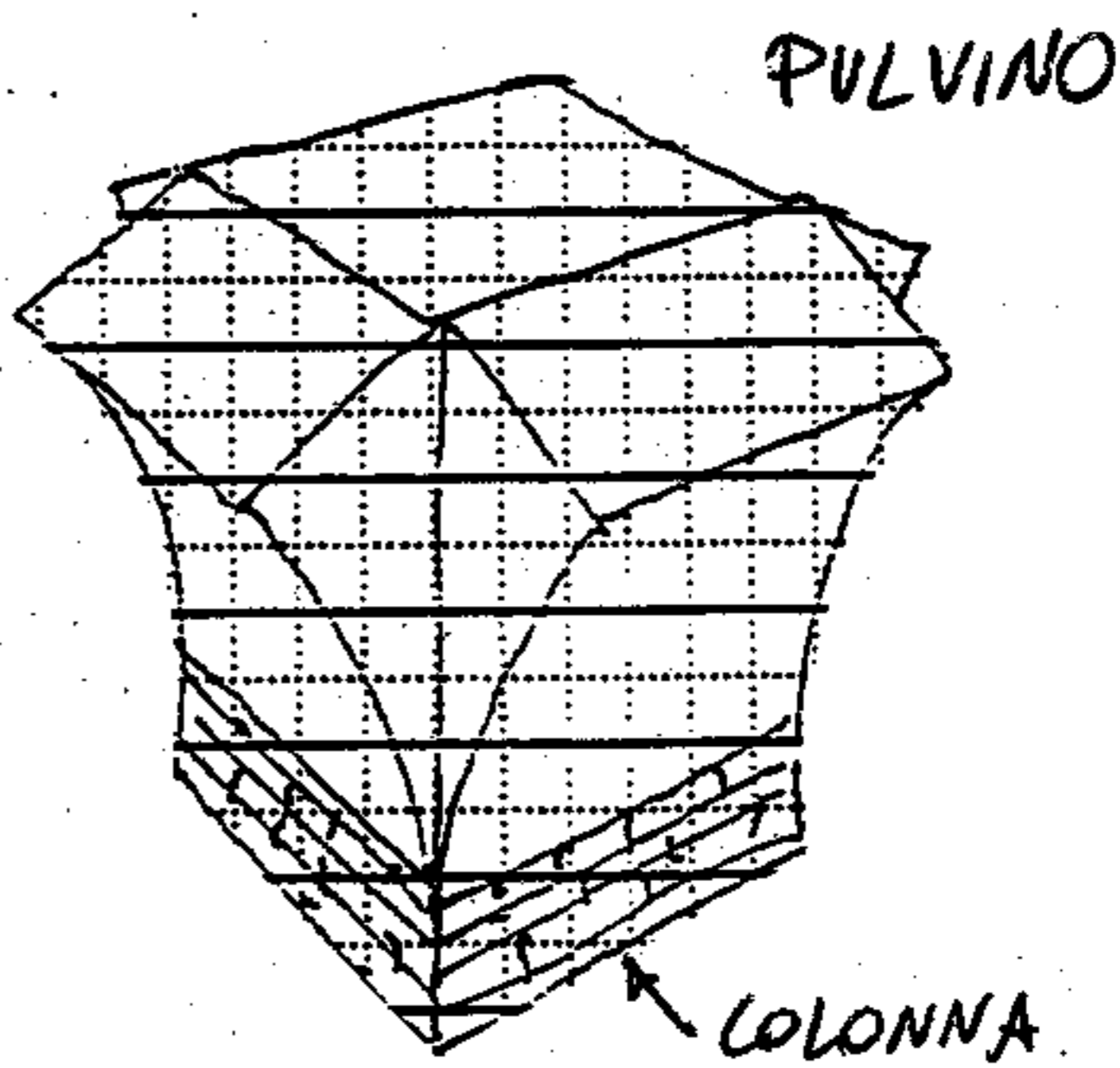
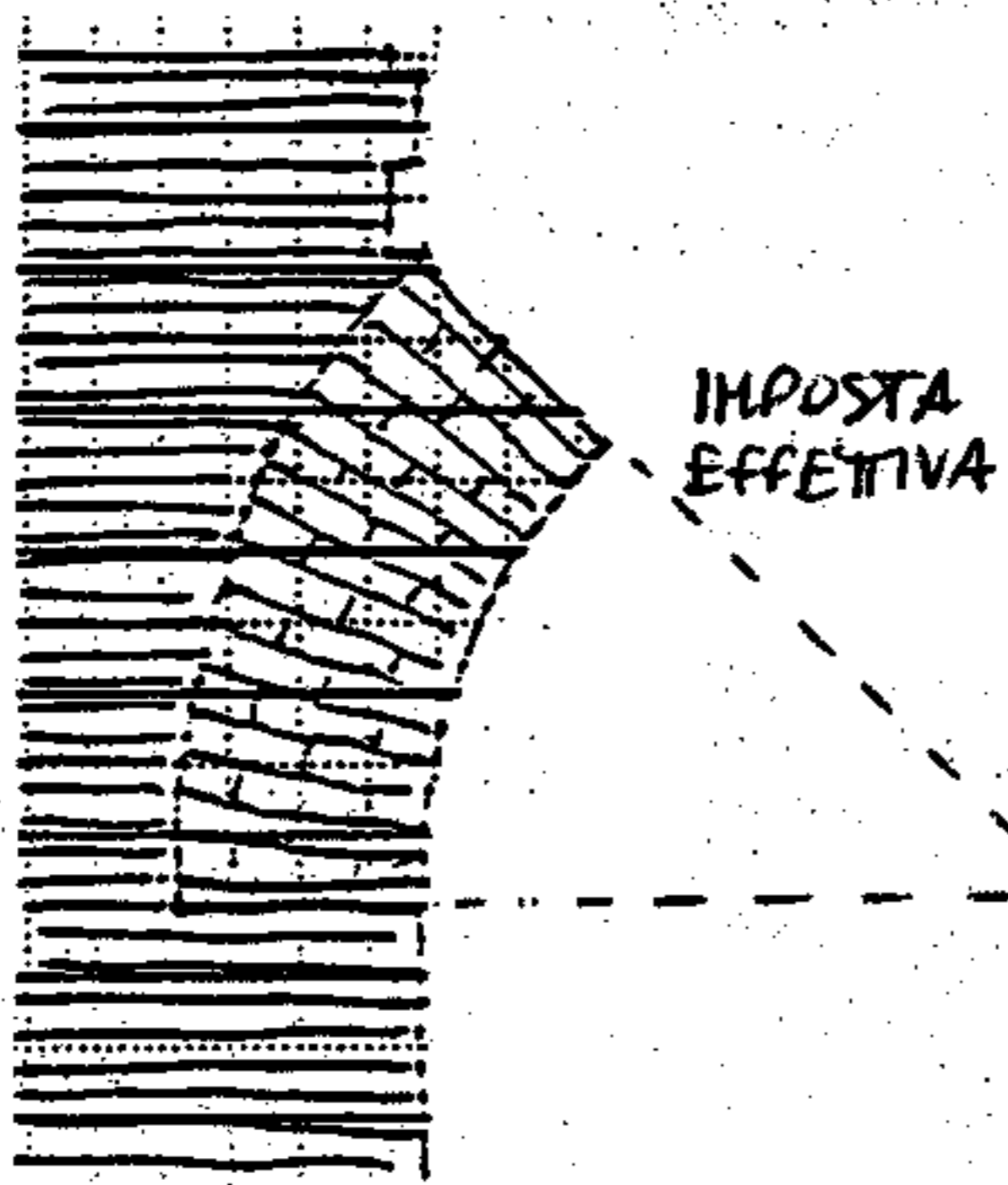


piano d'imposta: è il piano d'appoggio AB;

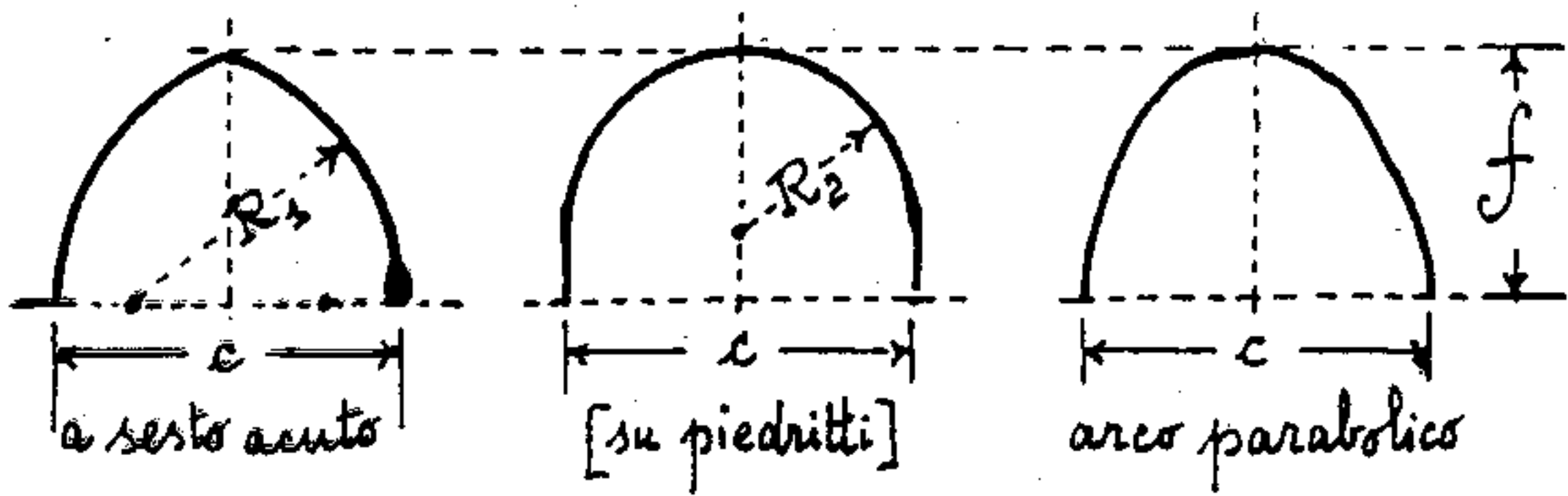
linee o rette d'imposta: sono le intersezioni dell'intradosso con le pareti interne dei piedritti, le quali, in prospetto, si proiettano nei punti A e B

fronti di un arco o di una volta cilindrica: sono i piani verticali e paralleli che delimitano le dette strutture murarie sia nella parte anteriore, sia nella parte posteriore.

INSERIMENTO DELL'ARCO NELL'ORGANISMO EDILIZIO

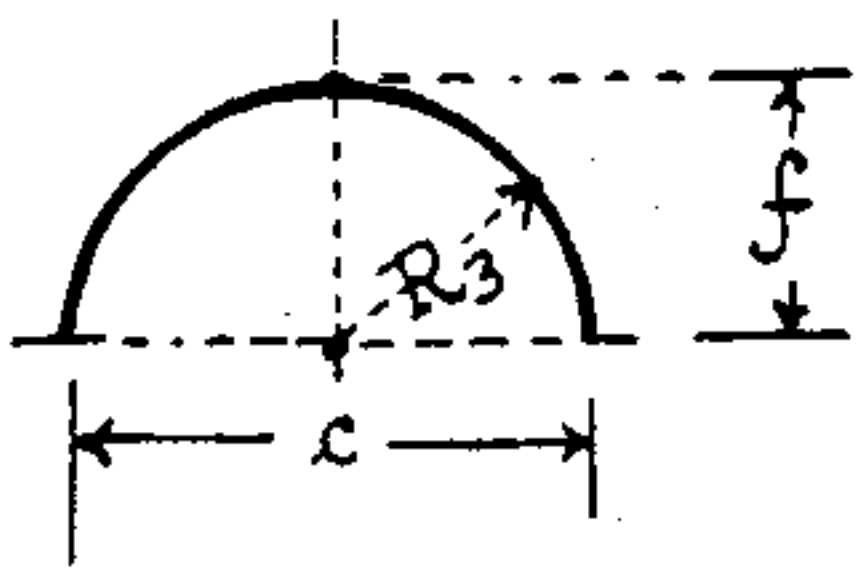


SESTO O PROFILO DEGLI ARCHI E DELLE VOLTE

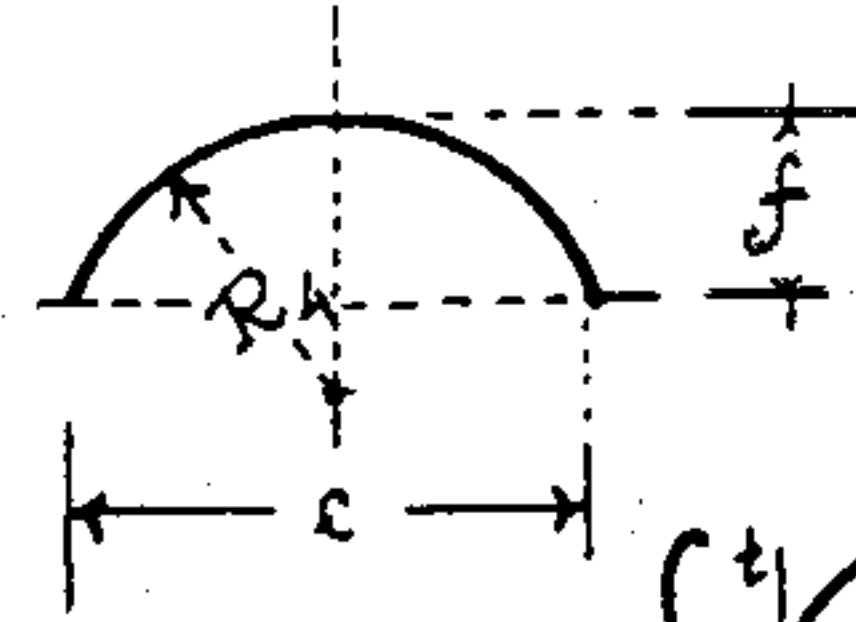


arco rialzato

$$f > \frac{c}{2}$$

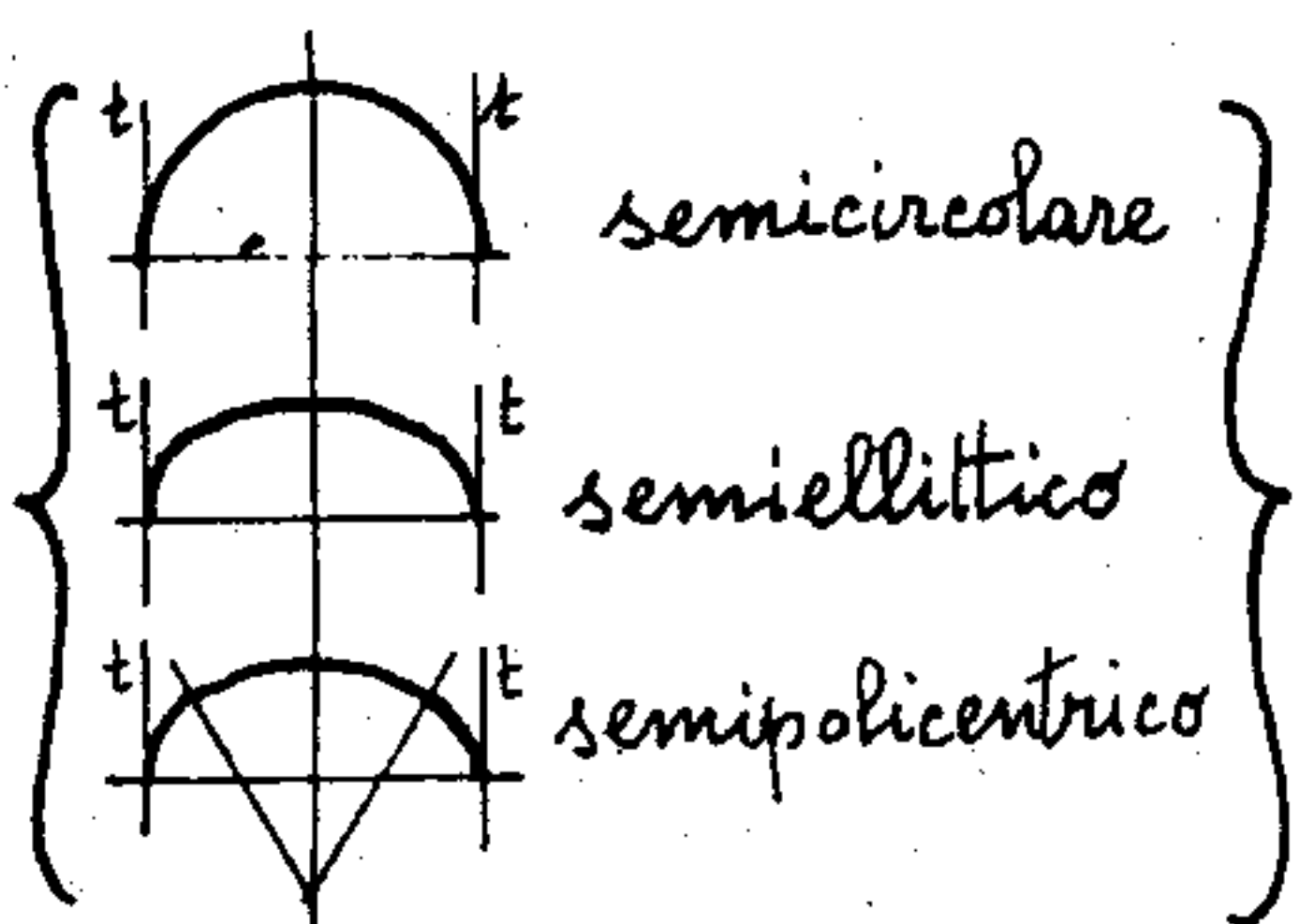


arco a tutto sesto (= semicerchio) $f = \frac{c}{2}$



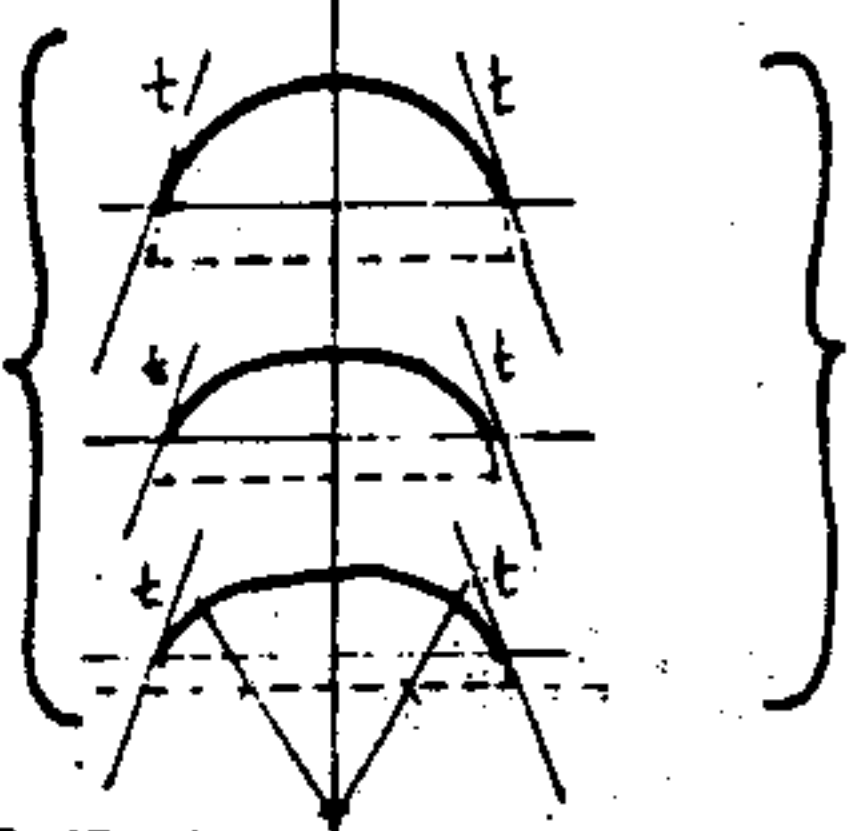
arco a sesto ribassato $f < \frac{c}{2}$

profili completi:

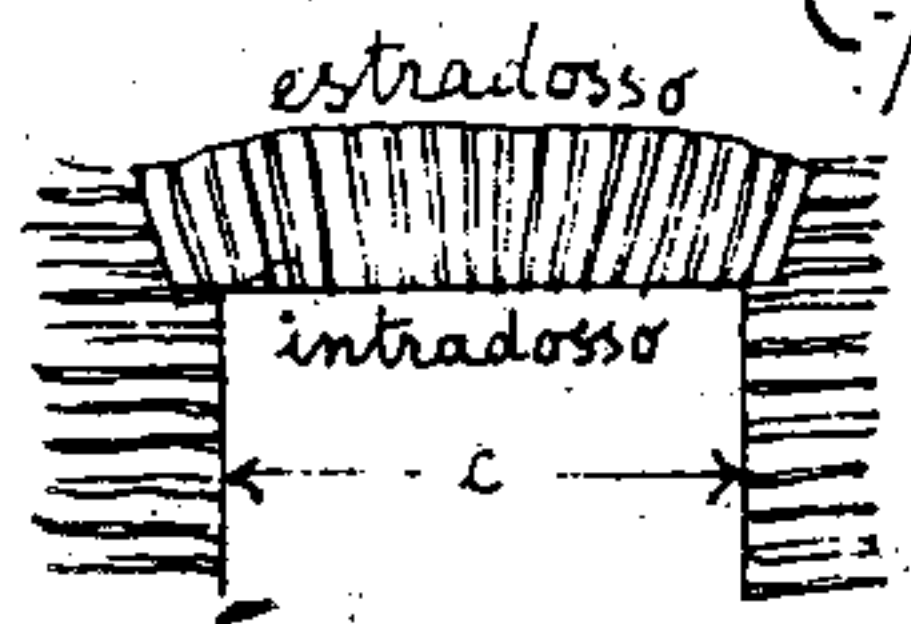


le tangenti all'intradosso in corrispondenza delle linee d'imposta sono verticali

profili non completi:

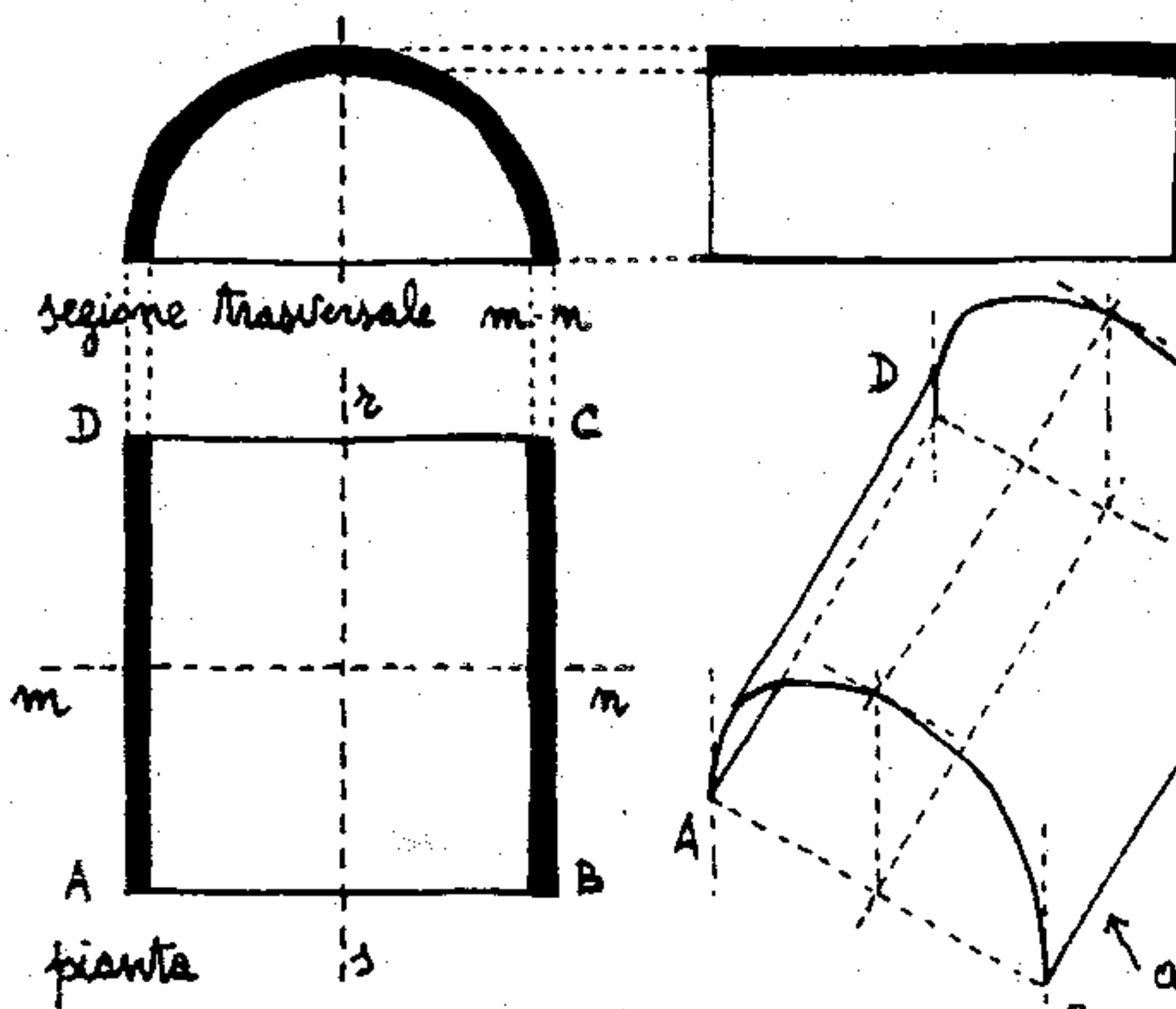


le tangenti all'intradosso in corrispondenza delle linee d'imposta NON SONO verticali.



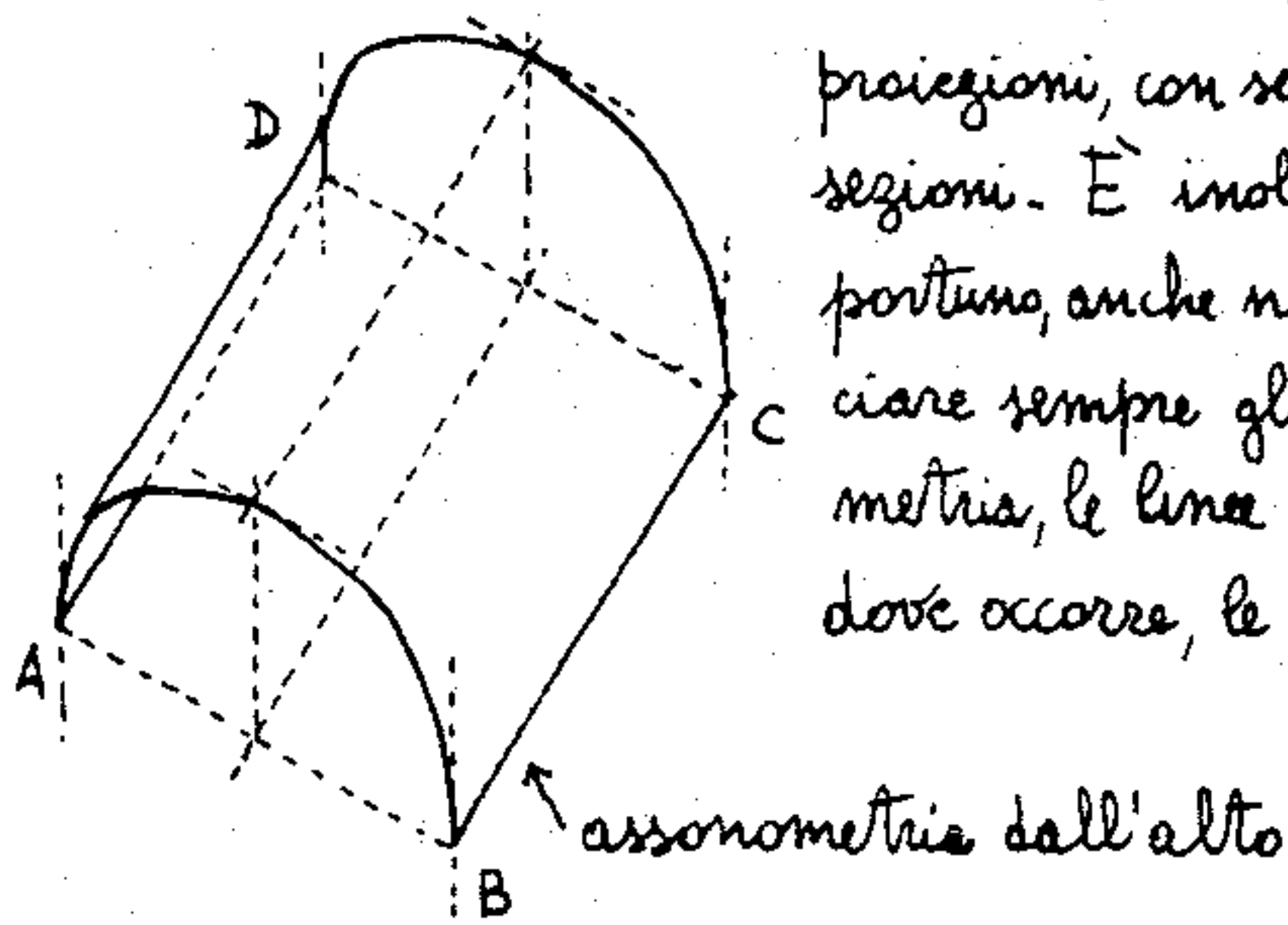
profilo a piattabanda: l'intradosso è piano ed orizzontale; l'estradosso è orizzontale oppure leggermente convesso; i letti (vedi appresso) sono convergenti.

SCHEMI GEOMETRICI VOLTE SEMPLICI: LA BOTTE



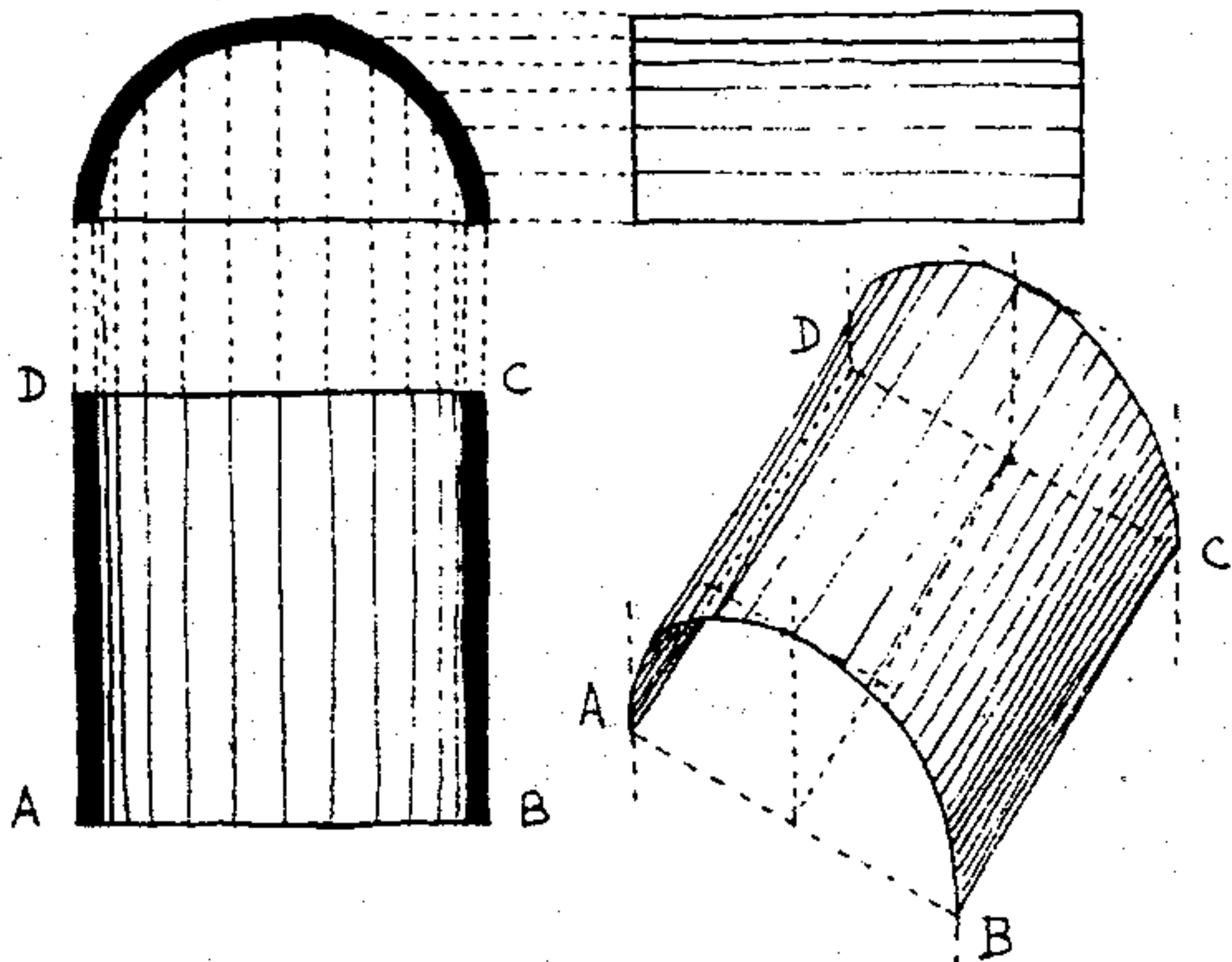
sezione longitudinale r-s

Con linee sottili si indicano le proiezioni, con segno grosso le sezioni. È inoltre utile ed op. portuno, anche negli schizzi, tracciare sempre gli assi di simmetria, le linee di richiamo e, dove occorre, le tangenti.

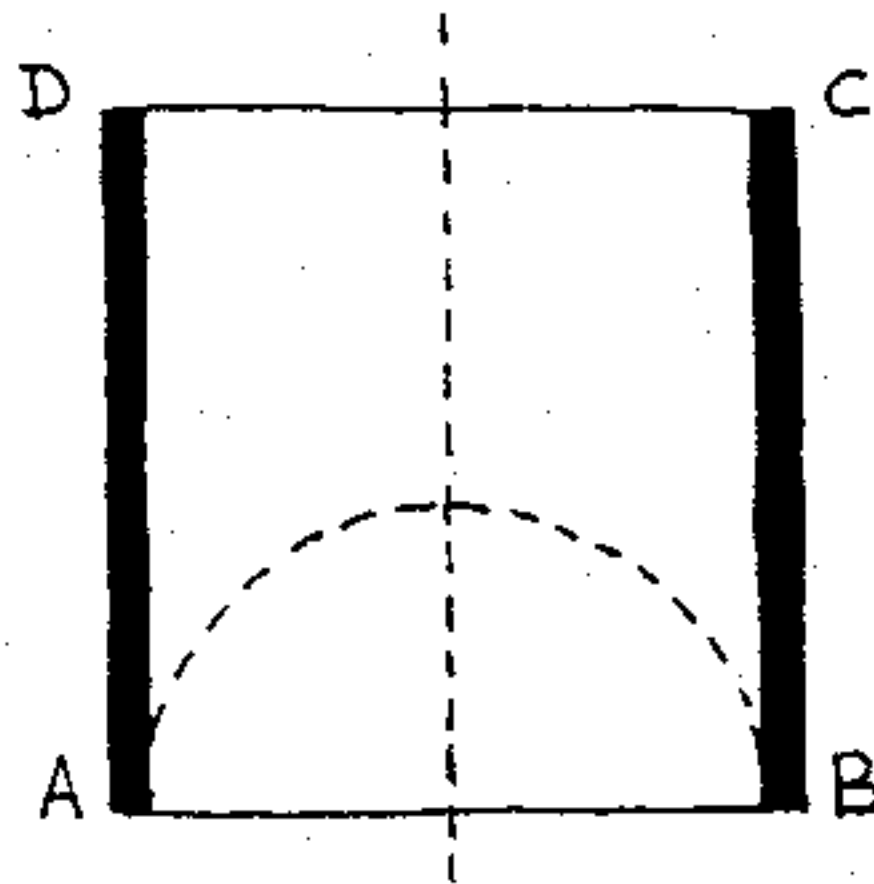


assonometria dall'alto

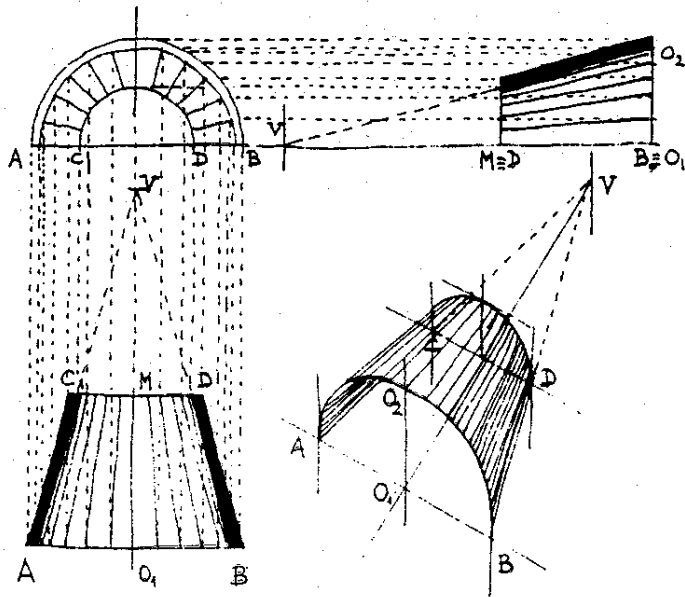
Qualche volta può giovare di indicare le generatrici: si procede allora come qui sotto è indicato.



L'intradosso di una volta a botte è una superficie cilindrica.

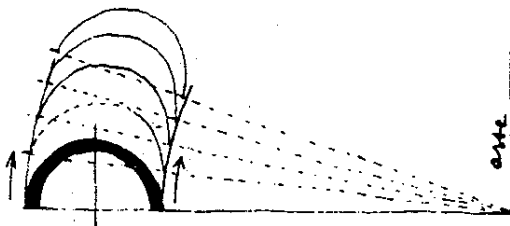


In alcune piante di edifici la presenza e il sesto d'una volta a botte viene spesso indicato come nella figura qui a destra: il semicerchio è il ribaltamento sul piano orizzontale della direttrice che giace su un piano verticale.



VOLTA CONICA

La volta conica è stata usata dai Romani per coprire ambienti a pianta triangolare; la volta troncoconica è frequentissima nei corridoi a pareti convergenti a sostegno di gradinate nelle cavee di teatri o di anfiteatri.

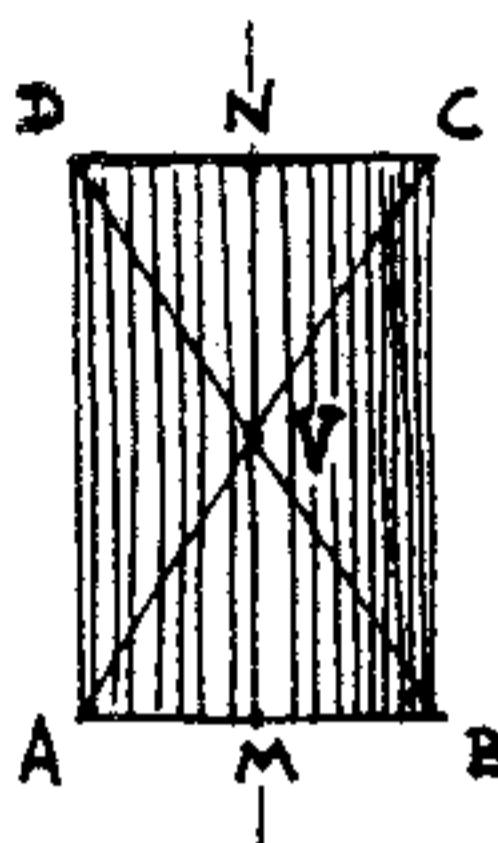
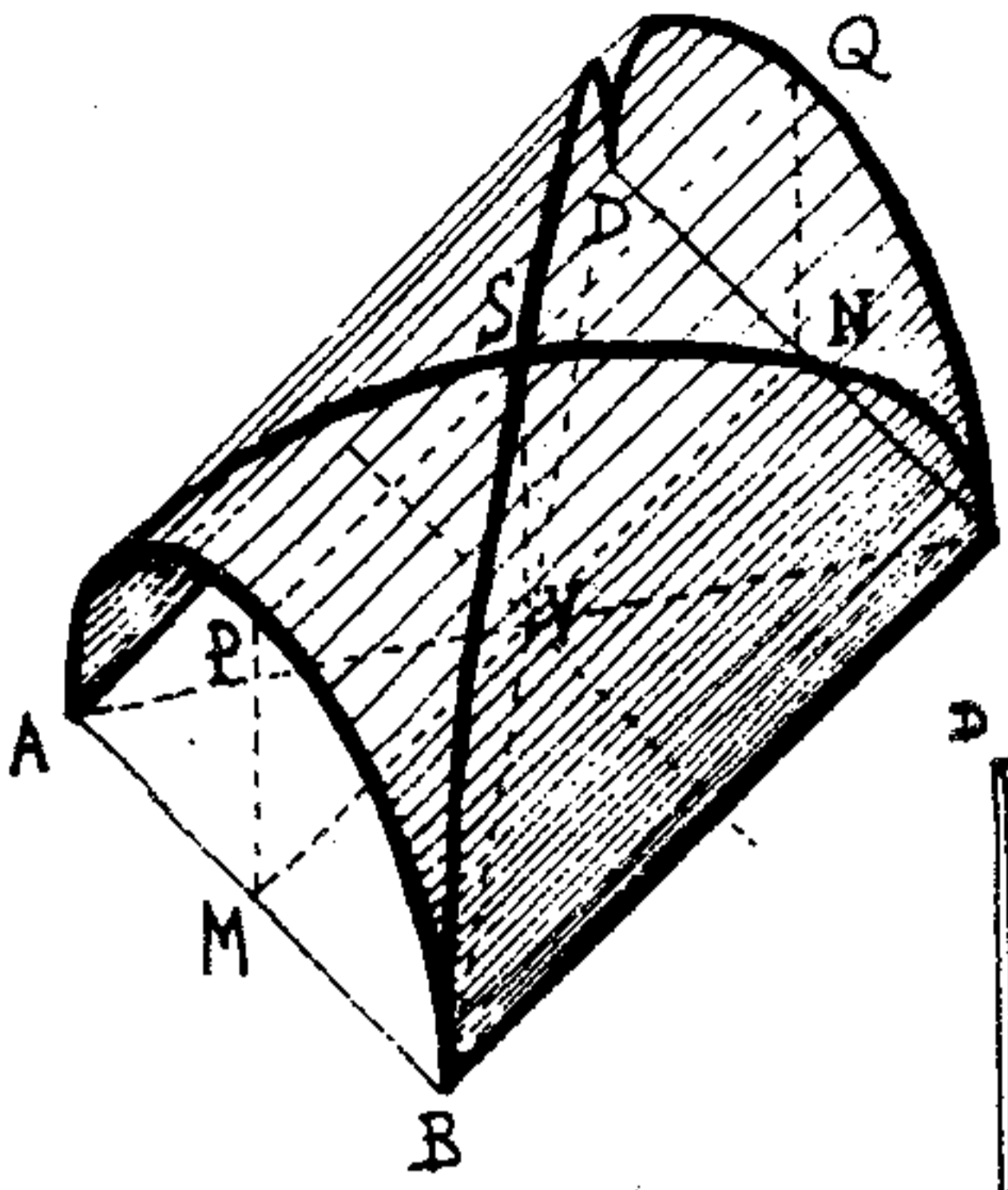


VOLTA ANULARE O A TORO

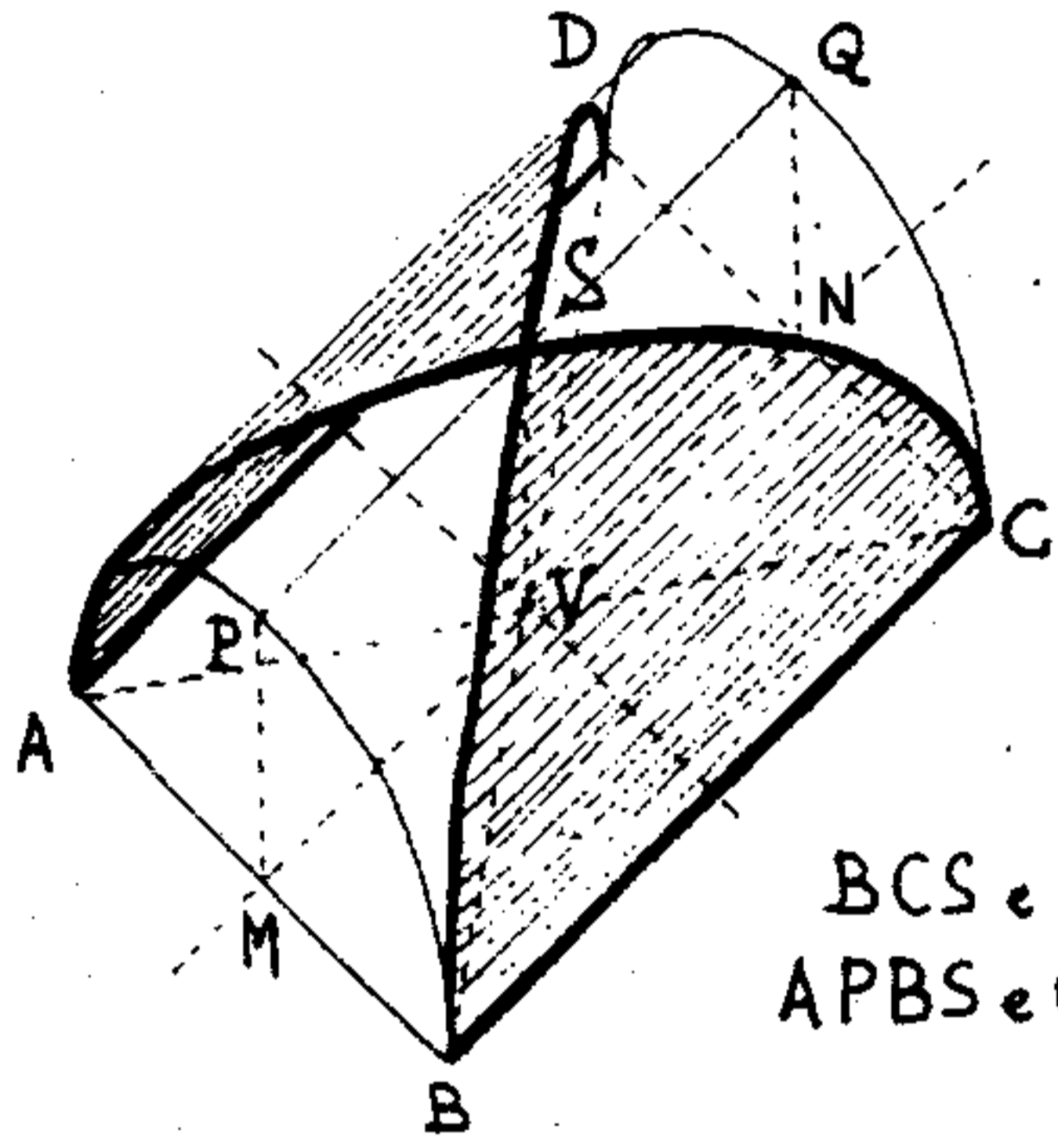
Non è una superficie rigata. È generata da un semicerchio giacente in un piano verticale che ruota intorno a un asse verticale,

e descrive pertanto un semicircolo, o "toro", destinato a coprire l'area d'una corona circolare.

(Si vede a Roma in S.^{ta} Costanza, nonché in ambulacri di teatri romani.)



Abbiamo visto finora volte semplici, cioè generate da una sola superficie; vedremo ora volte composte, cioè dovute all'unione o all'intersezione di due o più superfici.



Sia data una volta a botte cilindrica: la sua proiezione orizzontale sia il rettangolo ABCD; le sue fronti siano ABP e CDQ, e le sue linee d'imposta AD e BC.

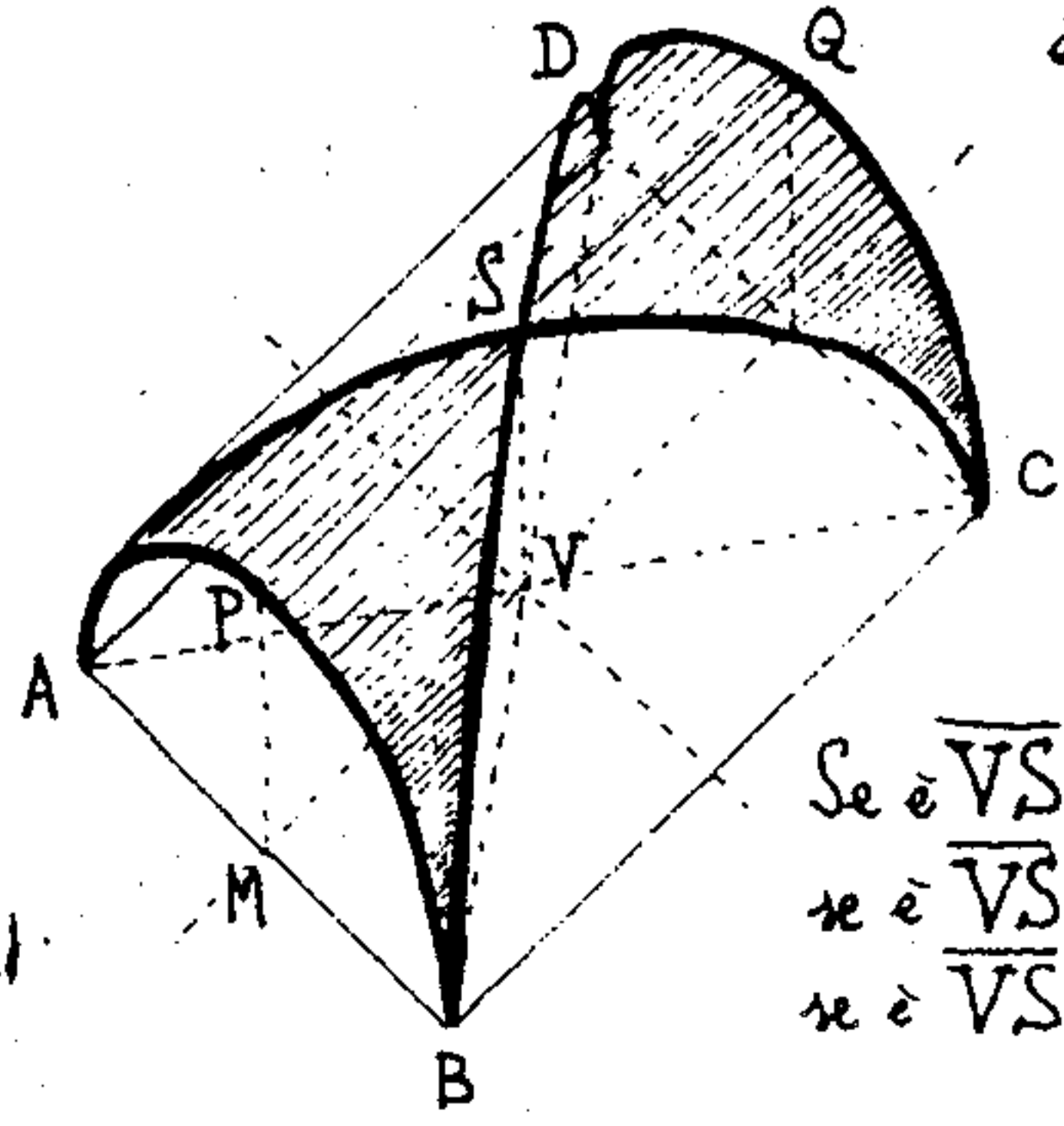
Seghiamola con due piani verticali eretti sulle diagonali AC e BD della base.

Veniamo così a scomporla in quattro parti, due a due eguali ed opposte.

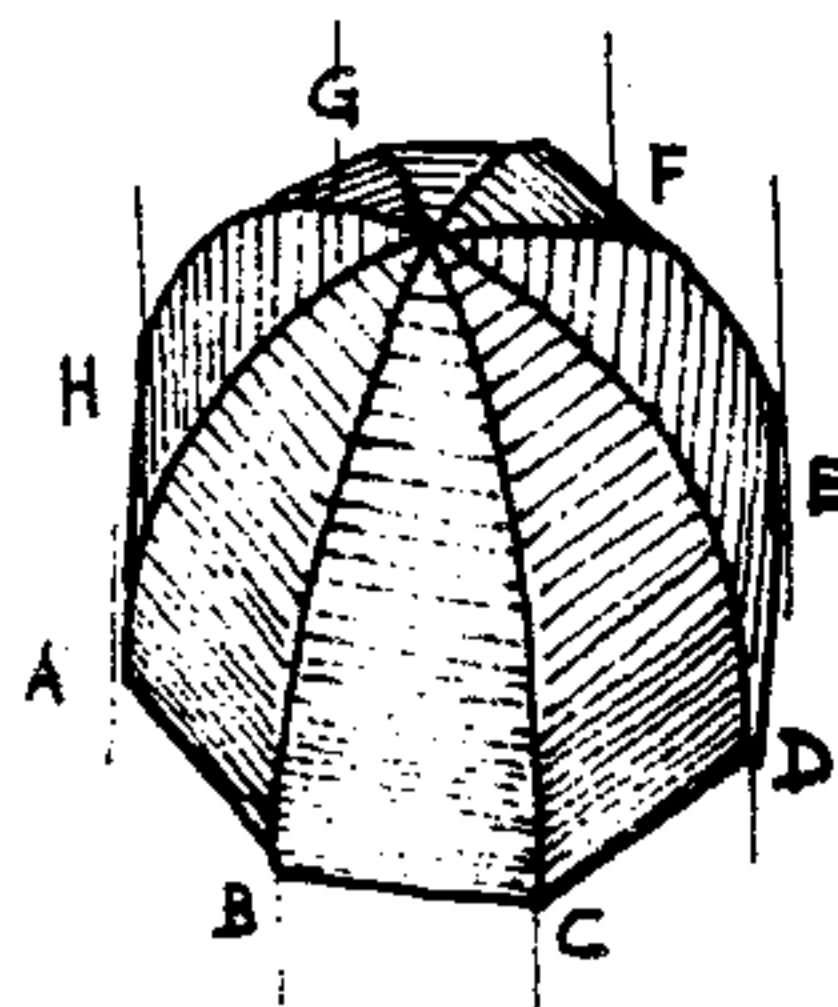
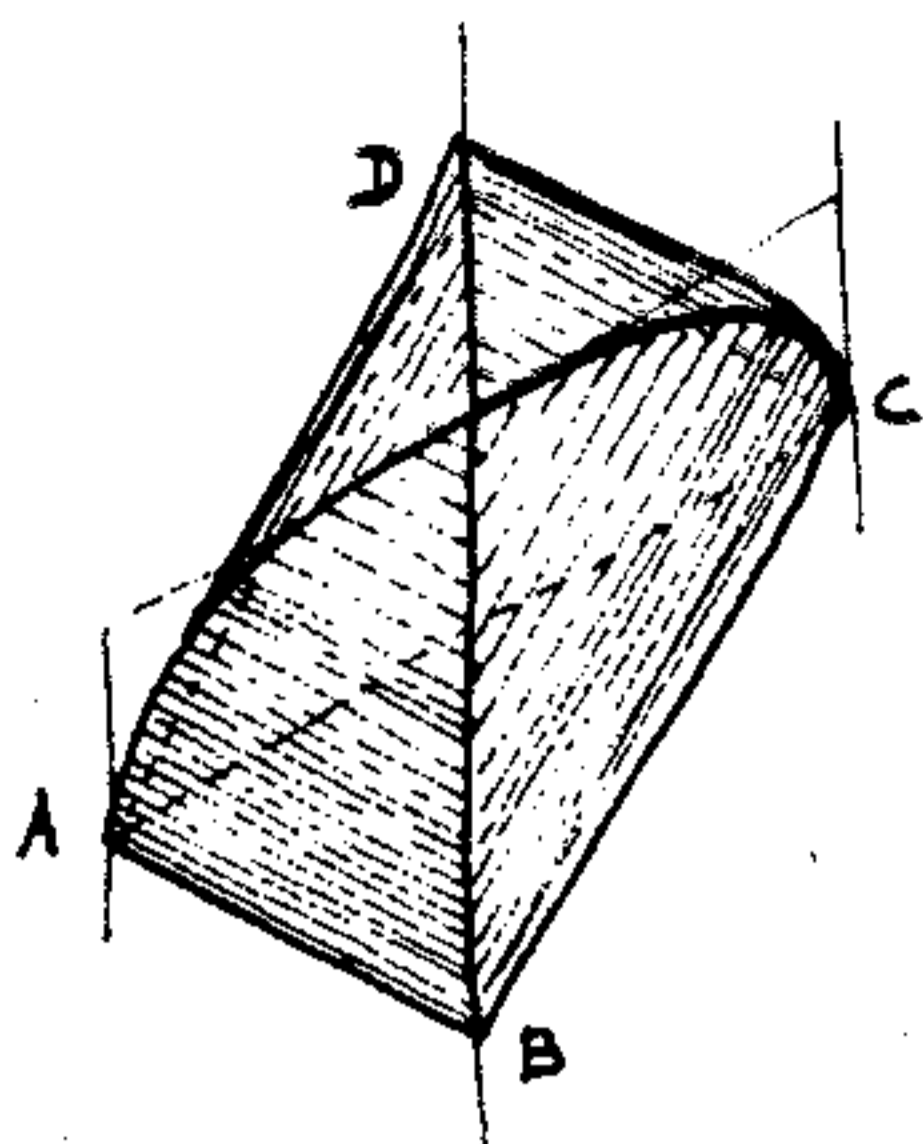
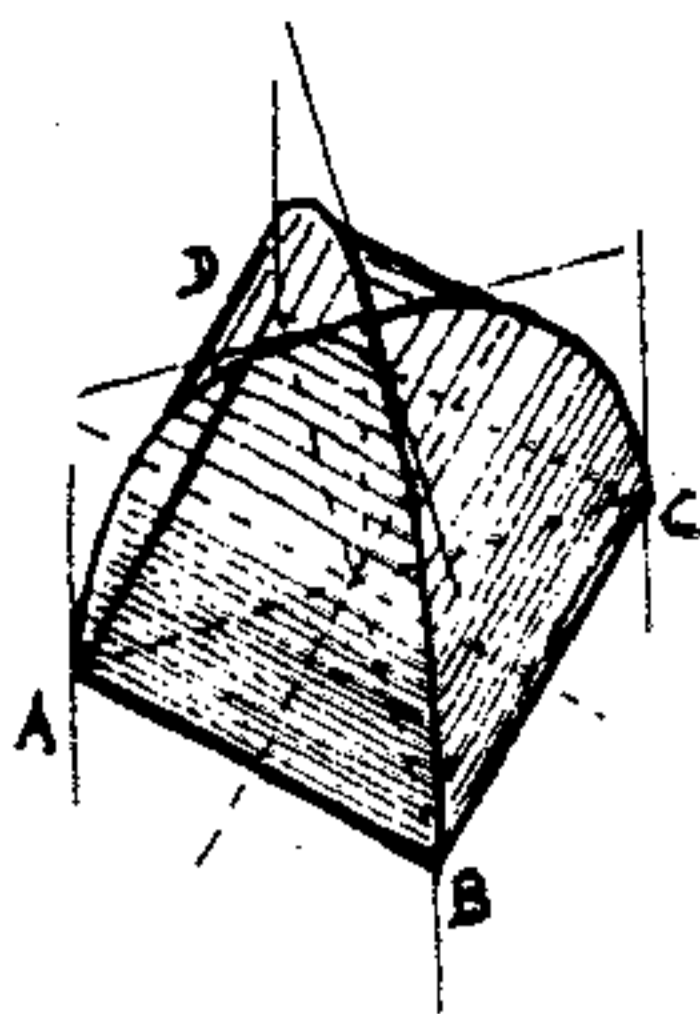
BCS e ADS sono fusi cilindrici
 APBS e CQDS sono unghie cilindriche

La proiezione orizzontale di un fuso o di un'unghia è sempre un triangolo.

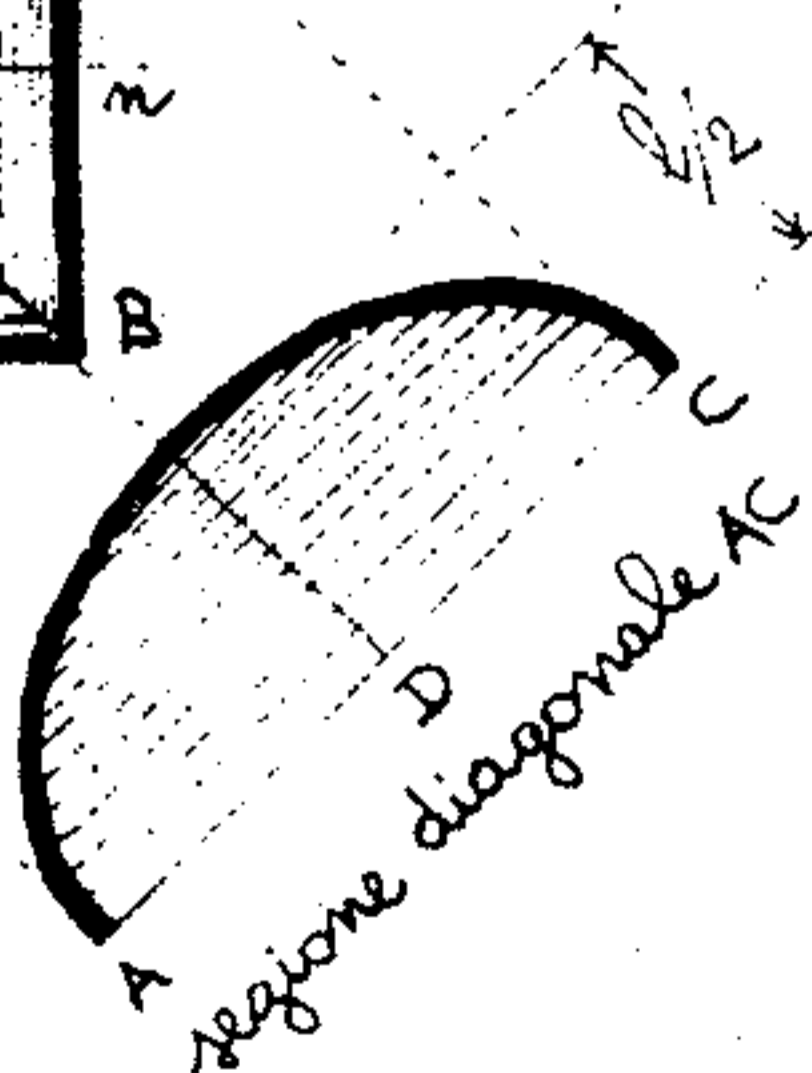
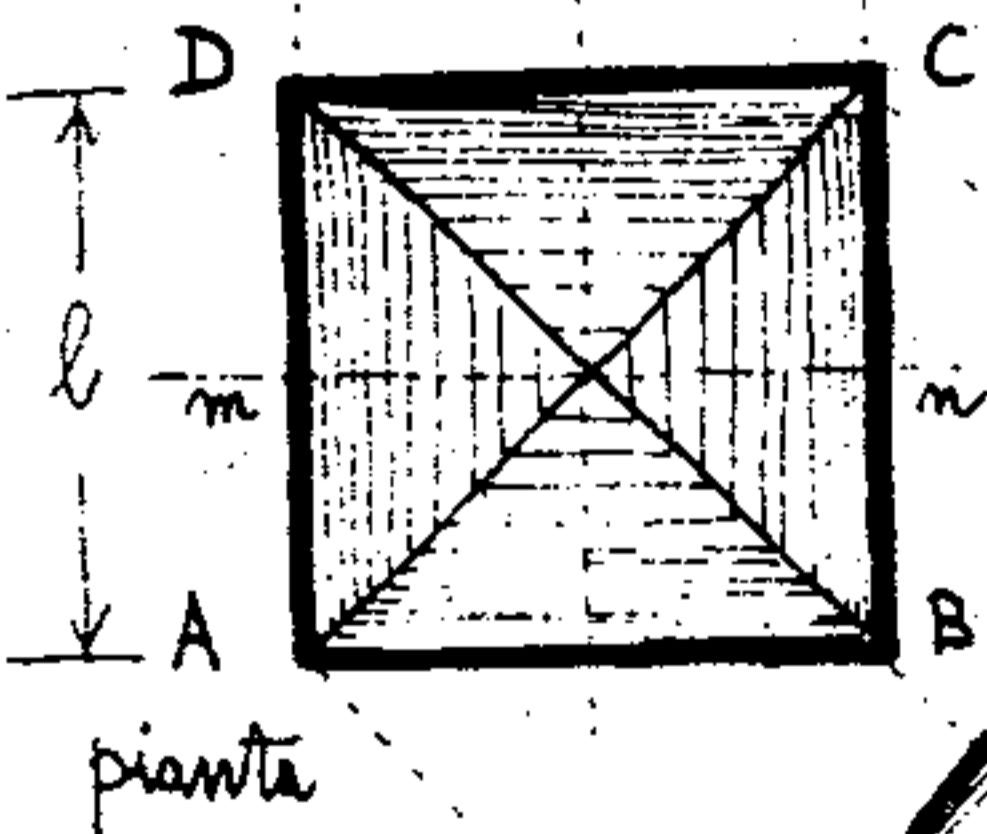
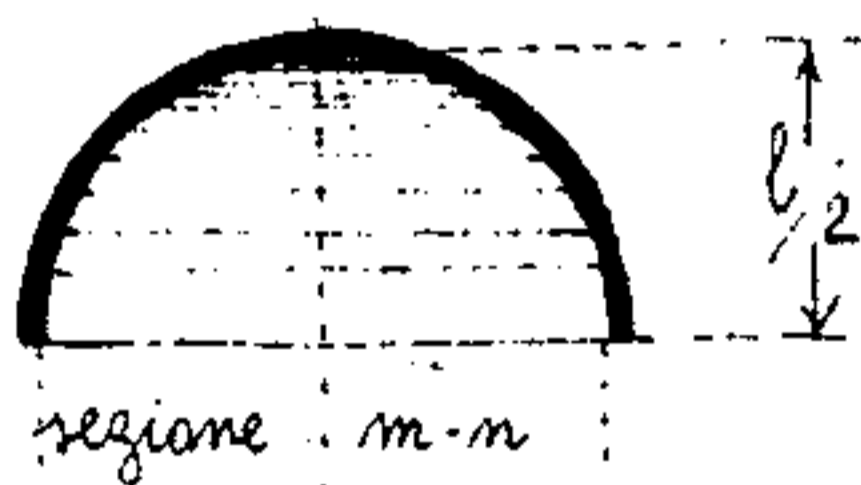
L'altezza VS comune alle quattro parti dicesi monta dei fusi e delle unghie.



Se è $\overline{VS} > \overline{AM}$ i fusi e le unghie si dicono a sesto rialzato;
 se è $\overline{VS} = \overline{AM}$ " " " " a sesto sesto;
 se è $\overline{VS} < \overline{AM}$ " " " " a sesto ribassato;



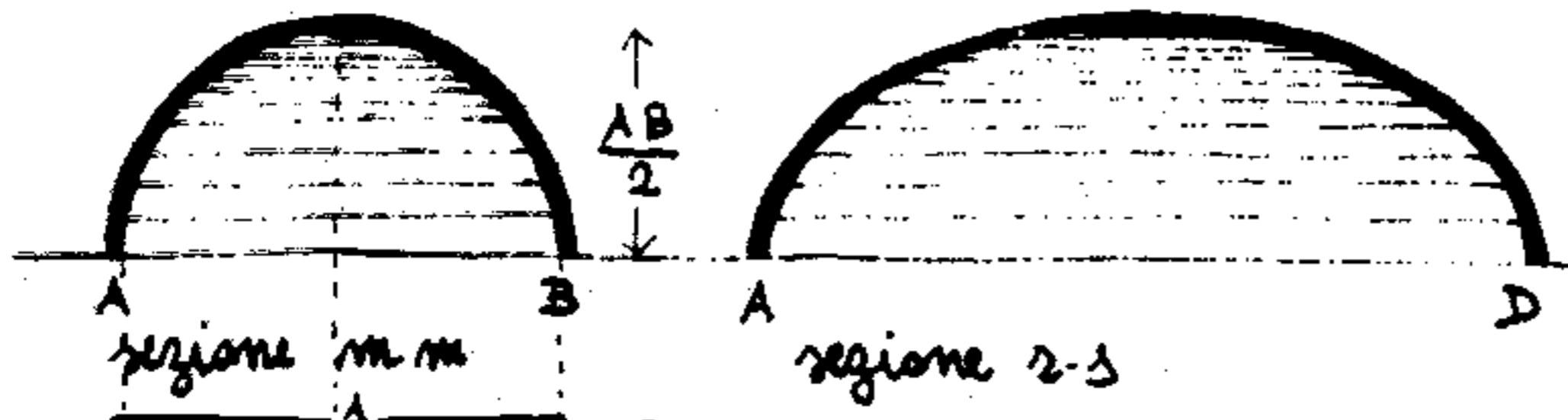
Ricopre un' area quadrata, rettangolare o poligonale :
 ha l'intradosso costituito da tanti fusi cilindrici,
 quanti sono i lati della base, i quali fusi convergono
 tutti in un unico punto, situato sulla verticale basi,
 centrica della base.



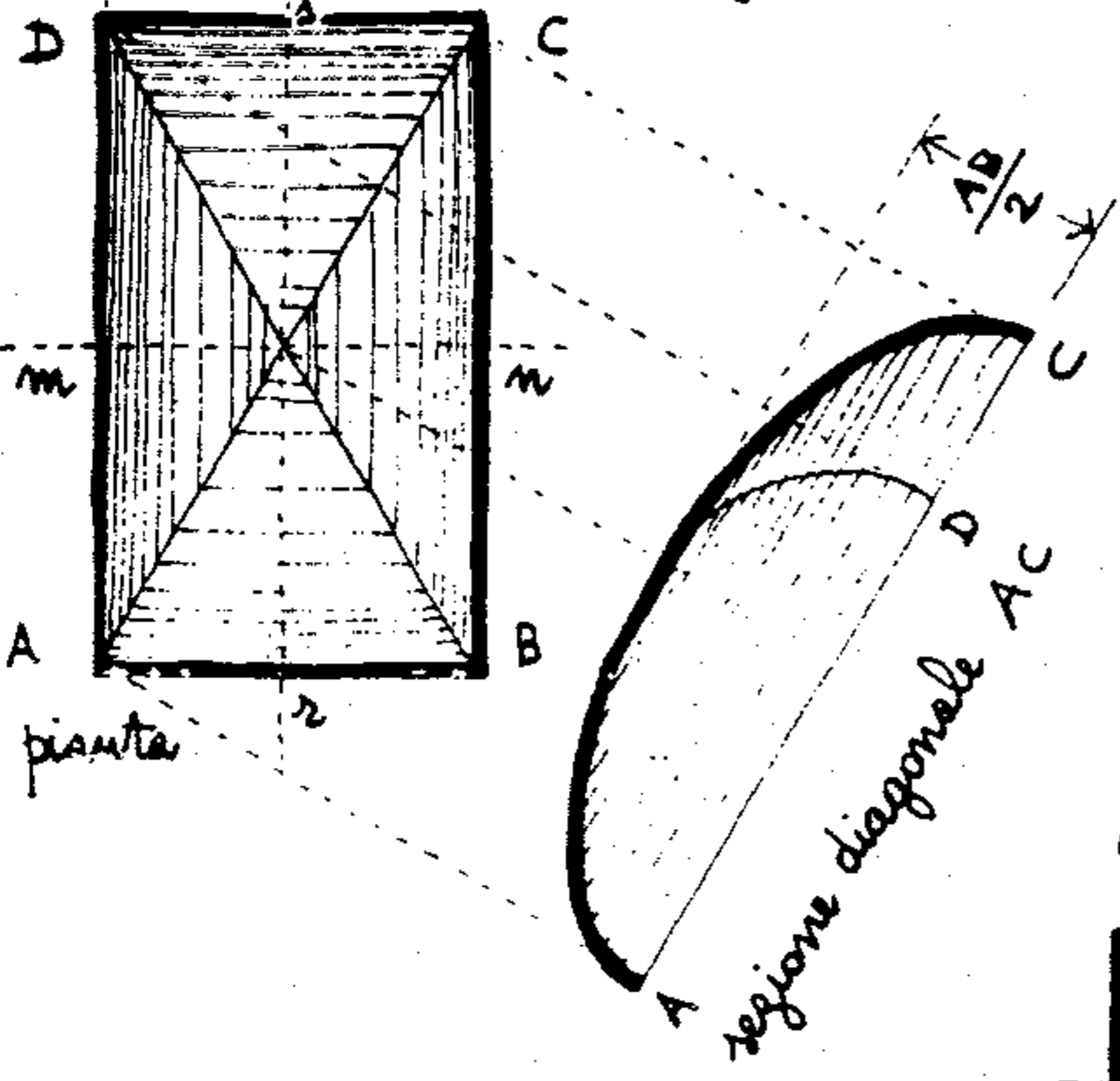
Qui a sinistra: esempio di padiglione
 su pianta quadrata.

L'apparecchio dei cunei o dei
 mattoni è costituito da più filari
disposti parallelamente ai lati della
pianta, secondo le generatrici dei
fusi cilindrici che costituiscono l'in-
tradosso della volta.

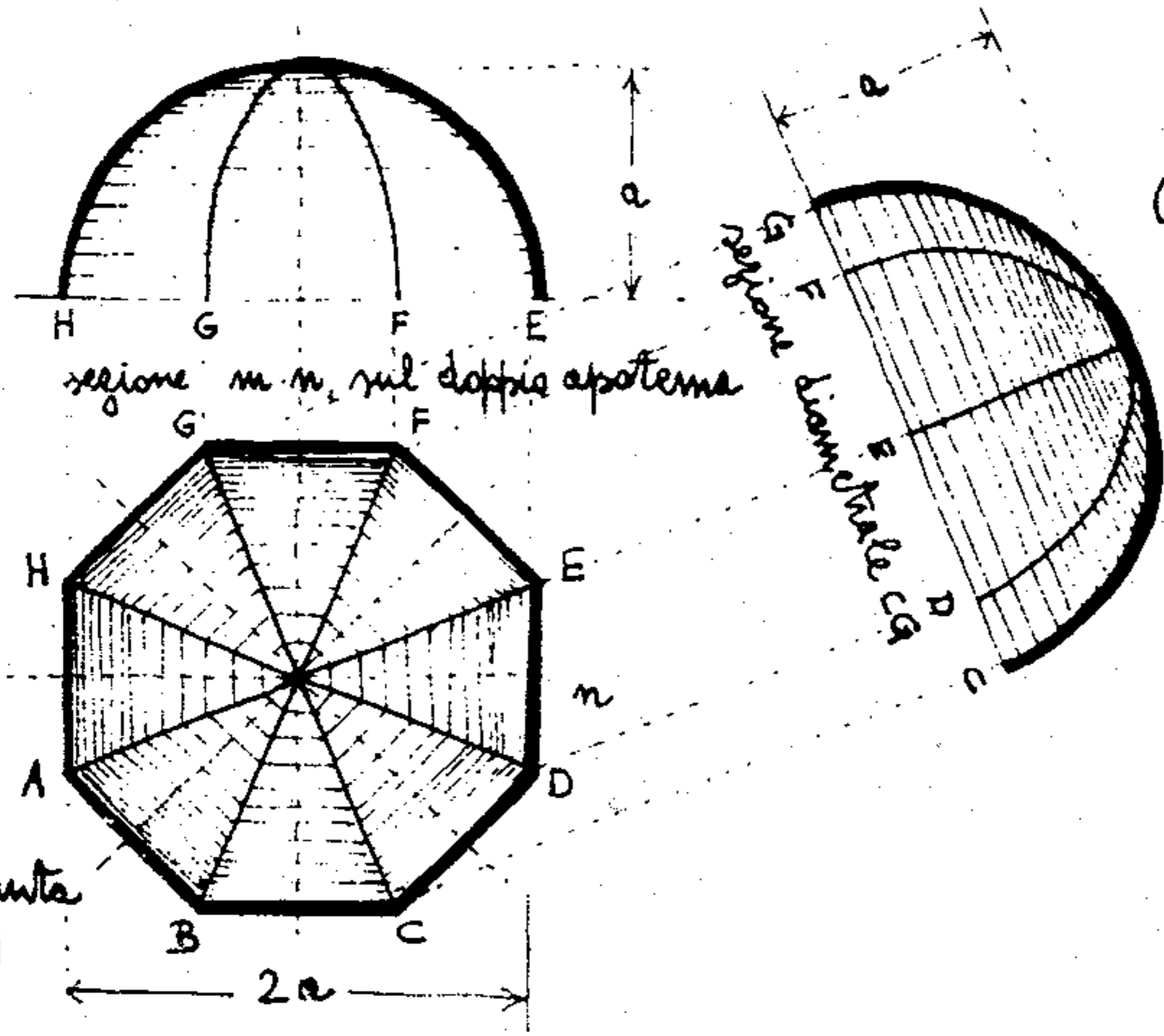
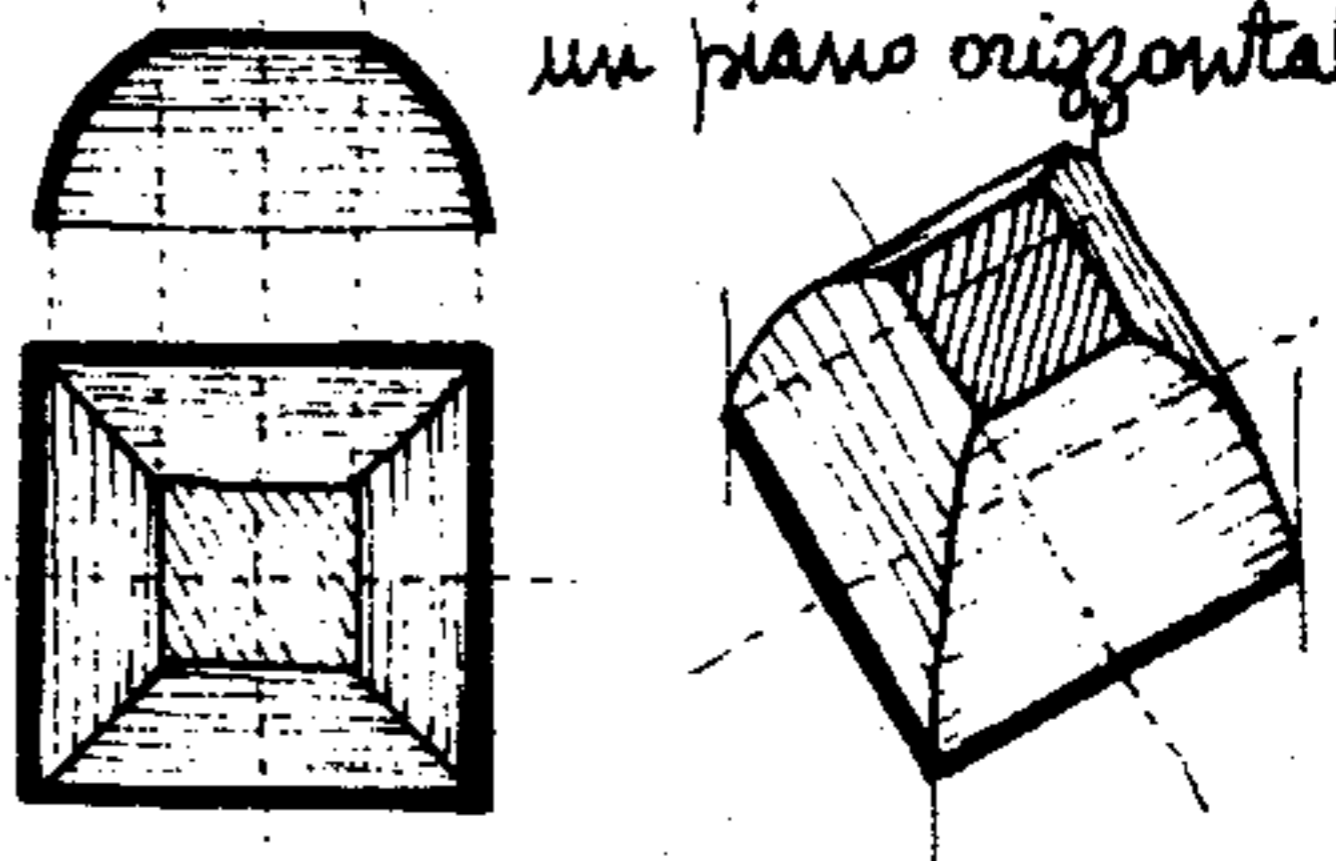
La costruzione della volta s'ini-
 zia contemporaneamente sui quattro muri d'imposta
 e si continua in modo da completare sempre ogni
filare di mattoni; perciò la volta può reggersi da
 sé durante la costruzione dei primi filari, ed in
 seguito si fa uso di centine leggere.



Pediglione su pianta rettangolare

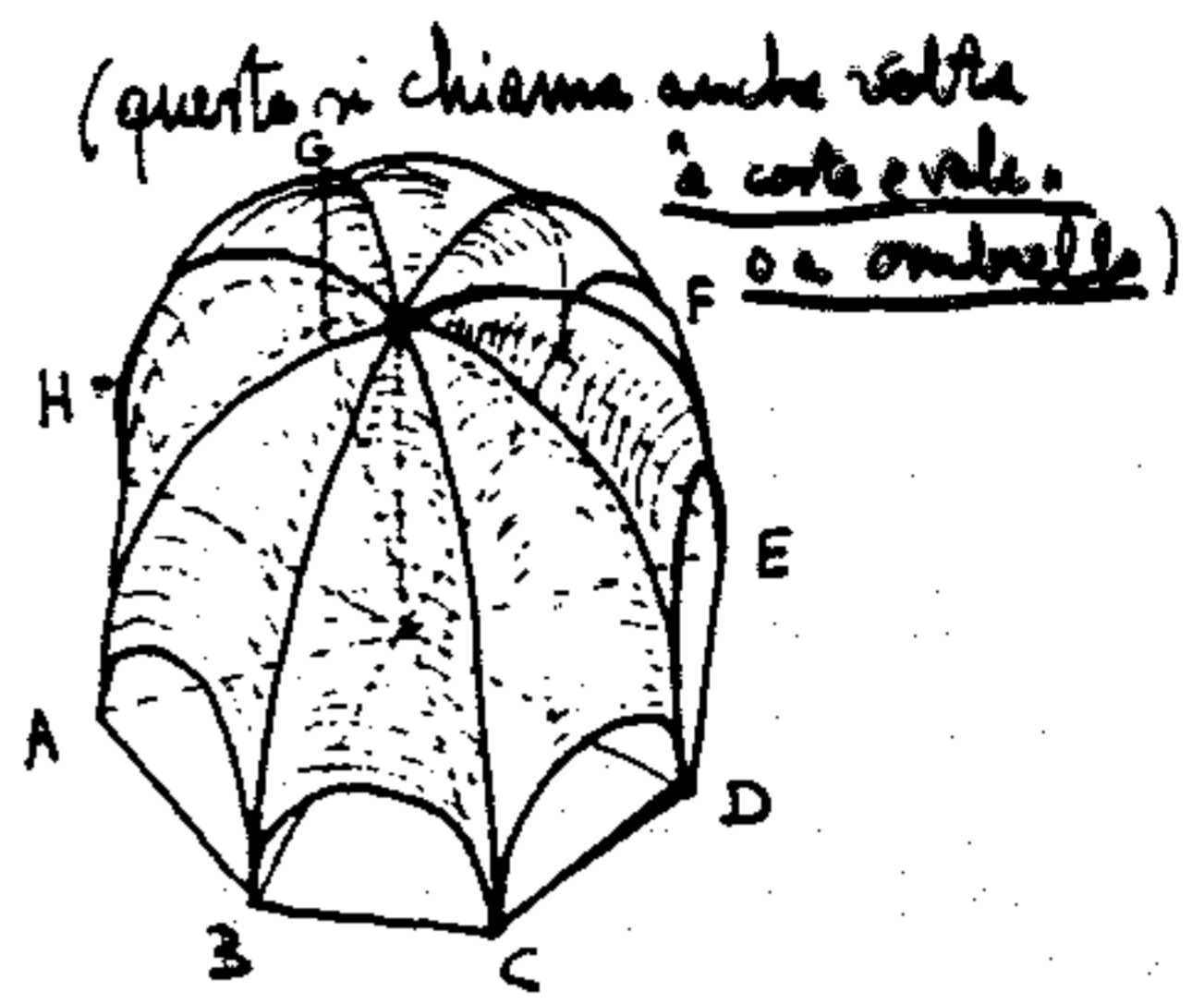
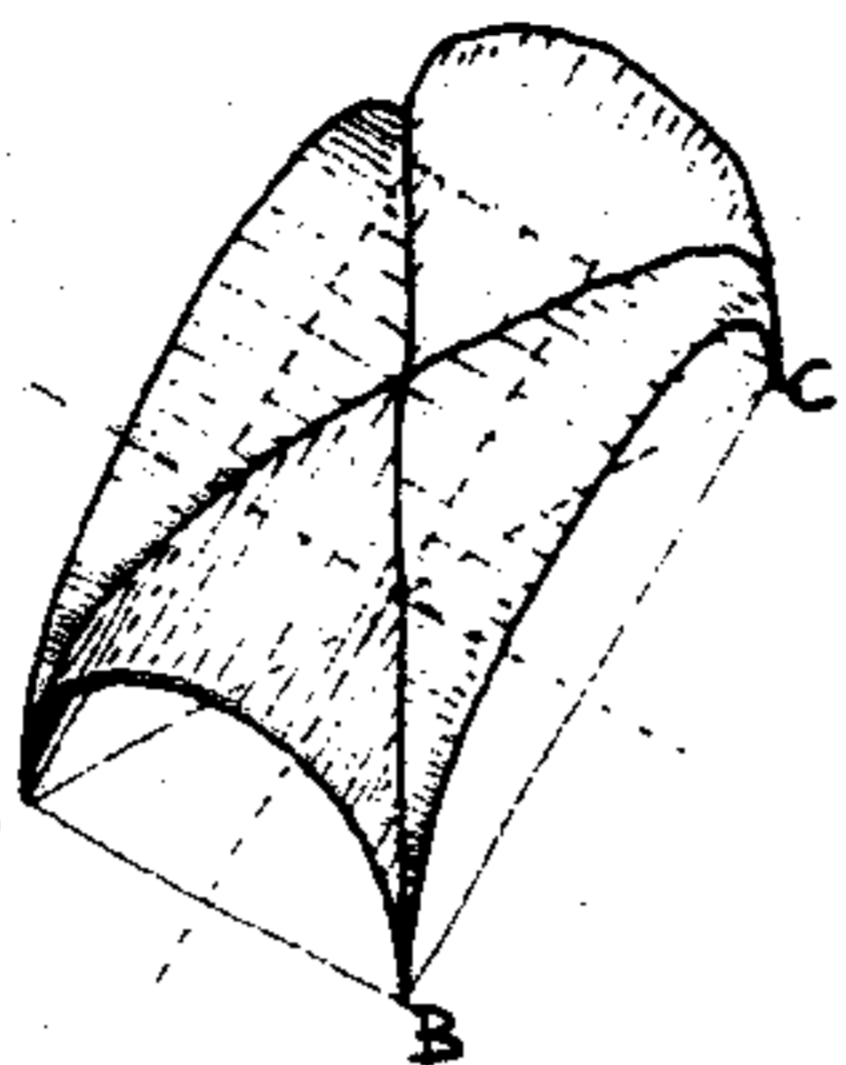
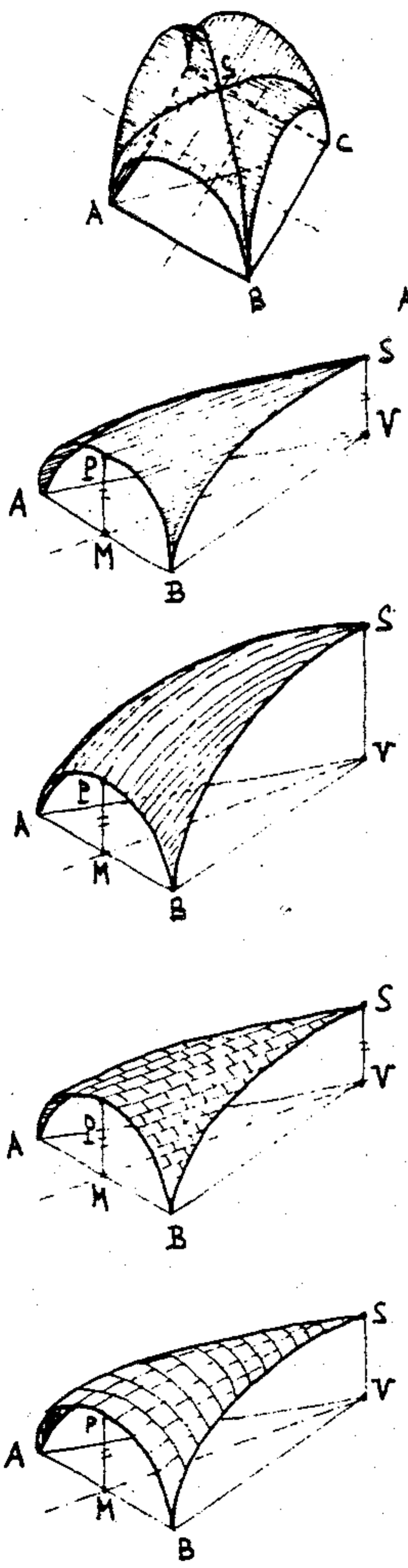


Qui sotto: la volta a schifo, molto usata nel Rinascimento, è un pediglione troncato in alto da un piano orizzontale.



Qui accanto: volta a pediglione su pianta ottagonale.

Si può avere la sezione semicircolare o sul doppio apotema o sul diametro.



Ricopre un'area quadrata, rettangolare, poligonale.
 Si chiama volta a crociera una volta composta di tante unghie quanti sono i lati del poligono di base, aventi tutte il vertice comune sulla verticale del baricentro della pianta stessa.

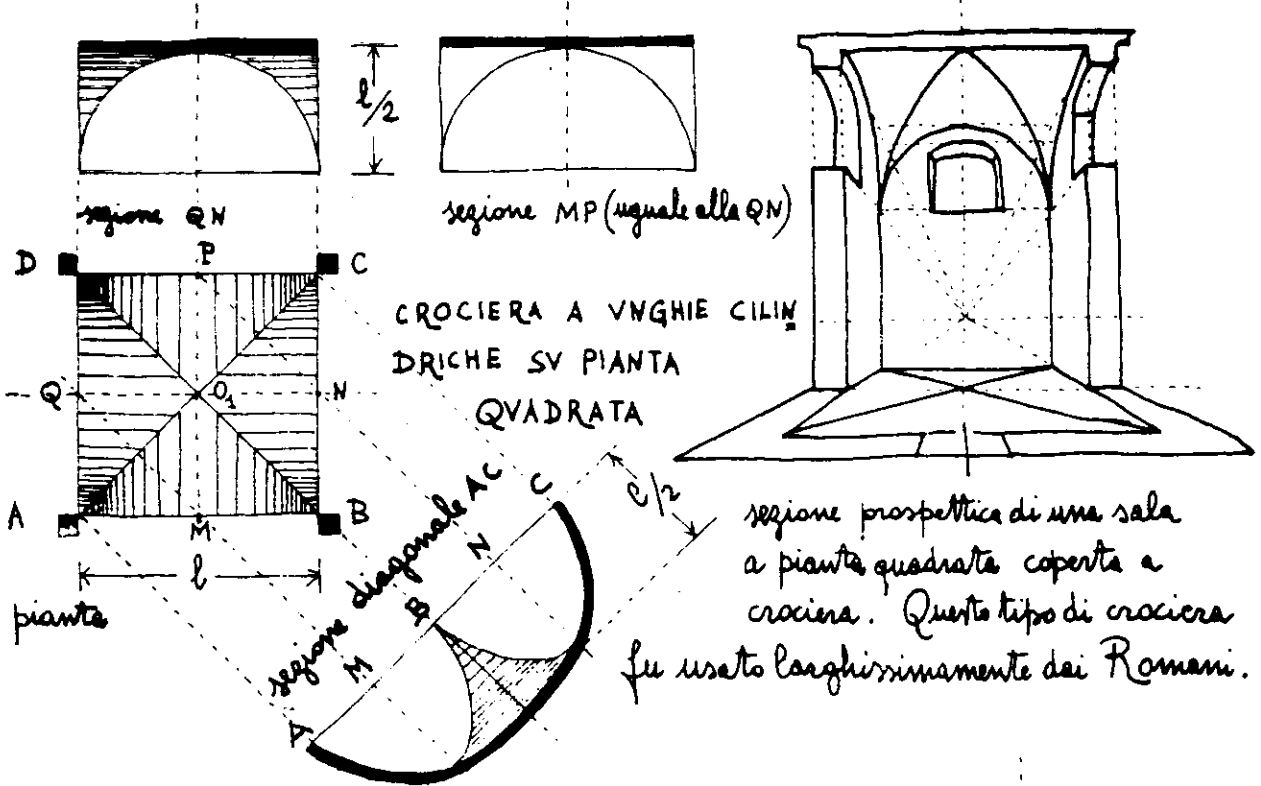
Gli archi verticali, come APB, corrispondenti ai lati del poligono di base, diconsi lunette delle unghie.

Se la linea generatrice mediana \overline{SP} che congiunge il vertice S dell'unghia col punto di mezzo P della lunetta è una retta, l'unghia stessa risulta cilindrica — se è $\overline{VS} = \overline{MP}$ —; mentre risulta cilindroidica se è $\overline{VS} > \overline{MP}$.

La crociera a unghie cilindriche su pianta quadrata può essere anche considerata come l'intersezione di due volte a botte.

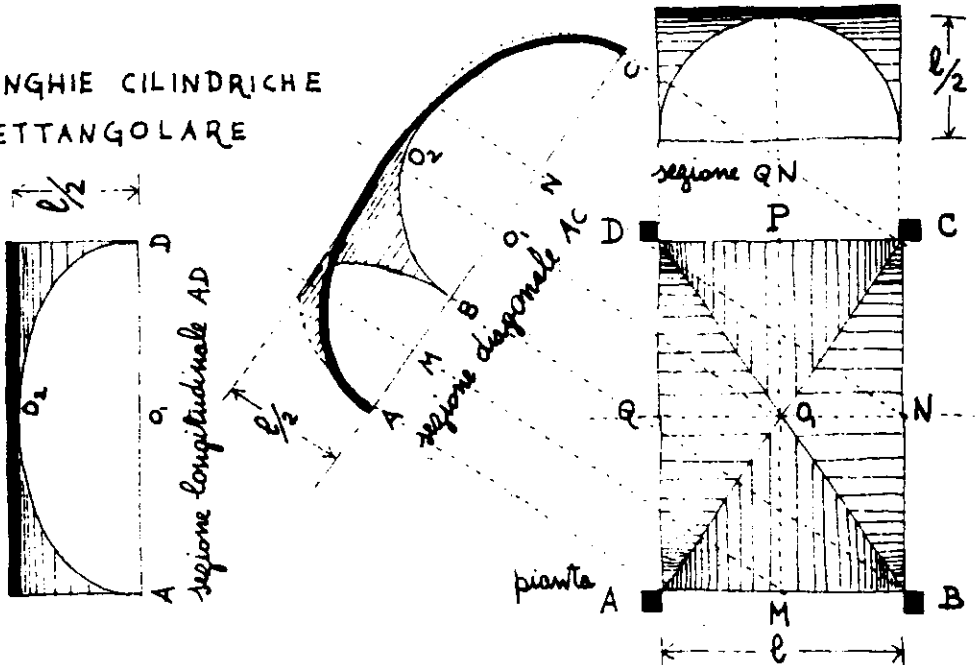
COSTRUZIONE. — I filari vengono disposti secondo le generatrici, le quali sono perpendicolari agli archi frontali (lunette). L'unghia è perciò formata da tanti archetti paralleli alla fronte, che hanno le loro linee di nascita sugli archi diagonali — o direttrici laterali — e il cervello sulla generatrice mediana.

Ogni unghia può considerarsi come una serie di archi paralleli alla fronte e impostati su gli archi diagonali (che nel Gotico divengono nervature sporgenti), che formano per proprio conto due archi reali incrociati.

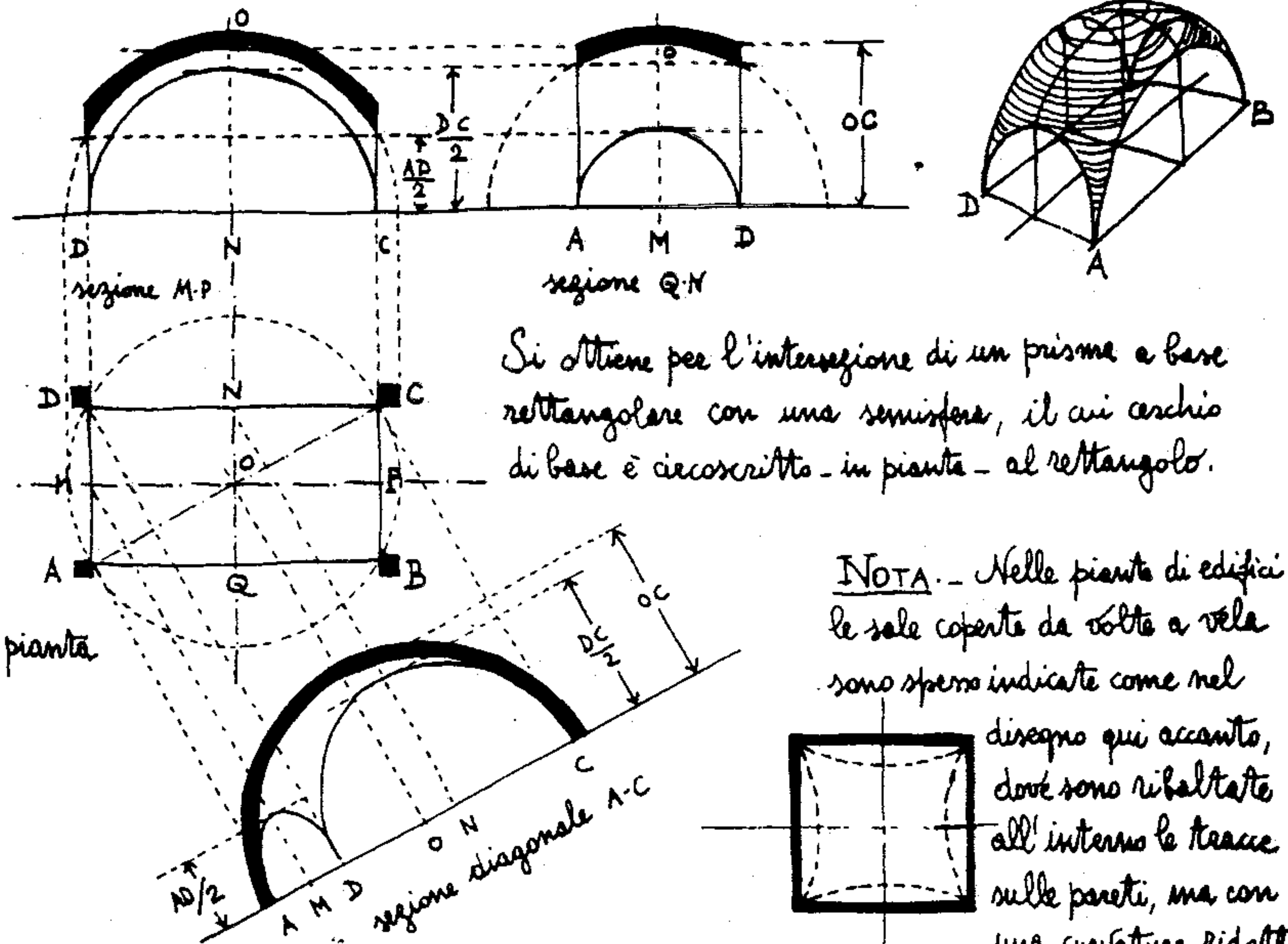


CROCIERA A VNGHIE CILINDRICHE SV PIANTA RETTANGOLARE

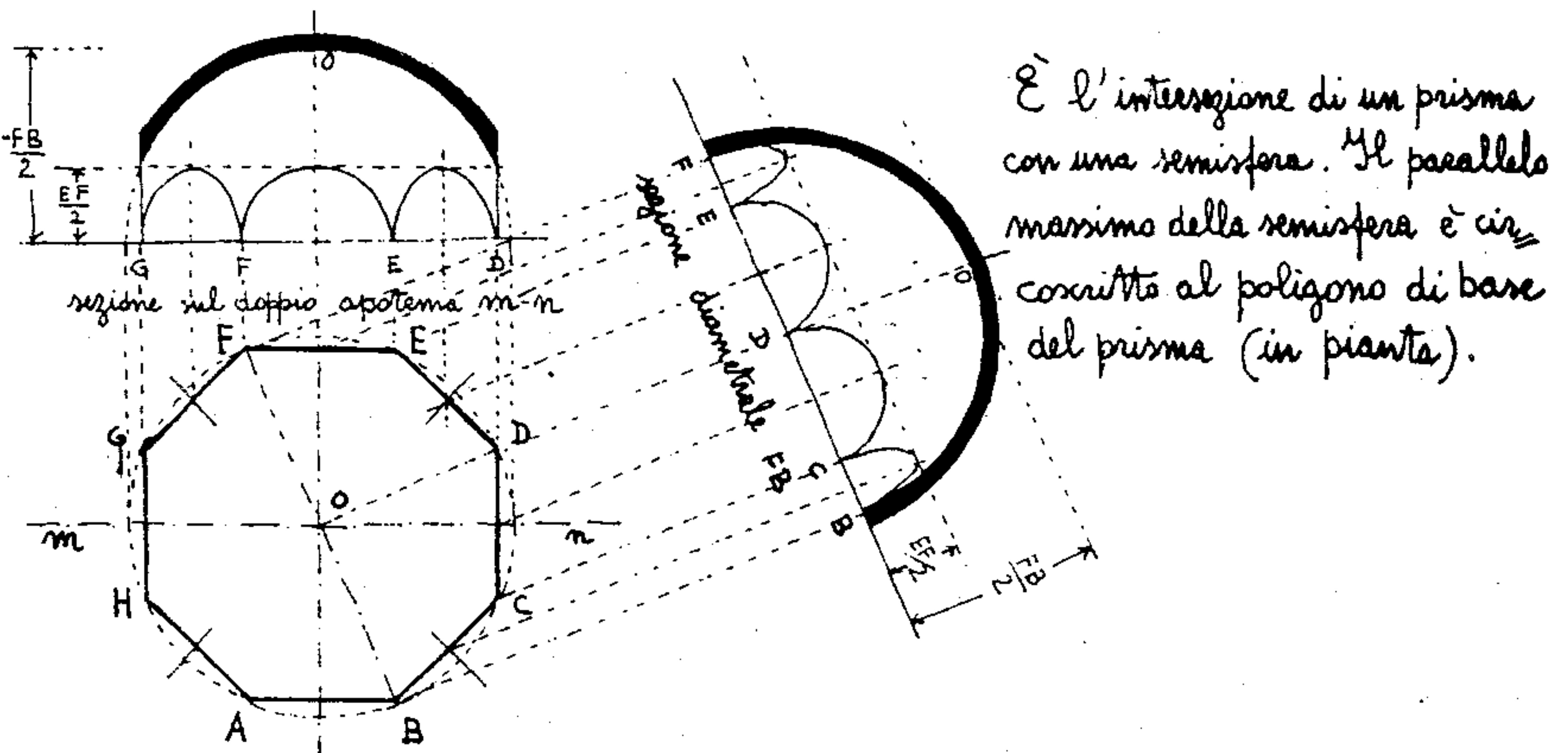
Questo tipo di volta, le cui lunette sui lati lunghi sono due semiellissi, non fu usato dai Romani.



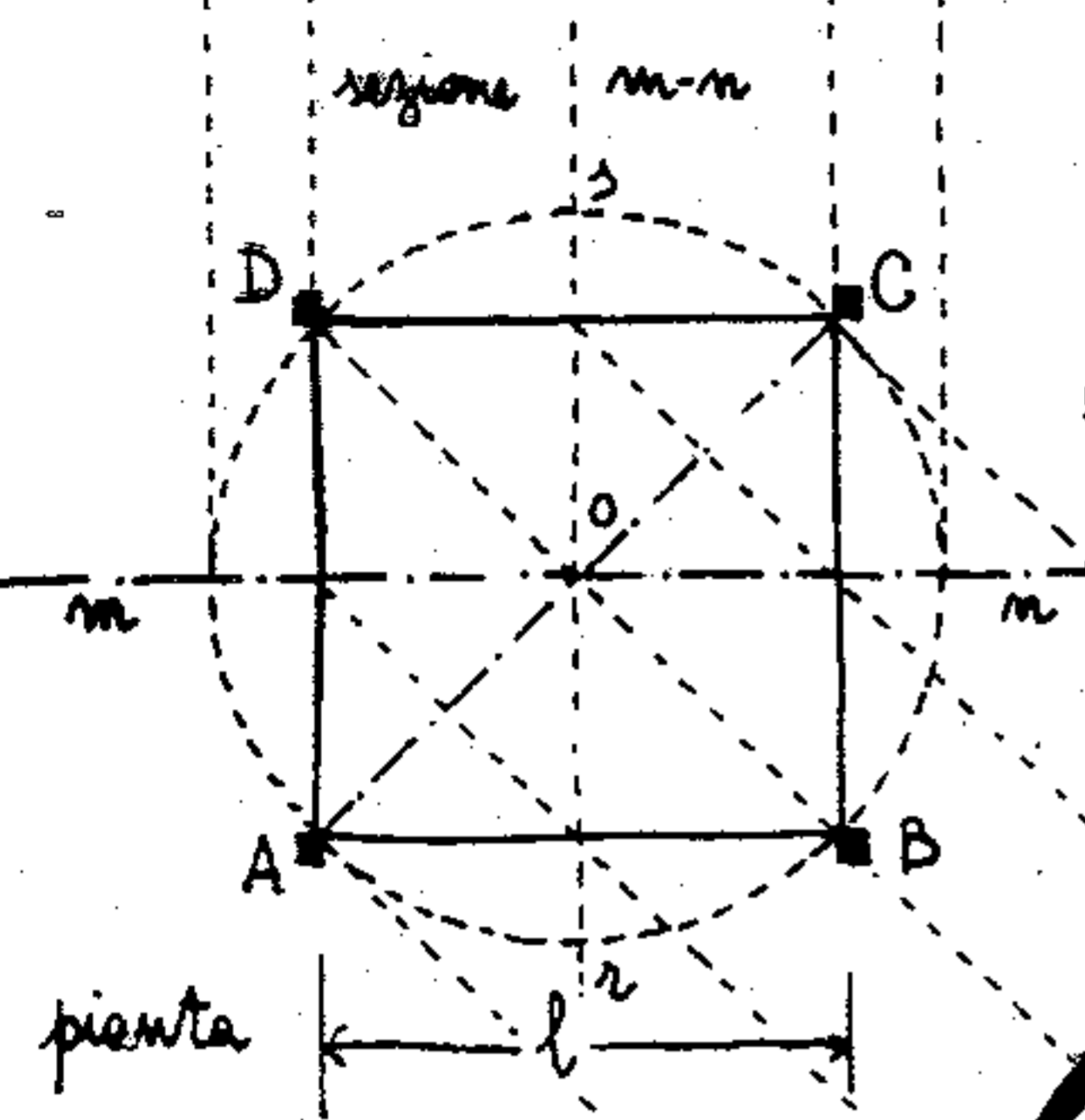
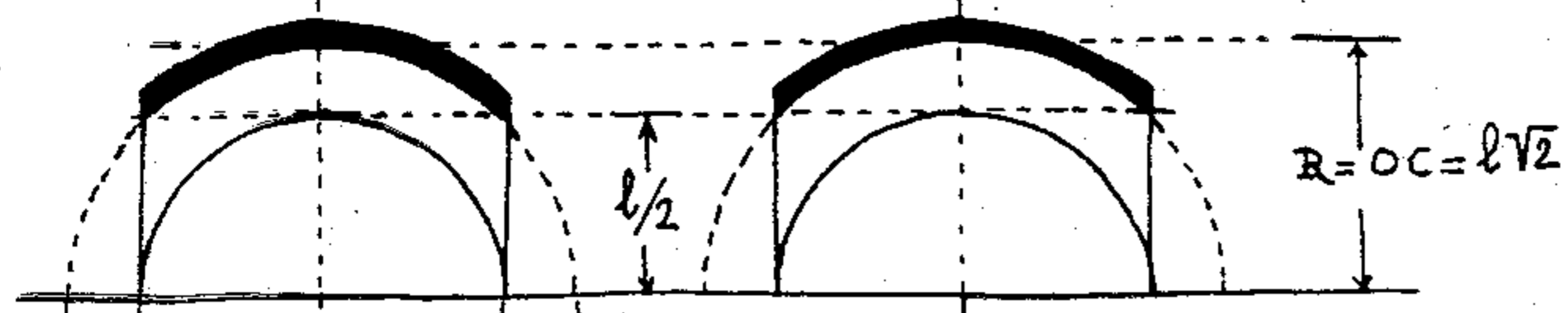
VOLTA A VELA SV PIANTA RETTANGOLARE



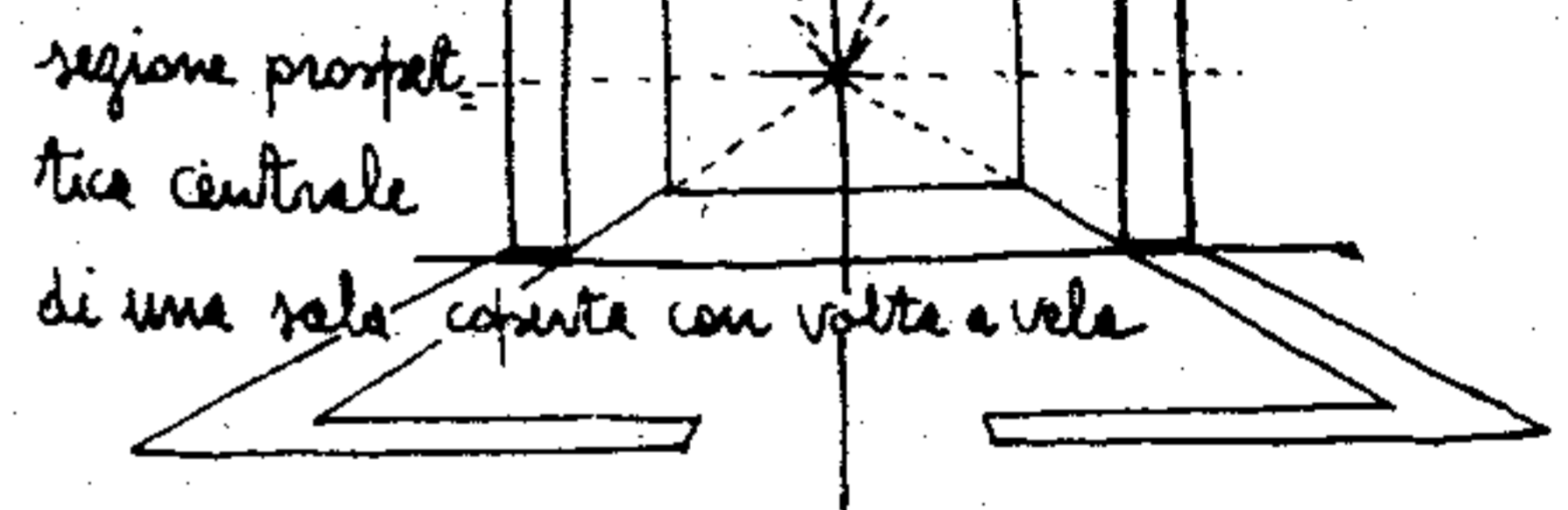
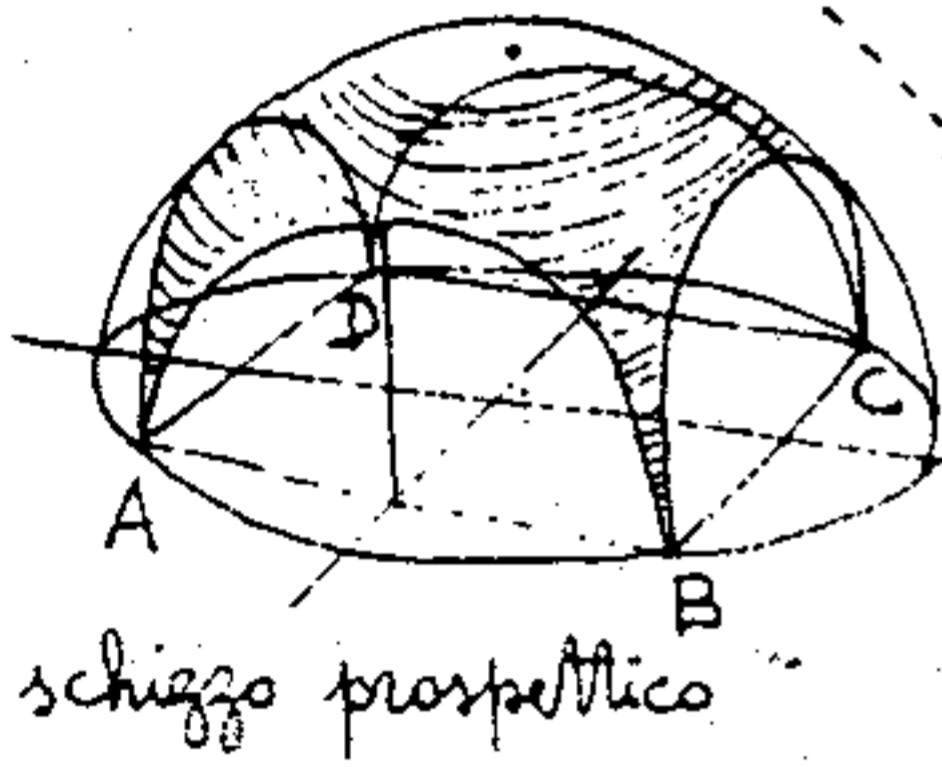
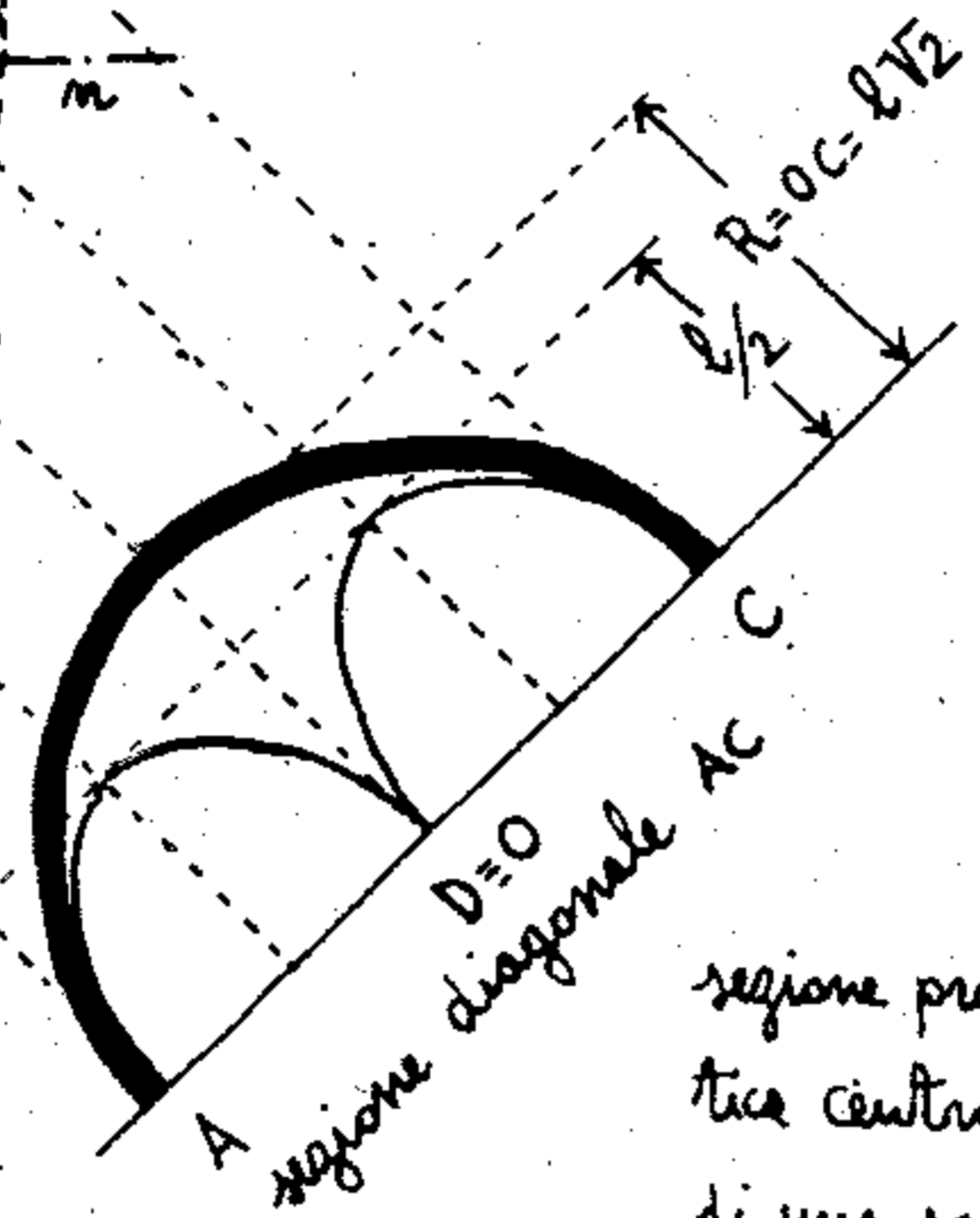
VOLTA A VELA SV PIANTA POLIGONALE, per es. OTTAGONA



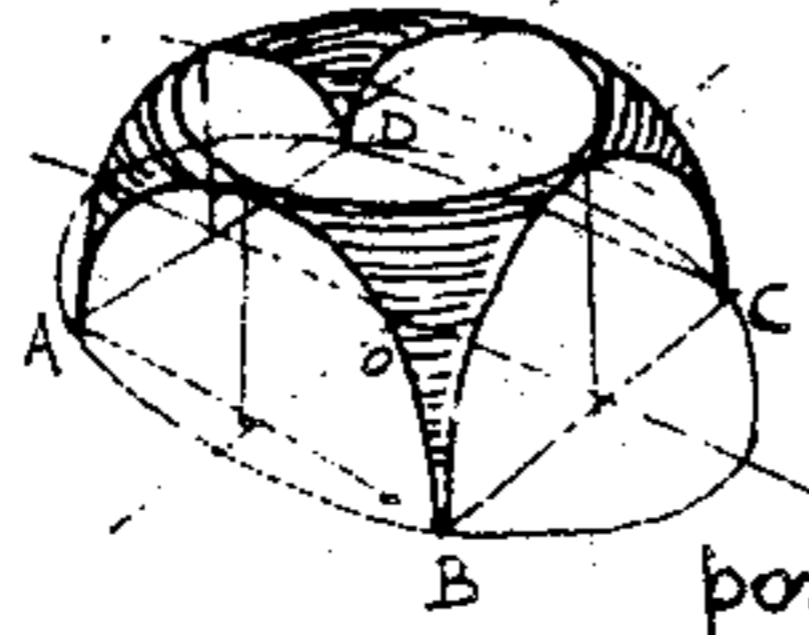
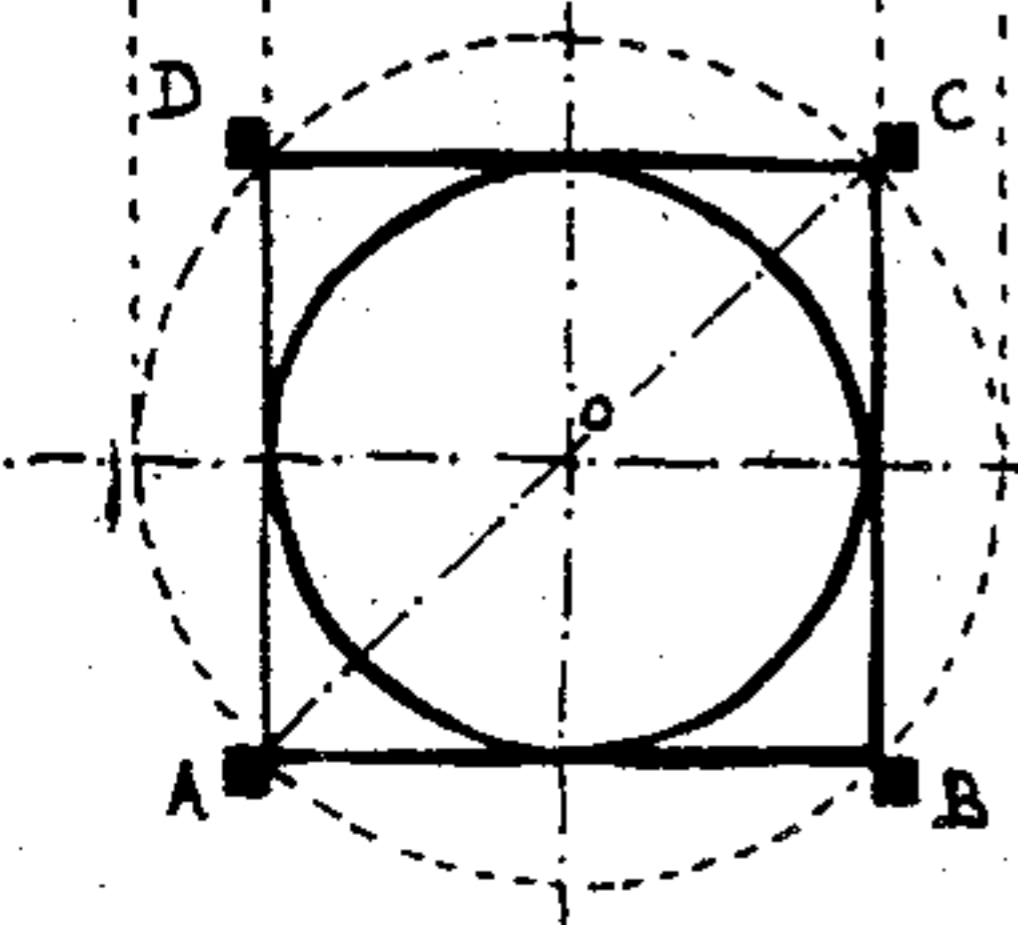
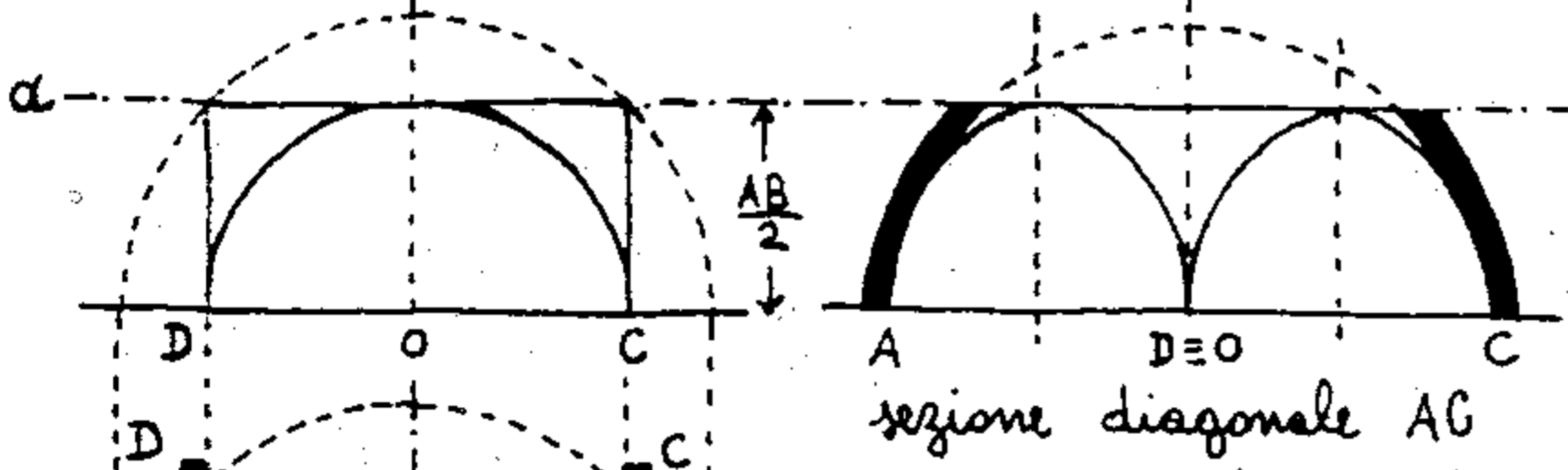
SVPERFICI D RIVOLVZIONE: VOLTA A VELA



sezione r-s, uguale alla m-n
 VELA SV PIANTA QVADRATA
 Si ottiene intersecando una semisfera con un prisma a base quadrata. Si chiama anche volta a fazzoletto.

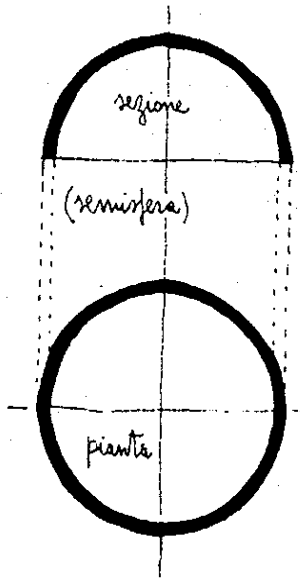


PENNACCHI SFERICI SV PIANTA QVADRATA



Si ottengono segnando col piano orizzontale tangente ai quattro archi la vela dianzi descritta. I pennacchi servono di traspasso dal quadrato al cerchio, per im-portarsi un tamburo o una cupola.

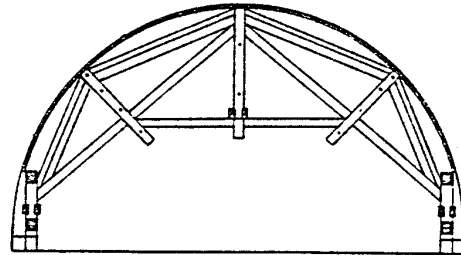
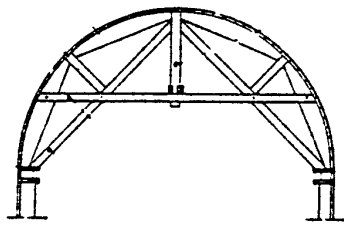
SUPERFICI DI RIVOLUZIONE: CUPOLA



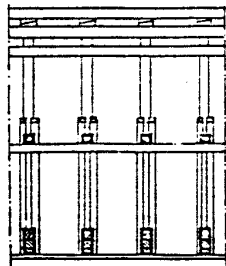
DEFINIZIONE. - "Si chiama cupola una volta di cui l'intradosso e l'estradosso sono due superfici di rivoluzione aventi il medesimo asse verticale; onde l'area coperta è quella di un cerchio, e l'area in cui imposta la cupola è quella di una corona circolare. La circonferenza interna di questa corona è un parallelo della superficie d'intradosso della cupola e costituisce propriamente la linea orizzontale d'imposta della cupola. "

(da A. GIAPPÀ, Corso di scienza delle costruzioni. Parte seconda, Stabilità delle costruzioni isostatiche. Roma, Cremonese, 1936, p. 545).

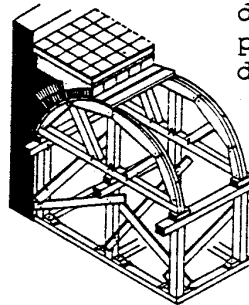
Centine per volte



(6)

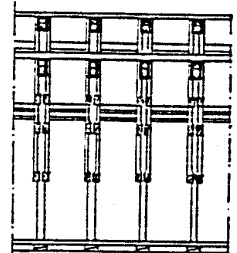
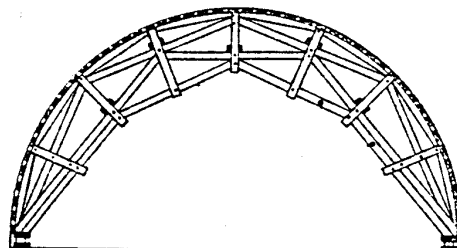
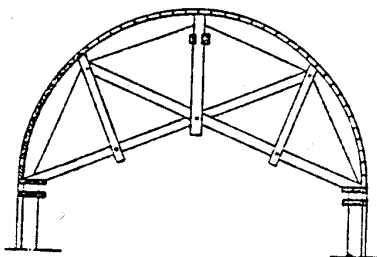


Proiezione laterale (6)

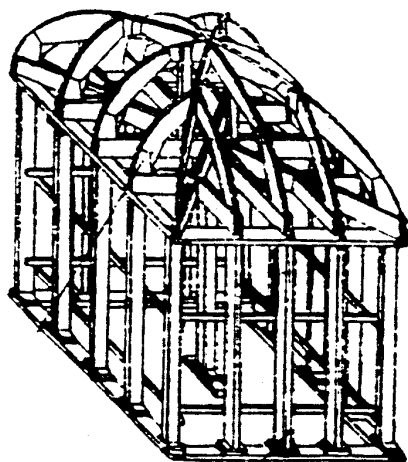


-Schemi costruttivi di centine in legno per la costruzione delle volte a botte.

(3)



Proiezione laterale (6)



(6)

-Schemi costruttivi di centine in legno per la costruzione di volte a padiglione.

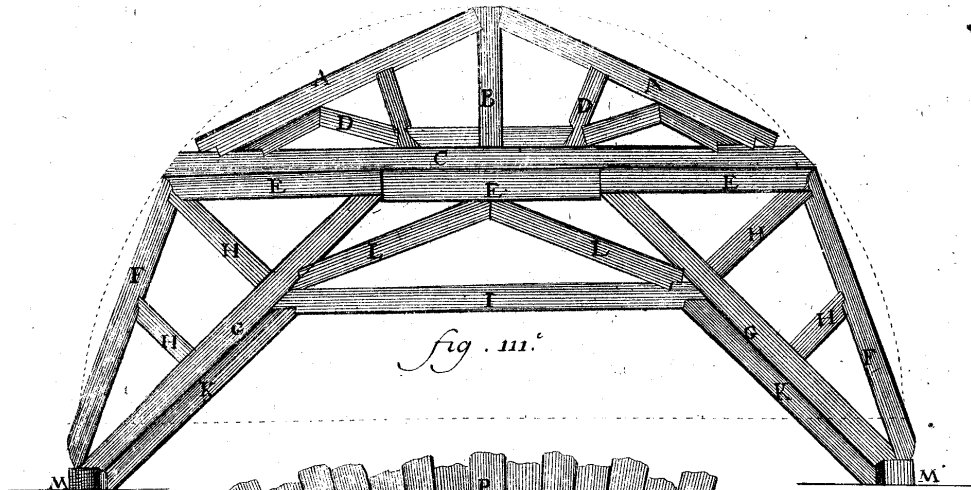


fig. 111.

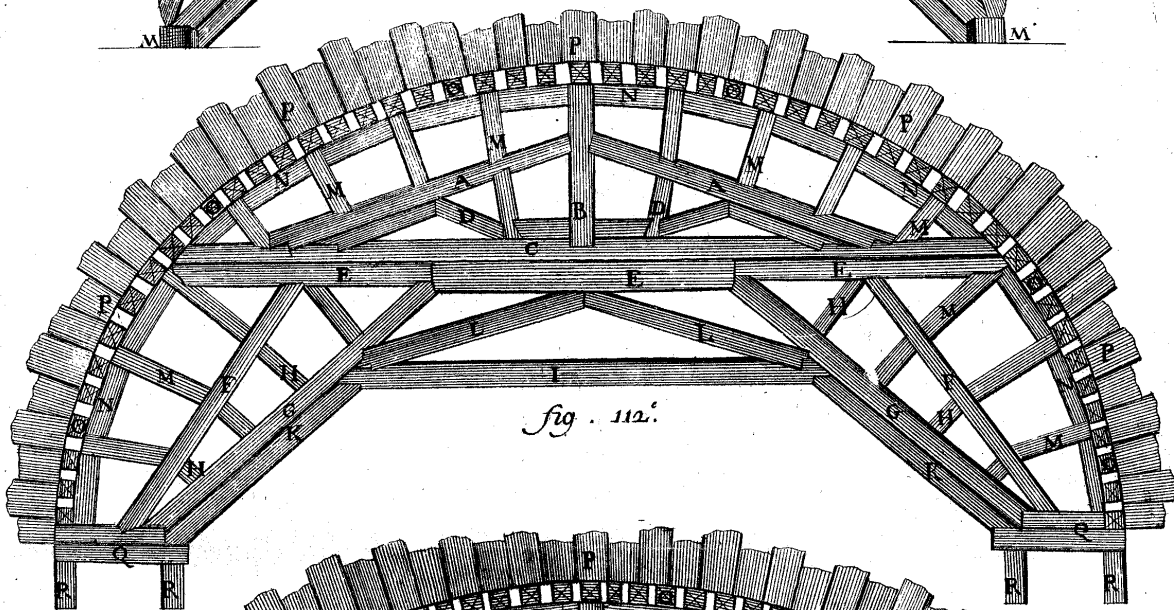
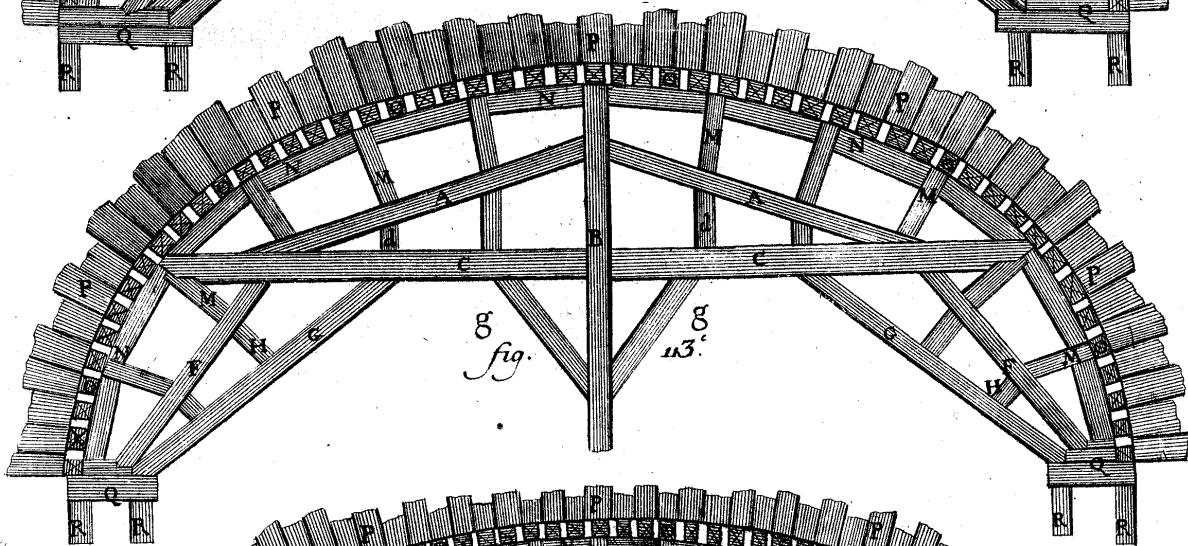


fig. 112.



g
fig. 113.

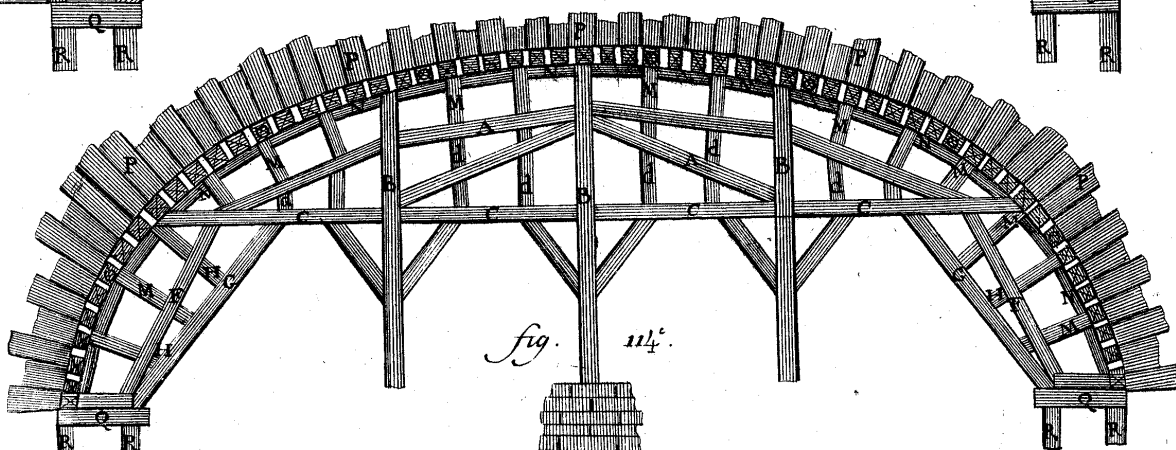


fig. 114.

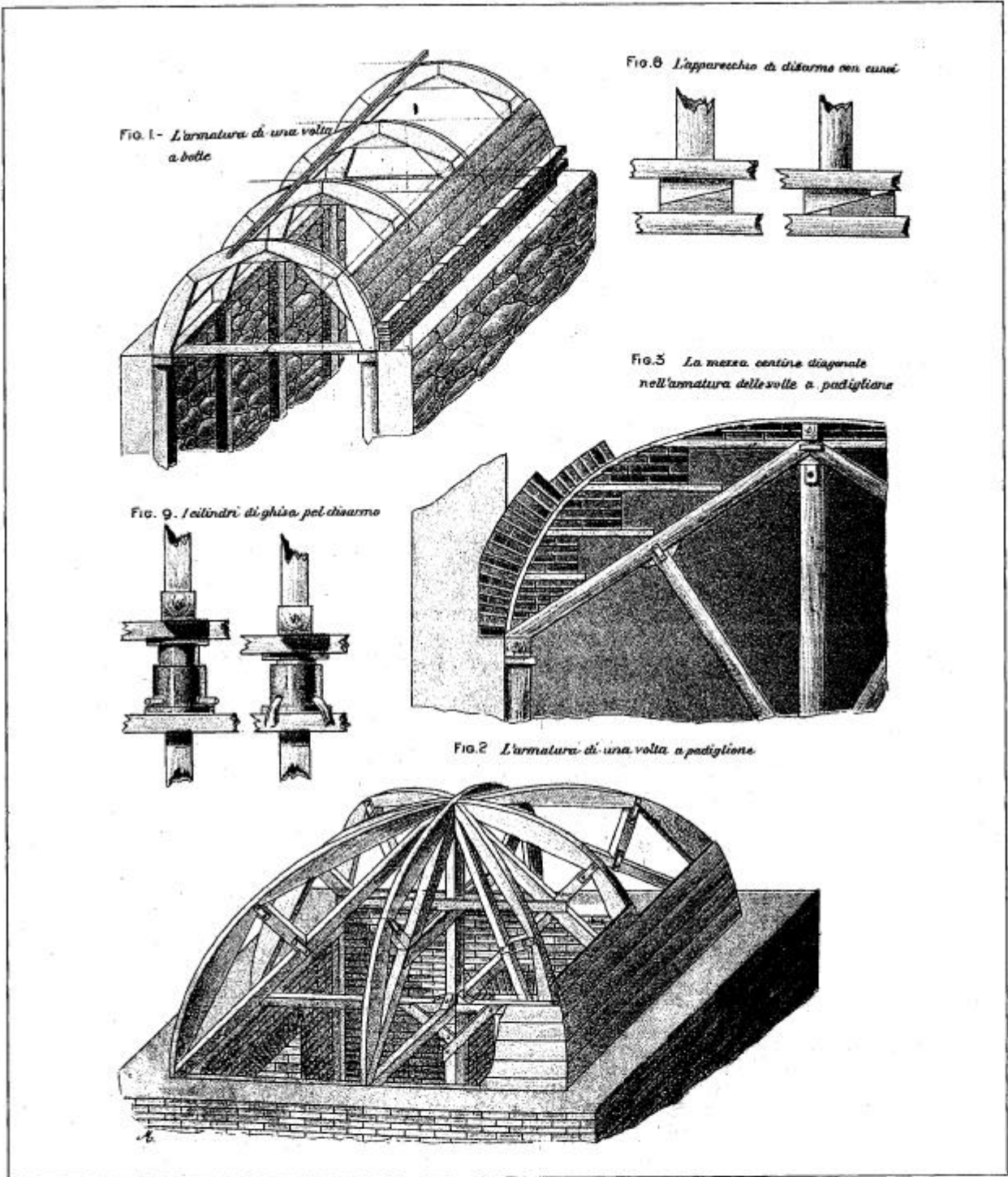


FIGURE 1-2 • Alcuni schemi di carpenteria fissa per la realizzazione delle volte più comuni. Si tratta di soluzioni tipiche ma che potevano essere modificate in relazione alla disponibilità di materiali. Ad esempio il tavolato poteva essere sostituito con correntini e stuoie di canne o tegoloni. In certe occasioni, ai piani bassi, la carpenteria veniva coperta con terra (ricavata dallo scavo) con cui si formava in negativo la forma della volta. Tra le carpenterie sono illustrati i dispositivi impiegati nella delicata fase del disarmo che doveva avvenire con molta gradualità (da Misuraca et al., 1916).

FIG. 4. L'armatura di una volta a crociera

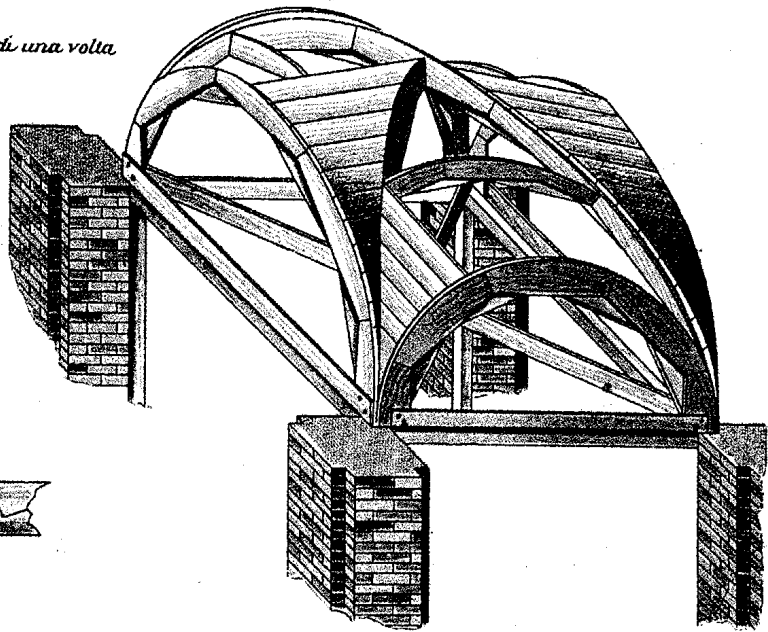


FIG. 7. L'apparecchio a dentiera

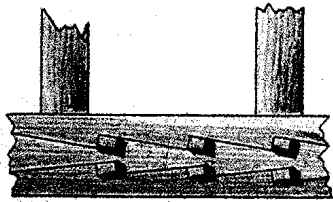
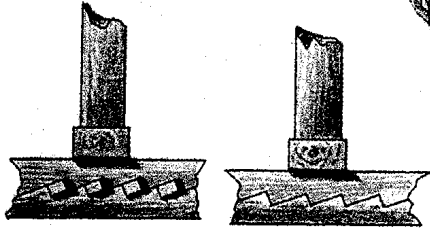


FIG. 8. L'apparecchio a doppia dentiera

FIG. 10 Il disarmo mediante viti

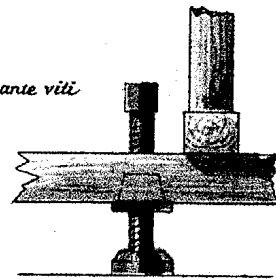
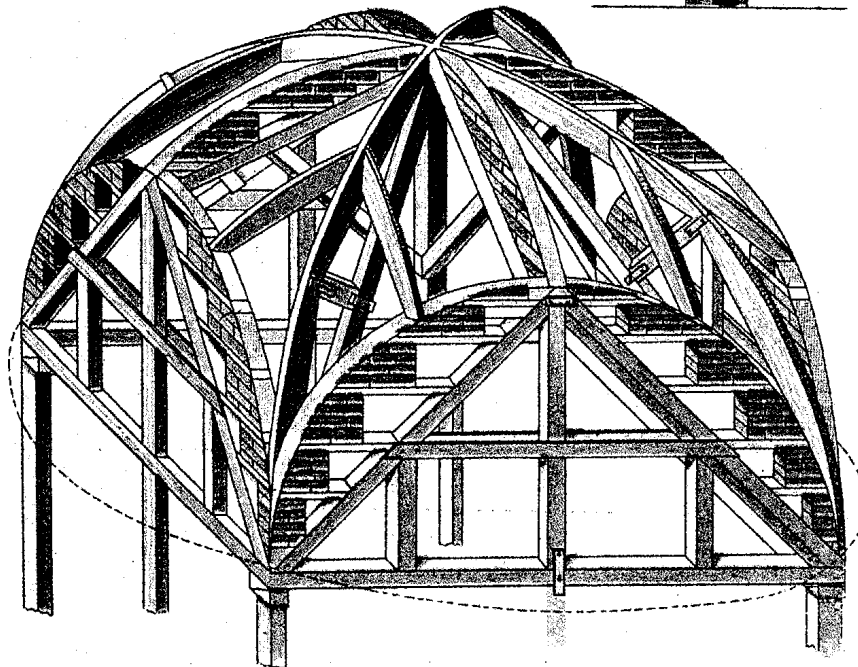
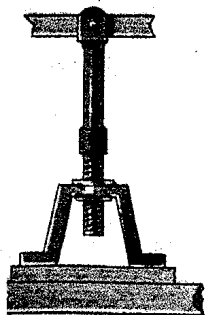


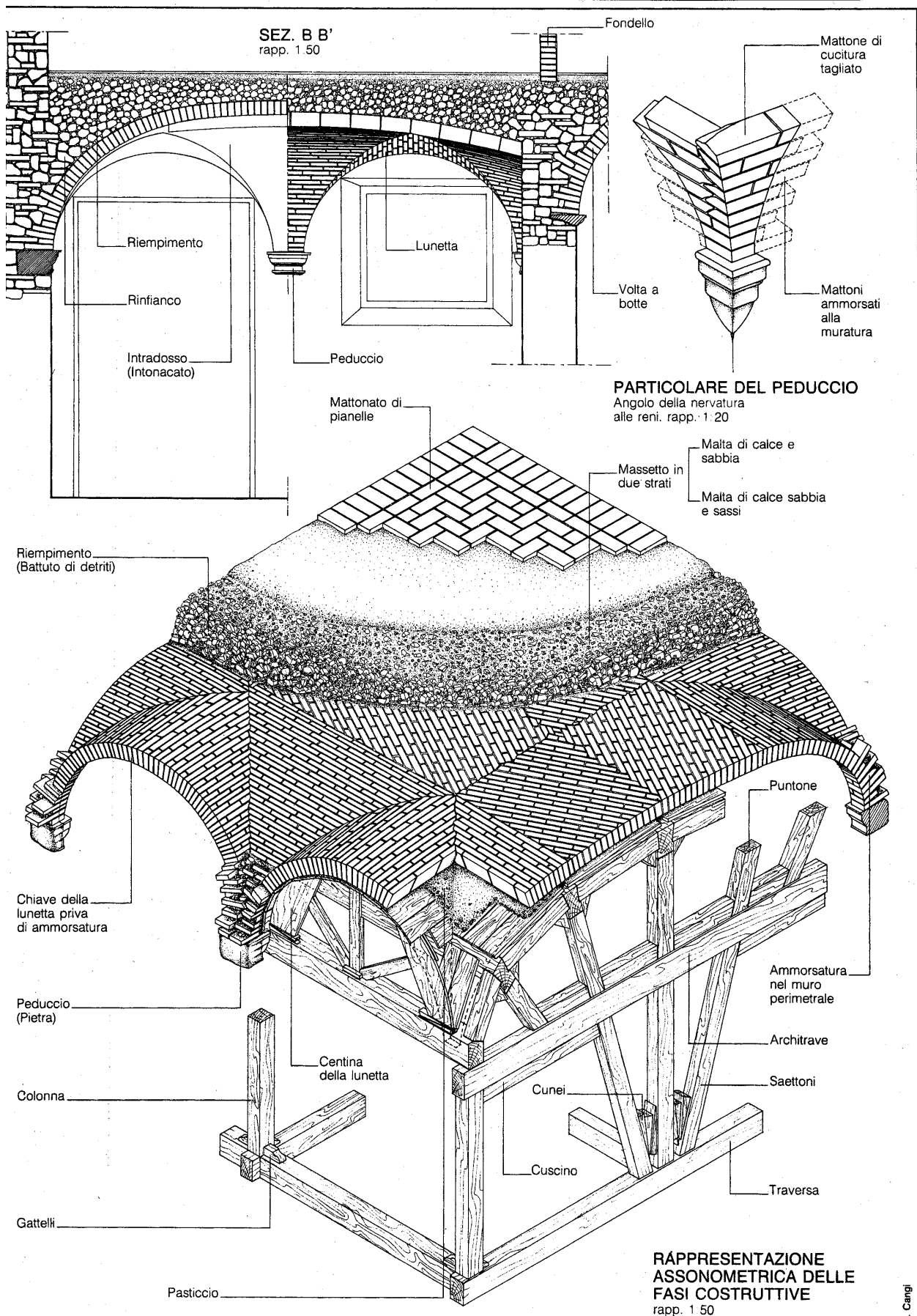
FIG. 5 L'armatura di una volta a vela



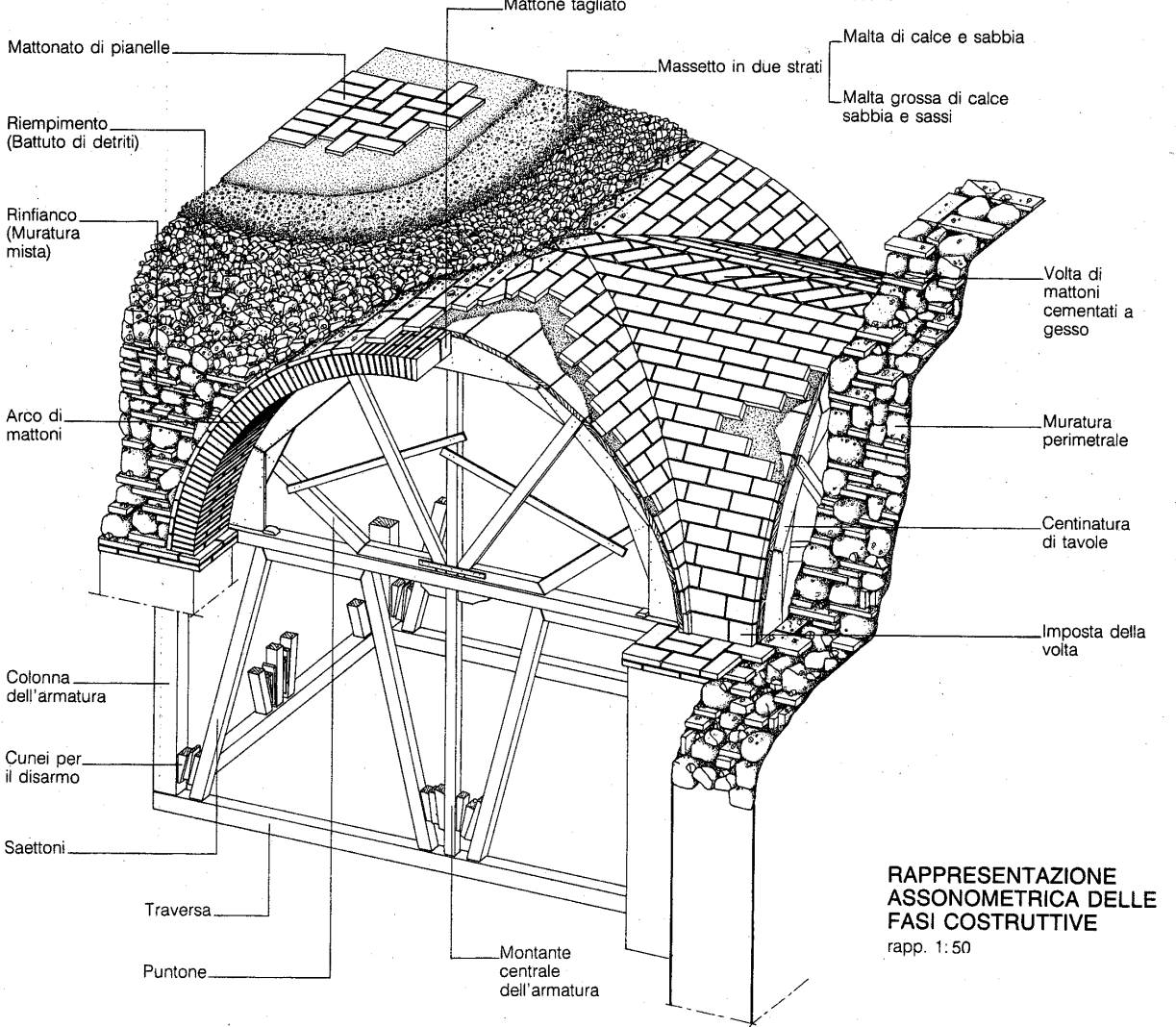
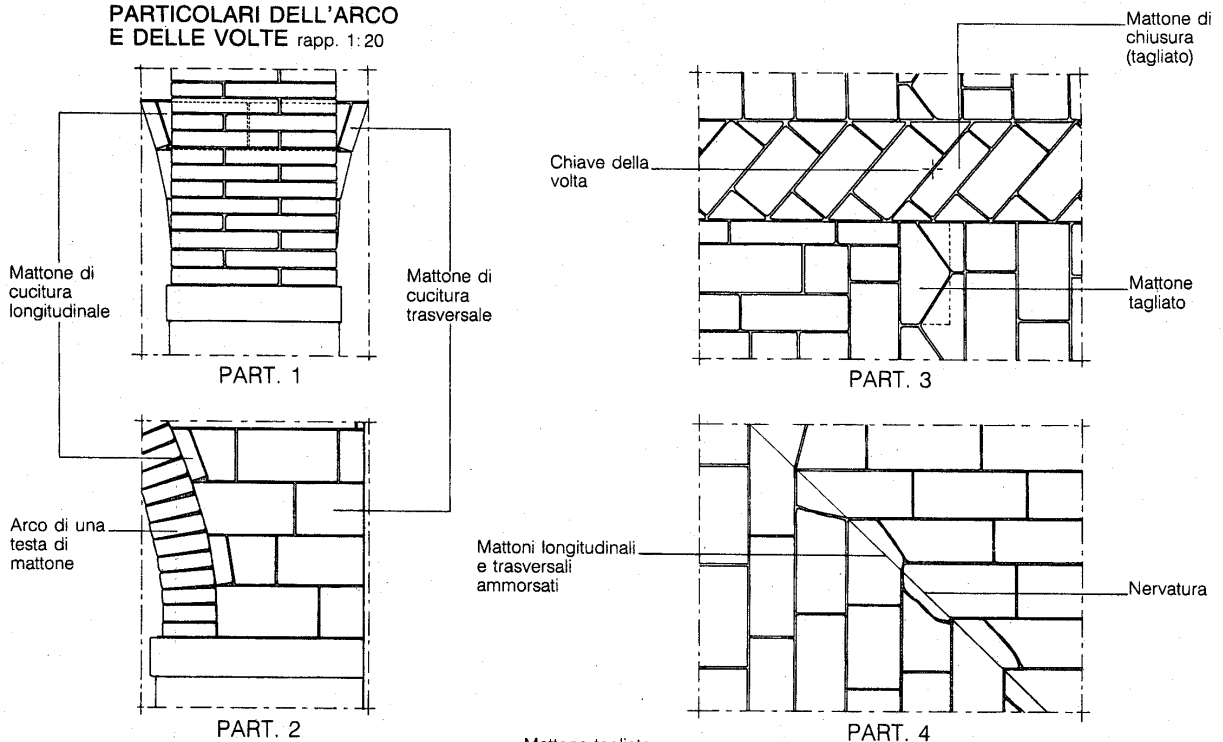
1. Il disarmo mediante martinetti a vite



Particolari costruttivi

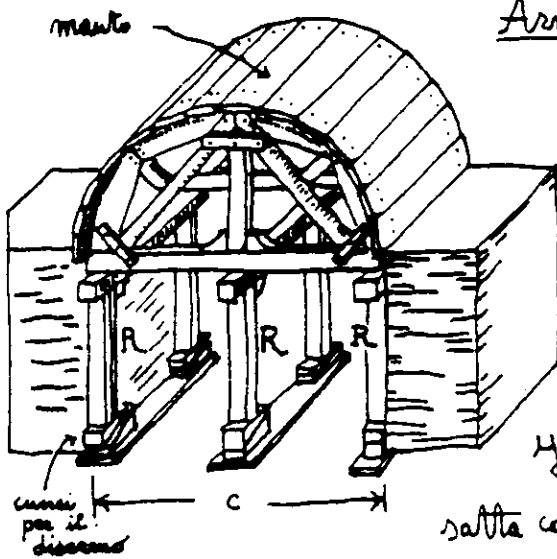


**PARTICOLARI DELL'ARCO
E DELLE VOLTE** rapp. 1:20



**RAPPRESENTAZIONE
ASSONOMETRICA DELLE
FASI COSTRUTTIVE**
rapp. 1:50

COSTRUZIONE DEGLI ARCHI E DELLE VOLTE

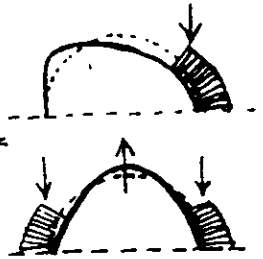
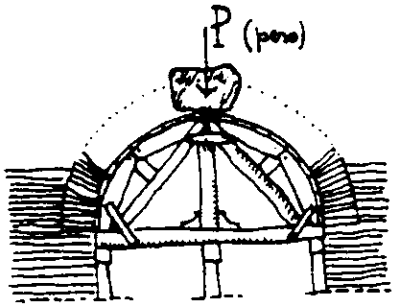


Armatura o centina: è l'armatura provvisoria in legname destinata a sostenere i materiali durante la costruzione dell'arco o della volta. Si fanno centine fisse e centine a sbalzo. La loro armatura varia in relazione alla luce e ai carichi da sostenere; vi possono essere forme anche molto complesse. Vi possono essere ritti (R) solo alle estremità o anche intermedi.

Il manto (di tavole o di stuoie) costituisce l'esatta controforma della superficie d'intradosso.

Procedimento di costruzione.

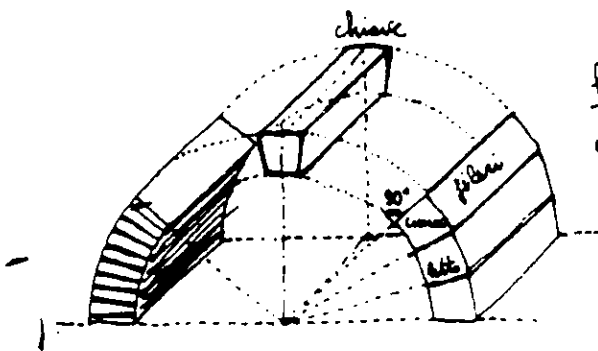
Si comincia contemporaneamente alle due imposte, per evitare che la centina venga sollecitata da una sola parte e possa deformarsi. Se la luce è grande, conviene collocare sul vertice della centina dei pesi fin dall'inizio, per evitare che, premuta ai lati, si sollevi verso il centro.

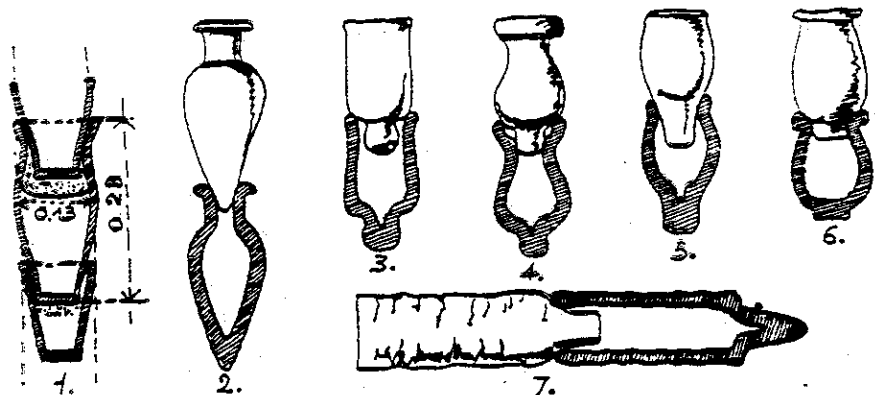


Nomenclatura.

I piani d'appoggio dei singoli filari si chiamano letti, i quali vengono sempre disposti normalmente all'intradosso.

Il cuneo o filare che si pone lungo la generatrice più alta dell'intradosso e che serve a serrare le due parti dell'arco o della volta — perché esse si facciano contatto — dicesi chiave o serraglia.





TUBI ED OLLE PER ALLEGGERIMENTO DELLE VOLTÈ.

La : J. DURM, Baukunst, fig. 326 in 9. LUGLI, vol I, pag. 672 fig. 138.

Op. G. DEANGELIS D'OSSAT, Le forme e le contornazioni delle cupole nell'arch. romana, in "Atti III Congr. Naz. di Storia dell'Architettura" (1938), Roma 1940, pp. 223-250; id., Architettura romana e volte, Roma 1935-1940, e Bull. Arch. Com. 22, 1941, pag. 133 e segg.; id., Alcuni dati sulle volte contornate con vasi fittili, in "Palladio" V (1941), p. 241 e segg.; id., Studi Ravennati, Ravenna 1962, pp. 135-155 (Sulle contornazioni delle volte con vasi fittili).

Il principio del singolare sistema delle "olle" vuote e dei "tubi" fittili, inventati nella muratura a sacco, lo troviamo già applicato nel laconico delle Terme Stabiane di Pompei e in alcuni edifici africani datati al II secolo d. C. - Nelle cerni delle cupole sono allestite orizzontalmente file di anfore e tubi, che probabilmente avevano lo scopo di mantenere meglio il calore, poiché si trovano anche in alcuni forni. Tale uso viene elevato a sistema e costituisce una tipica struttura delle volte del banno imperiale di Mercurio.

Per la forma delle olle e dei tubi fittili vedi fig. in alto.

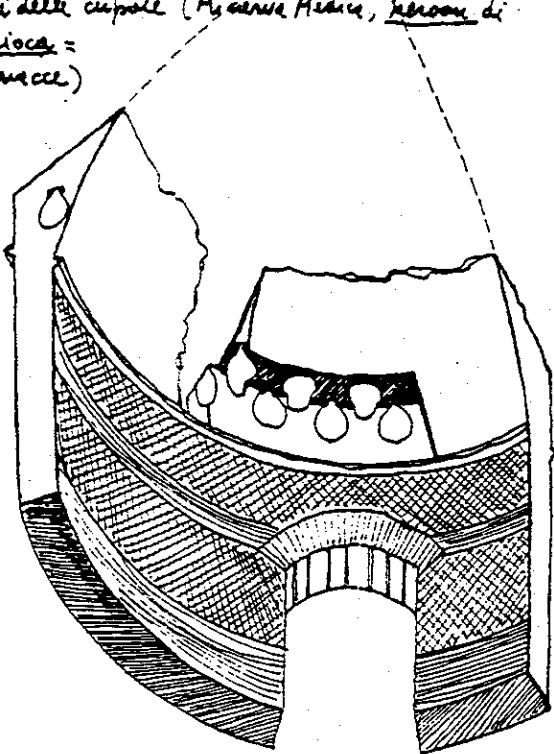
I tubi sono sempre inseriti fra loro e disposti ad quelli secondo i paralleli o secondo i meridiani. Di preferenza nei rifianchi superiori delle cupole (Mercurio Mediceo, terrace di Romolo) raramente all'intradosso superiore (helioce = minime delle Ville Adriana e nelle Ville delle Vignacce).

Vedi figure in basso.

Per far meglio aderire la superficie di tali olle con la malta era lasciata grezza.

VIA LATINA. VILLA DELLE VIGNACCE. SALA ROTONDA CON VOLTÀ ALLEGGERITA PER MEZZO DI OLLE.

La : G. DEANGELIS D'OSSAT, in LUGLI, vol I, pag. 672, fig. 139.



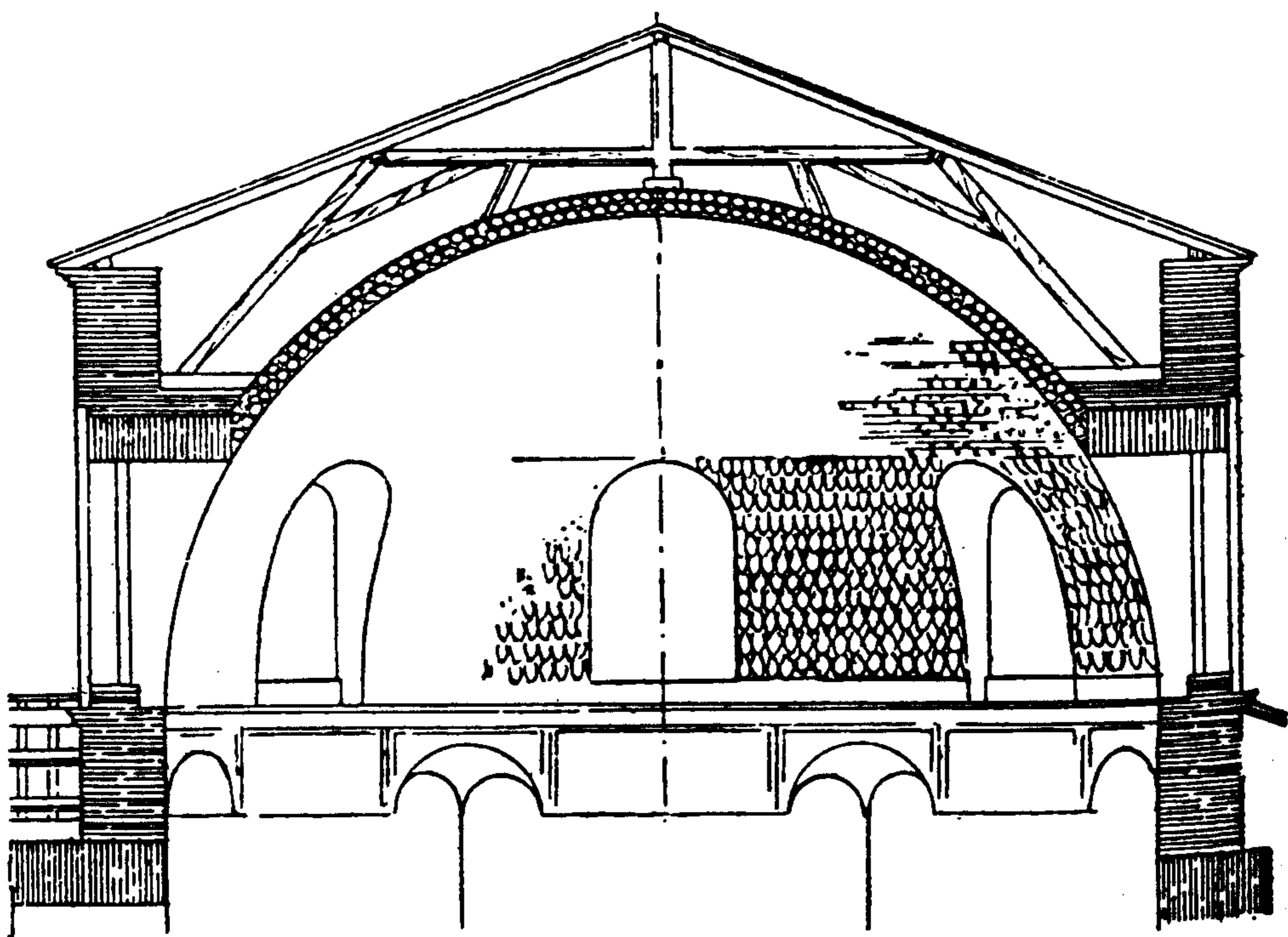


Fig. 24. - RAVENNA: SEZIONE COSTRUTTIVA DELLA CUPOLA DI S. VITALE.
(DA MILANI)

Apparecchio delle volte a botte in muratura

Per le volte a botte possono usarsi tre tipi di apparecchi:

— a filari longitudinali (Fig. 1/a.), che sono di facile esecuzione usando una centina continua;

— a filari trasversali (Fig. 1/b.) che danno maggiore rigidità ma scarso collegamento tra gli elementi; la volta è composta da una serie di archi elementari affiancati che possono essere costruiti con una centina mobile di limitata larghezza;

— a filari diagonali (Fig. 1/c.) che danno un migliore collegamento trasversale e longitudinale e, nelle volte di modesta luce, consentono la costruzione senza l'impiego di centina.

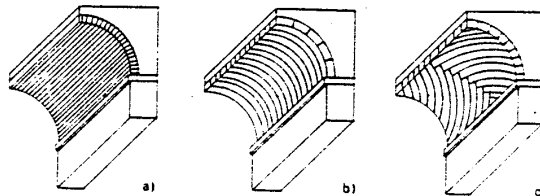
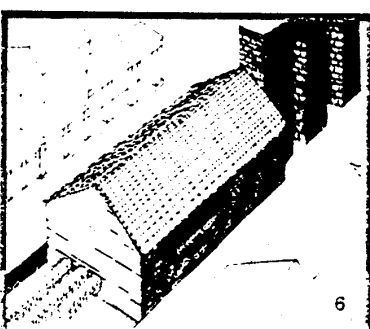
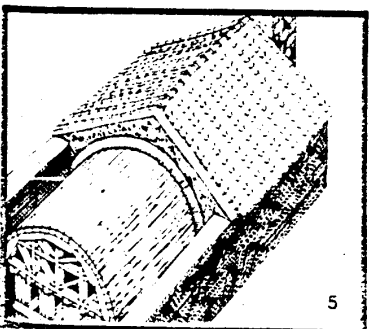
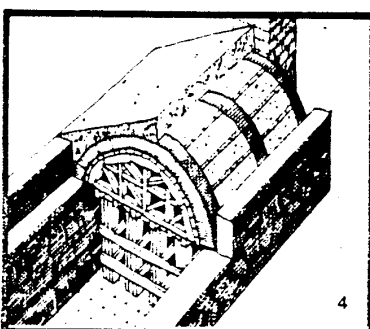
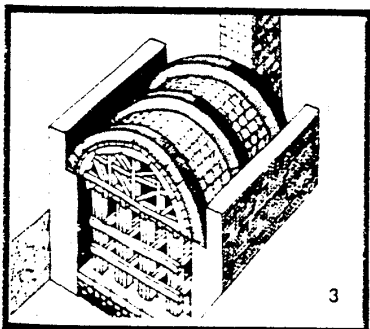
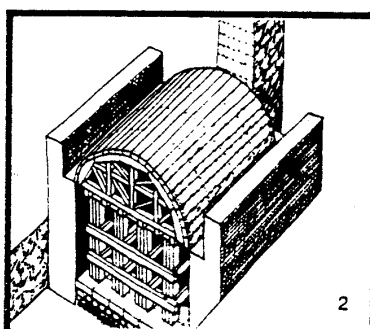
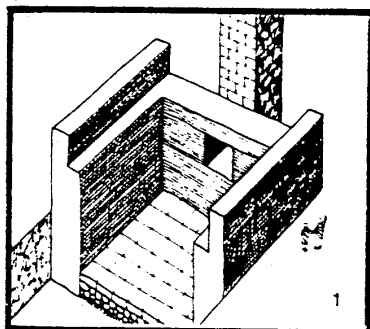


Fig. 1 - Apparecchio delle volte a botte; a) a filari longitudinali; b) a filari trasversali; c) a filari diagonali.

(3)



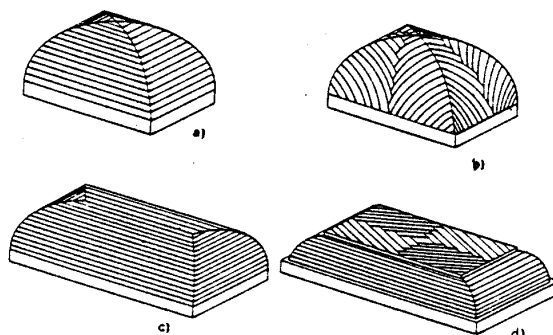
— Fasi di costruzione di una volta a botte, secondo la tecnica romana: 1) preparazione dei muri; 2) posa in opera della centina; 3) esecuzione degli archi in mattoni; 4) riempimento con calcestruzzo ed esecuzione del rinlianco; 5) esecuzione della copertura e sfilamento della centina; 6) opera finita. (6)

Apparecchio delle volte a padiglione in muratura

Le volte a padiglione possono apparecchiarsi:
 — a **filari longitudinali paralleli ai muri perimetrali** che consentono la costruzione senza centine o con centine leggere; le azioni della volta si scaricano sui sostegni continui (Fig. a);

— a **filari trasversali o a spina di pesce** che permettono di realizzare un collegamento più efficace tra gli elementi; le azioni della volta oltre che scaricarsi sui sostegni continui vengono concentrate sugli spigoli attraverso gli archi diagonali (Fig. b).

Similmente possono apparecchiarsi le volte a botte con teste di padiglione e le volte a schifo (Fig. c/d).



• Apparecchio di volte composte: a-b) volte a padiglione; c) volta a botte con teste di padiglione; d) volta a schifo.

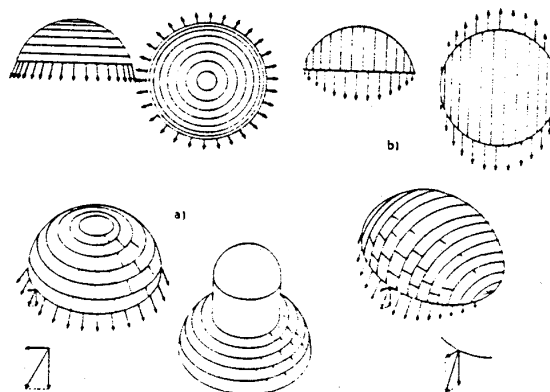
(3)

Apparecchio delle volte a bacino e delle cupole in muratura

Le volte emisferiche possono apparecchiarsi:
 — per **filari ad anelli concentrici secondo i paralleli della sfera**; con questo apparecchio la volta sollecita uniformemente tutto il suo piano di imposta (Fig. a); inoltre ogni anello, non appena chiuso, è capace di reggersi per mutuo contrasto dei conci prima che tutta la volta sia ultimata. Ciò consente di limitare la costruzione della volta a quella parte di essa che si ritiene necessaria per impostarvi sopra un velario o un'altra volta emisferica di minore diametro o il tamburo di una cupola.

I filari però non sono ammorsati tra di loro ma solo appoggiati l'uno sull'altro e per questo la struttura risulta poco compatta;

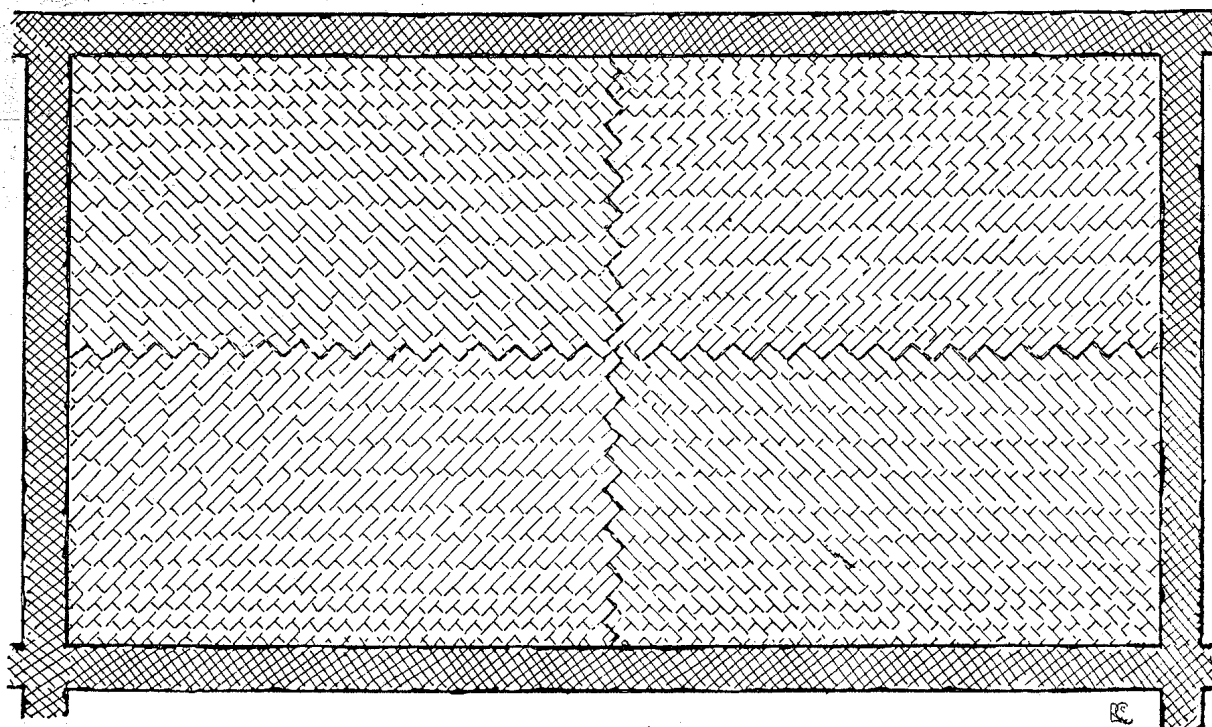
— per **filari paralleli ad un diametro del cerchio di base** (Fig. b); con questo apparecchio la volta sollecita non uniformemente il suo piano d'imposta secondo la direzione del diametro parallelo ai filari e non lo sollecita nel senso ortogonale.



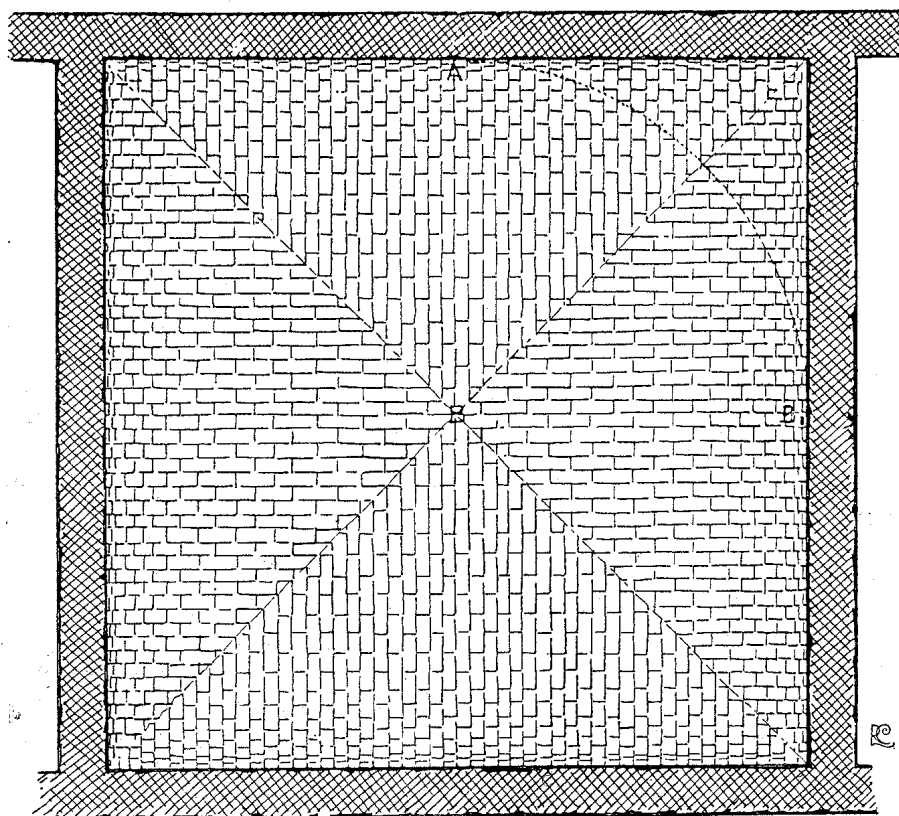
• Apparecchio delle volte emisferiche: a) filari ad anelli concentrici; b) filari paralleli ad un diametro del cerchio di base.

(3)

ORDINAMENTO DEI MATTONI NELLE VOLTE A BOTTE CILINDRICHE.

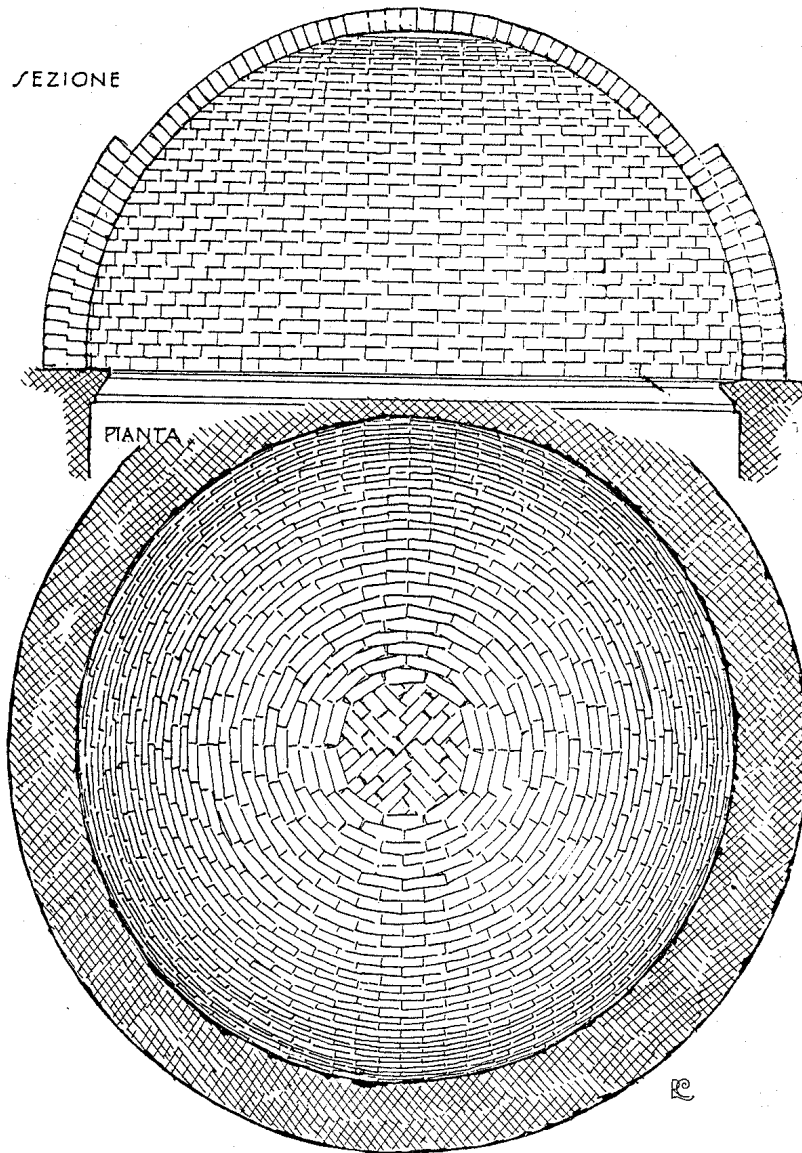


ORDINAMENTO DEI MATTONI IN UNA VOLTA A PADIGLIONE
AB, RIBALTAMENTO DIRETTRICE AB



assicelle strette, così da riprodurre esattamente la forma della volta. Il calcestruzzo non deve essere troppo asciutto, perchè comprimendolo possa diventare omogeneo; esso si prepara con ghiaietto sabbia e cemento e deve essere adoperato fresco; la sua posa si fa a strati ed in bande trasversali, che si distendono, si battono e si sovrappongono incominciando dalle imposte, per modo che, col

ORDINAMENTO DEI MATTONI IN VNA VOLTA SFERICA.



procedere del lavoro, gli strati vengano ad acquistare una estensione sempre maggiore nel verso della larghezza, finchè essa abbia raggiunto il giusto spessore, estradossandole piane. La battitura del calcestruzzo deve essere uniforme e continua. Il disarmo di queste volte si fa dopo la copertura della fabbrica, e non prima che siano trascorse almeno sei settimane dalla loro costruzione. Le volte di quarto sono quelle volte sottili, fatte con mattoni cavi o pieni, murati di pianta con malte che, per le volte non molto ampie, si impastano con sabbie silicee finissime, e talora anche con l'aggiunta di un po' di gesso, e per quelle di gran corda, si fanno di puro cemento a rapida presa. Le

Apparecchio delle volta a crociera in muratura

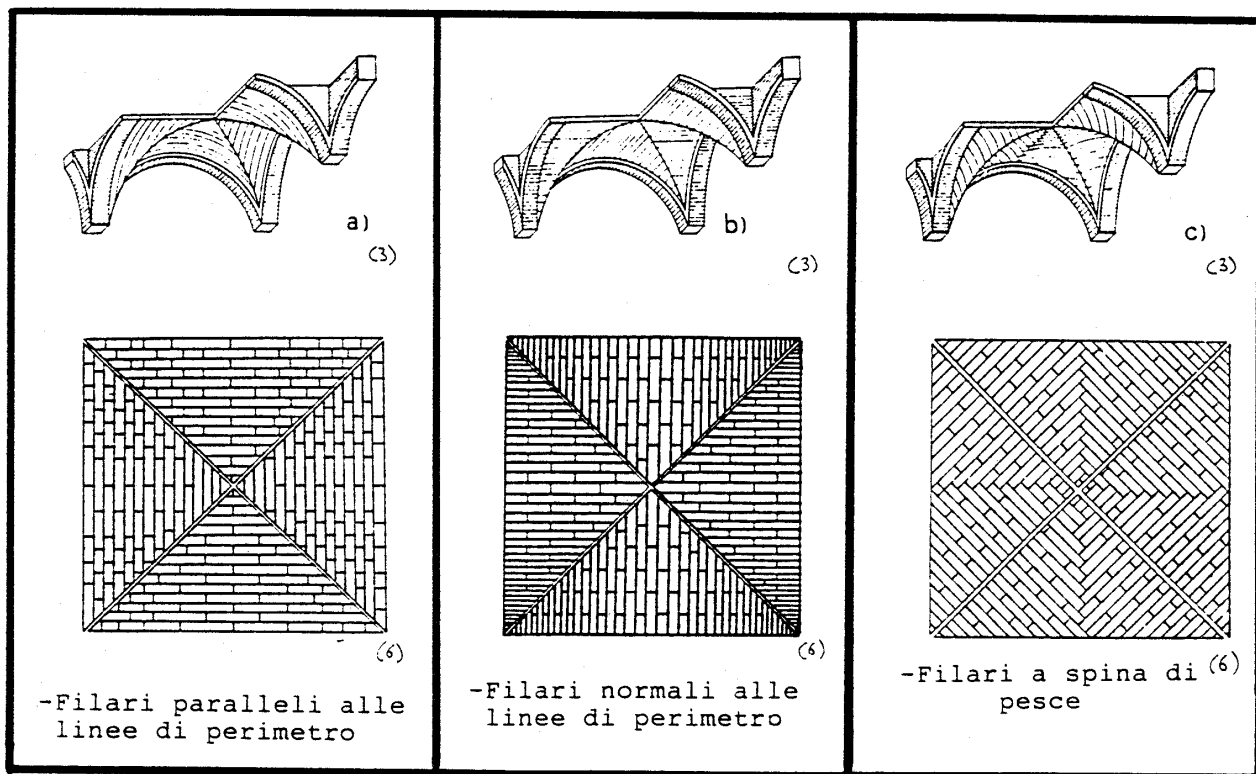
Le volte a crociera si possono costruire con i seguenti apparecchi:

— a filari paralleli alle linee di perimetro, normali alle generatrici, che portano le azioni sugli archi diagonali, eventualmente rafforzati da nervature o costoloni, e per mezzo di questi sui piedritti; con opportuni accorgimenti la costruzione della volta può essere fatta senza centine (Fig. a);

— a filari normali alle linee di perimetro — paralleli alle generatrici — in modo da portare le azioni sui piedritti direttamente e mediante gli archi diagonali; si usa per volte pesanti e di grande luce e per la costruzione occorrono le centine (Fig. b);

— a filari a spina di pesce in modo da caricare sia gli archi diagonali che quelli di imposta (Fig. c).

(3)



VOLTA A CROCIERA
CILINDRICA.

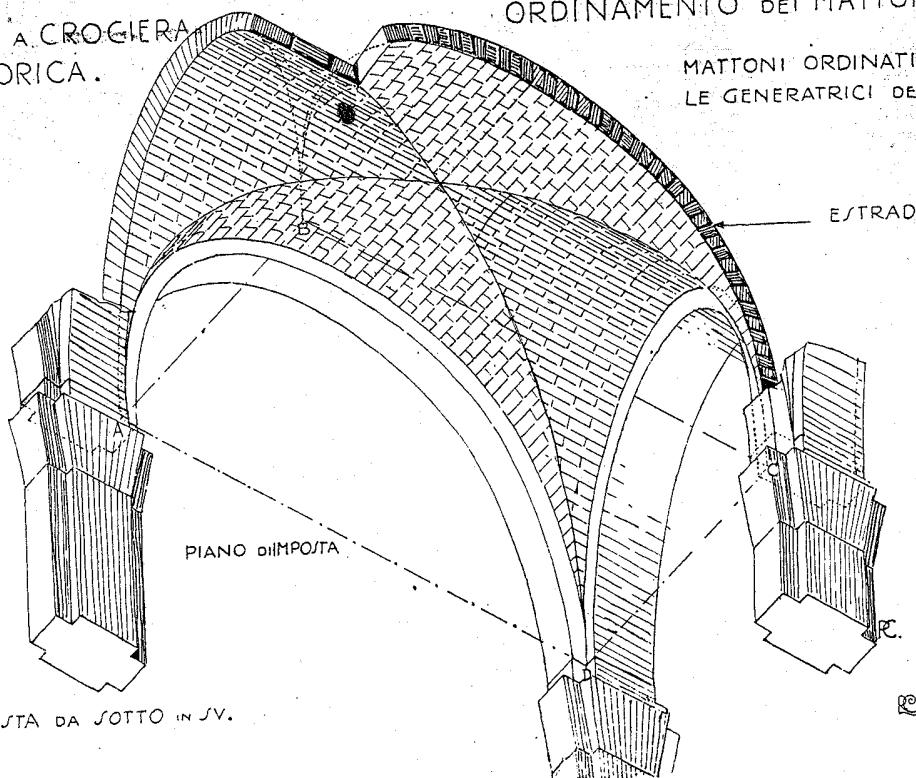
ORDINAMENTO DEI MATTONI.

MATTONI ORDINATI SECONDO
LE GENERATRICI DEGLI SPICCHI.

ESTRADOSSO.

PIANO di IMPOSTA

VISTA DA SOTTO IN SV.



VOLTA A CROCIERA
CILINDRICA

ORDINAMENTO DEI MATTONI

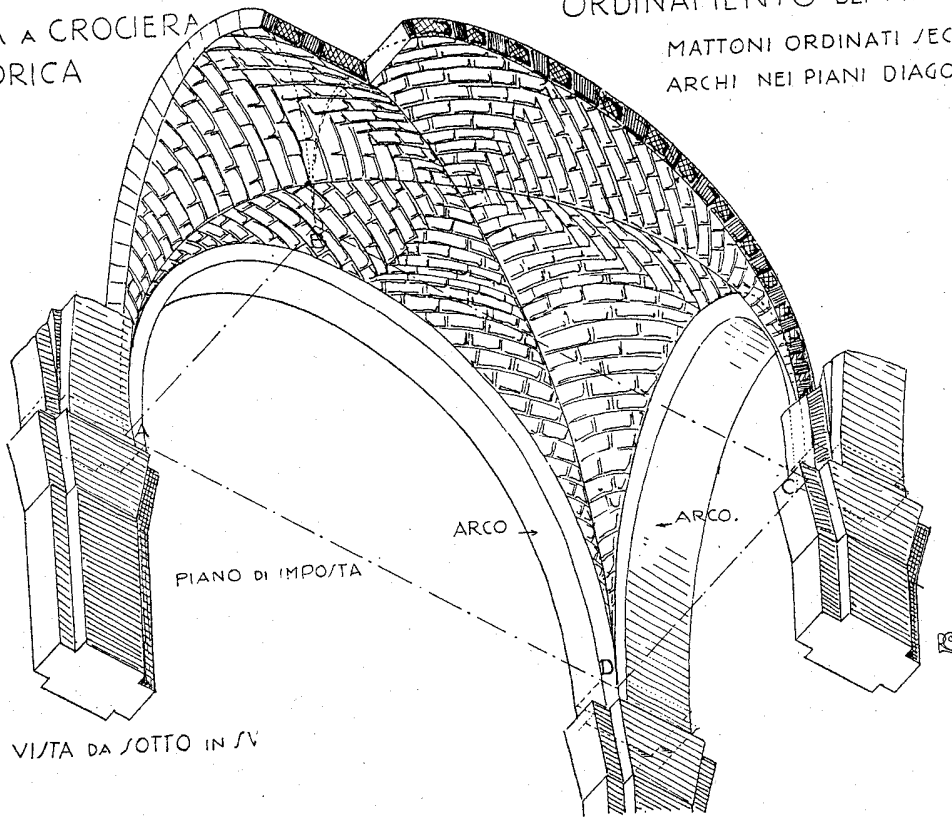
MATTONI ORDINATI SECONDO
ARCHI NEI PIANI DIAGONALI.

PIANO di IMPOSTA

ARCO

ARCO.

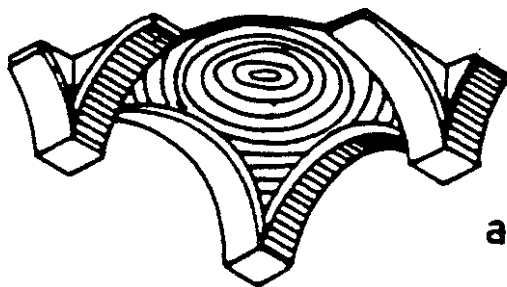
VISTA DA SOTTO IN SV.



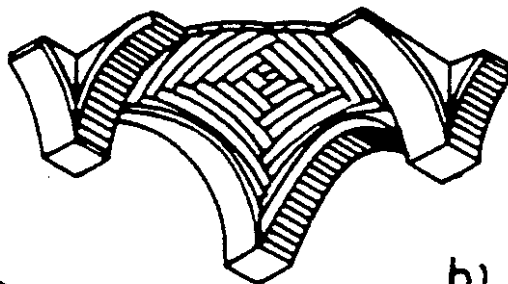
Apparecchio delle volte a vela in muratura

Le volte a vela sono costruite con i seguenti apparecchi:

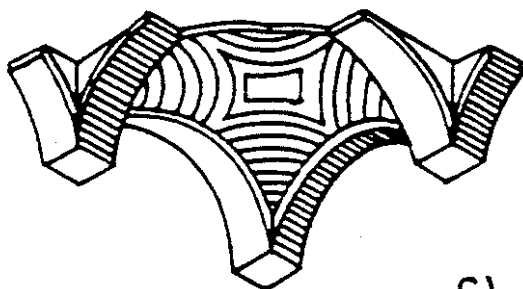
- ad anelli concentrici (Fig. a)
- ad archi paralleli o a coda di pavone (Fig. b);
- a ventaglio (Fig. c).



a)



b)



c)

• Apparecchio delle volte a vela:
a) ad anelli concentrici;
b) ad archi paralleli o a coda di pavone; c) a ventaglio.

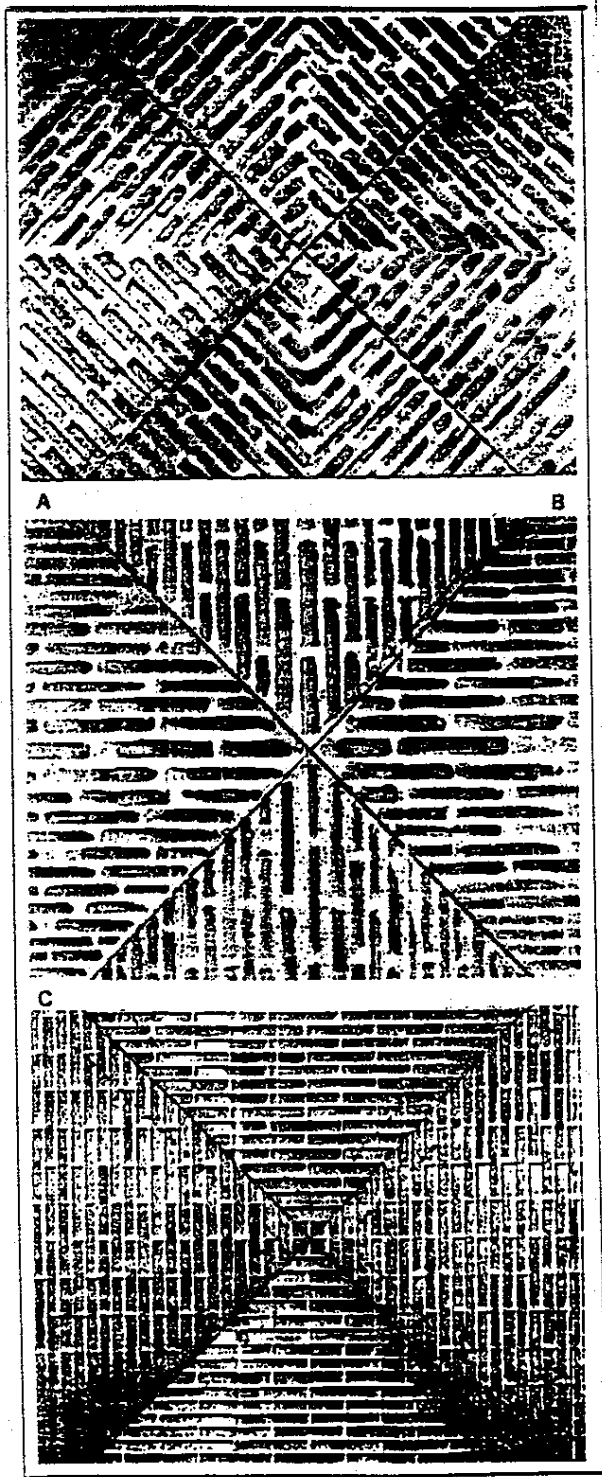


Fig. 1.40 Apparecchi per volte a crociera.

legenda: a. i filari sono normali alle diagonali; il carico è riportato sui piedritti; b. i filari sono normali ai lati della pianta; il carico è riportato sugli archi diagonali e da questi sui piedritti; c. i filari sono paralleli ai lati della pianta; il carico è riportato sugli archi d'imposta e da questi sui piedritti

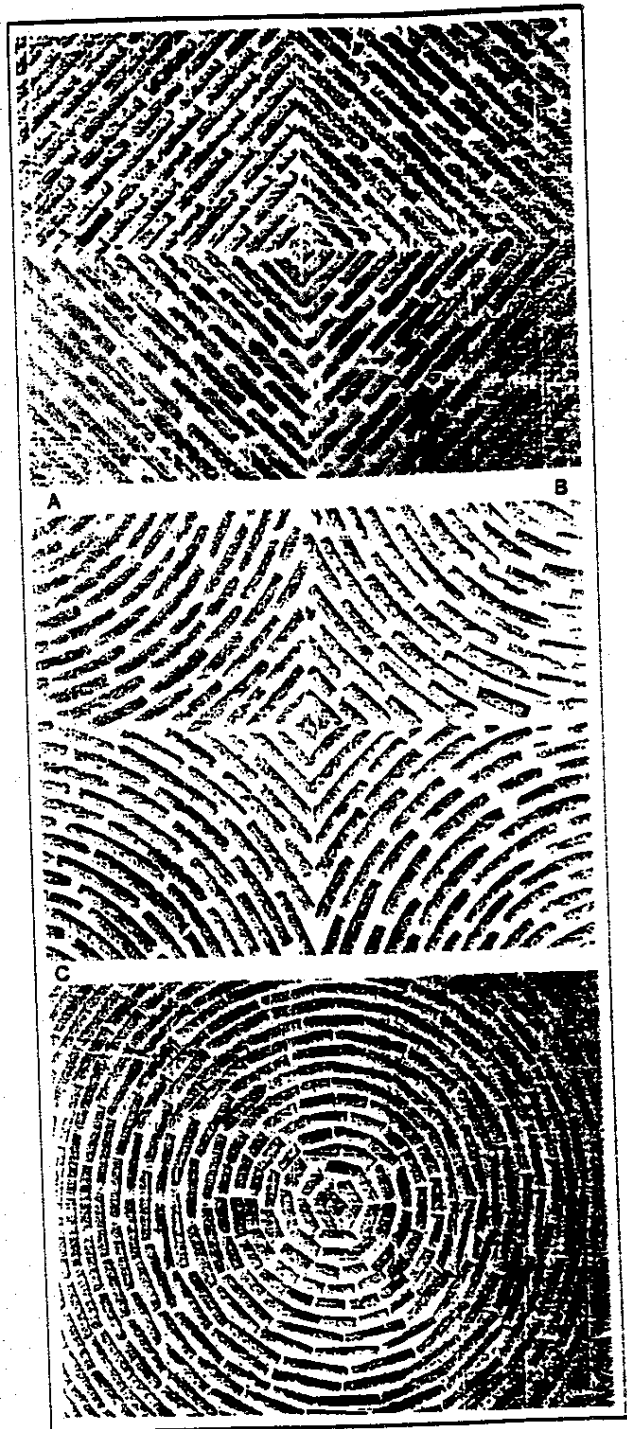
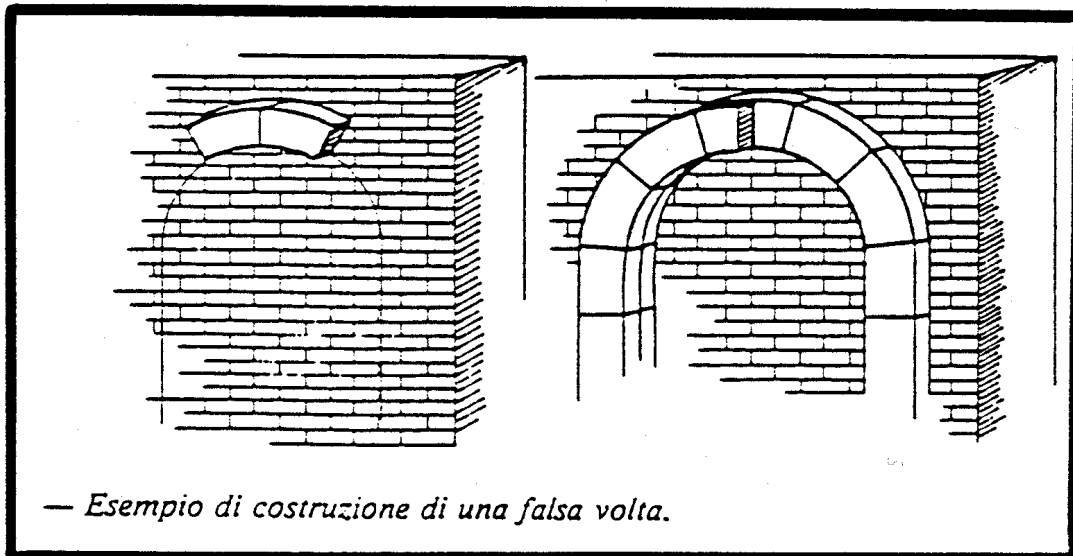


Fig. 1.37 Apparecchi per volte a vela.

legenda: a. i filari sono disposti in piani normali alla pianta; il carico è concentrato nei piedritti, in modo da scaricare gli archi d'imposta; b. i filari sono disposti a cerchi concentrici, normali alle diagonali della pianta; il carico è concentrato nel vertice degli archi d'imposta; c. i filari sono disposti a cerchi concentrici, con il centro al colmo della volta; il carico è distribuito lungo tutto l'estradosso degli archi d'imposta

La falsa volta

Non bisogna lasciarsi ingannare da quelle strutture che della volta rispettano la forma e non il comportamento statico; oltre le volte di cui si è detto nelle pagine precedenti, esistono le pseudovolte, così largamente impiegate in Mesopotamia, in Egitto o addirittura in Messico dai Maya od in Perù dagli Inca, sin da epoche remotissime. I nuraghe sardi, i trulli di Alberobello in Puglia, le tombe etrusche di Volterra o Tarquinia, forniscono alcuni degli esempi per noi più tangibili di queste costruzioni che, al pari delle vere volte, permettono di impiegare materiali "poveri" di resistenza a trazione quali i mattoni, crudi o cotti che siano, oppure la pietra per coprire grandi luci e suppliscono così alla carenza di dimensioni longitudinali dovute alle pezzature ridotte degli elementi costitutivi. (44)



— Esempio di costruzione di una falsa volta.

Una tecnica interessante per costruire una volta falsa in mattoni è quella di addossare il primo di una serie di archi paralleli, iniziando la costruzione di ognuno di essi dai conci di chiave, ad un piano inclinato o diritto, edificato in precedenza; i mattoni vengono incollati tra di loro e sul muro che costituisce pertanto un sostegno non più amovibile. Come gli archi sono completati, portati a terra cioè, il comportamento della struttura si avvicina a quello di veri archi spingenti e si viene a realizzare inoltre una volta a botte con una estrmità cieca. (44)

In alcuni casi, come quello esemplificato in fig.2, si può riscontrare anche la sovrapposizione di ulteriori volte diritte sulla prima costruita in appoggio al muro; detta volta assume dunque anche la funzione di una centinatura a perdita. (11)

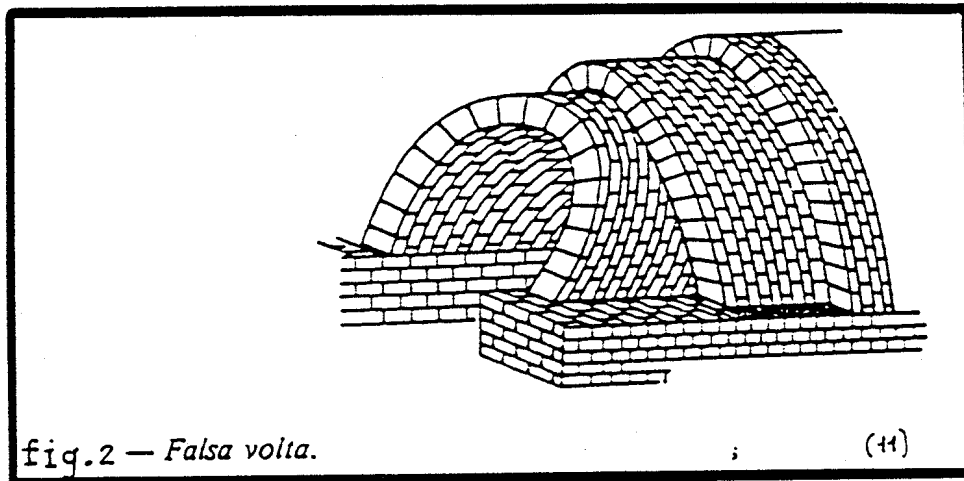


fig.2 — Falsa volta.

(11)

Il disegno della fig.3 è la ricostruzione prospettica del palazzo di Ctesifonte, nei pressi di Bagdad, databile intorno al 531-79 dopo Cristo (epoca in cui vive il re Sasanide Corsoe I che lo costruisce); la falsa volta, ancor oggi visibile in parte, è in mattoni cotti, larga 25 metri ed alta 36. (11)

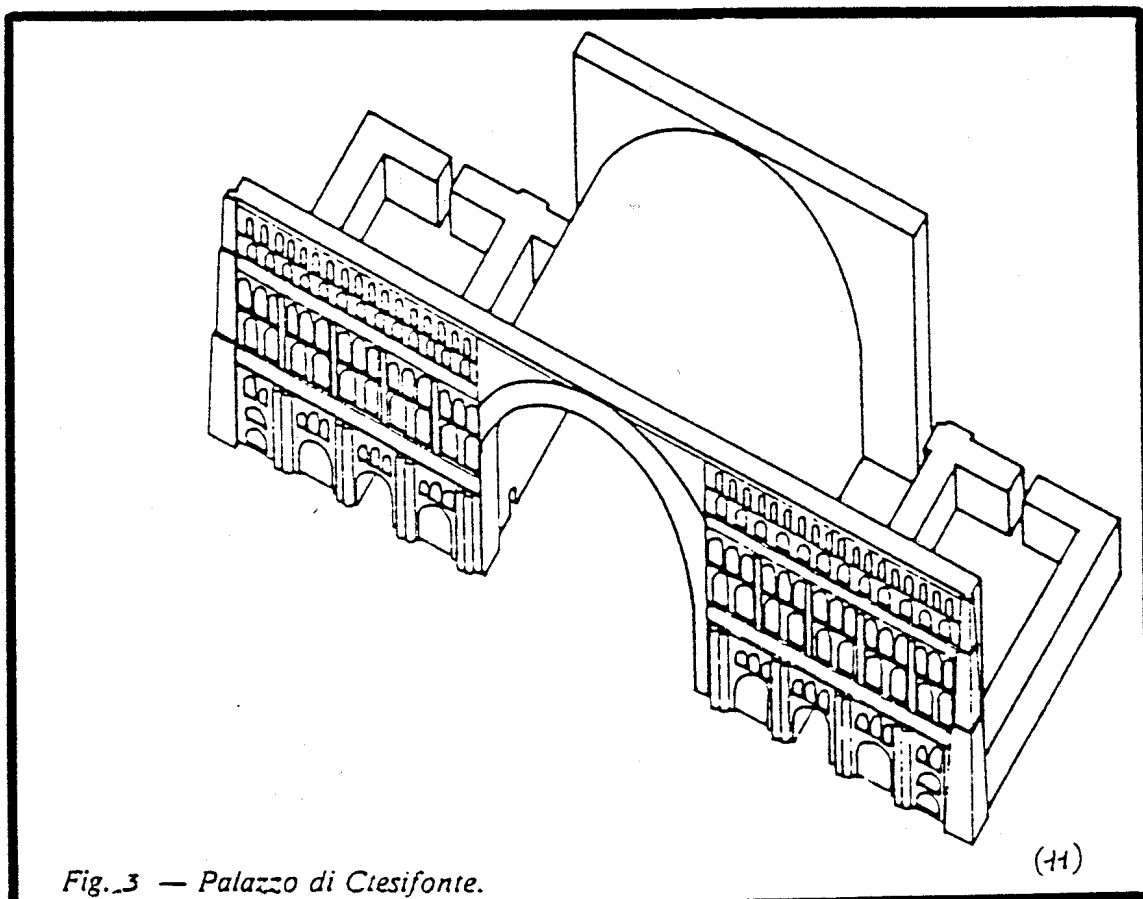
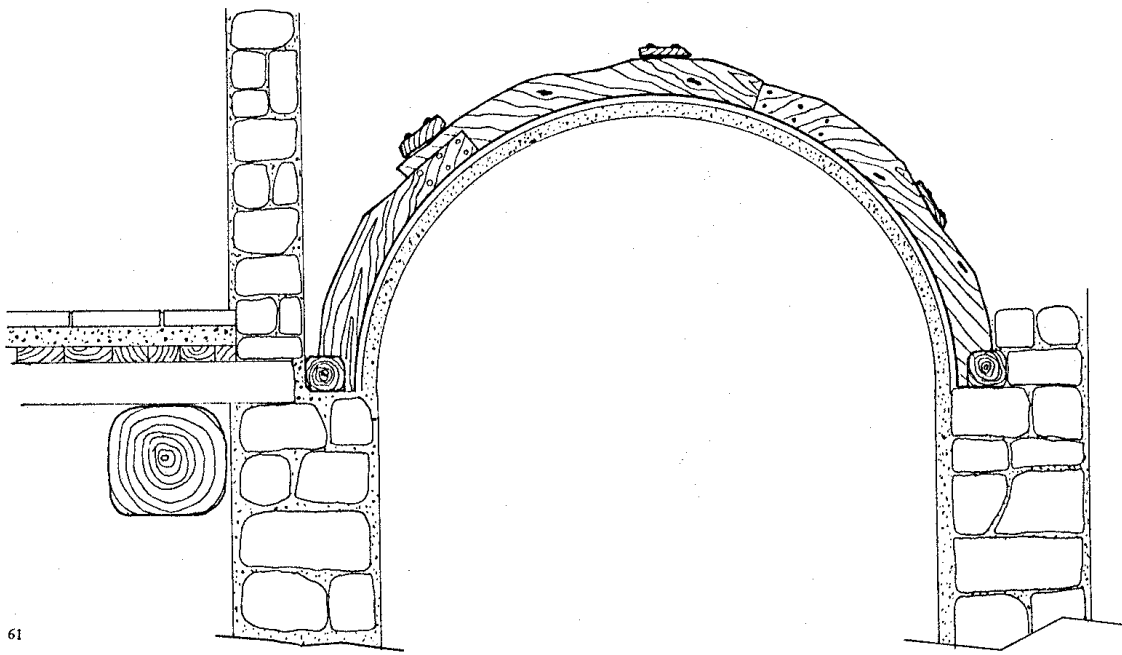
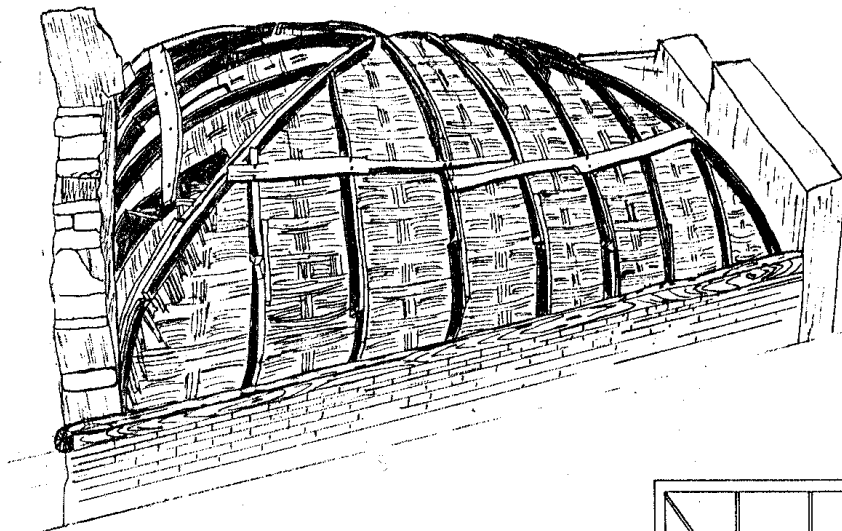


Fig.3 — Palazzo di Ctesifonte.

(11)



61

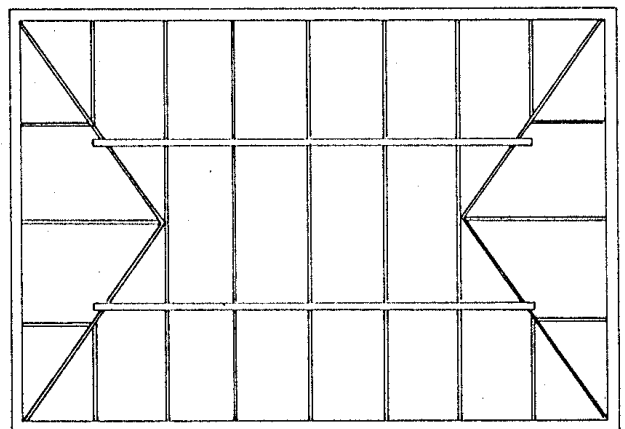


62

61 Sezione tipo di una *giana e travi radice* di una volta in canna con relative chiodature

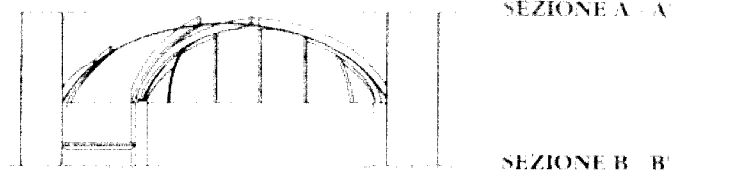
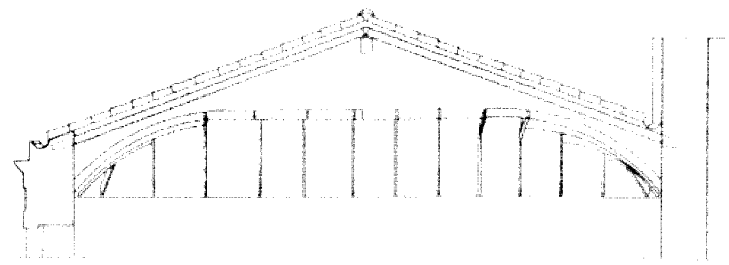
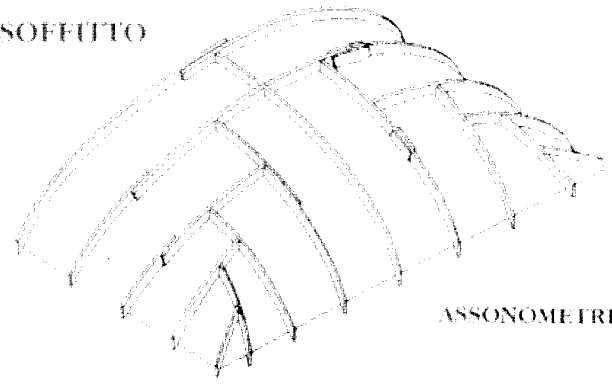
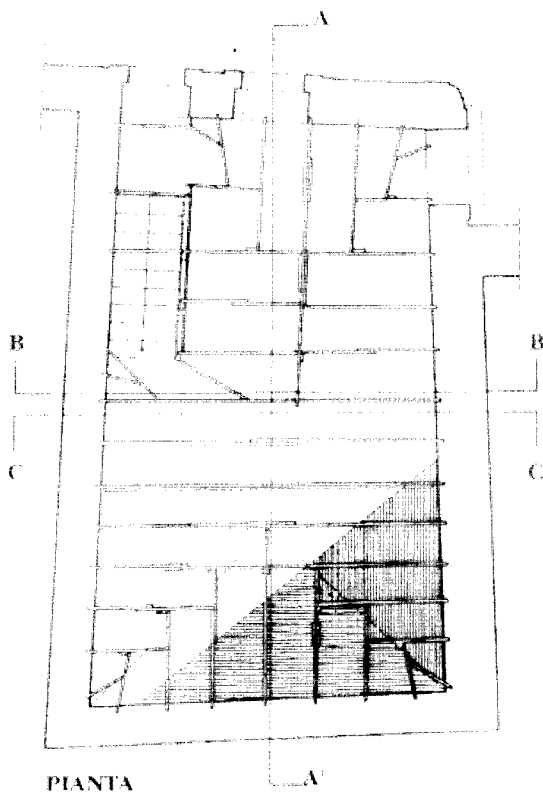
62 Assonometria di volta in canniccio

63 Pianta delle strutture lignee di una volta in canna

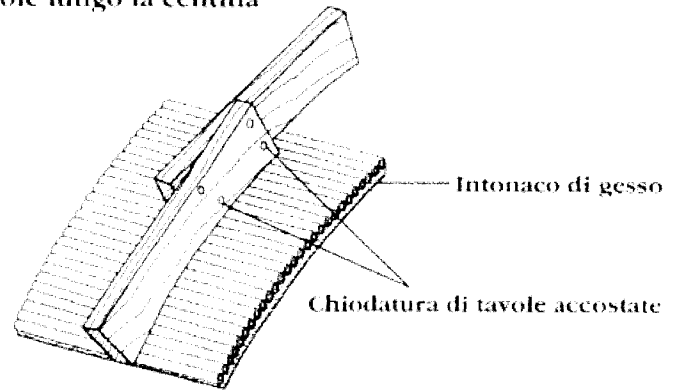
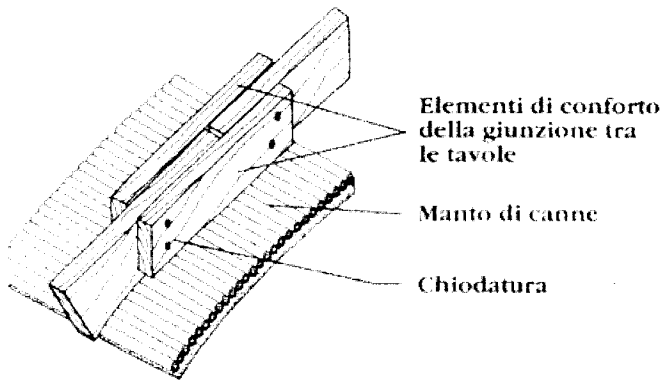


63

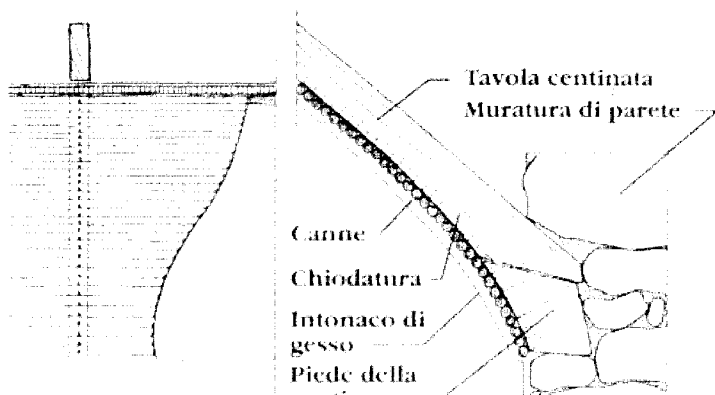
VOLTA DI CONTROSOFFITTO TIPO A2



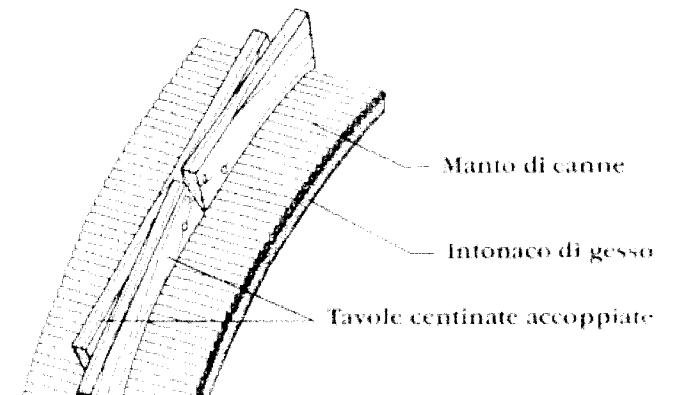
Soluzione di raccordo delle tavole lungo la centina



Appoggio della centina alla muratura



Raddoppio delle tavole sulla giunzione delle canne



Largamente usata, soprattutto negli ultimi piani degli edifici del passato, era la così detta "finta volta", realizzata con sostegni di legno e incannicciata, su cui veniva applicata una malta di calce e gesso, come mostra la fig.4, e stucchi per rifinire. (3)

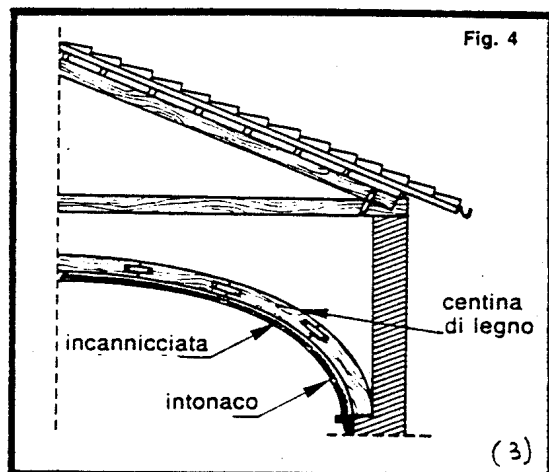


Fig.4-Finta volta appesa

La centina lignea è ancorata alla muratura e appesa alla volta strutturale.

Il rinzafo viene steso sulla stuoia di canne intrecciate. L'intonaco di calce è detto "arenino".

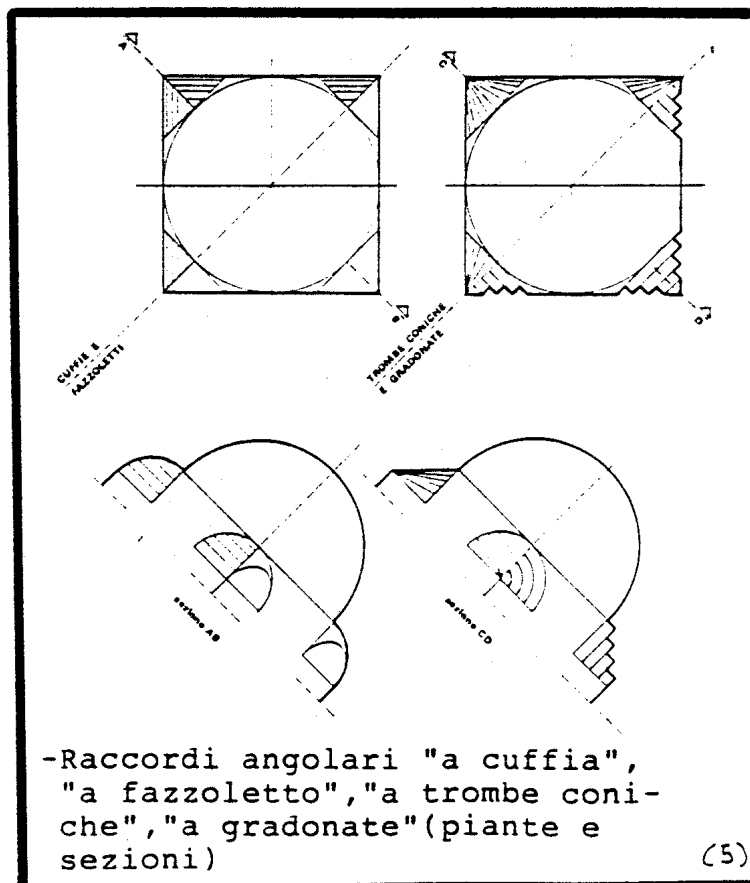
La stuoia di canne intrecciate sono legate con fil di ferro e chiodata alle centine lignee. (3)

Superfici di raccordo

Impostare una superficie di rotazione, ma più in generale una qualsiasi volta a pianta poligonale, su un ambiente quadrato ha costituito per lungo tempo uno dei principali problemi dell'architettura delle volte; la superficie di rotazione comporta infatti, in quanto tale, un'area di appoggio circolare che può essere inserita in un quadrato a parto però che i settori compresi tra i quarti di cerchio ed i relativi lati del quadrato, siano risolti nello spazio mediante *superfici di raccordo*. Talvolta la gradualità del raccordo fu resa possibile da *archi di raccordo successivi* secondari gettati sulla bisettrice tra arco diagonale e muro ⁽⁵⁾.

I settori triangolari d'angolo possono in definitiva essere risolti imperfettamente in una delle seguenti maniere: con una *cuffia*, ossia con due fusi aventi il vertice sulla chiave dell'arco diagonale; con un *fazzoletto*, semivolta a crociera piccolissima su triangolo isoscele rettangolo; con una *tromba* infine, botte conica con il vertice sullo spigolo. Nelle figure si accenna anche ad alcune varianti, tra cui la *tromba gradonata*, costituita da archi concentrici a raggio sempre minore.

La soluzione perfetta, come si è già detto, si avrà soltanto con l'introduzione dei *pennacchi sferici*, che geometricamente si ottengono sezionando una volta a vela mediante un piano orizzontale tangente alla chiave d'imposta. Il cerchio d'intersezione permette così d'impostare correttamente il bacino. ⁽⁵⁾





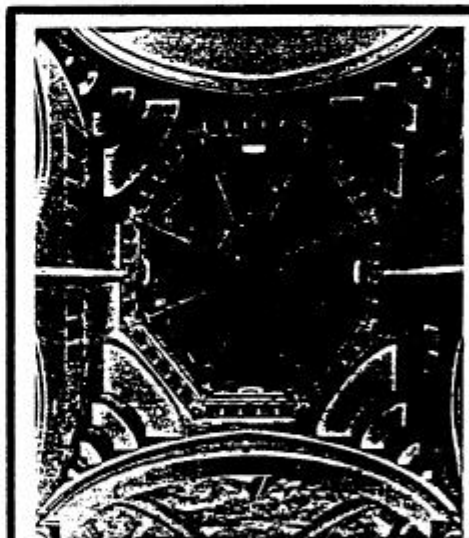
Esmiadzin, chiesa di S. Gai-
né, particolare dei raccordi angolari suc-
cessivi "a tromba" (630-636). Si notino in
alto gli archetti secondari che rendono più
graduale il raccordo dal cerchio all'ortogo-
no, che prepara infine il passaggio al qua-
drato di base. (5)



Cagliari, basilica di S. Satur-
no, particolare del raccordo angolare "a
fazzoletto" (sec. XII). (5)



Le Puy (Francia) cattedrale,
particolare della risoluzione d'angolo dei
padiglioni di copertura (sec. XI-XII). (5)



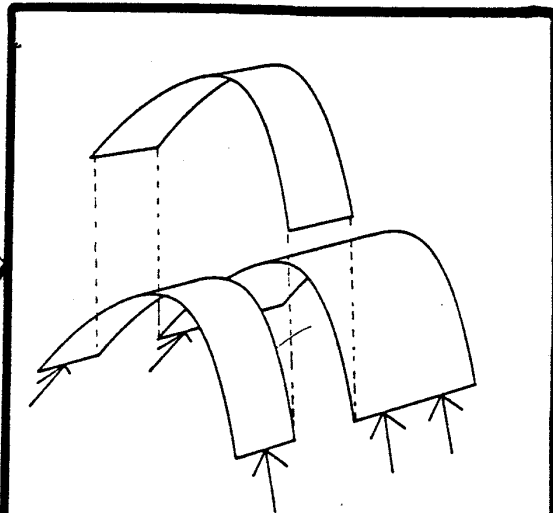
Piacenza, cattedrale, vista dal
basso della copertura centrale con i rac-
cordi angolari "a trombe successive"
(meta del sec. XII). (5)



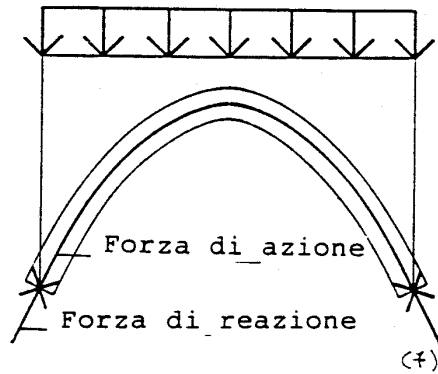
Firenze, Sacrestia Nuova di S.
Lorenzo (Cappella Medicea), "pennacchio"
angolare, opera di Michelangelo Buonarroti
(1519-1534). Nel lessico formale del sistema
spingente, il "pennacchio" costituisce la mi-

Volta a botte

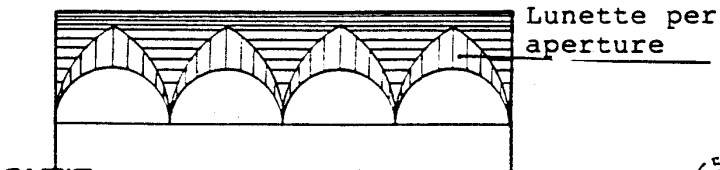
Le volte a botte esercitano azione di peso e di spinta, con distribuzione uniforme, sui due sostegni continui lungo le linee di imposta. (3)



In una volta a botte, è possibile togliere un arco, come in figura, senza nuocere alla forza portante degli altri archi, perchè questi continuano a trasmettere le forze lungo lo asse e ad essere respinte dall'azione di opposizione di un colonnato, ad esempio

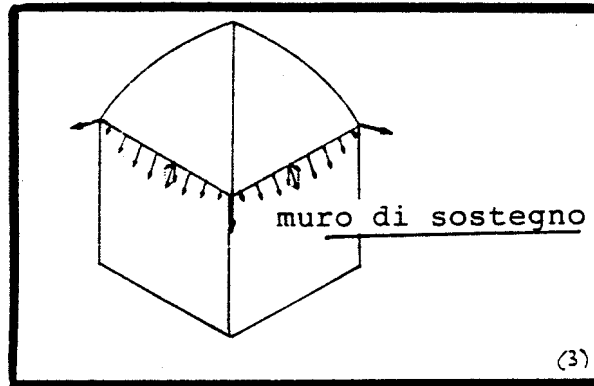


Le unghie come elementi isolati, risolvono brillantemente il problema dell'apertura di un vano finestra lungo i fianchi di una botte, in quanto collegano all'intradosso della volta, il piano verticale della *lunetta*, ossia della bucatura arcuata.

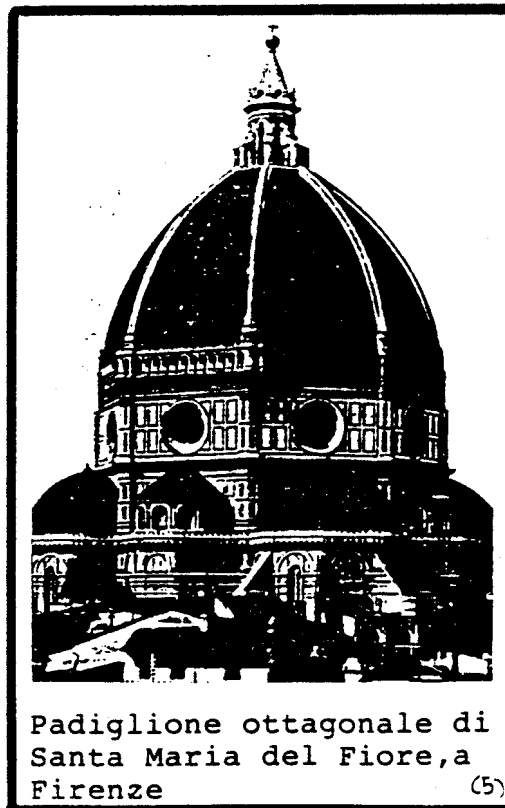


Volta a padiglione

A differenza della crociera, il padiglione presuppone un comportamento statico su appoggi continui poichè scarica il suo peso uniformemente sul perimetro; grande importanza hanno perciò in questo caso le strutture verticali di bordo, che assolvono la funzione di assorbire le spinte esercitate verso l'esterno. (5)



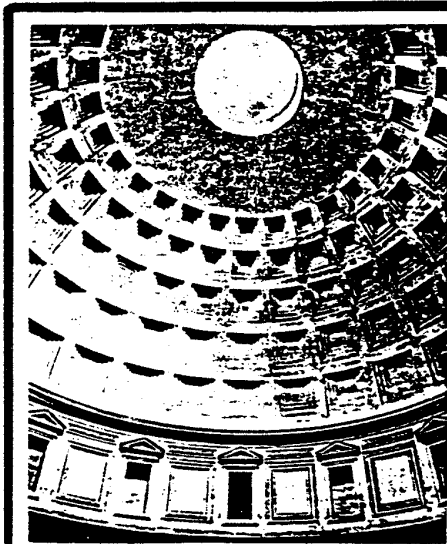
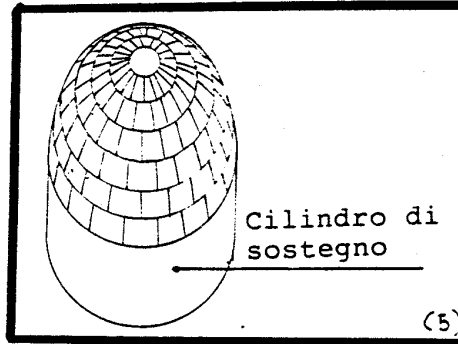
Il passaggio dallo schema quadrato e rettangolare al poligonale rende ancor più evidente la predisposizione peculiare del padiglione ad una delimitazione chiusa dello spazio architettonico; la sua aggregazione può avvenire soltanto tramite accostamento di strutture murarie verticali, la cui interposizione impedisce di realizzare, a differenza della crociera, serie voltate continue. (5)



Padiglione ottagonale di Santa Maria del Fiore, a Firenze (5)

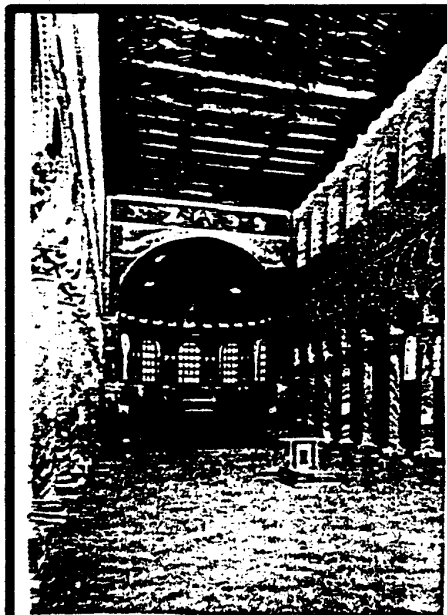
Volta a bacino

il cilindro d'imposta del bacino si trova ad assolvere in maniera uniforme la duplice funzione di equilibrare le componenti orizzontali delle spinte e di trasmettere a terra le pressioni verticali (5)



Per assorbire le spinte, le masse murarie dovevano raggiungere spessori considerevoli, che gravavano con enormi carichi sulle sottostanti fondazioni: nel Pantheon, ad esempio, nonostante il peso della volta sia stato alleggerito al massimo, mediante cassettoni, lo spessore del cilindro di base è dell'ordine di 7 metri.

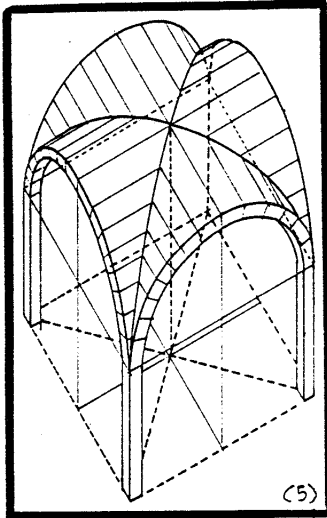
(5)



S. Apollinare in Classe a Ravenna, catino absidale (VI sec. d.C.). Nel catino, l'aver asportato geometricamente una metà della superficie voltata, implica necessariamente, dal punto di vista strutturale, l'inserimento di un arcone frontale, che reintegri le spinte di mutuo contrasto, riportando così l'equilibrio statico (5)

(5)

Volta a crociera

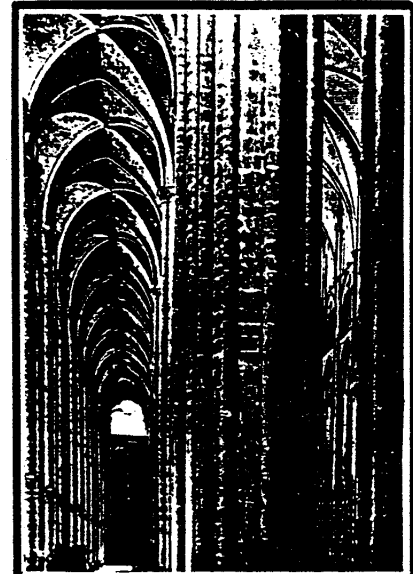


Gli archi frontali ed i diagonali comuni a due unghie contigue costituiscono l'ossatura portante della volta, che scarica a terra il suo peso mediante gli appoggi relativi ai vertici del poligono: un simile comportamento statico per linee di forza risulta massimamente evidente nella tecnica costruttiva gotica, nel cui ambito i costoloni in pietra ed i pilastri polilobati sono appunto fra gli elementi più tipici e rappresentativi. (5)

Ma la caratteristica che certamente ha favorito la diffusione della crociera è la sua capacità aggregativa applicata in iterazioni continue ed impianti seriali come in chiostri, cortili, portici, navate di chiese, ecc.

Gli archi perimetrali consentono infatti uno schema aperto che si presta assai bene a combinazioni multiple con un gran numero di altri sistemi voltati, oltre che beninteso con crociere aventi la stessa sagoma frontale.

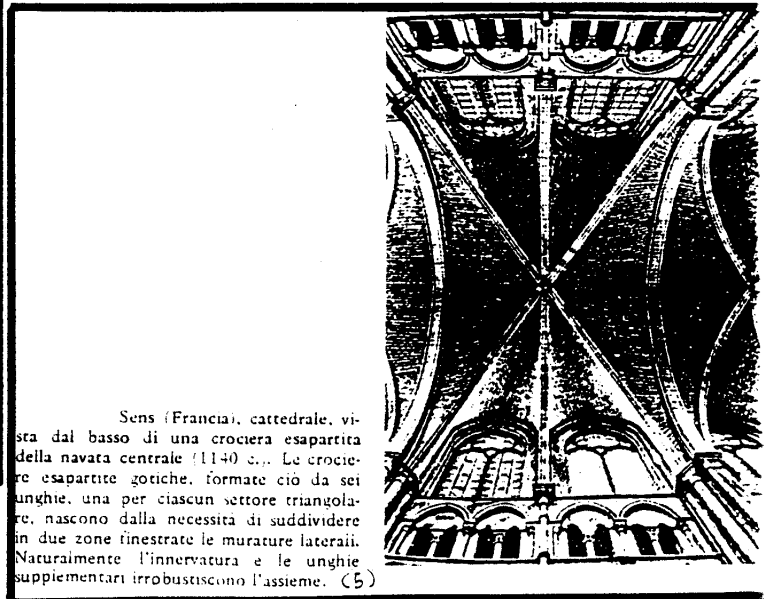
Si consideri a tal proposito che essa, anche quando è stata impiegata in condizioni del tutto eccezionali, difficilmente ha costituito un *unicum* isolato: non a caso la copertura del *frigidarium* delle terme tardo-imperiali è risolta con una successione di tre crociere accostate e mutuamente collaboranti (5)



Bourges, cattedrale (1200 c.), iterazione di crociera a sesto acuto, nella navata laterale sinistra. La successione delle crociere è una delle principali caratteristiche figurative delle cattedrali gotiche, in cui l'impianto planimetrico seriale aderisce perfettamente a tale risoluzione spaziale iterativa. (5)



Roma, aula termale di Diocleziano trasformata da Michelangelo nella chiesa di S. Maria degli Angeli (1561). La forma canonica del *frigidarium* delle Terme romane prevede una copertura composta da tre ampie crociere affiancate. (5)



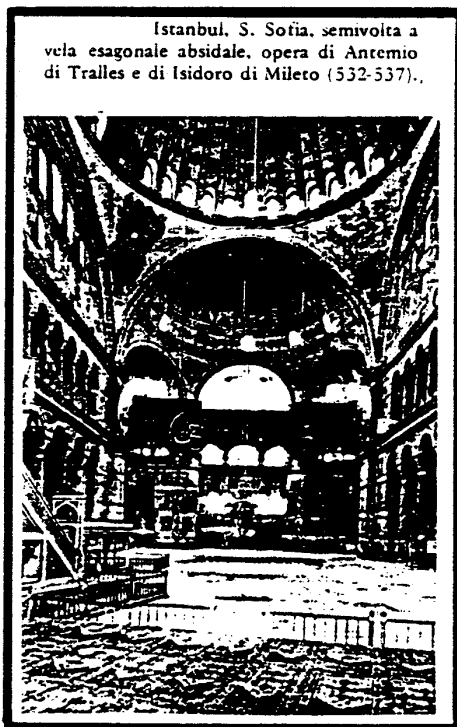
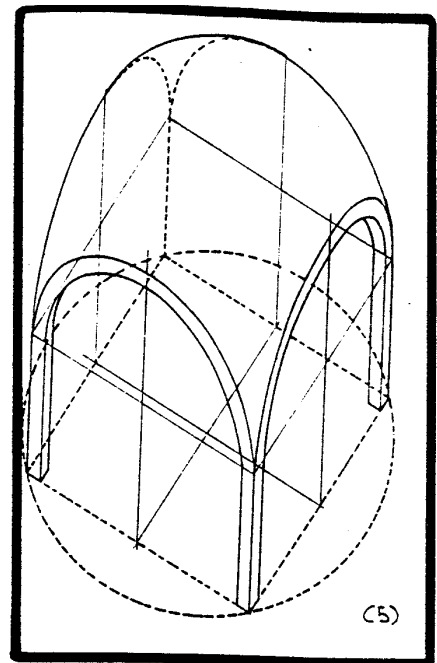
Sens (Francia), cattedrale, vista dal basso di una crociera esapartita della navata centrale (1140 c.). Le crociere esapartite gotiche, formate cioè da sei unghie, una per ciascun settore triangolare, nascono dalla necessità di suddividere in due zone finestrate le murature laterali. Naturalmente l'innervatura e le unghie supplementari irrobustiscono l'insieme. (5)

Volta a vela

Il suo peso non si viene a concentrare sugli appoggi discontinui corrispondenti agli spigoli del prisma, come avveniva nella crociera ove le nervature diagonali contribuivano ad irrigidirne l'assetto statico, ma si distribuisce lungo l'intersezione tra piano verticale e bacino, così da necessitare di una parete perimetrale continua, o di un arco che la sostituisca, riportando il peso della volta ai vertici.

Rispetto al bacino da cui deriva, la vela ha infatti diminuito la superficie d'appoggio più di quanto non si sia alleggerita del peso delle porzioni tolte; perciò in passato è stata sovente associata ad organismi voltati complessi in maniera tale che al suo equilibrio potessero concorrere le coperture contigue: oppure si è ricorsi alla parete perimetrale — allorchè tale soluzione era consentita dal funzionamento distributivo generale — così da ricostituire la continuità dell'appoggio.

Le due semivele esagonali che coprono i catini absidali di S. Sofia di Costantinopoli ⁽²⁾, mettono in pratica ambedue gli accorgimenti: la loro grande dimensione, mt. 34 di diametro, è stata resa possibile, oltre che dal contrasto con la cupola centrale, anche dai notevoli spessori delle murature perimetrali. (5)



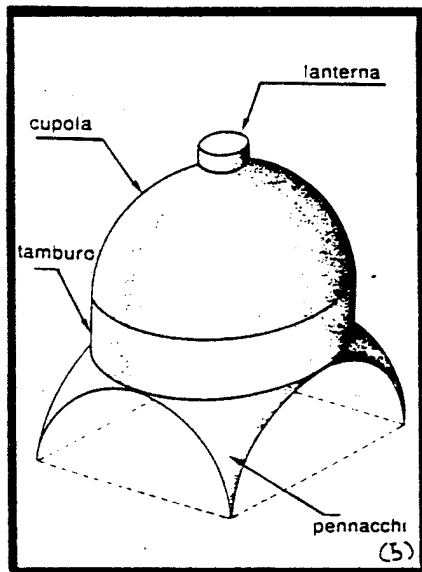
(5)



(5)

I caratteristici archi perimetrali della volta a vela ne hanno permesso, come avveniva per la crociera, un impiego seriale in successioni continue, ma — a differenza di quella — i risultati figurativi ottenuti sono stati profondamente diversi. (5)

La cupola e la volta a ombrello



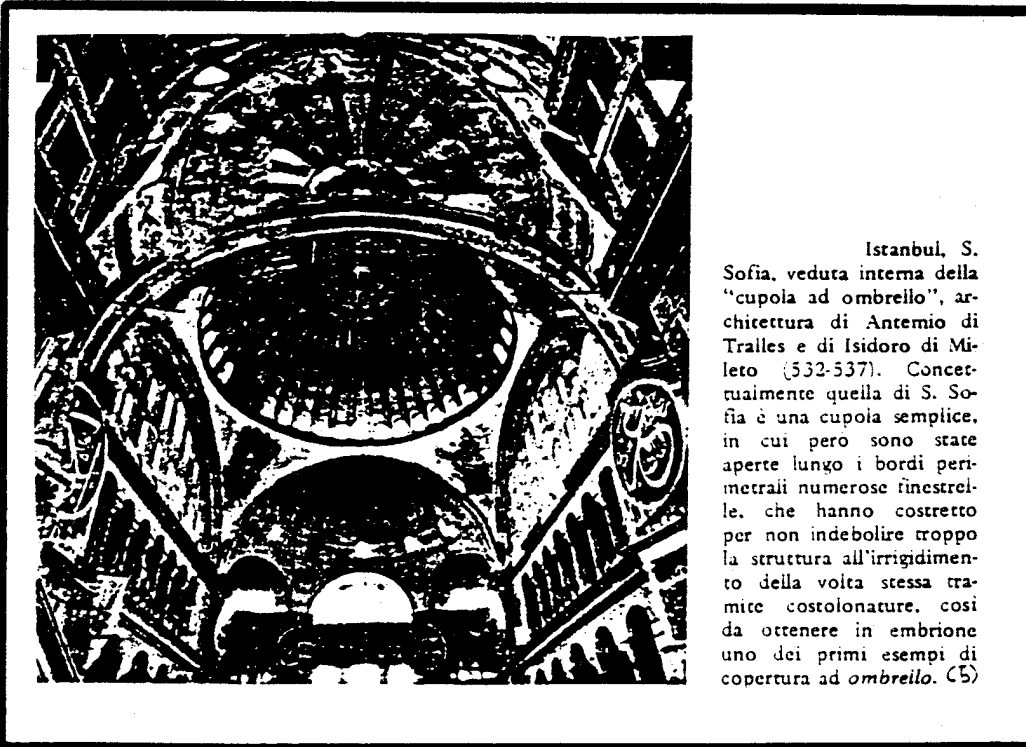
Il bacino superiore appoggia uniformemente sul bordo dei pennacchi che scaricano a terra l'intero peso mediante gli arconi laterali.

Il tamburo consente di aprire le bucatore senza indebolire l'assetto statico della cupola e di irrobustire l'intera struttura con un anello di raccordo.

Il lanternino rinsera, con il proprio peso, la volta, in un punto particolarmente delicato, opponendosi ad eventuali rotture in chiave.

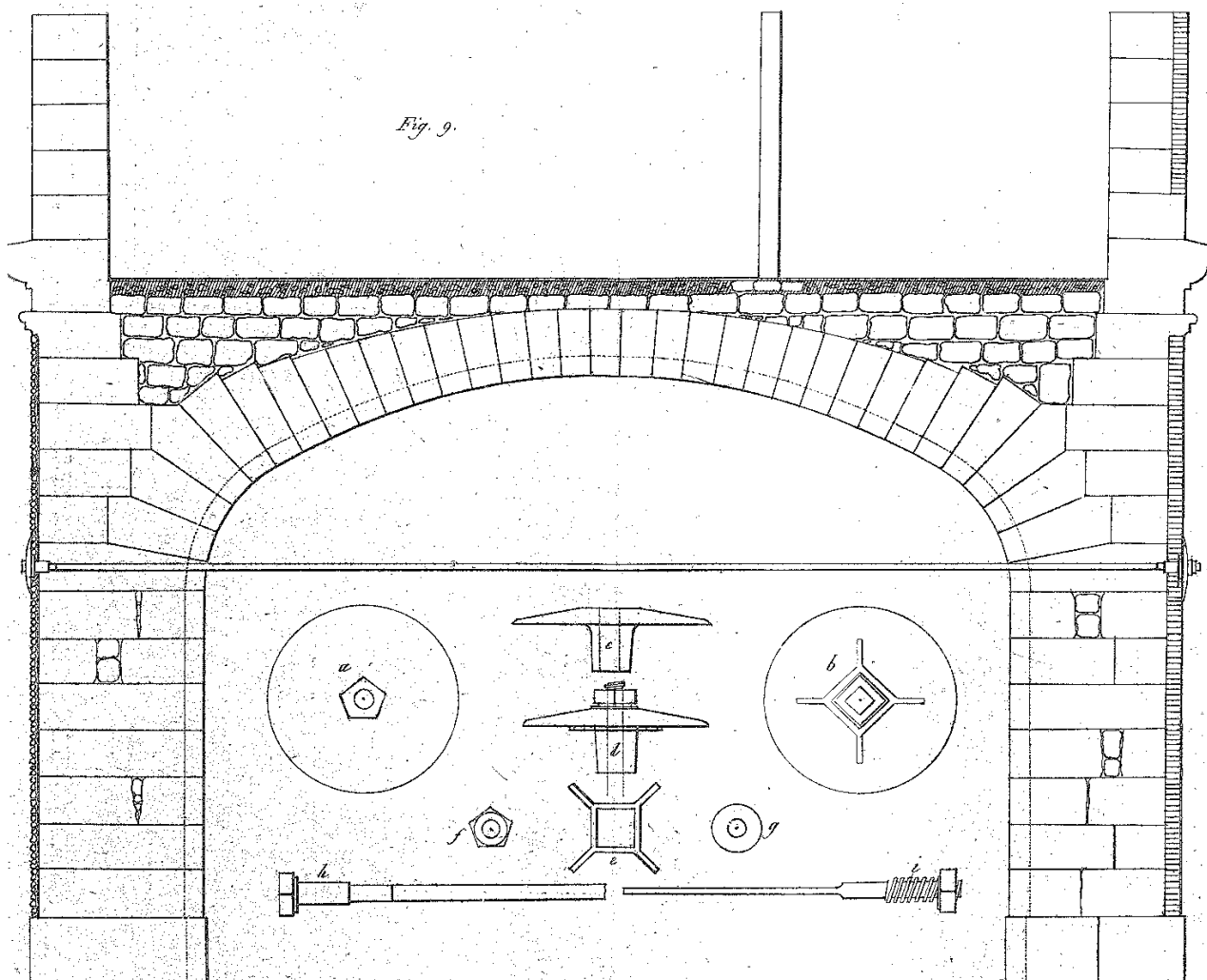
(5)

5.8.LA VOLTA A OMBRELLO



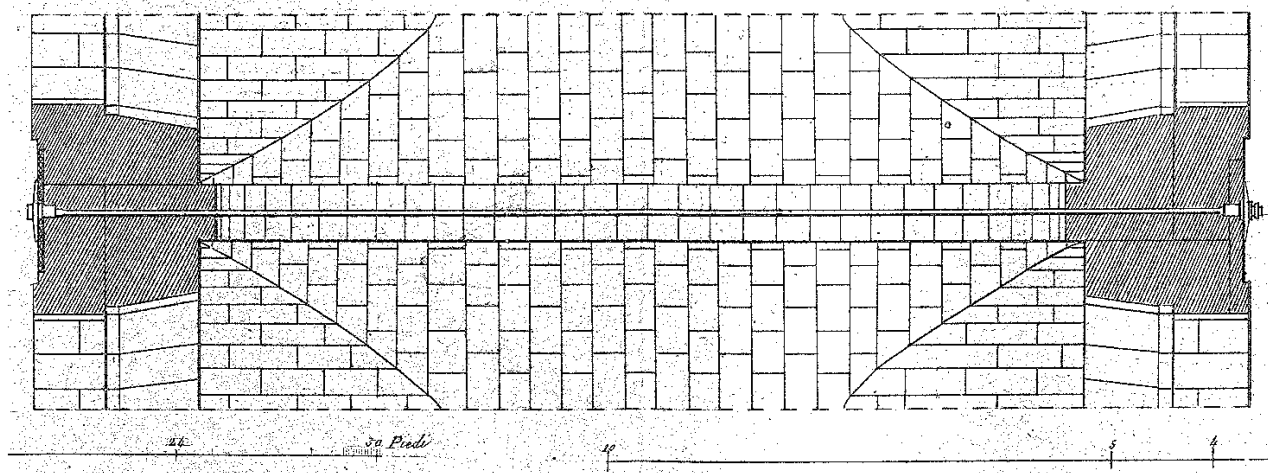
Istanbul, S. Sofia, veduta interna della "cupola ad ombrello", architettura di Antemio di Tralles e di Isidoro di Mileto (532-537). Concettualmente quella di S. Sofia è una cupola semplice, in cui però sono state aperte lungo i bordi perimetrali numerose finestrelle, che hanno costretto per non indebolire troppo la struttura all'irrigidimento della volta stessa tramite costolonature, così da ottenere in embrione uno dei primi esempi di copertura ad ombrello. (5)

CATENE E CERCHIATURE



10 Decimetri

Fig. 10.



20 Piedi

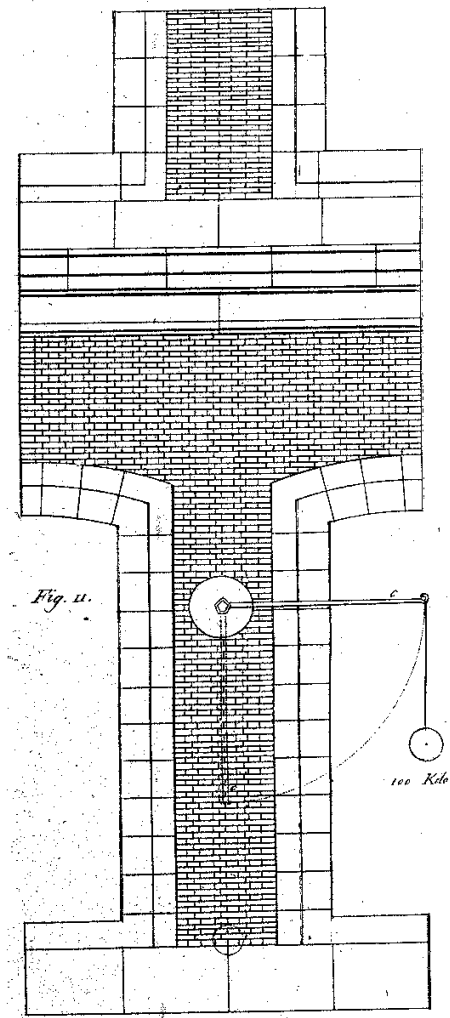


Fig. 11.

100 Kilo

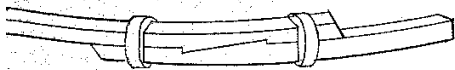


Fig. 13.

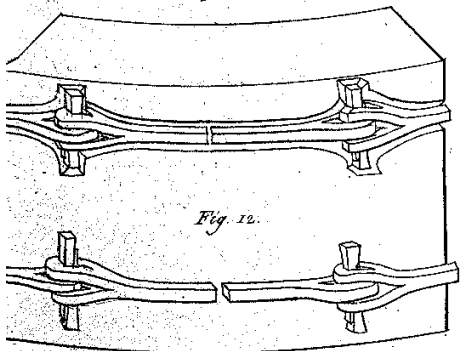
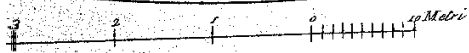


Fig. 12.



10 Cent.

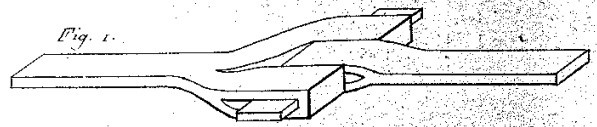


Fig. 1.

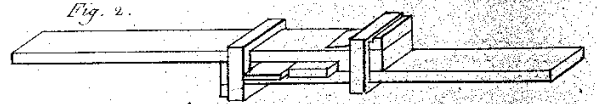


Fig. 2.



Fig. 3.

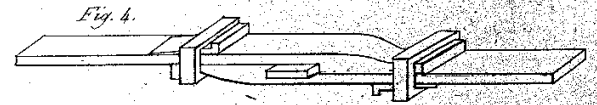


Fig. 4.

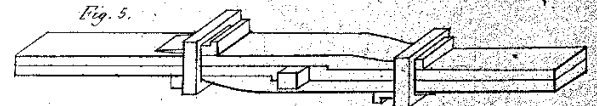


Fig. 5.

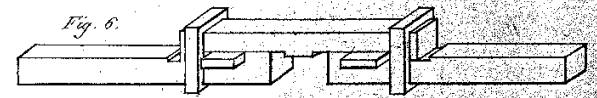


Fig. 6.

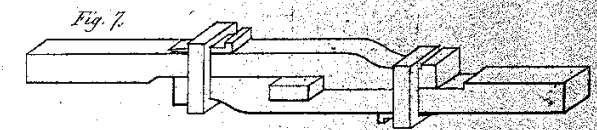
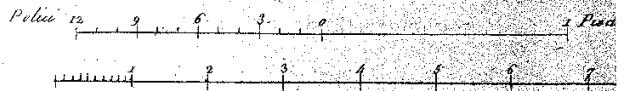


Fig. 7.



Cent 12

12 Cent

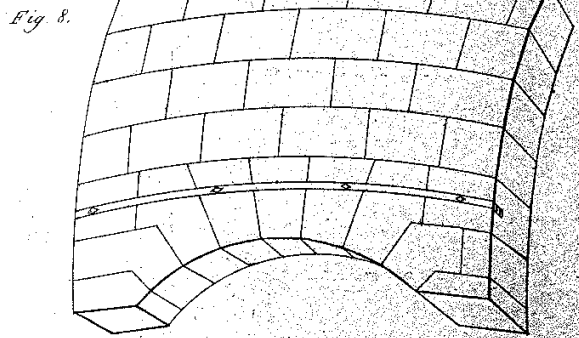


Fig. 8.



Cent 12

12 Cent