

Sapienza Università di Roma
Facoltà di Architettura
Corso di Laurea in Scienze dell'Architettura

Corso di Fondamenti e applicazioni di Geometria descrittiva
docenti M. Salvatore – M. Fasolo

Archi e volte

Marco Fasolo

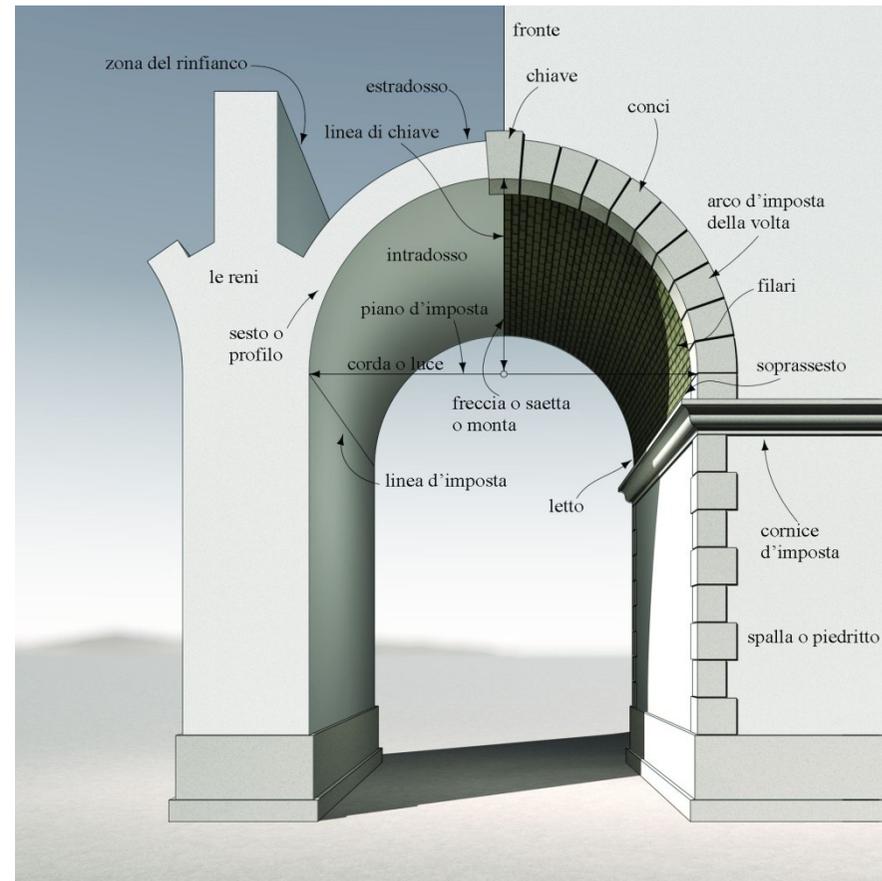
Gli *archi* sono strutture destinate a coprire la discontinuità di un muro.

Le *volte* sono strutture destinate a ricoprire interi ambienti.

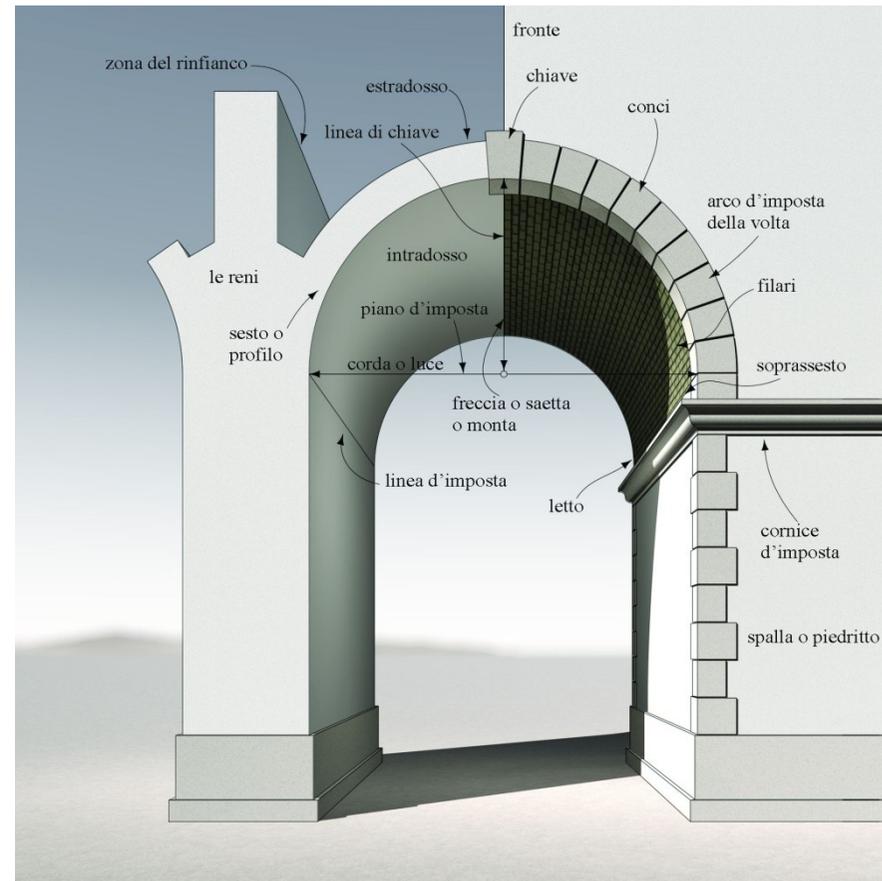
Archi e volte sono strutture curve tuttavia quando la freccia è ridottissima o nulla prendono il nome di *piattabande* e si presentano come superfici piane.

Gli elementi di comune nomenclatura per archi, volte e piattabande sono:

- i **conci**, cioè i blocchi di pietra che formano la struttura;
- i **filari**, che sono i ricorsi orizzontali dei conci o dei mattoni;
- i **letti** che sono i piani sui quali poggiano, gli uni sugli altri i conci o i mattoni; i letti sono, di regola, perpendicolari all'intradosso (vedi);
- la **chiave**, che è il concio più alto dell'arco, posto sull'asse di simmetria della struttura;
- il **cervello** (o **chiave di volta**), che è il concio più alto della volta;
- le **spalle** o **pedritti**, che sono gli appoggi della struttura;
- il **piano d'imposta**, che è la superficie superiore dei pedritti, sul quale la struttura si appoggia;
- l'**intradosso**, che è la superficie inferiore della struttura;
- il **sesto** o **profilo**, che è la sezione verticale dell'intradosso;
- le **linee d'imposta**, che staccano l'intradosso dalla superficie interna dei pedritti;
- gli **archi d'imposta** sono, invece, i profili che delimitano sul fronte l'intradosso delle volte;
- la **linea di chiave**, che è l'orizzontale più alta dell'intradosso;
- la **corda** o **luce**, che è la distanza tra i pedritti;
- la **freccia** o **saetta** o **monta** che è la distanza tra il piano di imposta ed il punto più alto dell'intradosso;

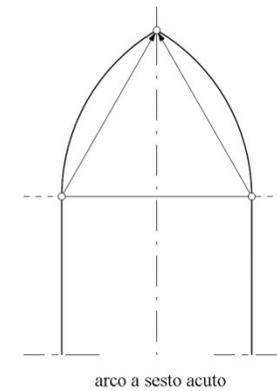
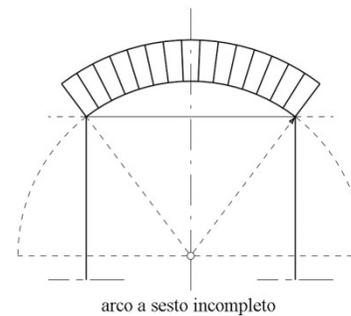
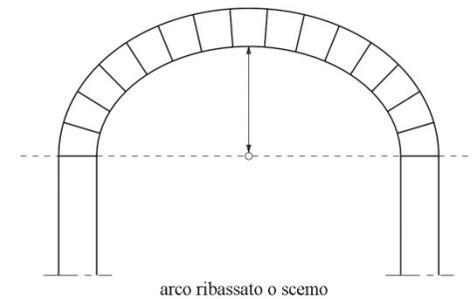
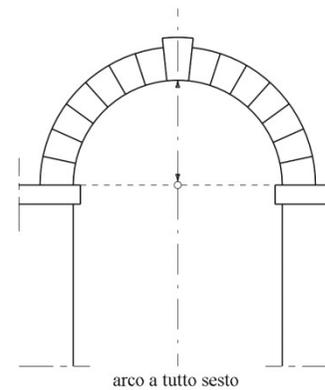


- l'**estradosso**, che è la superficie superiore della struttura;
- il **rinfianco**, che è la muratura destinata a contenere le spinte laterali della struttura e a riportare in piano l'estradosso;
- gli **speroni** e le **porcelle**, che sono strutture di alleggerimento del rinfianco;
- le **fronti**, che sono le superfici verticali che delimitano la struttura;
- le **reni**, che sono le parti della struttura comprese tra i piedritti e i letti il cui angolo di pendio è più vicino ai trenta gradi;
- la **cornice d'imposta**, che è la decorazione della linea d'imposta, spesso ribassata, rispetto alla linea vera, per dare slancio al profilo;
- il **soprassesto**, che è la distanza tra la cornice d'imposta ed il vero piano d'imposta.



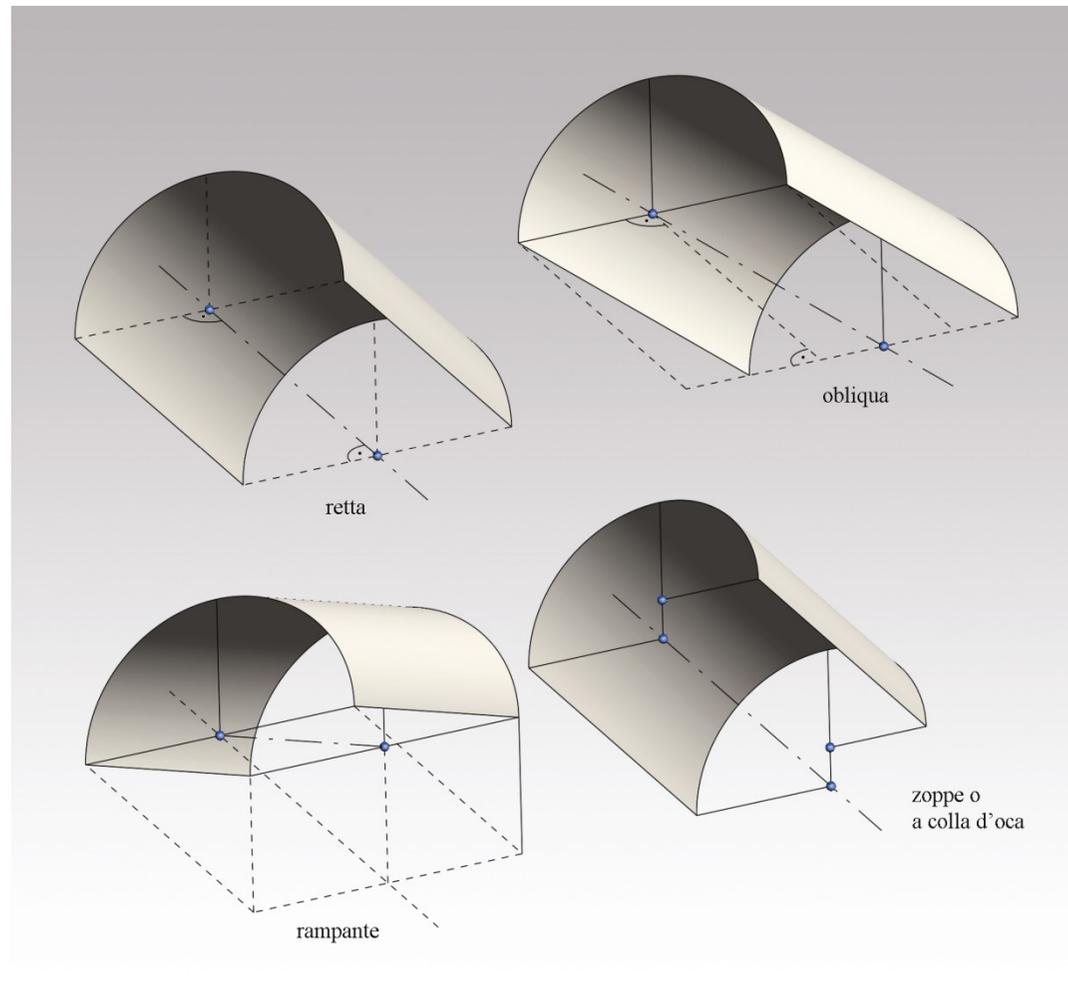
Una ulteriore nomenclatura di carattere generale discende dalla forma del profilo. Perciò si chiamano :

- **a tutto sesto**, le strutture di profilo semicircolare, nelle quali la freccia è metà della luce;
- **ribassate**, o **sceme** le strutture di profilo semiellittico, o semiovale (l'ovale è una curva composta da archi di cerchio), la cui freccia è inferiore alla metà della luce;
- **rialzate**, le strutture di profilo semiellittico, o semiovale, la cui freccia è superiore alla metà della luce; si noti che in questi profili le tangenti all'imposta sono verticali;
- **a sesto incompleto**, le strutture il cui profilo presenta un punto angoloso in corrispondenza dei piedritti, sicché il fianco verticale interno del piedritto ed il piano tangente all'intradosso nelle linee d'imposta, sono distinti; il profilo a sesto incompleto si distingue, dunque, da quello ribassato perché nel primo le tangenti al profilo, nell'imposta, sono oblique, mentre nel secondo sono verticali e coincidono con il fianco dei piedritti;
- **a sesto acuto**, le strutture il cui profilo presenta un punto angoloso in chiave, ovvero un punto nel quale le tangenti al profilo sono distinte.



Un'ultima nomenclatura discende dalla simmetria caratteristica della struttura, sicché:

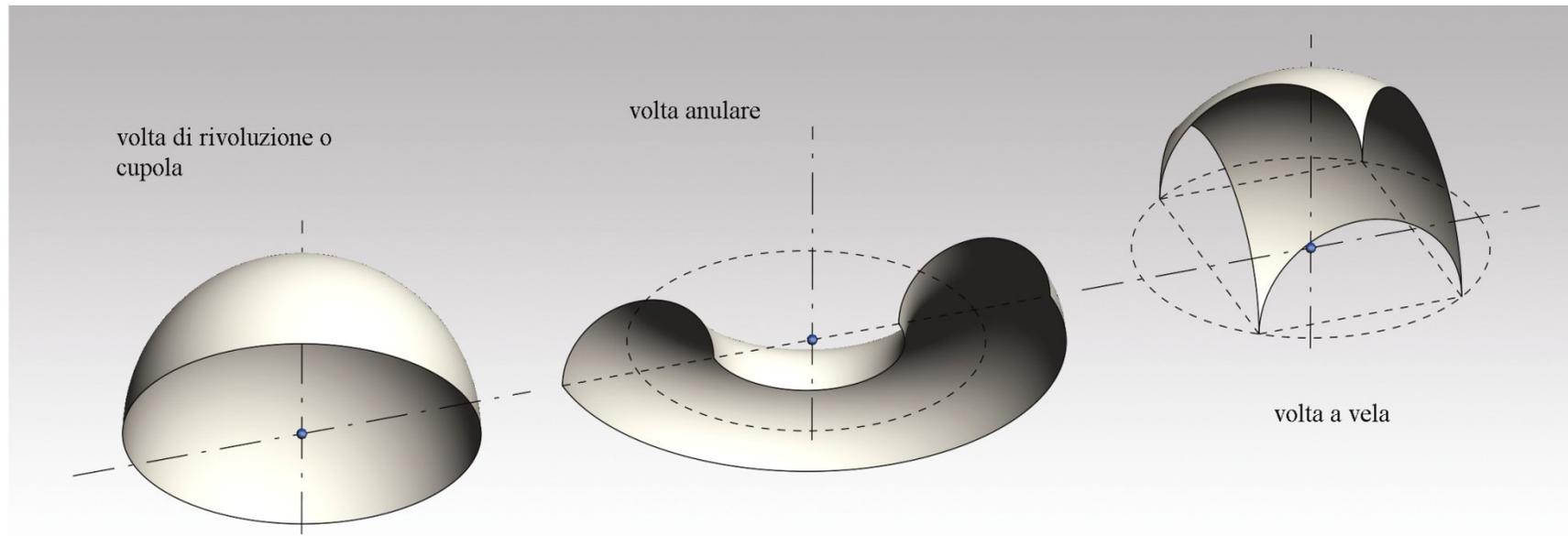
- **rette**, sono le strutture le cui linee d'imposta sono perpendicolari alle fronti;
- **oblique**, sono le strutture le cui linee d'imposta, pur essendo parallele e orizzontali, non sono normali alle fronti;
- **rampanti**, sono le strutture le cui linee d'imposta, pur essendo parallele e contenute in piani normali alle fronti, non sono orizzontali;
- **zoppe o a collo d'oca**, sono le strutture che hanno linee d'imposta parallele ma poste a quote diverse.



In generale, oltre agli archi ed alle piattabande, che abbiamo già definito, si distinguono le **volte semplici** dalle **volte composte**.

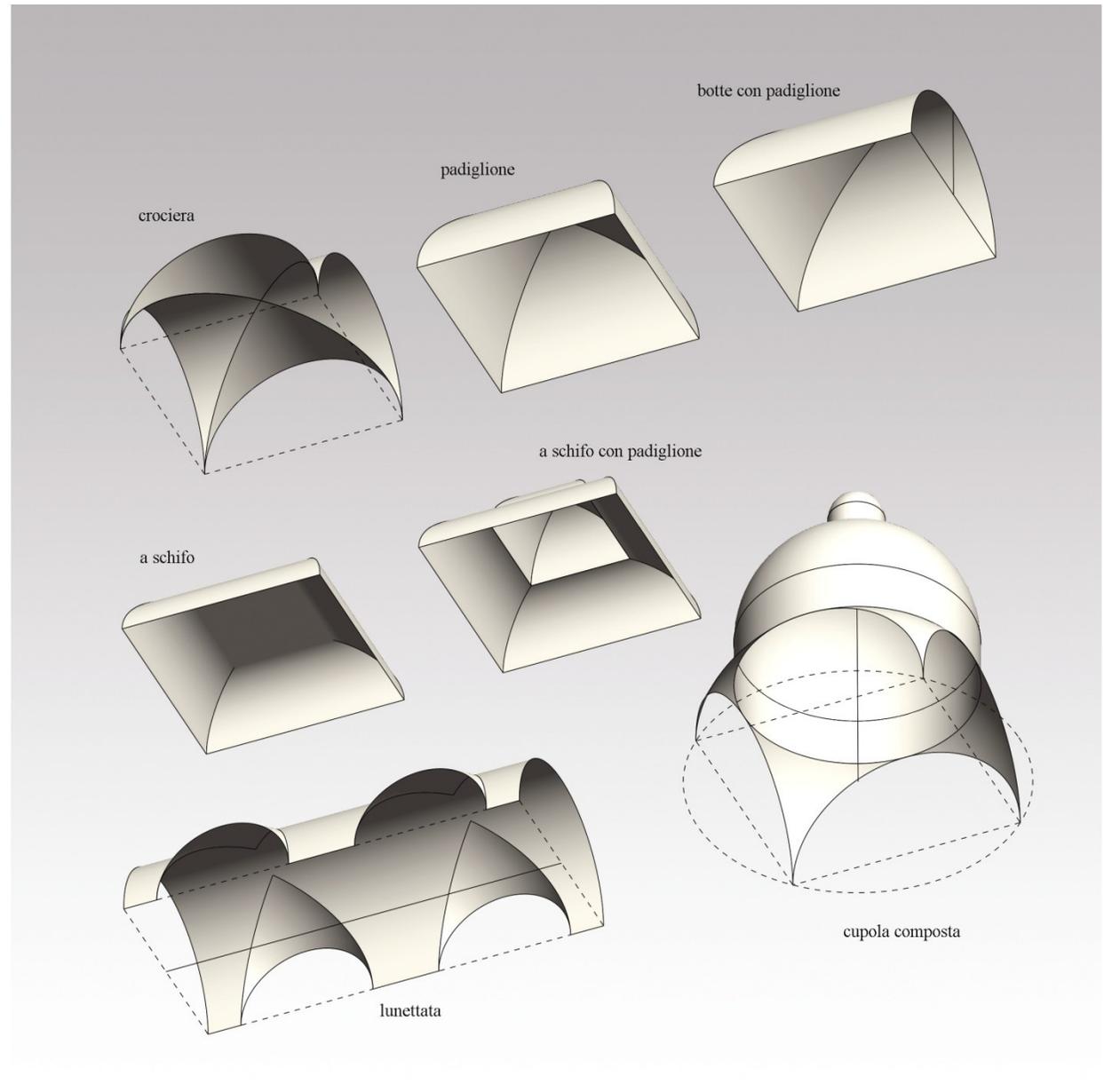
Le volte semplici sono quelle il cui intradosso appartiene a una sola superficie geometrica e principalmente:

- le volte **cilindriche** o **a botte**;
- le volte **coniche**;
- le volte **di rivoluzione** o **cupole**;
- le volte **anulari**;
- le volte **elicoidali**;
- le volte **a vela**.



Le volte composte sono quelle il cui intradosso è costituito da più superficie geometriche e principalmente:

- le volte **a crociera**;
- le volte **a padiglione**;
- le volte **a botte con testa di padiglione**;
- le volte **a schifo**;
- le volte **a schifo con padiglione**;
- le volte **lunulate** o **lunettate**;
- le cupole **composte**.



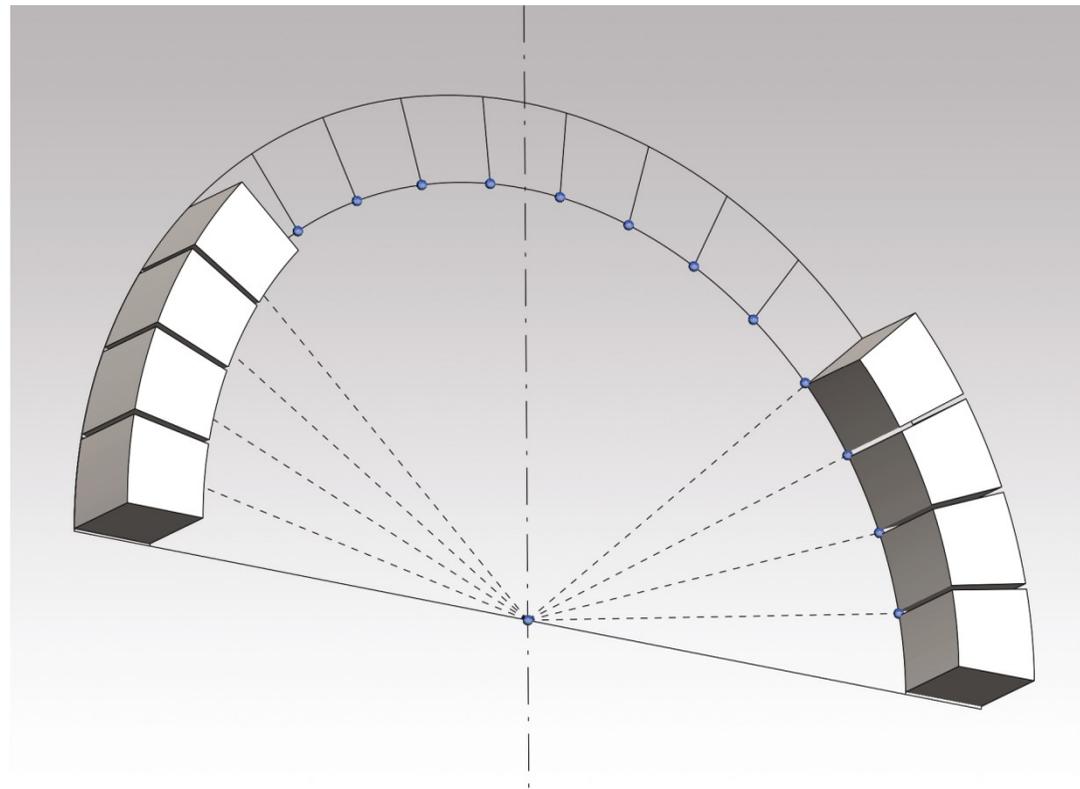
Arco a tutto sesto

E' l'arco classico e di più semplice tracciamento, giacché il suo profilo è un semicerchio perfetto.

Il primo problema geometrico che s'incontra nella realizzazione di un arco a tutto sesto è la divisione dell'opera in un numero di conci dispari: infatti occorre che il vertice sia occupato dalla chiave, mentre i fianchi sono costituiti da un numero variabile di conci simmetrici.

Perciò, tracciato il profilo, di solito lavorando a terra sulle tavole destinate alla centina e con il semplice ausilio di un filo, si provvede a costruire un poligono regolare, inscritto nel cerchio, il cui numero di lati è doppio del numero dei conci voluti. Se l'arco è di piccola luce, soluzioni ricorrenti sono quelle che dispongono tre, quattro

o cinque conci su ciascuno dei due fianchi.



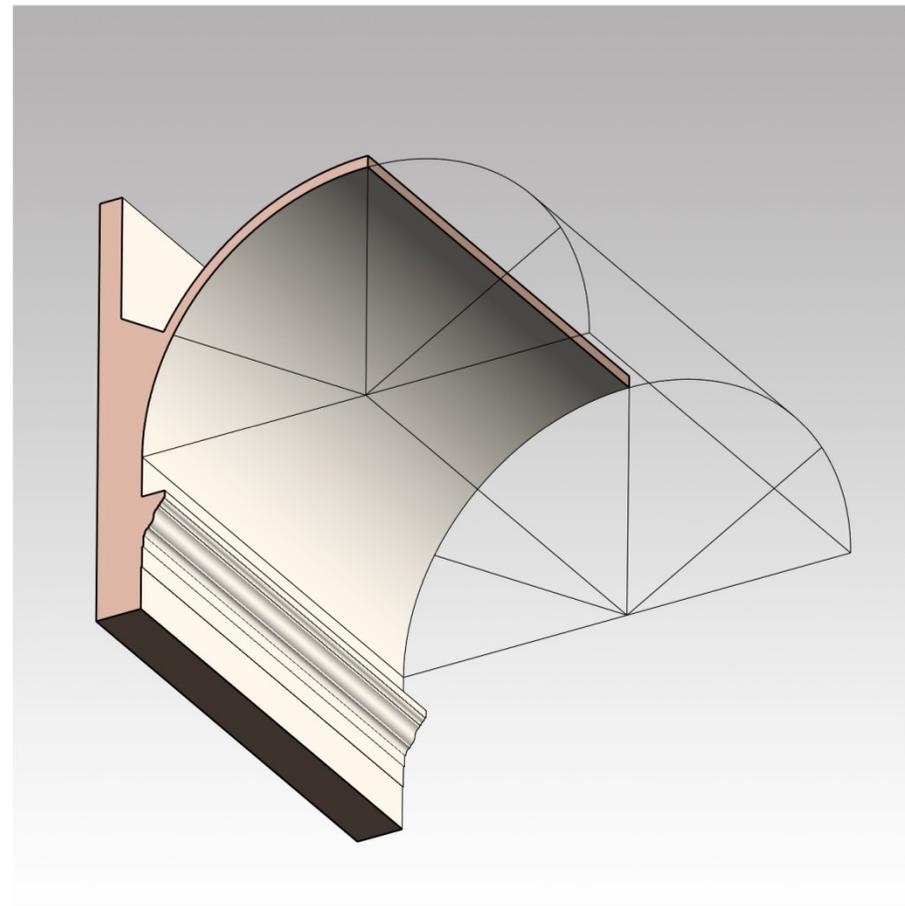
Altri tipi di archi:

- archi a sesto ribassato o a sesto scemo;
- profilo ovale;
- archi a sesto rialzato;
- archi a sesto acuto.

Le volte semplici

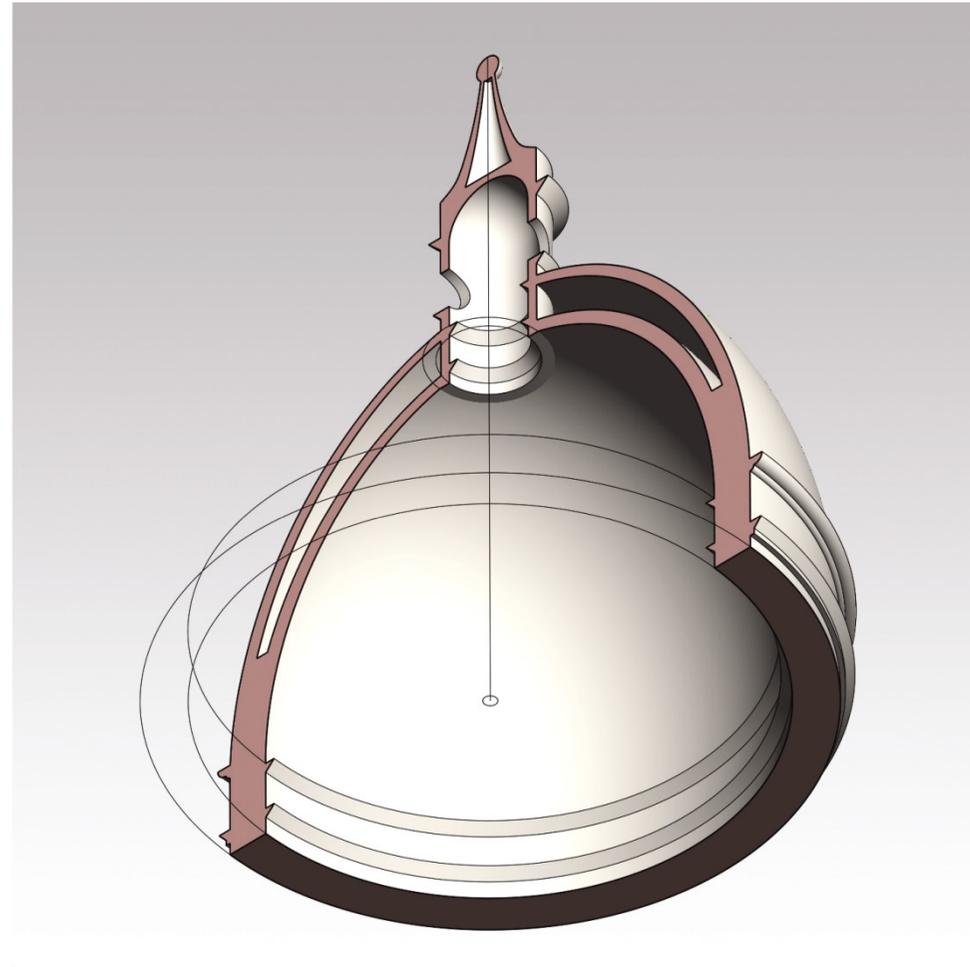
Le volte cilindriche o a botte

L'intradosso della volta a botte è una superficie cilindrica. Per solito il profilo, ovvero la sezione retta di questa volta, è un arco a tutto sesto: perciò il cilindro che costituisce l'intradosso è circolare. Se l'asse della volta è normale al piano del profilo, la volta è circolare retta, se l'asse è obliquo ma orizzontale, la volta è obliqua, se l'asse è inclinato la volta è rampante o, anche obliqua e rampante. Il profilo può anche essere ribassato o rialzato ed anche a sesto acuto, nel qual caso l'intradosso della volta è costituito da due cilindri ad assi paralleli che s'intersecano in chiave.



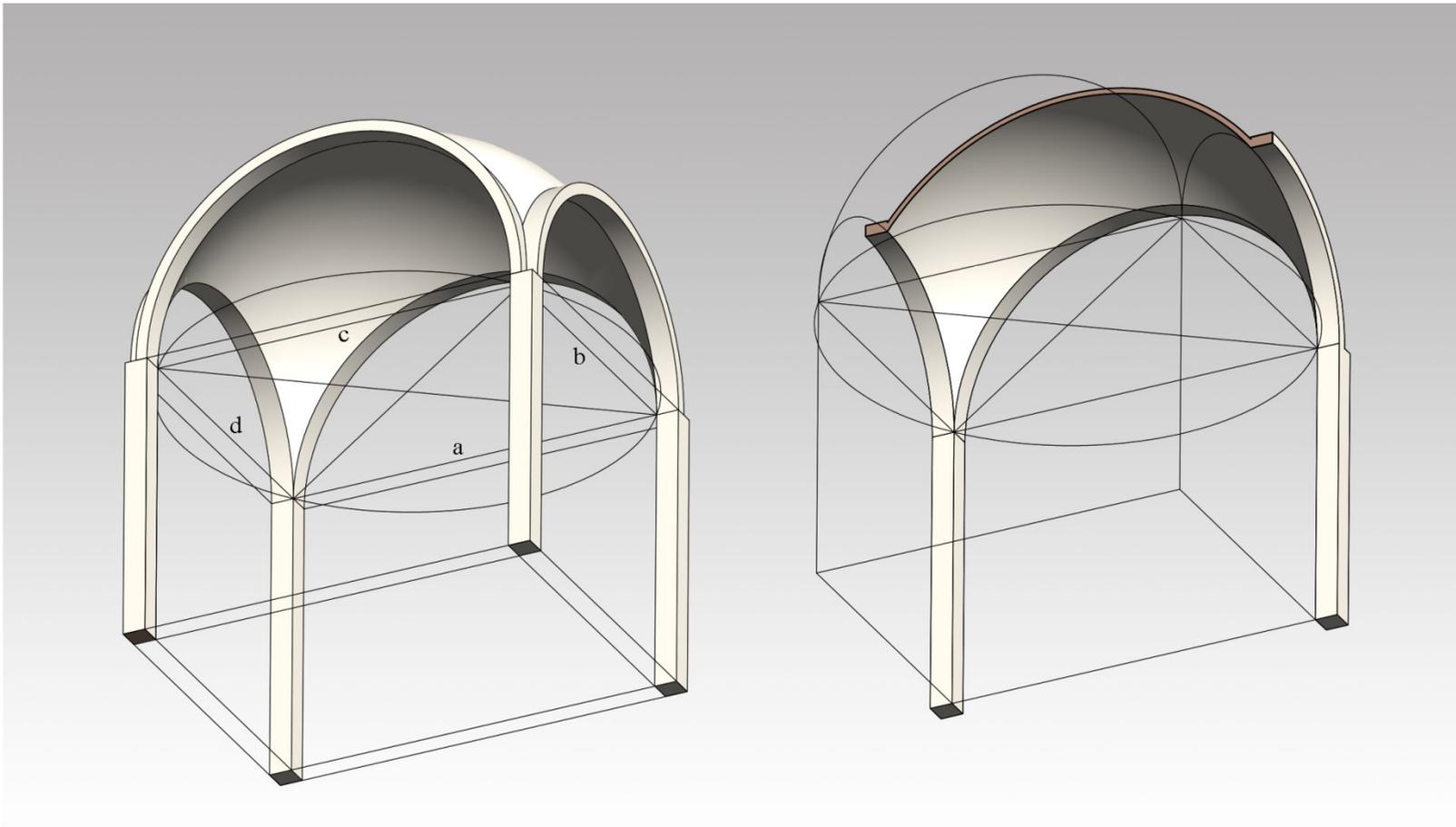
Le volte di rivoluzione, ovvero le cupole

Le cupole sono, in genere, costituite da un intradosso sferico e da un estradosso a padiglione rialzato, su impianto poligonale (vedi appresso). Tra i due gusci varie soluzioni alleggeriscono la struttura. La rappresentazione dell'intradosso non presenta alcuna particolarità rispetto a quella della sfera.



Le volte a vela

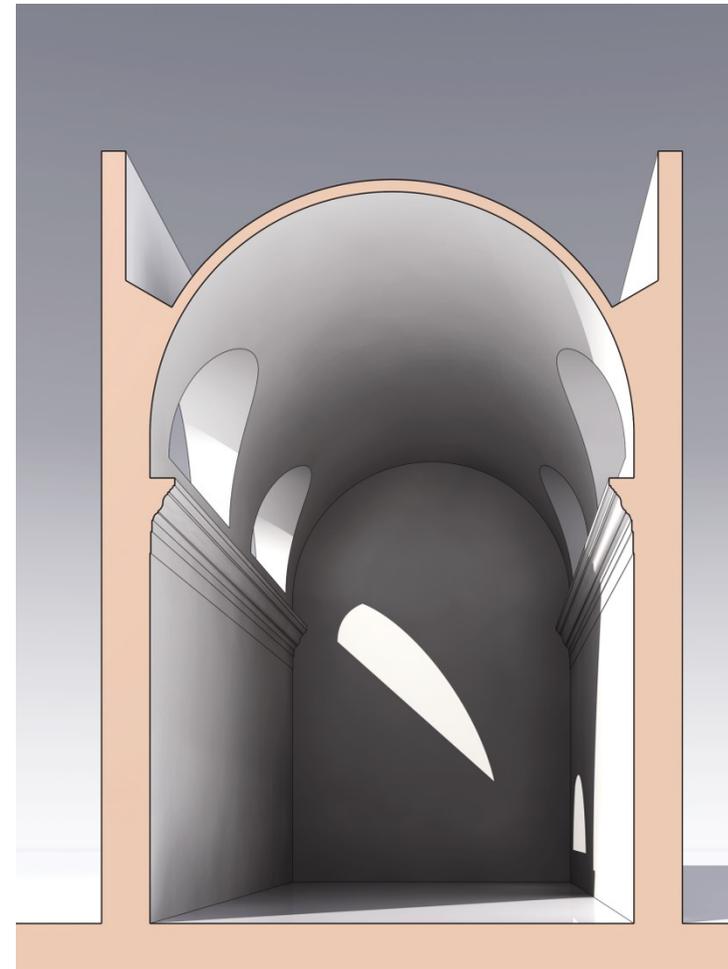
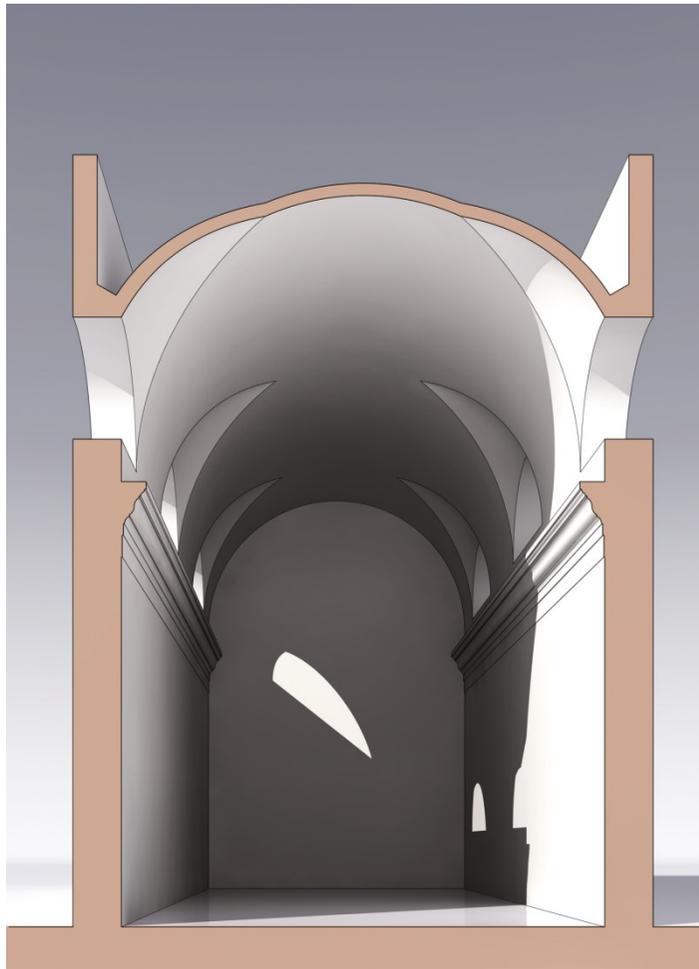
Se l'impianto è costituito da un poligono inscritto in un cerchio, la volta a vela si costruisce semplicemente sezionando la sfera il cui equatore appartiene ai vertici del poligono con i piani verticali che passano per i suoi lati. Si può costruire dunque una volta a vela tanto su un impianto quadrato, quanto su un impianto rettangolare, quanto su un impianto poligonale, quanto su un poligono irregolare, quando sia inscritto in un cerchio. In tutti questi casi il profilo degli archi di imposta della volta sarà a tutto sesto, sia pure con raggi differenti.



Le volte composte

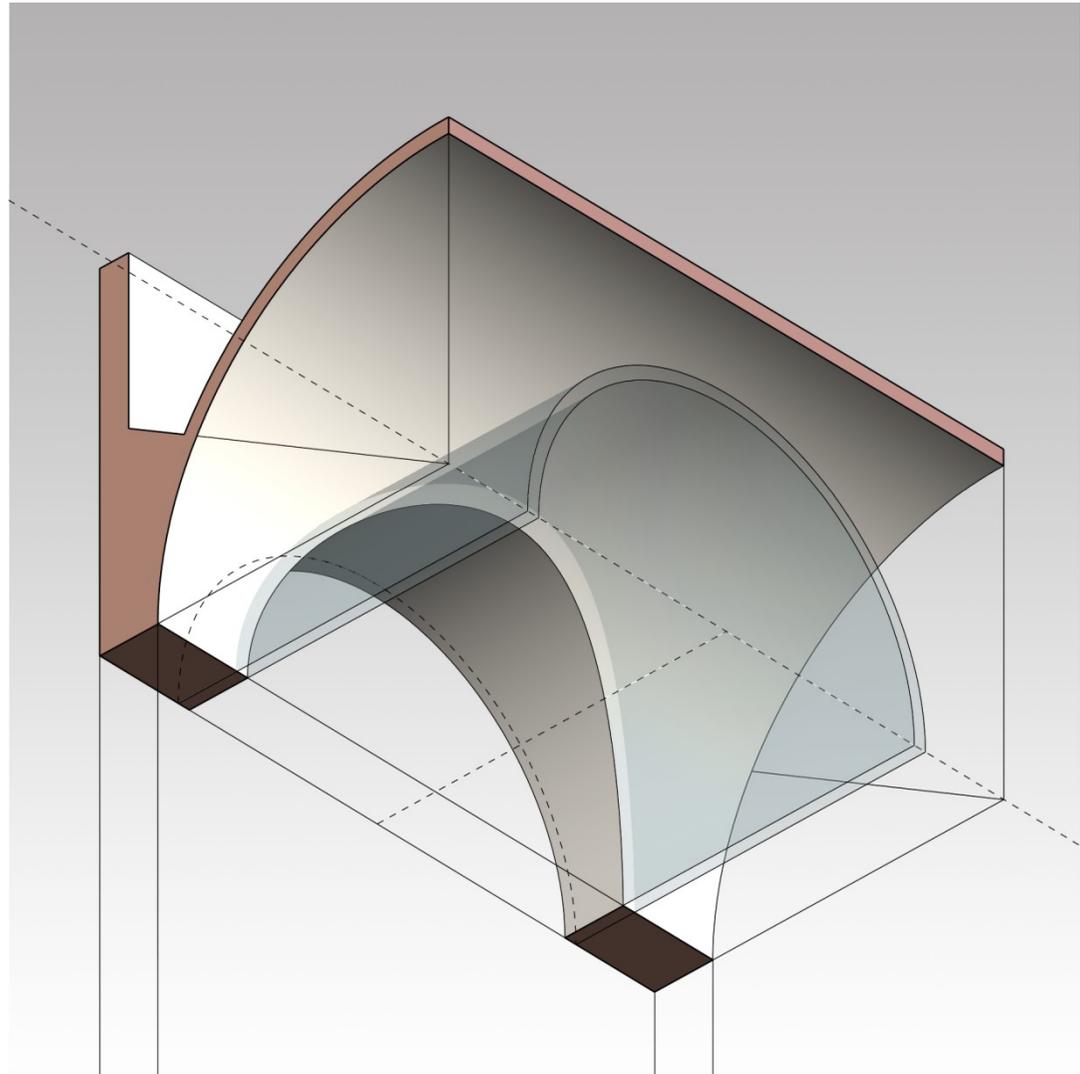
Si dicono composte quelle volte che si ottengono intersecando più superfici semplici, oppure componendo segmenti di superfici diverse, secondo procedimenti che debbono essere illustrati partitamente.

La volontà di bene illuminare gli ambienti coperti da una grande volta cilindrica, come la navata di una chiesa, conduce ad aprire, nei fianchi della volta stessa e al di sopra del piano di imposta, ampie finestre sormontate da archi. Ne consegue la necessità di raccordare l'intradosso dell'arco con l'intradosso della volta. La parte di muratura che costituisce il fronte dell'arco prende il nome di *lunetta* ma il medesimo appellativo si estende anche alla superficie di raccordo. Quest'ultima può ottenersi in due modi: sezionando la volta madre con due piani verticali che nascono alle imposte dell'arco e che producono due costoloni intersecantisi (*lunetta sferoidica*), oppure sezionando il cilindro della volta madre con il cilindro, più piccolo, dell'intradosso dell'arco aperto nel suo fianco (*lunetta cilindrica*).



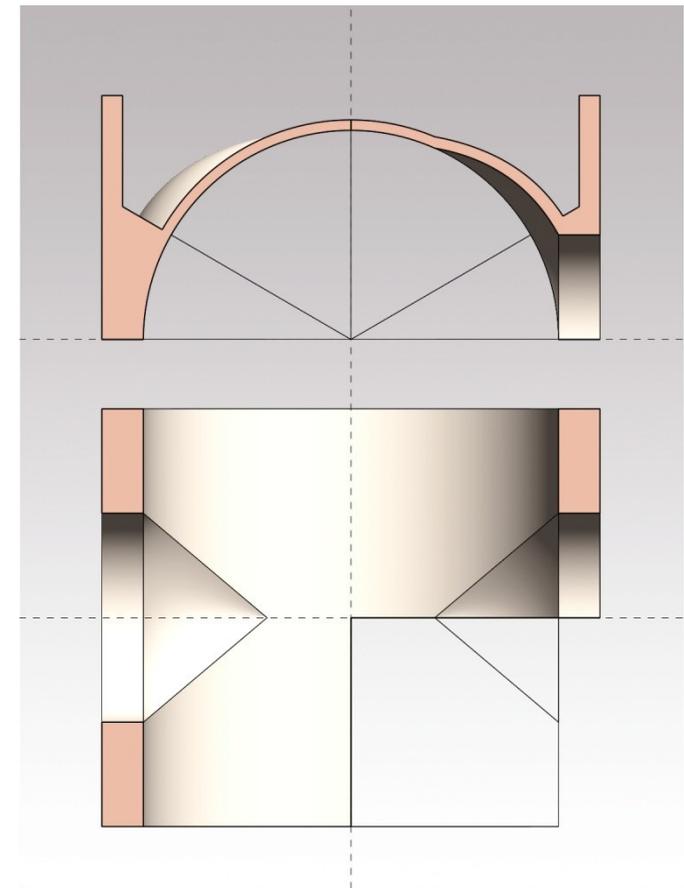
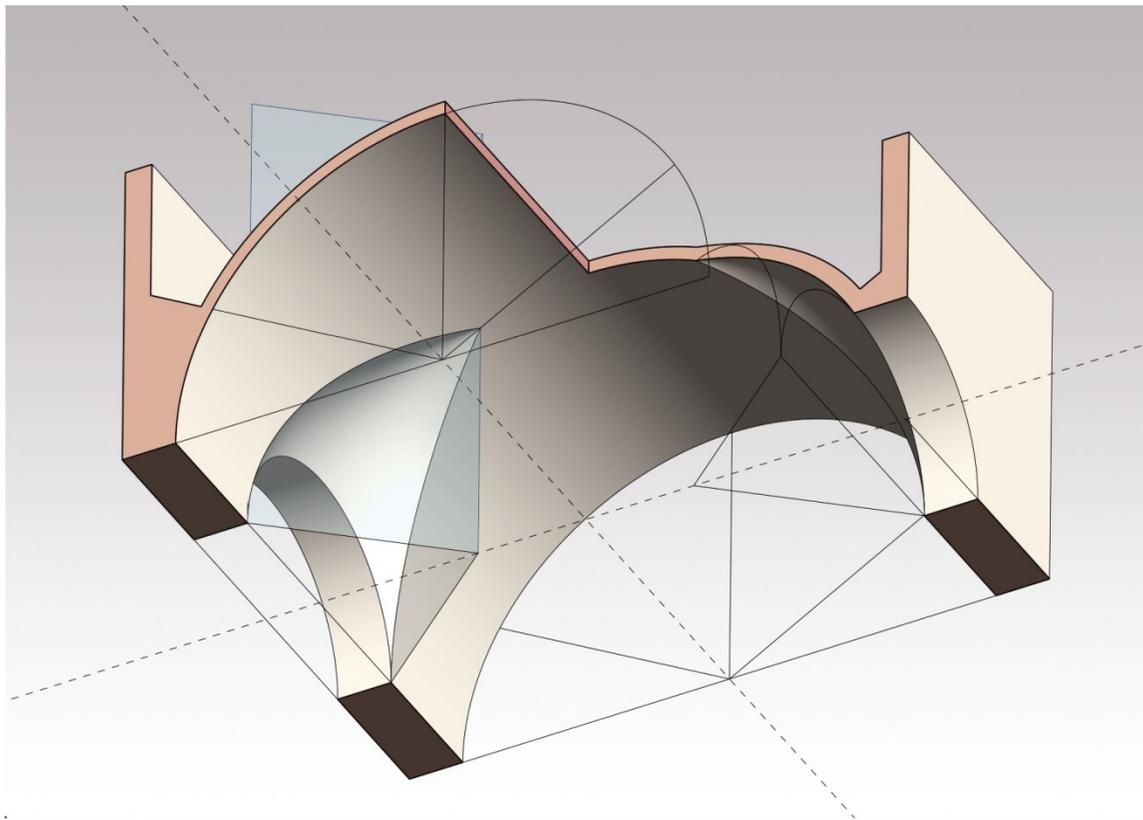
La volta a botte lunettata cilindrica

La lunetta cilindrica si ottiene
intersecando la volta con un'altra
volta a botte il cui arco d'imposta
sia quello dell'apertura da
ottenere. L'intersezione da luogo
ad una curva sghemba.



La volta a botte lunettata sferoidica

La lunetta sferoidica è costituita dall'arco d'imposta e da due sezioni della volta principale ottenute per mezzo di due piani verticali simmetrici rispetto l'asse dell'arco d'imposta. Questa parte della lunetta, appunto di forma sferoidica, si chiama unghia.

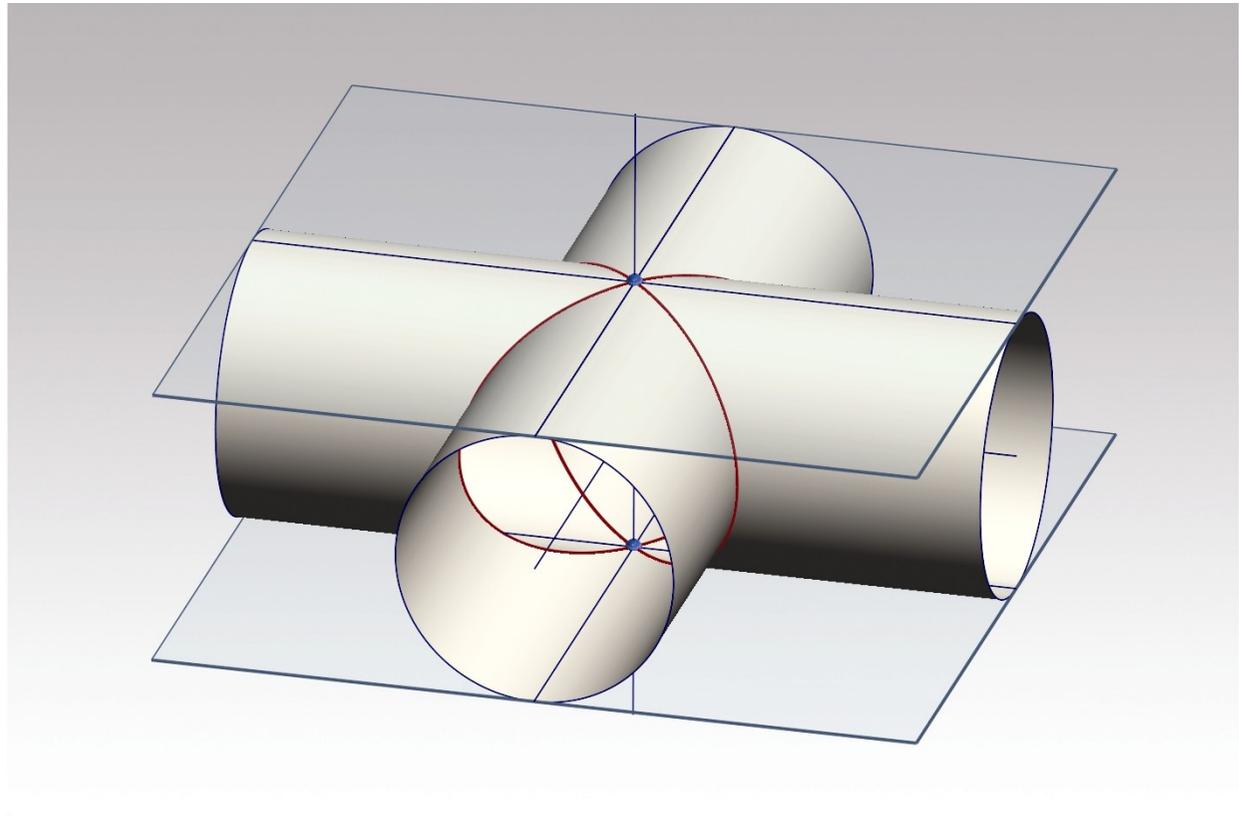


Le volte a crociera e a padiglione

La volta a crociera nasce dalla intersezione di due cilindri o, in certi casi particolari, dalla intersezione di cono e cilindri. Questa intersezione è però caratterizzata dal fatto che le due superfici che si intersecano ammettono una coppia di piani tangenti e, di conseguenza, si tagliano secondo due curve piane, vale a dire secondo ellissi.

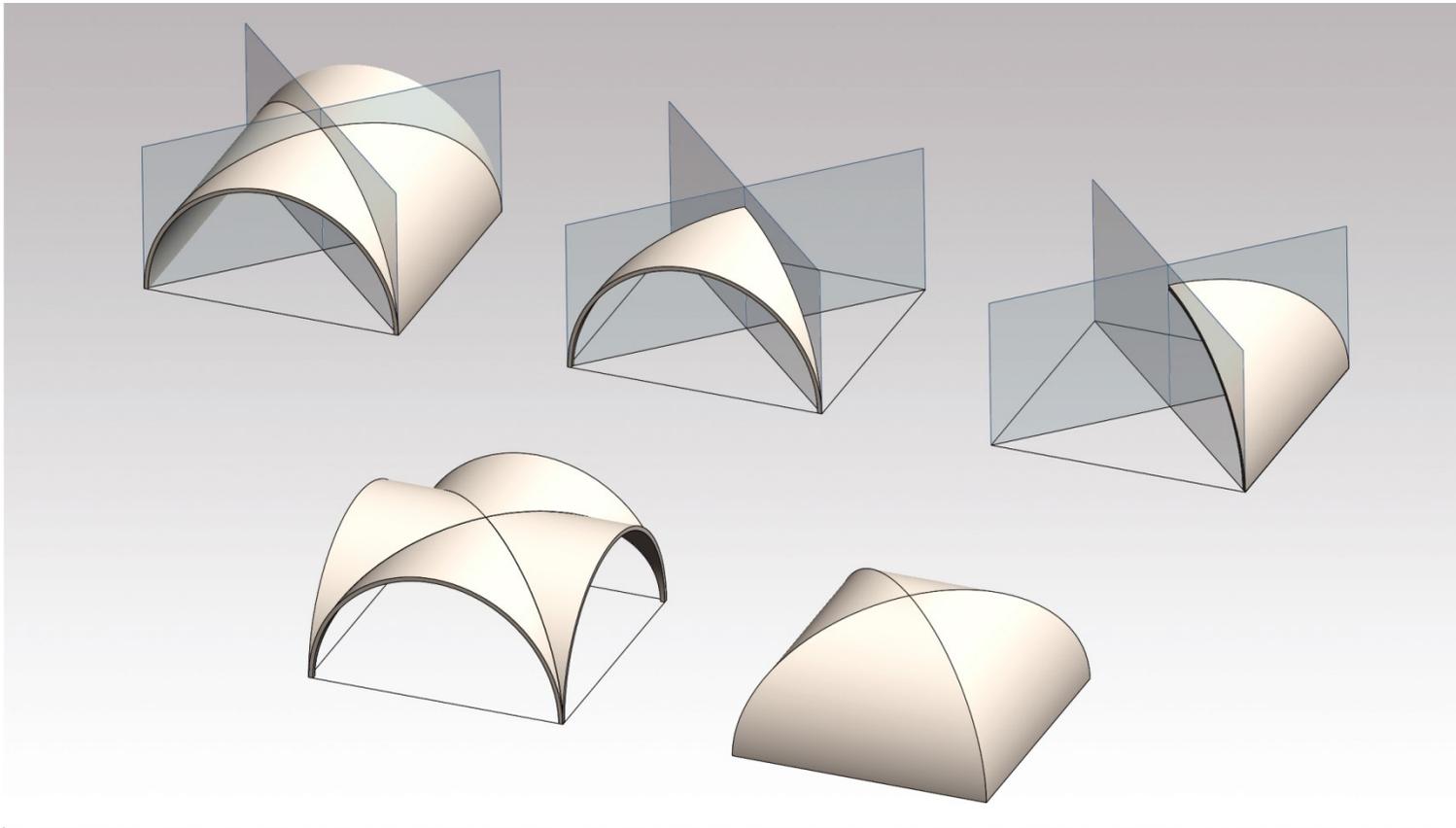
Queste ellissi, nella soluzione architettonica, prendono il nome di *costoloni*.

E' ora evidente che, trattandosi di curve piane, i costoloni si possono considerare sia come originati dall'incontro delle due superfici cilindriche o coniche, sia come risultato della sezione fatta con due piani verticali, simmetrici rispetto all'asse del cilindro, o del cono.



Consideriamo allora una volta a botte con il suo spessore e sezioniamola con due piani verticali, come si è detto. Si possono considerare due porzioni del solido: quella che ha per lati l'arco di imposta e due costoloni, oppure quella che ha per lati la linea di imposta e due costoloni; la prima di queste parti si chiama *unghia* e unita ad altre identiche genera la volta a crociera; la seconda si chiama *fuso* e unita ad altre identiche genera la volta a padiglione.

Come abbiamo detto, i piani verticali usati per sezionare il cilindro debbono essere simmetrici rispetto all'asse, ma possono formare tra loro un angolo qualsiasi. Variando opportunamente quest'angolo si possono costruire volte a crociera e a padiglione su impianti poligonalari regolari, di un qualsiasi numero di lati.



Le volte a crociera

E' opportuno distinguere la volta a crociera romana da quella rialzata, che, invece è caratteristica dell'architettura romanica e gotica. Prescindendo dalle differenze formali, che risulteranno evidenti nello studio della rappresentazione dei vari tipi, la differenza essenziale è di carattere costruttivo: la volta a crociera romana è costruita come intersezione di due volte a botte, portanti; gli spigoli degli archi diagonali vengono di conseguenza e non hanno essi stessi una funzione portante; la volta a crociera rialzata gotica è invece costruita facendo prima i costoloni e poi i riempimenti, i più leggeri possibile.

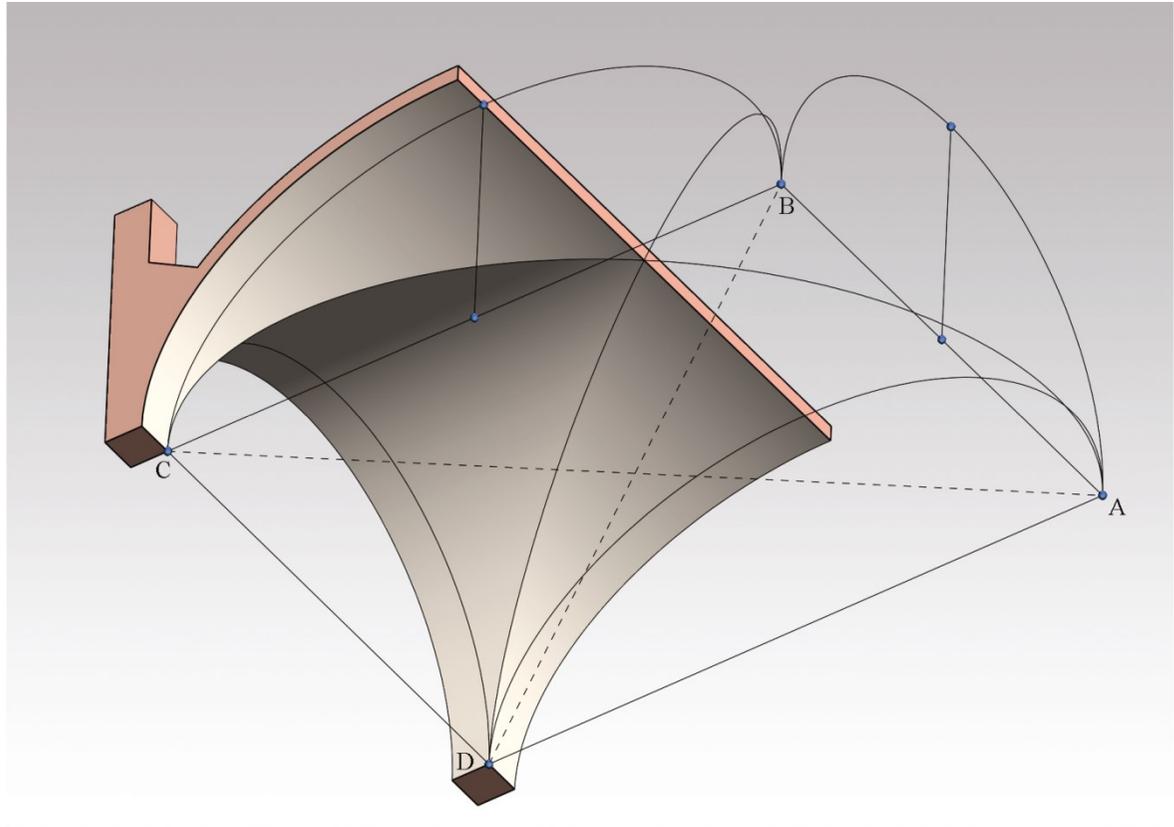
Vari tipi di volte a crociera sono:

- la volta a crociera romana su impianto quadrato;
- la volta a crociera su impianto rettangolare;
- la volta a crociera su impianto poligonale;
- la volta a crociera semplicemente rialzata.

La volta crociera su impianto rettangolare

Quando la volta a crociera è impostata su un impianto rettangolare, uno dei due archi deve essere necessariamente ribassato o rialzato e, in entrambi i casi avrà profilo ellittico. In questo modo i due cilindri conservano il comune piano tangente che assicura la planarità delle curve dei costoloni. In questo modo le due linee di chiave si mantengono sul medesimo piano, che è appunto il piano tangente comune alle due superfici dei dossi.

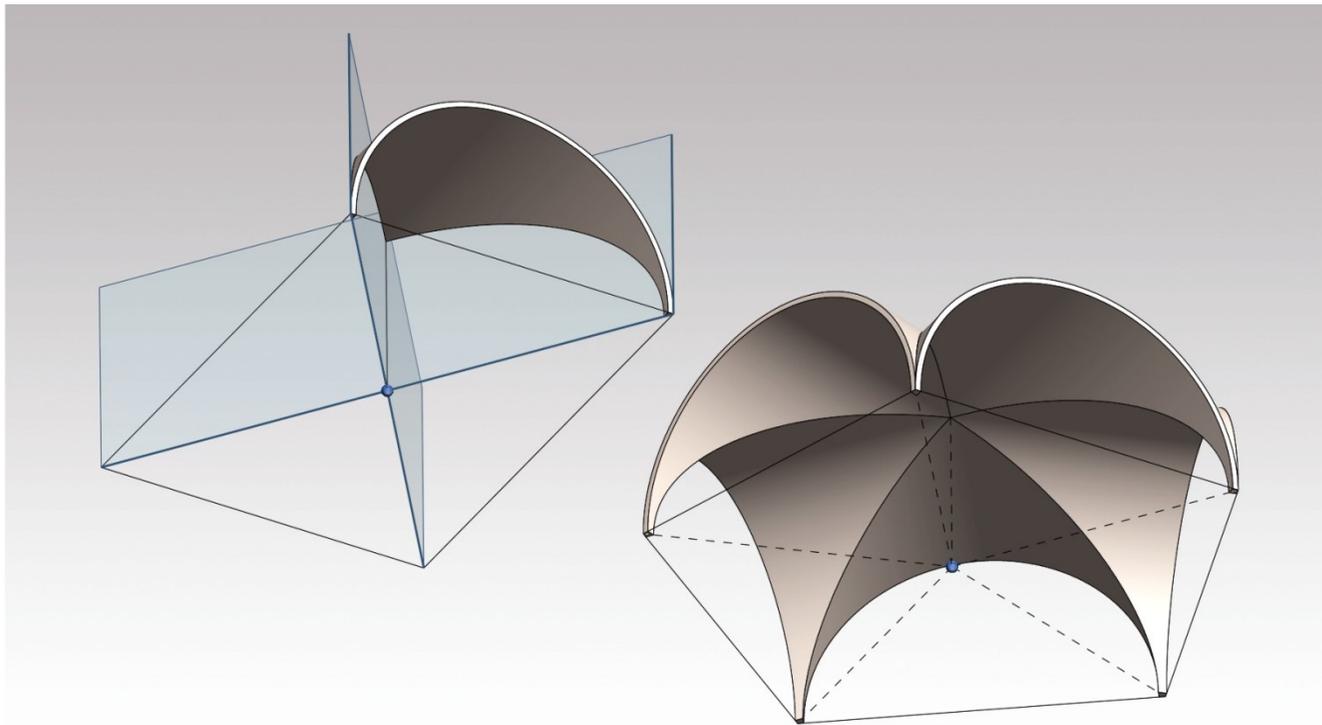
Consideriamo ad esempio due sale che si intersechino secondo il rettangolo (o parallelogramma) **(ABCD)** dove **(AB)**, **(CD)** e **(BC)**, **(AD)** sono le coppie di lati opposti. Se la luce **(AB)** è più breve della luce **(BC)** si costruisce, per solito, sulla prima un arco a tutto sesto di freccia $(AB)/2$, poi sulla seconda, un arco a sesto ribassato ellittico che ha **(BC)** come corda e freccia uguale a $(AB)/2$.



La volta crociera su impianto poligonale

Abbiamo visto che, tagliando con piani di simmetria una porzione di superficie cilindrica, è possibile ottenere unghie e fusi che, in modo opportuno, possono costituire le superfici d'intradosso di una volta e coprire qualsiasi impianto poligonale. Utilizzando le unghie si costruisce una volta derivata da quella romana, mentre utilizzando i fusi si costruiscono le volte a padiglione, che vedremo più avanti.

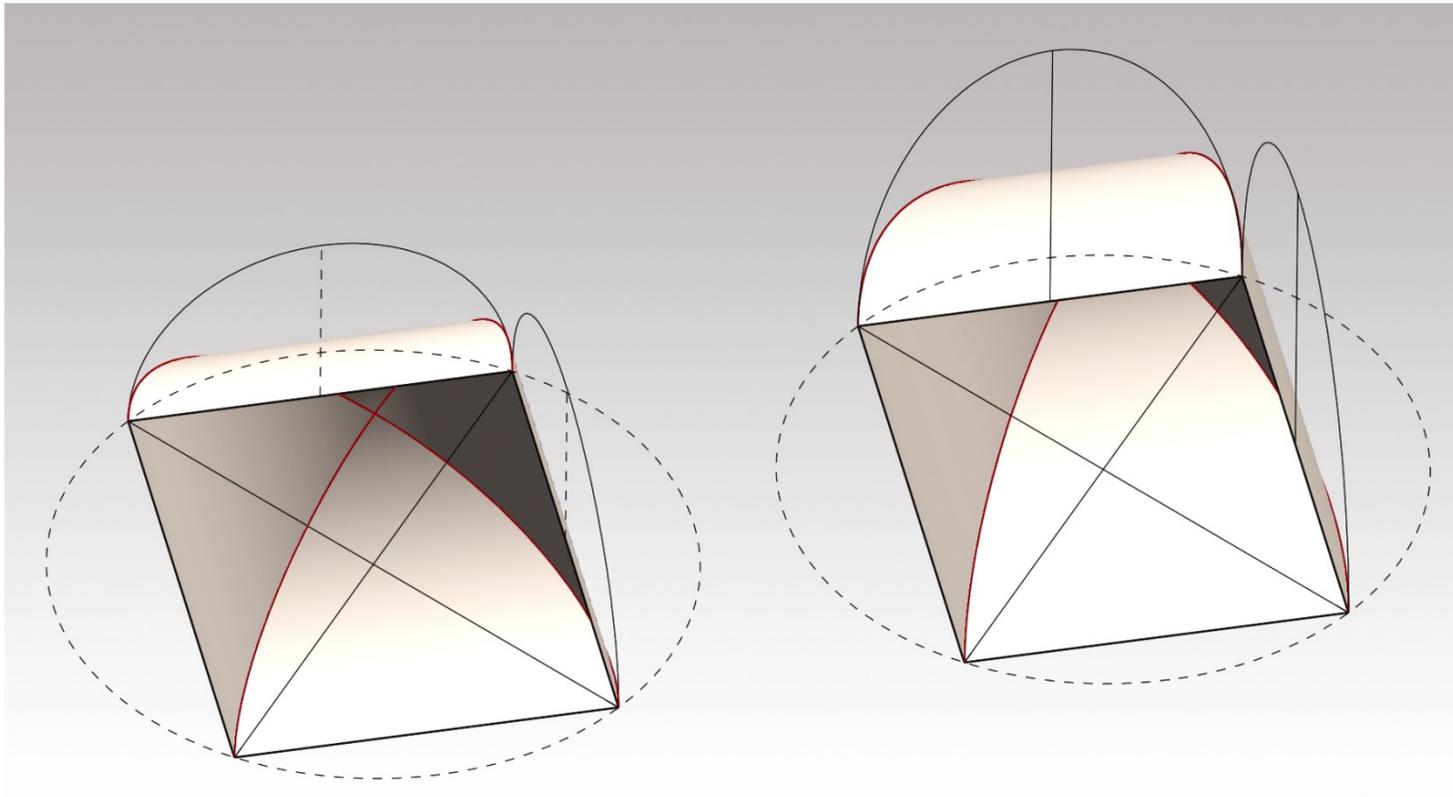
Le unghie possono essere sovrapposte secondo un movimento di rotazione perché sono congruenti fra loro e, a seconda dei piani di sezioni opportunamente scelti, si coprono ambienti poligonali regolari. Per esempio, dato un impianto su un poligono regolare come il triangolo equilatero o un pentagono regolare è possibile costruire un'unghia, con il noto sistema, e ruotare la stessa sfruttando la simmetria della composizione.



La volta a padiglione

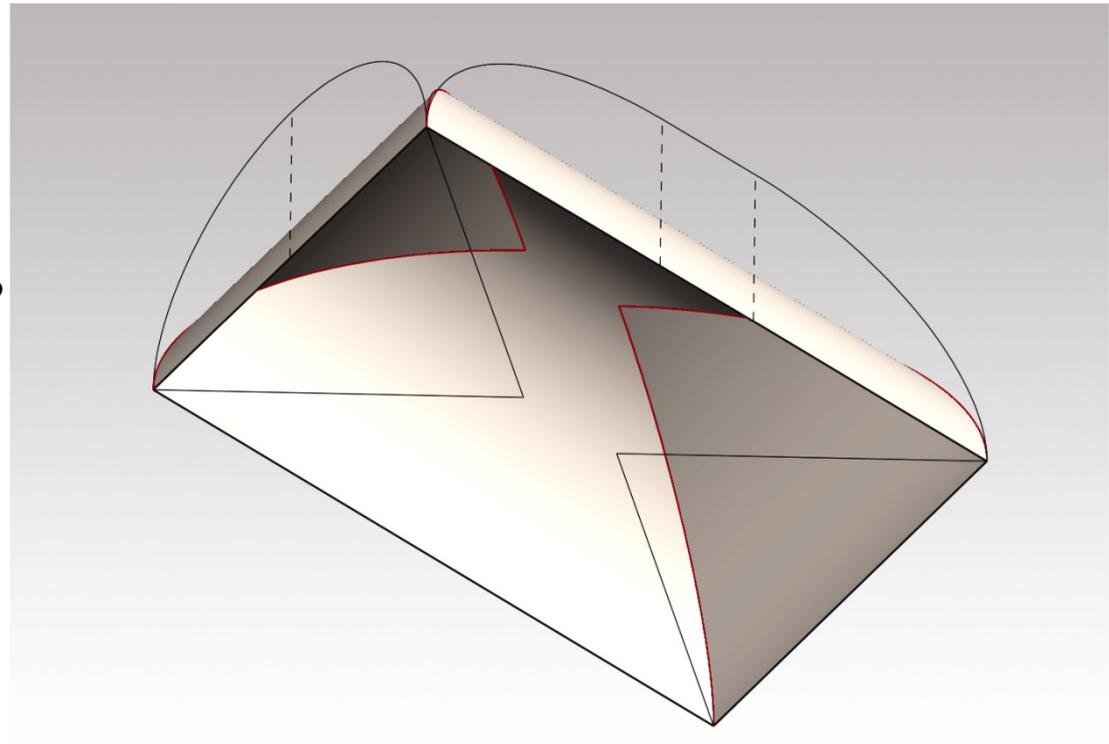
La volta a padiglione si compone di quattro o più fusi cilindrici impostati sui lati dell'ambiente da coprire. Se l'ambiente è quadrato la volta si compone di quattro fusi cilindrici uguali. Se l'impianto è rettangolare si possono adottare due soluzioni simili: nella prima si abbassa uno dei due profili, nella seconda soluzione si adotta una composizione mista, in parte a botte e in parte a padiglione (vedi volta a botte con testa di padiglione).

Anche la volta a padiglione può essere costituita da costoloni semicircolari. Allora la volta sarà una volta a padiglione rialzata, perché la chiave di volta si innalza e la sezione trasversale della struttura presenta un profilo ellittico rialzato con freccia maggiore della semicorda. La costruzione geometrica di questa volta non presenta difficoltà.



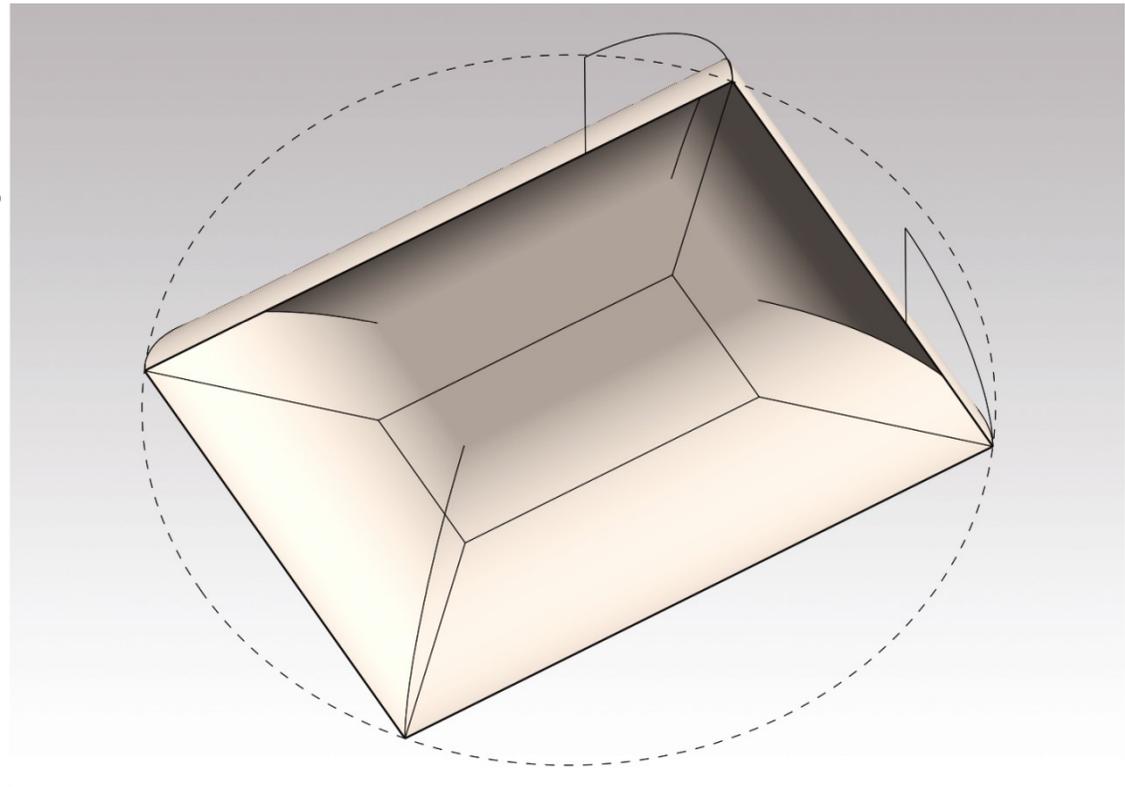
Le volte a botte con testa di padiglione

Si tratta di volte a botte terminate da uno o due padiglioni. La loro rappresentazione non presenta alcuna particolarità rispetto a quanto abbiamo già detto.



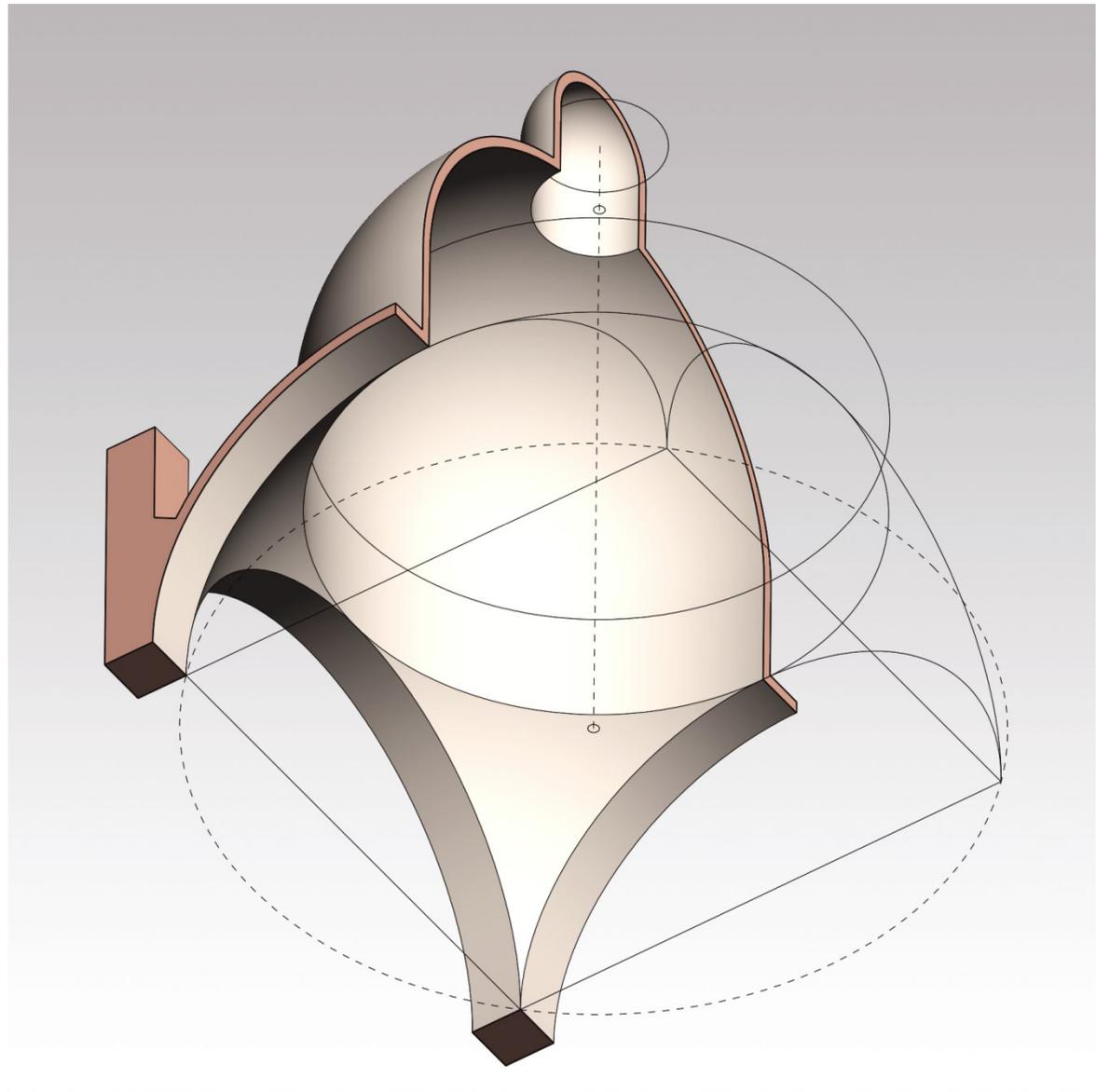
La volta a schifo

La volta a schifo è così detta perché ricorda lo scafo di una barca a fondo piatto. Spesso, sia per scarsità di spazio disponibile alla freccia, sia per ragioni decorative, si costruiscono segmenti di cilindro impostati sui lati del piano di imposta che si raccordano poi con un solaio piano.



- **Le cupole composte**

I tipi di volte rappresentate fin qui possono essere composte nei modi più differenti. E' possibile, ad esempio, sezionare la volta a vela a tutto sesto con un piano tangente agli archi d'imposta o poco più alto. Le quattro parti rimanenti, simili a triangoli sferici, sono detti *pennacchi*. Sopra ai pennacchi si appoggia un cilindro, detto *tamburo*, nel quale possono aprirsi finestre. Sopra il tamburo si imposta ancora una piccola cupola illuminata da un occhio, riparato a sua volta da una *lanterna*.



La comunicazione è tratta da:

R. Migliari, *Geometria descrittiva*, vol. II, Parte terza, Cap. 2, CittàStudi edizioni,
Novara 2009, ISBN 978-88-251-7330-7

Testo al quale si rimanda per una prima bibliografia di orientamento.