LA FORMA

TRA

MATEMATICA E ARCHITETTURA

Liliana Curcio

Urbino 16-02-2018

DIVERSE LE
CHIAVI DI LETTURA

RELATIVE AL LEGAME TRA
MATEMATICA E ARCHITETTURA…

UNA DI QUESTE…

LA FORMA

Liliana Curcio

FORMA…

PERFETTA (canonica)

OTTIMALE (intelligente)

CAOTICA (complessa – non forma)

LA FORMA PERFETTA:

IL CERCHIO
LA SFERA

… segue il canone, la regola della bellezza!

LA FORMA PERFETTA

UN'ANTICA TESTIMONIANZA…

L.C.

Platone… il “TIMEO”

Platone (circa 427 a.C.) nel dipinto
“La scuola di Atene”
ritratto con il volto di Leonardo

L.C.

Forma sferica e movimento circolare del mondo (l’architettura del mondo)

“E diede ad esso una forma che gli era conveniente ed affine. Infatti, al vivente che deve comprendere in sé tutti i viventi è conveniente quella forma che comprende in sé tutte quante le forme. Perciò lo tornì arrotondato, in forma di sfera che si stende dal centro agli estremi in modo eguale da ogni parte, ossia la più perfetta di tutte le forme e la più simile a se medesima, ritenendo il simile più bello del dissimile”.

L.C.

PLATONE

"… gli assegnò un movimento conveniente al suo corpo: dei sette movimenti gli assegnò quello che soprattutto conviene all'intelligenza e alla saggezza. Perciò, appunto, facendolo ruotare allo stesso modo e, nello stesso luogo e in se medesimo, fece sì che si muovesse con movimento circolare, gli tolse tutti gli altri sei movimenti, e lo fece immobile rispetto ad essi".

L.C.

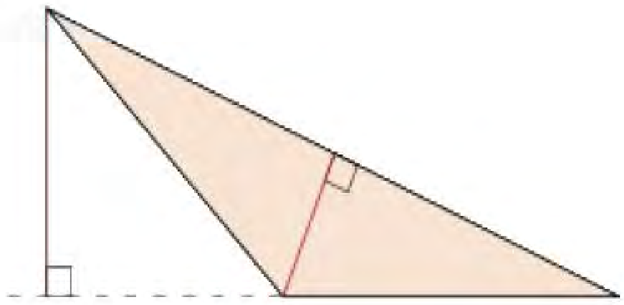
I quattro elementi

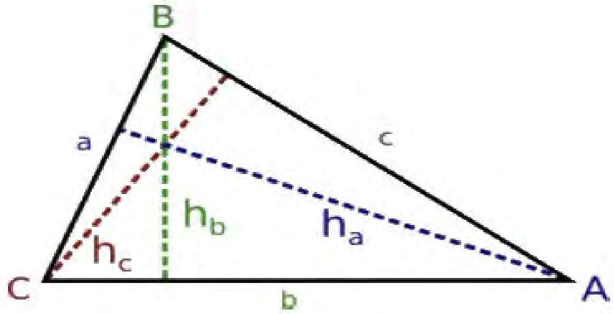
"… la superficie piana e retta è costituita di triangoli. E tutti i triangoli derivano da due triangoli, avendo ciascuno un angolo retto e due acuti. Di questi triangoli poi, alcuni hanno da ciascuna parte una parte uguale di angolo retto delimitata da lati uguali; altri, invece, hanno parti disuguali divise da lati disuguali".

L.C.

INFATTI

un qualsiasi triangolo attraverso un'altezza può essere scomposto in due triangoli rettangoli

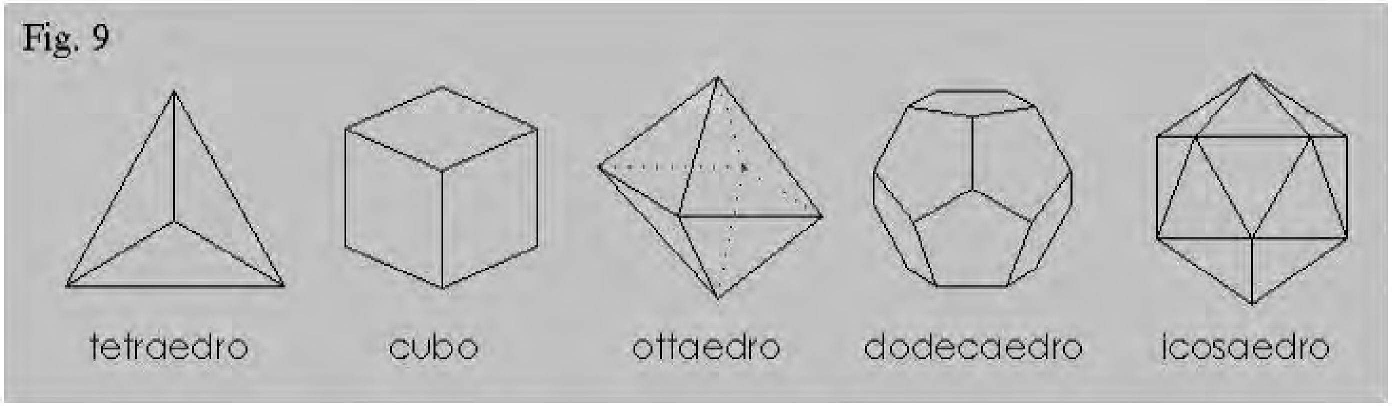




L.C.

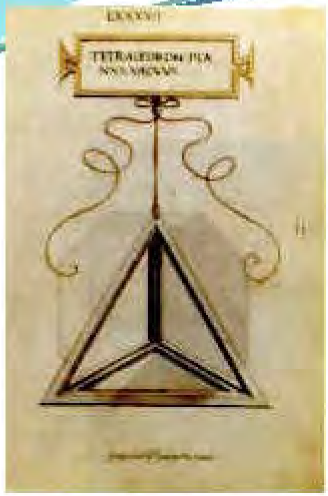
SOLIDI PLATONICI

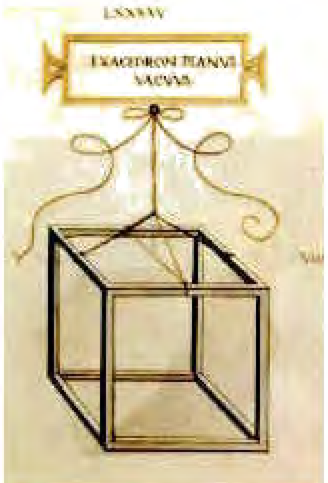
E sono queste forme che assemblandosi generano nello spazio i POLIEDRI detti appunto PLATONICI che vengono associati agli elementi (generi) TERRA, ARIA, ACQUA, FUOCO.

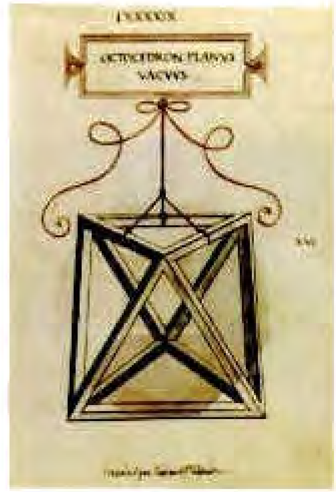


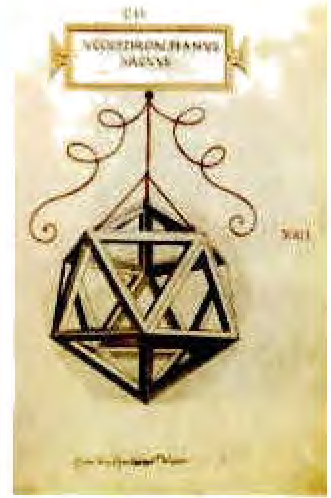
L.C.

LEONARDO – SOLIDI PLATONICI









TETRAEDO
(che genera il fuoco)

CUBO
(che genera la terra)

OTTAEDRO
(che genera l'aria)

ICOSAEDRO
(che genera l'acqua)

DODECAEDRO
(che apre la via all'etere)

L.C.

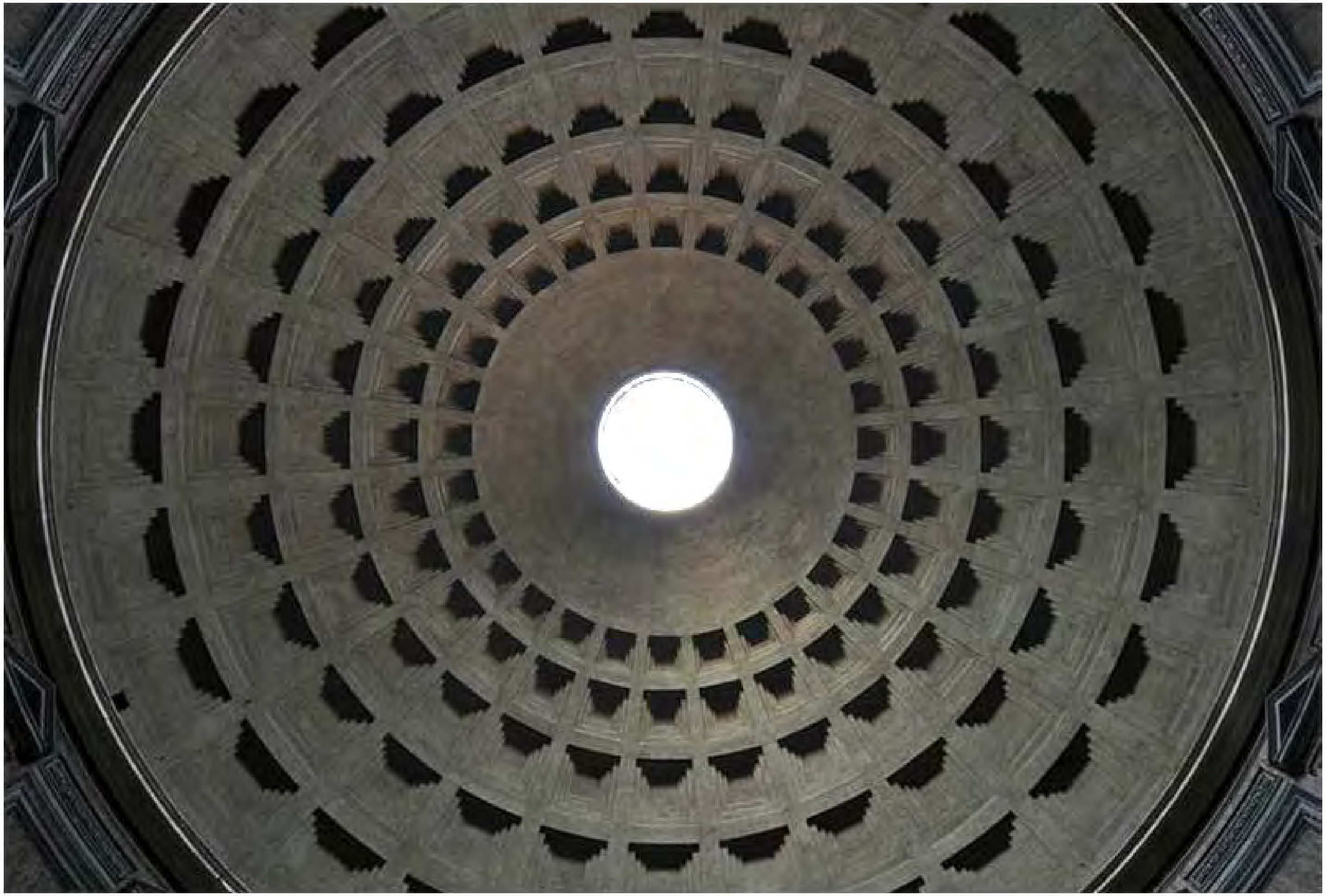
un’altra testimonianza… **Cicerone** (106 – 43 a.C.)

«Avete affermato [si rivolge agli Epicurei] che il cono, il cilindro e la piramide ci appaiono più armoniosi della sfera… Io non sono d’accordo; tuttavia, concediamo pure che queste forme siano più armoniose, per lo meno nel loro aspetto. **Ma cosa vi può essere di più bello di questa figura che sola inscrive tutte le altre, non presenta nessuna asperità né irregolarità, non ha angoli né spigoli, non ha sporgenze né cavità? Son due le forme che più eccellono, il globo fra i solidi e, fra le figure piane, il circolo o cerchio. Solo queste due forme possiedono la proprietà per la quale ogni loro parte è somigliante alle altre e che il loro centro sia equidistante da tutti i punti del contorno, il che è segno della perfezione in tutto**. E se voi non siete in grado di comprendere ciò, è perché non avete mai calpestato la polvere erudita della geometria»

tratto da
Sulla natura degli dei

L.C.

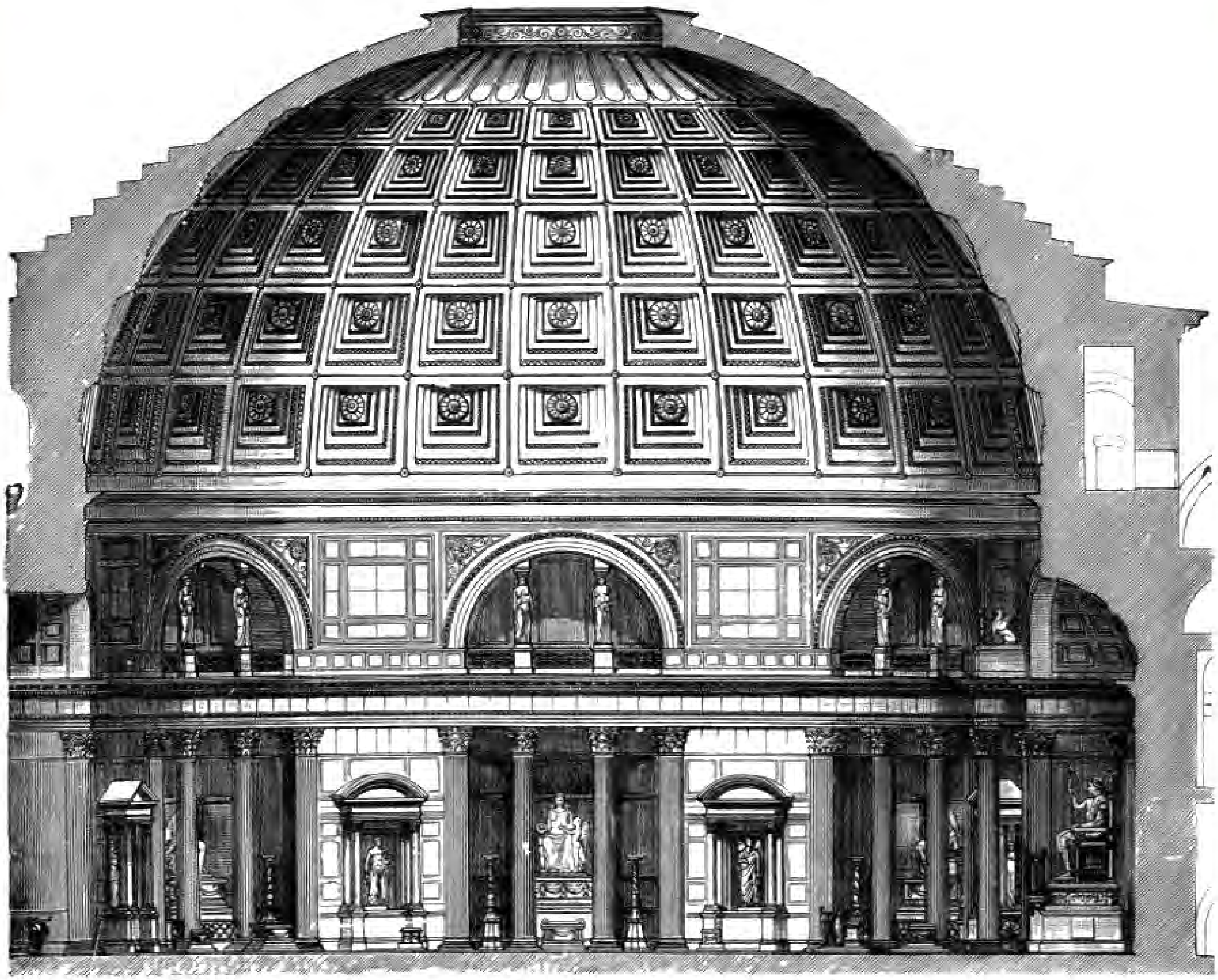
Pantheon (tempio di tutti gli dei 27 a.C.) - Roma



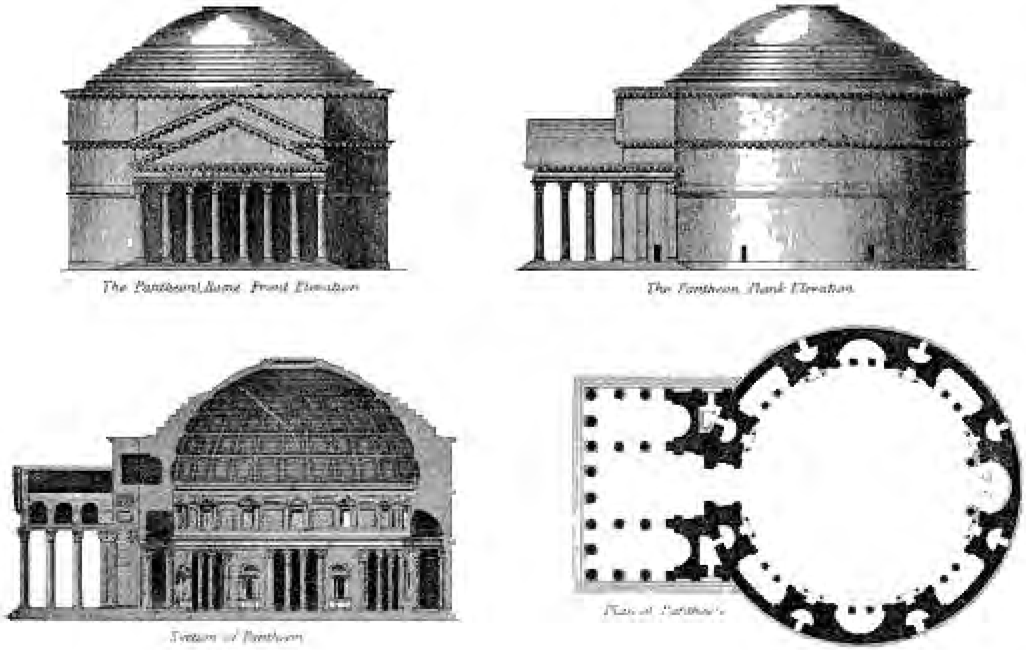
L.C.

L.C.

L.C.

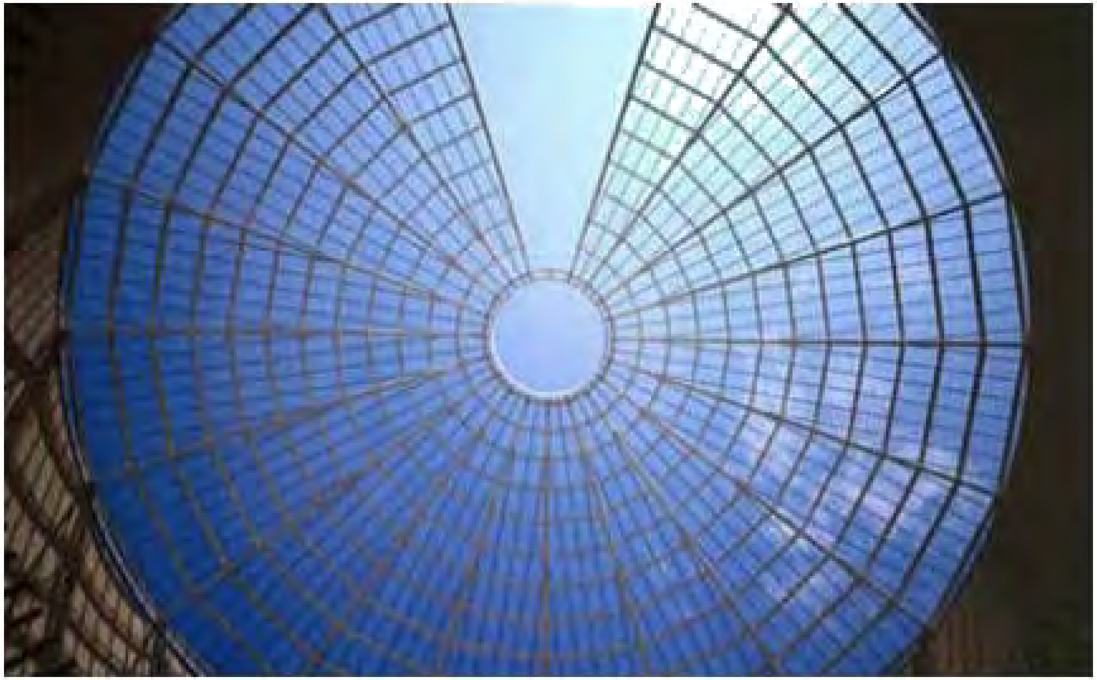


L.C.


The Pantheon, Rome. Front Elevation
The Pantheon. Flank Elevation

L.C.

MART – CUPOLA AEREA
ROVERETO (MARIO BOTTA)

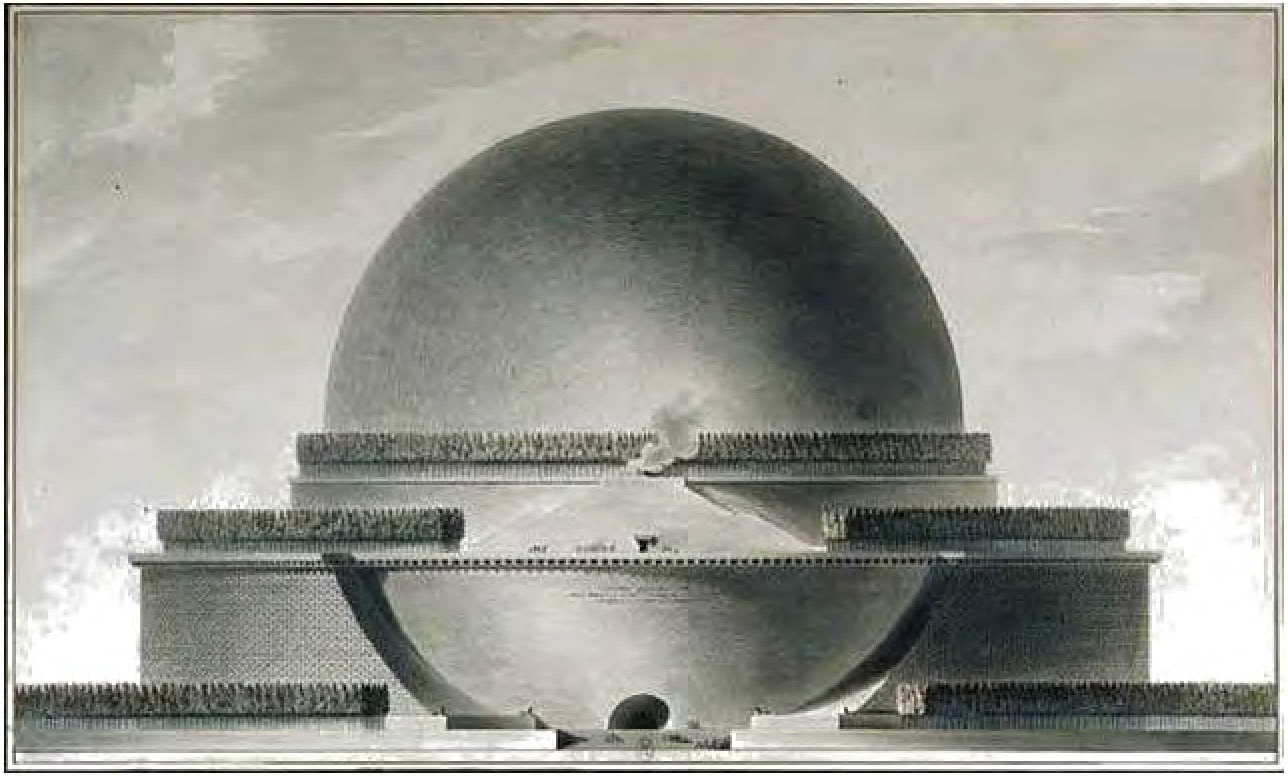


L.C.

L.C.

L.C.

Étienne-Louis Boullée (1728-1799)
Cenotafio per Newton

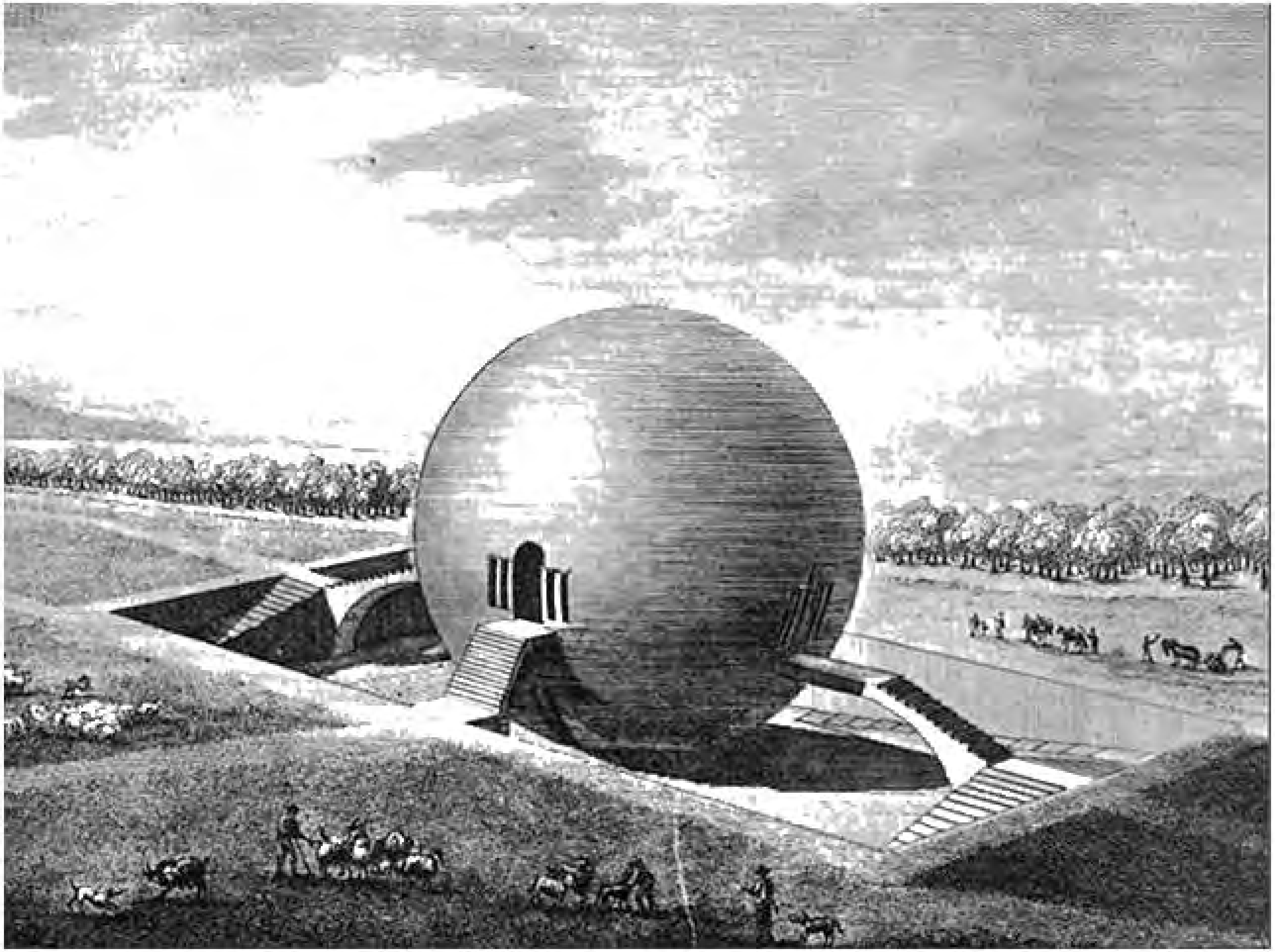


L.C.

Claude Nicolas Ledoux - Saline di Chaux -
Arcsenans Bésancon.
Patrimonio dell'Umanità.
(dal 1771 al 1793 ispettore delle Saline)

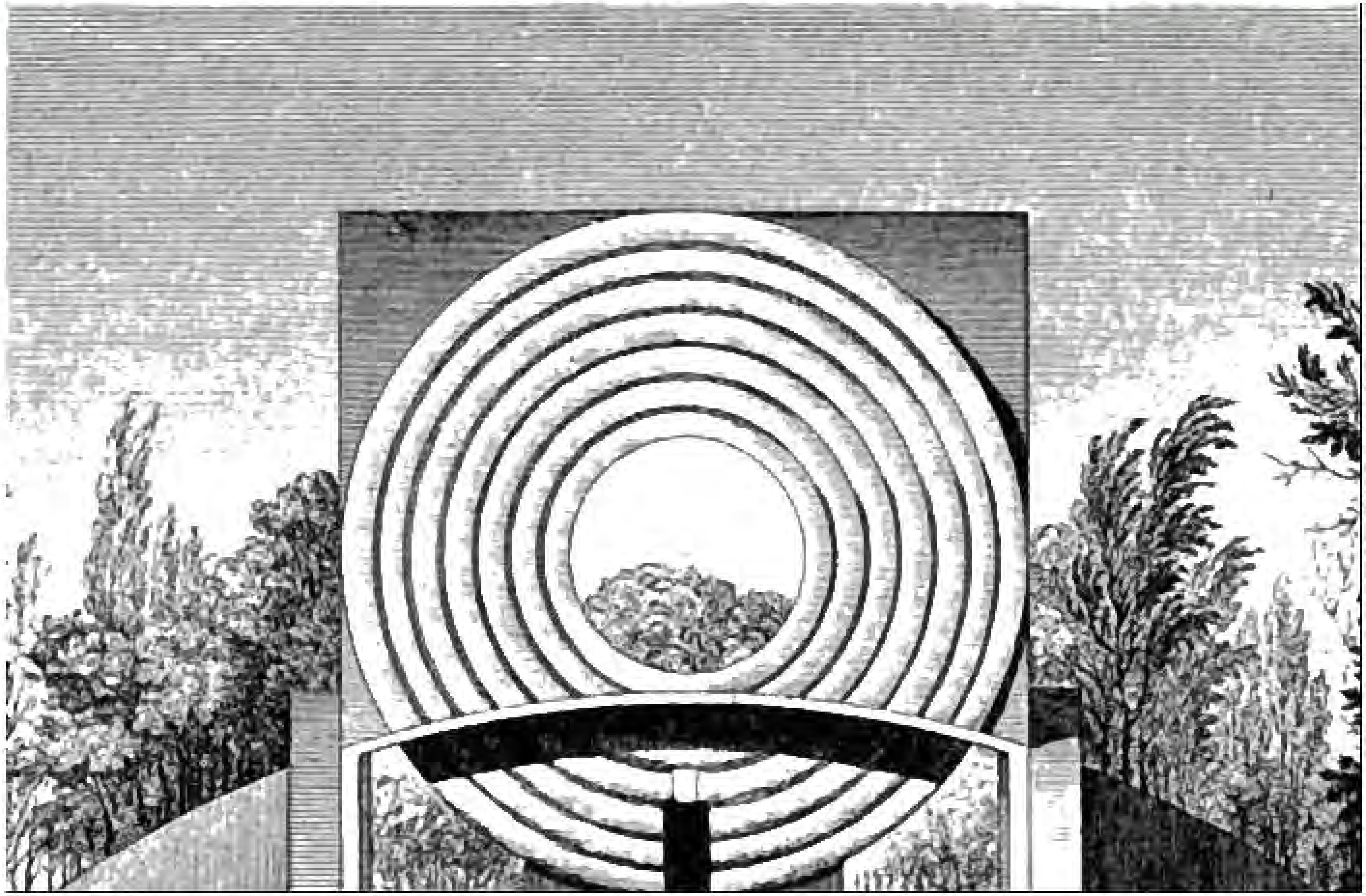
Claude Nicolas Ledoux
Saline di Chaux - Arcsenans Bésancon
Patrimonio dell'Umanità

Claude-Nicolas Ledoux (1736-1806)



L.C.

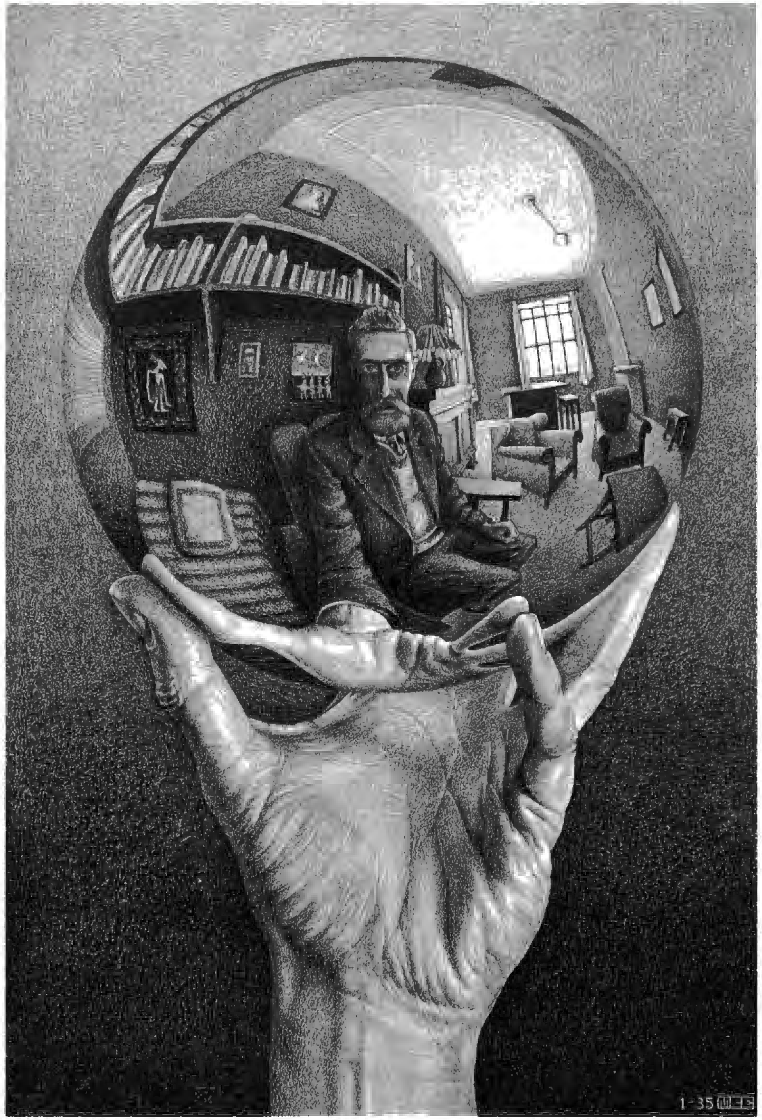
Claude-Nicolas Ledoux: “Casa dei Cerchi"



L.C.

SFERA di Arnaldo Pomodoro

L.C.



Maurits Cornelius Escher
(1898 – 1972)

Specchio sferico…
Sfera riflettente…
Selfie…

L.C.

L.C.

(Leonardo da Vinci – ***Salvator Mundi)***

CANONE...

SEZIONE AUREA

SIMMETRIA

Tutte e due regole di bellezza e di perfezione sia per la Pittura sia per l’Architettura dall’antichità ai nostri giorni.

L.C.

SEZIONE AUREA

“Dividere una data retta linea terminata secondo l’estrema e media proporzione”

(proposizione XI libro II degli “ELEMENTI” di Euclide)

“… area rettangolo uguale all’area del quadrato costruito sulla parte maggiore”

(proposizione XXX problema X libro VI degli “ELEMENTI” di Euclide)

L.C.

Sezione aurea

Si divida un segmento AB in due parti tali che:

"l'intero segmento sta alla parte maggiore come questa sta alla minore".

Se indichiamo con C il punto che divide il segmento AB si ha che:

AB:AC = AC:CB

AC·AC=AB·CB

Il segmento AC è la sezione aurea di AB.

L.C.

SEZIONE AUREA E NUMERO D'ORO

Se AB = 1 e AC = x   si ottiene:

1 : x = x : (1 – x)

$$x = \frac{-1 \pm \sqrt{5}}{2}$$

$$x = \frac{-1 + \sqrt{5}}{2} \sim 0.618\ldots$$

x è la sezione aurea del segmento AB

L.C.

Il numero d'oro

Il rapporto AB/AC viene indicato con la lettera Φ che è detto NUMERO D'ORO.

Attenzione:

$$\Phi = \frac{1}{x} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \sim 1.618\ldots$$

Quindi il numero d'oro è:

$$\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \sim 1.618\ldots$$

RETTANGOLO AUREO

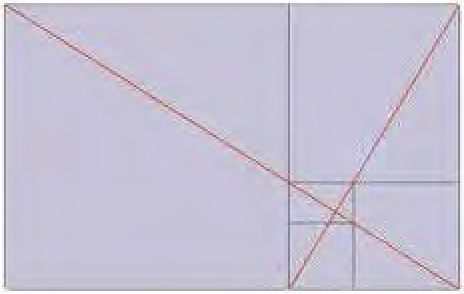
Il rettangolo che ha base e altezza in rapporto aureo si dice

RETTANGOLO AUREO

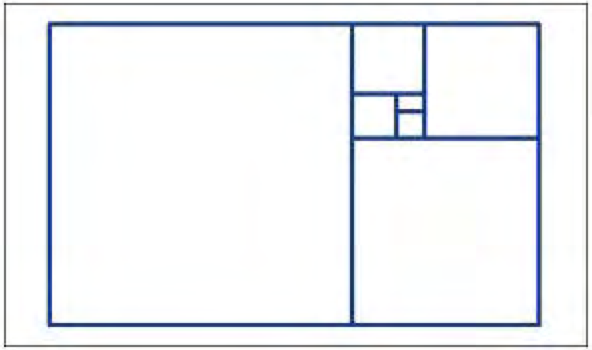
Il rettangolo aureo si può iterare.

L.C.

RETTANGOLO AUREO



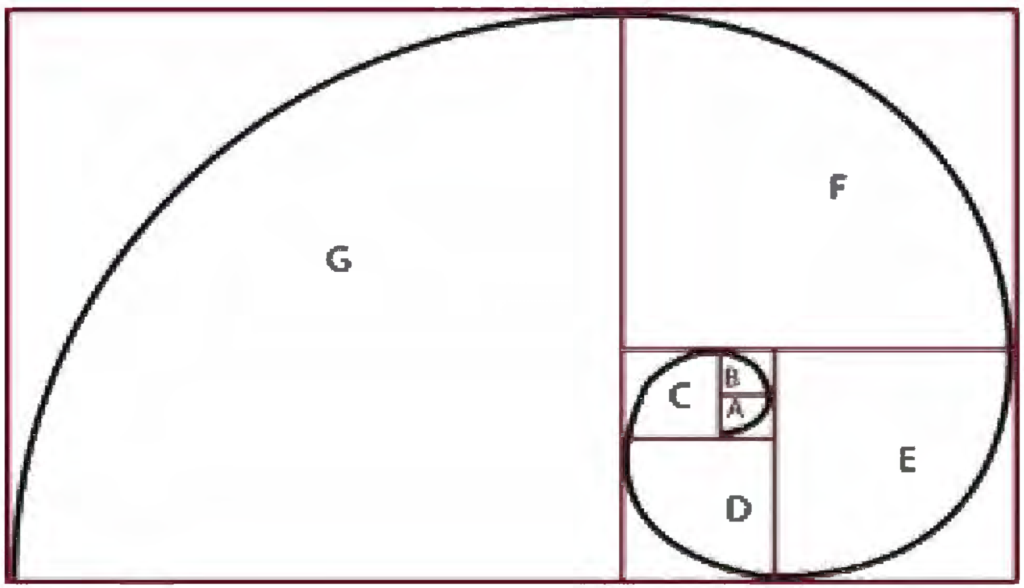
I rettangoli iterati sono tutti rettangoli aurei.



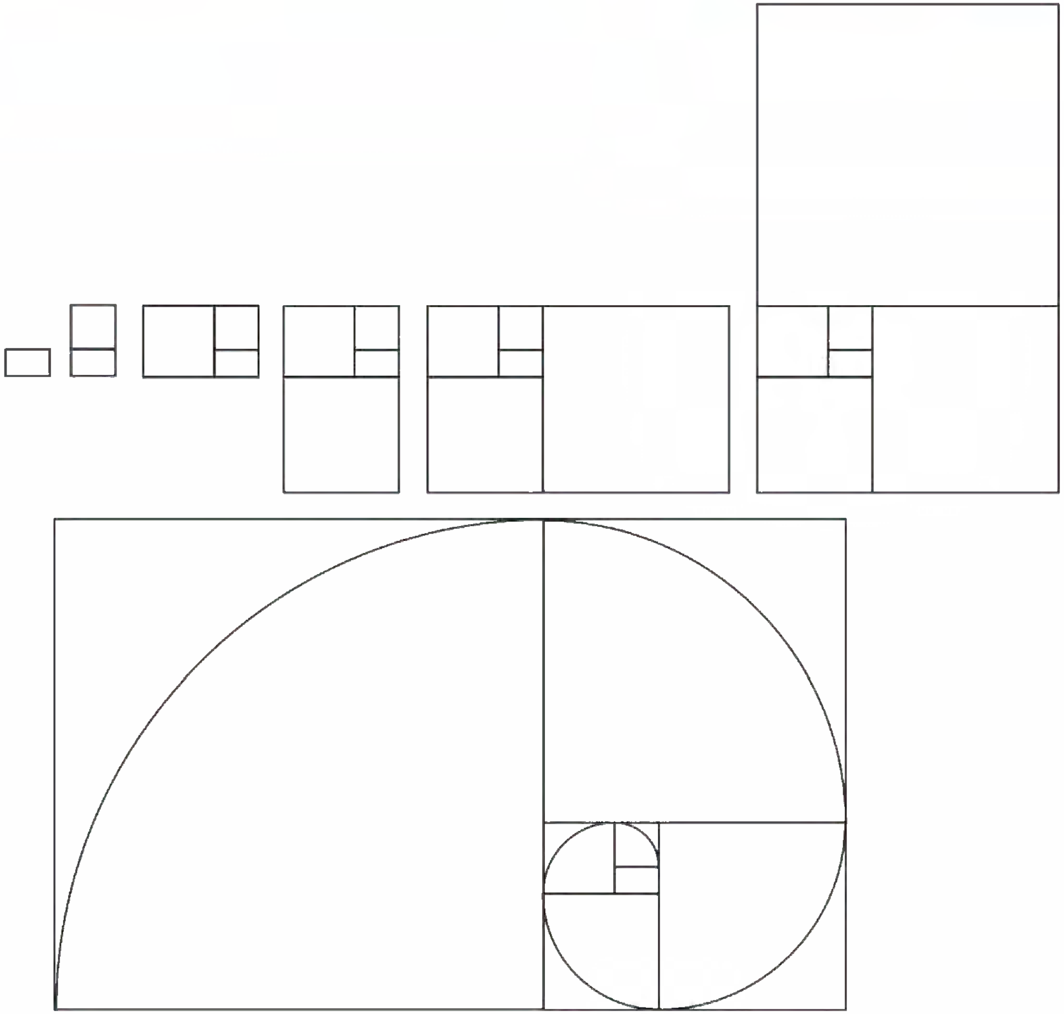
L.C.

SPIRALE AUREA

I vertici dei rettangoli iterati sono su una spirale che viene detta spirale aurea, è una spirale logaritmica.

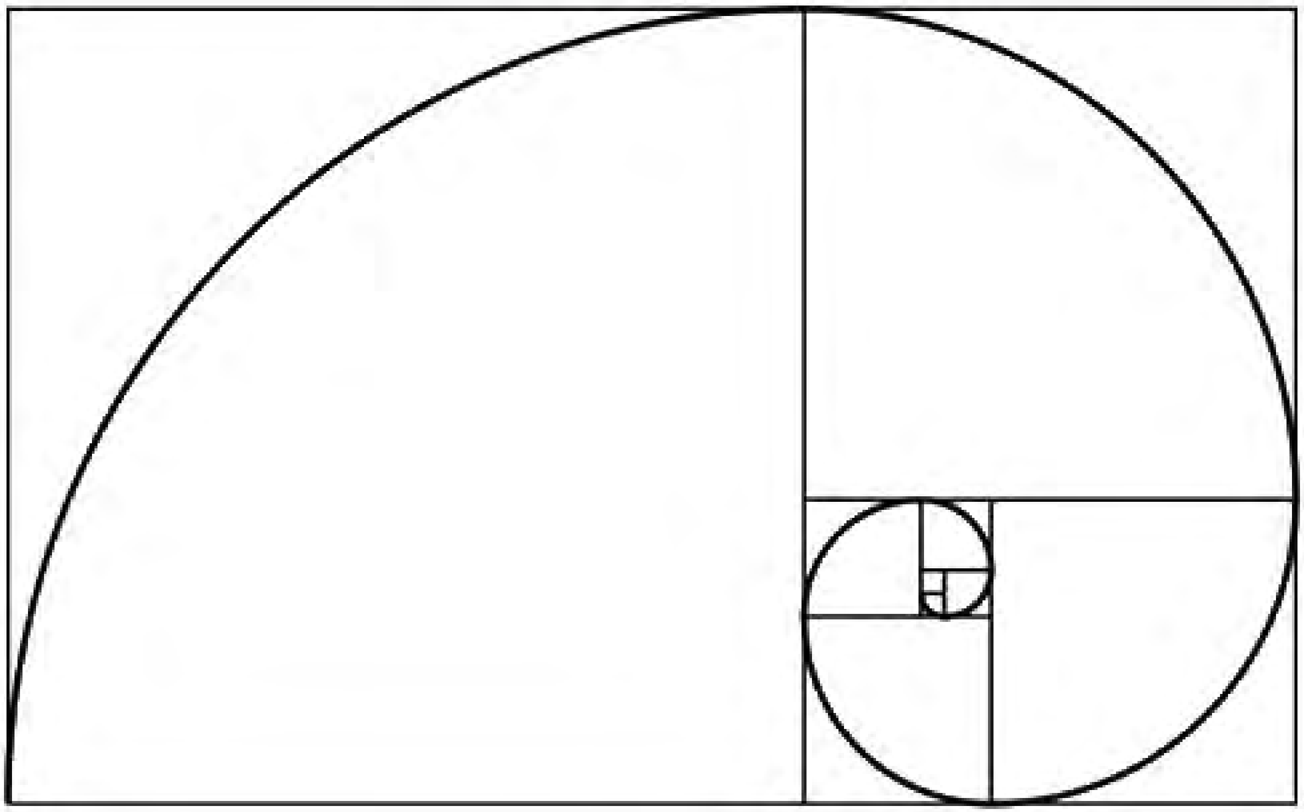


L.C.



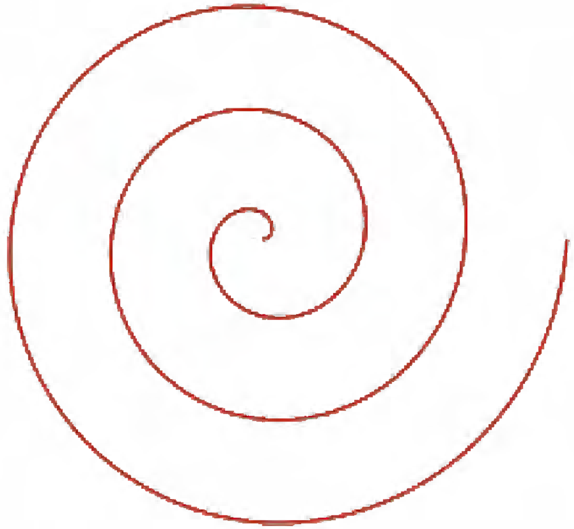
L.C.

SPIRALE AUREA



L.C.

C’è un’altra spirale: la SPIRALE ARCHIMEDEA



L.C.

Scala a chiocciola nella Certosa di Padula (SA) in marmo bianco autoportante

L.C.

BARCELLONA – SAGRADA FAMILIA

L.C.

BARCELLONA – SAGRADA FAMILIA

L.C.

URBINO – RAMPA ELICOIDALE

L.C.

Bernini – Santa Maria Maggiore

Istituto di Ricerca Salute e Medicina dell’Australia del Sud (Woods Bagot)

L.C.

Φ e i numeri di Fibonacci (1170 – 1240 circa)

L.C.

I numeri di Fibonacci

I numeri di Fibonacci sono:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, …

“il successivo è la somma dei due precedenti”

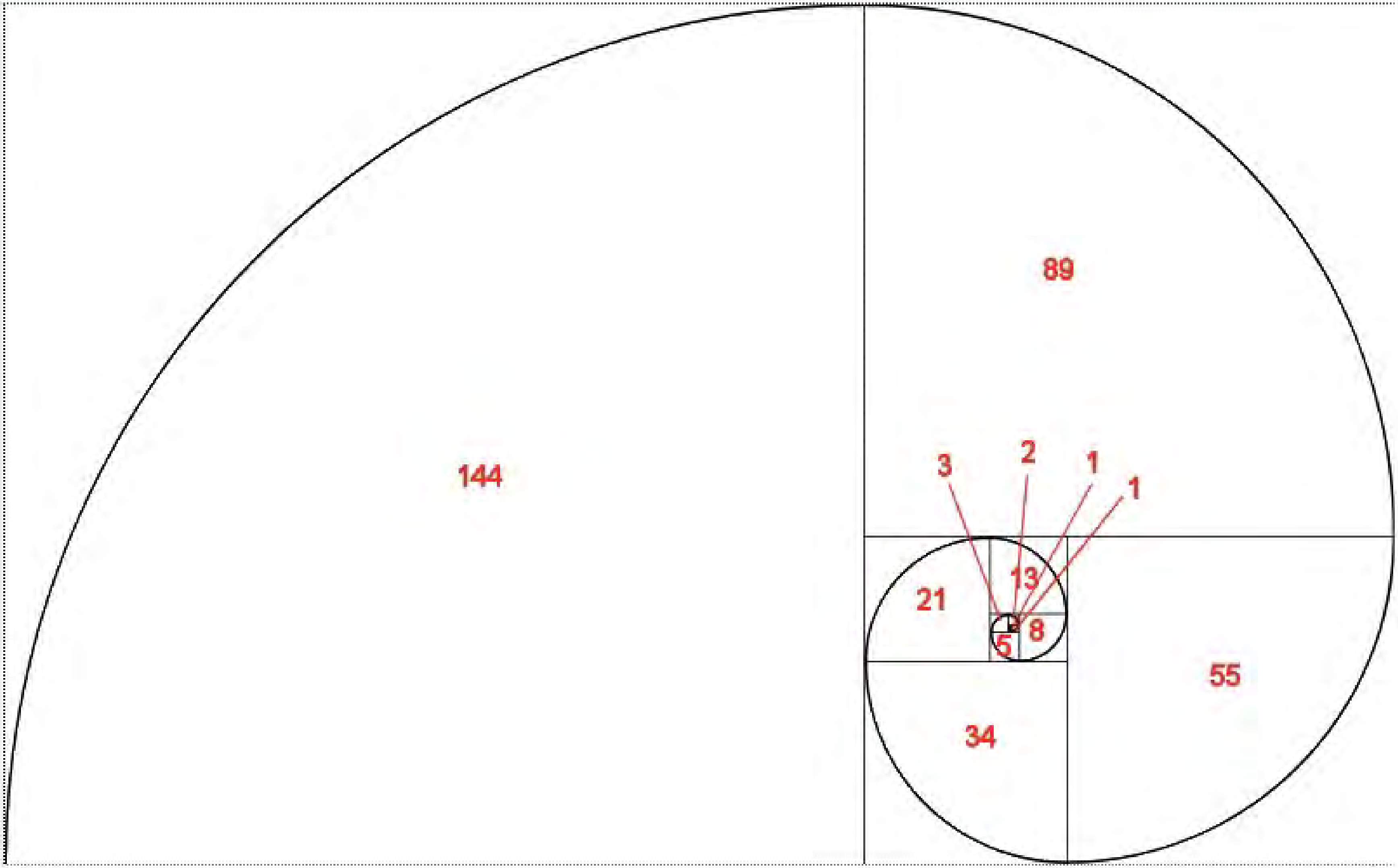
possiamo indicarli attraverso la seguente regola (una successione ricorrente):

$$\begin{cases} a_0 = a_1 = 1 \\ a_{n+1} = a_n + a_{n-1} \end{cases}$$

“il rapporto tra il numero successivo e quello precedente si avvicina sempre più al valore di Φ, al crescere di n”

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} \longrightarrow \Phi$$

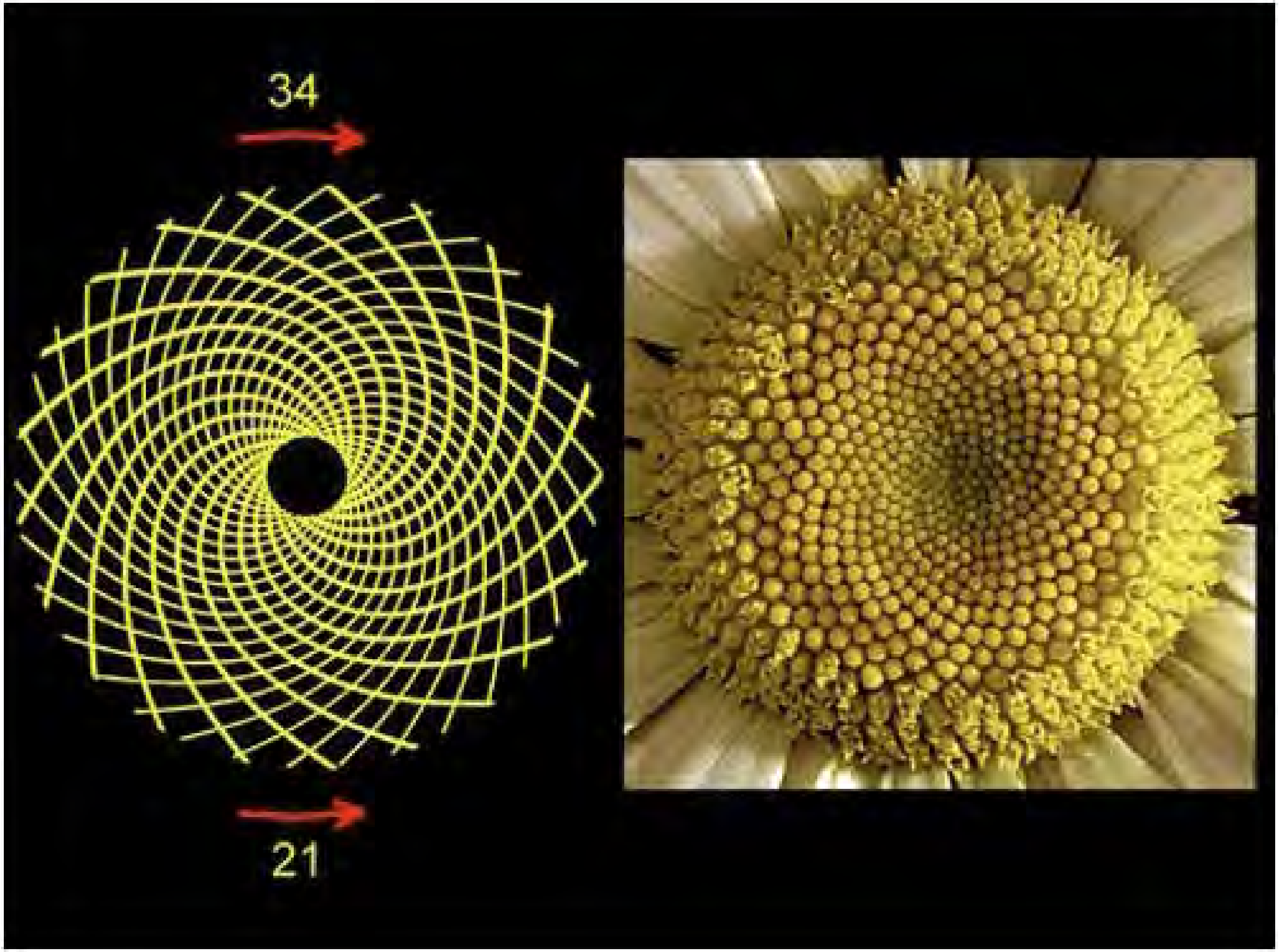
numeri di Fibonacci e spirale aurea



L.C.

Il girasole e la spirale aurea

L.C.



L.C.

L.C.

M’AMA NON M’AMA

L.C.

M'AMA NON M'AMA

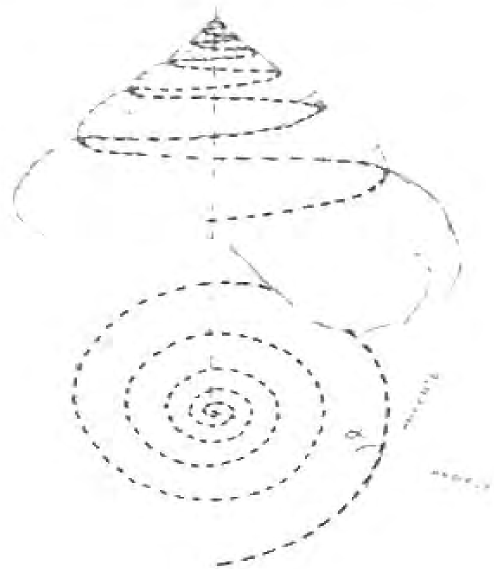
Le margherite, in particolare quelle di campo, possiedono 13, 21 oppure 34 petali (13 + 21 = 34), 13 e 21 sono numeri dispari e pertanto se si inizia il giro con "m'ama" l'esito felice è garantito! salvo la sfortuna di aver scelto la margherita più ricca quella con 34 petali!

Attenzione ci sono margherite anche con 55 e 89 petali!

Pare che anche i petali nella corolla della rosa formino angoli che sono una parte decimale di multipli di Φ.

L.C.

elicospirale



Ammonite e sezione

L.C.

Nautilus e sezione

L.C.

Turritella (elicoide)

L.C.

FRANCESCO BORROMINI (1599 – 1667)
SANT'IVO ALLA SAPIENZA (LANTERNINO) – ROMA
(INIZIO 1642)

L.C.

DEUTSCHER BUNDESTAG
Parlamento tedesco (Berlino) – N. Foster

DEUTSCHER BUNDESTAG

Parlamento tedesco (Berlino) – N. Foster

L.C.

Guggenheim – New York
Frank Loyd Wright

L.C.

Guggenheim – New York

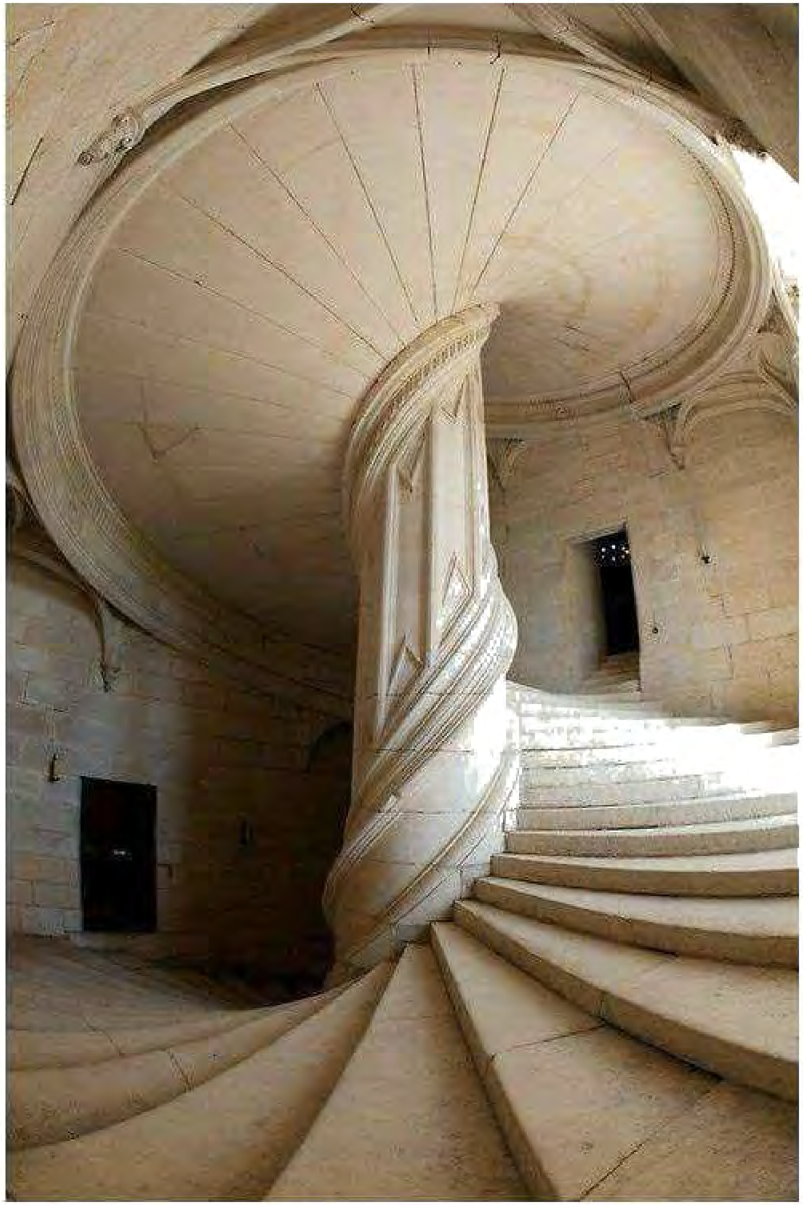
L.C.

Guggenheim – New York (interno)

L.C.

Camminata a Spirale sugli Alberi – Danimarca

Camminata a Spirale sugli Alberi – Danimarca



Leonardo 1516

Chateaux De La
Rochefoucauld

Istituto di Ricerca Salute e Medicina dell'Australia del Sud (Woods Bagot)

L.C.

… tanto per avere un'idea dell'edificio nella sua totalità…

L.C.

L.C.

L.C.

torniamo ai numeri di Fibonacci…

***"Il volo dei numeri* "di Mario Merz, un'installazione luminosa sulla Mole Antonelliana, rappresenta la successione di Fibonacci**

L.C.

Il volo dei numeri di Mario Merz

L.C.

Le Modulor

L'architetto Le Corbusier mise a punto un modulo universale proprio ispirandosi alla sezione aurea e ai numeri di Fibonacci

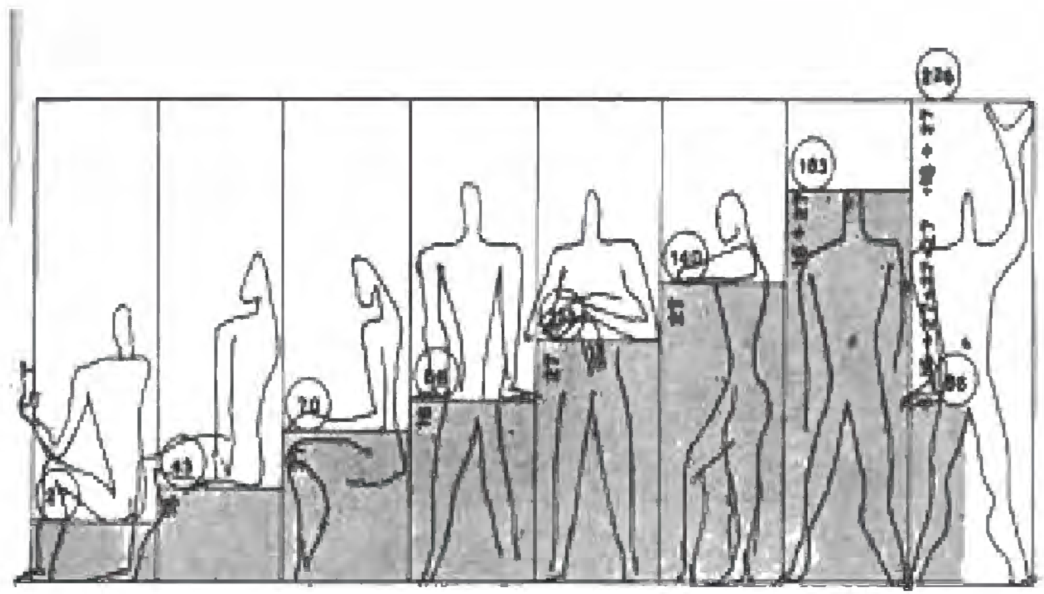
la serie rossa e la serie blu

L.C.

Le modulor

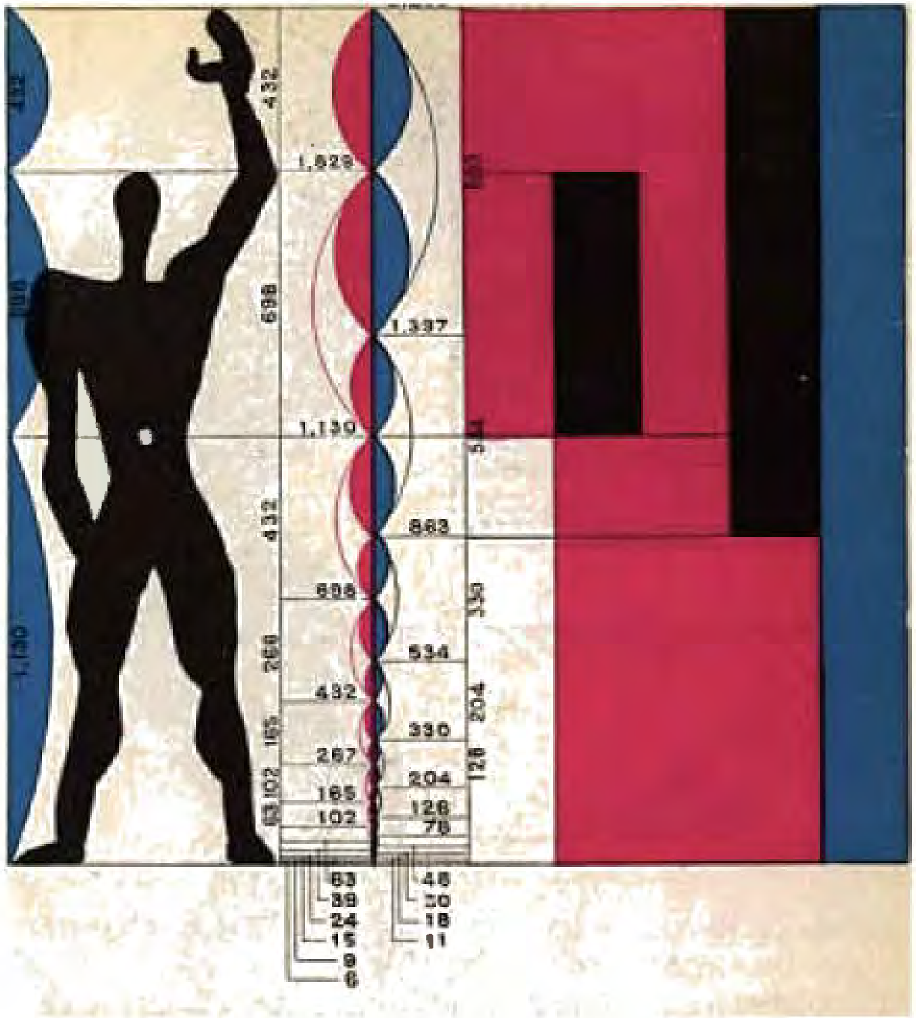
L.C.

Le modulor

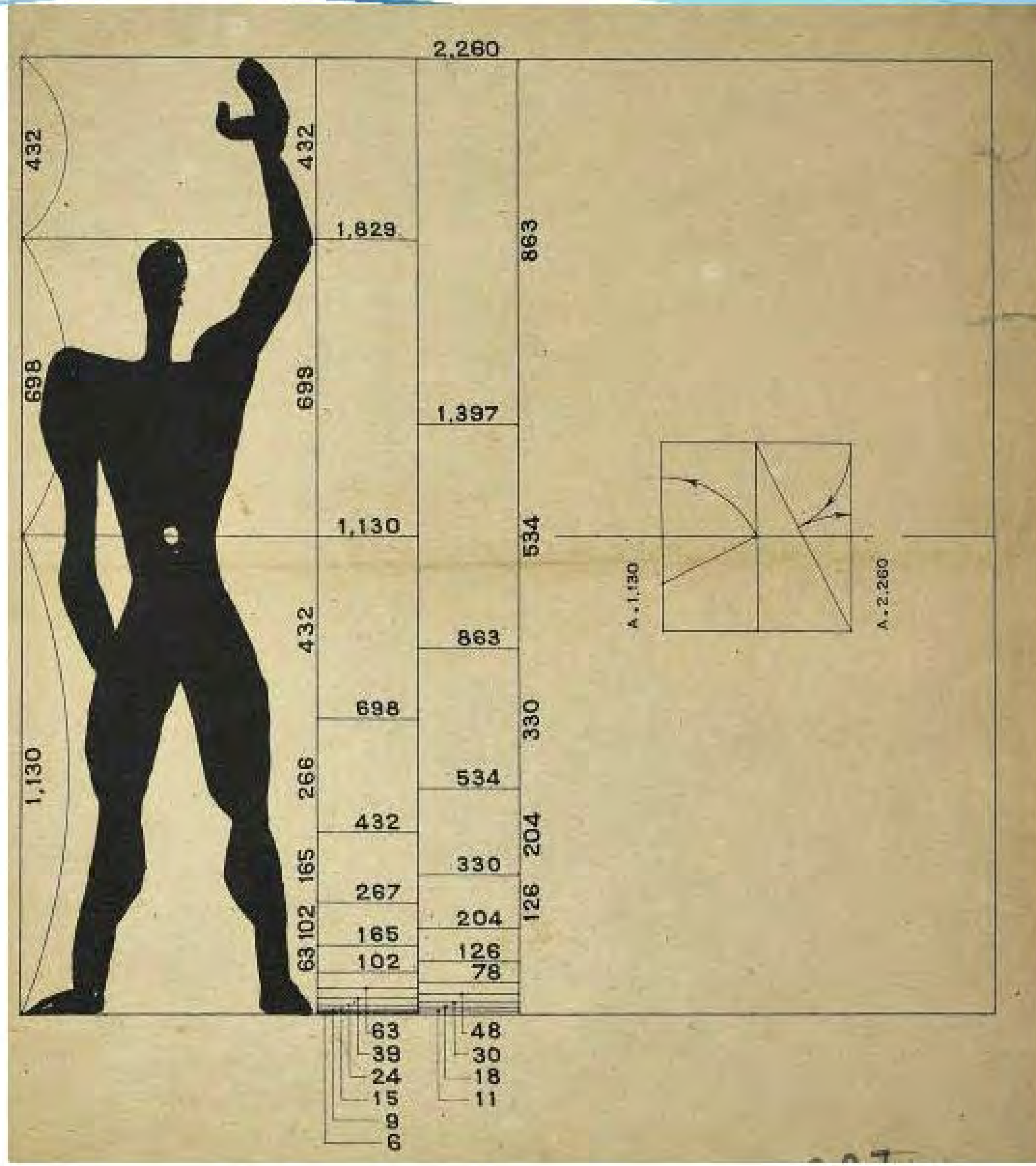


L.C.

MODULOR


1,829
1,397
1,130
863
698
534
432
330
267
204
165
126
102
78
63
48
39
30
24
18
15
11
9
6

L.C.


2,260
432
432
1,829
863
698
698
1,397
1,130
1,130
534
A.1,130
A.2,260
432
863
698
330
1,130
266
534
432
204
165
330
267
126
102
204
165
63
126
102
78
63
39
24
15
9
6
48
30
18
11

L.C.

LE MODULOR

“La matematica è l’edificio magistrale immaginato dagli uomini per comprendere l’universo. Vi si incontrano l’assoluto e l’infinito, l’afferrabile e l’inafferrabile. Davanti a loro si innalzano alte mura davanti alle quali si può passare e ripassare senza alcun risultato; ogni tanto si incontra una porta; la si apre, si entra, ci si trova in altri luoghi, là dove si trovano gli dei, là dove sono le chiavi dei grandi sistemi. Queste porte sono quelle dei miracoli. Attraversate una di queste porte, non è più l’uomo che opera: è l’universo che lo stesso uomo tocca in un punto qualsiasi. Davanti a lui si srotolano e si illuminano i prodigiosi tappeti delle combinazioni senza limiti. Egli entra nel paese dei numeri. Può essere un uomo modesto ed essere entrato ugualmente. Lasciatelo sostare rapito davanti a tanta luce così intensamente estesa.

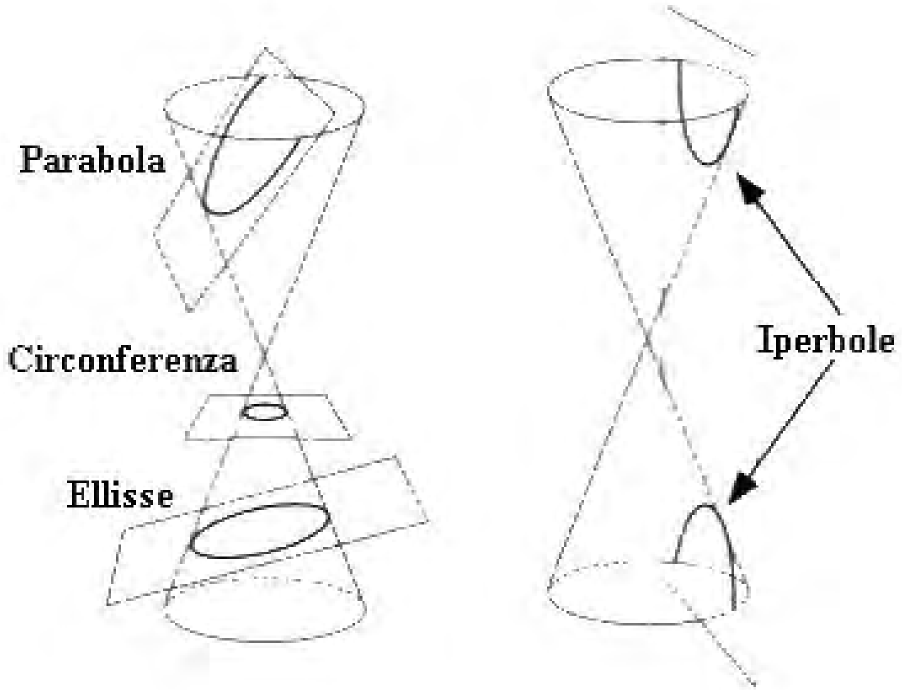
Lo choc di questa luce è difficile da sopportare. I giovani che ci arricchiscono con il loro entusiasmo e l’inconsapevolezza delle responsabilità, che è al tempo stesso la forza e la debolezza della loro età, ci avvolgono – se non ci difendiamo – con le nebbie delle loro incertezze. In questa impresa che ci coinvolge, occorre essere decisi e sapere ciò che si sta cercando: si cerca uno strumento di precisione che serve a scegliere le misure. Una volta preso in mano il compasso e inoltratisi nella scia dei numeri, le strade e le piste abbondano, si ramificano, si proiettano in tutte le direzioni, fioriscono, si rischiarano… e ci portano lontano, allontanandoci dal fine perseguito: i numeri giocano tra essi!”.

L.C.

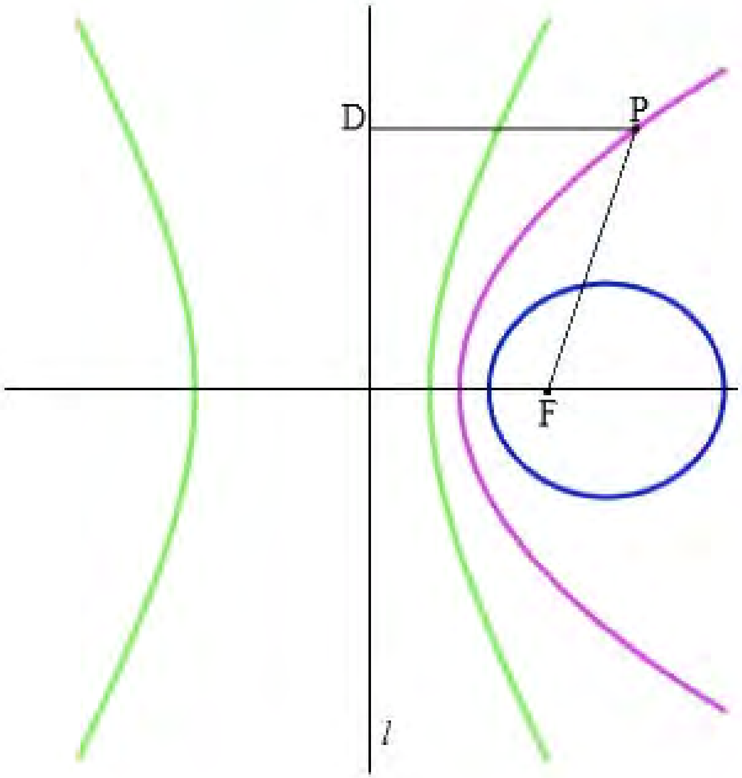
l’eccentricità

la “misura” della forma delle coniche

MISURA DELLA FORMA
CONICHE forme proiettive della circonferenza
(eccentricità: misura della forma)



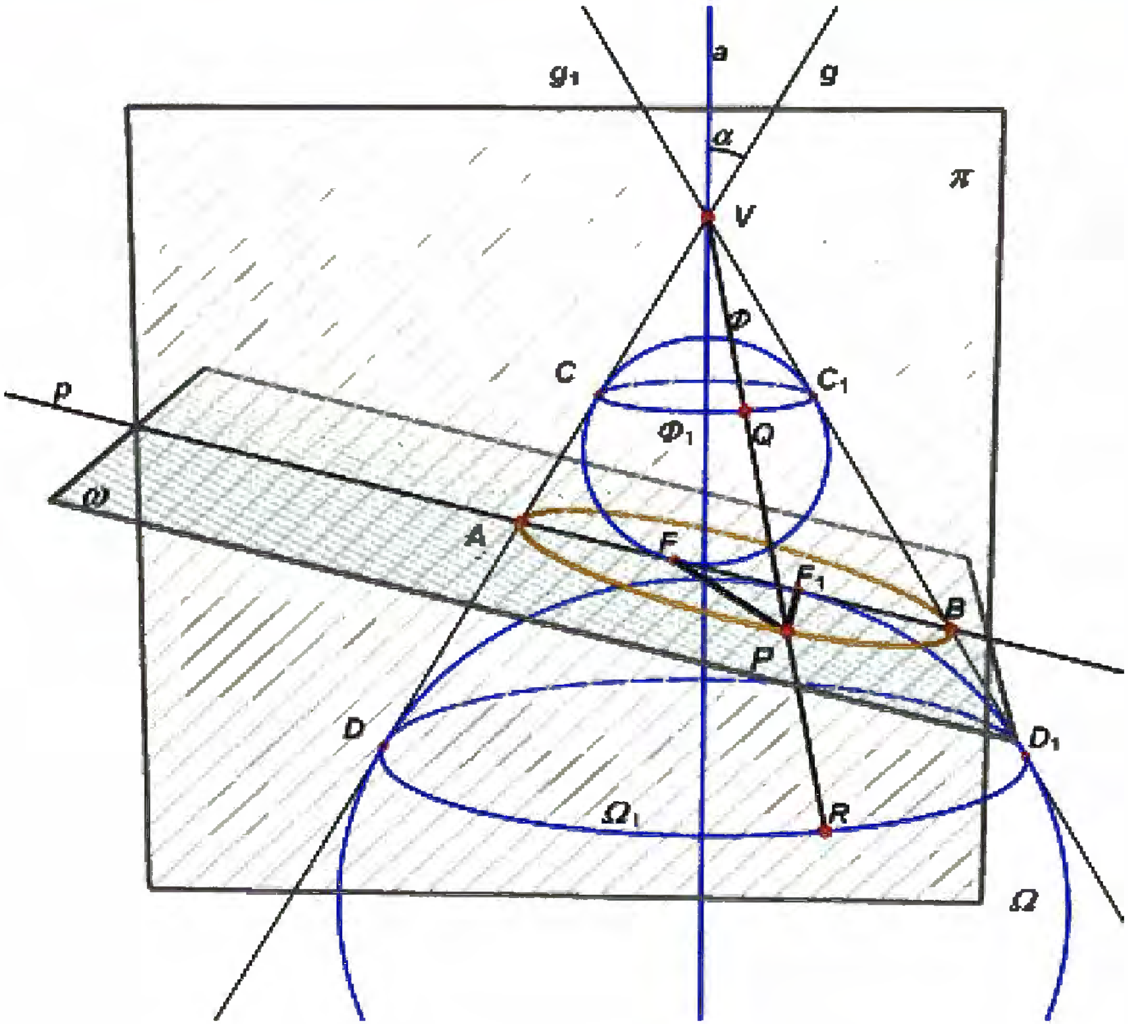
L’eccentricità



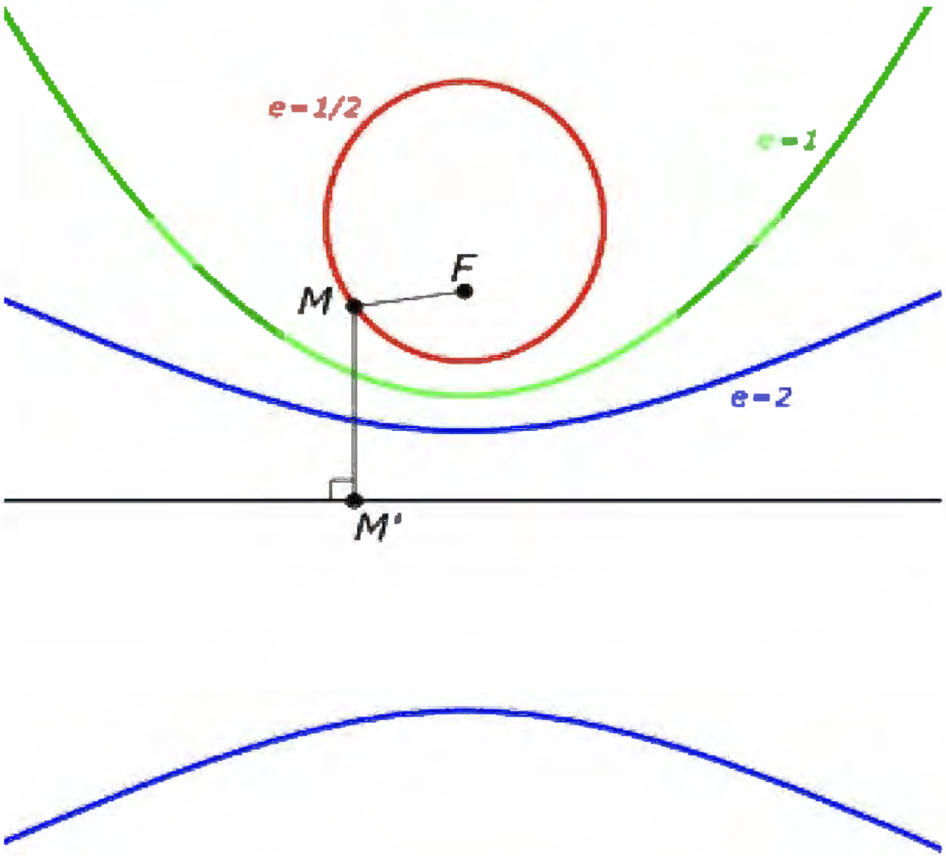
L’eccentricità di una conica è uguale al rapporto tra la distanza di un qualsiasi punto P, appartenente alla conica, dal fuoco e la distanza dello stesso dalla direttrice.

Eccentricità: $e = c/a$

Le sfere di Dandelin (fuochi e direttrici)



eccentricità



eccentricità

0 < e < 1 si hanno ellissi – infinite ellissi - diverse a seconda del valore dell’eccentricità;

e = 0 si ha una circonferenza;

e = 1 si ha una parabola;

e > **1** si hanno iperboli – infinite iperboli – diverse a seconda del valore dell’eccentricità.

eccentricità

Le coniche sono i luoghi geometrici dei punti

aventi eccentricità costante.

Scalone ellittico di Michelangelo
Biblioteca Laurenziana - Firenze

ANFITEATRO (PIAZZA DEL MERCATO – LUCCA)

CERCHIO E CIRCONFERENZA (attenzione!)

SIMMETRIA (LA TRASLAZIONE)

PONTE ROMANO
Costruito circa nel 19 a. C. ponte sul fiume Gard (protezione dell’Unesco)
Faceva parte di un acquedotto di circa 50 km…

L’Alhambra (Granada)

costruita tra il 1230 e il 1354

Nelle decorazioni sono presenti tutti i 17 gruppi di simmetrie del piano.

Ma la dimostrazione che esistono solo 17 gruppi di simmetrie nel piano è molto più recente:

Fëdorov 1891

SIMMETRIA (PAVIMENTAZIONI)

SIMMETRIA (Alhambra)

L.C.

SIMMETRIA (Alhambra)

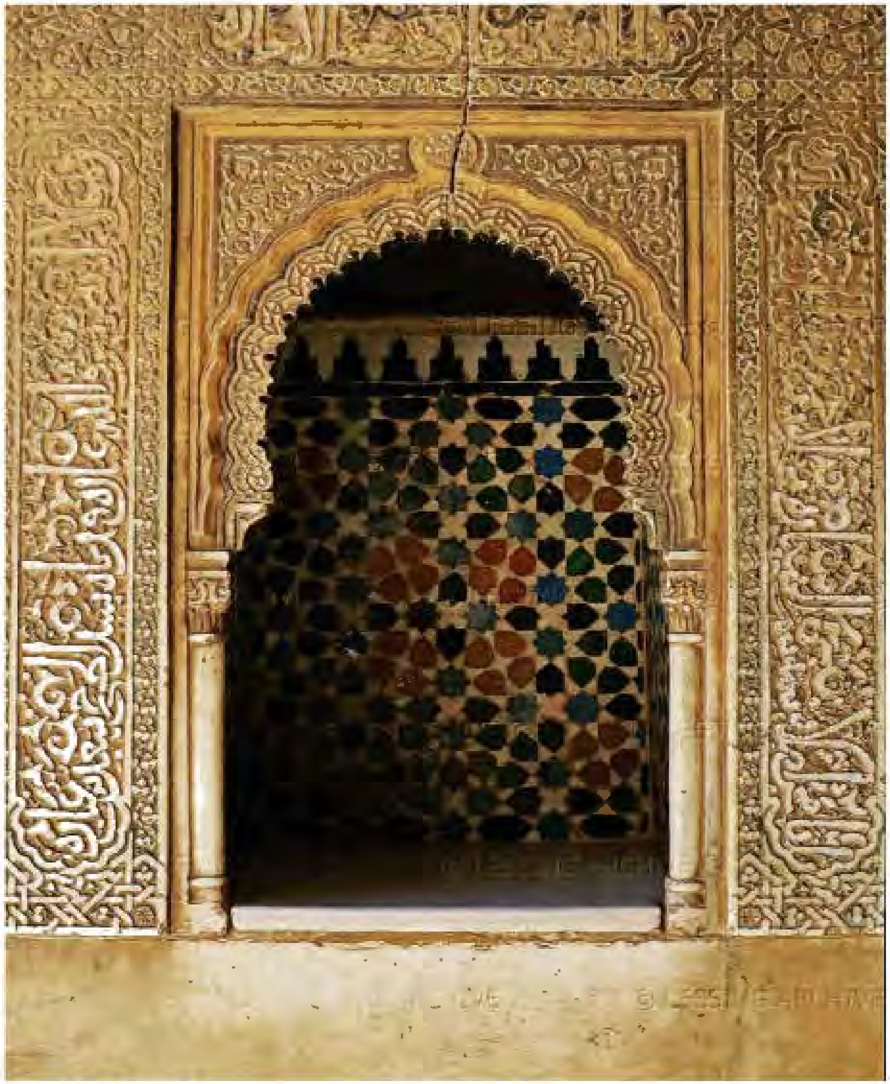
L.C.

SIMMETRIA (Alhambra)

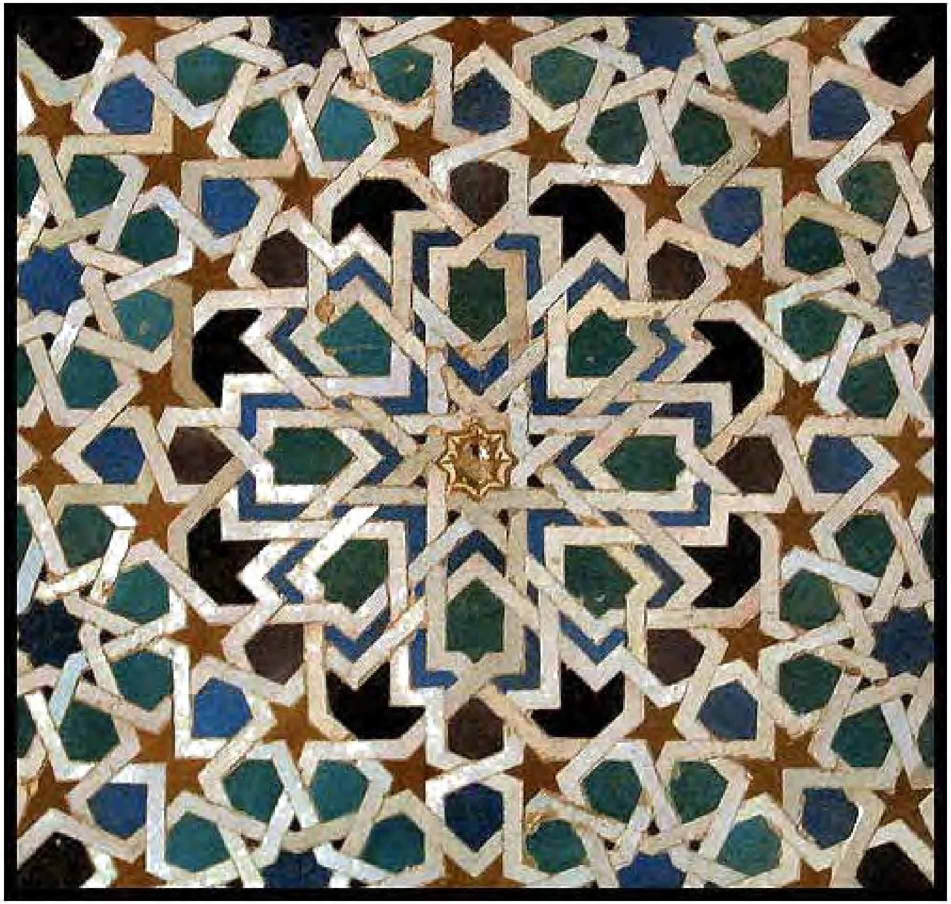
Alhambra di Granada, Bagni reali (particolare)

L.C.

SIMMETRIA (Alhambra)



SIMMETRIA (Alhambra)

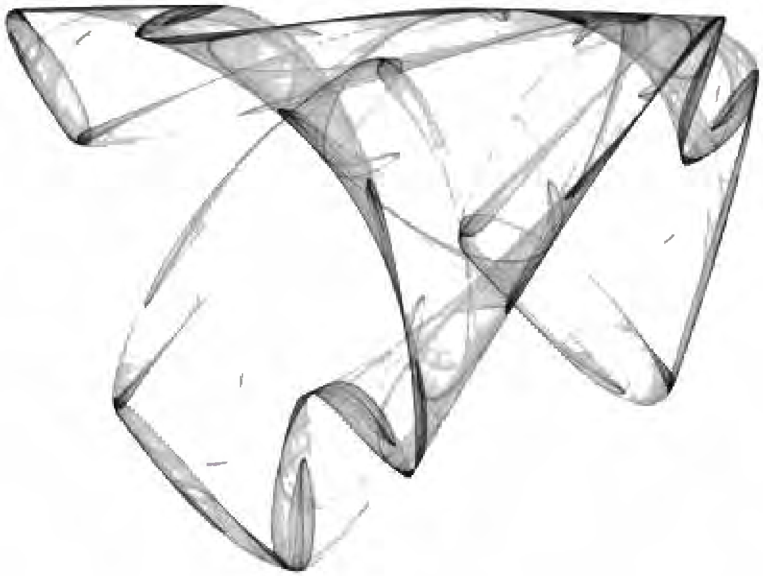


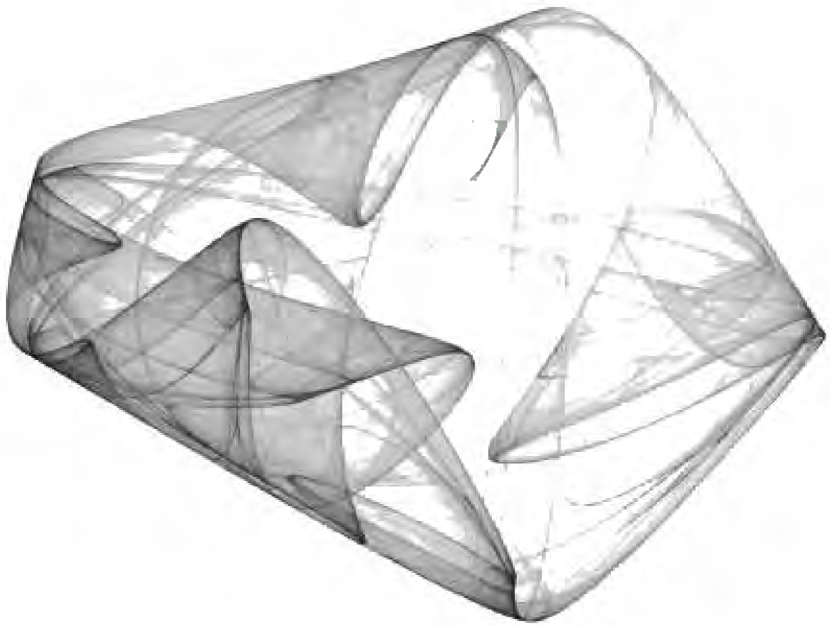
L.C.

SIMMETRIA (Alhambra)

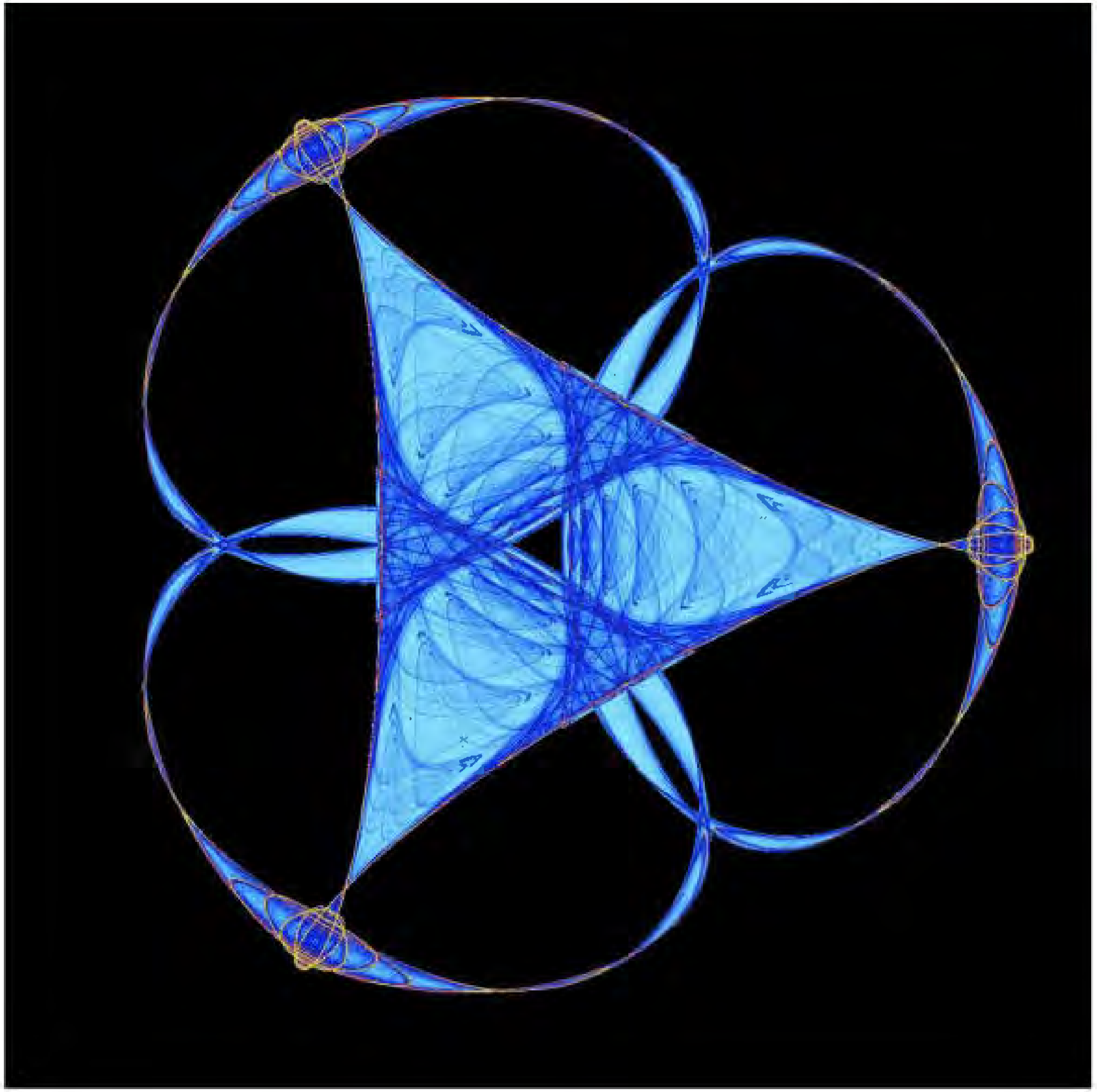
L.C.

Simmetria e caos

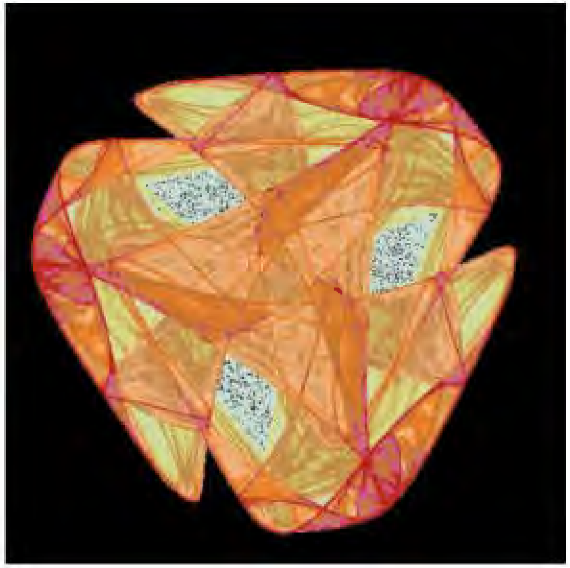


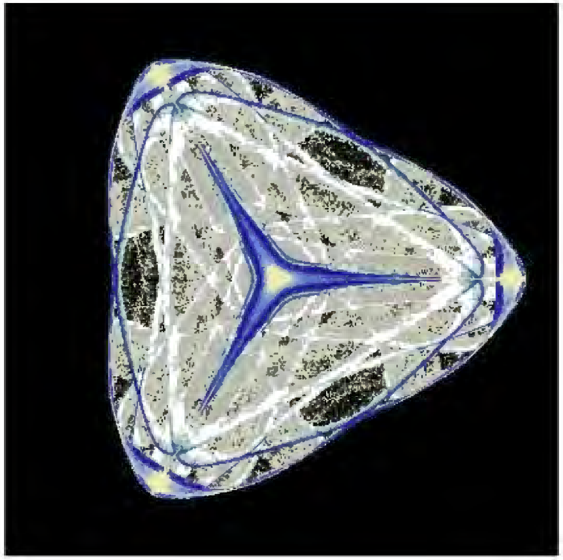


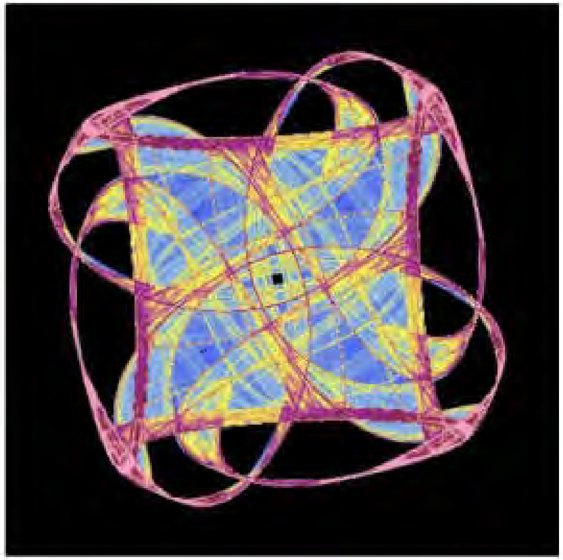
Chaos and Symmetry. Mike Field , Martin Golubitsky,

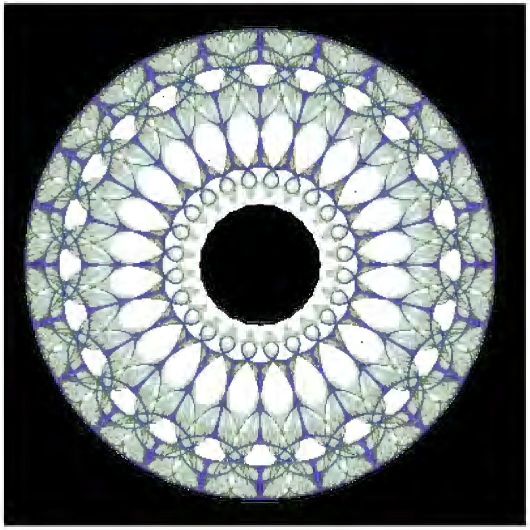


Simmetria e caos

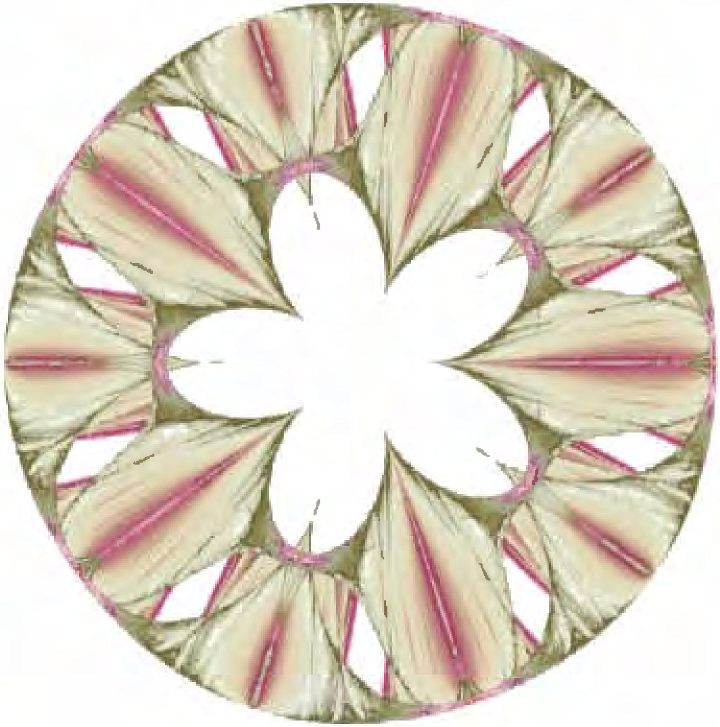


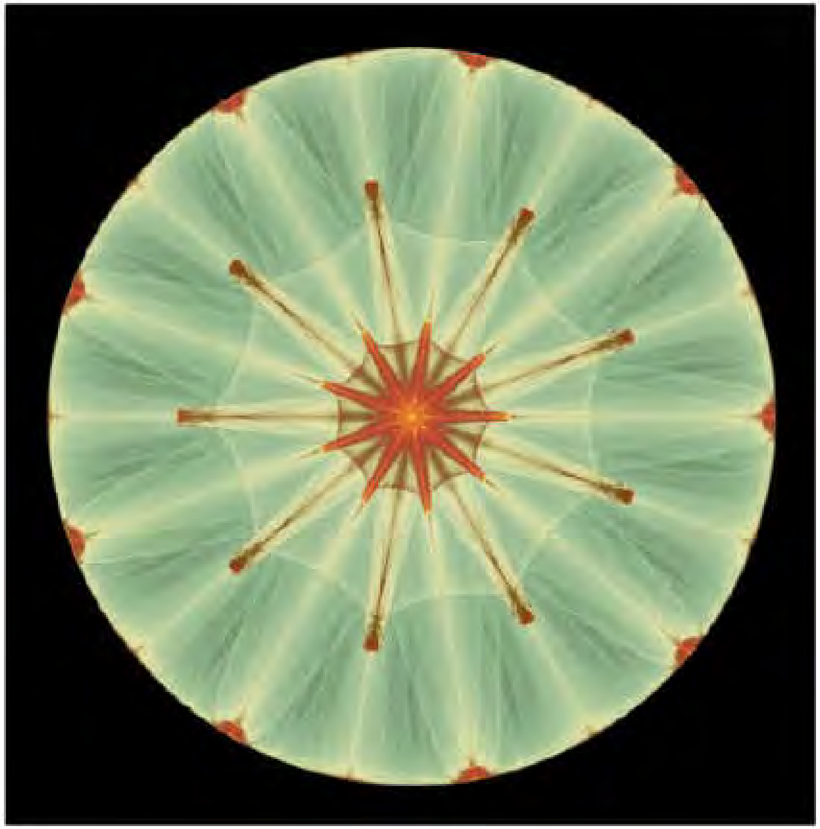






Simmetria e caos





VIDEO
NATURE BY NUMBERS

LA PROSPETTIVA

La prospettiva – in modo semplice – può essere definita come uno schema geometrico semplificato per rappresentare su un piano (o su una superficie) oggetti o ambienti dello spazio tridimensionale.

LA PROSPETTIVA

La prospettiva, nata per un’esigenza dei pittori, è la scoperta che determinerà la divisione tra Arte e Matematica.

Fino a quel momento, e per tutto il Rinascimento, personaggi come Leon Battista Alberti, Piero della Francesca, Luca Pacioli e più tardi Leonardo da Vinci si occupavano simultaneamente di esperienze diverse. Il pittore, l’architetto, il matematico e lo scienziato coesistevano in una sola figura.

LA PROSPETTIVA

E’ proprio Piero della Francesca che sente il bisogno di formalizzare matematicamente la tecnica esecutiva dei pittori.

Da questo il momento l’Arte e la Scienza seguiranno percorsi separati, gli artisti continueranno ad usare le loro regole e i matematici svilupperanno la ricerca dei teoremi e delle dimostrazioni utili al consolidamento formale di tali regole.

PROSPETTIVE “CURIOSE”…

Il passaggio tra la Prospettiva e la Geometria Proiettiva è caratterizzato anche da un uso simbolico delle tecniche prospettiche per rappresentare forme illusionistiche attraverso immagini anamorfiche.

PROSPETTIVE “CURIOSE”… LE ANAMORFOSI

Hans Holbein il Giovane
***Gli Ambasciatori* (1533).**

Sopra il pavimento un oggetto apparentemente fluttuante simile ad un osso di seppia.

E’ un’immagine anamorfica che – in quanto tale – quasi si isola dal resto del dipinto, uno strano oggetto che diventa una immagine nitida solo se il quadro viene visto da un punto particolare … e si vede nitido il teschio precedentemente occultato.

PROSPETTIVE CURIOSE. LE ANAMORFOSI

Nel convento dei Minimi a Roma Emmanuel Maignan, matematico e astronomo, compone in un corridoio una rappresentazione anamorfica dal titolo *San Francesco di Paola*.

Quasi nello stesso periodo e nello stesso convento in un altro corridoio, Jean-François Niceron, uno studioso di geometria vicino a padre Marin Mersenne, dipinge (nel 1642), *San Giovanni Evangelista che scrive l'Apocalisse* (purtroppo per molto tempo creduto perso in seguito alle diverse coperture di intonaco e pittura fatte nei secoli).

PROSPETTIVE CURIOSE. LE ANAMORFOSI

Emmanuel Maignan – San Francesco de Paola
Convento dei Minimi
Trinità dei Monti – Roma

PROSPETTIVE CURIOSE. LE ANAMORFOSI

Emmanuel Maignan
San Francesco di Paola

Convento dei Minimi
Trinità dei Monti
Roma

PROSPETTIVE CURIOSE. LE ANAMORFOSI

PROSPETTIVE CURIOSE. LE ANAMORFOSI

PROSPETTIVE CURIOSE. LE ANAMORFOSI

A proposito dell'anamorfosi scrive Jurgis Baltrušaitis: "*è una tecnica che proietta le forme fuori di esse invece di ridurle ai loro limiti visibili, e le disgrega perché si ricompongano in un secondo tempo, quando siano osservate da un punto determinato. Il procedimento è una curiosità tecnica ma contiene una poetica dell'astrazione, un meccanismo potente di illusione ottica e una filosofia della realtà artificiosa. E' un rebus, un mostro, un prodigio. Pur appartenendo al mondo delle bizzarrie che, nel profondo dell'uomo, hanno sempre avuto un "cabinet" e un rifugio, ne travalica spesso la cornice ermetica*".

L'ASTROLABIO DI TRINITA' DEI MONTI

Nello stesso convento, tra i due corridoi un astrolabio di Emanuel Maignan fatto probabilmente in collaborazione con Niceron.

LA RIFLESSIONE

PROSPETTIVE CURIOSE… LE ANAMORFOSI

Nello stesso convento…
un astrolabio…
sempre di Emanuel Maignan

PROSPETTIVE CURIOSE… LE ANAMORFOSI

PROSPETTIVE CURIOSE… LE ANAMORFOSI

ALTRE PROSPETTIVE CURIOSE

Francesco Borromini
Palazzo Spada - Galleria

Andrea Pozzo
Cupola di Sant’Ignazio – Roma

(IL CANONE)

IL “NON”

L’OTTIMIZZAZIONE

IL CAOS

L.C.

“IL NON “

All'inizio del secolo scorso avvengono i più grandi mutamenti, in quasi tutti gli ambiti disciplinari, rispetto alla conoscenza codificata precedentemente: Arte, Architettura, Musica, Letteratura, Fisica, Matematica, ecc..

Nascono, e si affermano, la Psicologia e poi la Cibernetica.

È un processo di innovazione sconvolgente.

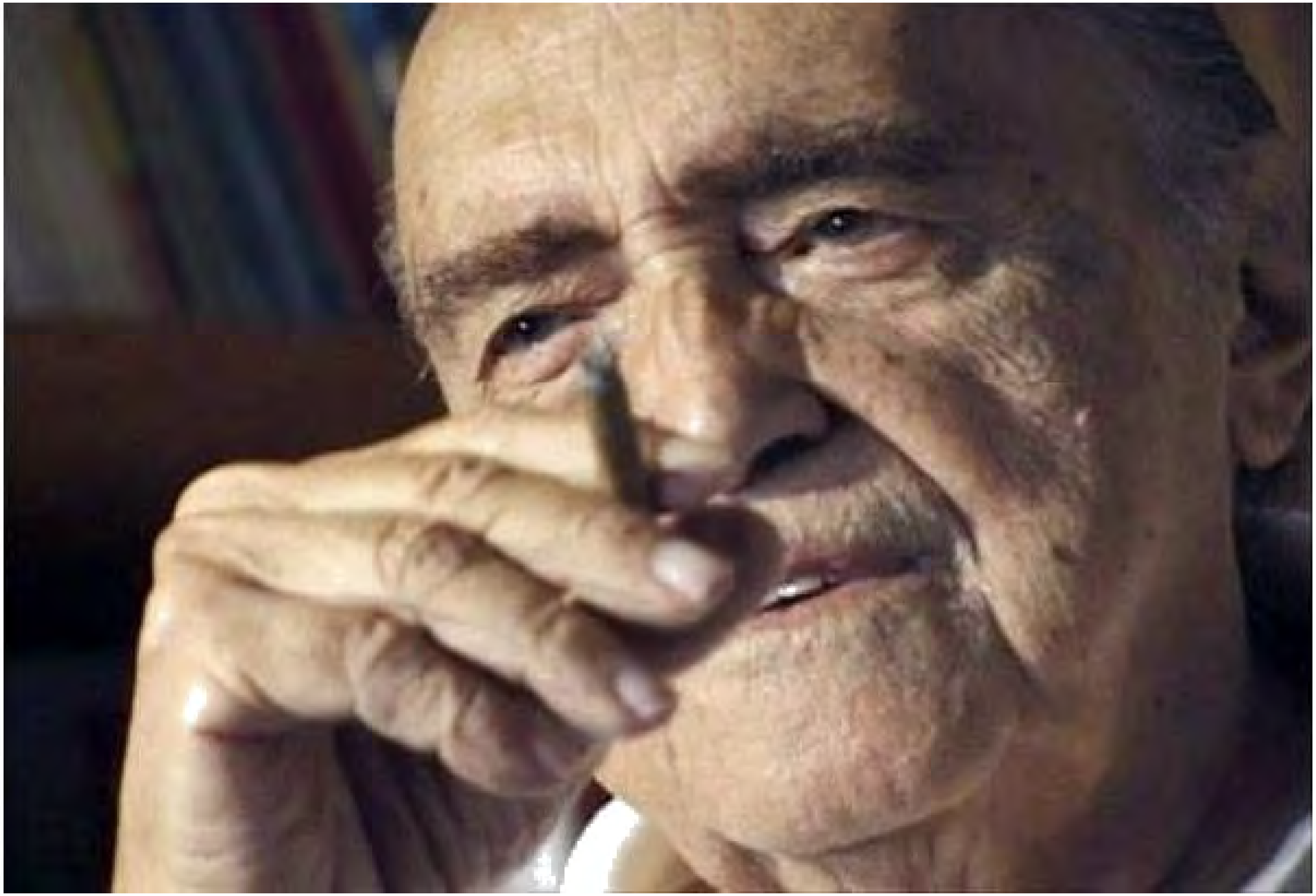
“IL NON “

È il momento del NON!

Un pensiero che simboleggia in modo completo il passaggio del quale abbiamo parlato è di Oscar Niemeyer (mancato il 5 dicembre 2012 all’età di 105 anni) che ultra centenario ha continuato a creare progetti per la sua adorata Brasilia: *"Non è l'angolo retto che mi attira. Neppure la linea retta, dura, inflessibile, creata dall'uomo. Quello che mi attira è la linea curva, libera e sensuale. La linea curva che ritrovo nelle montagne del mio paese, nel corso sinuoso dei suoi fiumi, nelle nuvole del cielo, nel corpo della donna amata. L'universo intero è fatto di curve. L'universo curvo di Einstein“.*

L.C.

Oscar Neimeyer a 100 anni (2007)
il realizzatore di Brasilia



Oscar Neimeyer
Chiesa di Nostra Signora di Fatima, 1959-70

BRASILIA

L.C.

Palàcio da Alvorada - Brasilia

Oscar Niemeyer Museum

METAMORFOSI

CRISI DEI FONDAMENTI

GEOMETRIE NON EUCLIDEE (scoperte molto prima ma finalmente note)

RELATIVITÁ

SECESSIONE VIENNESE

KANDISKIJ

SCHÖNBERG (musica dodecafonica)

FREUD (psicanalisi)

…

CIBERNETICA

“NON”

NON EUCLIDEO

NON CONTINUO

NON DERIVABILE

NON ESATTO

NON EUCLIDEO

Lobačevskij (1792-1856)

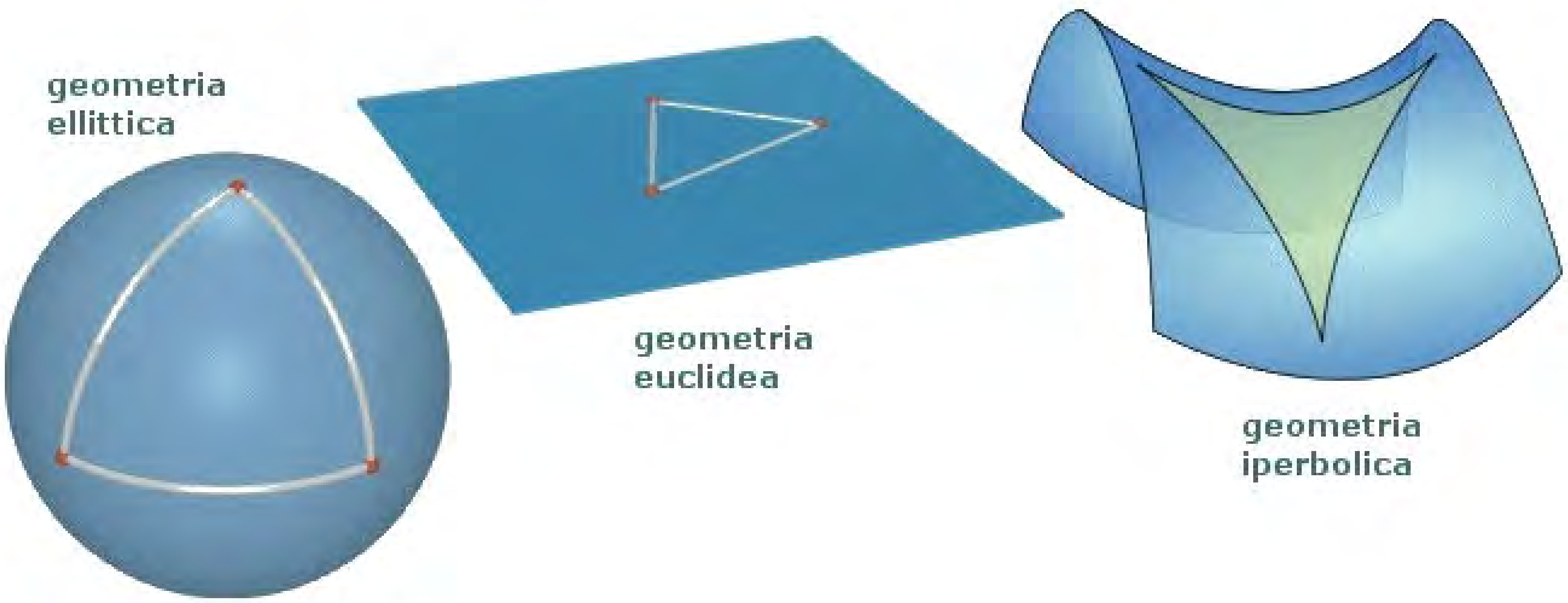
Bolyai (1802-1860)

Bolyai e Lobačevskij provarono che possono esistere geometrie in cui **la parallela non esiste** (**geometria ellittica**) o in cui **ne esistono infinite** (**geometria iperbolica**).

L.C.

NON EUCLIDEO (triangoli)

SOMMA DEGLI ANGOLI INTERNI…



NON EUCLIDEO (triangoli)

ISAO HOSOE (Tokyo 1942 – Milano 2015)
ingegnere e designer

Tavolini Lobačevskij

L.C.

L.C.

«La vera rivoluzione in Matematica è stata la scoperta delle geometrie non euclidee»

Imre Toth
(Szatmár-Németi 1921- Parigi 2010)

NON UN SOLO PUNTO DI VISTA
(il problema della scelta)

L.C.

“NON”

NON UN SOLO PUNTO DI VISTA (il problema della scelta)

NON UNA SOLA VERITA’ MA DIVERSE (Pirandello)

NON RIGORE MA COERENZA (l’errore)

NON QUALITATIVO MA QUANTITATIVO (l’approssimazione)

[persino il tempo - nei modelli matematici - viene considerato discreto e non più continuo!]

L.C.

Vasilij Kandinskij (1866 - 1944) e Arnold Schönberg (1874 - 1951)

Vasilij Kandinskij

Arnold Schönberg

L.C.

Lettera che il pittore scrive al musicista, il padre della musica dodecafonica, il 18 gennaio del 1911

"*in questo momento vi è nella pittura una forte tendenza a cercare la "nuova" armonia, per cui l'elemento ritmico viene montato in forma pressoché geometrica. Sia per la mia sensibilità che per il mio impegno concordo solo in parte con questa via. La costruzione è ciò che manca, quasi senza speranza, alla pittura degli ultimi anni (…). Penso infatti che l'armonia del nostro tempo non debba essere ricercata attraverso una via "geometrica", ma al contrario attraverso una via rigorosamente antigeometrica, antilogica. Questa via è quella delle "dissonanze nell'arte", quindi tanto nella pittura quanto nella musica. E la dissonanza pittorica e musicale di "oggi" non è altro che la consonanza di domani".*

Ritorniamo all’inizio del secolo!!

Il precursore di ogni cambiamento nella forma architettonica

ANTON GAUDI (1852 – 1926)

L.C.

ANTON GAUDI

L'architetto utilizza fondamentalmente due curve matematiche: la parabola e la catenaria e ogni possibile combinazione tra queste due. Vediamone le caratteristiche, le differenze e le potenzialità .

La parabola e la catenaria sono, in realtà, due luoghi geometrici. Con il loro nome si intendono i grafici corrispondenti a quelle che in Matematica chiamiamo funzioni, esprimibili con la scrittura: $y = f(x)$. Sono anche due configurazioni di grande stabilità dal punto di vista dell'equilibrio.

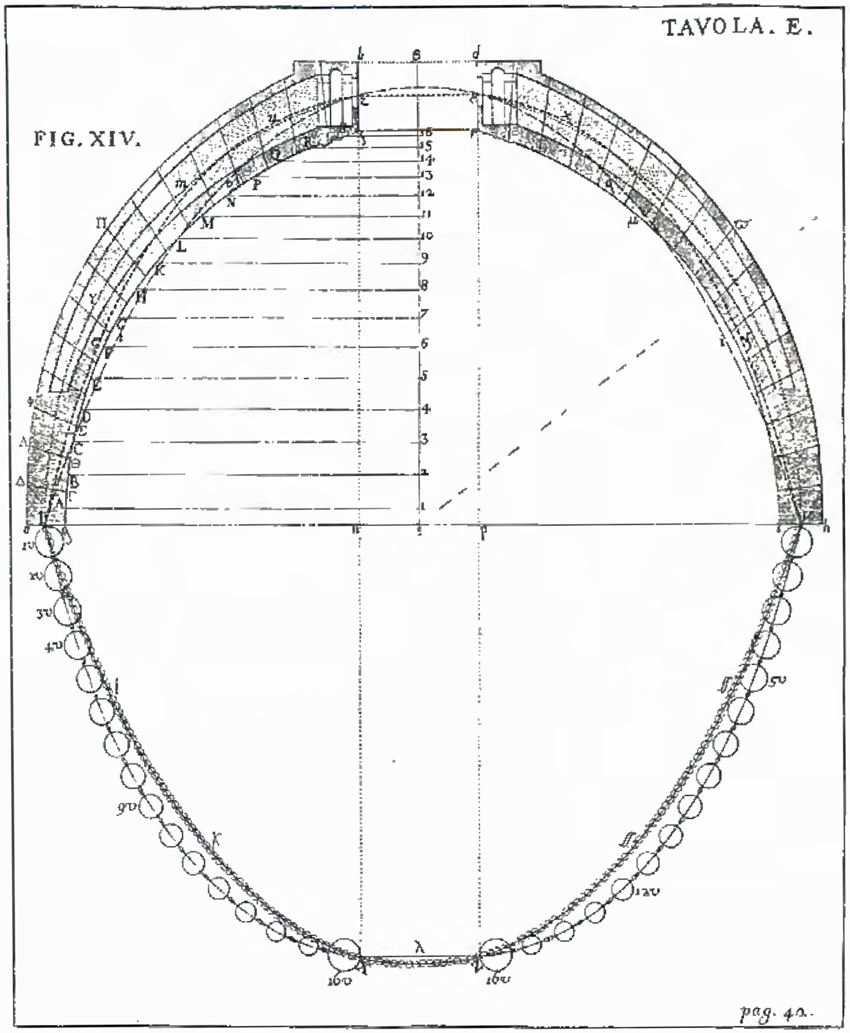
La grande innovazione che Gaudì introduce è quella della costruzione, attraverso l'uso combinato di questa due curve, di modelli statici dei quali controllava la stabilità progettandoli e costruendoli capovolti. Solo dopo aver concluso l'indagine, li raddrizzava e li utilizzava.

L.C.

ancor prima di Gaudi l’ingegner Giovanni Poleni

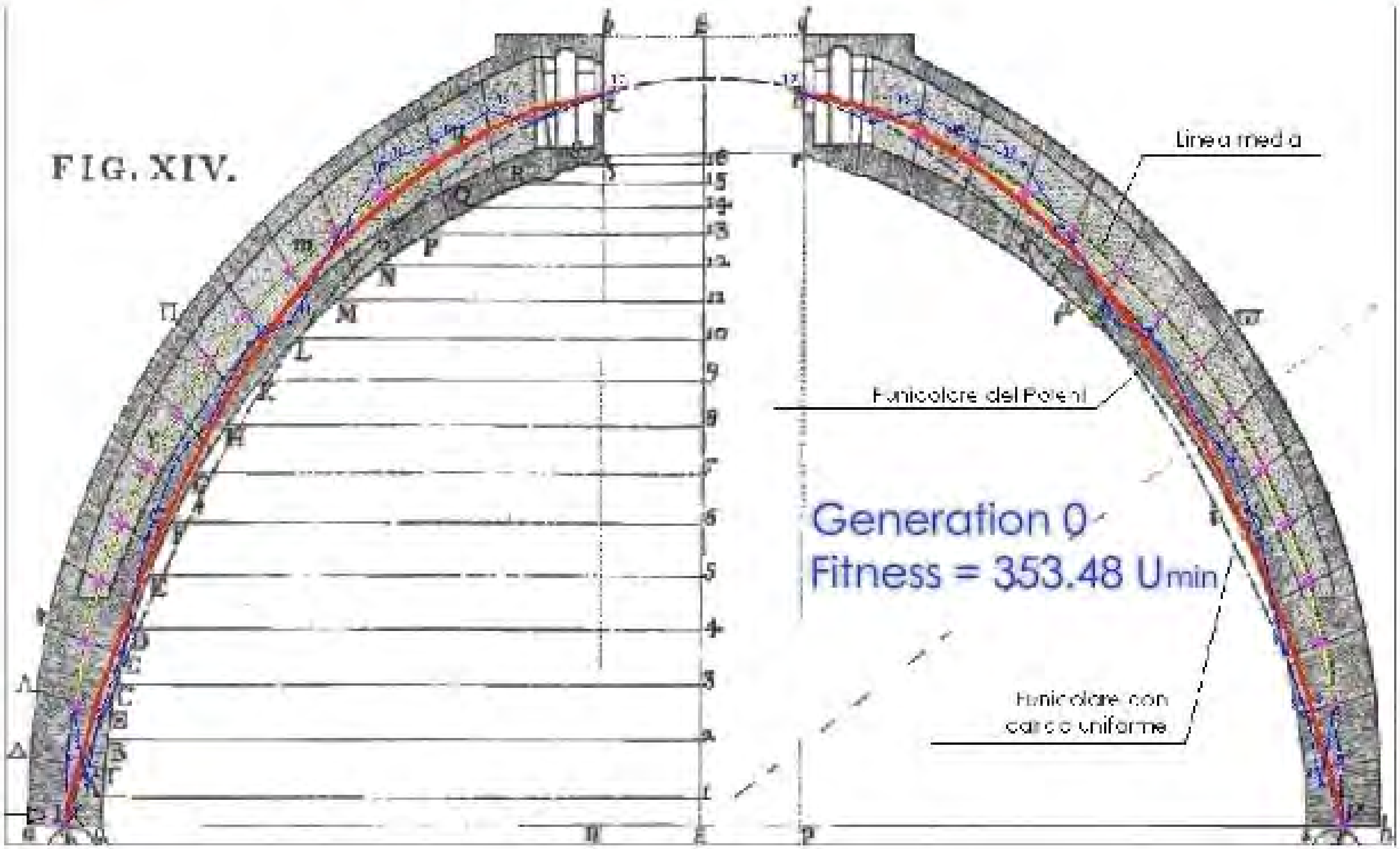
l'ingegnere Giovanni Poleni che, alla fine del Settecento, durante il restauro della cupola di San Pietro, utilizza la catenaria per controllare la stabilità dei costoloni della cupola

Giovanni Poleni



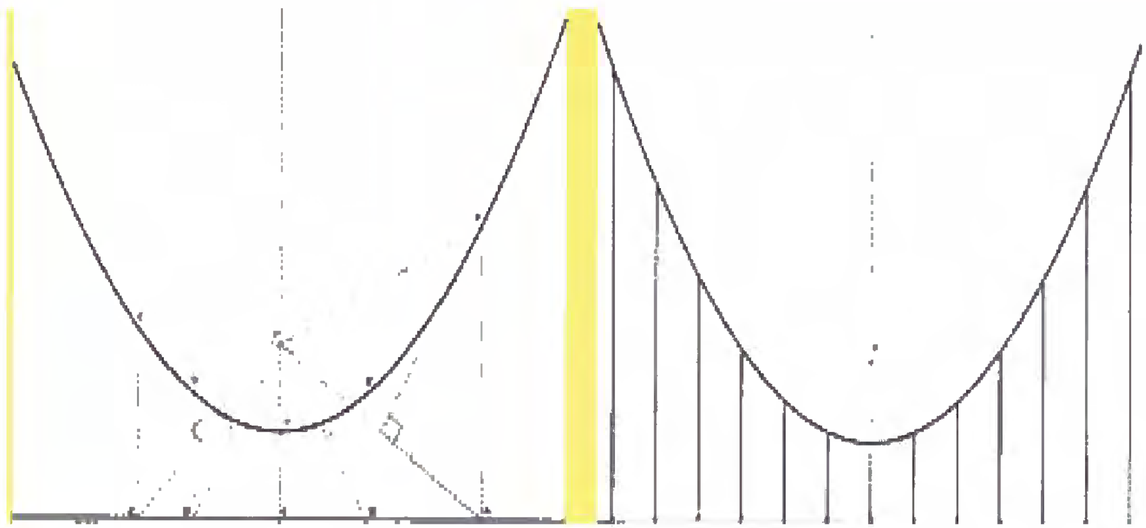
L.C.

Giovanni Poleni



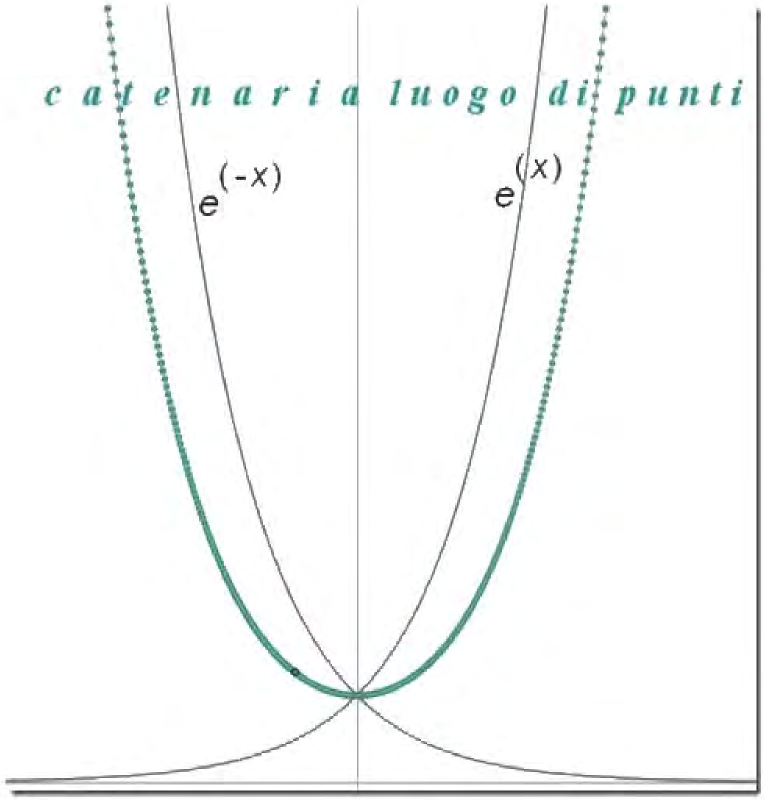
L.C.

Parabola

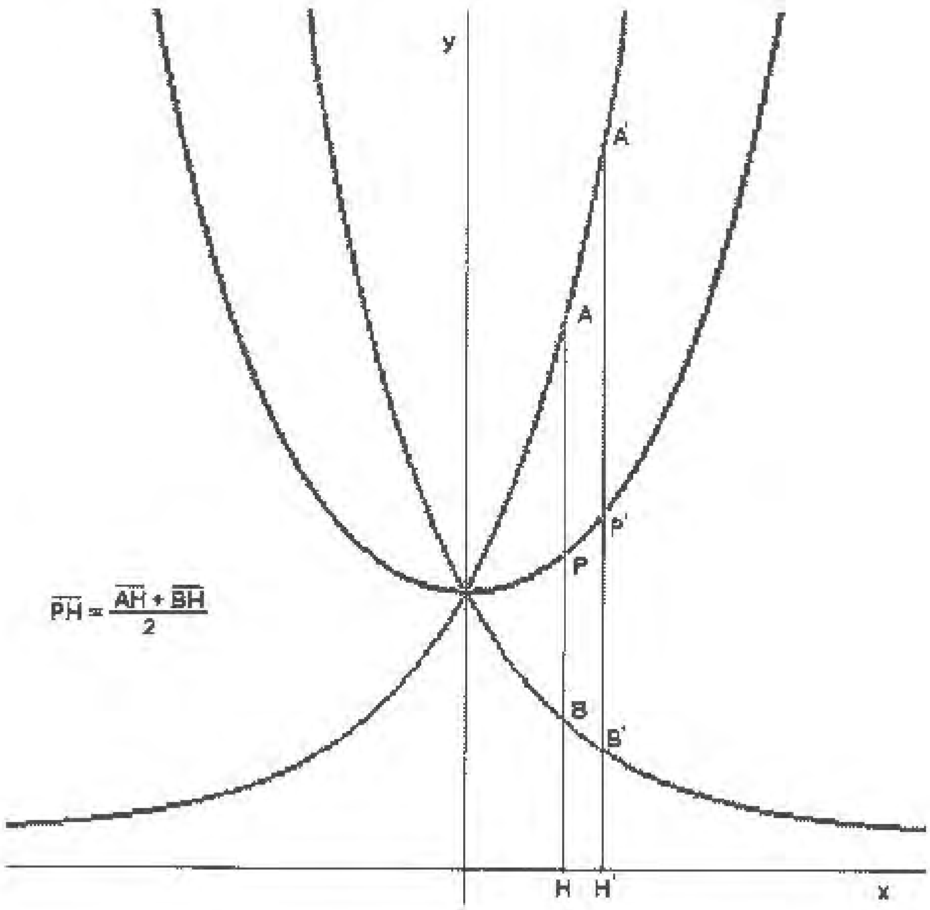


L.C.

catenaria



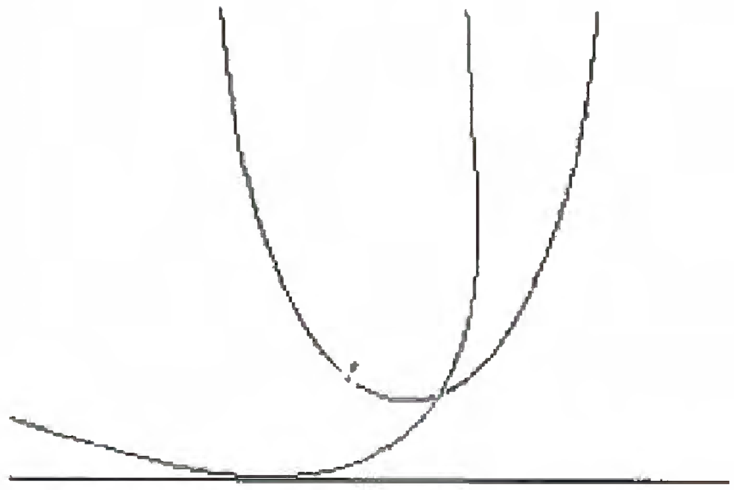
Catenaria (il coseno iperbolico)



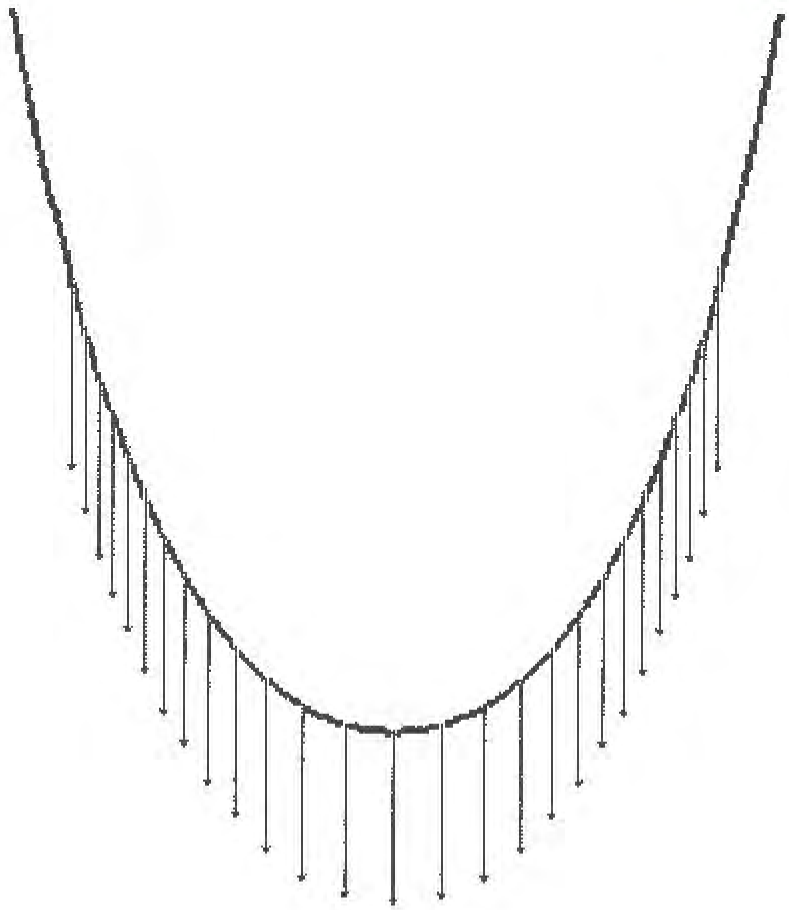
$$y = \frac{e^x + e^{-x}}{2}.$$

rolletta conica della parabola

La catenaria si ottiene anche come il luogo geometrico descritto dal fuoco di una parabola che ruota e trasla lungo una retta

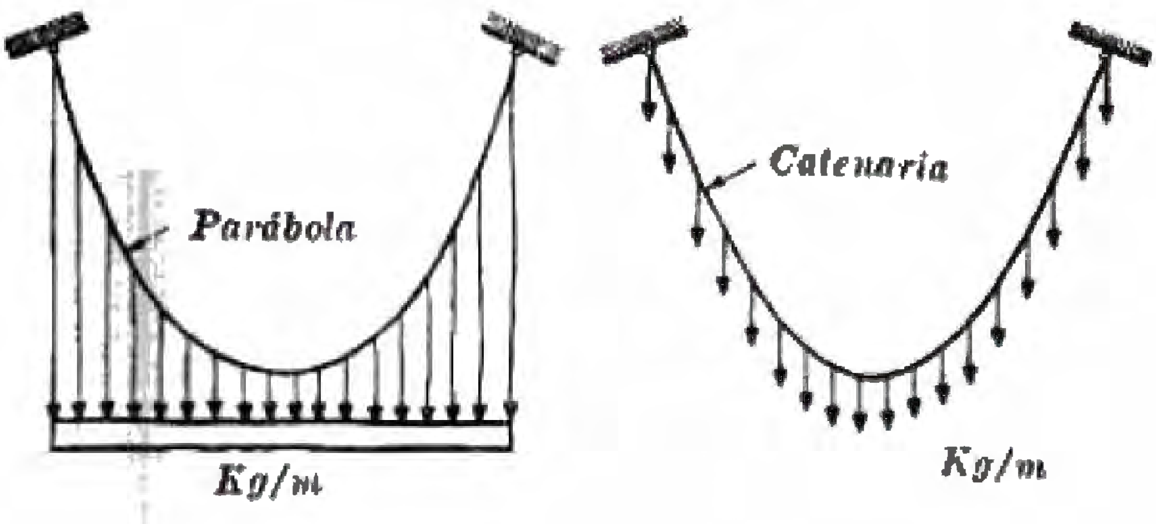


Catenaria



L.C.

parabola e catenaria



(a) (b)

Parabola e Catenaria

Gaudi - Collegio teresiano - Barcellona

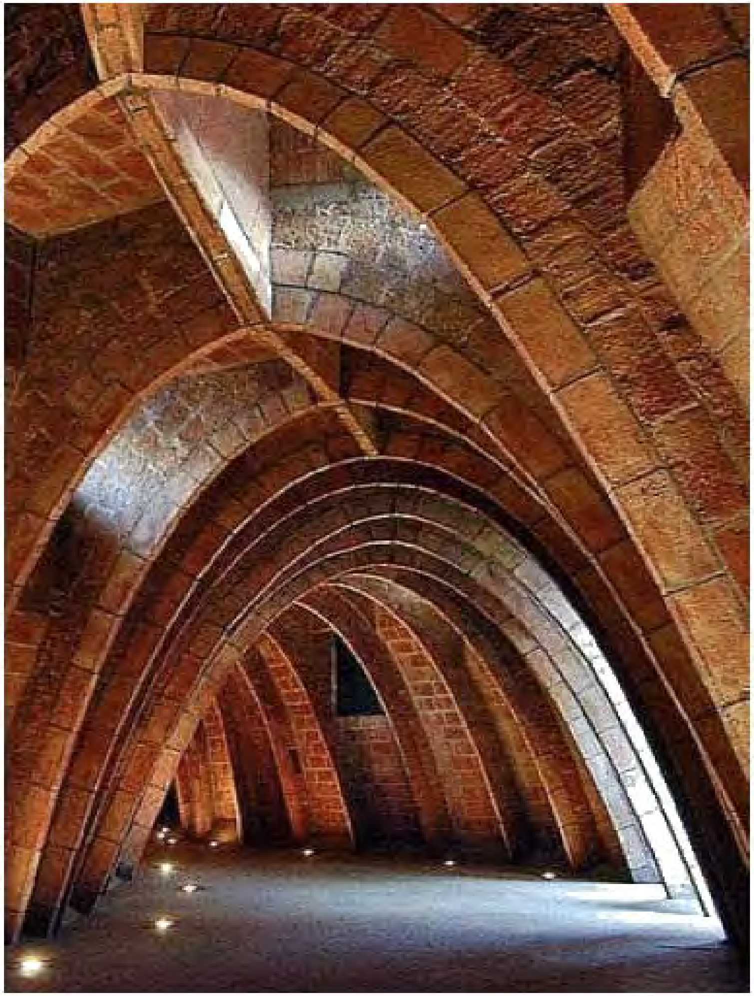
L.C.

GAUDI

Collegio di Santa Teresa
corridoio
Barcellona

L.C.

Casa Milà - Barcellona



Casa Battlò - Barcellona

L.C.

L.C.

L.C.

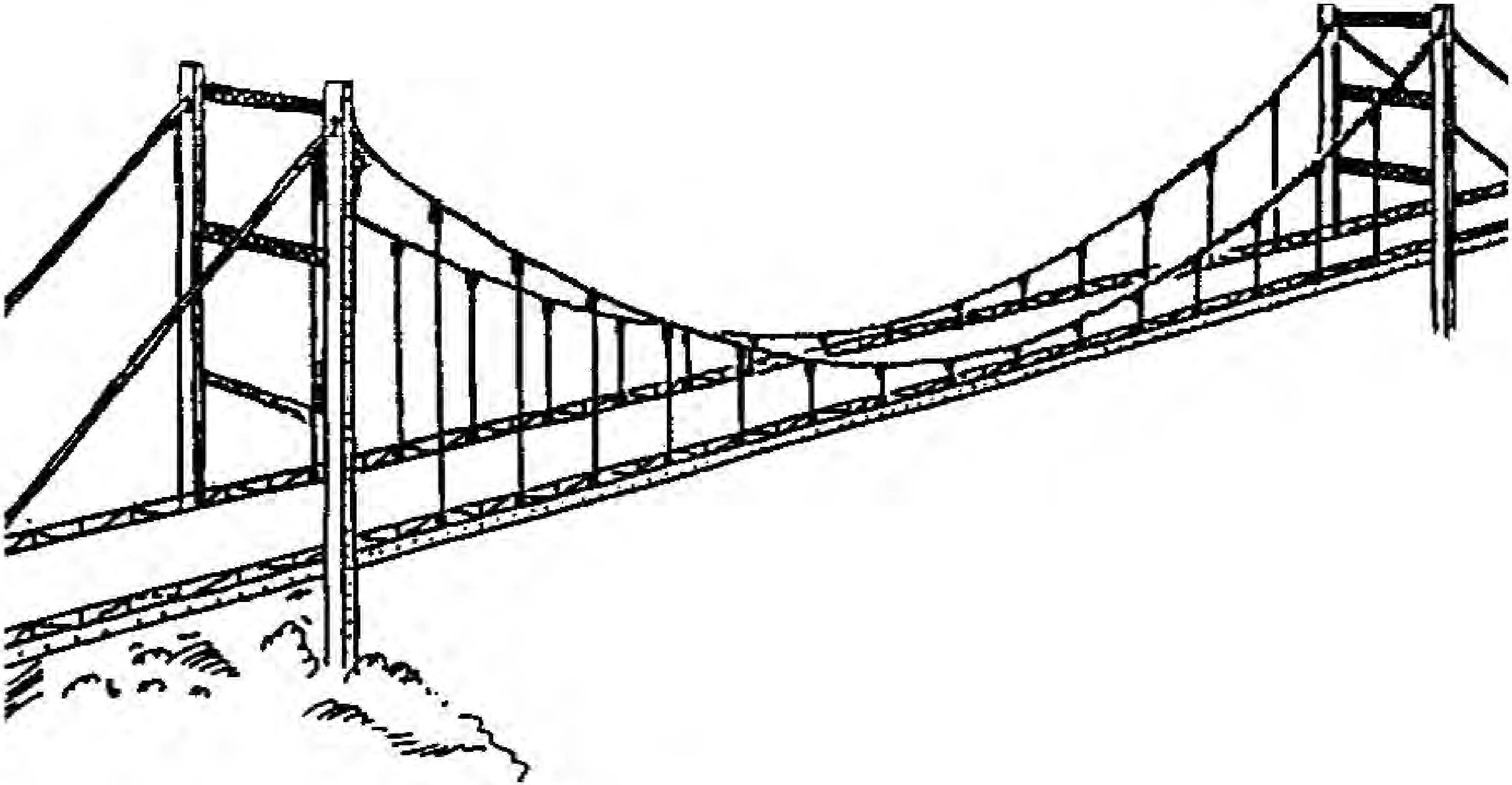
L.C.

L.C.

«La costruzione di un modello era dunque per lui un miracolo di equilibrio tra i principii (lasciati nell'ombra) e l'esperienza (inafferrabile) ma il risultato doveva avere una consistenza molto più solida degli uni e dell'altra. In un modello ben costruito, infatti, ogni dettaglio deve essere condizionato dagli altri, per cui tutto si tiene con assoluta coerenza, come in un meccanismo dove se si blocca un ingranaggio tutto si blocca. Il modello è per definizione quello in cui non c'è niente da cambiare, quello che funziona alla perfezione; mentre la realtà vediamo bene che non funziona e che si spappola da tutte le parti; dunque non resta che costringerla a prendere la forma del modello con le buone o con le cattive. […] Quel che ci voleva allora era un sottile lavoro di aggiustamento, che apportasse graduali correzioni al modello per avvicinarlo ad una possibile realtà, e alla realtà per avvicinarla al mondo».

Tratto da «Palomar»
di Italo Calvino (1983)

A proposito di catenarie e di parabole



L.C.

Gustave Eiffel – viadotto Garabit (Francia)

L.C.

CALATRAVA – REGGIO EMILIA

L.C.

Ponte Bisantis – Catanzaro (ing. Morandi)

L.C.

OTTIMIZZAZIONE

L'esigenza diventa l'ottimizzazione. La ricerca di una forma ottimale che risponda a richieste iniziali.

La migliore linea che ottimizzi l'area racchiusa.

La migliore superficie che ottimizzi il volume racchiuso.

OTTIMIZZAZIONE

Sempre alla ricerca di una forma ottimale e con l’aiuto di modelli di lamine saponate si muove l’italiano Sergio Musmeci nella progettazione del ponte sul Basento, a Potenza.

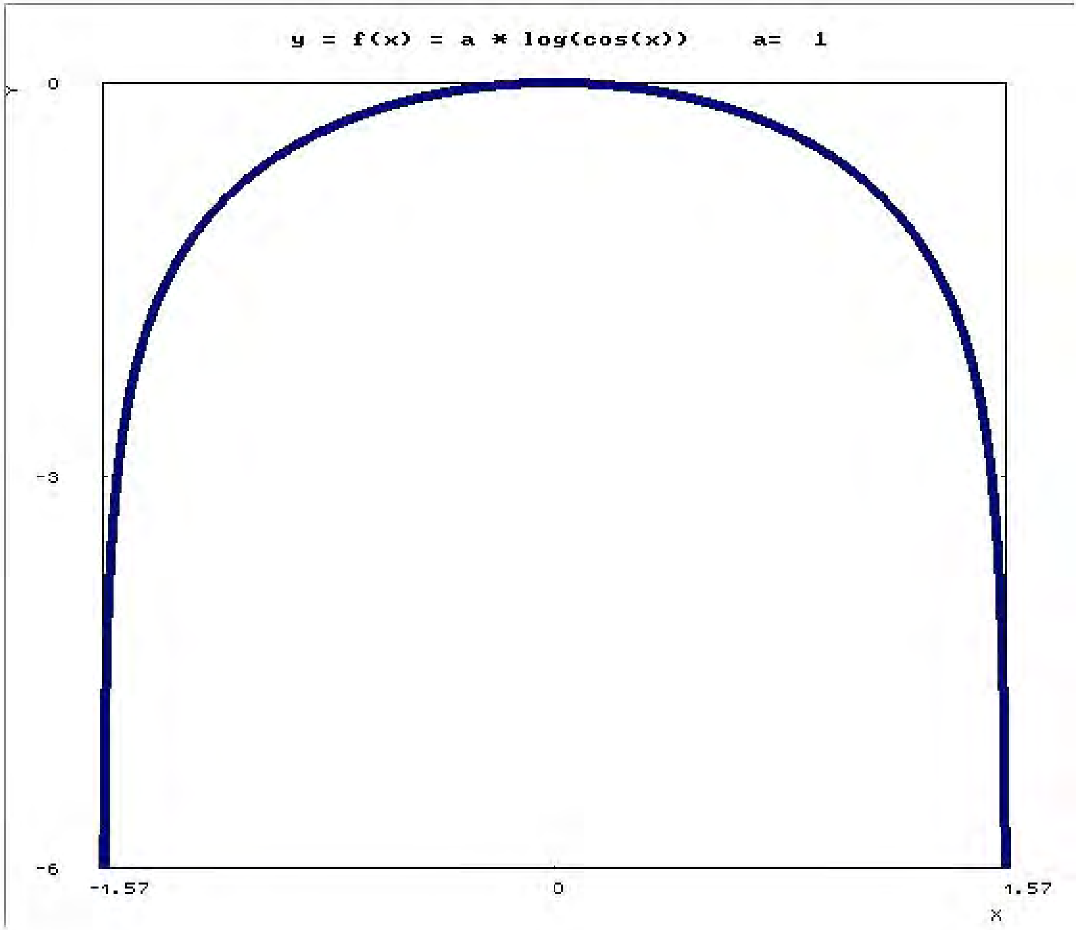
Sergio Musmeci (1926 – 1981)

L.C.

Sergio Musmeci

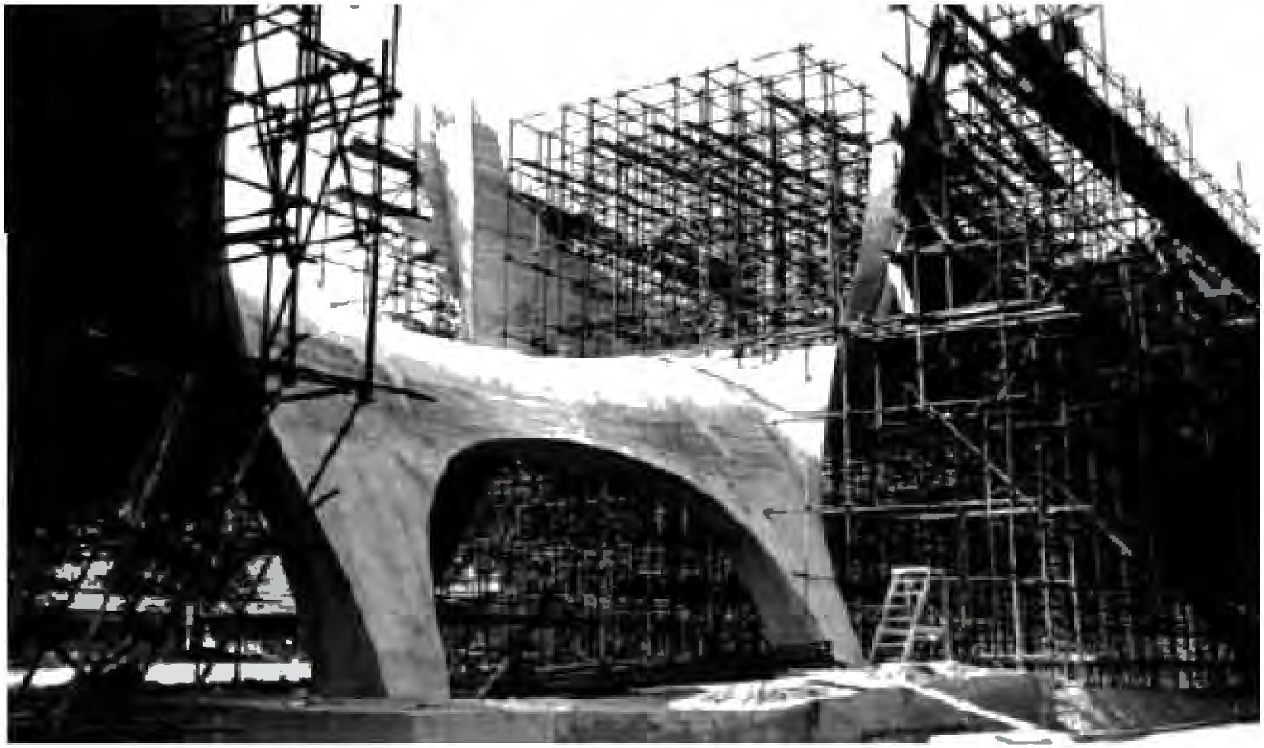
"mi sono divertito a determinare la forma dell'arco limite cioè di un arco che porta solo se stesso.
Esso ha la sagoma la cui equazione è
$y = \log(\cos x)$, a parte le costanti moltiplicative che tengono conto della resistenza del materiale. Questa curva è caratterizzata da alcune proprietà geometriche molto interessanti "

Il grafico della funzione y = ln(cosx)



L.C.

Il ponte sul Basento (1967 – 1969)



(Foto: archivio Musmeci)

L.C.

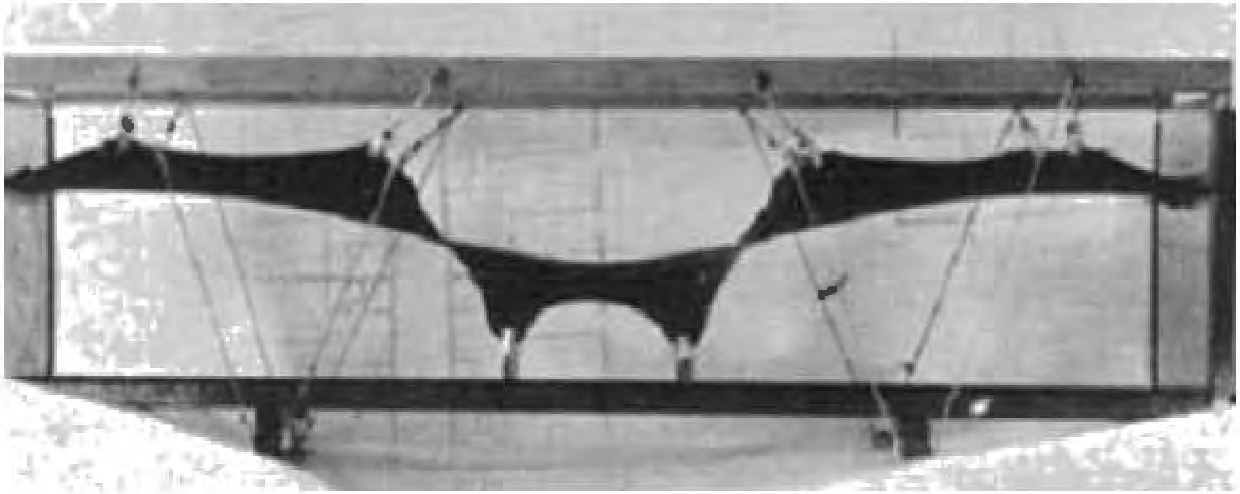
Il ponte sul Basento (1967 – 1969)

L.C.

Il ponte sul Basento (1967 – 1969)

Musmeci utilizza modelli in:

- gomma para
- lamine saponate
- microcemento
- neoprene



Modello in neoprene per il ponte sul Basento.

L.C.

L.C.

Il ponte sul Basento (1967 – 1969)

L.C.

Il ponte sul Basento (1967 – 1969)

L.C.

Il ponte sul Basento

Il ponte sul Basento

L.C.

L.C.

Palazzo della Regione – Trento
Adalberto Libera e Sergio Musmeci (1958 – 1965)

Sergio Musmeci
Chiesa San Carlo

Villaggio del Sole (Vicenza)

Interno tetto a spirali.

OTTIMIZZAZIONE

Musmeci non è il primo a utilizzare lamine saponate, infatti…

Plateau (1801-1883)

e poi Frei Otto (1925)… le superfici minime.

A partire dalla metà degli anni Sessanta, Frei Otto riunisce una squadra di architetti, ingegneri, matematici e biologi che analizzano le strategie costruttive e le soluzioni formali in riferimento alle "coperture leggere di grandi spazi".

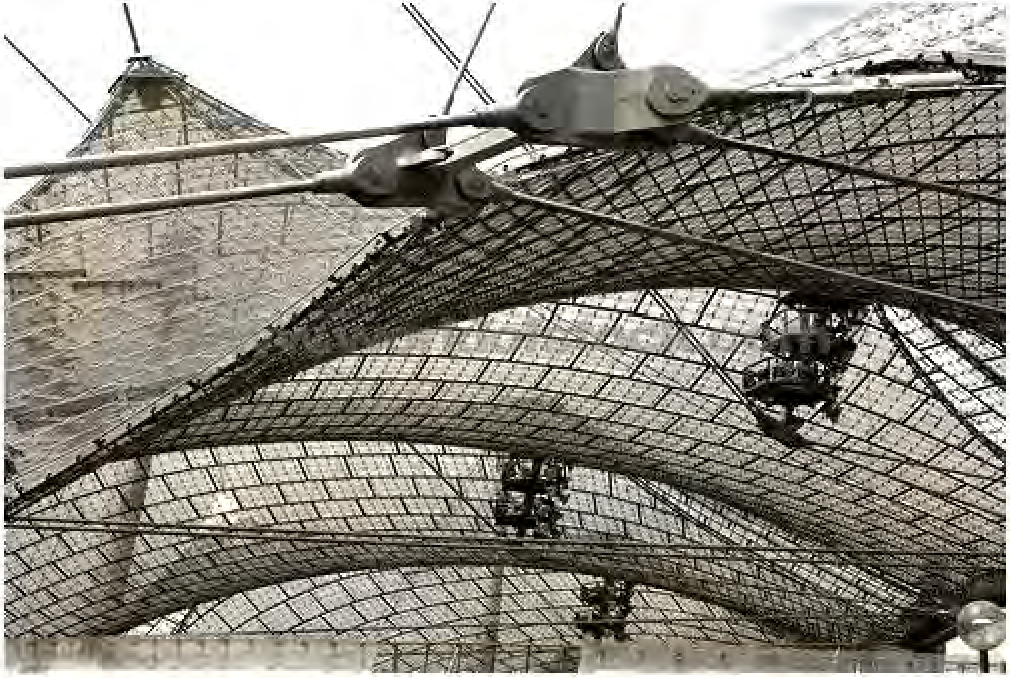
L.C.

OTTIMIZZAZIONE

F. Otto, Tenda sospesa stadio olimpico di Monaco, 1969-1971

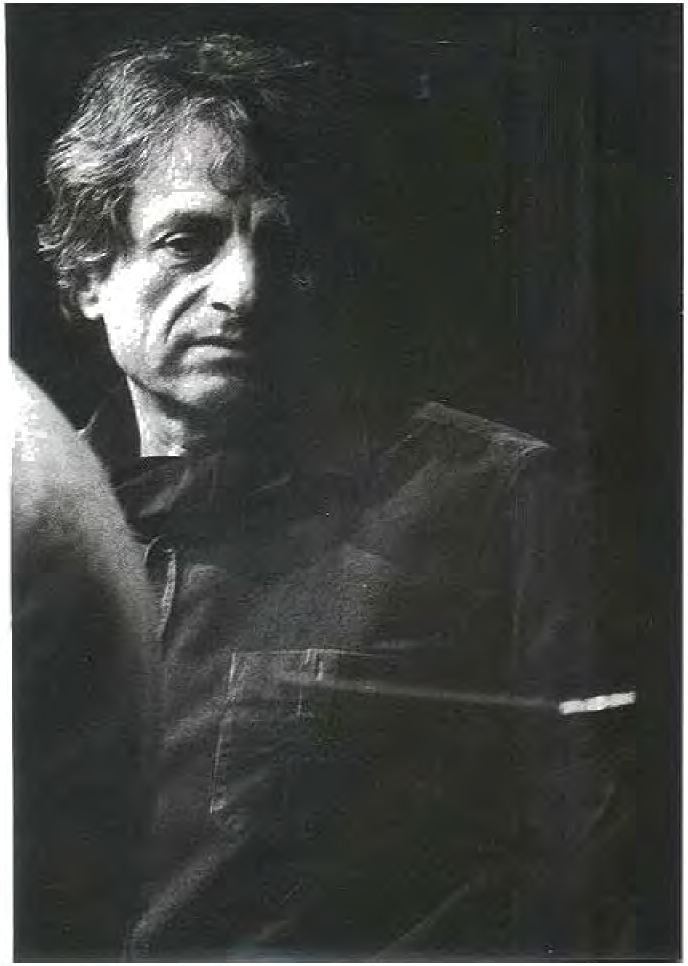
OTTIMIZZAZIONE

OTTIMIZZAZIONE



ancora sull'ottimizzazione

OTTIMIZZAZIONE – Le Corbusier e Xenakis



L.C.

OTTIMIZZAZIONE

Nel 1956 a Le Corbusier viene richiesta la realizzazione del *Padiglione Philips* a Bruxelles: "*vorrei che facesse il Padiglione Philips senza che sia necessario esporre nessuno dei nostri prodotti. Una dimostrazione tra le più ardite degli effetti del suono e della luce, dove il progresso tecnico potrebbe condurci in avvenire*".

Era insomma, nelle parole della dirigenza della *Philips*, la richiesta di un simbolo e di un'immagine perenne.

OTTIMIZZAZIONE

Le Corbusier si rivolge a Xenakis (un musicista) e gli chiede di individuare la forma del Padiglione Philips.

IL PADIGLIONE PHILIPS

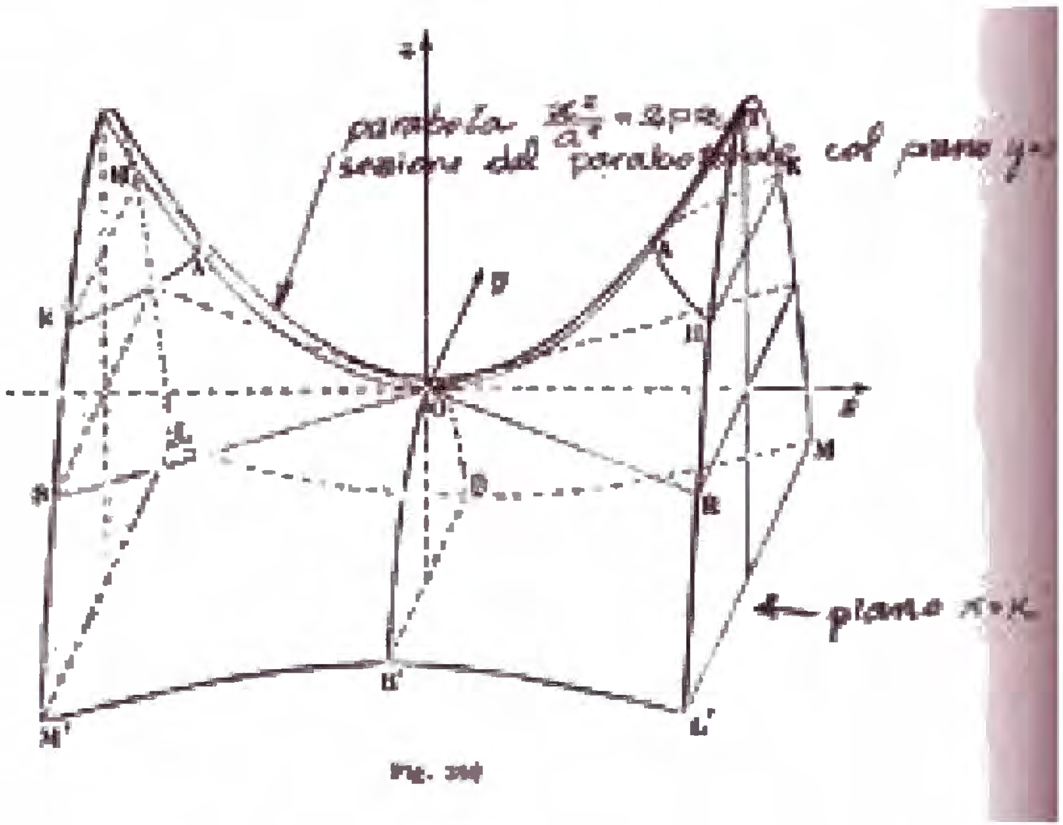
Il punto di partenza della ricerca di Xenakis è un problema di minimo.

E' convinto che l'architetto debba porsi i problemi in modo diverso dal passato e chiedersi "*quale forma geometrica deve avere la copertura affinché la quantità di materiale che la costituisce sia minima?*".

… e così tra numeri e note Xenakis decise che la forma ottimale era quella di un paraboloide iperbolico!

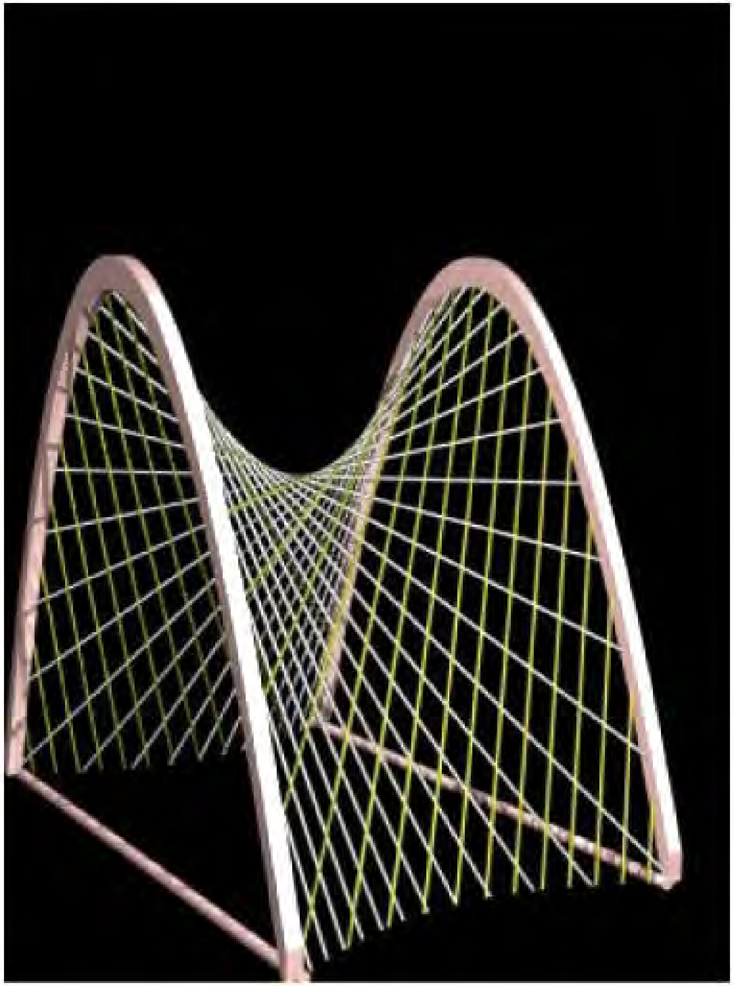
L.C.

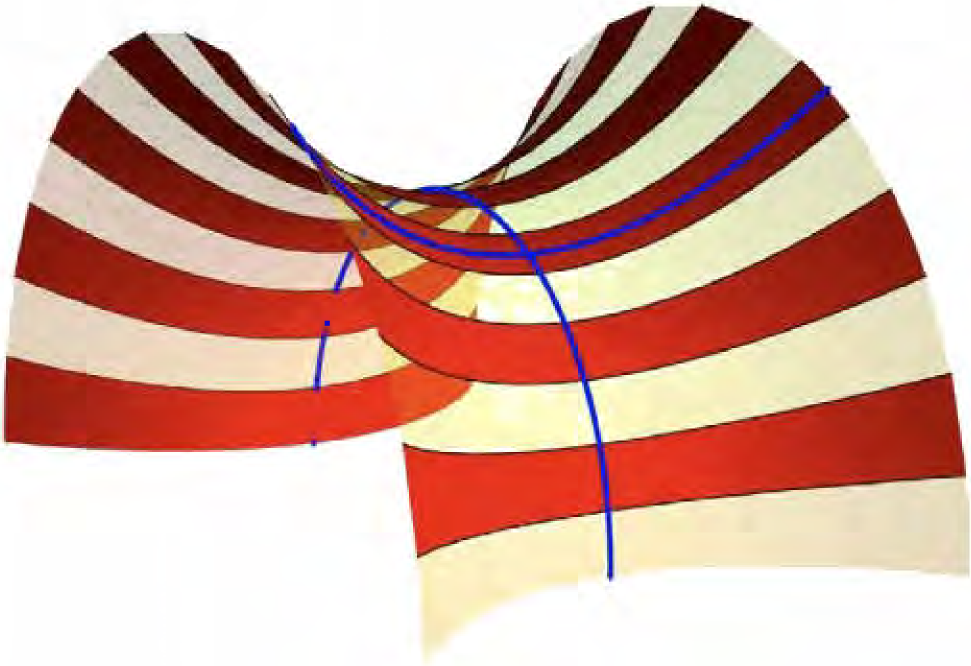
IL PARABOLOIDE IPERBOLICO



L.C.

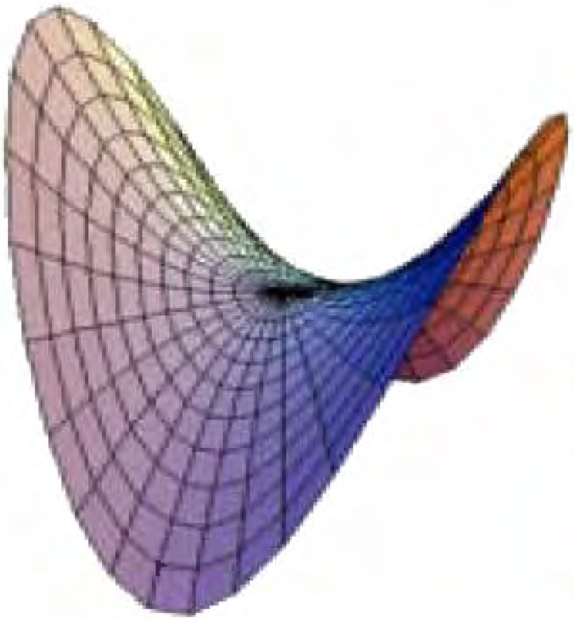
IL PARABOLOIDE IPERBOLICO

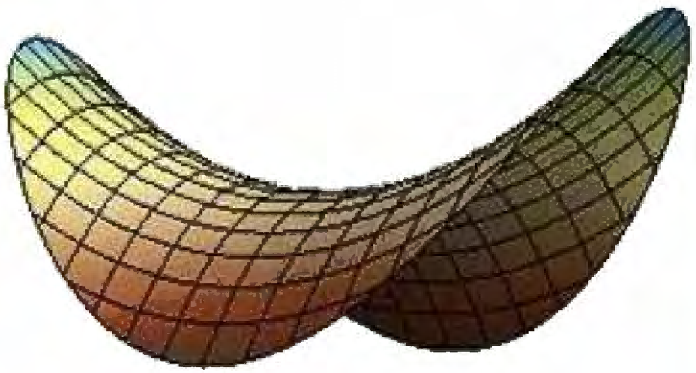




L.C.

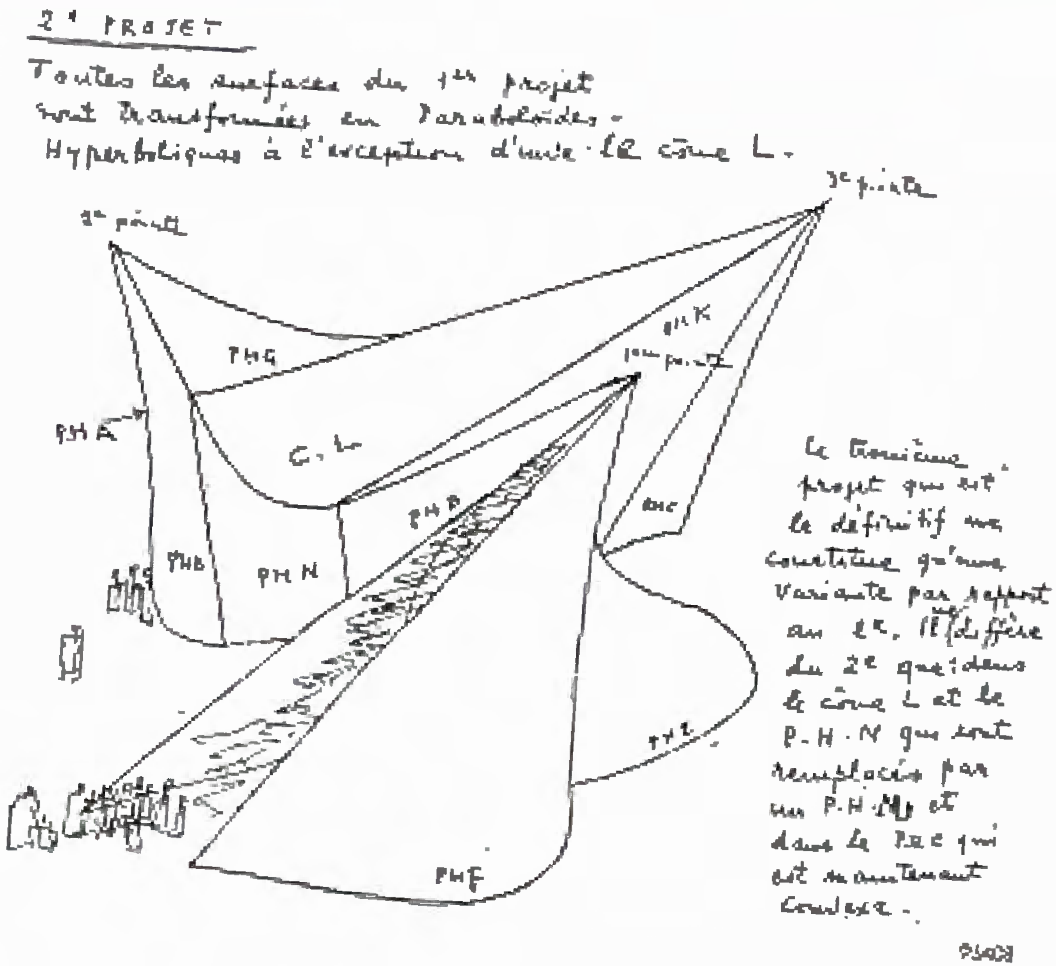
IL PARABOLOIDE IPERBOLICO





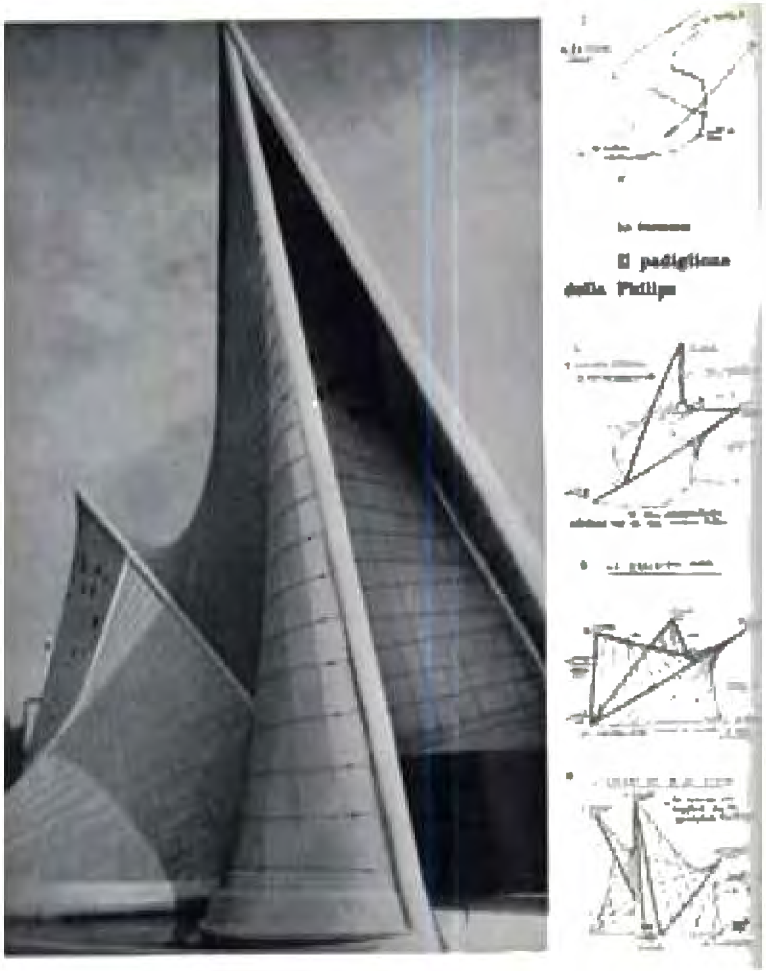
$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = cz$$

IL PADIGLIONE PHILIPS



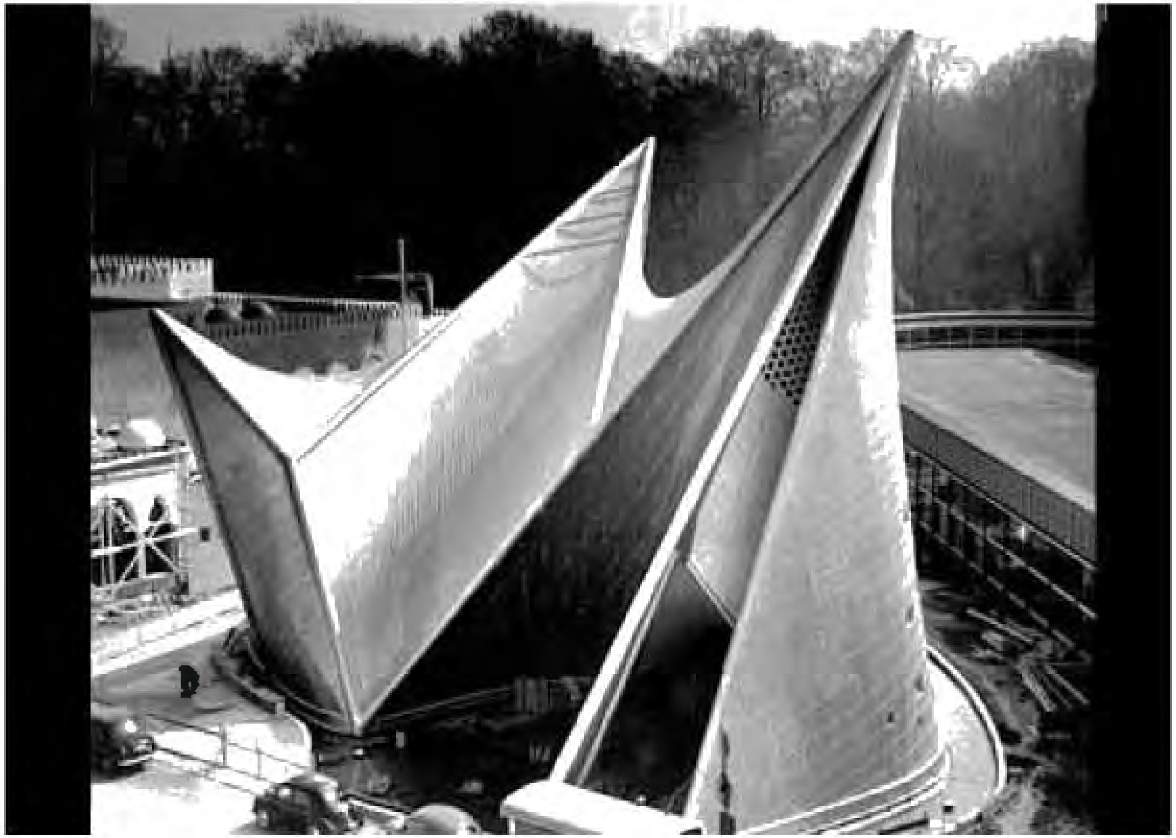
L.C.

IL PADIGLIONE PHILIPS



IL PADIGLIONE PHILIPS

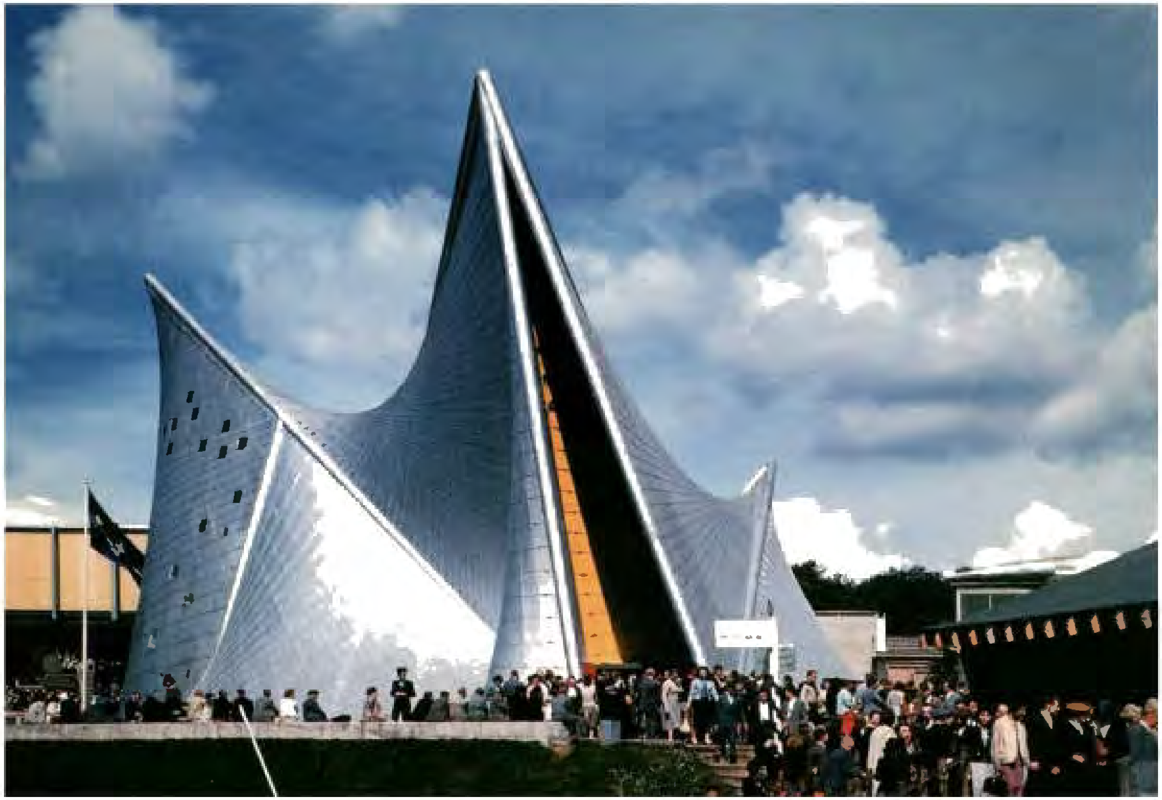
L.C.



L.C.

IL PADIGLIONE PHILIPS

L.C.

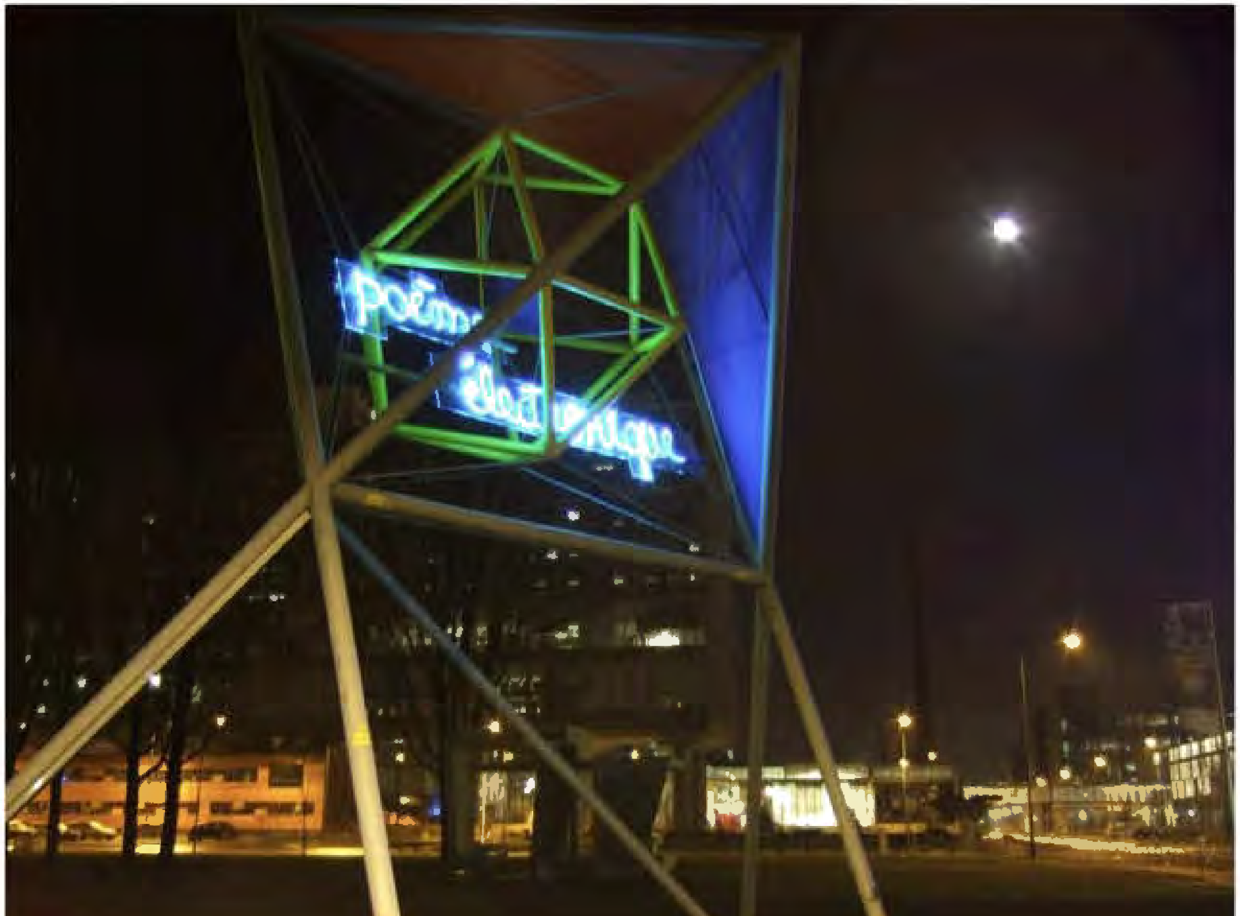


IL PADIGLIONE PHILIPS

L'OBJET MATHÉMATIQUE

All'interno del Padiglione Philips spicca l'*object mathématique* che ricorda correttamente un politopo (il 24-celle) proiettato nello spazio a tre dimensioni.

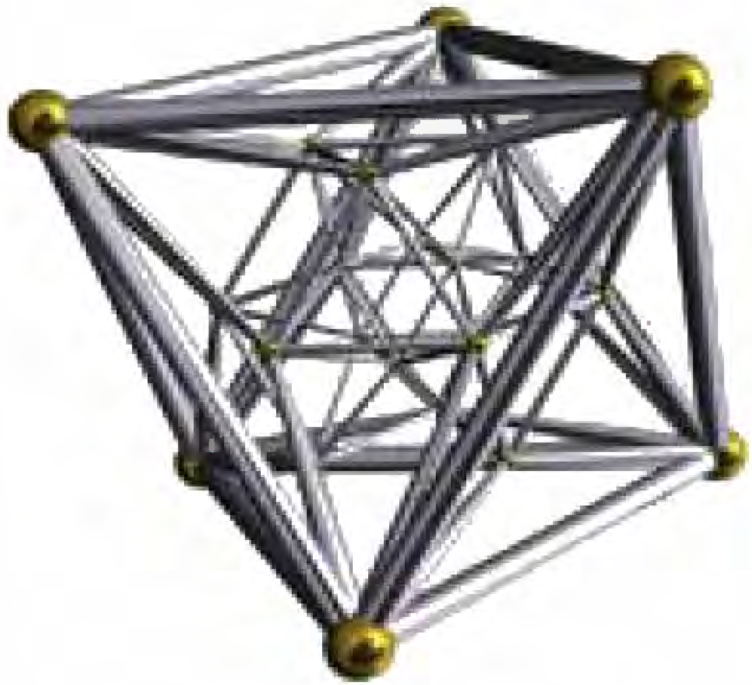
OBJET MATHÉMATIQUE



L.C.

OBJET MATHÉMATIQUE

OBJET MATHÉMATIQUE



L.C.

OBJET MATHÉMATIQUE

«L’introduzione della quarta dimensione – spaziale e non temporale – nello spazio costruito e non in quello immaginato è un’operazione ardita e difficile; riunisce lo spazio progettato con quello astratto della matematica ma le variabili dello spazio n-dimensionale costruito sono collegate al concetto di bellezza».

L.C.

OBJET MATHÉMATIQUE

architettura – musica - matematica

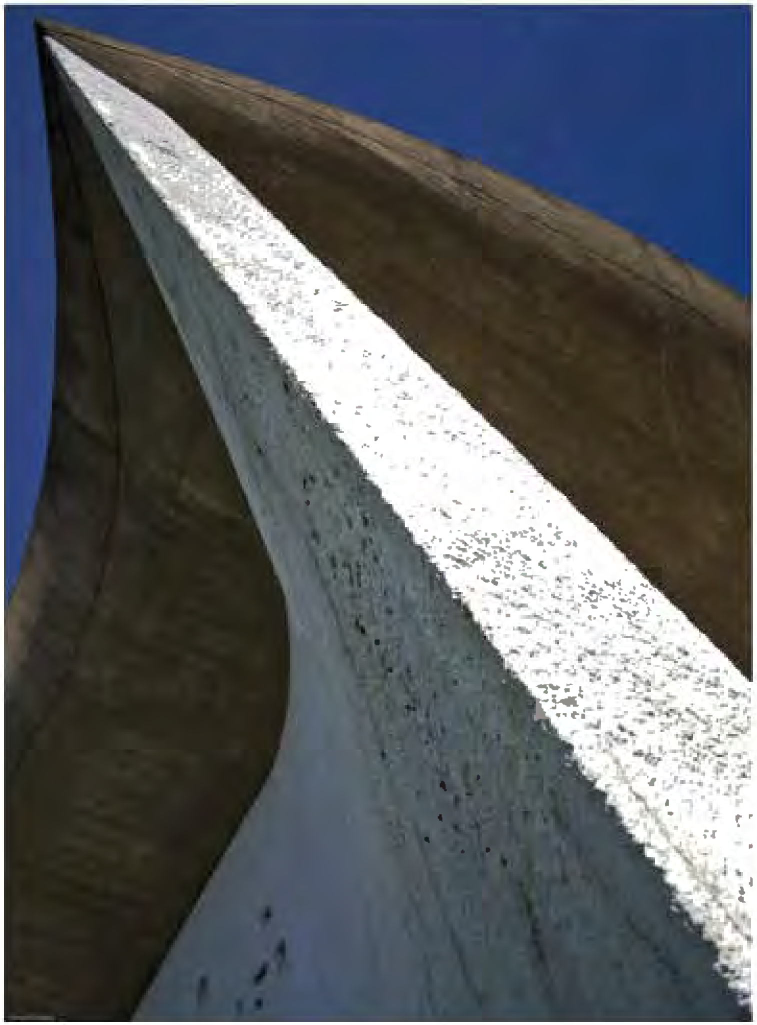
“l’armonia regnando su tutte le cose… è l’aspirazione spontanea, assidua e irrinunciabile dell’uomo…”

L.C.

NOTRE DAME DE HAUT - RONCHAMP

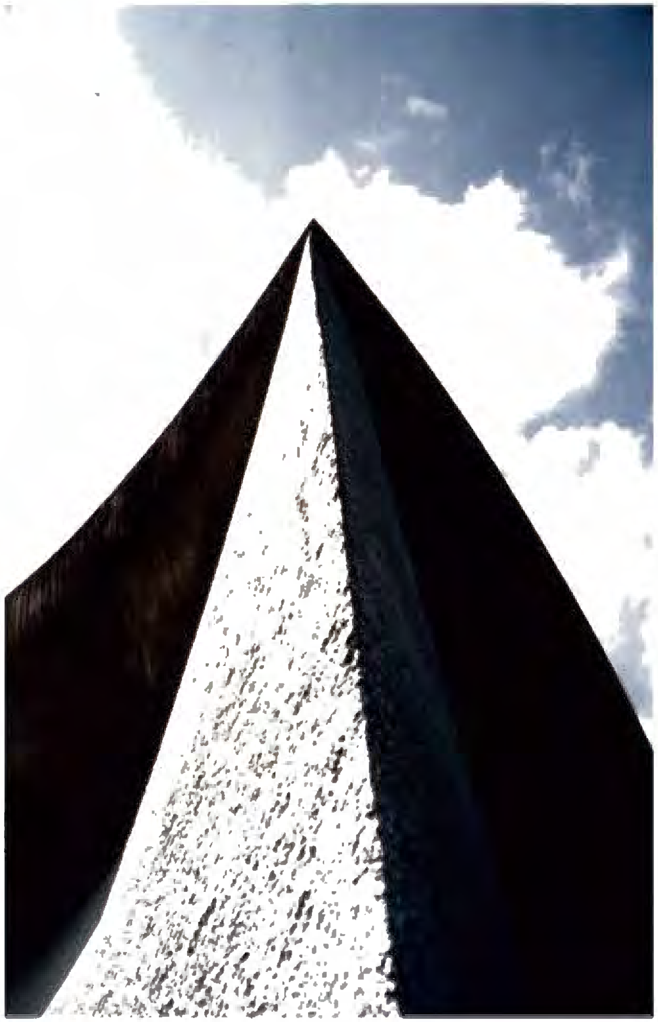
L.C.

NOTRE DAME DE HAUT - RONCHAMP



L.C.

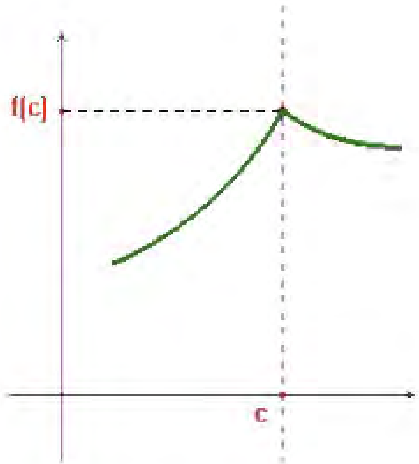
NOTRE DAME DE HAUT - RONCHAMP

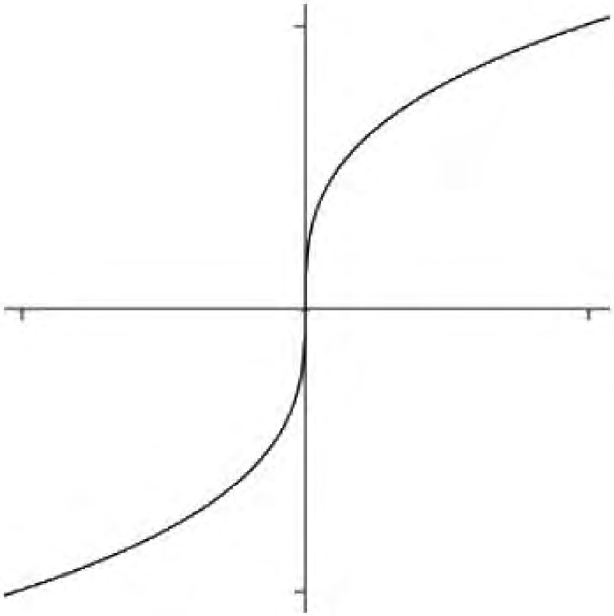


L.C.

PUNTI SINGOLARI (punti di NON derivabilità)

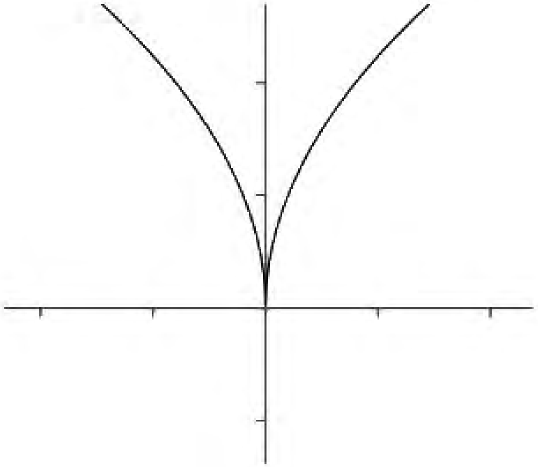
punto angoloso





flesso a tangente verticale

cuspide



L.C.

catastrofi – R. Thom

Renè Thom scopre che i punti di instabilità non sono soggetti a configurazioni caotiche, ma sono soggetti a forme topologicamente stabili e ripetibili.

Tali forme sono appunto le sette catastrofi elementari:

piega;

cuspide;

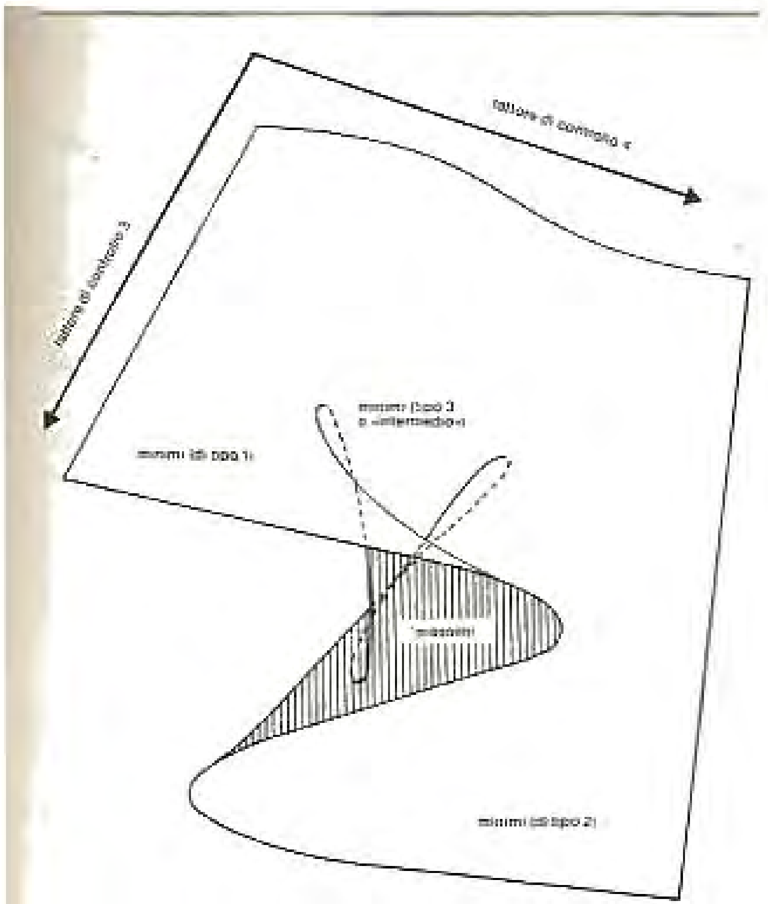
coda di rondine;

farfalla;

ombelico ellittico o *piramide*;

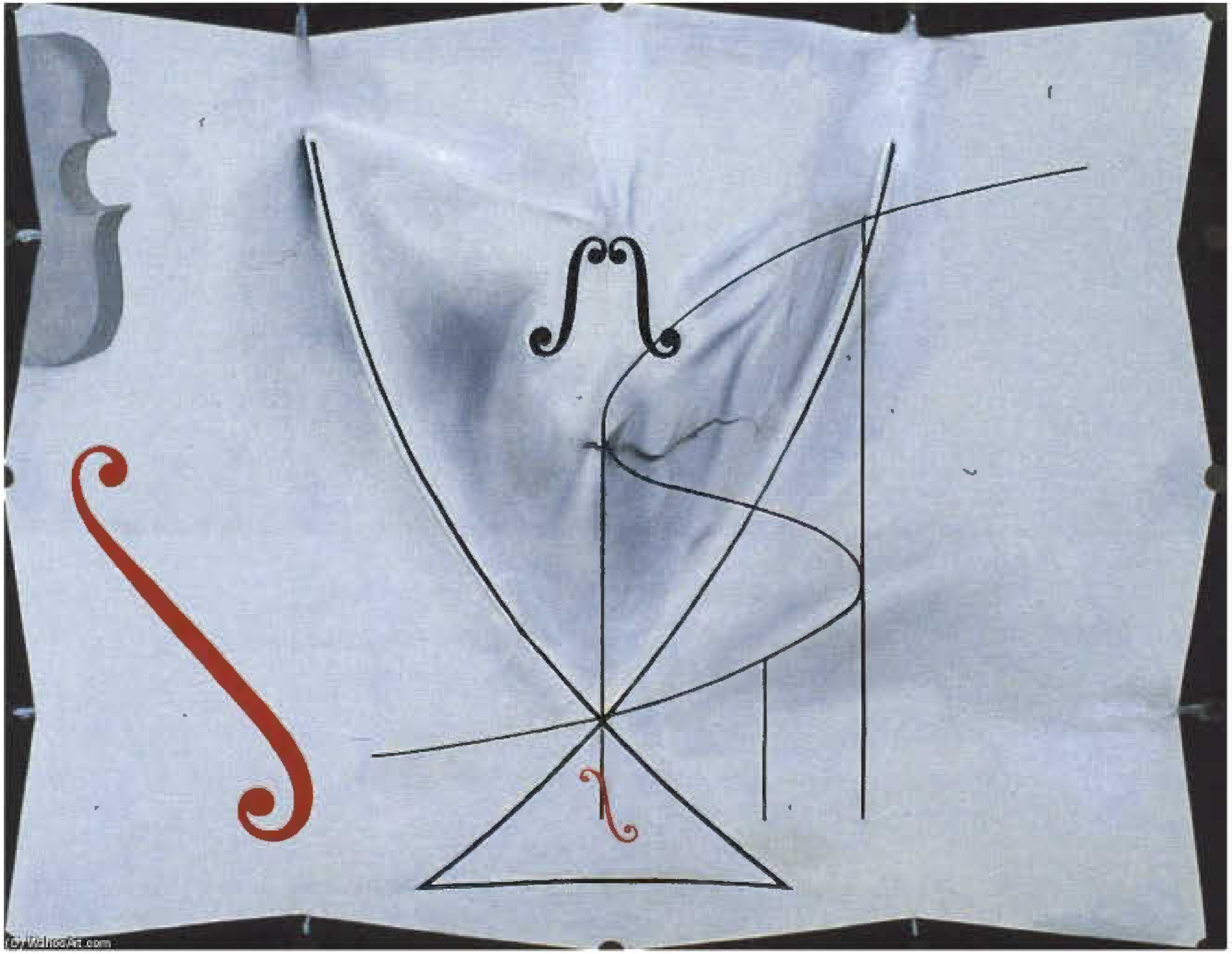
ombelico iperbolico o *portafoglio*;

ombelico parabolico o *fungo*.



coda di rondine

Ratto topologico d'Europa - Omaggio a René Thom, 1983



L.C.

(riflessione… dal libro omaggio…)

… Quale utilizzazione può fare la nostra cultura di queste forme superiori?
Io mi rivolgo specialmente agli architetti e ai disegnatori di macchine e di oggetti utili.

Leonardo Sinisgalli

Nella matematica alta che considera le superfici al disopra del secondo ordine e un vincolo complesso tra le variabili noi assistiamo a una prolificazione di forme che potremmo dire viventi, e le cui singolarità, accidentalità, cavità, risucchi e sporgenze, fanno pensare a superfici di assestamento geologico a gusci organici, a meteoriti, a madrepore o relitti stellari o minerali.

Leonardo Sinisgalli

Padiglione espositivo (EXPO Torino 1961)

Complesso…

Non spezziamo quello che è intero, diventa zero.

Leonardo Sinisgalli
***Mosche in bottiglia*, A. Mondadori, Milano, 1975**

… una risposta a Sinisgalli…

ZAHA HADID (1950 – 2016)

IL CAOS – LA COMPLESSITA’

È stato detto che il computer consente la non-forma, il caos nella forma.
È vero che poche informazioni sono sufficienti per produrre con estrema libertà forme complesse e caotiche.

Ed è vero che in questo modo progettava uno dei più grandi architetti contemporanei: Zaha Hadid.

ZAHA HADID

Zaha nasce a Bagdad nel 1950 e, dopo essersi laureata in Matematica a Beirut, approda alla prestigiosa *Architectural Association* di Londra, dove si fermerà.

L.C.

ZAHA HADID

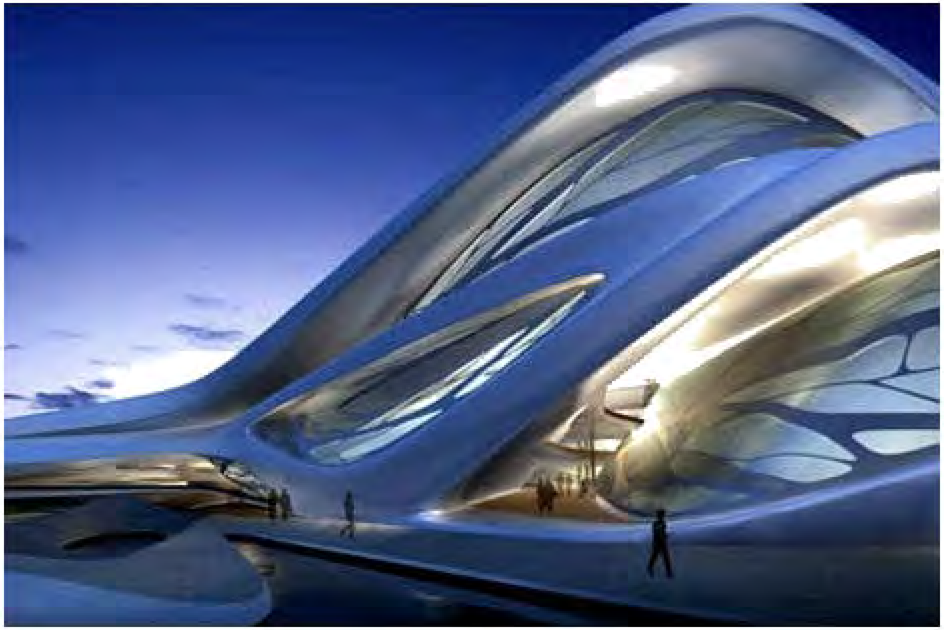
“Le linee generano forme sinuose che si rincorrono, si incontrano e si "sposano" riempiendo in modo unico e "importante" il territorio”. Nascono così i suoi progetti più famosi nei quali è fondamentale la trasparenza e la fluidità: obiettivi che riesce a raggiungere adattando, alle sue forme, materiali non sempre "domabili" come, ad esempio, il cemento.

L.C.

ZAHA HADID

Zaha genera la forma partendo dal segno, dalla linea. Una sorta di atto creativo che poi riempie tutto lo spazio attraverso strutture avveniristiche, dove l'architetto osa anche l'impossibile e il matematico spazia all'interno delle geometrie.

ZAHA HADID



abu dhabi

ZAHA HADID

ZAHA HADID

Tower dubai

ZAHA HADID

Stazione di Afragola (NA)

ZAHA HADID

Torre Espiral Barcellona

L.C.

Centro culturale progettato da Zaha Hadid (Azerbaigian)

L.C.

Galaxy Soho - Zaha Hadid (Cina)

L.C.

Zaha Hadid – City Life - Milano

Lo Storto - Milano

Zaha Hadid

Ha detto una volta Zaha Hadid:

“Mentre crescevo in Iraq, la matematica faceva parte della mia vita quotidiana. I miei genitori mi hanno trasmesso la passione per la scoperta, senza mai distinguere fra scienza e creatività.

Giocavamo con problemi matematici così come ci divertivamo con carta e matita – fare matematica era un po’ come disegnare”

L.C.

ZAHA HADID

Alla domanda che le abbiamo rivolto *"Quanto la sua conoscenza della Matematica ha inciso nella sua creatività e nelle sue scelte progettuali?"*, Zaha - carismatica e mediatica, ma allo stesso tempo evanescente e sfuggente – risponde laconicamente, con un sorriso, *"Molto!"*

Ultimo progetto… Zaha Hadid
La galleria della matematica
Science Museum (Londra)

L.C.

Science Museum
Galleria della Matematica

Spazi che raccontano la storia della Matematica dal diciassettesimo secolo sino ai nostri giorni.

«Questa scienza, insieme con i suoi oggetti, ha sempre giocato un ruolo centrale nell’evoluzione del mondo e della capacità umana che influenza la tecnologia e ci permette di trasformare l’ambiente che ci circonda». (Z.H.)

La galleria della matematica

inaugurata il giorno 08/12/2016

L.C.

Zaha Hadid

L.C.

L.C.

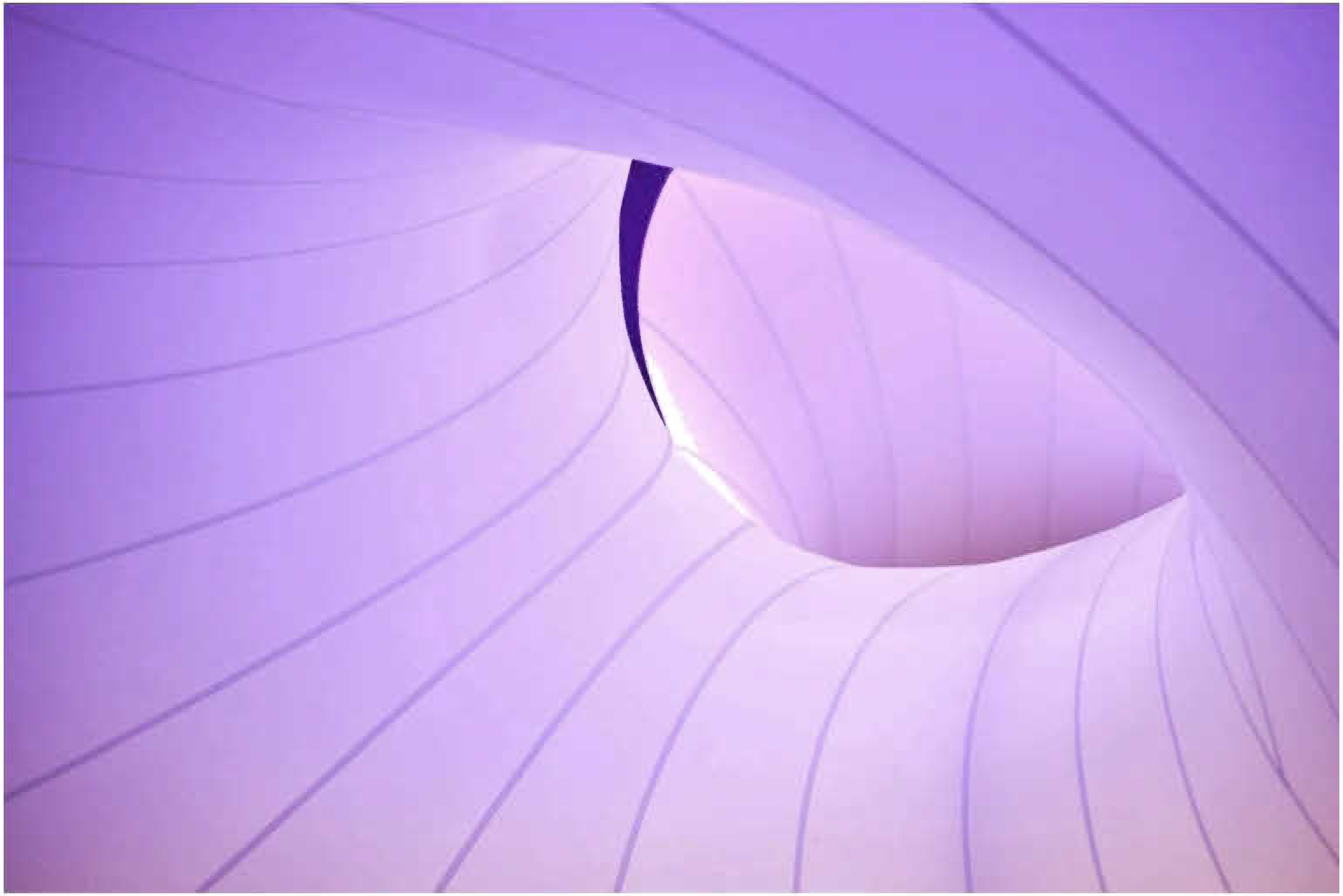
L.C.

L.C.

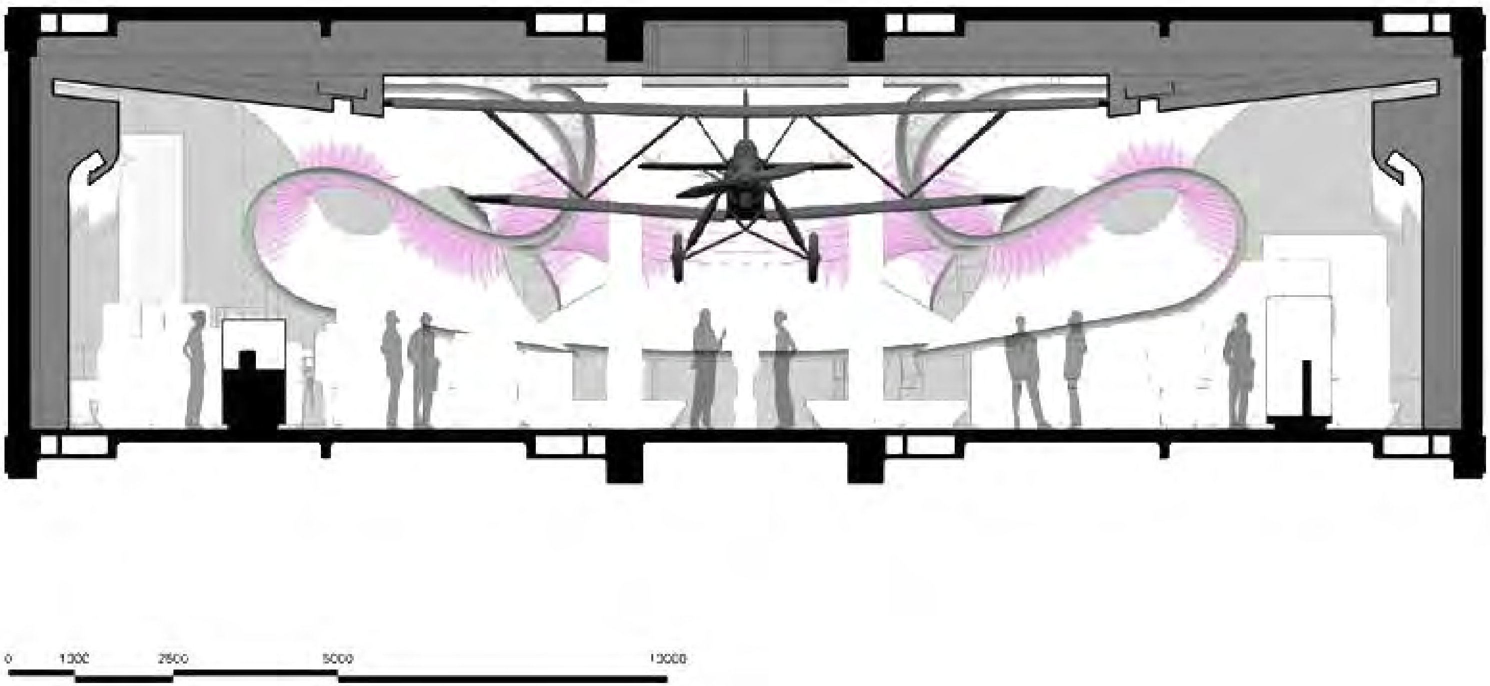
L.C.

L.C.

particolare…



Handley Page «Gugnunc» 1929
Aereo sperimentale britannico con apertura alare di 12 metri



Cross Section S3

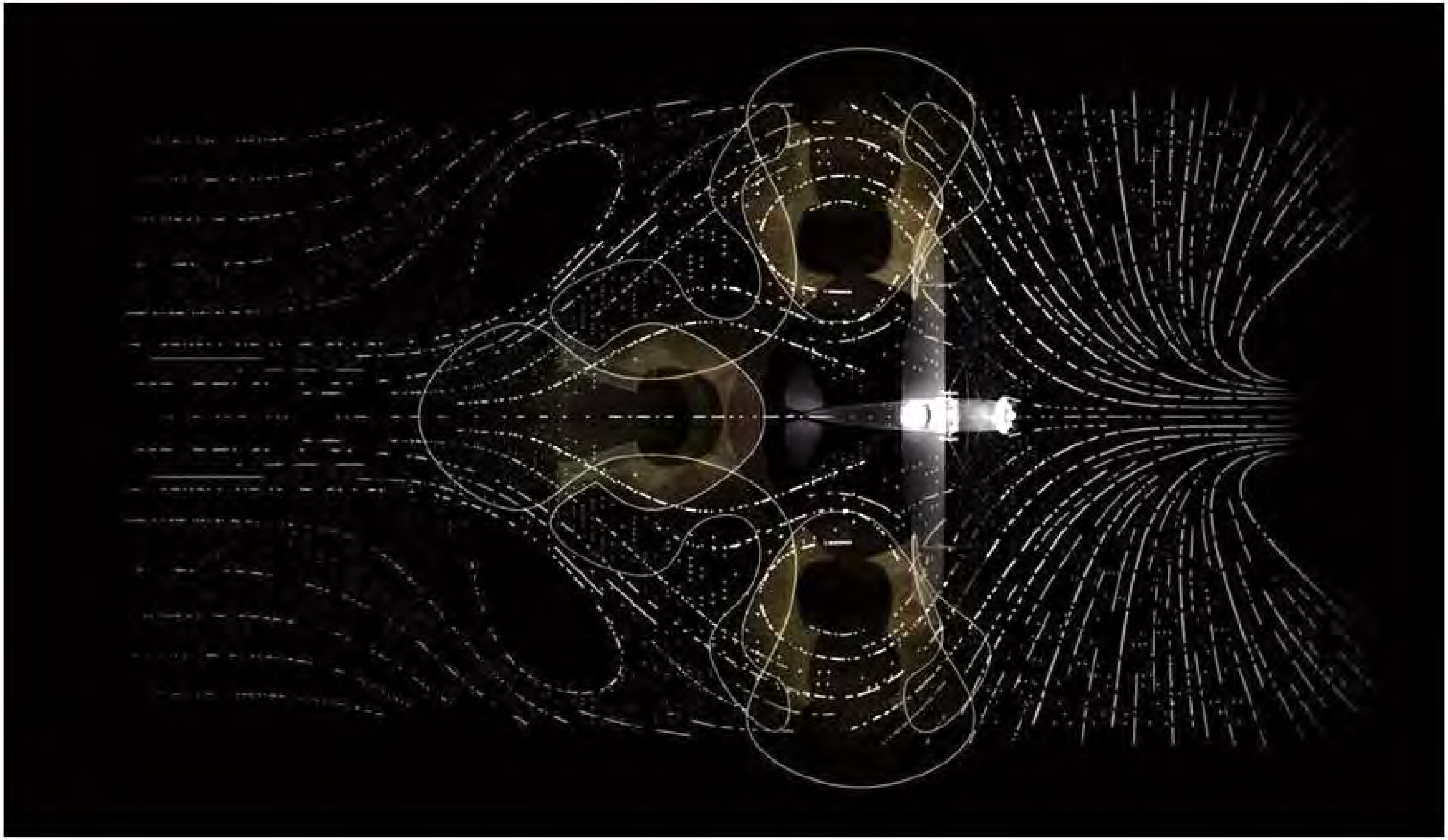
Mathematics: The Winton Gallery

Il progetto di Zaha Hadid è ispirato alle geometrie dei flussi d’aria che si creano intorno ad un aereo in volo, sviluppato attraverso programmi di simulazione fluidodinamica.

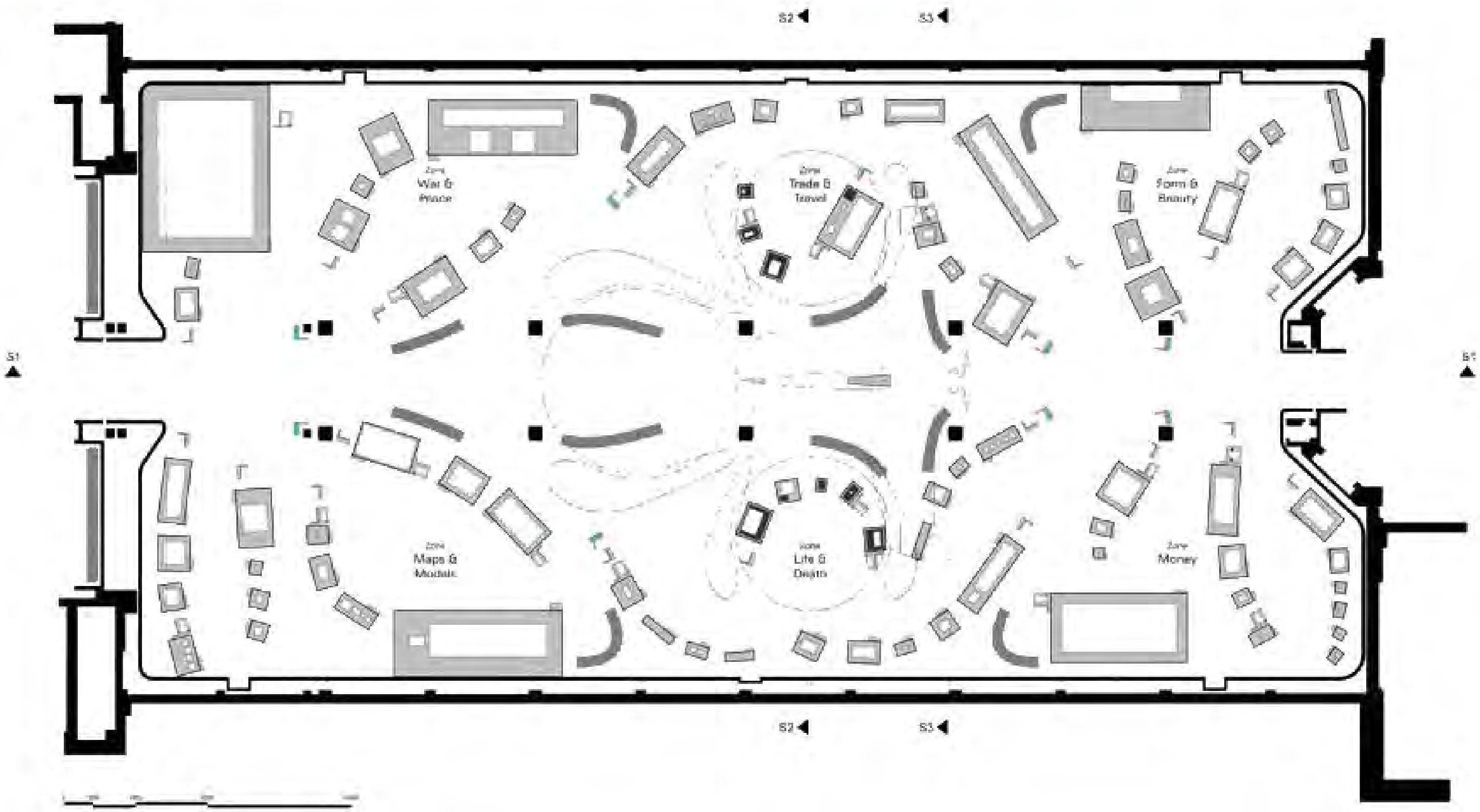
Una sorta di galleria del vento le cui curve tridimensionali rappresentano le correnti d’aria e la materializzazione delle equazioni dinamiche usate nell’industria aeronautica.

Zaha Hadid:

**Non è un’installazione artistica,
è un’installazione scientifica**



L.C.



Gallery Layout
Mathematics: The Winton Gallery

L.C.

VIDEO GALLERIA

È sempre Le Corbusier:

"per l'artista "matematica" non significa scienze matematiche. Non si tratta necessariamente di calcoli ma della presenza di una sovranità; una legge di infinita risonanza, consonanza, ordine. Il rigore è tale che l'opera d'arte non è una conseguenza, che si tratti di un disegno di Leonardo, della stupefacente precisione del Partenone, del ferreo e impeccabile gioco costruttivo della cattedrale, dell'unità che realizza Cézanne, della legge che determina l'albero, splendore unitario di radici, tronco, rami, foglie e fiori. Nulla è casuale in natura. Quando si è capito che cosa sia la matematica in senso filosofico, la si scoprirà in tutte le opere. Il rigore, la precisione sono il mezzo per trovare la soluzione, la ragione dell'armonia".

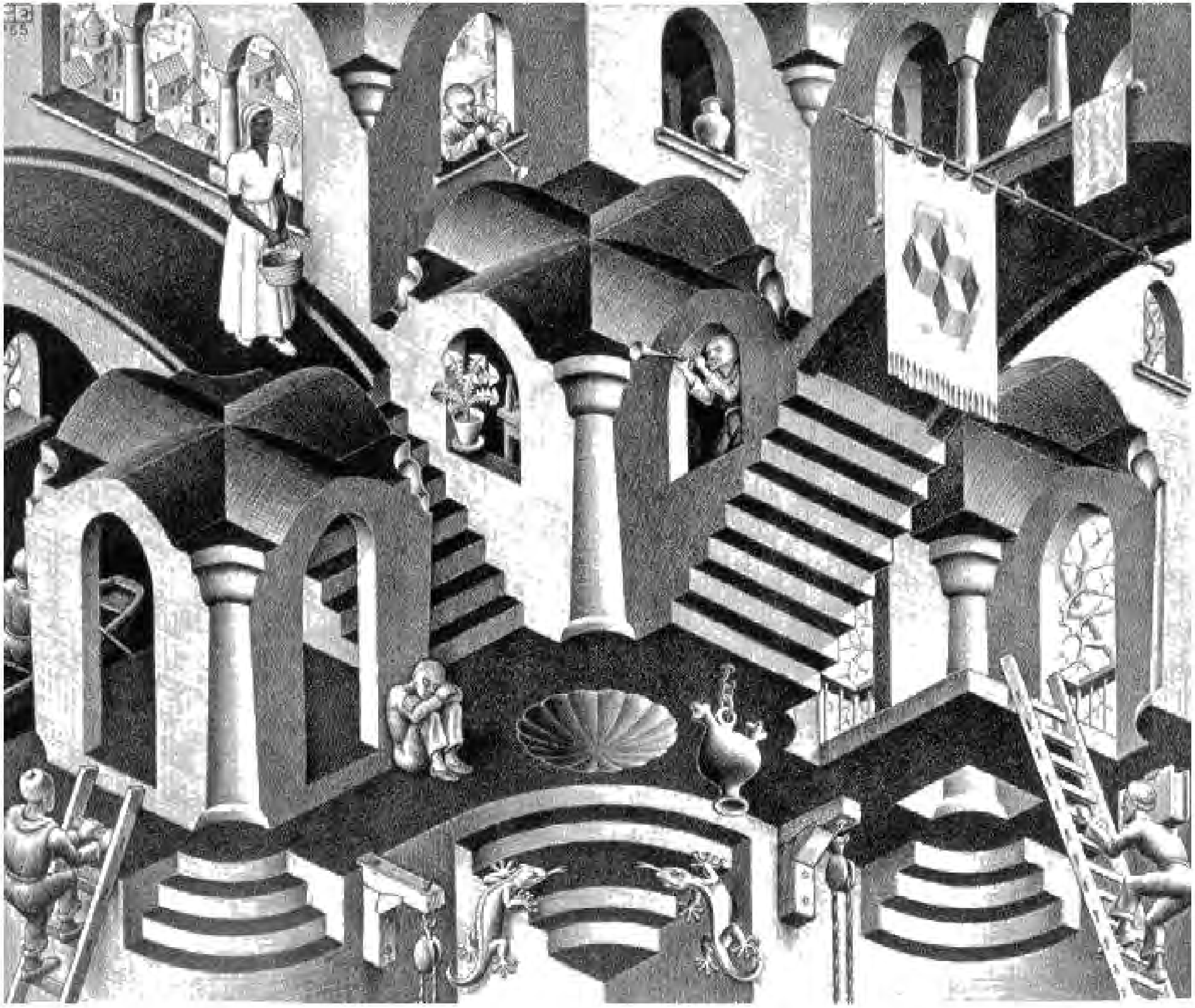
Le “carceri d’invenzione”
di Giovan Battista Piranesi (1720-1778)
Incisione (1761)

L.C.

Le “carceri d’invenzione”
di Giovan Battista Piranesi (1720-1778)
Incisore

Incisione all'acquaforte
Si tratta di una delle tavole a incisione di Piranesi, inclusa nella raccolta
"Carceri d'invenzione" o "Capricci di carcere«.
Piranesi immagina un sotterraneo, un carcere oscuro pieno di scalinate, torri, inferriate, muri. La figura umana è rarissima.
Date 1761

M.C.Escher (1898 – 1972)



L.C.

M.C.Escher «RELATIVITA'» 1953

L.C.

Video
David Bowie