

Università di Roma “Sapienza” - Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell’Architettura
Dottorato di Ricerca in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo - Settore disciplinare ICAR 17

Tesi di Dottorato di Ricerca D.P.R. 11/7/1980 - Ciclo XXVI - I sessione 2014

Chiara Capocéfalo

**Anamorfosi ottica e catottrica:
costruzioni geometriche e sperimentazioni architettoniche**



Scuola Nazionale di Dottorato in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Roma 2014

Tutti i diritti sono riservati: nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcun modo (compresi fotocopie e microfilm) senza il permesso scritto del dottorando di Ricerca in "Scienze della Rappresentazione e del Rilievo dell'Architettura"

*Scuola Nazionale di Dottorato - 2010/2013
in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo*

Sede centrale di coordinamento
"Sapienza" Università di Roma
Direttore
Cesare Cundari

Sedi consorziate
Politecnico di Bari
Università di Catania - Siracusa
Università degli Studi "G. D'Annunzio" Chieti - Pescara
Università degli Studi di Firenze
Università degli Studi di Palermo
Università Mediterranea di Reggio Calabria
Università di Roma "Sapienza"

"Sapienza" Università di Roma
Dottorato di Ricerca in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo
XXVI Ciclo - Settore disciplinare ICAR 17

Coordinatore
Cesare Cundari

Collegio del Dottorato

Laura Baratin, Carlo Bianchini, Laura Carnevali, Laura Carlevaris, Marco Carpiceci, Andrea Casale, Emanuela Chiavoni, Michela Cigola, Cesare Cundari, Pierpaolo D'Agostino, Laura De Carlo, Tommaso Empler, Marco Fasolo, Carlo Inglese, Elena Ippoliti, Alfonso Ippolito, Fabio Lanfranchi, Maria Martone, Riccardo Migliari, Lia Maria Papa, Leonardo Paris, Paola Quattrini, Luca Ribichini, Graziano Mario Valenti

<i>Dottoranda</i> Chiara Capocéfalo	<i>Coordinatore del Dottorato</i> Cesare Cundari
<i>Tutor</i> Carlo Bianchini	
<i>Co - Tutor</i> Alfonso Ippolito	
	data

Indice

Introduzione

Obiettivi e struttura della ricerca

1. L'anamorfose ed i suoi fondamenti scientifici

1.1 Anamorfose: etimologia e classificazione.....	1
1.2 Stato dell'arte ed inquadramento del problema scientifico.....	4
1.3 L'ottica e la catottrica geometrica	
1.3.1 Introduzione.....	13
1.3.2 L'antichità.....	13
1.3.3 Il Medioevo.....	18
1.3.4 Il Rinascimento.....	23
1.3.5 Dal Seicento ad oggi.....	26
1.4 Principi geometrici dell'ottica e della catottrica.....	28
1.5 La rappresentazione anamorfica	
1.5.1 Introduzione.....	36
1.5.2 Le prime costruzioni euristiche.....	39
1.5.3 Il periodo d'oro delle anamorfose.....	45
1.5.4 I divertissements anamorfici.....	54
1.6 Tassonomia delle opere sulla rappresentazione anamorfica.....	61
1.7 Schede di sintesi.....	65

2. Lo sviluppo geometrico dell'anamorfose nella trattatistica

2.1 Introduzione.....	84
2.2 <i>La Perspective avec la Raison des Ombres et Miroirs</i> di Salomon de Caus.....	86
2.3 <i>Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica</i> di Pietro Accolti.....	88
2.4 <i>La Perspective Cilindrique et Conique</i> di Sieur de Vaulezard.....	90
2.4.1 Anamorfose catottrica cilindrica.....	91
2.4.2 Anamorfose catottrica conica.....	105
2.5 <i>Il Cursus Mathematicus</i> di Pierre Hérigone.....	108

2.6 <i>La Perspective Curieuse ou Magie Artificielle des Effets Merveilleux</i> di Jean François Niçeron.....	111
2.6.1 Anamorfose ottica.....	113
2.6.2 Anamorfose catottrica cilindrica.....	115
2.6.3 Anamorfose catottrica conica.....	121
2.7 <i>La Perspective pratique</i> di Jean Dubreuil.....	122
2.7.1 Anamorfose ottica.....	123
2.7.2 Anamorfose catottrica.....	126
2.8 <i>L'Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae</i> di Mario Bettini.....	133
2.9 <i>L'Ars Magna Lucis et Umbrae</i> di Athanasius Kircher.....	138
2.10 <i>La Magia Universalis Naturae et Artis</i> di Gaspard Schott.....	142
2.11 Analisi critico - comparativa dei procedimenti costruttivi.....	145
2.11.1 Tavole sinottiche dei procedimenti costruttivi.....	146
2.11.2 La costruzione delle anamorfose ottiche.....	162
2.11.3 La costruzione delle anamorfose catottriche di tipo cilindrico e conico - piramidale.....	169
2.12 Considerazioni conclusive.....	177

3. La fase sperimentale

3.1 Digitalizzazione del procedimento anamorfico.....	184
3.1.1 Anamorfose ottica.....	186
3.1.2 Anamorfose catottrica.....	192
3.2 Sperimentazioni anamorfico - architettoniche nell'era digitale.....	204
3.2.1 L'anamorfose e l'architettura.....	205
3.2.2 Possibili campi d'applicazione.....	212

Considerazioni conclusive

Bibliografia / Sitologia

Abstract

Introduzione



È convinzione collettiva, dettata dalla quotidianità, che la percezione sia un'esperienza "diretta" della realtà piuttosto che un "prodotto cognitivo" derivato da una serie di processi di elaborazione, automatici ed impliciti, sull'informazione sensoriale fornita dallo stimolo visivo. L'ambiguo rapporto di rassomiglianza della rappresentazione offre sufficienti segni diacritici affinché essa si traduca in un artificio che presenta alla visione una proiezione simile a quella fornita nella percezione comune ma del tutto difforme rispetto alla realtà fisica oggettivamente misurabile. La percezione delle forme è legata a meccanismi di riconoscimento e l'immagine "vista" non corrisponde quasi mai a quella "percepita": la superficie di un piano visto obliquamente nello spazio è riconoscibile come un parallelogrammo sebbene, quel che si vede è, in realtà, un trapezio. In senso ampio la visione è, per sua stessa natura, anamorfica: configurazioni diverse di una stessa forma comportano la medesima immagine sotto uno stesso punto di vista, ponendo l'accento sull'ambiguità cui spesso è soggetta la visione. L'anamorfosi, infatti, è una forma di rappresentazione che sfrutta le leggi della prospettiva piana per ottenere un'immagine deformata che si "regolarizza" solo se osservata da uno specifico punto di vista. Quella catottrica invece utilizza uno specchio come "decodificatore", sfruttando le leggi della riflessione. L'interesse per questo tipo di rappresentazione raggiunse il suo apice nel Seicento, dove si acquistò consapevolezza del suo forte potere evocativo tanto che il termine 'anamorfosi' comparve per la prima volta nel trattato *Magia universalis naturae et artis* (1657-1659) di G. Schott sotto la denominazione di 'Magia Anamorphotica'. Ancora oggi, in un mondo dominato dalla realtà virtuale che simula in maniera immersiva ambienti e situazioni di ogni tipo, l'anamorfosi resta una delle poche, se non uniche, rappresentazioni "analogiche" che riescono a suscitare meraviglia.

La tecnica anamorfica, nata in pieno Cinquecento dai problemi pratici di marginalità prospettica e di raffigurazione di un'immagine su di una superficie curva, basa il proprio fascino sull'ambiguità della visione: essa, infatti, crea una discordanza fra la prospettiva dell'ambiente - o della rappresentazione frontale - e quella apparente del disegno deformato, che la mente non riesce a conciliare, facendo apparire l'immagine anamorfica tridimensionale e otticamente separata dal piano sul quale realmente giace. Le due rappresentazioni, pur esistendo concretamente nello stesso spazio, non possono essere colte simultaneamente; la condizione però si ribalta nel caso

delle anamorfose di tipo catottrico nelle quali la percezione è, al contrario, contemporanea: la presenza dello specchio svela l'arcano della figura deforme, riflettendone la vera natura sulla propria superficie. Poiché l'occhio non discrimina le immagini riflesse da quelle reali, se non in rapporto al contesto, l'ambiguità creata dallo specchio suggerisce manifestazioni magiche e soprannaturali, stimolando da sempre l'immaginario popolare.

L'anamorfose nasce dal profondo rapporto che è sempre stato instaurato tra arte e scienza; in particolare, quella catottrica rappresenta il punto d'incontro tra l'ottica geometrica, o meglio il ramo della catottrica, e le cosiddette depravazioni ottiche, le anamorfose. Nonostante la sua duplice natura, la genesi è unica: sia le leggi della riflessione sia le regole prospettiche posano le proprie fondamenta sugli assunti dell'ottica euclidea o, più in generale, sulle trattazioni del mondo antico relative al processo della visione.

«Nonostante l'abbondanza di materiale illustrativo sulla prospettiva anamorfica, relativamente poco è stato dedicato le sue basi teoriche o alla sua affinità con la prospettiva lineare per stabilire se la proiezione anamorfica è un caso unico della prospettiva lineare o una proiezione indipendente» Salgado Tomás García, *Anamorphic Perspective and Illusory Architecture*, Proceedings of the 4th Generative Art Conference (Milano Italy, Generative Design Lab.), 2001.

Lo stato dell'arte sulla teorica e sull'applicazione pratica della rappresentazione anamorfica, concentrata principalmente nel settore artistico, evidenzia, infatti, la mancanza di un approfondimento delle sue basi tecniche e geometriche tanto che essa è stata impostata, persino nelle sue elaborazioni digitali, sugli stessi sistemi costruttivi definiti dalle trattazioni seicentesche.

La presente ricerca pone le sue basi proprio su tale constatazione e, analizzando in dettaglio le opere ritenute emblematiche sull'argomento, si concentra sui procedimenti geometrici che ne hanno portato alla definizione. Il loro studio, puntuale, prevede la re-illustrazione bi e tridimensionale dei problemi nello spazio digitale e la loro contestuale verifica. Lo scopo è quello di pervenire non solo ad una sistematizzazione delle fonti e dei metodi ma anche ad un reale innovamento nell'ambito di questo tipo di rappresentazione.

L'evoluzione tecnica che il settore della progettazione architettonica - così come tutti gli altri campi - ha subito negli ultimi decenni con l'immissione sul mercato di innovativi strumenti digitali di grafica, modellazione e visualizzazione, ha comportato, nello specifico, un rinnovamento dei processi, dei metodi e dei sistemi di analisi, sviluppo e ricerca in tutti i settori inerenti l'architettura. Questo dà la possibilità di costruire modelli virtuali e di compiere tridimensionalmente azioni di proiezione e sezione nello spazio digitale che la pratica tradizionale non poteva risolvere col solo impiego della riga e della squadra.

La ricerca si pone l'obiettivo di individuare un sistema digitale per la determinazione di questo tipo di rappresentazioni - in cui l'elaborazione delle operazioni di proiezione e sezione, debitamente controllate, è del tutto automatica -, per prevedere poi estensioni e varianti dei diversi elementi di concorso e per sperimentare poi possibili applicazioni architettoniche dell'anamorfose digitale.

Obiettivi e struttura della ricerca

L'impostazione della ricerca si articola in tre fasi, ciascuna sviluppata nei rispettivi capitoli: una prima conoscitiva di ricognizione storica, una seconda analitica di sistematizzazione delle principali fonti sull'argomento ed una terza, conclusiva, di applicazione sperimentale.

La fase conoscitiva consiste in un excursus storico della genesi dell'anamorfosi ottica e catottrica ed è scissa, per semplicità espositiva, in due parti distinte, l'una riguardante la componente ottica-geometrica e l'altra relativa a quella storico-artistica della rappresentazione deformativa. La prima si focalizza sul processo di geometrizzazione del fenomeno visivo, anche in relazione alla scienza degli specchi, la catottrica, e si chiude con una sintesi delle leggi - più complesse - che regolano la riflessione e la costruzione delle immagini per i vari tipi di specchi; la seconda è imperniata sulla teoretica del modello prospettico in funzione del contesto storico di riferimento e la conseguente trattazione, nella pratica e nella teoria, della costruzione anamorfica. In chiusura di questa fase è stata stilata una tabella riepilogativa di tutti i trattanti sull'argomento, organizzati in ordine cronologico, con le indicazioni non solo bibliografiche dei testi (autore/i, titolo, anno di redazione, anno di stampa, edizioni e lingue) ma anche della specifica localizzazione della trattazione anamorfica: ciascun autore, infatti, ne fa riferimento con diversi appellativi, rendendola difficilmente individuabile.

La fase analitica mira alla sistematizzazione del materiale reperito sulla rappresentazione anamorfica e si concentra sullo studio geometrico - evolutivo delle costruzioni anamorfiche di tipo esclusivamente ottico e catottrico, trascurando le anamorfosi diottriche, che richiederebbero uno studio dedicato. L'impostazione metodologica prevede l'approfondimento di quei trattanti ritenuti emblematici, escludendo le trattazioni puramente empiriche e prive di rigore matematico, al fine di fornire un quadro d'insieme sulla questione. Contestualmente allo studio dei principali modelli geometrici incontrati, è stata effettuata un'operazione di digitalizzazione allo scopo di eseguirne la verifica tridimensionale, di pervenire ad una rappresentazione attualizzata in termini grafici e, accostati siffatti modelli decomposti in schede sinottiche - in base al tipo di problema trattato -, di effettuare un'operazione critico - comparativa.

La terza fase, di tipo sperimentale, mira ad estendere le categorie di superfici di proiezione - supporto della rappresentazione - e di riflessione - anamorfoscopi speculari - oggetto della rappresentazione ottica e catottrica, ricreando virtualmente i tre elementi principali del sistema anamorfico - una superficie riflettente, un punto d'osservazione ed una rappresentazione da deformare -, ed applicando le operazioni di proiezione e sezione col supporto del calcolatore automatico.

In conclusione si prefigurano possibili scenari d'applicazione dei risultati teorici raggiunti ad uno spazio architettonico a scala urbana e/o architettonica, da progettare, riqualificare, valorizzare.

Ai miei genitori, a mia nonna, alla mia famiglia.

1. L'anamorfosi ed i suoi fondamenti scientifici

1.1 Anamorfosi: etimologia e classificazione

«Un primo sguardo vi farà vedere soltanto tratti informi e una confusa mescolanza di colori, ma appena colui che conosce il segreto ve li fa osservare da un certo punto, tutte quelle linee irregolari di dispongono in un certo modo sotto i vostri occhi, tutta quella confusione si chiarisce ... Forse ti accorgerai che ciò che sembra confusione è un'arte nascosta, e se saprai scoprire il punto da cui le cose vanno guardate, tutte le ineguaglianze si appianeranno e non vedrai altro che saggezza là dove non immaginavi che disordine ... Sì, sì, questo quadro ha il suo punto di vista, non dubitate; e quello stesso Ecclesiaste che ci ha rivelato la confusione ci condurrà anche nel luogo da cui contempleremo l'ordine del mondo.»¹

Il termine anamorfòsi secondo la pronuncia latina, o anamòrfosi nella sua pronuncia greca, è un neologismo coniato per la prima volta nel trattato *Magia universalis naturae et artis* (1657-1659) di Gaspard Schott, sotto la denominazione di *De Magia Anamorphotica*². La visione seicentesca di questa forma di rappresentazione la includeva, infatti, nella sfera della “magia artificiale”, mistero di percezione e conoscenza tecnica. Da un punto di vista simbolico, essa era il contrassegno visibile di qualcosa d'invisibile e, giacché tale, il suo disvelamento doveva essere condizionato da una profonda meditazione, dall'accostamento alla verità interiore. Anche l'etimo pare rinviare alle regioni profonde dell'inconscio: il termine deriva dalla parola greca ἀναμόρφωσις “ana-mòrfosis”, rigenerazione, a sua volta derivazione della parola ἀναμορφόω, formare di nuovo, ritorno verso la forma o all'indietro e si compone dal prefisso “ana-” nel significato di “di nuovo” e dal suffisso “morfòo” per il quale si rimanda a “morfo-”, dare forma. Il termine, di comodo³, fu sicuramente ispirato dalla letteratura greca antica⁴: il verbo “anamorphòo”, rife-

rito a immagini criptiche, compare già nell'Eikònes di Filostrato del II sec. d.C. nel senso di trasformazione. La sua etimologia sottolinea, ancora, non solo l'immagine reale e “scorretta” ma anche il suo processo di trasformazione, cioè la ricerca della forma “corretta” da parte dello spettatore: «Anamorfosi può quindi essere inteso come “ciò che manca ad forma per essere corretta”, e, allo stesso tempo, significa “ripristino di ciò che è stato fuori forma”»⁵. Sarà l'Encyclopédie di Diderot e D'Alembert, pubblicata a Parigi dal 1751 al 1765, ad ufficializzare il vocabolo dandone una definizione ancora valida: «In prospettiva ed in pittura dicesi Anamorphose la proiezione sfigurata di un'immagine eseguita su un piano o su di una superficie curva la quale, nondimeno, da un certo punto di vista, appare regolare e fatta con proporzioni giuste»⁶. Enrico Filippini la definirà “depravazione ottica”⁷, Camerota “prospettiva obliqua”⁸, mentre Baltrušaitis “prospettiva corrotta”, anche se ci si riferisce sempre più spesso ad essa come “prospettiva curiosa” così come definita da Nicéron qualche secolo prima⁹.

Ad oggi il termine anamorfosi o anamorfismo viene utilizzato, in senso più ampio, per riferirsi alla distorsione in generale, contrapponendosi a quello di metamorfosi o metamorfismo - che designa una trasformazione -, ed è stato acquisito anche in altri settori, da quello musicale a quello letterario, da quello zoologico a quello biologico¹⁰.

Secondo il processo di formazione dell'immagine, l'anamorfosi è classificabile in due grandi famiglie, di tipo diretto e di tipo indiretto.

Alla prima categoria appartengono quelle che possono essere viste in modo corretto direttamente dall'osservatore; sono altresì dette anamorfosi ottiche o prospettiche.

Il corretto procedimento geometrico posto alla base dell'a-

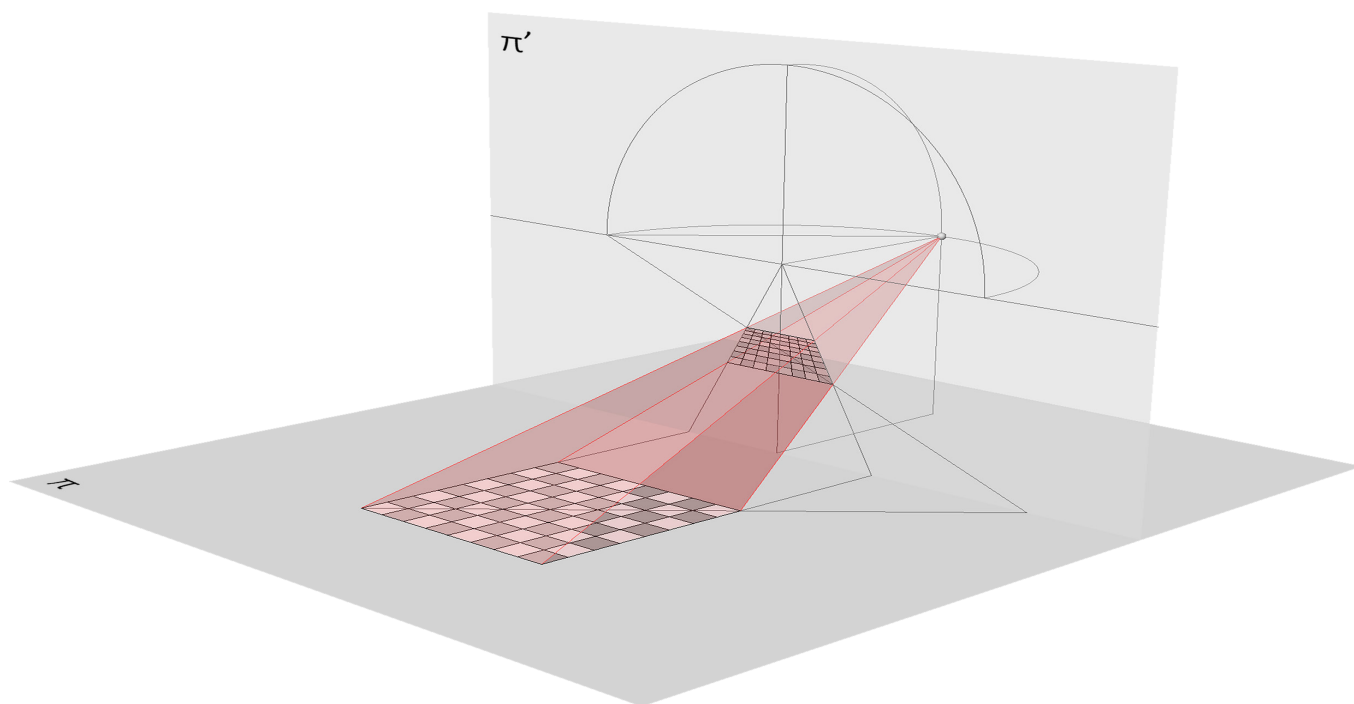


Fig. 01 – Schema geometrico del procedimento 'legittimo' prospettico applicato alla tradizionale pavimentazione a scacchiera. Quest'ultima fungeva da griglia di riferimento per la costruzione della prospettiva note le sue proiezioni ortogonali.

namorfofi ottica fu impostato già nella trattatistica seicentesca e codificato definitivamente nel *La perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux* di Jean François Nicéron di cui si parlerà ampiamente più avanti; esso derivava direttamente da una particolare applicazione della regola 'legittima' dell'Alberti. Il procedimento legittimo prevedeva, infatti, che le linee perpendicolari al quadro – si prenda come caso esemplificativo il classico pavimento a scacchiera - fossero condotte in fuga sull'orizzonte nel punto di vista centrale e la digradazione di quelle parallele ad esso fosse ricavata con la costruzione della diagonale condotta in fuga nel rispettivo punto di distanza (fig.01). La procedura per la deformazione anamorfica prevedeva, sulla scorta della stessa impostazione, un suo caso particolare: un'altezza considerevole dell'osservatore - quindi dell'orizzonte - e, viceversa, una ridotta distanza dello stesso dal quadro. Per comodità pratica il sistema subiva una rotazione di 90° e quello prospettico invertito: da un lato il pavimento a scacchiera capovolto andava a

costituire la griglia di deformazione dell'immagine iniziale sulla parete estesa orizzontalmente; dall'altro, ponendo tale figura, racchiusa in una 'graticola' a maglia quadrata, perpendicolarmente al supporto della rappresentazione, si identificava un nuovo piano di quadro sul quale impostare la prospettiva senza cambiare osservatore (figg.02, 03). Questo "metodo della diagonale", così come fu definito, ebbe un largo uso per la sua semplicità teorica e velocità applicativa: l'impostazione era quella di una prospettiva centrale in cui l'asse visivo era posto perpendicolarmente al piano dell'immagine, da deformare attraverso la proiezione sul supporto della rappresentazione.

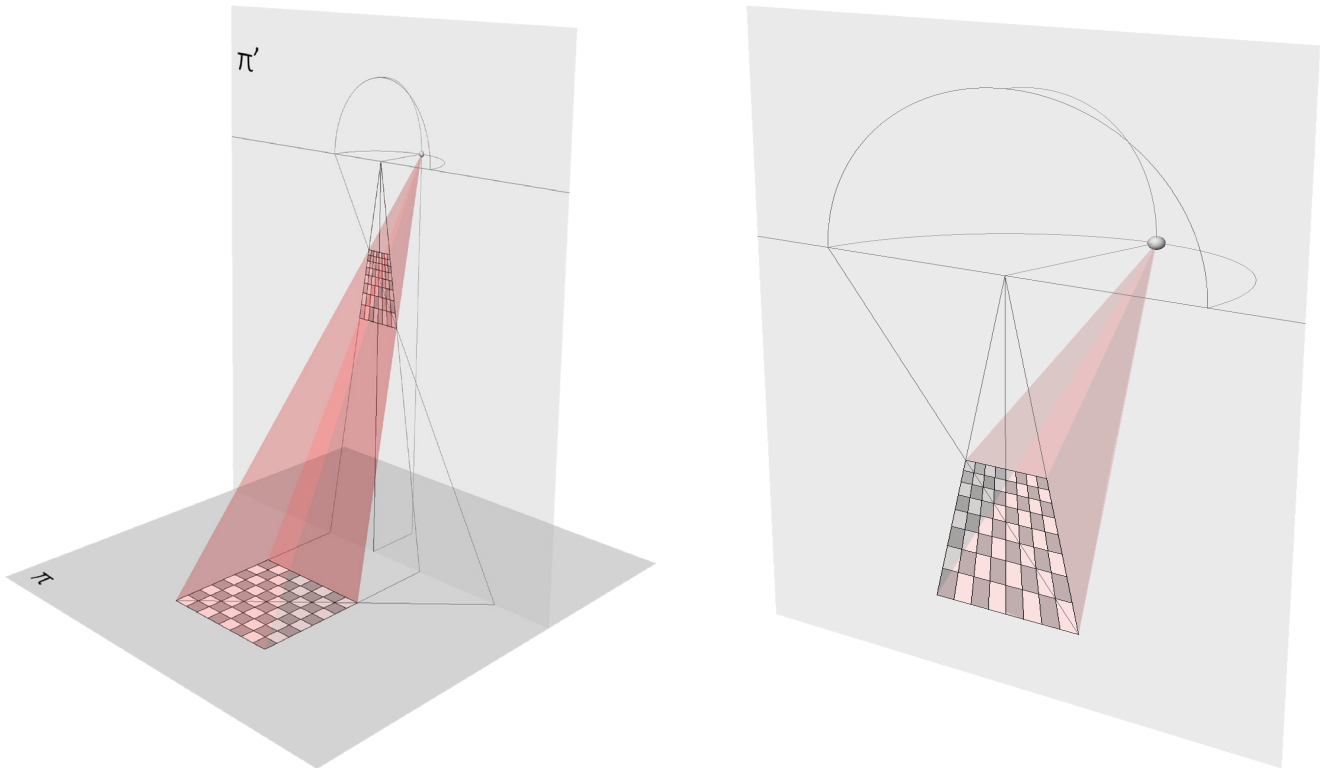
Il punto di partenza dell'operazione anamorfica non è l'oggetto reale ma proprio la sua immagine e l'applicazione del procedimento prospettico è inverso: la rappresentazione non avviene dall'oggetto reale al supporto per intersezione dei raggi visuali col piano ma da un'altra rappresentazione - quella dell'oggetto reale - al supporto per proiezione. «Se però si considerano i due tempi distinti come un'unica

operazione, durante la quale l'oggetto reale appare prima normale sul piano di sezione poi deformato su quello di proiezione, ci si avvede che l'ipotetica finestra (il piano di quadro) dell'operazione prospettica si trasforma potenzialmente in uno specchio che riflette le immagini alterandone l'aspetto originario. La seconda operazione è perciò un procedimento prospettico che già prelude ai fenomeni di riflessione elaborati nelle anamorfosi catottriche.»¹¹.

Queste ultime, oggetto della presente ricerca con le precedenti, appartengono alla seconda classe di anamorfosi, quelle definite indirette poiché, per essere viste correttamente, necessitano dell'intermediazione di uno strumento, l'anamorfoscopio. Nel caso specifico, essendo quest'ultimo uno specchio, l'anamorfosi indiretta è di tipo catottrico o speculare; nel caso di una lente, è di tipo diottrico. La forma della superficie riflettente caratterizza ulteriormente questo tipo di anamorfosi: essa può essere piana, se lo

specchio è piano; cilindrica se la superficie è un cilindro concavo o convesso; conica, se si tratta di una superficie conica concava o convessa; sferica, se si considera una sfera; piramidale, se, invece, la superficie è una piramide a base triangolare, quadrata o che si voglia. L'impostazione geometrica prevede comunque la proiezione, su di un piano di rappresentazione, dell'immagine "normale" che si riflette sulla superficie speculare secondo le leggi dell'ottica geometrica, analizzate nel paragrafo dedicato.

«Questa prospettiva curiosa distillava il proprio sistema di apparenze partendo dalla teoria delle ombre (sciagrafia) e dal riflesso degli specchi (catottrica), combinando come corollari tecnici del proprio rigore artificiale quei lucidi cilindri da mettere sopra l'arabesco indecifrabile dell'anamorfosi, dal quale, per riflesso, si ricostruiva l'immagine che doveva rimanere nascosta [...]»¹².



Figg. 02, 03 – Schema geometrico della costruzione prospettica anamorfica di tipo ottico. Questa può essere considerata un caso particolare della costruzione 'legittima' nel quale, da un lato, si alza notevolmente il punto di vista e, dall'altro, si riduce la sua distanza dal quadro.

1.2 Stato dell'arte ed inquadramento del problema scientifico

Il testo *Anamorphoses ou Thaumaturgus Opticus* di Baltrušaitis rappresenta ad oggi l'opera più completa ed esauriente sull'argomento, quasi interamente fondato sul sopracitato trattato seicentesco del Nicéron dal quale l'autore trasse ispirazione per il titolo dell'opera¹³. Apparso per la prima volta nel 1955, ebbe una seconda edizione ampliata nel 1969 e, infine, una terza nel 1984, con due capitoli inediti che tracciavano la storia dell'anamorfose dall'età moderna fino ad allora. La pubblicazione stimolò l'interesse per questa forma di rappresentazione sulla scia degli studi che la psicologia cognitiva e le neuroscienze stavano compiendo nella seconda metà del secolo scorso sui meccanismi della percezione visiva, spostando la questione dalla speculazione filosofica alla sperimentazione scientifica. Le anamorfosi furono così affiancate alle illusioni ottiche in quanto sistemi ambigui che stimolano processi cognitivi non del tutto chiari, sui quali furono elaborate diverse teorie: l'empirista¹⁴, la gestaltista¹⁵, la teoria del New Look of Perception¹⁶, l'ecologica di Gibson¹⁷, quella di Marr¹⁸. Il fermento scientifico intorno alle rappresentazioni ambigue o paradossali fu seguito, parallelamente, da una serie di speculazioni filosofiche¹⁹ e da diverse sperimentazioni artistiche²⁰. Si pensi, ad esempio, alla produzione figurativa delle correnti dadaista o surrealista²¹ e a quella del loro maggiore esponente, Marcel Duchamp²². *«Le immagini della contemporaneità sono anamorfiche. Se ci collochiamo davanti in una posizione centrata (accentrata), tutto rimane confuso, indifferenziato, e ogni cosa sembra non avere più senso. Ma se ci spostiamo di lato, assumendo un atteggiamento - etico, estetico - eccentrico, siamo noi stesse a delineare i percorsi della significazione.»*²³

Il testo di Baltrušaitis si inserisce, quindi, come parte di un interesse globale sull'argomento e fa luce sulla rappresentazione anamorfica non solo ripercorrendone i fondamenti storici ed analizzandone le motivazioni filosofiche, ma anche mettendo un punto alle indagini effettuate fino ad allora in campo artistico ed architettonico, incentivandone di nuove. Nel 1986, ad esempio, la XLII Esposizione Internazionale d'Arte Biennale di Venezia vi dedicò parte



Fig. 01 – Opera di Kurt Wenner realizzata in occasione della celebrazione del Corpus Domini a Bettona (PG) nel 2011.

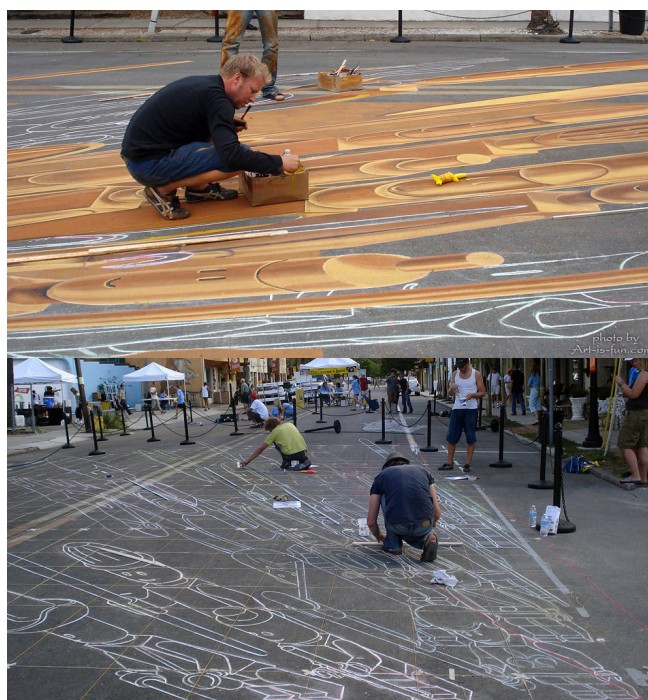


Fig. 02 – Opera di Leon Keer, Sarasota Chalk Festival, 2011

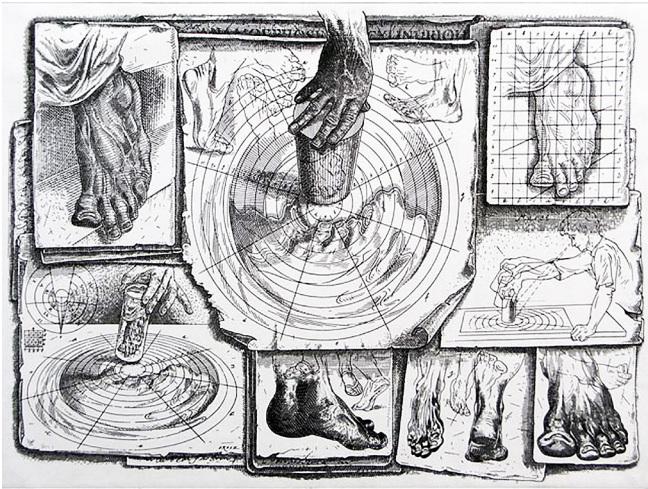


Fig. 03 – István Orosz, *Cylindrical Anamorphosis*, 1998.

del settore “Spazio” curato da Giulio Macchi, che andava a seguire due precedenti grandi mostre, una ad Amsterdam nel 1975 e l'altra a Parigi nel 1976, dedicate esclusivamente all'anamorforesi e corredate dai cataloghi curati da F. Leeman, J. Elffers e M. Schuyt²⁴.

Diversi settori delle arti figurative vedono, ad oggi, l'applicazione - sebbene sporadica e “di nicchia” - dei vari tipi di anamorforesi secondo la loro rispondenza alle differenti esigenze ed alle finalità stesse dell'opera. L'anamorforesi piana, ad esempio, si è rivelata particolarmente adatta per le opere di grandi dimensioni dato il proporzionale incremento del suo impatto illusionistico e la facilità di realizzazione e, quindi, gli artisti della corrente contemporanea detta “Slant Art”²⁵ ne hanno fatto largo uso nella sua versione “urban” che si configura come una street art anamorfica i cui maggiori esponenti sono Kurt Wenner, Julian Beever, Rub Kandy e Eduardo Ruiz Relero (Fig. 01). La realizzazione di questo tipo di opere è intuitiva o affidata ad un quadrettato per riportare l'immagine precedentemente deformata su carta (fig.02).

Le applicazioni figurative contemporanee sono accompagnate da un certo virtuosismo tecnico di impronta ottocentesca: basti vedere le opere di Hans Hamngren ed István Orosz (fig.03). L'anamorforesi piana si è altresì ben prestata alle sperimentazioni fotografiche, dagli scatti di Jan Dibbets degli anni Sessanta fino a quelli del fotografo americano John Pfahl, nelle quali la camera incarna quella



Fig. 04 – Jhon Pfahl, *Pink Rock Rectangle*, Artpark (NY), 1975.



Fig. 05 – François Abélenet, *Qui croire?*, Paris, 2011.

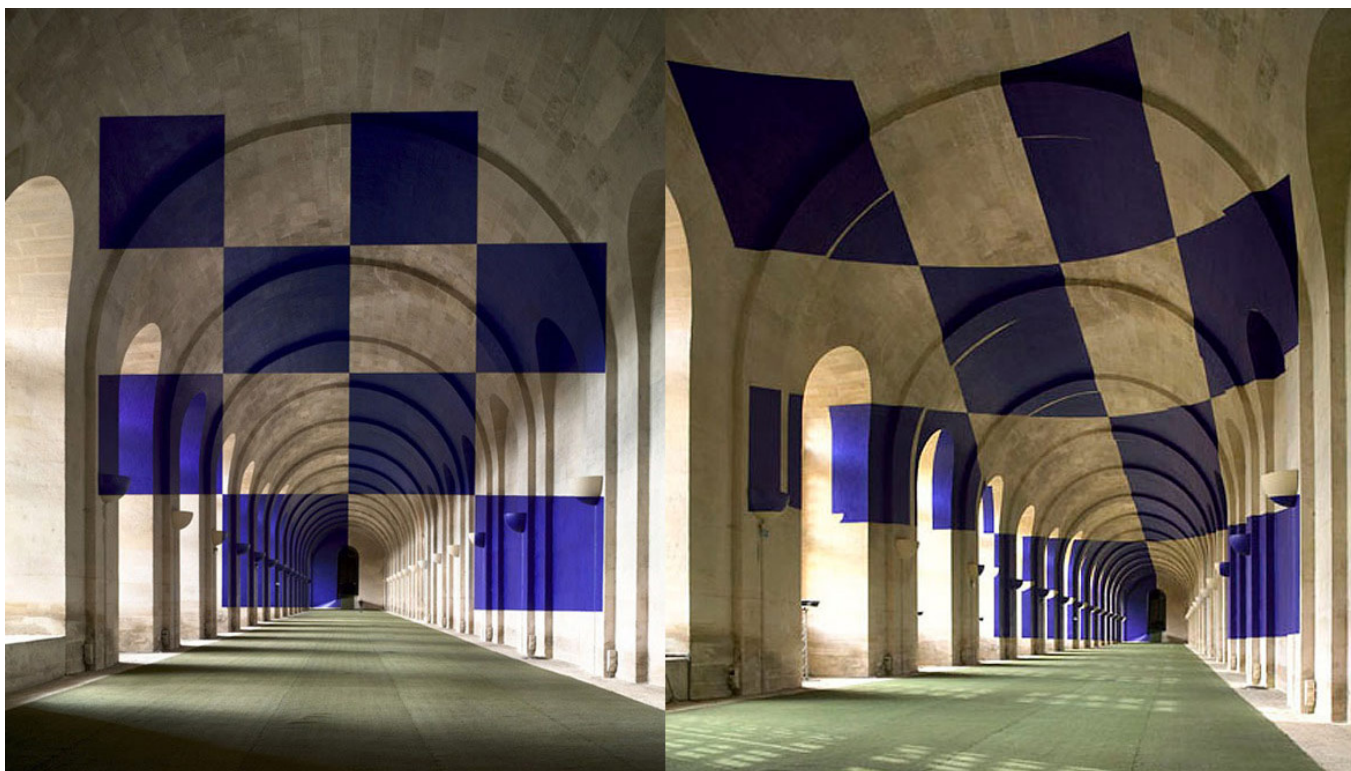


Fig. 06 – Felice Varini, *Huit carrés*, Exposition “Versailles off”, Orangerie du Château de Versailles, Versailles, 2006.



Fig. 07 – Felice Varini, *Twenty points for ten straight crossing*, Nagoya University, Nagoya, 2008.

perfetta visione monoculare tanto ricercata (fig.04). L'opera "Qui croire?" dell'artista francese François Abélenet realizzata nel centro di Parigi nel 2011 rappresenta invece un esempio di anamorforesi solida urbana (fig.05). Ma l'arte anamorfica ha visto diversi interventi anche nell'ambito della riqualificazione architettonica ed urbana come quelli dell'artista elvetico Felice Varini (Figg. 06, 07), del graphic designer inglese Joseph Egan, del fotografo francese George Rousse o della restauratrice italiana Cinzia Pasquali col più recente *Allegoria del Castello di Versailles*²⁶. Quando si considera però la tecnica realizzativa non si può fare a meno di constatare la mancanza di una costruzione geometrica a priori: la deformazione viene infatti ricavata "ad occhio"²⁷ o tramite l'uso di un proiettore²⁸. Le stesse installazioni visive, quali ad esempio quelle di Fabrizio Corneli o di Fred Eerdekens, ottengono meccanicamente la rappresentazione attraverso la proiezione delle ombre con una luce radente (fig.08). Se si pensa che i trattatisti seicenteschi proponevano di realizzare le anamorforesi proiettando le immagini con la luce di una candela posta nel punto di vista, allora ci si rende conto di quanto l'evoluzione degli strumenti non corrisponda sempre all'evoluzione delle strategie metodologiche.

L'anamorforesi cilindrica, invece, è stata applicata principalmente nel design: sia le tazzine da caffè di Ross McBride e di William Kentridge che gli utensili da cucina di Luc d'Hanis e Sofie Lachaert sono interpretati come specchi cilindrici che decodificano l'immagine anamorfica del sottopiatto (fig.09). In questo caso, la loro realizzazione è stata affidata al calcolo automatico di alcuni software disponibili freeware per la generazione di anamorforesi speculari come, ad esempio, *Kircher*²⁹ di Camillo Trevisan del 1997 e *Anamorph me!*³⁰ di Phillip Kent del 2001 (fig.10). L'applicazione di semplici algoritmi di calcolo alla deformazione dei pixel dell'immagine rende l'operazione completamente automatica poiché si impostano solo i parametri dimensionali base. Non considerando le griglie distorte per ogni tipo di superficie specchiante disponibili sul web, gli altri software di generazione automatica ripropongono le stesse funzionalità³¹ (fig.11). Anche i programmi base grafico-matematici che supportano la didattica della geometria descrittiva nelle scuole secondarie convertono le condizioni matematiche in rappresentazio-



Fig. 08 – Fred Eerdekens, *old tale idioms young male idiots*, installazione rame e luce, dettaglio, 2012.



Fig. 09 – William Kentridge, *Illy Cup Art Collection*, 2008.



Fig. 10 – *Anamorph me!*, software freeware per la generazione di anamorfosi, sviluppato da Phillip Kent nel 2001.

ni anamorfiche digitali³². Le prime indagini computerizzate dei sistemi di proiezione anamorfica, partendo dalle anamorfosi piane per giungere a quelle conico-riflettenti e cilindrico-riflettenti, si devono allo studioso americano Raymon J. Masters che già nel 1978 intuì il contributo che l'informatica poteva dare a questo tipo di rappresentazione³³. Ad oggi si è pervenuti alla creazione di sistemi interattivi che generano la rappresentazione in tempo reale: un'applicazione per iPad, *Anamorphicons*³⁴, produce sullo schermo un'anamorfosi catottrica che viene riflessa sulla superficie cilindrica di una piastra in alluminio posta su di esso, all'interno della quale due penne touch trasmettono le sue coordinate polari ed il rispettivo angolo di rotazione (fig.12); il progetto *Augmented Anamorphosis*³⁵ prevede la proiezione a terra dell'anamorfosi che cambia in tempo reale rispetto alla posizione nello spazio dell'osservatore sfruttando una tecnologia di *motion tracking* (fig.13).

Un ultimo campo di applicazione artistica è la scultura che ricorre ad anamorfosi di tipo solido: si vedano a tal proposito le opere di artisti come Markus Raetz, Jonty Hurwitz, Buky Schwartz o Matthew Ngui (fig.14). La produzione nostrana dei coniugi Stella Battaglia e Gianni Miglietta è stata presentata in una mostra del 2012 dal titolo *Anamorfosi e Illusione* al Museo Galileo di Firenze (Fig.15, 16). Anche qui, la realizzazione plastica è contestuale alla verifica della deformazione.

La pratica artistica tende, quindi, a ricavare l'immagine

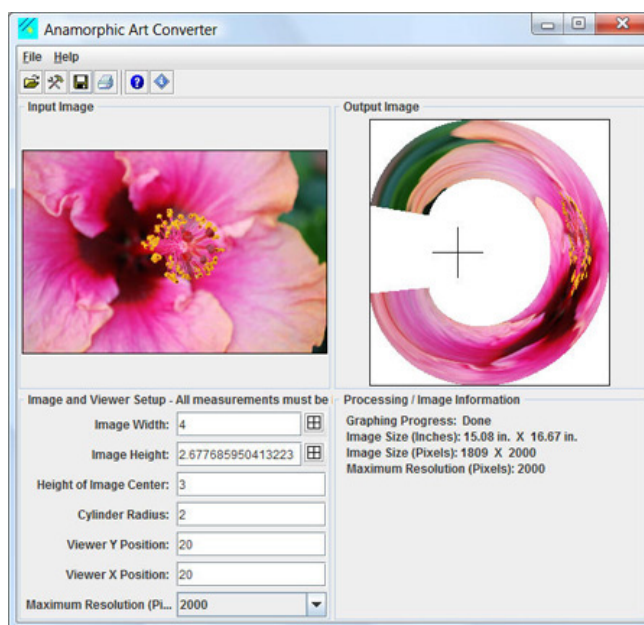


Fig. 11 – *Anamorphic Art Converter*, generatore di anamorfosi catottriche cilindriche sviluppato dal prof. Don Spickler nel 2010 presso l'Università di Salisburgo.

deformata con mezzi diversi da quelli geometrici, per praticità e velocità d'esecuzione, ad eccezione dell'applicazione dei software di calcolo sopracitati che offrono uno strumento alternativo per la creazione di anamorfosi catottriche, basati, come si vedrà più avanti, sui modelli geometrici del XVII secolo.



Fig. 12 – *Anamorphicons*, applicazione per iPad, 2006.



Fig. 13 – *Augmented Anamorphosis*, progetto di anamorfosi interattiva in tempo reale, 2010.

La comparsa dell'anamorfosi nel lavoro di artisti e ricercatori del XX secolo non può quindi essere compreso solo come risposta alle nuove tecnologie, computerizzate o fotografiche, ma va piuttosto combinato alla rinascita di attenzione per i problemi della visione³⁶. Molti altri sono gli impieghi fatti dell'anamorfosi nei settori più disparati. La tecnica cinematografica applica un sistema di proiezione su grande schermo, il *CinemaScope*, utilizzando lenti cilindriche speciali, che in sede di ripresa e di proiezione, consente di ottenere, mediante una pellicola di larghezza normale, un quadro molto esteso in senso orizzontale. Lo



Fig. 14 – *Jonty Hurwitz, The Kiss of Chytrid*, opera in resina, polvere ed acciaio, 2009 - 2010.

stesso sistema è utilizzato anche in fotografia. Nella quotidianità invece, l'anamorfosi è impiegata nella segnaletica stradale orizzontale per consentire al guidatore di percepire correttamente il segnale in realtà fortemente scorcio (Fig.17) oppure negli inserti pubblicitari ai lati del campo nelle gare sportive calcolati sulla base delle telecamere fisse; le carte geografiche, dovendo rappresentare una superficie sferica su una piana, sono il risultato di costruzione anamorfica mentre la psicologia sfrutta questa tecnica per l'educazione visiva infantile³⁷ e per lo studio del condizionamento delle forme ambientali sulla percezione visi-



Fig. 15 – *Stella Battaglia e Gianni Miglietta*, allestimento per il Festival della Scienza, Genova, 2008.

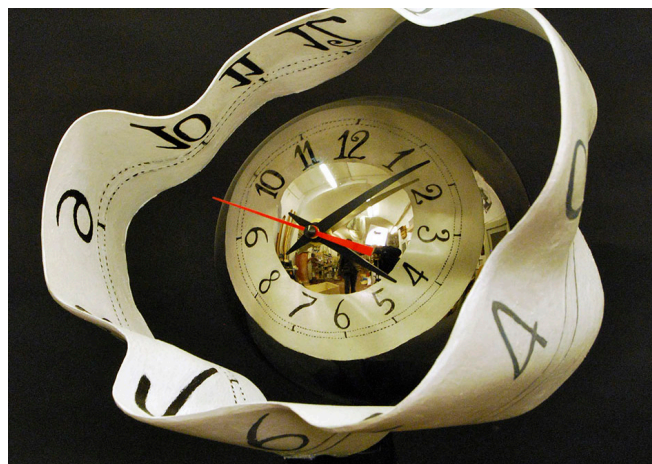


Fig. 16 – *Stella Battaglia e Gianni Miglietta*, opera per la mostra *Anamorfosi e Illusione* al Museo Galileo, Firenze, 2012.

va: uno degli esempi più noti è la stanza distorta ideata da Adelbert Ames (fig.18).

Lo stato dell'arte sulla teoretica e sull'applicazione pratica della rappresentazione anamorfica, concentrata principalmente nel settore artistico, evidenzia, quindi, una trasposizione delle norme e dei principi della sua costruzione geometrica, così come impostata nelle trattazioni seicentesche, all'interno delle tecnologie digitali tramite l'elaborazione di specifici software atti ad ottenere, in maniera semi-automatica, i medesimi risultati grafico - formali. Come sottolinea Russo, «l'analisi tecnica della deformazione diretta o catottrica è invece oramai materia acquisita grazie a una serie di studi specialistici analiticamente redatti, in cui le componenti geometrico - costruttive dell'immagine anamorfica hanno cessato di suscitare stupore, essendo i suoi algoritmi oramai indagabili anche digitalmente.»³⁸. Ad esclusione delle sperimentazioni artistiche di carattere scultoreo - la cui realizzazione è tuttavia priva di un'antecedente o contemporanea operazione di proiezione e misura -, non si è registrata alcuna evoluzione, dal Seicento ad oggi, nella natura delle superfici su cui è deformata l'immagine, così come invariata è rimasta la -natura delle superfici riflettenti.

Ad uno sguardo, neanche troppo attento, allo stato dell'arte sembra quindi che la rivoluzione digitale non riesca ad apportare alcun reale innovamento - così come accaduto in tutti gli altri campi - nell'ambito di questo tipo rappresentazione e a pervenire a risultati diversi da quelli ottenibili con la sola pratica manuale.



Fig. 17 – Segnaletica stradale anamorfica. I testi e le immagini sono distorte per essere percepite correttamente dal guidatore.



Fig. 18 – Camera di Ames. La stanza è intenzionalmente distorta per creare l'illusione ottica di alterazione prospettica.

Note

1. Jacques Bénigne Bossuet, *Sermone per la seconda settimana di Quaresima*, Parigi 1662.
2. Il terzo capitolo della prima parte dedicata all'Otica è intitolata *De magia anamorphotica, sive de arcana imaginum deformazione ac reformatione ex optices atque catoptrices praescriptio*, diviso rispettivamente in *De anamorphosi optica* e *De anamorphosi catoptrica*. Tuttavia il termine non figura nell'opera di Charles Oznam, *Récréations mathématiques et physiques*, né nella prima edizione del 1694 che in quella successiva del 1750; il termine si ritroverà solo nel 1755 nel testo di François Jacquier, *Elementi di prospettiva secondo li principii di Brook Taylor, con varie aggiunte spettanti all'ottica e alla geometria*.
3. «Anamorforesi è un termine di comodo.» Jurgis Baltrušaitis, Introduzione. In Battisti Eugenio, Carnemolla Andrea, Masters Raymon J. and Menna Filiberto (a cura di), *Anamorforesi, evasione e ritorno*, Officina, Roma 1981, p.7.
4. Hanneke Grootenboer, *The Rethoric of Perspective: realism and illusionism in Seventeenth Century Dutch Still-life Painting*, University of Chicago Press, Chicago 2005, p. 101.
5. Jurgis Baltrušaitis, *Anamorforesi o Thaumaturgus opticus*, Adelphi, Milano 1990, introduzione.
6. Cfr. voce *Anamorphose* in *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, Primo Tomo, p. 404.
7. *Intervista a Jurgis Baltrušaitis*, in "la Repubblica", 1981.
8. Filippo Camerota, L'architettura curiosa: anamorforesi e meccanismi prospettici per la ricerca dello spazio obliquo, in Alessandro Gambuti, Andrea Andanti and Filippo Camerota, *Architettura e prospettiva tra inediti e rari*, Alinea, Firenze 1987, pp. 79-111.
9. Nicéron Jean-Francois, *La Perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux*, Paris 1638.
10. Cfr. voce *Anamorforesi* della *Nuova Enciclopedia Italiana Treccani 2012* <<http://www.treccani.it/enciclopedia>> [01/11/2012]
11. Camerota, *op.cit.*, p. 88.
12. Manlio Brusatin, *Arte della meraviglia*, Einaudi, Torino 1986, pp.10, 11.
13. *Thaumaturgus Opticus* fu il titolo dato all'opera del Nicéron nella sua edizione latina.
14. Teoria proposta originariamente da Hermann von Helmholtz nel 1867 secondo cui le informazioni visive danno luogo a sensazioni elementari integrate e sintetizzate sulla base delle esperienze passate ed il loro conseguente apprendimento.
15. Scuola di pensiero nata in Germania all'inizio del '900 in opposizione alla teoria empirista dell'esperienza passata, sostiene che il campo percettivo è il risultato di un insieme di forze generate da diversi aspetti del soggetto osservato, che si strutturano in un'unità coerente ed organizzata secondo fattori di unificazione. Vedi Rudolf Arnheim, *Art and Visual Perception. A Psychology of the Creative Eye*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles 1954, trad. it. *Arte e percezione visiva*, Feltrinelli, Milano 1962.
16. Movimento sorto negli Stati Uniti dopo la seconda guerra mondiale, afferma che, nella percezione di uno stimolo, si compie un'operazione di categorizzazione ovvero di identificazione e classificazione: adotta una prospettiva funzionalista che connette la percezione con gli stati emotivi, le aspettative, i bisogni e le motivazioni di un individuo.
17. Teoria del 1966 secondo cui la percezione è solo un aspetto dell'interazione tra organismo e ambiente in un processo attivo, che relaziona la posizione del corpo, le sue attività e le sue funzioni nell'ambiente stesso. Vedi James Jerome Gibson, *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mifflin, Boston 1979, Trad. it. *Un approccio ecologico alla percezione visiva*, Il Mulino, Bologna 1999.
18. Teoria computazionale secondo cui la percezione è un processo organizzato in maniera gerarchica: sulla base delle diverse intensità luminose il sistema percettivo costruisce uno schema grezzo originario, integrato ed interpretato successivamente.
19. Vedi Maurice Merleau-Ponty, *Fenomenologia della percezione*, Bompiani, Milano 2003.
20. Si pensi alle opere di M. C. Escher (1898 – 1972), René Magritte (1898 – 1967) e Salvator Dali (1904 – 1989).
21. Il movimento surrealista valorizzò i testi figurativi anamorfotici nell'intento di ricercare dignità storica e artistica nelle opere del passato evidenziando la funzione dell'inconscio nella creazione del "meraviglioso" e del "fantastico". Vedi Salvatore Naitza, *Anamorforesi e legittimità prospettica tra rinascimento e barocco*, in *Annali delle facoltà di lettere filosofia e magistero dell'Università di Cagliari*, vol. XXXIII, parte II, S.T.E.F., Cagliari 1970, p.18, nota 19.
22. La sua produzione artistica fu fortemente influenzata dall'opera di Nicéron, il *Thaumaturgus opticus*, sulle anamorforesi. Vedi Octavio Paz, *Marcel Duchamp: Appearance Stripped Bare*, Arcade Publishing, New York 1990, p.137.
23. Angela Azzaro, *Anamorforesi, l'arte dello spiazzamento* <<http://medea.provincia.venezia.it/infoperla/info96/azzar.htm>>

24. Fred Leemann, Micheal Schuyt and Joost Elffers, *Hidden Images: Games of Perspective, Anamorphic art and Illusions from the Renaissance to the Present*, Inc. Publishers, New York 1976.
25. Letteramente "arte dell'inclinazione".
26. Opera in mosaico che decora il Duplex 86, il tunnel autostradale che passa sotto i giardini della reggia di Versailles rappresentante il dio Apollo, simbolo del Re Sole e concepita per essere vista percorrendo in automobile il tunnel.
27. Il documentario su Julian Beever, *Concrete Canvas, arte da calpestare* prodotto dalla rete televisiva BBC nel 2007, mostra come egli controlli la deformazione attraverso l'obiettivo di una macchina fotografica.
28. Il documentario di Patrik Soergel, girato nel 2012, mostra come le tre opere di Felice Varini nel nuovo autosilo Lac di Lugano sono realizzate attraverso il "ricalco" di un'immagine proiettata e, di conseguenza, naturalmente distorta.
29. Disponibile online per la creazione di anamorfose catottriche su varie superfici. <<http://www.camillotrevisan.it/kircher.htm>> [01/06/2013]
30. Disponibile nella sua versione 2.0 per la creazione di anamorfose ottiche e catottriche di vario genere. <<http://www.anamorphosis.com/software.html>> [01/06/2013]
31. Nel 1977 Andy A. Zucker, presentò *Anamorphic Art*, un *basic program* per la generazione di anamorfose cilindriche, che ridisponneva i punti dell'immagine (necessariamente vettoriale e punteggiata) secondo la griglia anamorfica. Nel 2011, sotto la direzione del prof. Don Spickler sono stati prodotti in ambito universitario dei *Cylinder Reflection Generators*. Cfr. Andy A. Zucker, *Anamorphic art*, in *Creative Computing*, n°4, vol. 3, 1977, pp. 240-243.
32. Si fa riferimento a programmi come *Cabri Géomètre*, software che nasce nel 1985 da un'intuizione di Jean Marie Laborde, informatico, matematico e ricercatore di matematica discreta presso l'Université Joseph Fourier di Grenoble. Vedi <www.cabri.com>.
33. Cfr. R. J. Masters, Sintesi al computer di sistemi di proiezione anamorfica, in Battisti Eugenio, Carnemolla Andrea, Masters Raymon J. and Menna Filiberto (a cura di), *Anamorfose, evasione e ritorno*, Officina, Roma 1981; edito anche in *Immagini di sbieco e specchio curvo: anamorfosi e Renato Brazzani, Pettenasco, casa medievale, 29 settembre - 4 novembre 1984* (catalogo mostra), Omegna, Pettenasco 1984, pp.50-61.
34. Sviluppato dal 2006 ad opera di Chihiro Suga and Itiro Siio. Vedi Chihiro Suga and Itiro Siio, *Anamorphicons: an extended display with a cylindrical mirror*, *Proceeding of ITS '11, the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, 13 - 16 November 2011*, Kobe, Japan, pp. 242, 243.
35. Progetto di tesi sviluppato nel 2010 dal digital designer Sander ter Braak al Hogeschool voor de Kunsten Utrecht, attualmente alla sua sesta versione.
36. Cfr. Daniel L. Collins, *Anamorphosis and the Eccentric Observer*, *Leonardo Journal*, Vol. 25, No. 1 and 2, 1992.
37. Una serie di giochi sull'anamorfose sono stati curati da Myrna Hoffman.
38. Agostino De Rosa and Giuseppe D'Acunto, *La vertigine dello sguardo. Tre saggi sulla rappresentazione anamorfica*, Cafoscarina, Venezia 2002.

1.3 L'ottica e la catottrica geometrica

1.3.1 Introduzione

Nell'antichità classica il termine greco *optiké*, "scienza della visione" corrispondeva alla parola latina *perspectiva* derivazione del verbo *perspicere*, "vedere chiaramente".

L'ottica, poiché comprendeva diversi aspetti della visione (psicologici, fisici e fisiologici), può dirsi una disciplina complessa che vedeva approfonditi i suoi caratteri secondo modalità variabili nel tempo: nell'antichità, essa si concentrava maggiormente sull'aspetto geometrico della percezione visiva e spostò le sue indagini nel campo fisiologico e fisico soltanto nel corso del Medioevo, approfondendo il funzionamento dell'occhio e la natura della luce. Nella prima decade del Quattrocento, dagli "esperimenti prospettici" ad opera di Brunelleschi, il termine *perspectiva* tese a distinguersi in *naturalis* o *communis*, così come già definita nel Medioevo in riferimento all'antica scienza della visione, ed in *pingendi*, *artificialis* o *pratica*, ad indicare la prospettiva lineare geometrica o, più in generale, la scienza della rappresentazione¹.

Ad oggi l'ottica può essere classificata in tre branche: l'ottica fisica, che ricorre alla descrizione della luce come una radiazione elettromagnetica dal carattere ondulatorio, l'ottica quantistica, che la descrive come un flusso di fotoni che viaggiano nel vuoto, e, infine, l'ottica geometrica, che assume la propagazione della luce secondo raggi rettilinei. Quest'ultima fornisce la teoria generale degli strumenti ottici e della formazione delle immagini facendo ricorso a descrizioni di carattere puramente geometrico dei fenomeni luminosi e, di conseguenza, a dimostrazioni condotte con metodo assiomatico - deduttivo. Essa si occupa di tutti quei fenomeni nei quali il carattere ondulatorio della radiazione luminosa può considerarsi irrilevante ed esclude quelli che contrastano con l'assunto della propagazione rettilinea

dei raggi di luce, quali, ad esempio, la diffrazione che può incorrere negli strumenti ottici alla presenza di fenditure e diaframmi.

È sull'ottica geometrica che il problema della rappresentazione dello spazio - così come quello della riflessione dei raggi visuali - fonda le sue radici ed è per questo che si ritiene utile ripercorrerne, seppur in modo sintetico, la genesi.

1.3.2 L'Antichità

Lo studio delle modalità della visione si fa risalire al periodo ellenistico, quando uno straordinario fermento culturale e sociale interessò l'intera area mediterranea per più di due secoli e vide la nascita della scienza moderna². I regni ellenistici che si formarono dopo la morte di Alessandro Magno poterono godere, infatti, di condizioni ottimali per i loro commerci e conobbero un grande sviluppo economico, urbanistico e culturale. Gli stessi sovrani favorirono tale sviluppo, con particolare attenzione agli studi e alla ricerca, perché la scienza era considerata non solo utile per il progresso sociale ma anche un vantaggioso strumento di forza e di potenza statale, non essendo certamente priva di applicazioni militari.

La scrittura, che aveva sempre mantenuto un ruolo subordinato rispetto all'oralità, iniziò a diffondersi sia come strumento professionale sia come prodotto pubblico. Non a caso, nella città di Alessandria, fondata in Egitto nel 332 a.C. per volere di Alessandro Magno e divenuta capitale del regno, Tolomeo II, sotto suggerimento di Aristotele, fece costruire il famoso Museo con annessa Biblioteca, veri e propri centri di ricerca dotati di sale di studio, sale

anatomiche, osservatorio astronomico, giardino zoologico ed orto botanico. Il Museo e la Biblioteca d'Alessandria divennero i principali centri del Sapere antico dove i più eminenti scienziati e letterati, come Euclide, Erofilo, Ctesibio, Eratostene e Apollonio di Perga, insegnavano, studiavano e si confrontavano sulle diverse discipline.

È in questo contesto che fiorì lo studio dell'ottica antica che, contrariamente all'ottica moderna, non si occupava affatto della luce ma era concentrata sul fenomeno della visione. L'evidenza che il rapporto tra gli occhi e l'oggetto fosse mediato portò alla formulazione di diverse dottrine volte a teorizzare il modo nel quale si realizza il contatto "invisibile" tra l'oggetto e gli organi della vista.

Tali teorie, impostate secondo uno schema concettuale di tipo olistico, si possono dividere sostanzialmente in due categorie³: una prima *estrusiva*, cui appartengono i pitagorici (VI sec. a.C.), Euclide (II sec. a.C.), Ipparco (II sec. a.C.), Erone (I sec. a.C.) e Tolomeo (II sec. d.C.), secondo la quale i 'raggi visuali', cioè bastoni o tentacoli infinitamente sottili e rettilinei (i quid di Pitagora), sono emessi dagli occhi e capaci di esplorare il mondo antistante all'osservatore, "catturando" l'oggetto; una seconda *intrusiva*, cui appartengono Leucippo (V sec. a.C.), Democrito (V-IV sec. a.C.) ed Epicuro (IV – III sec. a.C.), secondo la quale da ogni corpo partono in ogni momento delle particelle sottilissime, impalpabili ed identiche per forma e colori al corpo emittente (gli eidola in greco o simulacra in latino). A queste principali teorie se ne affiancavano altre: quella dei due fluidi, sostenuta da Empedocle (V sec. a.C.) e Platone (V-IV sec. a.C.), secondo la quale coesistono due emissioni, quella dell'oggetto verso l'occhio, portante l'ordine, la forma e il colore dell'oggetto, e quella dell'occhio verso l'oggetto, emesso per mezzo di un "fuoco"; la teoria di Aristotele (IV sec. a.C.) secondo la quale la visione è uno stato di alterazione nel mezzo posto tra gli occhi e l'oggetto; o ancora quella del pneuma, sostenuta dagli stoici (III – II sec. a.C.) e da Galeno (II sec. d.C.), che aggiunge l'idea di uno strato d'aria compressa che lega l'oggetto all'occhio. Tutte le teorie antiche presupponevano quindi che la visione fosse la percezione non dell'oggetto visibile ma di qualcosa che mediava la sua rappresentazione: un simulacro, un'impressione fisica sulla cornea, una dilatazione o una contrazione del fuoco



See the Bold-Shadow of Vrania's Glory,
Immortal in His Race, no less in Story:
An Artist without Error, from whose Lyne,
Both Earth and Heav'ns, in sweet Proportions twine:
Behold Great EUCLID! But, behold Him well!
For 'tis in Him Divinity doth dwell. /

G. Wharton.

Fig. 01 – Ritratto di Euclide.

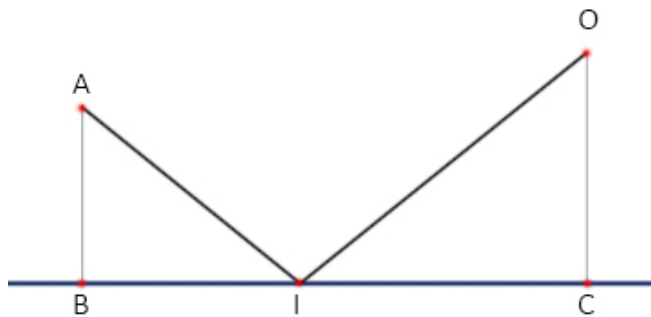


Fig. 02 – Primo teorema della catottrica di Euclide. Sia A il punto oggetto, O il punto dove si colloca l'osservatore, BC il piano dello specchio ed I il punto d'incidenza del raggio visivo, allora $BI:IC=AB:OC$.

oculare, un'impressione di colore trasmessa all'occhio attraverso un mezzo trasparente.

L'accostamento alla materia era dunque diverso e, nonostante alcune sovrapposizioni, si può distinguere tra un approccio di tipo matematico, in cui lo sviluppo geometrico della visione ha una parte preponderante (teorie estrusive), uno di tipo fisico o filosofico, dedicato soprattutto agli aspetti causali (teorie intrusive, Aristotele, Empedocle e Platone) ed un altro di tipo fisiologico, dedicato a questioni di tipo medico, anatomico e oculistico (stoici e Galeno).

L'ottica geometrica vede nel testo di Euclide, per l'appunto l'*Optiké*⁴ (300 sec. a.C.), la prima trattazione sistematica pervenutaci sull'argomento⁵ che sviluppa una teoria di tipo geometrico⁶ in sette premesse e cinquantotto problemi tralasciando gli aspetti metafisici e fisiologici della visione. Euclide definisce un modello visivo basato su tre elementi fondamentali: il centro di vista (*l'occhio che vede*), l'oggetto (*l'oggetto visibile*) e i raggi proiettanti (*la luce che illumina le cose*). In tal modo egli introduce il concetto di cono visivo⁷, definendolo come la figura compresa dai raggi visivi "avente il vertice nell'occhio e la base al margine dell'oggetto visto", appoggiando, allo stesso tempo, la teoria emissiva della visione. Supponendo diversi gli intervalli angolari tra i raggi radialmente distribuiti, coglie inoltre la difformità di visione di un oggetto in funzione dell'angolo visuale⁸. Il testo, presentato in forma assiomatica, concerne solo la visione diretta. Gli antichi avevano, infatti, diviso lo studio dei fenomeni ottici in tre parti⁹: l'ottica, o geometria della visione diretta; la catottrica, o geometria della visione riflessa; la diottrica, o geometria della visione rifratta. «Con una metafora oggettuale potremmo individuare le tre branche come quelle dell'occhio, dello specchio e della lente»¹⁰. Lo studio della riflessione si configura da subito come disciplina autonoma e prende la denominazione di catottrica forse già nel IV secolo a.C., da *Katoptron*, il nome più corrente dello specchio.

Datato tra il IV e il III secolo a.C., la *Catoptrica*¹¹, inizialmente attribuita a Euclide ma ad oggi considerata di autore incerto¹², è il primo testo pervenutoci che tratti i fenomeni della riflessione e della rifrazione¹³.

Esso si apre con sette premesse, la prima delle quali attribuisce al raggio visuale la proprietà di essere rettilineo

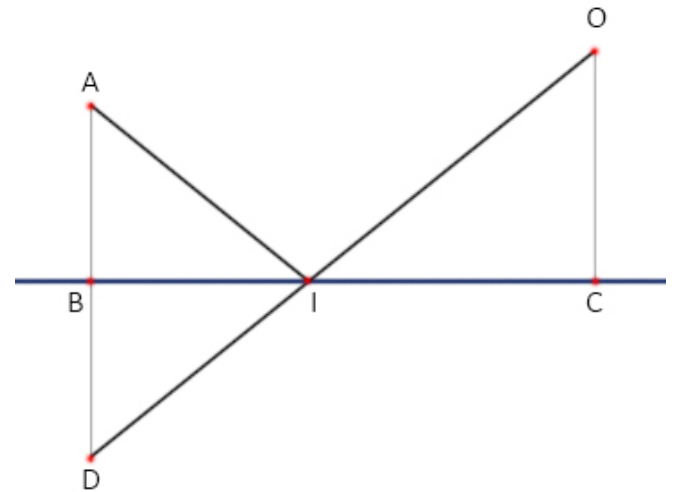


Fig. 03 – L'osservatore O vedrà l'immagine del punto oggetto A sullo specchio BC nel punto d'incidenza I , ovvero come se fosse oltre lo specchio nel punto D all'intersezione tra la perpendicolare tracciata da A sullo specchio ed il prolungamento del raggio d'incidenza OI .

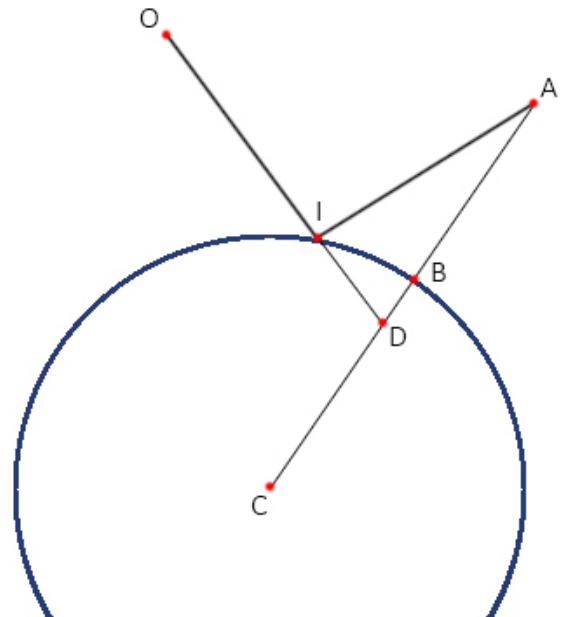


Fig. 04 – Sia IB uno specchio convesso di centro C e O l'osservatore, il punto oggetto A sarà visto sullo specchio nel punto d'incidenza I , ovvero come se fosse oltre lo specchio nel punto immagine D all'intersezione tra la congiungente AC ed il prolungamento OI .

mentre la seconda ribadisce che ogni cosa visibile si vede per linea retta. Un ruolo molto importante come ponte tra la geometria e tutte le scienze collegate alla visione - utile anche alla progettazione di molti strumenti ottici, tra i quali, ad esempio, l'astrolabio - giocò l'ottica della propagazione rettilinea della luce. Sebbene si attribuisca tale merito ad Euclide, il raggio visivo non ha una relazione esplicita con quest'ultima tanto che la definizione di raggio come concetto privo di struttura fisica che egli ne fa è una rilevante innovazione metodologica.

Il primo teorema della Catoptrica¹⁴ enuncia la legge della riflessione già implicitamente esposta nella terza supposizione attraverso la similitudine tra triangoli: «*Se lo specchio si collocherà in un piano, sopra il quale stia à piombo qualche altezza, la ragione, che harà la linea intrapresa tra quel che mira e lo specchio, alla linea che è fra lo specchio e la già detta altezza, harà anco l'altezza di quel che mira, all'altezza della cosa elevata à piombo sopra il piano nel quale è lo specchio*»¹⁵ (figg.02, 03).

La trattazione procede con teoremi che analizzano le immagini riflesse e pongono una serie di osservazioni in base alla natura della superficie specchiante: se da un dato centro della vista negli specchi piani e convessi si può vedere una sola immagine che appare sempre dietro alla superficie riflettente, negli specchi concavi a volte se ne può vedere più di una che appare ora dietro ora davanti ad essa; negli specchi concavi e piani, le immagini appaiono sempre rovesciate, con la destra al posto della sinistra, ma non capovolte, mentre negli specchi concavi a volte lo sono e altre no; negli specchi convessi l'immagine è distorta e le dimensioni sono alterate, mentre negli specchi piani l'immagine mantiene le proprietà formali dell'originale.

Nella trattazione degli specchi sferici¹⁶ Euclide, e con lui Tolomeo, individua il punto-immagine nel punto di intersezione tra la linea congiungente il punto - oggetto con il centro di curvatura dello specchio e il prolungamento della linea che va dall'occhio alla superficie riflettente (fig.04). Ciò in realtà è valido solo nel caso in cui l'angolo acuto formato dalle due linee è assai piccolo. Tale "vizio" nelle costruzioni condusse entrambi a false considerazioni: ad esempio che l'immagine di un punto posto davanti ad uno specchio concavo o convesso si dovrà trovare sempre sulla retta congiungente il punto - oggetto con il centro di curva-

tura dello specchio, qualunque sia la posizione dell'osservatore. Oggi è noto, invece, come l'immagine di una serie di punti costituisca una superficie curva di forma variabile detta *caustica* dello specchio rispetto al punto¹⁷.

L'ultimo teorema, *Da gli specchi concavi opposti al Sole si accende il fuoco*, fa riferimento agli specchi ustori la cui invenzione viene attribuita da Galeno (130 circa - 200 circa) prima e da altri poi¹⁸ ad Archimede in un aneddoto secondo cui li avrebbe impiegati come arma per bruciare le navi romane durante l'assedio di Siracusa¹⁹. A parte l'opera di Euclide, nessun'altra del periodo, o del millennio successivo, prende in esame gli specchi ustori nelle trattazioni generali della catottrica in quanto, sebbene fosse noto che comportassero una riflessione, essa interessava raggi luminosi, non visivi, e, di conseguenza, non dava luogo alla formazione d'immagini.

La mancanza di testi scritti isola il testo di Euclide rispetto al contesto storico nel quale, sicuramente, la teoria dei raggi aveva raggiunto un grado di sviluppo piuttosto elevato, almeno rispetto al tempo di Aristotele. Nonostante molto sia ricavato da esperienze elementari di carattere empirico, l'affermazione della propagazione rettilinea della luce, l'introduzione del concetto di raggio inteso come direzione di propagazione e la sua emissione dall'occhio sono concetti che impostarono la base su cui studiare scientificamente i fenomeni luminosi.

Fino all'epoca imperiale romana, quando Tolomeo riprenderà le teorie di Euclide, i cosiddetti "filosofi minori" affinarono le teorie elleniche. Erone di Alessandria²⁰ (I sec a.C. - I sec d.C.) sottolineò la carenza, nei testi euclidei, di una trattazione matematica e geometrica sull'uso degli specchi. Nella *Catoptrica*²¹ egli espose, dimostrandolo matematicamente, il principio variazionale della minima distanza secondo cui la luce viaggia tra due punti in base al percorso più breve, principio che venne poi ripreso da Fermat nel XVII secolo. Tale principio gli permise di spiegare le leggi della riflessione, cioè l'uguaglianza tra gli angoli di incidenza e gli angoli di riflessione²², conseguenza diretta del principio aristotelico secondo cui la natura sceglie sempre la via più facile. La formula omonima, che dà l'area di un triangolo in funzione dei tre lati e del semiperimetro, è probabilmente di Archimede: Erone fu piuttosto

un compilatore e un descrittore di meccanismi.

«L'affermazione che la nostra vista procede in linea retta provenendo dall'occhio può essere fondata come segue. Ciò che si muove con velocità costante si muove in linea retta. Le frecce tirate da un arco possono servire da esempio. Ciò avviene poiché la forza impressa costringe l'oggetto a muoversi per la distanza più breve possibile dal momento che non ha il tempo per un moto più lento, cioè per un moto su un percorso maggiore. La forza impressa non permette un tale ritardo e così, a causa della sua velocità, l'oggetto tende a muoversi sulla traiettoria più breve. Ma la più breve delle linee avente gli stessi punti estremi è la linea retta. Che i raggi provenienti dai nostri occhi si muovono con velocità infinita può essere compreso dalla considerazione seguente: quando, dopo aver chiuso gli occhi li apriamo e guardiamo il cielo, il raggio visuale non ha bisogno di tempo per raggiungere il cielo. Infatti vediamo le stelle nello stesso istante in cui le guardiamo sebbene la distanza sia, per così dire, infinita. E anche se questa distanza fosse maggiore il risultato sarebbe lo stesso, pertanto è chiaro che i raggi sono emessi con velocità infinita. Per conseguenza essi non subiscono interruzione, incurvamento o deviazione ma si muoveranno lungo il percorso più breve, la linea retta. Abbiamo mostrato a sufficienza che la nostra vista procede in linea retta. Ora mostreremo che i raggi incidenti sugli specchi e anche sull'acqua e sulle superfici piane sono riflessi [...] In base a considerazioni sulla velocità di incidenza e di riflessione, dimostreremo che questi raggi sono riflessi ad angoli uguali nel caso degli specchi piani e sferici. Per la nostra dimostrazione faremo ancora uso di linee di minimo. Dico allora che di tutti i raggi incidenti, riflessi in un punto dato da uno specchio piano o sferico, i più brevi sono quelli che sono riflessi ad angoli uguali e, se accade ciò, la riflessione ad angoli uguali è conforme a ragione. AB sia uno specchio piano, G l'occhio, D l'oggetto da osservare e AG sia un raggio incidente sullo specchio. Tracciamo AD e poniamo $EAG=BAD$. GB sia un altro raggio incidente sullo specchio. Tracciamo BD . Affermo che: $GA+AD<GB+BD$. Abbassiamo da G la perpendicolare ad AB , GE ; prolunghiamo poi GE e AD fino a che essi si incontrano in Z . Tracciamo ZB . Ora $BAD=EAG$, inoltre $BAD=ZAE$ perché angoli al vertice, perciò $ZAE=EAG$.

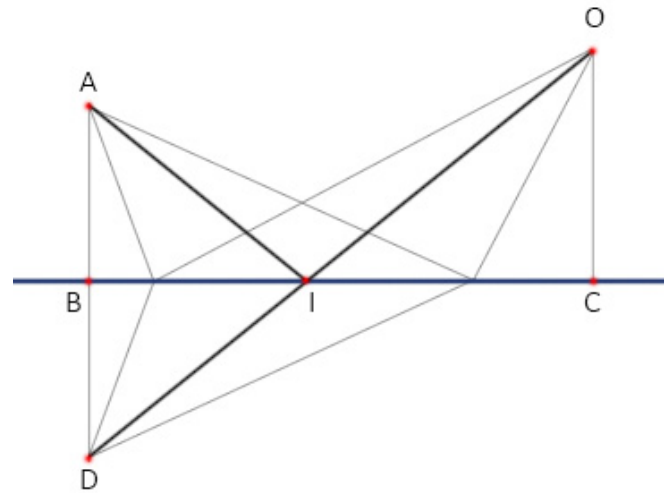


Fig. 05 – Il teorema di Erone determina che AIO è il percorso lungo il quale la luce impiega il minore tempo possibile per andare dal punto A al punto O riflettendosi sullo specchio. Poiché la velocità della luce è costante, la traiettoria del minor tempo coincide con la distanza più breve.

Dato che gli angoli in E sono retti $ZA=AG$ e $ZB=BG$. Ma $ZD<ZB+BD$ e $ZA=AG$, $ZB=BG$ perciò $GA+AD<GB+BD$. Ora $EAG=BAD$ e $EBG<EAG$, $HBD>BAD$. Perciò a fortiori sarà $HBD>EBG$.»²³ (fig.05).

Il testo di Erone indaga l'ottica e le sue suddivisioni, il problema della propagazione rettilinea della luce, la teoria relativa agli angoli d'incidenza ed alla rifrazione del 'raggio visuale', la questione degli specchi piani e convessi. Le sue trattazioni arrivano all'ideazione di vere macchine catottriche, studiate in modo sistematico e articolato, tali da creare *apparizioni miracolose*²⁴ nelle quali ci si vedeva capovolti o con tre occhi e con due nasi o con la faccia come alterata dal dolore²⁵.

Claudio Tolomeo (ca. 127 - 148 d.C.) razionalizzò compiutamente lo studio dell'ottica nella sua *Optik*²⁶ secondo la triplice struttura di ottica, catottrica e diottrica, dando ampio spazio alle teorie della riflessione della luce in specchi piani e sferici nonché della sua rifrazione nell'attraversare la superficie fra due mezzi trasparenti. Nel testo egli amplia la teoria pitagorica - euclidea della visione con elementi fisici, fisiologici e psicologici ed esprime il concet-

to "euclideo" dei raggi luminosi come emessi dall'occhio stesso, contestando l'idea dei raggi discreti e sostenendo, al contrario, un'ipotesi di continuità²⁷.

Rispetto a Euclide egli aggiunge due aspetti geometrici di notevole importanza per lo sviluppo della teoria²⁸: da un lato pone l'esistenza di un asse visivo principale, linea di riferimento fondamentale per l'intero sistema visivo, sul quale i due assi propri del cono visivo (uno per ogni occhio) devono continuamente convergere per formare una sola immagine. Dall'altro lato, egli fissa la posizione del vertice del cono ottico, cui sostituisce una piramide, nel centro di curvatura della cornea e anche nel centro della rotazione del bulbo oculare.

Il contenuto del trattato è diviso in cinque parti: la prima riguarda le relazioni tra l'occhio e la luce; la seconda le condizioni di visibilità: dimensioni, forma, colore e movimento dei corpi; la terza e la quarta parte trattano delle leggi della riflessione per specchi piani e convessi; la quinta tratta la rifrazione.

Lo studio sulla riflessione è impostato su tre principi di base ripresi dalla *Catoptrica* di Euclide. Il primo afferma che gli oggetti visti negli specchi «appaiono lungo l'estensione del raggio visivo che li raggiunge attraverso la riflessione»²⁹. In altre parole il punto - immagine sembra trovarsi sotto lo specchio lungo il prolungamento immaginario del raggio visivo che passa dal centro della vista per il punto di riflessione. Il secondo principio afferma che «questi punti particolari [i punti - oggetto] visti nello specchio appaiono sulla perpendicolare tracciata dall'oggetto visibile alla superficie dello specchio e passante per esso»³⁰. Tale retta, altrimenti detta cateto di riflessione, risulta ortogonale alla superficie dello specchio solo nel caso in cui esso sia piano, altrimenti, è normale alla tangente della superficie curva solo nel punto di riflessione. Nel caso di specchi sferici concavi o convessi tale cateto passa nel centro di curvatura e questo, non ancora noto agli antichi, è effettivamente vero solo nel caso in cui l'angolo acuto che si forma tra la retta di incidenza ed il cateto è molto piccolo. Il terzo principio sancisce infine l'uguaglianza tra l'angolo di incidenza e quello di riflessione.

L'approccio di Tolomeo alla formazione dell'immagine negli specchi concavi procede con l'individuazione di cinque casi generali dati dall'intersezione della linea

d'incidenza e il cateto: quando le due linee s'intersecano dietro lo specchio o tra l'occhio e la superficie, essa restituisce un'immagine nitida; quando le linee s'intersecano dietro l'occhio la facoltà visiva traspone l'immagine in un luogo tra l'occhio e lo specchio, dove essa appare vaga e indefinita; quando l'intersezione avviene invece nel centro della vista o possono non avviene affatto, la facoltà visiva, guidata presumibilmente dalla facoltà direttiva, traspone l'immagine sulla superficie dello specchio. Fondendosi con questa superficie e assumendone quindi il colore, l'immagine diventa indistinguibile da essa e si vede un'immagine fantasma³¹. Egli, quindi, determina la visione psicologicamente piuttosto che matematicamente testimoniando la netta priorità dell'aspetto euristico e della coerenza teorica rispetto a quella matematica nella trattazione della percezione visiva. Il testo di Tolomeo non apporta molti contributi allo studio della catottrica a livello teorico ma presenta aspetti innovativi soprattutto metodologici: dimostrando le leggi attraverso modalità sperimentali, analogamente ad Erone, avvalendosi dell'utilizzo di un cerchio graduato munito al centro di due indici, vero e proprio strumento in grado di effettuare misurazioni ottiche.

Con i testi antichi si arriva dunque ad affermare la geometrizzazione della luce con la "scoperta" della sua propagazione rettilinea che permette lo studio di fenomeni come la riflessione e la rifrazione, dando una spiegazione approssimata, ma sufficiente in molti casi, del funzionamento di specchi, prismi e lenti. Tuttavia, la "perspectiva" era ancora una contaminazione di ottica geometrica, fisica, psicologica e fisiologica.

1.3.3 Il Medioevo

Il processo di geometrizzazione della visione forniva un modello di studio del fenomeno visivo che riduceva l'occhio, inteso come punto di vista, a un'entità puntiforme e l'oggetto visto a un ente unidimensionale definente la base del cono prospettico.

Ma nel medioevo, gli studi sulla struttura dell'occhio condotti da Claudio Galeno di Pergamo³² (129 - 216 d.C.)

propongono un diverso approccio al problema, avviando un processo di separazione tra gli aspetti fisici - fisiologici della visione e quelli geometrici³³. Galeno affermava, infatti, che, affinché avvenga il fenomeno della visione, è necessaria la presenza di un agente esterno che colpisca l'occhio: un oggetto si costituisce di piccolissime unità, ciascuna delle quali emette la sua immagine in ogni direzione. La ricostruzione dell'intero oggetto avviene per rifrazione delle diverse unità all'interno della cornea, che ricostruisce l'immagine sul "sensorium", la retina. L'occhio perde dunque il carattere di vertice puntiforme di un cono prospettico (o di una piramide) e acquista volume e parti, sebbene il cristallino sia ancora ritenuto l'elemento rivelatore.

Le osservazioni anatomiche di Galeno ebbero una grande influenza nel mondo arabo che vide, nel IX secolo, la traduzione della maggior parte delle opere greche e latine di rilievo, imponendosi per tutto il Medioevo come avanguardia in campo filosofico e scientifico. Traduzioni e commentari sull'ottica furono rielaborati e la produzione greca fu arricchita con interessanti studi sulla fisionomia dell'occhio stesso³⁴. Notevoli i contributi di Al-Kindi³⁵ (800 - 873 ca.), Ibn Sahl³⁶ (940 - 1000) e Ibn Sina³⁷ (980-1037). Al primo va il merito di aver distinto razionalmente il *lumen* ed il *lux*, distinzione che assunse un ruolo fondamentale nel dibattito sul processo della visione. Egli intendeva la *lux* quale sorgente di luce, parte soggettiva, psichica e fenomenica della luce che pone l'individuo al centro del sistema, ed il *lumen* quale specie³⁸ della *lux*, riferito alla sostanza fisica ed oggettiva della luce, legata alla sua propagazione e alla sua iterazione con gli oggetti. Sebbene non vi fosse ancora una netta distinzione terminologica nei trattati del periodo, l'importanza che si attribuiva all'uno o all'altro aspetto della radiazione portarono la parte fisica della scienza della visione a occuparsi sempre più della definizione del *lumen* inteso come *species corporea*, mentre quella filosofica inserirà il dibattito sulla *lux* in quello della "metafisica della luce".

Le teorie elleniche, in particolare quelle emissioniste, avevano formato la base sulla quale i greci antichi avevano costruito l'ottica e, solo intorno all'anno 1000 d.C., lo scienziato persiano Alhazen³⁹ (965 – 1038 ca.) dimostrò il

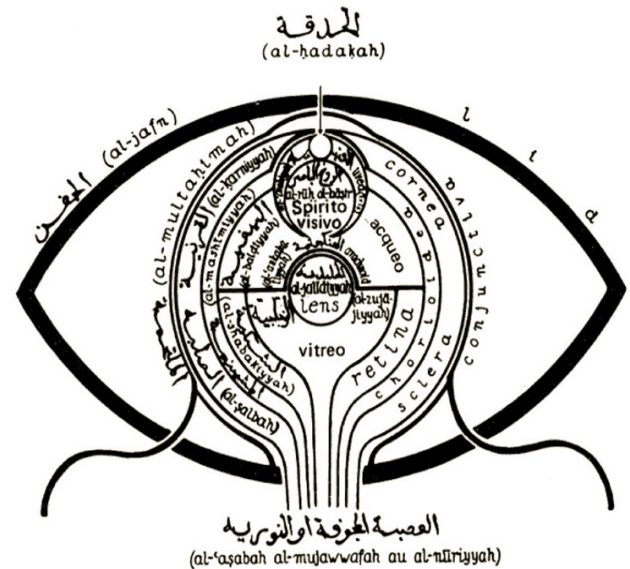


Fig. 06 – Anatomia dell'occhio, Hunayn ibn Ishaq

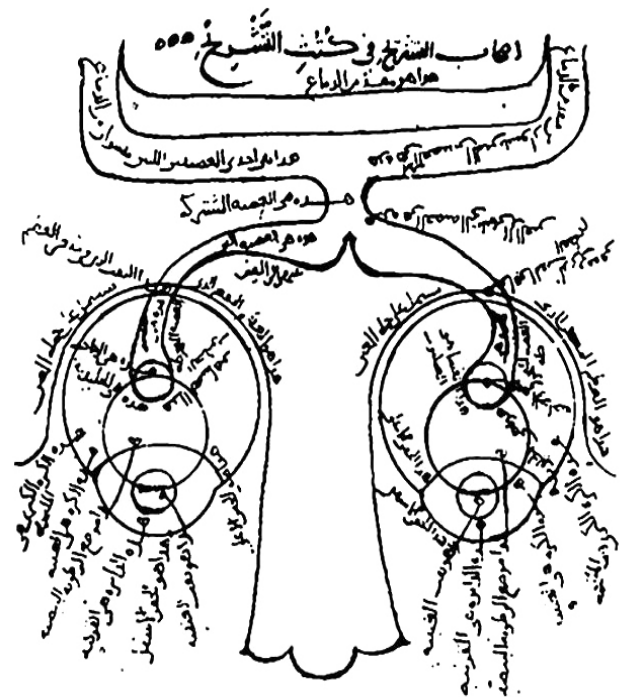


Fig. 07 – Diagramma del chiasma, "il nervo congiungente", tratto dal Kitāb al-manāzīr (Libro dell'Ottica), Alhazen.

carattere immissionista della visione⁴⁰.

Alhazen rifiutò, infatti, la teoria del raggio visuale attribuito ad Euclide e sostenne, invece, che gli oggetti visibili emettono raggi da ogni punto della loro superficie verso tutte le direzioni e che sono questi raggi a raggiungere l'occhio. Tuttavia ciò avrebbe provocato una visione confusa perché a ciascun punto dell'occhio i raggi sarebbero arrivati da ogni punto dell'oggetto. Per evitare questo problema, sostenne che soltanto un raggio tra quelli emessi da ciascun punto dell'oggetto, e cioè quello che cade perpendicolarmente sul cristallino, contribuisce alla visione, perché è più forte degli altri; i raggi che cadono obliquamente nell'occhio perdono la loro efficacia poiché rifratti. Con quest'argomento, Alhazen fu in grado di recuperare il cono visuale della tradizione dell'ottica geometrica, con la base nell'oggetto e il vertice nell'occhio e con un unico raggio proveniente da ciascun punto. Nonostante diversi equivoci e varie imprecisioni, egli si può comunque ritenere l'iniziatore dell'ottica fisiologica.

Alhazen condusse inoltre studi di grande importanza metodologica e concettuale sulla rifrazione, sul comportamento di specchi piani, convessi e concavi di forma diversa, sul potere di ingrandimento di sfere e semisfere di vetro, nonché sul funzionamento della camera oscura⁴¹. In particolare, per la catottrica, egli pose un problema detto appunto di Alhazen: trovare su di uno specchio il punto in cui la radiazione proveniente da una certa sorgente viene riflessa verso l'occhio dell'osservatore di cui si conosca la posizione. Egli lo risolse analiticamente per uno specchio sferico mediante un'equazione di quarto grado e trovò la soluzione anche con un metodo geometrico basato sullo studio di sezioni coniche. Non a caso ricostruì l'ottavo libro delle Coniche di Apollonio⁴². La nuova teoria ottica di Alhazen fu divulgata e adottata nell'Occidente latino grazie a Witelo⁴³ (1230 ca. - 1275 ca.).

L'ottica araba era riuscita a coniugare in un'unica teoria tre tradizioni scientifiche fino allora separate: le dottrine fisiche sulla propagazione della luce, le nozioni mediche di anatomia e fisiologia dell'occhio e le spiegazioni matematiche del processo visivo. Paradossalmente però, spostando il suo fondamento fisico dal flusso visivo alla radiazione di luce e colore, tese a produrre nella teoria

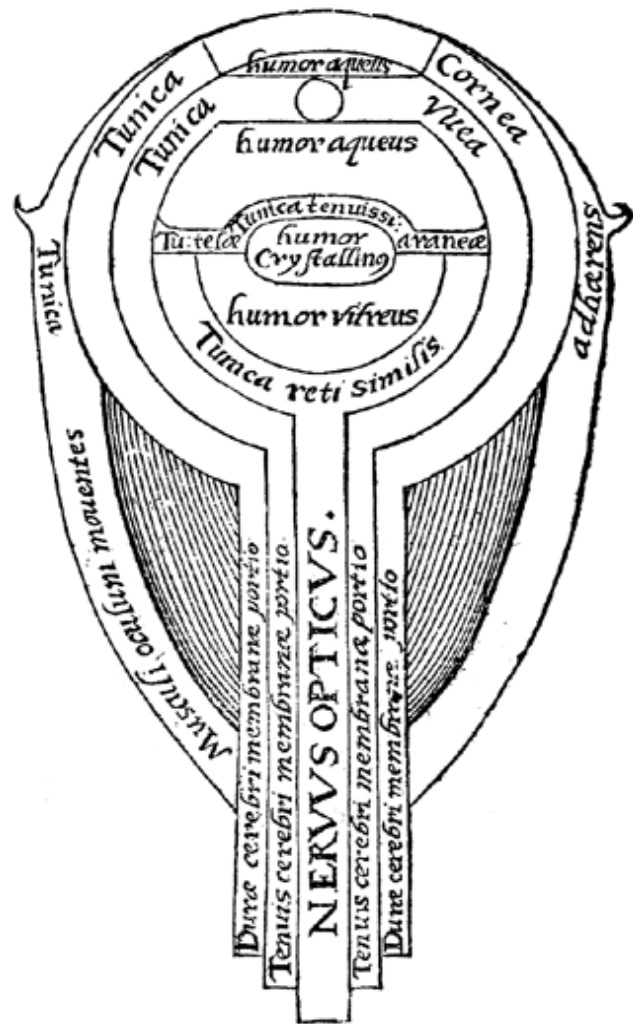


Fig. 08 – Schema dell'anatomia dell'occhio, Alhazen.

della visione una separazione tra la causa fisica e l'effetto percettivo. «È infatti un'ottica fisiologica, cioè spiega la visione mediante il funzionamento dell'organo visivo, l'occhio; inoltre si basa su dottrine metafisiche che spiegano la natura della luce da un lato e quelle gnoseologiche del conoscere visivo, dall'altro.»⁴⁴. Lo sviluppo scientifico e culturale avvenuto nel musulmano oriente non ebbe altrettanti riscontri nell'Europa cristiana dove la tradizione prevalente era quella del neoplatonismo. Il mondo filosofico diffidava di specchi, prismi e lenti in quanto restituivano una realtà diversa, ingrandita, capovolta, deformata.

Le traduzioni latine delle principali opere arabe e greche, introdotte in occidente tra il XII e il XIII secolo, ebbero una forte influenza sul dibattito filosofico e teologico ma la loro circolazione era limitata a scuole e conventi dove più che ricerca si faceva oratoria. Nel medioevo latino, i contributi principali pervengono, infatti, dall'ambiente ecclesiastico, in particolare dagli ordini mendicanti dei frati minori, i francescani, dei frati predicatori, i domenicani, e dall'ambiente universitario. «*La scienza di Alhazen si basava sulla certezza della matematica e l'esperienza diretta dei fenomeni naturali [...]. I metodi e i dettagli di questa scienza furono assorbiti dall'occidente cristiano all'interno di un contesto teologico in cui la luce veniva ad essere considerata come un'intima manifestazione della presenza razionale di Dio nel grande progetto della natura.*»⁴⁵.

Le Università ebbero un'importanza decisiva per la trasmissione delle conoscenze, organizzate nel trivio comprendente le tre arti umanistiche (grammatica, retorica e dialettica) e nel *quadrivium* annoverante le discipline attribuite alla sfera matematica (l'aritmetica, la geometria, l'astronomia e la musica). Nel 1214 venne fondata la scuola prospettica⁴⁶ di Oxford che divenne il centro delle speculazioni teoriche in molti settori, tra cui quello dell'ottica. L'università francescana portò avanti gli studi cercando di conciliare, attraverso un metodo matematico e sperimentale, le trattazioni precedenti con la concezione religiosa cristiana.

L'iniziatore di questa tradizione del pensiero scientifico nella Oxford medievale⁴⁷ fu Robert Greathead⁴⁸ (1168 – 1253). Nel trattato *De Luce* (1225-28 ca.), partendo dal concetto di “divina illuminazione” della gnoseologia francescana, egli arriva a definire una *metafisica della luce*, cercando di fondare la descrizione fisica del mondo sull'ottica geometrica⁴⁹, appropriandosi del metodo scientifico islamico. La sua metafisica fondava le basi sulle teorie di Sant'Agostino (354-430), che affiancava la luce alla grazia divina, capace di illuminare lo spirito umano. Nel *Commento ai Secondi Analitici* di Aristotele, infatti, mette in relazione ogni cosa col Creatore partendo dal concetto che *De unica forma omnium*, Dio è forma prima di tutte le cose: ogni forma esistente è, infatti, costituita da *aliquod genus lucis*, un “qualche genere di luce” in grado di auto-generarsi e auto-moltiplicarsi per manifestare se stessa e,

insieme, l'esistenza di ogni ente, di cui è forma prima. La luce, quale principio attivo della materia, ha un'azione chiamata virtù, specie o forza (*virtus, species, similitudo*) ed il suo comportamento è regolato dalle leggi dell'ottica, fondata sulla geometria. «*Egli ha fuso, in altre parole, le dottrine neoplatoniche della luce con l'ideale della scienza dimostrativa aristotelica*»⁵⁰.

La ricerca di Greathead venne portata avanti da Roger Bacon⁵¹ (1214-1294), suo studente e discepolo, che approfondì lo studio sulla riflessione e rifrazione⁵² sostenendo, tra i pochi, l'esperienza come forma di conoscenza immediata capace di confutare o meno le dimostrazioni sillogistiche. Sostenuto da Papa Clemente IV, sviluppò un progetto volto alla riorganizzazione delle scienze che trovò il suo compimento in tre tomi, l'*Opus Majus*, l'*Opus Minus*, e l'*Opus Tertium*. La parte V del primo libro, *De scientia perspectiva*, contiene un'ampia trattazione dell'ottica. Bacon affermava che la conoscenza della struttura geometrico - matematica del cosmo poteva avvenire attraverso l'ottica, in quanto le leggi che governano il diffondersi della luce sono analoghe alle leggi causali che governano tutti gli altri processi della natura. Il fondamento dell'ottica rimanda, di conseguenza, alla quarta scienza, la matematica, che Bacon considerava la vera manifestazione della Sapienza Divina.

Sia Greathead che Bacon influenzarono il pensiero di John Peckham⁵³ (1230-1292), autore di *Perspectiva Communis*⁵⁴, un trattato di ottica medievale che ebbe una larga diffusione in Europa fino alla fine del Medioevo, assieme alla *Perspectiva*⁵⁵ di Witelo. Entrambe le opere furono tra le più conosciute nel mondo latino, non tanto per l'originalità del contenuto o per l'apporto scientifico alle conoscenze del periodo, ma quanto per il loro essere veri e propri “manuali di *perspectiva*”, andando a costituire testi base d'insegnamento di questa disciplina. Vagnetti scrive infatti «*Nel complesso e giusto affermare che Witelo fu scarsamente originale, forse a causa anche del suo carattere teorico e poco sperimentalista, ma e anche giusto riconoscere a lui il merito della grande erudizione e della notevole capacità divulgativa in un'epoca in cui i libri manoscritti erano pochi e costosi, scarse le biblioteche non teologiche, inesistenti i cataloghi ed i registi. La Perspectiva dunque fu e rimane un'enciclopedia delle conoscenze*



Fig. 09 – Ambrogio Lorenzetti, *Allegoria ed Effetti del Buono e del Cattivo Governo*, Palazzo Pubblico di Siena, 1338 - 1339

tardo-medievali sull'argomento, perfettamente capace di sostituire una biblioteca specializzata del suo tempo»⁵⁶.

È alle comunità religiose, quindi, che si deve il merito prioritario di aver costituito un rapporto diretto tra interesse teorico e applicazioni operative; ed è sempre nell'ambito religioso che avvenne il passaggio tra la visione medievale e quella rinascimentale⁵⁷ attraverso il pensiero di Niccolò Cusano⁵⁸ (1401-1464), figura di transizione tra queste due visioni. Di contro al cosmo finito di Tolomeo, Cusano, infatti, argomentava un universo senza limiti di spazio e tempo, nel quale Dio è ovunque ed in nessun luogo lasciando così cadere la teoria aristotelica della centralità della terra nell'universo. È da questi presupposti che avranno vita le teorie copernicane e la nuova fisica di Galileo.

Fino al XVI secolo l'ottica geometrica si evolse lentamente, purificando sempre più la natura dei raggi da ogni struttura fisica e accentuandone il carattere geometrico; gli studi nel campo fisiologico portarono alla demolizione definitiva dei raggi emessi dall'occhio verso l'esterno. Parallelamente, nella rappresentazione pittorica si avvertivano le prime intenzioni di profondità spaziale: il piano pittorico si trasformava progressivamente in un ambiente illusorio tridimensionale, i soggetti della scena acquista-

vano volume e massa. Gli apporti più significativi nella rappresentazione dello spazio furono ad opera di Duccio da Boninsegna (1287-1318), Giotto (1297-1337) e fratelli Lorenzetti Ambrogio e Pietro (figg. 09, 10).

Ma lo sviluppo della scienza e della società moderna poté manifestarsi solo a partire dalla metà del XIV sec. dopo la caduta della civiltà feudale e delle sue idee.



Fig. 10 – Giotto di Bondone, *Legenda di San Francesco: miracolo del crocifisso*, Basilica di San Francesco, 1297-99

1.3.4 Il Rinascimento

Le mutate condizioni sociali e le nuove esigenze di mercato portarono al diffondersi di strumenti e tecniche sperimentali, favorendo una rivoluzione scientifica che prese il via nel XV sec. d.C. L'uso sempre più esteso dei mezzi di stampa permise, insieme a una divulgazione più ampia delle informazioni scientifiche, la diffusione dei principi di costruzione e di funzionamento delle varie strumentazioni. La prima edizione latina a stampa dei testi di Euclide vide la luce a Venezia nel 1482. L'interesse per la problematica visiva, prima concentrato sugli aspetti ottici, si spostò gradualmente verso le applicazioni figurative della rappresentazione grafica o pittorica, andando a distinguere la *perspectiva in naturalis* o *communis*, così come già definita nel Medioevo in riferimento all'antica scienza della visione, ed in *pingendi*, *artificialis* o *pratica*, ad indicare la prospettiva lineare geometrica.

La definizione della pratica prospettica si raggiunse attraverso le sperimentazioni di verifica svolte da Filippo Brunelleschi (1377-1446) agli inizi del XV sec. Egli risolse il problema della rappresentazione dello spazio attraverso l'intersezione dei raggi proiettanti passanti per il punto di vista, con il piano di quadro, utilizzando a questo scopo la pianta e l'alzato dell'elemento da rappresentare⁵⁹. Ben note sono le sue tavolette prospettiche di cui la prima rappresentava il Battistero di San Giovanni riproducendone l'immagine speculare di quella percepibile da un uomo posto sulla soglia di Santa Maria del Fiore, in asse con la facciata dell'edificio. Un foro a sezione tronco conica praticato sulla tavoletta consentiva, dal retro, di vedere l'immagine reale e di verificarne la perfetta coincidenza con l'immagine dipinta frapponendo tra la tavoletta e il Battistero, ad una congrua distanza, uno specchio. Lo scopo era di dimostrare la precisione di un disegno realizzato con la geometrica definizione di un punto di vista, coincidente con la posizione dell'occhio dell'osservatore. Le premesse teoriche all'esperimento si possono individuare nella parte relativa alla catottrica del trattato di Biagio Pelacani (1354-1416), *Quaestiones Super Perspectiva Communi*⁶⁰, un commentario dei precedenti testi di ottica nel quale l'autore sottolinea i rapporti proporzionali tra l'immagine

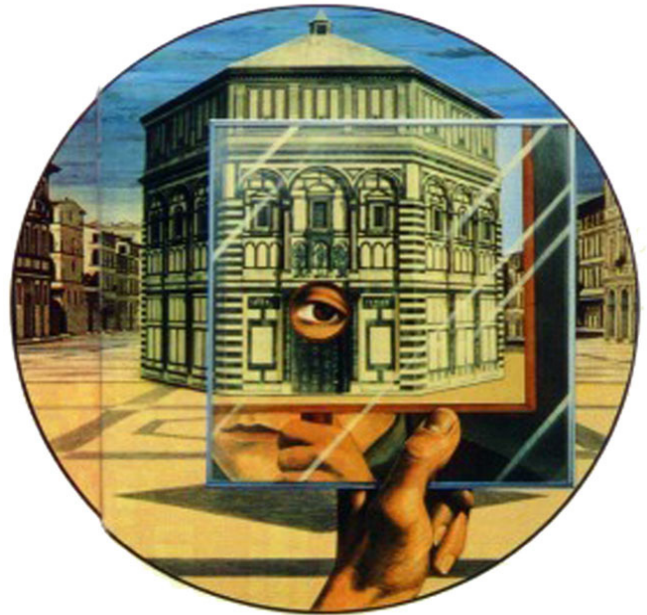


Fig. 11 – Esperimento prospettico del Brunelleschi. Immagine tratta dal libro *The Psychology of Perspective and Renaissance Art* di Michael Kubovy (1998)

riflessa e l'oggetto reale, proponendo la possibilità di una sua “restituzione” a partire dalla rappresentazione nello specchio. La Candito⁶¹ ipotizza che a indirizzare Brunelleschi sugli studi del Pelacani fu Paolo dal Pozzo Toscanelli (1397-1482), suo amico e probabile autore di un breve trattato *Della Prospettiva*⁶² che affronta la catottrica geometrica senza tuttavia apportare contributi ai precedenti studi. La *regula legitima*⁶³ non vide una trattazione autografa del Brunelleschi ma questa fu codificata e ampliata nel *De Pictura* (1435-1436, stampato nel 1511) di Leon Battista Alberti (1404-1472), secondo il procedimento semplificato del metodo della *Costruzione abbreviata*. Quello della prospettiva è, però, un argomento che occupa solo uno dei tre libri di cui si compone l'opera che affronta primariamente il tema dell'ottica. «L'esposizione albertiana della teoria ottica, così semplificata e riadattata, persegue scopi molto diversi da quelli dell'ottica medievale in quanto non si occupa della natura del processo visivo e della divina geometria della luce in sé ma piuttosto delle implicazioni pratiche, per il pittore, della piramide visiva e della sua intersezione.»⁶⁴.

Le linee di ricerca, quindi, si diramarono: da un lato, i pittori elaborarono regole per una rappresentazione verosimile della realtà; dall'altro i matematici, riprendendo le opere dell'antichità, svilupparono una ricerca che porterà alla sistemazione teorica della geometria proiettiva. L'anamorfose nascerà come verifica congiunta delle loro speculazioni. L'elaborazione di regole precise per la rappresentazione del reale e di norme codificate in trattati sistematici portò al progressivo allontanamento dalle trattazioni euristiche. L'interesse per la nuova scienza prospettica focalizzò in tale direzione la maggior parte degli studi, a discapito delle trattazioni sulla visione, rare e poco rilevanti: studi sull'ottica furono condotti anche da Leonardo da Vinci (1452-1519). Nei manoscritti C e D, rispettivamente *Sulla luce e sulle ombre*⁶⁵ e *Sull'occhio*⁶⁶, Leonardo appoggia la teoria delle "specie" e, per giustificare il meccanismo di penetrazione delle immagini nella pupilla, eseguì esperimenti con la camera oscura, ripercorrendo quelli descritti da Alhazen nel suo *De Aspectibus*. Tuttavia le sue teorizzazioni sulla visione sono spesso lacunose e confuse, molto probabilmente a causa dell'errata interpretazione dei testi antichi per la sua scarsa conoscenza del latino. Il suo interesse per gli specchi, oltre allo studio di quelli ustori, era soprattutto teso alla verifica della raffigurazione pittorica: «Quando tu vuoi vedere se la tua pittura tutta insieme ha conformità con la cosa ritratta di naturale, abbi uno specchio, e favvi dentro specchiare la cosa viva, e paragona la cosa specchiata con la tua pittura, e considera bene se il subietto dell'una e dell'altra similitudine abbiano conformità insieme. Soprattutto lo specchio si deve pigliare per maestro, intendo lo specchio piano imperocché sulla sua superficie le cose hanno similitudine con la pittura in molte parti [...]»⁶⁷. Lo specchio viene dunque inteso come uno strumento scientifico pur mantenendo la sua storica valenza di oggetto magico e misterioso.

Nell'antichità i primi specchi erano costituiti da lastre di metallo, generalmente di argento, rame o bronzo, oppure da pietre perfettamente lucidate. Con il perfezionarsi dell'arte della lavorazione del vetro si pervenne a specchi ottenuti dalla stagnatura delle superfici vitree con piombo, acciaio o altri materiali. Nel 1564 Leonardo Fioravanti (1517-1583) descrisse tali tecniche nel suo *Dello Specchio*

*di Scientia Universale Libri Tre*⁶⁸. «Lo specchio di vetro stagnato riproduceva un'immagine piuttosto imperfetta e gli amanti delle curiosità li apprezzavano soprattutto per i loro effetti ottici»⁶⁹. Nel XVI secolo, quando gli specchi in cristallo faticavano ancora a sostituire quelli in metallo, gli studi sulla catottrica videro un apporto significativo nella figura di Francesco Maurolico⁷⁰ (1494-1575), scienziato italiano che alla razionalizzazione geometrica dell'ottica dedicò quattro scritti⁷¹: *Photismi de lumine et umbra*⁷² e *De erroribus speculorum*⁷³, entrambi del 1521 ma stampati solo nel 1611, i *Diaphana*⁷⁴ del 1523 e i *Problemata ad perspectivam et iridem pertinenti*⁷⁵ del 1568. Solo le prime due opere però affrontano questioni relative alla catottrica. I *Photismi de lumine et umbra*, ricalcando l'impostazione euclidea, sono articolati in definizioni, *supposita* e teoremi nei quali s'indaga il comportamento della luce diretta e lo studio della sua riflessione. Perfezionando quanto sostenuto dall'Alhazen, l'autore affermò che ciascun punto luminoso di un oggetto invia raggi, descrivibili geometricamente, in tutte le direzioni, introducendo nella teoria ottica la nozione di raggio come ente unidimensionale e portatore del *lumen*. Non riguardando quindi la visione, l'osservatore è del tutto assente; in questo modo, egli scardinò il classico sistema di associazione fra radiazione visiva e radiazione luminosa e restituì a quest'ultima una propria autonomia e un'importanza specifica. Nella parte dei *Photismi* riguardante la riflessione, egli espone le caratteristiche degli specchi in generale (dal teorema XXIII al XXV), cui fanno seguito le leggi della riflessione (dal XXVI al XXVIII) e, infine, il comportamento della luce incidente sugli specchi sferici convessi (teorema XXIX), concavi (teoremi XXX-XXIV) e sullo specchio sferico ustorio (teorema XXXV). Maurolico individuò l'esistenza dei fuochi negli specchi concavi alla presenza di una sorgente puntiforme ma il primo tentativo di integrare i problemi della posizione del punto focale e della formazione delle immagini in uno specchio concavo è attribuito al veneziano Ettore Ausonio (ca. 1520-1570) che chiari come il punto focale di un tale specchio coincidesse con il punto in cui cambiava l'orientamento dell'immagine visibile nello specchio stesso⁷⁶. Le proprietà della riflessione furono approfondite nel *De erroribus speculorum*, nel quale Maurolico presentò, in forma discorsiva, gli "errori", appunto,

cui è soggetta l'immagine specchiata: l'alterazione (*alteratio*), l'ingrandimento (*augmentum*), la riduzione (*diminutio*), l'inversione completa o parziale (*inversio sive omnimoda, sive partialis*) e la moltiplicazione (*multiplicatio idoli*). Oltre ai sette tipi di specchi considerati (piani, sferici, cilindrici e piramidali, di cui gli ultimi tre sia concavi che convessi) viene citata un'ultima categoria, la *formae speculorum mixtae*, di cui si commenta solo la sua capacità di riprodurre infinite variazioni della stessa immagine. Le concezioni del Maurolico saranno riprese e perfezionate nel secolo successivo da Kepler.

I fenomeni dell'ottica, della catottrica e della diottrica furono trattati anche da Giovanni Battista della Porta (1535-1615) nel *Magiæ Naturalis, sive de miraculis rerum naturalium*⁷⁷. La prima edizione dell'opera vide le stampe nel 1558 e si componeva di quattro tomi; l'edizione ampliata del 1589 ne contava invece venti, trattanti argomenti quali ricette magiche, mitologia, medicina popolare, alchimia, astrologia, cosmologia, veleni, cambiamenti chimici dei metalli, distillazione, colorazione del vetro, proprietà magnetiche, cosmetici, polvere da sparo, crittografia e ottica. L'intera opera si proponeva di essere un compendio enciclopedico del sapere dell'epoca, impostato su una lettura alchemica della realtà piuttosto che su di una conoscenza scientifica esatta⁷⁸: alcuni capitoli dei primi libri della *Magiæ Naturalis* sono dedicati alle spiegazioni ottiche di fenomeni meravigliosi, i cosiddetti fenomeni di *incantationes* o illusione visiva. Nel libro XVII dell'opera ampliata, dedicato alla riflessione speculare, Della Porta introduce *l'arte degli specchi*⁷⁹. Egli descrisse le deformazioni delle immagini (*error*) in diretta dipendenza con la forma degli specchi, riferendosi a esse anche come *phantasma*, fantasma, o, più frequentemente, come *allucinatio*, allucinazione, ma esaminò anche come ottenere ingrandimenti di lettere e come sia possibile vedere oggetti sospesi in aria combinando uno specchio piano e uno concavo. Lo stesso specchio concavo fu integrato nel sistema della camera oscura per il raddrizzamento dell'immagine sulla scia degli studi che avevano già interessato Aristotele e, dopo di lui, il matematico arabo Alhazen, lo scienziato olandese Reinerus Gemma Frisius, e lo stesso Leonardo. La trattazione sullo specchio ustorio parabolico è invece

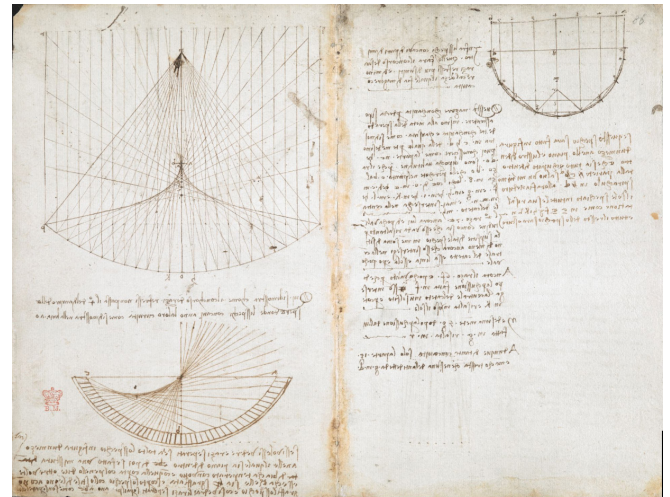


Fig. 12 – Studio sulle caustiche per specchi concavi, Leonardo da Vinci, Codice Arundel, 1478-1518, foglio 86r.

DE CATOPTRICIS. 167
 exarauimus, vt diximus de plano, poterimus longissime literas mittere, & quia in infinitum diximus, facile vsque ad Lunam mittitur, præcipue quum suo lumine adiuuetur.

Speculum ustorium ex pluribus sphaeralibus sectionibus componere. CAP. XVIII.

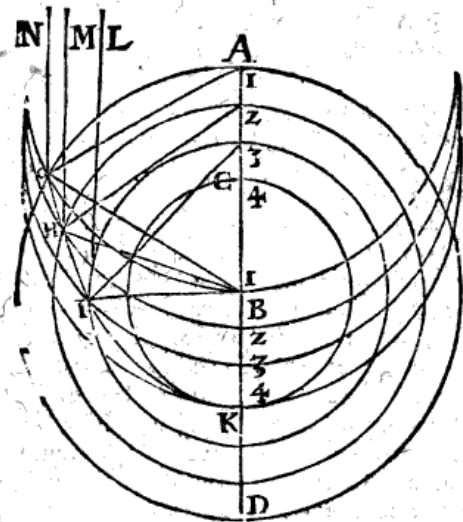


Fig. 13 – Studio sugli specchi ustori, Giambattista della Porta, *Magiæ Naturalis, sive de miraculis rerum naturalium*, 1558

ripresa in un trattato del 1551, *De speculo ustorio, ignem ad propositam distantiam generante, liber unicus* di Oronco Fine⁸⁰ (1494-1555). Della Porta non introdusse novità rispetto alle trattazioni precedenti ma rilevò le possibilità di utilizzo dello specchio singolo o di sistemi riflettenti complessi per creare “effetti magici” capaci di stupire l'osservatore che ne ignorava il meccanismo. Fu proprio per la sua inflessione verso le pratiche magiche che fu indagato per stregoneria da parte dell'Inquisizione e più volte censurato.

Di simile impostazione è il trattato *Compendiosa introductione alla prima parte della specularia* del 1582 di Raffaele Mirami che tratta e spiega le illusioni ottiche dei vari tipi di superfici riflettenti allo scopo di eludere gli inganni di quella che era nota come la Catoptromanzia, l'arte della divinazione con gli specchi. «Dicono che gli Specchi appresso alcuni furono Hieroglifico della verità, imperoché scoprono ogni cosa che s'appresenta loro innanzi, come è costume della verità, che non può essere occulta. Altri, in contrario, presero gli specchi come simbolo della falsità, poiché il più delle volte ci mostrano le cose altrimenti di quelle che sono»⁸¹. Si ritiene che Mirami abbia introdotto in Italia gli orologi solari a specchi⁸² e la meridiana a riflessione⁸³, influenzando la futura opera di personaggi come Kircher, Maignan e Bonfa⁸⁴.

1.3.5 Dal Seicento ad oggi

Nel Seicento l'ottica era diventata uno dei rami più complessi delle scienze matematiche e le sue conoscenze si andarono affinando sotto l'aspetto teorico e pratico. Le ricerche sulle nuove teorie della visione contribuirono a influenzare da un lato, l'ottica geometrica e i studi, condotti grazie all'impiego di “nuove” strumentazioni quali camera oscura, cannocchiali e telescopi; dall'altro l'ottica fisica e le sue sperimentazioni sulle proprietà della luce, come l'interferenza, la diffrazione, la doppia rifrazione e la polarizzazione.

Johannes Kepler (1571-1630) emerse in tale contesto fondando quella che ad oggi si considera l'ottica geometrica

moderna⁸⁵. La sua prima opera riguardante l'argomento fu il saggio *Ad Vitellionem Paralipomena*⁸⁶ che vide le stampe nel 1604. «Da un lato, Ronchi, Crombie e Straker hanno sostenuto che Keplero ha presentato un'ottica radicalmente nuova partendo da quella prospettica medievale; Lindberg, d'altra parte, ha trattato l'ottica di Keplero della *Paralipomena* come il vertice dell'ottica medievale⁸⁷.»⁸⁸. Nel testo si spiegano i meccanismi della visione affermando che un corpo luminoso è costituito da un aggregato di punti che fungono da vertici di coni di raggi, *radii*, che entrano nella pupilla dell'occhio. Lo stimolo luminoso, istantaneo come la propagazione della luce, avviene quindi nel fondo dell'occhio stesso, la retina, dove ha vertice un secondo cono formato dai raggi rifratti dal cristallino. Grazie ai suoi studi anatomici, Kepler paragonò il funzionamento dell'occhio a quello di una camera oscura. In analogia con qualunque dispositivo ottico, infatti, la pupilla era assimilata al foro d'ingresso, l'umore cristallino a una lente posta davanti al foro e la retina allo schermo della camera⁸⁹. In tal modo, la formazione dell'immagine era capovolta ma la ricostituzione del corpo luminoso e la sua localizzazione sarebbero state compito della mente e, di conseguenza, campo di studio dei medici, piuttosto che degli astronomi. Affrontò anche il problema della visione binoculare e dimostrò come la posizione dei punti irradianti derivi dalla convergenza delle visuali degli occhi mediante una triangolazione (*triangolo distanziometrico*); in questo modo egli descrisse e giustificò la generazione delle immagini virtuali da parte di specchi piani. La sua trattazione unitaria delle coniche ed in particolare lo studio della posizione dei fuochi, comprendeva un'intuitiva introduzione del concetto di “punto all'infinito”, anticipando l'impostazione che trent'anni più tardi sarà di Desargues. I risultati raggiunti in quest'opera passarono però quasi inosservati ai suoi contemporanei.

Le altre sue opere sono dedicate alla rifrazione, di cui il *Paralipomena* tratta le lenti solo in forma di occhiali; nella *Dioptrice*⁹⁰ del 1611 viene esposta, invece, la teoria del telescopio ed illustrata la prima versione del cannocchiale astronomico o kepleriano a due lenti convesse, ripreso da quello galileiano. Kepler dimostrò inoltre che sulle superfici sferiche i raggi riflessi non convergono in un punto focale, ma piuttosto sulla cosiddetta superficie caustica⁹¹.

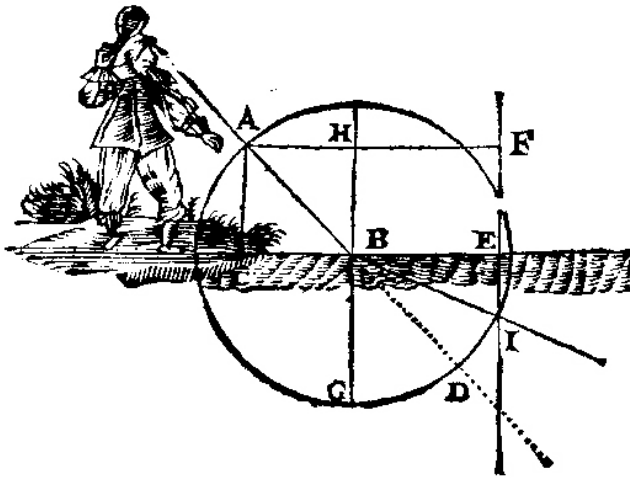


Fig. 14 – Studio sulla rifrazione, René Descartes, *Dioptrique*, 1637

Del fenomeno della rifrazione era noto che, nel passaggio da un mezzo meno denso a uno più denso, il raggio rifratto si avvicina alla normale n tracciata alla superficie di separazione dei due mezzi e che nel passaggio inverso il raggio rifratto si allontanava da tale perpendicolare. Già Tolomeo aveva riscontrato delle regolarità negli angoli d'incidenza e riflessione sintetizzate nella legge: $i / r = \text{cost}$, valida solo per $i = 15^\circ$, ma la descrizione esatta del fenomeno fu esposta da Willebrord Snell⁹² (1580-1626) nel 1621. Il matematico risolse il problema sperimentalmente senza pubblicarlo tanto che la legge di Snell è altresì nota come legge di Descartes o legge di Snell-Descartes, poiché, nel 1637, René Descartes⁹⁴ (1596-1650) la pubblicò nella *Dioptrique*⁹⁵. Tale legge, valida in generale solo per mezzi isotropi, individua un rapporto costante tra i seni degli angoli d'incidenza e rifrazione, chiamato indice di rifrazione: $\sin i / \sin r = \text{cost}$ (fig. 14). Il testo di Descartes si propone di «essere comprensibile a tutti senza omettere o supporre cosa alcuna che dovrebbe essere nota per la conoscenza di altre scienze»⁹⁶. Per questo, nell'introdurre la rifrazione, egli spiega prima la riflessione facendo un'analogia meccanica tra la luce e una palla che, lanciata con una racchetta, rimbalza sul terreno⁹⁷, arrivando a dedurre l'uguaglianza tra l'angolo d'incidenza e quello di riflessione. Nella trattazione sulle lenti per la correzione della vista, egli intuì che la forma iperbolica, parabolica,

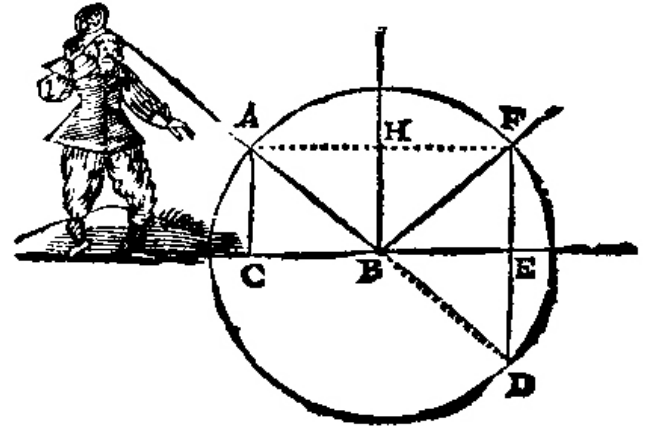


Fig. 15 – Studio sulla riflessione, René Descartes, *Dioptrique*, 1637

ellittica o dei cosiddetti *ovali di Cartesio*⁹⁸ della superficie di lenti poteva correggere le aberrazioni sferiche e quindi direzionare i raggi in un unico punto ma le sue teorie non trovarono un riscontro pratico per l'incapacità tecnologica di realizzare una molatura di precisione. Nel Seicento ma anche nel Settecento, infatti, l'ottica sperimentale si avvaleva ancora di strumenti di modesta qualità. Specchi di vario tipo, lenti, prismi, poliedri di vetro, fessure regolabili e diaframmi erano spesso montati su precari piedistalli o impernati su rudimentali banchi ottici. Lasciava inoltre ancora molto a desiderare la qualità del vetro, spesso non omogeneo, leggermente colorato e ricco di bolle.

Il famoso principio detto *principio di minor tempo*, la cui prima formulazione risale ad Erone d'Alessandria, fu enunciato da Pierre de Fermat (1608-1665) in polemica con le ipotesi formulate da Descartes sulle velocità relative nei diversi mezzi. In tale principio si dichiarava che il percorso scelto dalla luce per andare da un punto A ad un punto B è quello del cammino ottico minimo. Tale tragitto dipende dalla posizione dei due estremi rispetto alla superficie di separazione tra i due mezzi e non dal verso di percorrenza. Questo aspetto del principio di Fermat sancisce la reversibilità dei cammini ottici. Il principio consentiva inoltre di spiegare sia le leggi sulla riflessione sia quelle sulla rifrazione. Riguardo alle prime, Fermat, partendo

dalla contestazione alle spiegazioni avanzate da Descartes sull'analogia della palla da tennis con assai poco rigore a suo parere, si limitò da individuare un differente sistema di assi per la determinazione del movimento della luce ricadendo in un assurdo del problema: Descartes, nella sua analogia con il moto di una palla, suddivide il vettore AB nelle sue componenti orizzontale AF e verticale AC, ricavando che l'angolo $ABC = EBF$; Fermat, di contro, considera un segmento AF non parallelo al segmento CB. In tal modo egli ricava un angolo $ABC < EBF$, smentendo la logica del matematico francese (Fig.15).

Come scrisse Geymonat, la maggioranza degli studiosi dell'epoca era convinta «che soltanto la visione diretta fosse in grado di far cogliere l'effettiva realtà»⁹⁹. Fu proprio dall'osservazione diretta che il gesuita italiano Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) notò l'influenza del diametro delle fenditure sulle caratteristiche delle immagini proiettate nella camera oscura e sulla generazione di colorazioni spettrali. Conducendo una serie di sperimentazioni dal carattere decisamente moderno, riportò per primo il fenomeno della curvatura della luce quando passa vicino alla superficie degli oggetti in un'opera postuma¹⁰⁰ nel 1665: «*Lumen aliquando per sui communicationem reddit obscuriorem superficiem corporis aliunde, ac prius illustratam.*»¹⁰¹. Egli definì il fenomeno "diffrazione" sebbene Newton e altri preferissero il termine "inflexione" e suppose un comportamento ondulatorio della luce osservato anche da Robert Hooke (1635-1703) nel 1672. La teoria ondulatoria della luce fu tuttavia legittimata solo nel 1678¹⁰² da Christiaan Huygens (1629-1695), in diretta opposizione alla teoria corpuscolare di Isaac Newton (1642-1727), secondo cui la luce sarebbe composta da particelle in moto, le quali obbedirebbero alle leggi della Meccanica¹⁰³. La differenza fondamentale tra i due modelli consiste nel fatto che in quello ondulatorio la luce (il *lumen*), come anche il suono, è intesa come un impulso che produce onde trasmesse attraverso un mezzo elastico, l'etere, mentre in quello corpuscolare essa viene interpretata come un insieme di particelle in movimento molto veloce. Il confronto tra le due teorie si risolse soltanto nel corso del XIX secolo con la spiegazione ondulatoria di tutti i fenomeni ottici noti all'epoca, quando gli esperimenti sull'interferenza

condotti da Thomas Young (1773-1829) e da Augustin Jean Fresnel (1788-1827) dimostrarono che la luce è, in effetti, un'onda trasversale, cioè un movimento oscillatorio in grado di giustificare fenomeni quali la rifrazione, la diffrazione e l'interferenza. Entrambi i modelli invece, sia quello ondulatorio sia quello corpuscolare, giustificavano le leggi della riflessione: nel primo le onde di cui la luce si compone rimbalzano nel momento d'urto sulla superficie; nel secondo sono le particelle a subire il rimbalzo secondo un urto elastico che fa invertire la velocità ortogonale conservando la velocità tangenziale. In virtù di tale urto il corpuscolo (o l'onda) viene riflesso formando un angolo di uguale a quello di incidenza.

La natura ondulatoria della luce, assimilata nella teoria dell'elettromagnetismo nel 1861 James Clerk Maxwell (1831-1879), è, ad oggi, pienamente affermata: la radiazione luminosa è intesa come un'onda elettromagnetica e tutte le sue proprietà sono interpretabili in termini di campi elettrici e magnetici oscillanti; poiché tale oscillazione può avvenire anche nel vuoto, il concetto di "etere" può considerarsi superato.

1.4 Principi geometrici dell'ottica e della catottrica

La descrizione dei meccanismi geometrici che regolano le costruzioni anamorfiche di tipo catottrico si basano sulle leggi della riflessione messi a punto da secoli di studi sull'ottica geometrica. Come si è visto, quest'ultima impone un modello d'interpretazione della luce che approssima il suo comportamento ad un segmento di retta - il singolo raggio di luce - che ha la direzione di propagazione del fronte d'onda. Tre sono i principi generali sui quali l'ottica geometrica si fonda:

- Principio della propagazione rettilinea della luce: in un mezzo omogeneo la luce si propaga lungo traiettorie rettilinee;
- Principio dell'indipendenza dei raggi luminosi: quando due raggi luminosi s'intersecano lungo le loro traiettorie, rimangono immutate le loro direzioni e le loro intensità;
- Principio dell'invertibilità del cammino ottico: qualunque sia il percorso di un raggio luminoso tra un

punto A e un punto B dello spazio (ossia qualunque sia il tipo e il numero dei mezzi trasparenti e riflettenti interposti tra A e B), il percorso del raggio luminoso sarà sempre lo stesso, sia che il raggio abbia origine nel punto A, sia che abbia origine nel punto B, sicché il senso del suo percorso può sempre essere invertito, tanto nell'esperienza reale quanto nel ragionamento ipotetico.

In tale modello il raggio che incontra un secondo mezzo devia il proprio cammino dividendosi in uno riflesso, che torna a propagarsi nel mezzo originario, ed in uno rifratto, che si propaga nel secondo mezzo. Sia la riflessione sia la rifrazione hanno la capacità di deviare il cammino dei raggi luminosi quindi entrambi i fenomeni comportano la formazione di immagini di punti - o di oggetti - intendendo con il termine immagine un punto dello spazio nel quale convergono i raggi luminosi provenienti dal punto reale dato. Lo studio della riflessione è oggetto della catottrica, una branca dell'ottica geometrica, e distingue l'immagine di un punto in immagine reale o virtuale. L'immagine reale di un punto corrisponde in senso proprio alla definizione data di immagine e si individua sulla superficie riflettente; l'immagine virtuale corrisponde invece ad un punto virtuale, per l'appunto, nel quale sembrano confluire i raggi e si individua, generalmente, al di là delle superfici riflettenti.

Per lo studio delle immagini che si vengono a creare alla presenza di uno specchio, si applicano due leggi fondamentali cui è soggetta la riflessione:

- Il raggio incidente, la perpendicolare alla superficie riflettente nel punto d'incidenza e il raggio riflesso sono complanari, cioè giacciono tutti nello stesso piano;
- L'angolo che il raggio incidente forma con la normale n alla superficie riflettente, condotta nel punto d'incidenza è uguale all'angolo formato tra il raggio riflesso e la perpendicolare stessa. In scrittura matematica $i=r$.

Nell'applicare tali leggi al caso degli specchi piani si vede come essi formano una immagine virtuale di una sorgente puntiforme nel punto simmetrico della sorgente rispetto allo specchio (fig.16). Siano SP e SQ due raggi emanati da S riflessi verso P' e Q' . Dopo aver tracciato la perpendicolare SH si prolunghi $P'P$ sino in S' e si osservi che il trian-

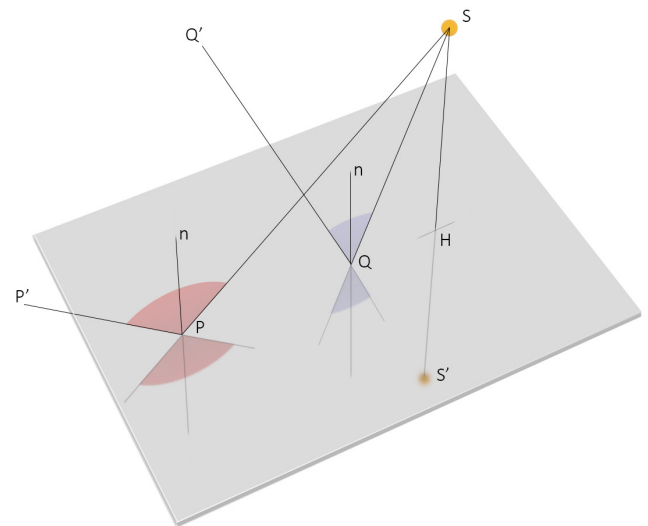


Fig. 16 – Riflessione sugli specchi piani; l'immagine virtuale della sorgente puntiforme S si forma nel punto simmetrico della sorgente S' rispetto allo specchio.

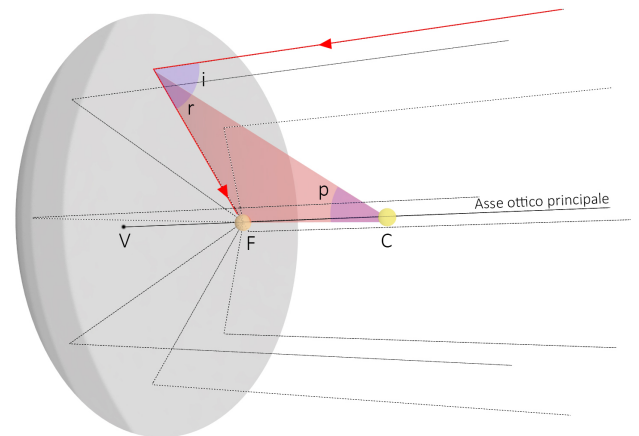


Fig. 17 – Riflessione sugli specchi piani; l'immagine virtuale della sorgente puntiforme S si forma nel punto simmetrico della sorgente S' rispetto allo specchio.

golo $SS'P$ è diviso da PH in due triangoli congruenti (due angoli retti e due angoli congruenti perché complementari di angoli congruenti per effetto della legge). Ne segue che $SH=S'H$. Ma il ragionamento fatto vale identicamente per SQ e dunque S' non dipende dal particolare raggio perché SH è fissato univocamente. Ne consegue che tutti i raggi

riflessi se vengono prolungati al di là dello specchio sembrano provenire da uno stesso punto. Il punto S' è immagine virtuale di S .

Secondo il principio del minimo cammino, fissato S e preso nello stesso semipiano un generico punto P' , la luce che colpisce P' provenendo da S segue il cammino più breve possibile tra S e P' passando per lo specchio. La dimostrazione, fondata sulla disuguaglianza angolare, è quella data da Erone prima e da Fermat poi. La riflessione da parte degli specchi piani produce pertanto delle immagini virtuali degli oggetti secondo una simmetria assiale; di conseguenza l'immagine virtuale ha le stesse dimensioni dell'oggetto reale e non subisce fenomeni di distorsione.

Uno specchio curvo è generalmente costituito da una porzione di calotta sferica e può essere concavo o convesso. Si definisce concavo quando presenta la superficie riflettente rivolta verso il centro di curvatura e presenta la caratteristica di ingrandire le immagini; è, al contrario, convesso, se presenta la superficie riflettente rivolta in senso contrario al centro di curvatura e tende a ridurre le immagini.

L'asse ottico principale si definisce quale la retta passante per il centro di curvatura dello specchio e il centro geometrico della calotta sferica, individuata in un punto V vertice dello specchio. Negli specchi parabolici, la cui curva deriva appunto da un paraboloide di rotazione, l'asse ottico è la retta perpendicolare alla direttrice e passante per il fuoco. Il *fuoco* è il punto giacente sull'asse ottico in cui gli specchi tendono a mandare i raggi che arrivano paralleli al loro asse. L'apertura dello specchio curvo è individuata dall'angolo formato dai raggi che congiungono il centro di curvatura con i punti estremi dello specchio. L'immagine virtuale di una sorgente puntiforme in uno specchio curvo, concavo o convesso, si individua tracciando un primo raggio passante per il centro di curvatura C dello specchio - raggio che si riflette su se stesso essendo, per costruzione, perpendicolare alla tangente nel punto d'incidenza - ed un secondo parallelo all'asse ottico - raggio che si riflette con angolo uguale a quello incidente passando per il fuoco F . L'immagine virtuale corrisponderà al punto d'intersezione dei due raggi così tracciati.

In linea generale tre sono le casistiche in cui si può intercorrere secondo la relazione che sussiste tra l'oggetto e

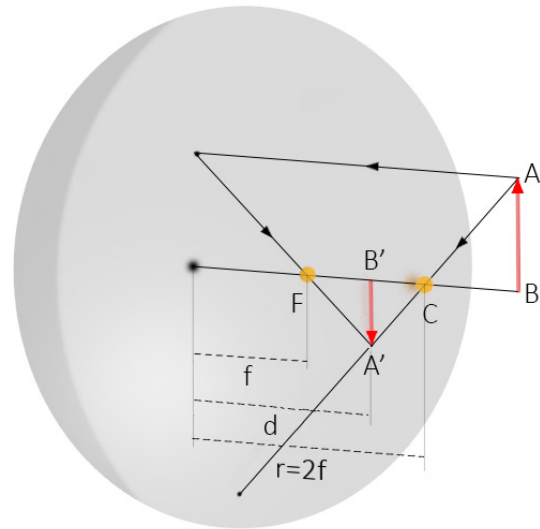


Fig. 18 – Primo caso di riflessione sullo specchio curvo concavo: dato l'oggetto alla destra del centro C , l'immagine virtuale dell'oggetto, rimpicciolita e capovolta, si formerà tra il centro ed il fuoco ad una distanza d dal vertice dello specchio.

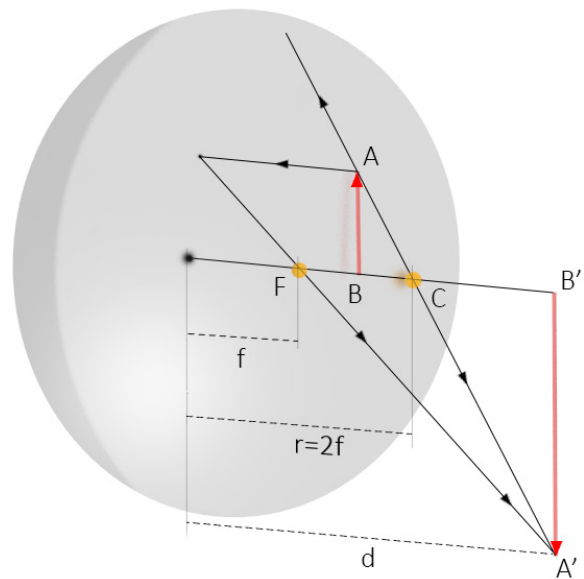


Fig. 19 – Secondo caso di riflessione sullo specchio curvo concavo: dato l'oggetto tra il fuoco F ed il centro C , l'immagine virtuale dell'oggetto, ingrandita e capovolta, si formerà oltre il centro di curvatura C dello specchio.

la superficie specchiante: se l'oggetto si trova alla destra del centro C si forma un'immagine virtuale rimpicciolita e capovolta dell'oggetto (fig.18); se l'oggetto si trova tra il fuoco F e il centro C si forma un'immagine virtuale, ingrandita e capovolta dell'oggetto (fig.19); se l'oggetto si trova tra il vertice V e il fuoco F si forma un'immagine virtuale e ingrandita dell'oggetto alla sinistra del vertice V (fig.20). La distanza focale f e la distanza dell'oggetto reale dallo specchio contribuiscono a definire posizione e natura dell'immagine riflessa.

Per specchi di piccola apertura vale la relazione definita dei punti coniugati: $1/p + 1/q = 1/f$ dove indichiamo con p la distanza dell'oggetto dal vertice V , con q la distanza dell'immagine dal vertice V e con f la distanza focale, ossia la distanza del fuoco F dal vertice V , seguendo la convenzione per cui è positiva la distanza di tutto ciò che sta davanti allo specchio ed è negativa la distanza di tutto ciò che sta dietro lo specchio. Secondo questa convenzione la distanza p risulta sempre positiva e, per $q > 0$ l'immagine è reale, per $q < 0$ l'immagine è virtuale; per lo specchio concavo, la distanza focale sarà $f > 0$, mentre per lo specchio convesso $f < 0$. L'ingrandimento lineare G può definirsi come il rapporto tra le dimensioni dell'immagine e quelle dell'oggetto $G = h_i/h_o$. Tale fattore d'ingrandimento può essere riscritto in termini delle distanze p e q come $G = q/p$; è quindi sufficiente conoscere p e q per determinare l'ingrandimento o il rimpicciolimento l'oggetto posto davanti allo specchio.

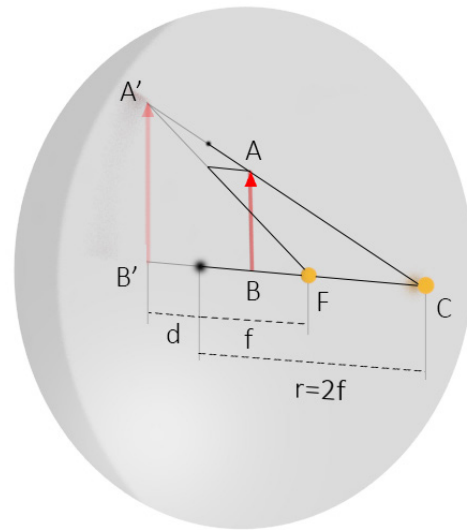


Fig. 20 – Terzo caso di riflessione sullo specchio curvo concavo: dato l'oggetto tra il vertice ed il fuoco F , l'immagine virtuale dell'oggetto, ingrandita e dritta, si formerà dietro lo specchio.

Note

1. Per una più approfondita analisi sull'argomento etimologico si rimanda a Vagnetti Luigi, *De naturali et artificiali perspectiva*, Studi di Architettura, Lef, Firenze 1979.
2. Cfr. Lucio Russo, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano 1998 [1996¹].
3. Cfr. David C. Lindberg, *Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*, University of Chicago Press, Chicago 1976.
4. Il testo è una compilazione di Teone d'Alessandria (IV sec. d.C.), tradotto in latino nel 1254 e stampato per la prima volta nel 1557. Tra le varie edizioni Egnazio Danti, 1573; Heiberg, 1895; Ovio, 1918; Incardona, 1996.
5. Precedenti ad esso, si ha testimonianza solo di un trattato di Aristotele (384 – 322 a.C.) andato perduto. Se ne cita anche uno di Filippo d'Opunte, allievo di Platone. Vedi Linda M. Napolitano Valditara (a cura di), *La sapienza di Timeo: riflessioni in margine al Timeo di Platone*, Vita e Pensiero, 2007, p.369.
6. Cfr. Giuseppe Ovio, *L'Ottica di Euclide*, Hoepli, Milano 1918.
7. Euclide, *op. cit. Premessa*, I - II.
8. «E che le cose viste sotto angoli più grandi appaiono più grandi, quelle viste sotto angoli più piccoli più piccole, uguali quelle viste sotto angoli uguali». Euclide, *op. cit., Premessa*, IV.
9. La divisione organica delle scienze applicate fu fatta da Gemino nel I sec.a.C: egli fu il primo a considerare la catottrica come parte dell'ottica. Cfr. Lucio Russo, *La rivoluzione dimenticata: Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli Editore, Milano 2001 [1996¹], p.220.
10. Cristina Candito, *Il disegno e la luce*, Alinea, Firenze 2010, p. 19
11. *De Speculis* nella versione latina, conosciuto in 52 manoscritti, a dimostrazione della larga diffusione avuta in epoca medievale. Si è consultata la versione del 1573 di Egnazio Danti, *La prospettiva di Euclide: nella quale si tratta di quelle cose che per raggi diritti si veggono & di quelle che con raggi riflessi nelli specchi appariscono*, prima traduzione italiana dell'opera.
12. Gli studi di I. L. Heiberg e di A. Lejeune hanno dimostrato che la prima opera, attribuita ad Euclide, è in realtà una tarda compilazione e rielaborazione da assegnare, con molta probabilità, a Teone d'Alessandria, autore della già ricordata 'recensione' dell'*Ottica* di Euclide. Non si può escludere però che questo trattato possa contenere anche elementi dell'originaria opera di Euclide. Cfr. Albert Lejeune, *Euclide et Ptolémée deux stades de l'optique géométrique grecque*, Bibliothèque de l'Université, Louvain 1948.
13. Sebbene Apuleio (125 – 170 circa) in *Apologia o Pro se de ma-*
gia liber testimoni l'esistenza di una Catottrica di Archimede del III secolo a.C., tale testo non è mai pervenuto.
14. *I raggi si riflettono ad angoli pari, tanto negli specchi piani, come anco ne' rotondi e ne' concavi*. Egnazio Danti, *op. cit.*, p. 80.
15. Egnazio Danti, *op. cit.*, pp. 77, 78.
16. Euclide, *Catottrica*, teoremi XVII, XVIII.
17. Il problema dell'immagine del punto è trattato anche da Gilberto Govi nell'introduzione che fa a *L'Ottica di Claudio Tolomeo*, G B Paravia, Torino 1885.
18. Tra cui Cassio Dione Cocceiano (155 – dopo il 229) nel XV libro della Storia romana, i bizantini Giovanni Zonara e Giovanni Tzetzesca ed altri autori.
19. Galeno, *De temperamentis*, III.
20. Chiamato anche Erone il Vecchio, fu un matematico e meccanico greco, autore anche della *Pneumatica* e della *Automatica* dove descrive il funzionamento di diverse macchine.
21. L'opera, del I secolo d.C., ci è pervenuta tramite una traduzione di età medievale di un testo greco in latino dal titolo *Ptolemaei de speculis*, probabilmente compendiato e frammentato. Nella traduzione di Guglielmo di Moerbeke il testo fu attribuito a Tolomeo. Nel 2001 Alexander Jones ha messo in dubbio anche questa attribuzione, preferendo indicare l'autore come Pseudo-Erone. Cfr. Giovanna R. Giardina, Erone di Alessandria, *Le radici filosofico-matematiche della tecnologia applicata*, CUECM, 2003.
22. Erone, *Catottrica*, ed. Nix-Schmidt 1901, Proposizione IV.
23. Erone, *Catottrica*, ed. Nix-Schmidt 1901, Proposizione II.
24. Benjamin Goldberg, *The mirror and the men*, Marsilio, Venezia 1985.
25. «est autem per ipsa videre posterius apparentes et se inversos et super capitales habentes tres oculos et duos nasos luctis instar dispersis partibus faciei» Erone, *Catottrica*, ed. Nix-Schmidt 1901, p. 318.
26. L'opera risulta composta di cinque libri di cui il primo libro e parte del quinto sono andati perduti mentre gli altri ci sono pervenuti grazie ad una traduzione latina medievale dal testo arabo a sua volta tradotta dal greco. Si veda Albert Lejeune, *Euclide et Ptolémée deux stades de l'optique géométrique grecque*, Bibliothèque de l'Université, Louvain 1948; David C. Lindberg, *Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*, University of Chicago Press, Chicago 1976, p. 15; Gilberto Govi, *L'ottica di Claudio Tolomeo*, Paravia, Torino 1885.
27. La visione per raggi discreti di Euclide porterebbe infatti ad un

- assurdo: se la visione avviene per singoli raggi, essi incidono in singoli punti ma, essendo il punto adimensionale, non si genererebbe alcuna visione.
28. Si veda Daniele Calisi, *Luce ed ombra nella rappresentazione. Rilettura storica e sperimentazioni eidomatiche*, Tesi di Dottorato in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo. <<http://padis.uniroma1.it/handle/10805/1047>> [01/11/2012]
29. Claudio Tolomeo, *Optiké*, III, 3.
30. Claudio Tolomeo, *op.cit.*, III, 3.
31. Cfr. A. Mark Smith, *Ptolemy's Theory of Visual Perception: An English Translation of the Optics With Introduction and Commentary*, American Philosophical Society, 1996.
32. Medico e filosofo greco. Cfr. Fabio Bevilacqua and Maria Grazia Iannello, *L'ottica dalle origini all'inizio del '700*, Loescher, Torino 1982.
33. Galeno di Pergamo, *De placitis Hippocratis et Platonis*,
34. Si veda Maria Teresa Monti, *Teorie della visione e problemi di percezione visiva nell'età moderna*, FrancoAngeli, Milano 1996; Vasco Ronchi, *Storia della luce*, Laterza, Bari 1983; David Park, *Natura e significato della luce*, Macgrow Hill, Milano 1998; Richard Feynman, *La strana teoria della luce e della materia*, Adelphi, Milano 1989.
35. Abū Yūsuf Ya'qūb ibn Ishāq al-Kindī, latinizzato in Alchindi, filosofo e scienziato arabo autore di *De visu*, sull'ottica, e di un trattato sugli specchi ustori. Fu il primo commentatore di Aristotele in arabo.
36. Abū Raihan Mohammad Ibn Ahmad Ibn Sahl Al Biruni, matematico persiano alla corte di Bagdad, autore di un trattato sugli strumenti ustori ha compiuto decisivi progressi sulla rifrazione.
37. Abū 'Alī al-Ḥusayn ibn 'Abd Allāh ibn Sīnā, latinizzato in Avicenna, scienziato e filosofo.
38. Con la parola *specie* si intende l'effetto indotto nell'organo di senso e nelle virtù sensibili interne all'anima da una forza esterna naturale, cioè dalla luce e dal colore.
39. Abū 'Alī al-Hasan ibn al-Hasan ibn al-Haytham, latinizzato in Alhacen o Alhazen.
40. *De Visu* (Kitāb al-Manāzīr), trattato composto da sette tomi di cui il primo dedicato alla fisiologia dell'occhio ed alla natura della luce, il secondo all'ottica propriamente detta, il terzo alle illusioni ottiche, dal quarto al sesto alla catottrica ed il settimo alla diottrica.
41. Di fatto Alhazan non realizzò il dispositivo, i cui principi fondamentali furono enunciati successivamente da Roger Bacon.
42. Apollonio di Perga (262 - 190 a.C), matematico greco conosciuto come "il Grande Geometra". *Le Coniche* erano scritte in otto libri, di cui i primi sette furono tradotti dal greco in arabo da due diversi studiosi arabi nel IX secolo, mentre l'ottavo è andato perso.
43. Erazmus Ciolek Witelo, latinizzato in Vitellione, Vitellio o Vitello, monaco, filosofo e matematico polacco. La sua *Perspectiva* fu in gran parte basata sull'opera di Alhazen.
44. Graziella Federici Vescovini, *Studi sulla prospettiva Medievale*, G. Giappichelli, Torino 1965.
45. Martin Kemp, *La scienza dell'arte: prospettiva e percezione visiva da Brunelleschi a Seurat*, Giunti Editore, Firenze 1994, p. 36.
46. Così come definita da Candito, *op. cit.*
47. Vedi Alistair Cameron Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science: 1100-1700*, Oxbow Books, Oxford 1953, pp. 116, 117.
48. Italianizzato in Roberto Grossatesta o Grosseteste, Cancelliere all'Università di Oxford e Vescovo di Lincoln, teologo, scienziato e statista.
49. Vedi Luigi Borzacchini, *Il computer di Ockham*, Edizioni Dedalo, Bari 2010, p.276.
50. Graziella Federici Vescovini, *Le teorie della luce e della visione ottica dal IX al XV secolo: studi sulla prospettiva medievale e altri saggi*, Morlacchi Editore, Perugia 2003, p.10.
51. Chiamato "Doctor Mirabilis" presso l'Università di Parigi, nel 1277 fu imprigionato a vita dal Padre generale dei Francescani, Gerolamo di Ascoli, in quanto, gli elementi antiaristotelici ed alcune tesi relative all'astrologia furono condannate come eretiche.
52. Gli viene attribuito il merito di aver descritto il funzionamento delle lenti quali strumenti di ingrandimento e per correggere la presbiopia.
53. Detto "Magister perspective" o "Archiepiscopus Cantuariensis", francescano ed Arcivescovo di Canterbury, insegnante all'Università di Parigi.
54. Compilato tra il 1277 e il 1279, si divide in tre volumi, rispettivamente sull'Ottica, sulla Catottrica e sulla Diottrica.
55. L'opera, riassuntiva del pensiero ottico - prospettico fino ad allora sviluppato, si compone di dieci libri con studi dedicati alla Catottrica, riguardante gli specchi piani e curvi, ed alla Diottrica. Ebbe una notevole diffusione e si conoscono anche due edizioni stampate a Norimberga nel 1535 ed a Basilea nel 1572. Quest'ultima porta il titolo *Opticae thesaurus* e comprende anche l'opera di Alhazen, essendo in realtà poco più che un commento ad essa.

56. Luigi Vagnetti, *De naturali et artificiali perspectiva*, Studi di Architettura, Libreria Editrice Fiorentina, Firenze 1979, p. 186.
57. Cfr. Karl-Heinz Volkmann-Schluck, *Niccolò Cusano: la filosofia nel trapasso dal Medioevo all'età moderna*, Morcelliana, Brescia 1993.
58. Noto anche come Nicola Cusano o Niccolò da Cusa, teologo della Chiesa di Roma, Cardinale e Vescovo di Bressanone.
59. La testimonianza dei suoi esperimenti è data dai suoi contemporanei e da diverse fonti tra cui la cronaca (1475) di Antonio di Tuccio Manetti, allievo e biografo di Brunelleschi.
60. Mss. Biblioteca Laurenziana e Ashburnham 1042; ed. moderna: Blasius de Parma; Graziella Federici Vescovini; Joël Biard; Orsola Rignani; Valeria Sorge and Riccado Bellé, *Questiones Super Perspectiva Communi*, Vrin, Paris 2009.
61. Candito, *op.cit.*, pp. 38, 39.
62. Paolo dal Pozzo Toscanelli, *Della Prospettiva*, 1460 circa; ed. moderna: Alessandro Parronchi (a cura di), *Della Prospettiva*, Il Polifilo, Milano 1991.
63. Definizione coniata da Heinrich Ludwig nel suo *Trattato di Pittura di Leonardo da Vinci*. Vedi Ludwig Heinrich, *Das Buch von der Malerei*, Braumüller, Vienna 1882.
64. Martin Kemp, *op.cit.*, p. 32.
65. Cfr. Manlio Brusatin and Vittorio Mandelli, *Leonardo da Vinci, Codice C*, Abscondita, Milano 2006.
66. Cfr. Donald S. Strong, *Leonardo da Vinci on the Eye*, Garland Pub, New York 1979.
67. Leonardo da Vinci, *Trattato della pittura*, Parte terza: *De' vari accidenti e movimenti dell'uomo e proporzione di membra*, p. 402, *Come lo specchio è il maestro de' pittori*.
68. Leonardo Fioravanti, *Dello specchio di scientia universale libri tre*, Gli heredi di Marchio Sessa, 1583.
69. Sabine Melchior – Bonnet, *Storia dello specchio*, Dedalo, Bari 2002, p. 28.
70. Per la bibliografia completa e la consultazione delle opere si veda il "Progetto Maurolico" condotto dal Dipartimento di Matematica dell'Università di Pisa <<http://www.maurolico.unipi.it>> [01/12/2012]
71. Le opere sono note in quattro manoscritti, dei quali uno autografo, contenente i soli *Diaphana*, e gli altri apografi, e in due testi editi a stampa: *Photismi de lumine et umbra, Diaphanorum partes, seu libri tres, Problemata ad perspectivam et iridem pertinentia*, Tarquinio Longo, Napoli 1611, siglum S10; *Theoremata de lumine et umbra, Diaphanorum partes, seu libri tres, Problemata ad perspectivam et iridem pertinentia*, Bartolomeo Vincenzio, Lione 1613, siglum S11.
72. Maurolici, *Photismi de lumine...*
73. Testo di una sola pagina contenuto in Mariolici, *op. cit.*, p.30.
74. *Diaphaneon seu transparentium libellus*, pubblicato per la prima volta a Napoli nel 1611 in un unico *libellus* distinto in due *partes* datate 1523, cui seguono aggiunte e correzioni variamente datate, più una terza parte, autonoma dalle precedenti, redatta tra il 1553 ed il 1554, con le correzioni e le aggiunte relative alle prime due parti. L'opera si divide in tre libri rispettivamente relativi alla rifrazione in generale con tutti i suoi fenomeni, all'arcobaleno e all'anatomia dell'occhio.
75. L'opera ha una struttura a *questiones*, domande, secondo classico metodo d'insegnamento medievale d'ispirazione aristotelica. Il testo autografo figura nell'*Index lucubrationum* manoscritto Par. Lat. 7466 pubblicato in Marshall Clagett, *The Works of Francesco Maurolico*, in *Physis*, XVI, 1974, pp. 148-198.
76. Ettore Ausonio, *Theorica speculi concavi sphaerici*, 1592-1601. Sarà Galileo a decretare il riconoscimento dell'identità del "*punctum inversionis*" (il punto in cui l'immagine, in uno specchio concavo, è ingrandita al massimo) con il punto di combustione dello specchio ustorio sotto l'incidenza dei raggi paralleli del sole. Cfr. Dupré Sven, *Ausonio's mirrors and Galileo's lenses: the telescope and sixteenth-century practical optical knowledge*, In *Galilæana*, vol. 2, 2005, pp. 145 - 180.
77. Giovanni Battista della Porta, *Magiæ Naturalis, sive de miraculis rerum naturalium libri IV*, Napoli, 1558, trad. it. *De i miracoli et maravigliosi effetti della natura prodotti*, Venezia, 1560.
78. Una terza edizione dell'opera, la *Taumatologia*, rimase incompiuta a causa della dipartita dell'autore.
79. Cfr. Laura Balbani, *La ricezione della Magia Naturalis di Giovan Battista Della Porta. Cultura e scienza dall'Italia all'Europa*, in *Bruniana & Campanelliana*, V, 2, 1999, pp. 277-303.
80. O Oronce Finé; in latino, Orontius Finnaeus or Finaeus; in italiano Oronzio Fineo.
81. Raphale Mirami, *Compendiosa introduzione alla prima parte della specularia*, Appresso gli heredi di Francesco Rossi & Paolo Tortorino compagni, Ferrara 1582, p.5.
82. L'invenzione degli orologi solari a riflessione è attribuita a Copernico che ne realizzò un esemplare, il più antico conosciuto, nel castello di Olsztyn in Polonia nel 1520 circa.
83. Di cui gli si riconosce l'invenzione. Cfr. Ariel Toaff, *Il prestigiatore di Dio: avventure e miracoli di un alchimista ebreo nelle corti*

del Rinascimento, Rizzoli, Milano 2010.

84. Cfr. Cristina Candito, *Il disegno delle tavole astronomiche del collegio romano*, in *Atti del IX Convegno nazionale della Società Italiana di Archeoastronomia*, Firenze, 2009.

85. Cfr. Vasco Ronchi, *Storia della luce*, Laterza, Bari 1983.

86. Johannes Kepler, *Ad Vitellionem Paralipomena quibus Astronomiae Pars Optica traditur*, Claudius Marnius & heirs of Joannes Aubrius, Frankfurt 1604. Opera comunemente nota come *Optica*, si divide in due parti: la prima dedica cinque capitoli alla natura della luce, ai fondamenti della riflessione, alla localizzazione delle immagini, alla misura della rifrazione e al meccanismo della visione; la seconda, suddivisa in sei capitoli, vede l'applicazione dei principi ottici all'osservazione astronomica.

87. Si riporta, per completezza, la nota al testo: Ronchi, Vasco. *The Nature of Light: An Historical Survey*. Translated by V. Barocas. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1970, pp. 78-109; Crombie, A.C. 'The Mechanistic Hypothesis and the Scientific Study of Vision: Some Optical Ideas as a Background to the Invention of the Microscope' in *Historical Aspects of Microscopy*, edited by S. Bradbury and G. L'E. Turner, 3-112. Cambridge: W. Heffer & Sons Ltd., 1967; Straker Stephen Mory. 'Kepler's Optics: A Study in the Development of Seventeenth Century Natural Philosophy.' Ph. D., Indiana University, 1971, pp. 480-523; Lindberg, David C. *Theories of Vision: From Al-Kindi to Kepler*. Chicago London: The University of Chicago Press, 1976, pp. 178-208.

88. Sven Dupré, *Galileo, the Telescope, and the Science of Optics in the Sixteenth Century: a case study of instrumental practice in art and science*, Paleis der Academiën, Brussel 2001, p.17.

89. Al contrario, la tradizione ottica medievale assegnava all'umore cristallino la funzione di "recettore" visivo. David C. Lindberg, *The Science of Optics*, in *Science in the Middle Ages*, The Chicago University Press, Chicago 1978, pp. 338 - 368.

90. Johannes Kepler, *Dioptrice seu Demonstratio eorum quae visui et visibilibus propter conspicilla non ita pridem inventa accidunt*, Augsburg, 1611. Fu ristampato a Londra nel 1653 e nel 1683.

91. Per approfondimenti si veda il paragrafo successivo.

92. Willebrord Snell van Royen (o Roijen). Matematico, astronomo e fisico olandese. Il suo nome latinizzato, secondo l'uso umanistico, è Willebrordus Snellius, che è quello col quale vennero pubblicate tutte le sue opere.

93. Cfr. David Park, *Natura e significato della luce*, McGraw-Hill, Milano 1998.

94. Louis René Des Cartes, Renatus Cartesius nella forma latina,

Renato Cartesio in quella italiana. Filosofo e matematico francese considerato il padre della geometria analitica e della filosofia moderna, i cui inizi si fanno coincidere con la nascita del razionalismo. 95. L'attribuzione della scoperta della legge è controversa: Descartes dichiara di pervenirvi secondo un procedimento diverso da quello di Snell sebbene la spiegazione fisica che ne dà è condotta in un linguaggio spesso assai oscuro e controverso. Tal cosa ha indotto a pensare che si sarebbe limitato a modificare la legge di Snell costruendone poi, a posteriori, la dimostrazione. Ora si accetta in linea di massima che l'idea sia stata elaborata autonomamente da Thomas Harriot, intorno al 1600, da Snell verso la metà degli anni Venti del secolo e, all'incirca nello stesso periodo, da Descartes stesso. Cfr. Alan E. Shapiro, *La Rivoluzione Scientifica I Domini Della Conoscenza Ottica in Storia della Scienza*, Treccani, 2012 <<http://www.treccani.it/enciclopedia>>

96. René Descartes, *La Dioptrique en appendice de son Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher, Leyde, 1637*, p.5

97. Di tale analogia già si erano serviti Tolomeo, Alhazen, Bacon e Kepler. Cfr. Federici Vescovini. *Le teorie della luce...*

98. Descritti nel libro II della *Geometrie* come il luogo di punti per i quali è costante la somma della distanza dal primo fuoco e della doppia distanza dal secondo fuoco: $s1 + s2 = cost$.

99. Ludovico Geymonat, *Galileo Galilei*, Einaudi, Torino 1984 (1962¹), p. 60.

100. Francesco Maria Grimaldi, *Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride*, Bononiae, 1665.

101. «A volte una luce, a causa del suo modo di diffondersi, rende più oscura la superficie di un corpo che prima era stata illuminata da un altro luogo - da un'altra sorgente.» Grimaldi, *op. cit.*, Propositio XXII.

102. La teoria ondulatoria fu formulata in quell'anno ma vide le stampe solo nel 1691 nel *Traité de Lumiere Leiden*, Netherlands: Pieter van der Aa e ripresa nel *Traité de dioptrique* del 1703, pubblicato postumo.

103. La teoria fu pubblicata nell'*Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light* del 1704, che vide una traduzione latina nel 1706 e due edizioni successive, ampliate, nel 1717 e nel 1721. Il testo si divide in tre libri: il primo tratta della rifrazione, della dispersione, dell'analisi e ricomposizione dei colori; il secondo riguarda lo studio e l'interpretazione degli effetti oggi detti di interferenza; il terzo è dedicato interamente all'"inflexione".

1.5 La rappresentazione anamorfica

1.5.1 Introduzione

L'anamorfose è, in pratica, una prospettiva centrale e lineare¹ che si proietta, però, rispetto all'osservatore, su piani inclinati o superfici complesse. Questa forma di rappresentazione quindi nasce in linea diretta dagli studi prospettici e, più specificatamente, da quelle aberrazioni laterali dovute all'allontanamento dell'oggetto reale dal centro di osservazione. Il sistema prospettico basato sulla pratica di una distanza preordinata tra l'occhio e l'oggetto viene allo stesso tempo confermato e scardinato: se è vero che la rappresentazione trova coerenza solo dal punto di vista predisposto, è altrettanto vero che l'osservatore viene intenzionalmente posto fuori da tale punto ed invitato alla ricerca, implicando un movimento nello spazio ed una iterazione attiva con l'opera. Il modello prospettico è applicato fino ai suoi limiti più estremi, fino all'apparente perdita dell'essenza formale dell'immagine rappresentata. Il problema di una collocazione storica esatta della distorsione anamorfica si presenta complesso da un punto di vista metodologico: a livello empirico si era creato già nelle chiese bizantine medioevali nel tentativo di rappresentare il Cristo Pantocratore ed era già stato affrontato, ad esempio, nello studio delle ombre, ma la teoria delle deformazioni prospettiche iniziò a svilupparsi solo dal Rinascimento². Nel Cinquecento, infatti, la scienza dell'arte prospettica assunse una propria autonomia, definendo un campo di studio differente da quello dell'ottica, ma stringendo, dall'altro lato, un nuovo e profondo legame con l'arte figurativa.

Il passaggio dalla fase sperimentale e intuita alla sistematizzazione scientifica fu sancito proprio dal *De Pictura* di Leon Battista Alberti (1404-1472). Il testo riportava per

la prima volta teorizzato il procedimento scientifico che consentiva ai pittori la resa della terza dimensione nel piano e i cui i fondamenti ottici erano spiegati attraverso l'idea della piramide visiva avente vertice nell'occhio dell'osservatore - punto matematico - e dell'angolo sotteso, nell'occhio, dall'oggetto osservato. La visione monoculare, esemplificazione in un modello matematico così impostato, ricevette molte critiche nel corso della storia, superate dalla moderna concezione - affermata da Panofsky³ - che la rappresentazione prospettica non mirava a riproporre fedelmente l'immagine visiva. Per verificare poi la correttezza di una prospettiva in cui due quadrati avevano un solo vertice in comune (tema della quadratura di un piano), l'Alberti suggeriva di tracciare la diagonale che doveva, di norma, essere comune a tali vertici. Questa costruzione di verifica servì da ispirazione per il metodo prospettico basato sull'uso dei punti di distanza; quest'ultimo venne impostato⁴ nel *De prospectiva pingendi*⁵ di Piero della Francesca (1420 ca. -1492), il primo trattato organico redatto sulla questione specifica della rappresentazione prospettica⁶. «*La pictura contiene in sè tre parti principali, quali diciamo essere disegno, commensuratio et colorare. [...] De le quali tre parti intendo tracta[re] solo de la commensuratione, quale diciamo prospectiva, mescolandoci qualche parte de disegno perciò che senza non se po dimostrare in opera essa prospectiva*»⁷. Alla proposizione XII del secondo libro, egli mostra un'apparente contraddizione tra la rappresentazione ottenuta dall'applicazione delle regole prospettiche e i principi dell'ottica euclidea: date delle grandezze uguali poste equidistanti le une dalle altre lungo una linea parallela alla linea di terra - come in un colonnato visto frontalmente - ,

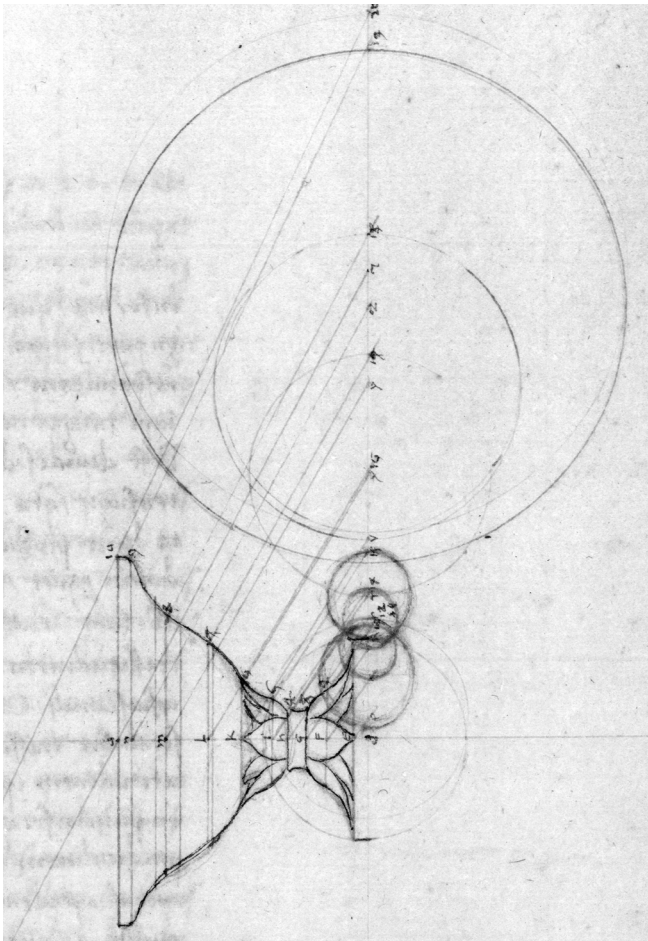


Fig. 12 – Prospettiva di un rinfrescoioo, Piero della Francesca, *De Prospectiva Pingendi*, foglio 105

quella più lontana sarà rappresentata più grande di quella vicina sebbene percepita dall'occhio sotto un angolo più piccolo al contrario di quanto affermato da Euclide, come sottolinea lo stesso autore, nella quarta proposizione del primo libro dell'*Ottica*. Della Francesca però non suggerisce un rimedio alle cosiddette aberrazioni marginali, al contrario «*Io intendo di dimostrare così essere e doversi fare ...*». Nonostante vi fosse cognizione di tali aberrazioni però, la scelta artistica cadeva sempre nell'ambito della normalità prospettica e della sua verosimiglianza.

Egli diede un nuovo contributo nell'anticipazione dei successivi sviluppi artistici esponendo un metodo per lo studio prospettico delle forme basato sulla "proiezione per

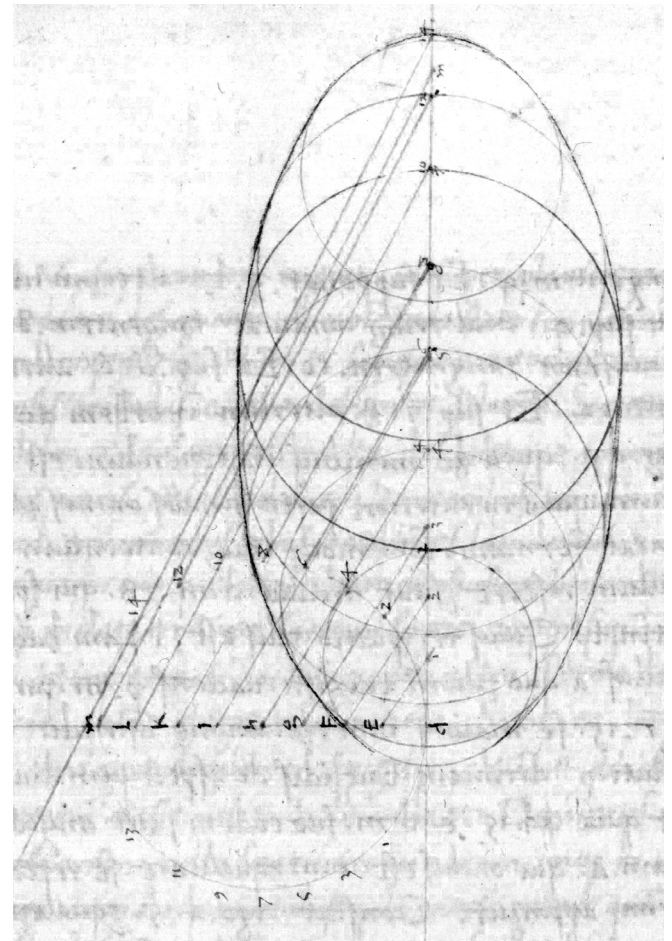


Fig. 13 – Prospettiva di una sfera, Piero della Francesca, *De Prospectiva Pingendi*, foglio 103b

trasformazione" mediante l'impiego di piante e prospetti. In particolare, nell'ultima parte del trattato, prese in considerazione il problema della rappresentazione di «*corpi che paressero elevati su una superficie piana posta sopra o sotto lo spettatore e osservata obliquamente*», applicandolo ad un anello appeso, un "rinfrescoioo" con piedistallo (fig.12) e ad una sfera⁸; la trasformazione di quest'ultima, tramite la proiezione dei raggi principali del contorno proprio come fosse l'ombra -, è un'ellisse che alcuni associano all'uovo cosmico della Pala di Brera⁹ (fig.13).

La questione della trasformazione per proiezione fu affrontata in termini differenti da Albrecht Dürer per il proporzionamento d'iscrizioni su di una parete verticale¹⁰ - o

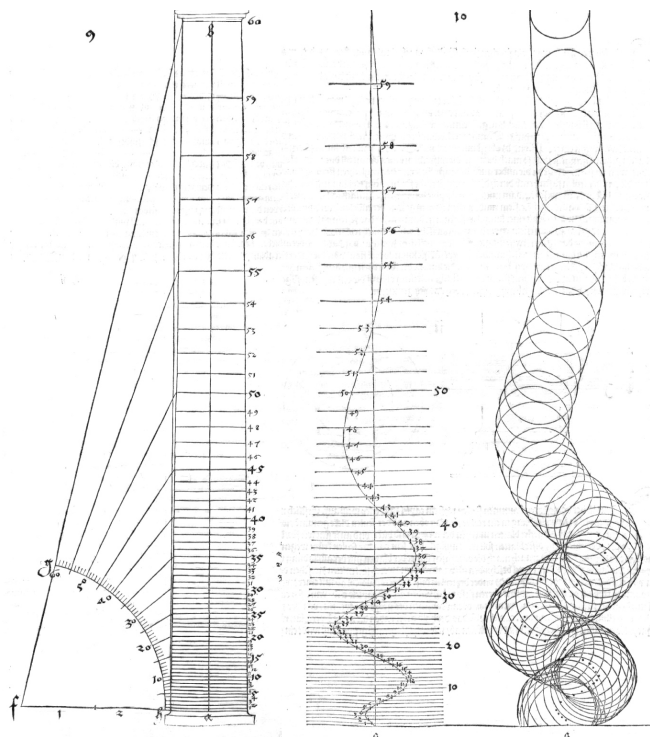


Fig. 14 – Proporzionamento di una colonna tortile, Albrecht Dürer, *Underweysung der Messung*, tavole 9, 10.

per la rettifica ottica di una colonna tortile - (fig.14): osservate da un preciso punto di vista, vicino alla base del muro, le lettere diversamente proporzionate sottendono lo stesso angolo e quindi appaiono della stessa grandezza. Il problema della cosiddetta prospettiva rallentata¹¹, già posto da Plato intorno al 235 in relazione alle correzioni ottiche architettoniche, corrispondeva alla proporzionale diminuzione dell'angolo visivo rispetto all'incremento della distanza dall'occhio ed avrà largo seguito nelle trattazioni prospettiche¹², anche in relazione al tema dello scorcio. Quest'ultimo, infatti, iniziava ad assumere caratteri di specifica rilevanza nella pittura italiana ed il suo studio, ineludibilmente condotto in relazione alla posizione dell'oggetto e quella dell'osservatore, iniziò a prevedere l'applicazione della prospettiva curvilinea: la misura delle grandezze era presa sull'arco di cerchio che rappresentava la base del cono visivo con vertice nell'occhio¹³. Tale proporzionamento per angoli è illustrato, ad esempio in un'incisione tratta dal Libro V del *Codice Huygens* (ca. 1570),

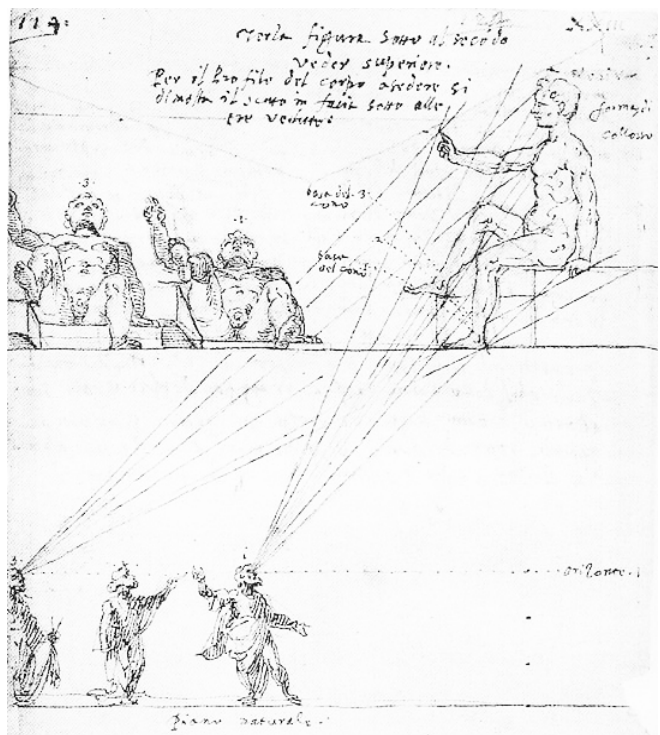


Fig. 15 – Restituzione prospettica di un gigante dal basso vero l'alto, *Codice Huygens*, 1570 circa, attribuito a Carlo Urbino.

il cui autore è oggi identificato in Carlo Urbino da Crema¹⁴ (ca. 1525-1585) (fig.15) o nel *La Vraye science della portraicture* (1571) di Jean Cousin (1522-1594).

La comprensione del significato degli angoli e dei raggi visuali costituì la base per il successivo sviluppo delle rappresentazioni anamorfiche in cui l'immagine originale e quella proiettata condividono, appunto, lo stesso angolo e gli stessi raggi visuali.

L'incongruenza tra il modello ottico e quello prospettico, dovuta alla conformazione sferica del campo visivo, fu intuita già dall'Alberti¹⁵ ma trovò forma compiuta solo in seguito con Leonardo. Quest'ultimo risolse il problema attraverso l'uso della funzione euclidea che rapportava l'apertura dell'angolo visuale alla grandezza percepita dell'oggetto. La possibilità di interpretare le deformazioni come un'esatta costruzione prospettica dall'insolita posizione del quadro fu intuita, secondo Pedretti¹⁶, dallo stesso Leonardo che dedicò un capitolo del *Codice Arundel* alla

“invenzione” dell’anamorfosi: «*Macquesta tale invenzione chosstrignie il veditore asstare ne chollochio a uno spiracholo e allora da tale spiracholo si dimosterra bene. Ma perche molti ochi sa battano a vedere au medesimo tempo una medesima opera fatta con tale arta esso lo undi quegli vede bene lufitio di tal pressperctiva ollialtri tutt[i] resstani confusi. E glie dunque daffuggire tal presspetiva chonposta e attenersi alla senplicie la qual non voluedre pariete in iscrorto ma pui in propria forma chessia possibile*»¹⁷.

A conferma di tale teoria, nel sesto libro del *Trattato dell'arte de la pittura, scultura ed architettura* (1584), Giovanni Paolo Lomazzo (1538-1592) fa riferimento a due pitture anamorfiche eseguite da Leonardo, appellate come *prospettive inverse*, una rappresentante una zuffa tra un drago e un leone, l'altra avente come soggetto dei cavalli¹⁸.

Per la prima di queste opere Pedretti propone una datazione addirittura anteriore al 1480, precedente alle due piccole deformazioni anamorfiche rappresentati un volto ed un occhio¹⁹ (fig.16), sempre leonardiane, individuate come le prime della produzione figurativa anamorfica e datate approssimativamente 1515²⁰. Nonostante la natura sperimentale dei suoi schizzi, la presenza di alcuni piccoli segni verticali sulla palpebra dell'occhio lasciano supporre un primo tentativo di individuare delle leggi proporzionali per la loro costruzione²¹. Gli esperimenti di Leonardo con l'anamorfosi sembrano derivare dalla sua indagine sulle aberrazioni laterali e di relazione tra la *perspectiva naturalis* (ottica) e la *perspectiva artificialis* (costruzione legittima). Leonardo diventa sempre più consapevole di come la prospettiva dei pittori sia vulnerabile alle distorsioni visive poiché la percezione ottica della superficie dipinta bidimensionale contrasta con quella del dipinto se il punto di

vista prospettico non è fissato o controllato. «*Un problema che lo riguardava era la disgiunzione tra la percezione laterale in prospettiva “naturale” e la rappresentazione laterale in prospettiva “artificiale” [...]. Quindi, se un quadro è conforme troppo bene le regole della prospettiva artificiale può essere visto solo da un unico punto di vista fisso o immobili. Da ogni altro punto di vista gli oggetti in primo piano posti ai limiti del piano del quadro appariranno distorti in prospettiva “naturale”.*»²².

C'è quindi una differenza molto sottile tra le aberrazioni della prospettiva lineare, generalmente indesiderate, e le distorsioni planari regolarmente costruite che prendono di diritto il nome di anamorfosi.

1.5.2 Le prime costruzioni euristiche

Dopo i disegni leonardiani, il primo e più celebre esempio di anamorfosi è rappresentato dal teschio dipinto ne *Gli Ambasciatori* del 1533 di Hans Holbain il Giovane²³ (1497-1543) (figg. 17, 18). Di poco posteriori sono le incisioni di Erhard Schön (1491-1592), allievo del Dürer, la cui prolifera produzione include i cosiddetti *vexierbild*²⁴, quadri con segreto, raffigurazioni anamorfiche in cui erano inseriti, per accentuarne lo spaesamento, scene e dettagli apprezzabili frontalmente (fig.19). Accanto a queste “doppie rappresentazioni”, si pongono anche opere interamente anamorfiche: largamente diffusi sono i ritratti di Carlo V (1533), di Ferdinando I, Francesco I, Carlo V, Papa Paolo III - sempre ad opera dello Schön datati 1535 circa - e di Edoardo VI - realizzato da William Scrots nel 1546 -. «*Dopo il 1500 l'abilità degli artisti italiani di sfruttare la prospettiva per una magnifica varietà di effetti illusionistici presenta una strana sproporzione rispetto all'esigua*



Fig. 16 – Anamorfosi di un volto e di un occhio, Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, foglio 35 v, 1515 ca., Biblioteca Ambrosiana, Milano.



Figg. 17, 18 – Anamorfose di un teschio, Hans Holbein il Giovane, *Gli Ambasciatori*, dettaglio, 1533



Fig. 19 – Erhard Schön, Vexierbild con i ritratti di Carlo V, Ferdinando I, Papa Paolo III e Francesco I, 1535.

quantità di scritti sull'argomento, almeno fino alla seconda metà del secolo»²⁵. La scarsa produzione figurativa superstita si pone, infatti, in anticipo rispetto alla trattatistica, prevalentemente prospettica italiana, che ne menziona la tecnica.

Un primo riferimento compare nei *Commentari* di Egnazio Danti (1536-1586) de *Le Due regole della Prospettiva Pratica* del Vignola (1507-1573), redatto in un periodo compreso tra il 1530 e il 1545 ma la cui pubblicazione è solo del 1583.

Nella parte relativa all'esplicazione della prima regola, il Danti dedica due brevi paragrafi alla tecnica anamorfica²⁶: il primo, “di quelle pitture che non si possono vedere che cosa siano, se non si mira per il profilo della tavola, dove sono dipinte”, descrive un procedimento, euristico, di formazioni di immagini allungate da osservare di sbieco, evidentemente in uso ai suoi tempi²⁷: egli suggerisce di deformare l'immagine, racchiusa in una griglia quadrata, secondo un'altra griglia allungata di circa quattro volte, inserendola poi in una scatola che ne indichi il punto di vista corretto (fig.20). Il Danti, come pure l'Alberti, anticipò di poco il fenomeno delle *perspectyfkazen*, scatole prospet-

tiche dagli interni anamorfici prodotte principalmente nei Paesi Bassi, di gran moda nella prima metà del Seicento²⁸. Il metodo, del tutto privo di fondamento proiettivo - o, quantomeno, non di tipo parallelo -, verrà riproposto, molto più tardi, nell'*Opera mathematica* di Samuel Marolois (1572-1627) del 1614 e nel trattato di Mario Bettini (1582-1657), *Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae*, del 1642. La pratica della costruzione di una griglia a maglia quadrata per la deformazione anamorfica deriva direttamente dalla struttura concettuale dello schema prospettico che operava a partire dalla pianta: l'uso del classico telaio prospettico che l'Alberti suggeriva di realizzare per la misura dello spazio sarà una costante (si pensi al pavimento a scacchiera della *Flagellazione* di Piero della Francesca o al soffitto a cassettoni de *L'ultima cena* di Leonardo). Nel secondo paragrafo, il Danti descrive invece “come si facciano quelle pitture, che dall'occhio non possono esser viste se non riflesse nello specchio”²⁹ proponendo un sistema probabilmente studiato già dal Leonardo³⁰: il disegno originale, suddiviso in strisce, viene riportato sulle facce laterali di una serie di stecche prismatiche lignee a sezione triangolare che, disposte in successione verticale, ne resti-

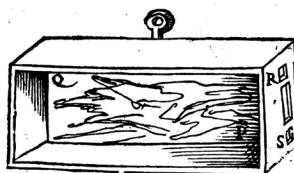
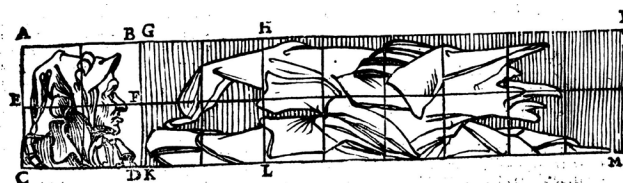
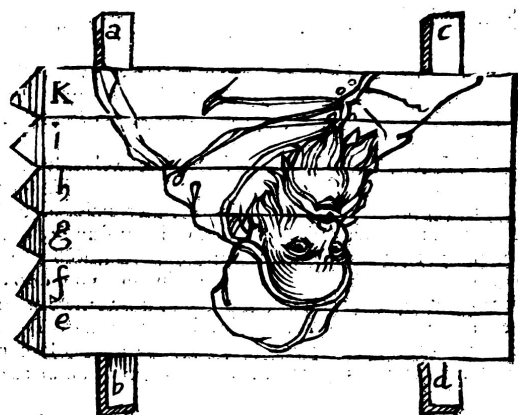


Fig. 20 – Allungamento della figura originale per ottenere la deformazione. Egnazio Danti, *Commentari a Le Due regole della Prospettiva Pratica del Vignola*, 1583, p.95.



Fig. 21 – L'immagine originaria, suddivisa in fasce, è applicata sui lati di stecche prismatiche e riflessa su di uno specchio piano inclinato su di essa. Egnazio Danti, *Commentari a Le Due regole della Prospettiva Pratica del Vignola*, 1583, p.96.

tuiscono naturalmente l'immagine unita e coerente in uno specchio opportunamente inclinato sopra di essi (fig.21). Un'applicazione pratica di tale sistema è rappresentata dalla "macchina convertitrice"³¹ di Ludovico Buti (ca. 1560- dopo il 1611) che mostra contemporaneamente il ritratto di Carlo II di Lorena, rivelato dalle facce visibili dei listelli, e quello della figlia Cristina, moglie di Ferdinando I de' Medici, visibile nello specchio (fig.22).

Sebbene qui lo specchio sia strumentale alla rivelazione dell'immagine, il suo uso per "l'illusione scientifica"³² nell'arte era già diffuso: secondo la descrizione di Cristoforo Sorte (1510-1595) in *Osservazioni nella pittura*



Fig. 22 – Macchina convertitrice, Ludovico Buti, 1593

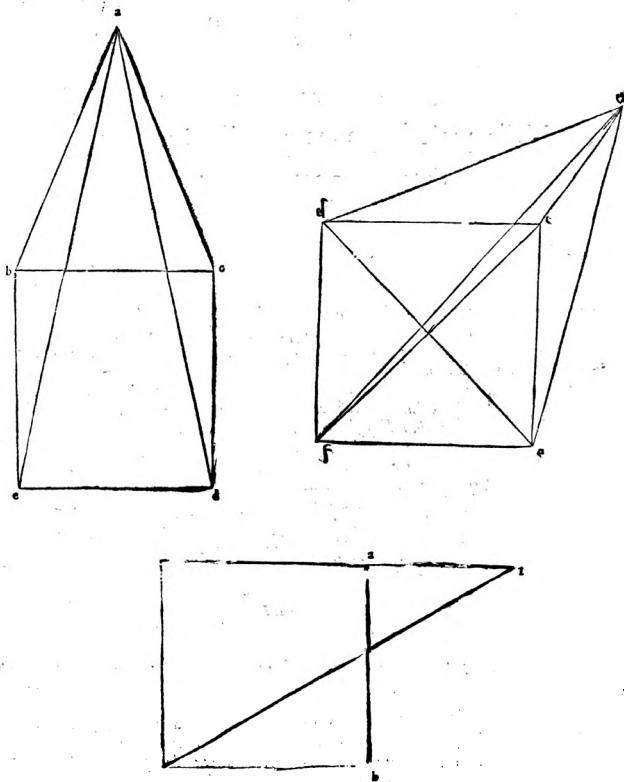


Fig. 23 – Pratica prima, Daniele Barbaro, *La Pratica della Prospettiva*, 1568, p.160.

(1580), Giulio Romano utilizzava un metodo per la realizzazione di soffitti illusionistici che prevedeva l'uso di uno specchio quadrettato. Si realizzava primariamente un modellino tridimensionale del soggetto da dipingere e lo si poneva sopra tale specchio; l'immagine riflessa, osservata da un'angolazione ed una distanza appropriata, veniva poi ricopiata, linea per linea, su di un foglio quadrettato come lo specchio. Nel caso di volte curve o irregolari era necessaria un'ulteriore operazione di trasporto del disegno sulla superficie del soffitto.

La Pratica della Prospettiva di Daniele Barbaro (1514-1570), pubblicato a Venezia nel 1568 anticipa cronologicamente il testo del Vignola in quanto l'intervento del Danti è posteriore alla compilazione. Nella parte quinta, *nella quale si pone una bella e secreta parte di Prospettiva*³³, il Barbaro espone un metodo di costruzione dell'immagine anamorfica tramite la luce solare o quella di una lanterna

manifestando una certa incomprendimento dei procedimenti di proiezione per effetto dei raggi solari che porrebbero, per approssimazione, il centro della proiezione all'infinito, metodo basato sulla proiezione dell'immagine "corretta", realizzata su un cartone da spolvero, su di un piano che «fusse un parete, e la carta un altro, che si congiungesse con la tavola, e facesse squadra»³⁴. Egli accompagna la descrizione della procedura con considerazioni più teoriche - *senza il sole, & senza la lucerna, & senza la carta punteggiata* - ma sempre piuttosto generiche, sulla riduzione dell'angolo visuale secondo la posizione del punto di vista (fig.23); espone tuttavia un metodo puramente strumentale (fig.24), troppo impreciso perché fornisca dei risultati comparabili a quelli delle rappresentazioni sue contemporanee come, ad esempio, le incisioni del Schön. «I primi testi stampati sono posteriori alla diffusione della prima serie di immagini e i testi in essi preconizzati sembrano meno evoluti della tecnica adottata nelle composizioni. Il virtuosismo di uno Schön va ben oltre un semplice allungamento che non utilizzi gli angoli visivi o le degradazioni progressive; d'altronde, la raffinatezza esatta delle sue complesse figure esclude per le sue proiezioni l'uso sia dei buchi sulla carta perforata, sia della lunga canna, espedienti previsti d'altronde per altre dimensioni ed inapplicabili all'incisione»³⁵.

L'anamorforesi cinquecentesca, quindi, rientrava come «licenza» manierista ed il suo approccio era ancora di tipo eu-

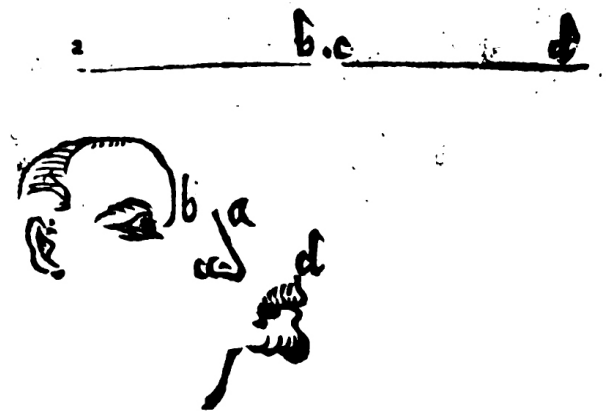


Fig. 24 – Pratica seconda, Daniele Barbaro, *La Pratica della Prospettiva*, 1568, p.161.

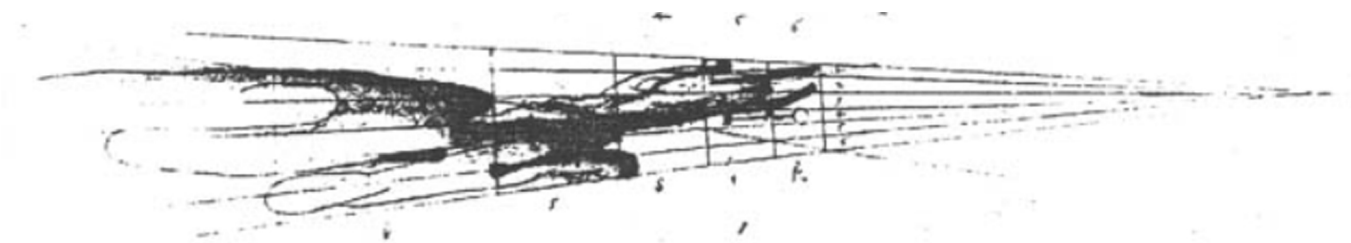


Fig. 25 – Prima costruzione anamorfica geometrica. Schizzo a penna di un anonimo detto Maestro di Norimberga, 1540 ca.

ristico. È evidente come fosse ricavata, nei trattati ufficiali, in modo euristico, non equiparandosi al livello delle precise realizzazioni pittorico - figurative: ne da testimonianza un piccolo disegno³⁶ di un anonimo maestro di Norimberga datato 1540 circa che riporta la corretta costruzione secondo la diagonale che fissa le distanze dell'allungamento (fig.25). Il disegno è il primo a riportare la geometria esatta dell'anamorfose ottica; non a caso Norimberga fu annoverata quale importante centro dell'editoria, fulcro di una delle fasi più importanti della cultura rinascimentale, «in nessun altro luogo si riscontrava un'unione così produttiva fra la scienza della matematica applicata e la nuova cultura umanistica»³⁷.

Nel 1584 Lomazzo descrisse, al capitolo XIX del sesto libro del già citato *Trattato dell'arte della pittura, scultura ed architettura*, il “*Modo di fare la prospettiva inversa che paia vera, essendo veduta per un solo forame*”. È indicativo come tale descrizione rientri nel volume *De la Pratica de la Pittura* invece che nel precedente *De la Prospettiva*, consacrato all'esposizione del metodo della prospettiva lineare. L'autore espose la costruzione di una graticola a maglia quadrata, quella stessa che sarà descritta quasi un secolo dopo da Nicéron, proiettata attraverso fili tesi. Il procedimento ricorda tuttavia il cosiddetto sportello del Dürer, un prospettografo illustrato, per l'appunto, da Albrecht Dürer (1471-1528) nel suo *Underweysung der Messung*³⁸, che utilizzava un filo teso tra l'occhio, concretizzato da un chiodo o da un piccolo foro, e il contorno dell'oggetto per materializzare sul piano - lo sportello - il cammino del raggio luminoso (fig.26). Purtroppo il testo del Lomazzo non prevede un calcolo geometrico ma misure arbitrarie e un traguardo materiale, oltre ad essere privo di illustrazioni essendo stato redatto quando l'autore aveva già perso l'uso della vista.

Alcuni brevi passi sulla deformazione prospettica delle immagini sono contenuti anche ne *Le due regole della Prospettiva Pratica* del Vignola pubblicato nel 1583³⁹, ne *La Pratica della Prospettiva* di Lorenzo Sirigatti (?-1596) del 1596, nel *Livre de perspective* di Jean Cousin il Vecchio (1501-1590) pubblicato nel 1560 e nelle *Leçons de perspective positive* di Jacques Androuet du Cerceau (1515-1585) del 1576⁴⁰.

La definitiva distinzione della prospettiva in senso matematico dal problema della rappresentazione del reale nell'arte si deve al matematico Guidubaldo del Monte (1545-1607) che pubblicò nel 1600 il trattato *Perspectivae libri sex*, prima trattazione organica della prospettiva. Inoltre, nel terzo libro, dalla XX proposizione, l'autore analizza la costruzione dell'immagine prospettica su sezioni generiche: quella inclinata rispetto al piano sottostante, quella cilindrica sia concava sia convessa e quella

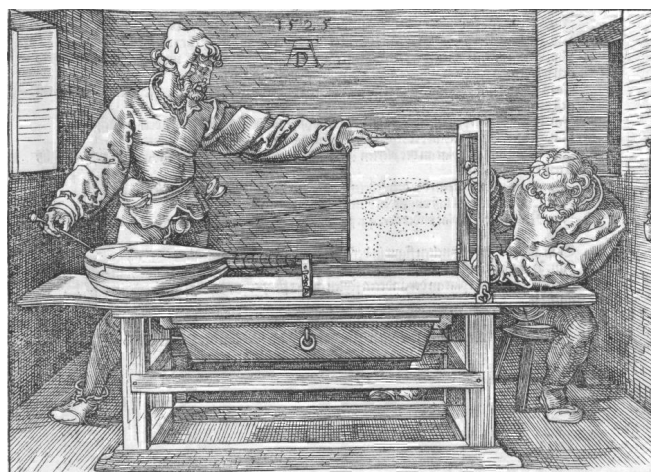


Fig. 26 – Sportello prospettico descritto da Albrecht Dürer nel *Underweysung der Messung*, 1525.

all'interno di porzioni di sfera e di coni retti nei casi in cui la perpendicolare dall'occhio alla base cada o meno al centro della base stessa (fig.27); con l'intento di ampliare le casistiche prospettive presentate, Guidubaldo pose così le regole per la costruzione delle anamorfosi coniche e piramidali⁴¹, oltre che per quelle piane. Con il suo trattato la geometria proiettiva come disciplina autonoma inizia a svincolarsi dalla pratica dei pittori e lo studio della prospettiva passa definitivamente dallo stadio pratico ed euristico a quello teorico e geometrico. A lui si deve, in particolare, il concetto esatto di punto di fuga, designato col nome di *punctum concursum*, punto di concorso.

Nel secolo successivo Simon Stevin (1548-1620) pubblicherà a Leida il *Traité d'Optique*⁴² nel quale espone la teoria della rappresentazione spaziale e la soluzione - fornita soltanto in casi particolari - del problema della restituzione prospettica, mentre Girard Desargues (1591-1661) nella *Methode universelle de mettre en perspective les objects*⁴³ pose le basi della prospettiva assonometrica. Quest'ultimo, in particolare, considerava la prospettiva ed il disegno geometrico come "*specie dello stesso genere*" che dipendevano da un metodo generale volto alla misurazione dei punti attraverso le loro coordinate spaziali; il suo metodo tendeva perciò ad eliminare le complicazioni derivanti dall'uso dei punti di concorso teorizzati da del Monte.

1.5.3 Il periodo d'oro delle anamorfosi

Nel XVII secolo si verificò, con un passaggio lento ma costante, una profonda rivoluzione scientifica e culturale, basata sul rifiuto del carattere esemplare della civiltà classica e della superiorità delle fonti antiche in campo scientifico. Nel 1543, Niccolò Copernico (1473-1543) pubblicava *De Revolutionibus Orbium Coelestium* mettendo in crisi la tradizione cosmologica aristotelica - tolemaica, che, oltre ad essere geocentrica, definiva la distinzione tra la fisica celeste, perfetta e incorruttibile, e la fisica terrestre, imperfetta e soggetta al divenire. Le osservazioni galileiane, confermando la teoria eliocentrica di Copernico, determinarono una certa instabilità nella cultura radicata di quel periodo. La conoscenza non poteva più limitarsi a una riproduzione dell'esperienza ma doveva essere rielaborata attraverso

Obiecta in concauo coni recti, tanquam in sectione representare; ab oculo autem perpendicularis in basim ducta cadat in centrum.

Iisdem prorsus positis i. producatu-
BS vsque ad E, & AS vsque ad M;
fiatque SM æqualis axi coni. conne-
ctanturque BM ME, eritvique BME
æquale conitriangulo per axem. quare
ducta CFA, si intelligatur, manente
BE, triangulum BME vnà cum lineis
BC SA esse plano basis BDE erectum
punctum quidem C apparebit in F. ex
puncto igitur F facile est inuenire (vt
ex precedenti colligi potest) vbi in pro-
pria sectione apparet punctum supra B
altitudine BC. & ita in alijs. quod fac-
cere oportebat.

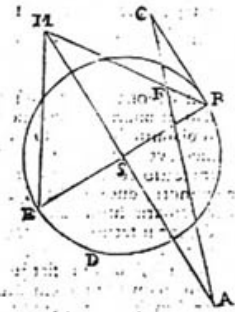


Fig. 27 – Costruzione dell'immagine prospettica su sezioni generiche, Guidubaldo del Monte, *Perspectivae Libri Sex*, 1600

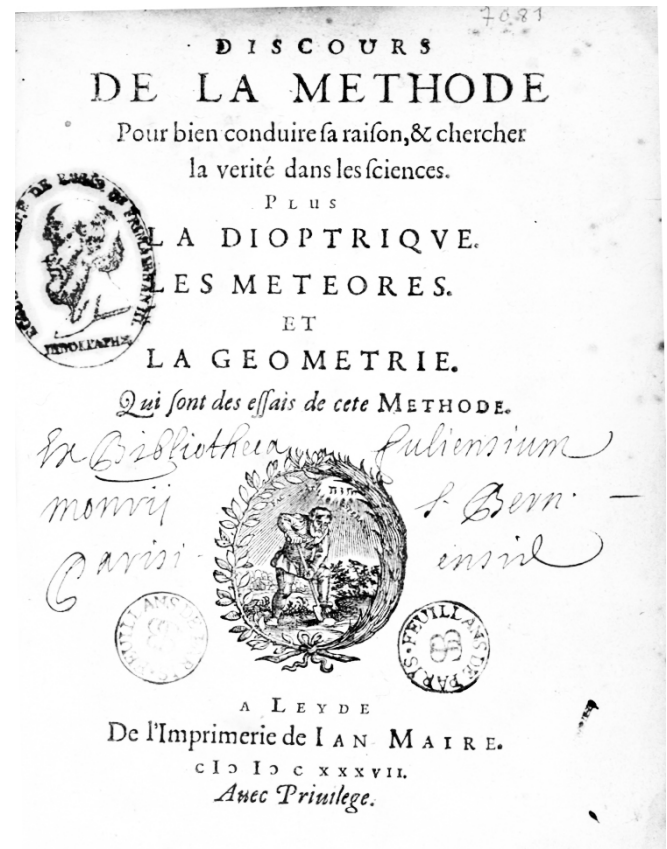


Fig. 28 – Copertina del *Discours de la Méthode*, R. Descartes, 1637.

le fasi del nuovo metodo scientifico sperimentale: osservazione e misurazione dei fenomeni, formulazione delle ipotesi e loro verifica mediante la sperimentazione. Da un grande numero di analisi si potevano poi trarre delle leggi generali (metodo induttivo), da cui era poi possibile fare previsioni su altri casi particolari (metodo deduttivo).

La distinzione con la precedente tradizione scientifica è soprattutto epistemologica: l'analisi dei fenomeni, in accordo con la filosofia aristotelica, si proponeva la ricerca della sua "forma" in base all'esperienza condotta su di essa; il nuovo metodo scientifico, al contrario, superava il sistema qualitativo per definirne uno quantitativo, riconoscendo la natura quale elemento misurabile e quantificabile in modo oggettivo. La matematica, che nel mondo antico e medioevale era stata studiata prevalentemente come scienza astratta - che per sua natura non poteva essere applicata all'analisi dei fenomeni naturali - diventa quindi strumento indispensabile. Il suo uso, prima limitato a quegli ambiti nei quali si faceva riferimento a rapporti puramente ideali - come la musica o l'astronomia aristotelica o a quello della natura con la sola funzione di evidenziarne la struttura metafisica soprasensibile come accadeva nelle scuole pitagoriche⁴⁴ - condusse a una riforma del metodo d'indagine: da quello filosofico si passò a quello sperimentale, sancito nel 1637 da René Descartes (1596-1650) con la sua pubblicazione, *Discours de la Méthode*⁴⁵. Il metodo cartesiano del procedimento matematico deduttivo nella ricerca della verità si fondava sulla sovranità della ragione e sulla validità del principio del cogito⁴⁶. Ciò univa mirabilmente la sperimentazione euristica degli intellettuali cinquecenteschi con il razionalismo degli antichi greci.

L'applicazione della critica delle scienze al Nuovo e all'Antico Testamento, già iniziata col protestantesimo, minò il principio di autorità della Chiesa Cattolica che, assunto un atteggiamento rigido e di chiusura difensiva verso le nuove idee a seguito del Concilio di Trento, "sospese" le opere che sostenevano la teoria eliocentrica, arrivando a concedere solo che la visione copernicana fosse assunta come ipotesi matematica.

Anche l'espressione artistica fu fortemente condizionata dall'influenza religiosa della Chiesa che ne faceva un uso pedagogico e propagandistico: da un lato essa doveva mo-

strare simbolicamente il potere ecclesiastico, o, più esattamente, il trionfo della Chiesa cattolica sul protestantesimo; dall'altro doveva stupire e commuovere, coinvolgere emotivamente l'osservatore.

In un periodo così contrassegnato dalla perdita delle certezze, da uno stato d'inquietudine politica e religiosa e dall'affermazione del "dubbio", l'arte non poteva più affidarsi all'armonia e all'ordine della natura, quanto piuttosto all'anomalia, all'eccezione e al difetto. I principali elementi stilistici di questa nuova corrente, che raggiungerà la sua massima espressione nel barocco, sono la trasfigurazione dell'oggetto appartenente alla natura, l'alterazione delle proporzioni canoniche, gli effetti di vario ampliamento e contrazione dello spazio, gli inganni ottici, prospettici e coloristici: artifici che riescono a moltiplicare gli effetti emozionali dell'opera, a suscitare situazioni d'immediata sorpresa e meraviglia, a rendere comprensibile e comunicabile anche ciò che è irraggiungibile dalla comune esperienza. L'incertezza delle apparenze, esasperata nel gioco delle illusioni, assumeva così la valenza "morale" di richiamare l'inconsistenza e la vanità del mondo.

Quindi, se sul piano scientifico ci fu un distacco tra magia e scienza superando la dimensione platonica umanistica della ricerca naturale arrivando con Galileo all'autonomia della ricerca scientifica, sul piano artistico e figurativo si avvertiva una netta distanza tra la nuova concezione del mondo e la struttura della cultura classica che portò alla *querelle* tra antichi e moderni⁴⁷. All'interno degli ordini religiosi controriformati, tra i quali quello dei Minimi, fondato da San Francesco di Paola, e quello dei Gesuiti, avente come fondatore San Ignazio di Loyola, dediti soprattutto all'attività missionaria ed educativa, si sviluppò il desiderio di conciliare le nuove teorie ed espressioni artistiche con la concezione cristiana, al fine di rivendicarla. «Per uno strano destino furono i cartesiani a ispirare gli sviluppi dell'anamorfose fino all'assurdo. S'immaginarono paesaggi, città e porti di mare modellati in modo da presentare forme umane, come nel progetto dell'architetto Dinocrate per il monte Athos e nelle bizzarrie dell'Arcimboldi; si trasportarono al morale le anamorfose vedendo nel raddrizzamento dell'immagine un simbolo delle anime redente dalla perversione dei peccati.»⁴⁸.

I collegi, sorti nel secolo precedente e riconosciuti come istituti di formazione d'alto livello, fecero da scenario a questo particolare fermento culturale. A Parigi, in particolare, l'*Académie Parisiensis de Mersenne*⁴⁹, svolse la funzione di catalizzatore degli scienziati dell'epoca: lo frequentavano intellettuali come Fermat, Desargues, Descartes, Kircher, Maignan e altri. Il circolo scientifico, basato su rapporti epistolari, vedeva come fondatore Marin Mersenne (1588-1648), padre dell'ordine dei Minimi, che, oltre a sostenere il sodalizio parigino, tratteneva una fitta rete di corrispondenze che si snodava in altri centri francesi ed europei - in Italia, in particolare, col convento di Trinità dei Monti a Roma - mettendo le basi di una raccolta d'informazioni enciclopediche. Egli svolse un ruolo particolarmente rilevante nell'organizzare la cultura europea del tempo, contribuendo a influenzare e diffondere le opere dei maggiori scienziati e promuovendo il dibattito e la cooperazione scientifica (fig.29).

Mersenne partecipò attivamente alle varie dispute e i suoi contributi scientifici abbracciarono tematiche eterogenee, estendendosi dall'esegesi biblica alla filosofia, dalla meccanica alla teorica musicale e all'acustica, dalla pneumatica alla linguistica, dalla geometria all'ottica⁵⁰. Fu lui che si occupò di redigere la parte concernente la Catottrica e la Diottrica nel *Thaumaturgus Opticus* (1646) del Nicéron, prematuramente scomparso senza riuscire a portare a compimento il suo scritto.

Non ci deve essere stupore quindi nel constatare che la proliferata trattazione seicentesca dell'anamorfosi, sorprendente effetto ottico che racchiudeva simbolicamente elevati significati teologici, fu anch'essa coinvolta nella generale matematizzazione delle teorie prospettiche e sviluppata quasi interamente all'interno degli ordini religiosi controriformati. «*Il meccanismo visionario dell'anamorfosi, con le sue distorsioni originarie e geometriche rettifiche ottiche, le sue proliferanti rappresentazioni illusionistiche commiste di verità e finzione diviene allora un artificio cognitivo nella ricerca di senso.*»⁵¹.

Da un lato, quindi, la rappresentazione anamorfica, metafora di una realtà già di per sé ambigua, era una perfetta allegoria che esprimeva in termini simbolici il "disagio" dell'epoca, dall'altro riproduceva una coniugazione per-

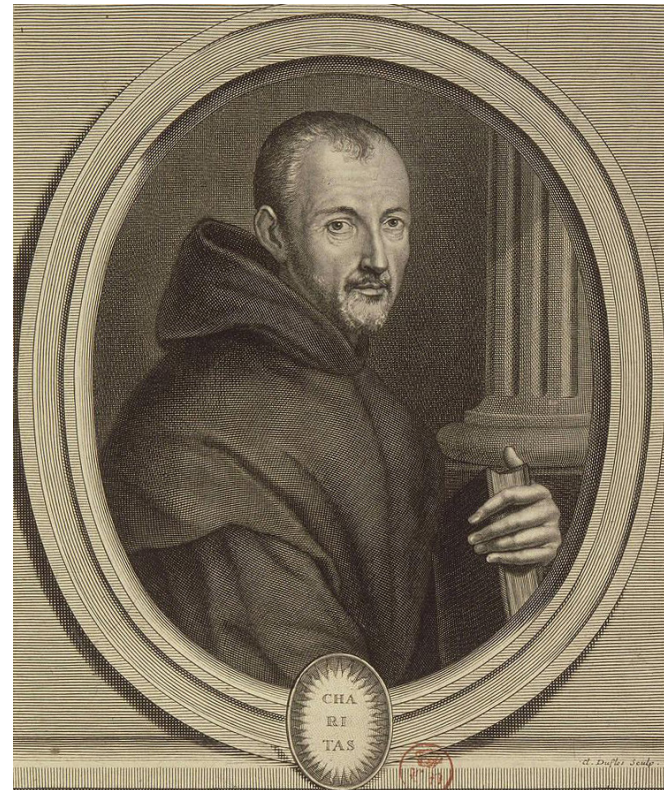


Fig. 29 – Ritratto di Marin Mersenne in un'incisione di Claude Duflor, XVII secolo.



Fig. 30 – Anamorfosi catottrica di tipo cilindrico, 1580 ca.

fetta delle conquiste ottenute in campo ottico - geometrico con quelle prospettico - figurative. La crisi era maggiormente efficace se lo spettatore, reso così ambiguamente soggetto e oggetto dello spazio visivo riconfigurato⁵², era posto frontalmente rispetto all'opera, proprio nel tradizionale punto di vista centrale che, paradossalmente, continuava ad essere necessario ed indispensabile. L'anamorfose invitava ad una meditazione sulla mostruosità e caoticità del mondo: di fronte a tale disordine, e solo di fronte ad esso, ogni possibile ordine, anche quello metaforico delle scienze, postulava un'altra e più alta Provvidenza. «*Il sospetto nasce perché il mondo non combacia con la forma, e la forma esprime un mondo del dubbio che diventa dubbio sulla propria identità, sul proprio ruolo e sugli strumenti*»⁵³. Lo specchio, che generalmente funziona come elemento di duplicazione della realtà, qui ne sottolinea l'ambiguità configurandosi come strumento magico e tecnico, luogo impervio della finzione che nega la consistenza reale e promuove una conoscenza che non si ferma alle apparenze. La natura ambivalente della riflessione mostra e svela oggettivamente attraverso il filtro impersonale del modello. La percezione visiva effettivamente disgiunta l'immagine così realizzata dal piano sul quale giace e aliena lo spettatore che, quando ripristina la logica della visione, prende coscienza della manipolazione effettuata. «*There is no doubt that many Baroque artists and theorists valued the catoptric mirror for its power to distort and re-form the visual field, in an act of defiguration and refiguration that ultimately threatens to disturb, or even to undermine, the presumed certainty of the act of seeing itself, which stands at the very center of the "ocularcentrism" of the West. [...] The seeming immanence of vision is undone, making the ordinary gaze "into little more than a kind of blindness" that, in the case of mirror-anamorphosis, may be helpless to decipher the image without the assistance of an optical instrument or visual aid.*»⁵⁴. Sarà la crisi della visione quale fenomeno che permette di interpretare razionalmente e obiettivamente la realtà a stimolare i moderni studi sulla percezione visiva e le illusioni ottiche.

Il passaggio dall'empirismo alla scientificità nella trattatistica poneva però l'accento sulla ritrovata divergenza tra "i pratici" e "i teorici" sul problema geometrico - pro-

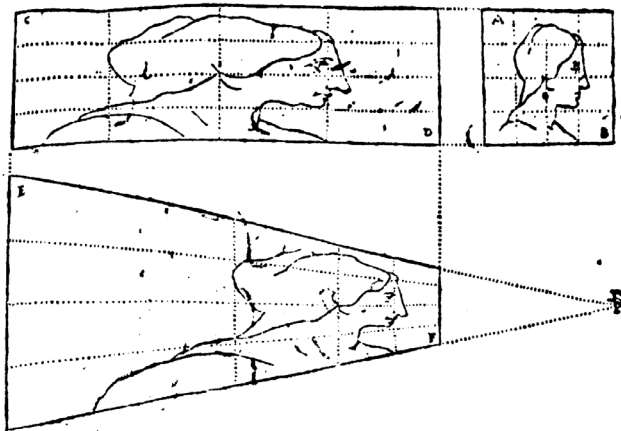


Fig. 31 - Schema costruttivo dell'anamorfose ottica in un trattato "dei pratici". Ludovico Cardi, *Prospettiva pratica*, 1610-1613.

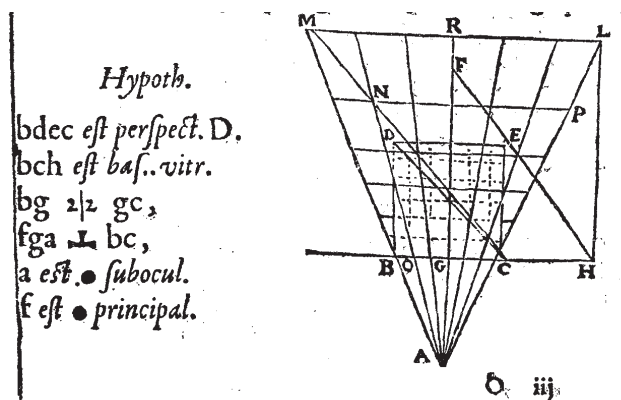


Fig. 32 - Schema costruttivo dell'anamorfose ottica in un trattato "dei teorici". Pierre Hérigone, *Cursus Mathematicus*, 1634-1637.

spettico, questo perché l'operazione pratica si serviva di schemi e non richiedeva una forte preparazione geometrico - matematica. «*Gli artisti si accontentarono di molto meno e anche gli specialisti non esitarono tal ora a prendersi qualche licenza; dimodoché metodi non rigorosi si trovano raccomandati all'occasione dagli stessi trattatisti.*»⁵⁵. Emblematico è il titolo che, nel 1683, Giuio Troili (1613-1685) diede al suo testo: *Paradossi per praticare la prospettiva senza saperla*⁵⁶. La trattatistica sull'argomento vide, di conseguenza, l'illustrazione di procedimenti o veloci, intuitivi e approssimativi o geometrici e rigorosi,



Fig. 33 – Anamorforesi catottrica cilindrica con otto satiri, incisione di Joan Tröschel tratta da un disegno di Simon Vouet, 1625 ca.

non accessibili a tutti. Alla categoria dei trattati “pratici” si assegna la *Prospettiva pratica*⁵⁷ (1610-1613) di Ludovico Cardi (1559-1613) detto “il Cigoli” ma anche *La perspective avec la raison des ombres et miroirs* (1612) di Salomon de Caus (1576-1626) e *Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica* (1625) di Pietro Accolti, nei quali le anamorforesi ottiche, le sole esaminate, sono descritte con correttezza geometrica ma anche pratica esecutiva.

Per incontrare una trattazione scientifica dell’anamorforesi catottrica bisognerà invece aspettare le opere “dei teorici”, come la *Perspective cylindrique et conique* (1630) del Vaulezard e il *Cursus Mathematicus* (1634-1637) di

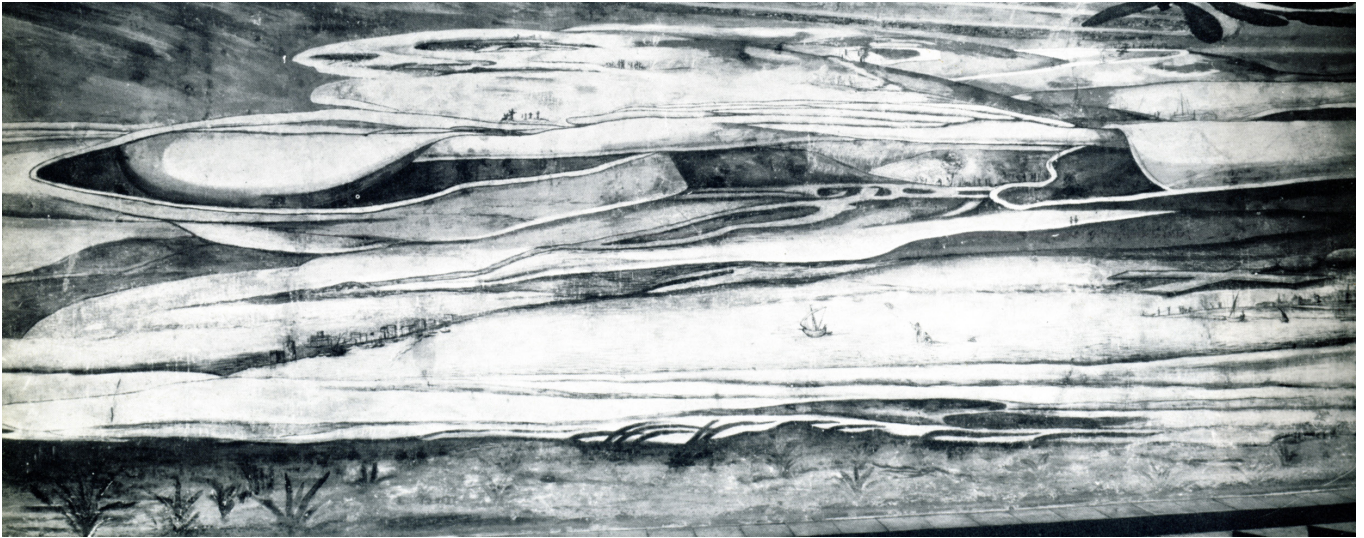
Pierre Hérigone (1580 – 1643), perché la tecnica richiedeva la conoscenza e l’applicazione dei principi dell’ottica geometrica teorica per il suo studio pratico - costruttivo. «Vaulezard e Hérigone sono matematici e le loro formule peccano per eccesso di precisione e per la complessità delle operazioni inaccessibili agli artisti.»⁵⁸ La definizione geometrica non dispensò infatti gli artisti dall’uso - e dalla conseguente trattazione - di imprecisi metodi alternativi, primo fra tutti la proiezione del disegno tramite il lume. La definizione delle anamorforesi catottriche si ebbe, quindi, a partire dai matematici sebbene la comparsa dello specchio in questo tipo di raffigurazioni è sicuramente precedente: esistono anamorforesi cilindriche cinesi datate

1580 circa (fig.30). Secondo Baltrušaitis⁵⁹ la diffusione delle anamorfose di tipo catottrico, prima in Italia e poi in Francia, è stata dovuta a un'incisione di Joan (o Hans) Tröschel tratta da un disegno di Simon Vouet, datato 1625 circa (fig.33). Nella scena sono rappresentati otto satiri che ammirano, su di uno specchio cilindrico, l'anamorfose di un elefante rappresentata su di un tavolo. Vouet avrebbe appreso questo meccanismo a Costantinopoli, presso Achille de Harlay, signore di Sancy e ambasciatore del Re di Francia. Solimano il Magnifico, precedente sultano dell'impero ottomano, vi avrebbe, infatti, lasciato una consistente collezione di arte cinese che vantava, tra gli altri, una serie di giochi ottici utilizzando specchi cilindrici prodotti in gran numero in Cina alla fine del XVI secolo, durante il periodo Wan-Li. L'ipotesi che tale dispositivo fosse stato importato dall'oriente, è ulteriormente rafforzata dal soggetto scelto dall'autore, l'elefante, sebbene non è ancora chiaro se tale forma di rappresentazione sia stata importata da viaggiatori o meno. In ogni caso, se le prime rappresentazioni cinesi sembrano basate sull'osservazione e l'esperienza, quelle occidentali tendono, al contrario, alla massima definizione geometrica.

La prima opera in cui le anamorfose - sia ottiche che catottriche e diottriche - furono sviluppate in modo completo e sottoposte a discussione critica è *La perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux de l'optique de la catoptrique et de la dioptrique* (1638) di Jean François Nicéron (1613-1646), testo che vide il contributo anche di padre Mersenne. Nonostante la presenza di opere il cui la trattazione risultava ancora priva della corretta impostazione geometrica - come l'*Apiaria universae philosophiae mathematicae, in quibus paradoxa, et nova pleraque machinamenta ad usus eximios, traducta, & facillimis demonstrationibus confirmata* di Mario Bettini del 1642⁶⁰ - il testo del Nicéron nello studio delle anamorfose, oltre a rappresentare il primo trattato completamente dedicato allo studio delle anamorfose, segnò il passaggio dalla fase di definizione del rigore scientifico a quella di semplificazione e razionalizzazione delle costruzioni⁶¹. Contrariamente a quanto fatto in precedenza, il padre gesuita dà la spiegazione teorica esatta del meccanismo di formazione delle anamorfose stabilendo inequivocabilmente che, fis-

sato il vertice della piramide visiva, l'immagine proiettata apparirà sempre nello stesso modo comunque se ne sezioni la base. Sotto questa formulazione l'anamorfose appare come la regola generale di cui la costruzione legittima rappresenta solo un caso particolare, ribaltando i termini tradizionali del discorso prospettico - si pensi all'iniziale considerazione di mera aberrazione marginale quale indesiderata conseguenza -. Il testo, summa delle conoscenze sul fenomeno, decodifica così in maniera definitiva tale forma di rappresentazione. «*L'anamorfose, nata come scienza inquieta, sembra pacificarsi nell'ordine e nella norma, non per razionalizzare il disordine ma per dare una mano all'ordine, a quello stesso, in apparenza ragionevole, delle mostruosità dell'ordine*»⁶².

Gli studi condussero il prete gesuita anche alla realizzazione di due opere, ad oggi andate quasi del tutto perse: la prima, un affresco rappresentante S. Giovanni evangelista a Patmos, realizzata nel convento di Trinità dei Monti a Roma - descritto nello stesso trattato -; la seconda, una replica del primo, a Parigi nella Casa dei Minimi in Place Royale. Quest'ultimo fu portato a compimento dal padre Emanuel Maignan (1601-1676), anch'egli autore di un affresco anamorfose a Trinità dei Monti, rappresentante S. Francesco di Paola - fondatore dei Minimi - in preghiera (figg.34, 35). «*I santi rappresentavano così il recondito ordine spirituale della creazione divina che all'occhio distorto sembra soltanto un insieme confuso di forme disparate*»⁶³. Il procedimento per la costruzione di tale affresco verrà descritta dallo stesso Maignan nel *Perspectiva horaria* del 1648⁶⁴. Il Maignan, nel 1637, realizzò presso il convento di Trinità dei Monti anche una meridiana a riflessione, del tutto simile a quella che fece a Palazzo Spada. In linea generale, coloro che trattarono l'anamorfose si interessarono anche alle proiezioni astronomiche, cartografiche e solari ricordando che lo sviluppo dell'anamorfose, intimamente connesso con l'ascesa delle scienze matematiche, è stato molto più di un fenomeno artistico. Non ve ne furono altri, di trattati, oltre quello del Nicéron, completamente dedicati all'argomento. Quelli che seguirono, inoltre, come *La Perspective pratique necessaire a tous peintres* di Jean Dubreuil (1602-1670) edito tra il 1642 ed il 1649, l'*Ars Magna Lucis et Umbrae* di Athanasius Kircher (1602-1680) del 1646 o la *Magia universalis naturae*



Figg. 34, 35 – E. Maignan, affresco anamorfose rappresentante S. Francesco di Paola in preghiera, Trinità dei Monti, Roma, 1642

et artis di Gaspard Schott (1608-1666) scritto tra il 1657 e il 1659 - al quale si attribuisce l'introduzione del termine anamorfose per questo tipo di rappresentazioni -, riproposero le costruzioni già note ampliandole solo con le eventuali applicazioni che avrebbero potuto avere. Anche quelli settecenteschi come, ad esempio, il *Mathesis Juvenilis*⁶⁵ di Christoph Christian Sturm (1740-1786) e l'*Elementa matheseos universae*⁶⁶ di Christian Wolff (1679-1754), ripresentarono le anamorfose sotto lo stesso piano tecnico.

Parallelamente lo studio anamorfose si affrontava anche in termini di trattazione del problema della proiezione su superfici diverse da quelle piane: nell'opera *Moyen universel de pratiquer la perspective sur les Tableaux, ou Surfaces Irregulieres* (1653), Abraham Bosse (1604-1676), discepolo di Desargues, illustrò una procedura per trasferire una proiezione piana su una volta cilindrica per mezzo di una rete di "fili visuali" (fig.36) o servendosi di una candela così, come nel *Traité de Perspective*⁶⁷ del 1701, Bernard Lamy (1640-1715) considerò la trasformazione anamorfose tramite una proiezione sferica (fig.37). Nel cercare il giusto proporzionamento delle scritte su colonne o pareti tondeggianti, così come il Dürer fece per quelle piane⁶⁸, fu trattato lo stesso tema della proiezione su di una su-

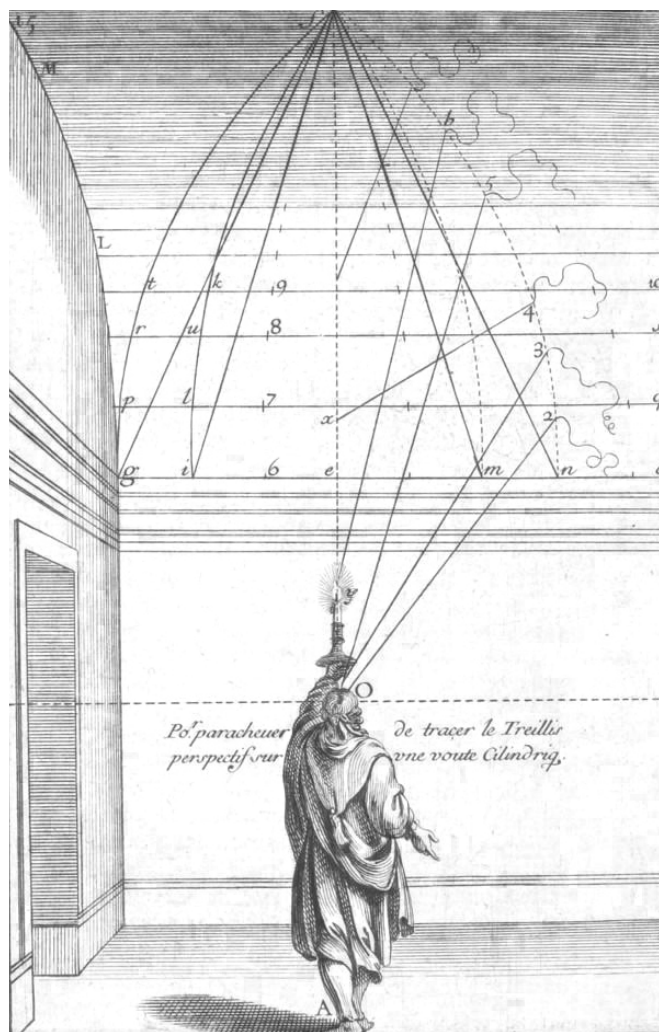


Fig. 36 – Abraham Bosse, *Moyen universel de pratiquer la perspective sur les Tableaux, ou Surfaces Irregulieres*, 1653, tav.15.

perficie curva, già prima di loro, da Christoff Rudolff⁶⁹ (1499-1545), Georg Galgemayr⁷⁰ (1495–1552) e Daniel Schwenter⁷¹ (1585-1636). Gli elementi architettonici lineari o curvi, quali muri e volte, servirono da sfondo anche ai ritratti anamorfici che Grégoire Huret (1606-1670) illustrò nelle tavole del suo testo *Optique de Portraicture et peinture, en deux parties*⁷² (fig.38) del 1670. «Il pensiero anamorfico era retto da una solida teoria geometrica e l'argomento destava interesse anche perché offriva la possibilità di creare, sulla base di certezze geometriche, una realtà

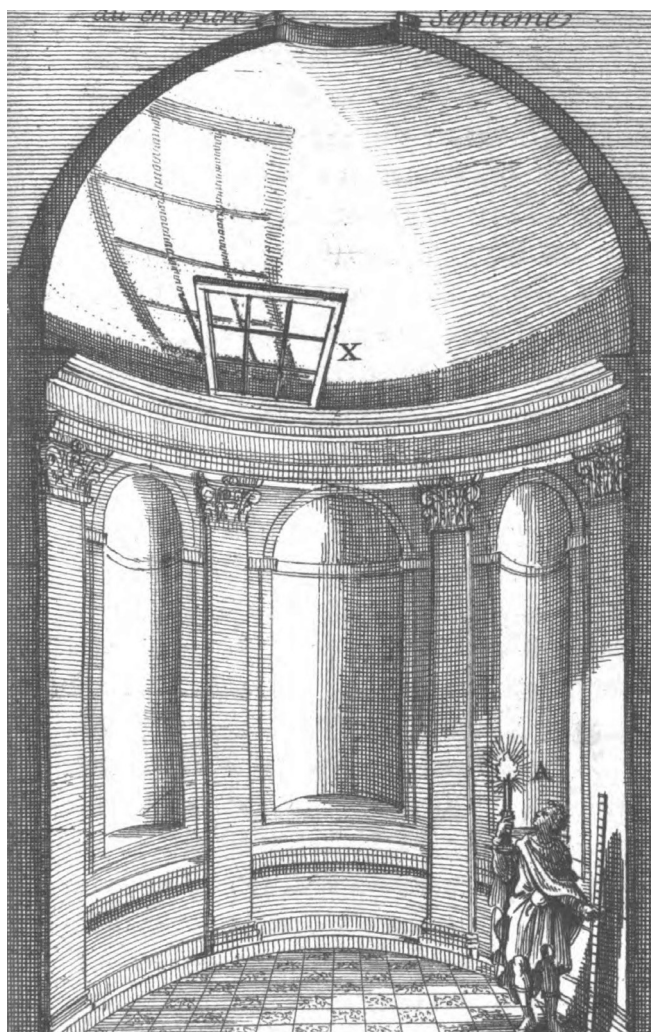


Fig. 37 – Bernard Lamy, *Traité de Perspective*, 1701, Libro II, cap. VII, tav.VII, p. 184.

mutevole ed effimera, modificabile dalla mente umana non solo con l'interpretazione dell'intelletto, ma anche attraverso una concreta lettura tramite la percezione visiva.»⁷³. Lo studio delle deformazioni su superfici curve era, infatti, destinato principalmente alla volontà di trovare soluzioni per dilatare illusionisticamente, verso una spazialità illimitata, l'invaso architettonico di chiese e palazzi. Tali ricerche portarono alla definizione di un vero e proprio genere pittorico, il quadraturismo, che iniziò ad affermarsi proprio nel Seicento mostrando una rigorosa attinenza ai

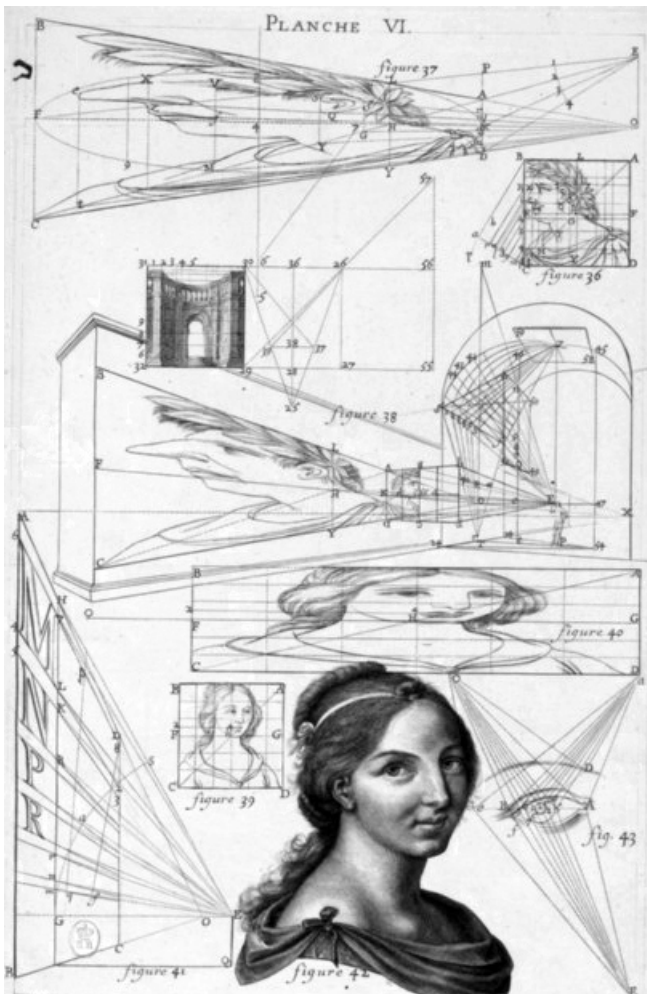


Fig. 38 – Grégoire Huret, *Optique de Portraiture et peinture, en deux parties*, 1670, tav. VI.

principi geometrici della prospettiva. Il suo apice fu raggiunto dal padre gesuita Andrea Pozzo (1642-1709) che, col suo famoso trattato *Perspectiva pictorum et architectorum* contribuì a diffondere il genere non solo in Italia ma anche in Europa. Nel testo egli delineò una procedura per il trasferimento delle immagini - su larga scala - da una superficie piana ad una semi-cilindrica, detta appunto “quadratura”, che prevedeva l’uso di un reticolo di corde o fili posto alla base della volta o della cupola, corrispondente a quello quadrettato eseguito sul disegno desiderato; da un punto di vista centrale si tendevano poi dei fili per le

intersezioni del reticolo fino alla superficie architettonica. Imponendo con convinzione la sua fede nell’unico punto di fuga che potesse garantire il massimo dell’illusione, attribuì alla deformazione marginale un importante valore aggiunto ottenendo un effetto *trompe-l’œil* applicato, ad esempio, ai soffitti della chiesa di Sant’Ignazio realizzati a Roma tra il 1691 ed il 1694. La subordinazione dell’intera rappresentazione pittorica su una superficie così estesa come la volta della navata di Sant’Ignazio ad un unico punto di fuga fu oggetto inevitabile di critiche - ad un sistema che appariva troppo rigido ed insensibile agli altri punti di vista - cui padre Pozzo obiettò che «non è difetto ma lode dell’arte»⁷⁴.

L’imposizione del quadraturismo in campo pittorico - architettonico affermava tutti i caratteri del genere barocco, volto a creare effetti illusionistici di grande spettacolarità che coinvolgessero l’osservatore trasformato in spettatore - attore. La trasposizione delle stesse intenzionalità in ambito urbano portava a considerare gli spazi della città alla stregua di spazi teatrali e i prospetti degli edifici fungevano da quinte scenografiche. Il rapporto tra architettura e scenografia si saldò proprio nel “periodo delle apparenze” col risultato che la stessa scena teatrale si impostò su di un rigido impianto prospettico, complicando il sistema degli assi visivi e giungendo, nel secolo successivo, alla “prospettiva d’angolo” introdotta da Ferdinando Galli Bibiena⁷⁵ (1657-1743). Lo scopo era quello di disporre gli edifici della scena ad angolo verso il pubblico in modo da ottenere delle vedute diagonali ed effetti di architetture monumentali con diversi gradi di profondità e maggiore coinvolgimento degli spettatori. Questo tipo di architettura teatrale, preludio dell’anamorforesi solida, è uno dei rari casi di applicazione architettonica delle deformazioni anamorfiche, assieme a quella obliqua⁷⁶ suggerita da Juan Caramuel y Lobkowitz (1606-1682) in *Architectura civil Recta y Obliqua* del 1678. La prospettiva *architectonica* di Caramuel riguarda principalmente le rettifiche ottiche da applicare nella pratica costruttiva a quegli elementi che devono essere visti sotto un’angolazione obbligatoria. Il sistema proporzionale però ignora la digradazione prospettica e perviene allo stesso schema arcaico del reticolo allungato del Danti, costituendo, in effetti, delle prospettive rallentate

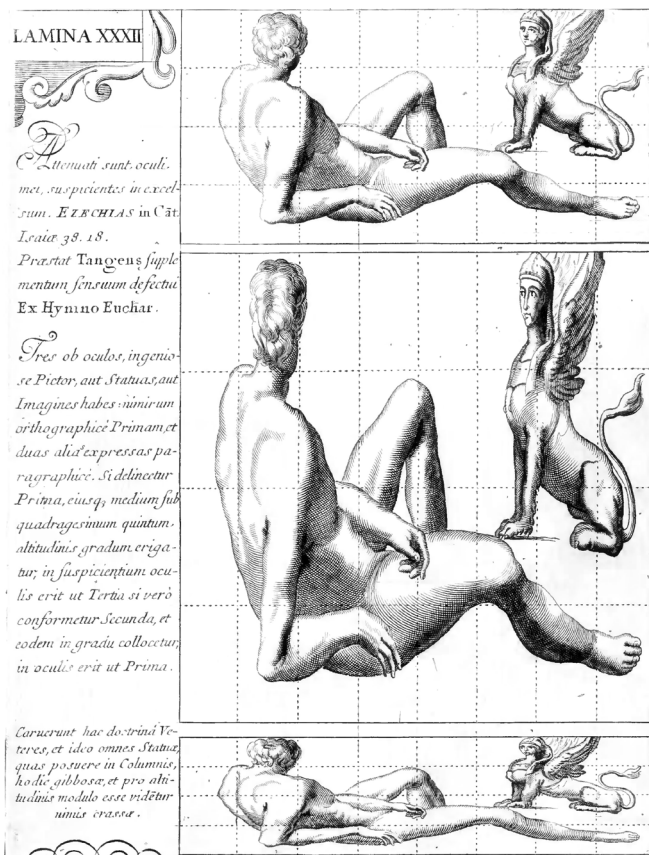


Fig. 39 – Juan Caramuel Lobkowitz, *Architectura civil Recta y Obliqua*, 1678, tav. XXXIII.

più che delle deformazioni anamorfiche vere e proprie⁷⁷ (fig.39). Il coinvolgimento dell'anamorfose nell'architettura, come arte dell'illusione, dal quadraturismo alle scene teatrali, era «talmente consona al gusto dei concetti e le sorprese tipico del Seicento, che non fa meraviglia che interi edifici ne fossero decorati, come il castello di Essonnes, una dimora incantata dove tutto era illusione»⁷⁸. La descrizione di intere stanze e *cabinet*⁷⁹ dedicati a queste prospettive curiose ricorre nella trattatistica che, già nel 1630 con l'*Examen du livre des récréations mathématiques: et de ses problèmes en géométrie, mécanique, optique et catoptrique* di Claude Mydorge, mette in luce l'atteggiamento, sempre più diffuso, di considerare la tecnica anamorfica come un semplice divertimento figurativo. Il trattato, infatti, era corredato di tavole di puro virtuosismo

tecnico ed evitava persino di menzionarne la tecnica ma il declino del “periodo d’oro delle anamorfosi” si intuì sostanzialmente dal titolo che il matematico francese Jacques Ozanam (1640-1717) diede nel 1694 al suo trattato: *Récréations mathématiques et physiques*⁸⁰. Dopo la metà del secolo, infatti, la rappresentazione anamorfica figurava ormai di diritto nei trattati di prospettiva ma sempre con maggiore disinteresse e, nel secolo successivo, era ormai considerata solo un “gioco ottico”.

1.5.4 I divertissements anamorfici

La rivoluzione scientifica seicentesca pose le premesse per quella profonda trasformazione politica, sociale e culturale che interessò tutto il secolo successivo in Europa, aprendo le porte all’era moderna: concordando con altri fattori, favorì, infatti, lo sviluppo della prima rivoluzione industriale. Il predominio di un’Italia in piena decadenza politica, che per tutto il Seicento era rimasta un importante centro della cultura, passò così alle grandi corti d’Europa, in particolare all’Inghilterra, che stava assurgendo al ruolo di potenza egemone primeggiando sui mercati mondiali, e alla Francia. La crescita industriale, così come quella demografica, aveva portato ad una lenta emancipazione sociale e alla nascita di una nuova classe borghese, relativamente indipendente dalle istituzioni politiche e religiose. Sebbene la Chiesa rimase, nella prima metà del secolo, la principale promotrice di un’intensa attività artistica che rimarcava ulteriormente i tratti caratteristici dell’espressività seicentesca - l’uso di linee e superfici curve, i violenti contrasti, la compenetrazione delle forme nello spazio, la centralità della luce -, la crescita dell’alfabetizzazione determinò il diffondersi delle prime istituzioni laiche che fortificarono la fiducia in quella ragione eletta padrona nel metodo scientifico, derivato dalle scienze naturali. Nessun settore dell’esperienza umana era escluso dalla verifica e dal vaglio critico operato dalla ragione, che divenne criterio superiore di verifica di ogni affermazione e principio di ogni azione: un lume che rischiarava dalle tenebre dell’ignoranza e della superstizione. Lo spirito dell’illuminismo ha un carattere enciclopedico nei confronti della realtà: sviluppa un atteggiamento volto a costruire un quadro cri-

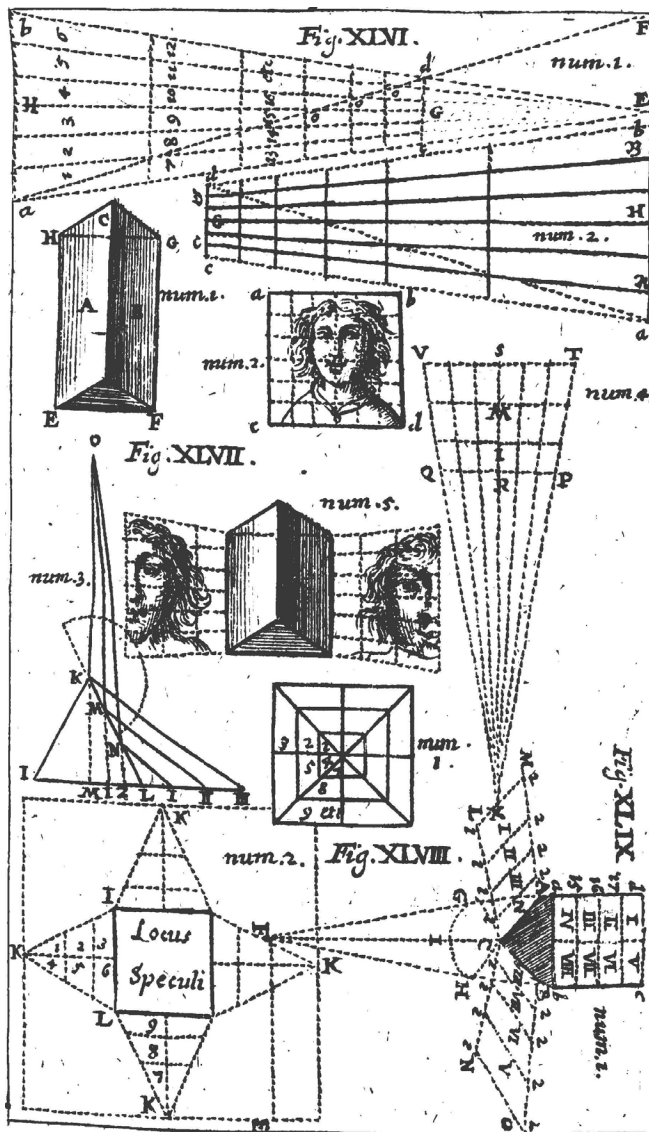


Fig. 40 – Christoph Christian Sturm, *Mathesis Juvenilis*, 1711, p.104

tico e articolato dell'universo del sapere, che integri tutti i possibili punti di vista con semplicità e chiarezza, affinché risulti accessibile a tutti. Non è un caso la pubblicazione dell'*Encyclopédie* di Diderot e D'Alembert del 1751.

La trattazione anamorfica fu affrontata con lo stesso spirito enciclopedico, come già anticipato dalle opere di Kircher, l'*Ars Magna Lucis et Umbrae*, e di Schott, la *Magia*

universalis naturae et artis. L'anamorforesi, in particolare quella catottrica, smise di rappresentare un problema geometrico - matematico da investigare, e rientrò, nei trattati settecenteschi - tra i quali i già citati *Mathesis Juvenilis* di Sturm e l'*Elementa matheseos universae* di Wolff - tra i *curiosa*, oggetti fuori dall'uso comune, orientali o folkloristici. La tecnica, ormai completamente svelata, diede adito allo sviluppo di strumentazioni per la sua generazione meccanica. Già dal XVI secolo il disegno artistico e geometrico aveva trovato un supporto sostanziale nella messa a punto di nuovi congegni per la rappresentazione basati sulle conoscenze e gli strumenti utilizzati in precedenza per "misurare a vista". L'applicazione delle regole prospettiche per la realizzazione di un soggetto complesso era piuttosto lunga ed artificiosa.

Per questo l'introduzione di appositi dispositivi per la rappresentazione, i prospettografi, riscosse grande fortuna: non solo esemplificavano l'applicazione pratica ma integravano perfettamente la geometria esatta. I due principali modelli operativi di questi meccanismi, importati dal Dürer qualche secolo prima, corrispondevano al "vetro" ed alla "finestra": il primo consentiva di eseguire la rappresentazione direttamente sul supporto diafano - inizialmente un 'velo' -; il secondo operava rilevando punto per punto le forme da mettere in prospettiva riportandole su una superficie appositamente quadrettata - di cui lo sportello del Dürer, così tante volte nominato, ne è solo un esempio -. La stessa predisposizione strumentale fu trasposta alla rappresentazione anamorfica come testimonia il piccolo catalogo⁸¹, di sole sei pagine, pubblicato nel 1713, che illustrava tre dispositivi per la costruzione di anamorforesi catottriche, ciascuno per un suo diverso tipo: piana, conica e cilindrica. Sempre con l'obiettivo di meccanizzare il disegno delle anamorforesi catottriche, nel caso specifico, di tipo esclusivamente conico, fu riedita da Michel Parrè⁸² nel 1973 una versione più evoluta del pantografo inventato dal padre gesuita Christoph Scheiner nel 1605⁸³ (fig.41). Si ritiene opportuno rilevare come proprio l'approccio strumentale alla rappresentazione prospettica e anamorfica culminerà nei giorni nostri nella rappresentazione digitale, trasponendo nell'ambiente virtuale gli stessi principi operativi.

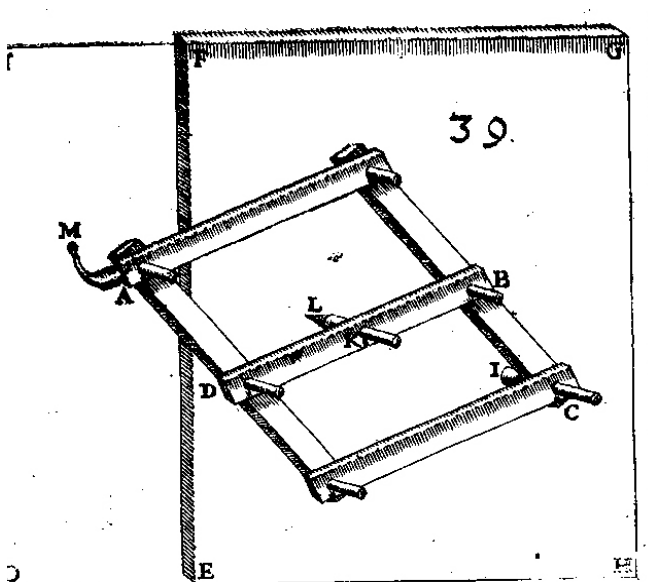


Fig. 41 – Pantografo, Christoph Scheiner, *Pantographice, seu ars delineandi...*, Roma 1631, p. 96.

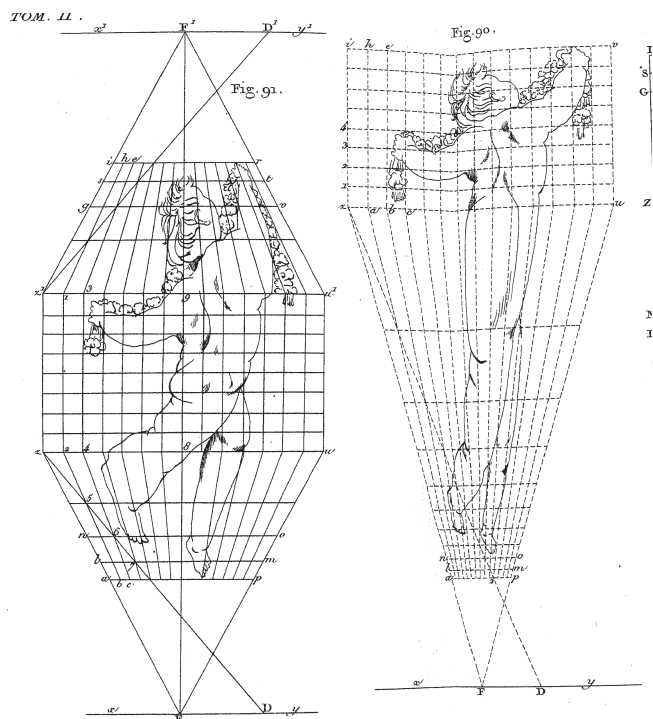


Fig. 42 – Jean-Baptiste-Omer Lavit, *Traité de perspective*, 1804, tomo II, tav. XXXVII

Al di là delle sperimentazioni tecniche strumentali, le rappresentazioni anamorfiche assunsero, quindi, a partire dal XXVIII secolo, il carattere di puri e semplici *divertissements*. Le incisioni del Nicéron furono d'ispirazione a molti dipinti anamorfici, in modo particolare nei Paesi Bassi e in Inghilterra, dove le opere di Henry Kettle restano tra i migliori esempi di questa tecnica. L'editoria ottocentesca rispose alla domanda sempre più ampia e diversificata di testi per il grande pubblico con scritti schematizzati di materie codificate dalla trattatistica settecentesca, a sua volta ripresa da quella del secolo precedente. Così vennero date alle stampe opere come il *Traité de perspective*⁸⁴ di Jean-Baptiste-Omer Lavit del 1804 dove l'autore raccomanda la tecnica per applicazioni architettoniche (fig.42), il *Traité de perspective simplifiée (linéaire)* del 1828 nel quale Adèle Le Breton (1752-1794) porta un certo "black humor" nell'applicazione della prospettiva anamorfica nell'autoritratto⁸⁵ o le *Recreations in mathematics and natural philosophy* del 1803 che Charles Hutton (1737-1823) scrisse riprendendo quasi totalmente il testo di Ozanam del 1694. Anche *Les récréations scientifiques, ou l'enseignement par les jeux*⁸⁶ del 1881 di Gaston Tissandier (1843-1899) rimanda, nella sua breve introduzione, all'opera di Ozanam proponendo il catalogo dei giochi ottici più popolari del XIX secolo a partire dai più semplici: dai dischi e trottole cromatiche e stroboscopici agli strumenti basati sul fenomeno della persistenza retinica, il taumatropio⁸⁷, il fenachistoscopio⁸⁸ di Joseph Plateau (1801-1883), lo zootropio⁸⁹, il prassinoscopio-teatro⁹⁰ di Émile Reynaud (1844-1918), fino agli specchi deformanti, ai prismi e alle stesse anamorfosi. Gli apparecchi ottici e l'uso "scientifico" degli specchi e delle lenti si mescolarono ai giochi d'intrattenimenti: una gran varietà di scatole ottiche e catottriche, così come di lanterne magiche, fu prodotta anche in formato tascabile. Il carattere ludico attribuitogli relegò tale forma di rappresentazione ad un ambito deputato al divertimento domestico e ad un uso individuale, fino al riscatto moderno che ne vide l'impiego nei settori più disparati, dalla rappresentazione figurativa alla letteratura, dal disegno industriale alla musica, dal cinema alla comunicazione pubblicitaria.

Note

1. Stuart Clark, "Prestiges: Illusions in Magic and Art" in *Vanities of the Eye: Vision in Early Modern European Culture*, Oxford University Press, Oxford 2007, p.90.
2. Cfr. Kim H. Veltman, *The Sources And Literature Of Perspective*, vol.1, ch.2, 1997, p.20.
3. Erwin Panofsky. *La prospettiva come forma simbolica*, Milano 1961.
4. Non è chiara l'origine del metodo dei punti di distanza, che si diffuse in Italia ed in Francia a partire dal XV secolo. Cfr. Kirsti Andersen, *The geometry of an art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*, Springer Verlag, 2007, pp.46-48.
5. Piero della Francesca, *De Prospectiva Pingendi*, redatto tra il 1460 ed il 1480. Complessivamente si conoscono sette manoscritti quattrocenteschi che ci tramandano l'opera, sia nella versione in volgare sia nella traduzione latina curata da Matteo di Pietro Anghiari e rivista dallo stesso Piero. Di questi solo tre sono riconosciuti come totalmente o parzialmente autografi.
6. Cfr. Giorgio Bagni, Bruno D'Amore, *Alle radici storiche della prospettiva*, Franco Angeli, Milano 1994, p.42.
7. Piero della Francesca, *op.cit.*, Prologo.
8. Andersen, *op.cit.*, pp.71-75.
9. Cfr. Paolo Di Lazzaro, Daniele Murra, *L'Anamorfosi tra arte, percezione visiva e "prospettive bizzarre"*, ENEA, Frascati 2013, p.8.
10. Albrecht Dürer, *Institutionum geometricarum Libri quatuor*, Norimberga, 1525, pp. 87-91-92-116. Lo schema, già usato nell'antichità - si veda l'accrescimento proporzionato della decorazione scolpita della colonna Traiana - sarà ripreso anche da Michelangelo per il proporzionamento delle figure del *Giudizio Universale* nella Cappella Sistina a Roma organizzate su tre registri dimensionali crescenti verso l'alto. Baltrušaitis ammonisce però che «l'artificio ha successo soltanto a una distanza determinata» Jurgis Baltrušaitis, *Anamorfosi o Thaumaturgus opticus*, Adelphi, Milano 1990 (1955¹), p.24.
11. Così come definita dal Baltrušaitis in riferimento al procedimento prospettico fondato sul metodo dei raggi visivi, secondo il quale le figure più lontane devono essere rappresentate più grandi per apparire simili a quelle più vicine ed annullare così l'effetto prospettico. Cfr. Baltrušaitis, *op.cit.*, pp.11-22.
12. Vedi Thomas Frangenberg, "The Angle of vision: Problems of perspectival representation in the fifteenth and sixteenth centuries", in *Renaissance Studies*, vol. 6, Oxford University Press, Oxford 1992, pp. 1-45.
13. Cfr. Filippo Camerota, *La prospettiva del Rinascimento: arte, architettura, scienza*, Mondadori Electa, Milano 2006.
14. Vedi Sergio Marinelli, "The author of the Codex Huygens" in *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, 44, 1981, pp.214-220.
15. Vedi Corrado Verga, *Velo e prospettiva*, collana Ricerca di architettura e prospettiva, vol. 5, Donarini e Locatelli, Crema 1979.
16. Carlo Pedretti, *Studi Vinciani: Documenti, Analisi, E Inediti Leonardeschi*, Librairie Droz, 1957.
17. Leonardo da Vinci, Codice Arundel (c. 1480 - 1518), British Museum, f°62r.
18. «Con la medesima via riferì Francesco Melzo che Leonardo fece un Drago, che combatteva con un Leone, cosa molto mirabile a vedere, & parimenti i cavalli che fece per donare à Francesco Valesio Re di Francia [...]». Giovanni Paolo Lomazzo, *Trattato dell'arte della pittura*, Milano, 1584, p.335. Nel trattato sono presenti riferimenti ad altre opere anamorfiche eseguite da Gaudenzio Ferrari e da Gerolamo Figino, prive tuttavia di un riscontro documentabile. Vedi Salvatore Naitza, "Anamorfosi e legittimità prospettica tra rinascimento e barocco", in *Annali delle facoltà di lettere filosofia e magistero dell'Università di Cagliari*, vol. XXXIII, parte II, S.T.E.F., Cagliari 1970, p.17.
19. Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, foglio 35 verso - a, Biblioteca Ambrosiana, Milano.
20. Sono state avanzate ipotesi per cui il desco da parto rappresentato ne *L'Adorazione dei Magi* di Sandro Botticelli del 1473 si ponga in anticipo rispetto agli esperimenti leonardeschi, in quanto l'immagine tenderebbe a riproporzionarsi se visto "a occhiata radente" ma la deformazione sembra più una conseguenza che il risultato di uno studio accurato. Cfr. Carlo Bo, Gabriel Mandel, *L'opera completa di Botticelli*, *Classici dell'arte*, 5, Rizzoli, Milano 1967.
21. Cfr. Thomas Eser, *Schiefe Bilder. Die Zimmernsche Anamorphose und andere Augenspiele aus den Sammlungen des Germanischen Nationalmuseums*, Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg 1998.
22. Lyle Massey, "Anamorphosis through Descartes or perspective gone awry" in *Renaissance Quarterly*, vol.50, no.4, University Chicago Press, Chicago 1997, p.1148.
23. Cfr. Susan Foister, Roz Ashok, Martin Wyld, *Holbein's Ambassadors*, National Gallery Publications, London 1998; Hidehiro Ikegami, *Due volti dell'anamorfosi. Prospettiva e "Vanitas": Nicéron, Pozzo, Holbein e Descartes*, CLUEB, Bologna 2000.

24. *Vexier* è un prefisso che indica “combinazione a sorpresa”, “magico”, “segreto”. In questo caso con il termine *vexierbild* si indicavano delle doppie rappresentazioni sul medesimo piano figurativo, una “normale” e l’anamorfica, restituite attraverso i propri codici ottici determinati dai diversi punti di osservazione che concorrevano all’ambiguità della rappresentazione e al disorientamento dell’osservatore.
25. Martin Kemp, *La scienza dell’arte: prospettiva e percezione visiva da Brunelleschi a Seurat*, Giunti Editore, Firenze 1994, p.81.
26. Vignola, *Le due regole della prospettiva pratica con i Commentari di Ignazio Danti*, Casso di Risparmio di Vignola, 1583.
27. Vignola-Danti, *op.cit.*, p.97.
28. Dette “*mondo niovo*”, “*peep show*” o “*optique box*”. L’Alberti potrebbe esserne l’inventore, perché un dispositivo di questo genere gli è stato attribuito in un’anonima biografia contemporanea. Dei sei esemplari dell’epoca, tutti olandesi, giunti sino a noi, tre sono realizzati da Samuel Van Hoogstraten di cui il migliore, del 1655-60 circa, si trova alla National Gallery di Londra. Vedi David Bomford, *Perspective, anamorphosis, and illusion: seventeenth-century Dutch peep shows*, in Ivan Gaskell and Michiel Jonker, “Vermeer Studies” in *History of Art*, 55, National Gallery of Art-Yale University Press, Washington 1998, pp. 125-136; Agostino De Rosa, Giuseppe D’Acunto, *La vertigine dello sguardo. Tre saggi sulla rappresentazione anamorfica*, Cafoscarina, Venezia 2002, pp. 132-183.
29. Vignola-Danti, *op.cit.*, p.96.
30. Vedi Carlo Pedretti, “Un ritratto anamorfose di Francesco I, di probabile invenzione vinciana” in *Documenti e memorie riguardanti Leonardo da Vinci a Bologna e in Emilia*, Editoriale Fiammenghi, Bologna 1923, pp.121-123. La provenienza di tale sistema viene indicata dal Danti in ambiente francese e dal Nicéron, più tardi, in quello fiammingo.
31. Conservata presso l’Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze, inv. 3197.
32. Così come definita da Martin Kemp, *op.cit.*, p.65.
33. «*Spesse volte con meno diletto, che meraviglia si vogliono vedere alcune tavole, o carte di Prospettiva: nelle quali se non è posto l’occhio di chi le mira nel punto determinato, ci appare ogni altra cosa, che quella, che è dipinta, che poi dal suo punto veduta dimostra quello, che è veramente fatto secondo la intentione del pittore, o siano effigie di Principi, o d’animali, o lettere, o d’altro.*» Daniele Barbaro, *La pratica della Prospettiva*, Appresso C. et R. Borgomini fratelli, p. 259.
34. Barbaro, *op.cit.*, p.260.
35. Baltrušaitis, *op.cit.*, p.44.
36. Disegno a penna, 0,35m x 0,75m, 1540 ca., Universitätsbibliothek, Erlangen, disegno B448.
37. Martin Kemp, *op.cit.*, p.75.
38. Albrecht Dürer, *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheit: in Linien Ebnen vo gantzen Corporen*, Durch Hieronymum Formschnyder, Norimberga 1525. Trattato in quattro libri scritto in lingua volgare tedesca dal titolo tradotto di “*Ammaestramenti sulla misurazione col compasso e la squadra nelle linee, nei piani e nei corpi interi*” pubblicato a Norimberga nel 1525 con una successiva edizione latina del 1538.
39. Baltrušaitis, *op.cit.*, pp.40-42.
40. Cfr. Frédéric Nef Berlioz Dominique, *L’actualite De Leibniz: Les Deux Labyrinthes*, Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH, Stuttgart 1999, pp. 235-277.
41. Non vi è tuttavia alcun riferimento specifico a costruzioni anamorfiche, omissione presente anche nel trattato *De Skiagraphia* dell’ingegnere fiammingo Simon Stevin (1548 – 1620), che contribuì a diffondere il pensiero di Guidubaldo nel nord Europa.
42. Simon Stevin, “*Traité d’Optique*” in *Œuvres mathématiques*, Leida, 1634.
43. Girard Desargues, *Methode universelle pour mettre en perspective les objets sans employer aucun point hors de l’ouvrage*, Lione, 1636.
44. I Pitagorici per primi avevano sostenuto che “il numero è il principio di tutte le cose” e avevano ravvisato come caratteristica comune a tutti gli enti la misurabilità.
45. René Descartes, *Discours de la Méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la verité dans les sciences Plus la Dioptrique, les Meteores, et la Geometrie qui sont des essais de cete Methode*, Ian Maitre, Leida 1637, ed.it. Cartesio, Discorso sul metodo, Laterza, Roma-Bari 2004.
46. *Cogito ergo sum*, penso dunque sono. Descartes riteneva che nessun grado o forma di conoscenza possa sottrarsi al dubbio. Si può e quindi si deve dubitare non solo delle conoscenze sensibili ma anche di quelle matematiche. In tal modo il dubbio, secondo un percorso iperbolico, si estende ad ogni cosa e diventa universale. Ma sul dubbio si fonda la consapevolezza dell’esistenza: se dubito, vuol dire che penso; e se penso, allora esisto. L’Io è inteso come sostanza pensante, *res cogitans*, separata e contrapposta alla sostanza materiale, *res extensa*.
47. Cfr. Roberto Maiocchi, “La rivoluzione scientifica nel Seicento” in *Storia della Società italiana*, vol.11, Teti, Milano 1989, p.434.

48. Mario Praz, *Geometrie anamorfiche: saggi di arte, letteratura e bizzarrie varie*, Ed. di Storia e Letteratura, 2002, p.97.
49. Nel 1666, per volere di Luigi XIV, il circolo verrà trasformato nell'*Académie Royale des Sciences* di Parigi.
50. Basti guardare la sua produzione: *Les Mécaniques de Galilée* (Paris, 1634), *L'Harmonie universelle*, (Paris, Sébastien Cramoisy, 1636), *Cogitata physico-mathematica* (1644), *Universae geometriae synopsis* (1644).
51. Gavina Cherchi, *Risiloquium. Anamorfosi del riso e della follia*, Edizioni ETS, Pisa 2012, p.7.
52. Cfr. Lyle Massey, *Picturing Space, Displacing Bodies: Anamorphosis in Early Modern Theories of Perspective*, Penn State Press, Penn State 2007, pp.68, 69.
53. Achille Bonito Oliva, *L'ideologia del traditore. Arte, maniera, manierismo*, Feltrinelli, Milano 1976, p.49
54. «Non c'è dubbio che molti artisti e teorici barocchi valutarono lo specchio catottrico per il suo potere di distorcere e ricostituire il campo visivo, in un atto di de-figurazione e ri-figurazione che, in ultima analisi, minaccia di disturbare o addirittura di minare, la presunta certezza dell'atto del vedere stesso, che si trova nel vero centro dell'"ocularcentrismo" dell'Occidente. [...] L'apparente immanenza della visione è annullata, relegando lo sguardo ordinario "in poco più di una sorta di cecità" che, nel caso dell'anamorfosi catottrica, può essere incapace di decifrare l'immagine senza l'ausilio di uno strumento ottico o di un aiuto visivo.» Jon R. Snyder, "The Culture of Defiguration: Anamorphosis, Then and Now" in *Unfolding the Baroque: Cultures & Concepts*, Ars Aeterna volume, atti del convegno *Unfolding the Baroque: Extensions of a Concept*, n°1, vol.2, ŠEVT, Bratislava 2010, p.21.
55. Dalla voce "prospettiva" in Diego Gioseffi (a cura di), *Enciclopedia Universale dell'Arte*, Sansoni, Firenze 1963.
56. Giulio Troili, *Paradossi per praticare la prospettiva senza saperla: fiori, per facilitare l'intelligenza: frutti, per non operare alla cieca*, Bologna 1672.
57. Il manoscritto, oggi conservato presso il Gabinetto disegni e stampe degli Uffizi a Firenze sotto il codice ms. 2660A, rimase inedito fino al 1628, quando fu stampato a Firenze.
58. Mario Docci and Camillo Jannicari, *Anamorfosi: illusione e realta*, Tip. Squarci, Roma 1963, p.10.
59. Baltrušaitis, *op.cit.*
60. La costruzione dell'anamorfosi cilindrica che propone applica le regole della proiezione ordinaria, ignorando le regole della riflessione e restituendo figure semplicemente allungate.
61. Cfr. Docci, Jannicari, *op. cit.*, pp.9, 10.
62. Dalla voce "Visione" in Brusatin Manlio (a cura di), *Enciclopedia Einaudi*, sezione Progetto/Colore, Einaudi 1982, p.1122.
63. Martin Kemp, *op.cit.*, p.234.
64. Emmanuel Maignan, *Perspectiva horaria*, Roma, 1648. L'opera è rivolta principalmente alla questione della gnomonica; nel Libro Terzo, *Catoptrice horaria sive orographiae gnomonicae*, alla proposizione LXXVII enuncia: «Esporre un meraviglioso e preciso artificio per deformare, in maniera molto semplice e rapidissima, su qualunque superficie murale o voltata, un'immagine rappresentata su una tavoletta, in modo che, vista da un punto si ricomponga otticamente e appaia nitida, chiara e simile al prototipo; vista invece da vicino, o frontalmente sparisca, lasciando apparire qualcos'altro di ben diverso e tuttavia ben rappresentato».
65. Christoph Christian Sturm, *Mathesis Juvenilis*, apud J. Hoffmanni & E. Streckii viduas, 1711.
66. Christian Wolff, *Anfangsgründe aller mathematischen Wissenschaften*, Renger, 1710; nella versione latina, *Elementa matheseos universae*, Prostat in Officina Libraria Rengeriana, 1713-1715.
67. Bernard Lamy, *Traité de Perspective: Ou Sont Contenus Les Fondemens de La Peinture*, chez Anisson, Paris 1701.
68. Vedi Lamy, *op.cit.*
69. Christoff Rudolff, *Die Coss Christoffs Rudolffs mit schönen Exempeln der Coss/durch Michael Stifel gebessert und sehr gemehrt*, gedrückt durch Alexandrum Lutomyslensem, Königsperg 1553.
70. Georg Galgemayr, *Kurtzer, gründlicher gebesserter und vermehrter Unterricht, zubereitung und gebrauch der hochnützlichen mathemat. Instrumenten, Proportional, Schregmäss und Circckels, benebens dem Fundament dess Visierens*, Meder, Ulm 1615.
71. Daniel Schwenter, *Geometriae practicae novae*, Beÿ Simon Halbmayern, 1617.
72. Grégoire Huret, *Optique de Portraicture et peinture, en deux parties*, Opstellen voor H. van de Waal, Amsterdam-Leiden 1670.
73. Stefano Bertocci, "Architettura dell'inganno: artifici prospettici dei quadraturisti nella grande decorazione di età barocca in Toscana" in *Proceedings of XI Graphic Expression Applied To Building International Conference*, Valencia 2012.
74. Andrea Pozzo, *Perspectiva pictorum et architectorum*, vol. II, Roma 1693, testo per la fig.100.
75. Cfr. Alessandra Pagliano (a cura di), *La scena svelata. Architettura, prospettiva e spazio scenico*, Libreria Internazionale Cortina, Padova 2005.

76. Juan Caramuel Lobkowitz, *Architectura civil, recta y obliqua considerada y dibuxada en el templo de Ierusalen [...] promovida a suma perfección en el templo y palacio de S. Lorenzo cerca del Escorial que invento con su divino ingenio, delineo y dibuxo con su real mano y con excessivos gastos empleando los mejores architectos de Europa erigió el Rey d. Phelipe II*, Emprenta Obispal, Vegeven 1678.

77. Vedi Filippo Camerota, "L'architettura curiosa: anamorfose e meccanismi prospettici per la ricerca dello spazio obliquo" in Alessandro Gambuti, Andrea Andanti and Filippo Camerota, *Architettura e prospettiva tra inediti e rari*, Alinea, Firenze 1987, pp. 79-111.

78. Praz, *op.cit.*, p.69.

79. *Le Wunderkammer*, i *Cabinets des merveilles*, o "stanze delle meraviglie" sono in un certo senso le antenate dei moderni musei. Già nel Medioevo si conoscono ambienti destinati alla raccolta e all'esposizione dei mirabilia, oggetti straordinari, rari o insoliti, che suscitavano stupore e solleticavano la curiosità. Ugualmente ambiti erano gli oggetti artigianali originali ed unici, fatti con tecniche complicate o segrete e provenienti da ogni parte del mondo.

80. Jacques Ozanam, *Récréations mathématiques et physiques, qui contiennent plusieurs problèmes d'arithmétique, de géométrie, de musique, d'optique, de gnomonique, de cosmographie, de mécanique, de pyrotechnie et de physique*, J. Jombert, Paris 1694.

81. Jacob Leupold, *Anamorfose mechanica nova, oder Beschreibung dreyer neuen Maschinen*, Leipzig 1713.

82. Cfr. Gabriel-Randour Chantal and Drabbe Jean, "Descriptive Geometry And Anamorphosis" in *Proceeding of IMECT3 Conference*, University of Cambridge, Cambridge 2003.

83. Christoph Scheiner, *Pantographice, seu ars delineandi res quaslibet per parallelogrammum lineare seu cavum, mechanicum, mobile: libellis duobus explicata, et demonstrationibus geometricis illustrata quorum prior epipedographicen, sive planorum, posterior stereographicen, seu solidorum aspectabilium vivam imitationem atque projectionem edocet*, Ex typographia Ludovici Grignani, Hermann Scheus, Roma 1631. Il pantografo si basava sull'uso di un parallelogramma di leve che consentiva l'ingrandimento o la diminuzione proporzionale di immagini bidimensionali, funzionamento che è alla base dei pantografi tutt'ora in commercio.

84. Jean-Baptiste-Omer Lavit, *Traité de perspective*, De l'Imprimerie de P. Didot l'Aine, Chez Firmin Didot, Paris 1804, vol. II, pp.129-198.

85. Cfr. Tomás García Salgado, "Anamorphic Perspective & Illusory Architecture" in *Proceedings of Generative Art 2011 Internatio-*

nal Conferences, Milano 2011.

86. Gaston Tissandier, *Les récréations scientifiques, ou l'enseignement par les jeux*, G. Masson, 1881.

87. Dal greco «girare delle meraviglie», è un dispositivo costituito da un dischetto sulle cui facce sono raffigurati disegni che si completano vicendevolmente, che viene fatto ruotare velocemente tramite due fili appesi all'estremità. L'osservatore ne riceve l'impressione di un'unica immagine combinata.

88. Dal greco «ingannatore», anche conosciuto come fenachistiscopio, phenakistiscopio, fantasmiscopio o fantascopio, è un dispositivo costituito da un disco sul quale sono disegnate fasi diverse di una figura in movimento. Inducendo il disco a ruotare intorno a un asse si osservano le figure attraverso una serie di fessure realizzate su un altro disco coassiale e solidale al primo. L'osservatore ne riceve l'impressione del movimento.

89. Dal greco «ruota della vita», è un dispositivo costituito da una striscia di carta sulla quale sono riprodotte fasi diverse di una figura in movimento, posta all'interno di un cilindro dotato di tante feritoie quante le figure poste a intervalli regolari. Guardando nelle feritoie del disco in rotazione, l'osservatore riceve l'impressione del movimento della serie di figure.

90. Dal greco «osservatore in azione», è un'evoluzione dello zootropio nel quale le feritoie attraverso cui visualizzare le immagini sono sostituite con una serie di specchi posizionati a 45°, in modo da riflettere le immagini verso l'osservatore, permettendone una visione più chiara.

1.6 Tassonomia delle opere sulla rappresentazione anamorfica

La ricerca ha, tra i propri obiettivi, la sistematizzazione e l'organizzazione razionale dei trattati storici che affrontano il tema della rappresentazione anamorfica. Lo scopo è quello di redigere una documentazione scientifica, attraverso un'operazione di tabellazione e catalogazione, che possa rappresentare un valido supporto conoscitivo per successive attività di ricerca. Non sarebbe stato inoltre possibile effettuare alcuna operazione di interpretazione storico-critica dei dati - come si è fatto nel successivo capitolo - senza un rilevamento completo e preciso, che risponda alle richieste del rigore scientifico.

In primo luogo, quindi, è stata stilata una tabella contenente tutti quei testi e trattati che descrivono, a partire dalle prime esposizioni euristiche tardo cinquecentesche fino a quelle ottocentesche, i sistemi anamorfici. Per quanto si ritenga accurata la ricognizione del materiale tabellato, effettuata a partire dalle fonti documentarie presentate in bibliografia ed in sitografia, è necessario sottolineare che non si esclude la presenza di altri testi sull'argomento, non citati. C'è, infatti, la tendenza, nella letteratura moderna e contemporanea, di soffermarsi particolarmente su quelle opere che hanno descritto per prime il fenomeno o che hanno dato un apporto significativo ad almeno uno dei suoi aspetti, trascurando quei testi più tardi, sette-ottocenteschi, orientati ad una passiva riproposizione della tecnica. Si deve considerare quindi tale censimento documentario come un sistema aperto, pronto per essere integrato da nuovi - e vecchi - contributi. I dati che si è scelto di riportare mirano a fornire non solo le indicazioni bibliografiche dei testi (autore/i, titolo, anno di redazione, anno di stampa, edizioni e lingue) ma anche la specifica localizzazione della trattazione anamorfica: ciascun autore, infatti, ne fa riferimento con diversi appellativi, rendendola difficilmente individuabile.

In secondo luogo, sono state stilate delle schede di sintesi dei soli trattati cinque e seicenteschi, emblematici di quel percorso evolutivo che ha subito la rappresentazione anamorfica: inizialmente inserita nei trattati di prospettiva

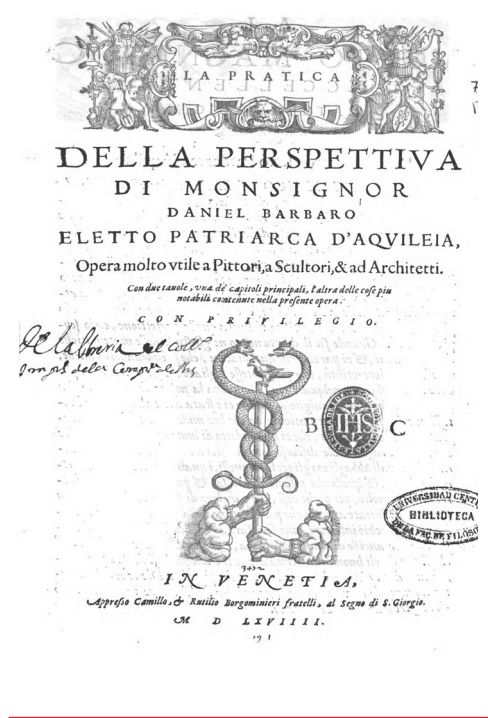
come deroga della regola legittima, assume piena autonomia nei volumi a lei completamente dedicati, fino a comparire nelle trattazioni a carattere mistico - enciclopedico oppure tra gli elenchi dei giochi matematici. Le schede, ordinate cronologicamente, sono quindi orientate ad un inquadramento della trattazione anamorfica nell'intera opera. Tra i dati inseriti è indicata poi la fonte diretta dei testi: la digitalizzazione di gran parte del patrimonio librario consente, infatti, di reperire e consultare in rete la maggior parte dei manoscritti originali.

Redazione	Pubblicazioni	Lingua	Autore/i	Titolo	Anamorfose	Collocazione
1568	Appresso C. et R. Borgominieri fratelli (Venezia), 1569	Italiano	Daniele Barbaro	<i>La pratica della prospettiva</i>	Ottica (euristica)	Quinta parte
1530 - 1545	Casso di Risparmio di Vignola (Roma), 1583	Italiano	Jacopo Barozzi da Vignola Egnazio Danti	<i>Commentari a Le Due regole della Prospettiva Pratica</i>	Ottica (euristica)	Commentari, pp.94-96
1584	Appresso Paolo Gottardo Pontio (Milano), 1584	Italiano	Giovanni Paolo Lomazzo	<i>Trattato dell'arte della pittura, scoltura et architettura: diuiso in sette libri Ne quali si contiene tutta la theorica, & la pratica d'essa pittura</i>	Ottica (euristica)	Sesto libro, capitolo XIX, pp.335-336
1605-1613	-	Italiano	Ludovico Cardi da Cigoli	<i>Prospettiva pratica</i>	Ottica	Libro II, sesta parte
1612	I. Norton (London), 1612	Francese	Salomon de Caus	<i>La perspective avec la raison des ombres et miroirs</i>	Ottica	Capitoli 26-27-28-29
1614	Ex officina Henrici Hondii, (Hague, Netherlands), 1614	Francese	Samuel Marolois Hans Vredeman de Vries	<i>Opera mathematica ou oeuvres mathématiques : traictans de géométrie, perspective, architecture et fortification ausquels sont atoints les fondemens de la perspective & architecture de I. Vredm. Vries, augmentée & corrigée en divers endroits par le mesme auteur</i>	Ottica, euristica	Quarta parte della Prospettiva
1615	Bey Simon Halbmeier Buchhaendlern zu finden Bey Lorentz Kober (Nürnberg)	Tedesco	Lucas Brunn	<i>Praxis Perspectivae: Das ist: Von Verzeichnungen ein ausführlicher Bericht, darinnen dasjenige was die Scenographi erfordert, begrieffen, vnd in welchen allerley dingen vff allerley Stände in ein Perspectivischen auffzug zu bringen gelehret, auch das was wundersam hierbey sich begeben kan, erkläret wird</i>	Ottica, euristica	Incisione n. 24
1625	Appresso Pietro Cecconcelli (Firenze), 1625	Italiano	Pietro Accolti	<i>Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica</i>	Ottica	Parte prima, pp.48-49
1630	Antoine Robinot (Paris), 1630	Francese	Claude Mydorge	<i>Examen du livre des récréations mathématiques et de ses problèmes en géométrie, mécanique, optique & catoptrique, où sont aussi discutées et restablies plusieurs expériences physiques y proposee</i>	Ottica, euristica	Seconda parte, pro-bl. XIX, pp. 32-33
1630	Chez Iulian Iacquiu (Paris), 1630	Francese	Jean-Louis de Vaulezard	<i>Perspective cylindrique et conique, ou Tr. des Apparences vues par le moyen des miroirs cylindriques et coniques</i>	Catottrica cilindrica Catottrica conica	pp.4-33 pp.34-70
1634	Chez Henri Le Gras (Paris), 1634, 1637, Chez Simeon Piget (Paris), 1642 (2a), 1644	Francese Francese, Latino	Pierre Herigone	<i>Cursus mathematicus, nova, brevis, et clara methodo demonstratus, per notas reales et universales, citra usum cujuscumque idiomatis intellectu faciles</i>	Ottica Catottrica cilindrica	pp. 213-214 pp.215-217

1638	Pierre Billaine (Paris), 1638, 1652 (2 ^a), 1663 (3a)	Francese	Jean François Niçeron Marin Merseme	<i>La Perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux de l'optique, de la catoptrique et de la dioptrique dans la quelle, outre un abrégé et Méthode generale de la Perspective commune, reduite en pratique sur les cinque corps reguliers, est encore enseignée la façon de faire et construire toutes sortes de figures difformes, qui estant venues de leur point paroissent dans une juste proportion, le tout par des pratiques si familières que le moins versée en la Geometrie s'en pourront faire servir avec le seul compas et la règle (1638). réimprimée avec l'Optique et la Catoptrique du Père Merseme (1652 - 1663)</i>	Ottica Catoitrica - plana - cilindrica - conica Dioitrica	Libro II. Prep. I - ... - VII Libro III - Prep. I - Prep. III, corollari I - II Prep. IV, corollari I - II - III - Prep. V, corollario I Libro IV
1642	François Langlois (Paris), 1646, 1651, 1663, 1669 chez Melchior Tavemier e la Vefve de François Langlois (Paris), 1642, 1647, 1649 chez Jean Du Puis (Paris), 1663 (I e III parte). Antoine Dezallier (Paris), 1679 (2a)	Latino Francese	Jean Le Dubreuil	<i>Thaumaturgus opticus seu admiranda Opitces per radium directum; catoptrices per reflexum e' politiscorporibus, planis, cylindricis, polyedris, polygonis, et altis; Dioitrices, per rifractum in diaphanis</i> <i>La Perspective pratique nécessaire à tous peintres, graveurs, sculpteurs, architects, orfèvres, bordeurs, tapisseurs</i>	Ottica Catoitrica Dioitrica	Parte III, tratt. V, pp.109-124 Parte III, tratt. VI, pp.125-156 Parte III, tratt. VII, pp.157-165
1642	Io. Baptistae Ferronij (Bologna), 1642	Latino	Mario Bettini	<i>Apiaria universae philosophiae mathematicae, in quibus paradoxa, et nova pleraque machinamenta ad usus eximios, tractata, & facillimis demonstrationibus confirmata</i>	Catoitrica Ottica	Tomo V, Progm. I, pp.1-23 Tomo V, Progm. II, pp.24-31
1645	sumptibus Hernanni Scheus (Roma), ex typographia Ludouici Grignani, 1645	Latino	Athanasius Kircher	<i>Ars magna lucis et umbrae in decem libros digesta: quibus admirandae lucis et umbrae in mundo, atque adeo vniuersa natura, vires effectusq. vti noua, ita varia nouorum</i>	Ottica Catoitrica Dioitrica	Libro II, parte II, p.133 Libro II, parte II, p.135 Libro IX, parte II, pp.717-720
1648	typis et expensis Philippi Rubei (Roma), 1648	Latino	Emmanuel Maingnan	<i>Perspectiva horaria sive de Horographia gnomonica tum theoretica, tum practica libri quatuor...</i> <i>Magia universalis naturae et artis</i>	Ottica	Libro III, prepos. LXXVII, pp.438-449
1657 - 1659	Sumptibus hereditum Joannis Godofridi Schönwetteri (Wuirzburg), 1657 - 1659	Latino	Gaspar Schott		Ottica Catoitrica Dioitrica	Libro III, parte I, pp.100-152 Libro III, parte I, pp.153-169
1670	Chez l'auteur (Paris), 1670	Francese	Grégoire Huret	<i>Optique de portraiture et peinture, en deux parties... ensemble les plus curieuses et considérables questions qui ayent esté proposées jusques à présent sur la portraiture et peinture, avec leurs solutions</i>	Ottica	Parte seconda, sect. 250-258

1670	Printed by Joseph Moxon (London), 1670	Inglese	Joseph Moxon	<i>Practical perspective, or, Perspective made easie teaching [brace] by the opticks, how to delineate all bodies, buildings, or landskips, &c., by the catoptricks, how to delineate confused appearances, so as when seen in a mirror or polliht body of any intended shape, the reflection shall shew a designe, by the diopiticks [sic]. ...</i>	Ottica Catottrica Diottrica	pp. 62-63 pp. 63-65 pp.65
1694	J. Jombert (Paris), 1694(1a) J. Jombert (Paris), 1725(2a) J. Jombert (Paris), 1735 Jacques Rollin (Paris), 1749 revised by Montucla, 1778 Firmin-Didot, 1790	Francese	Jacques Ozanam	<i>Récréations mathématiques et physiques, qui contiennent plusieurs problèmes d'arithmétique, de géométrie, de musique, d'optique, de gnomonique, de cosmographie, de mécanique, de pyrotechnie et de physique</i>	Ottica Catottrica	Tomo I, pp. 439-441 Tomo I, pp. 442-453
1701	Chez l'auteur (Paris), 1701	Francese	Bernard Lamy	<i>Traite de Perspective. Ou Sont Contenus Les Fondemens de La Peinture</i>	Ottica	Cap. VII, III-IV, pp.179-186
1711	Paolo Monti (Parma), 1711	Italiano	Ferdinando Galli Bibiena	<i>L'architettura civile preparata su la geometria e ridotta alle prospettive. Considerazioni pratiche</i>	Catottrica Ottica	Rame 18°, p.123 Rame 18°, p.124
1713	Immanuel Tietzen (Leipzig), 1713	Tedesco	Jacob Leupold	<i>Anamorphosis mechanica nova, oder Beschreibung dreyer neuen Maschinen</i>	Macchine anamorfiche	Intera opera
1732	Dalla Volpe, Lelio (Bologna), 1732	Italiano	Ferdinando Galli Bibiena	<i>Direzioni della prospettiva teorica corrispondenti a quelle dell'architettura; istruzione a giovani studenti di pittura, e architettura nell'Accademia Clementina dell'Istituto delle Scienze</i>	Catottrica Ottica	Operazione 56, pp. 90-91 Operazione 57, pp. 92-94 Tavola 43
1753	Jaques Rollin e C.A. Jombert (Paris), 1753	Francese	Alexandre Savérien	<i>Dictionnaire universel de mathématique et de physique: où l'on traite de l'origine, du progrès de ces deux Sciences & des Arts qui en dépendent, & des diverses révolutions ...</i>	Ottica, Catottrica	p.23, Plan. XXXVIII, figg. 265-268
1804	Chez Firmin Didot (Paris), 1804	Francese	Jean-Baptiste-Omer Lavit	<i>Traité de perspective</i>	Ottica Catottrica	Parte quinta, sesta, settima, pp.129-173 Parte ottava, nona, pp.174-197
1822	Chez Corby (Paris), 1822, 1828	Francese	Jean Nicolas Pierre M. Hachette	<i>Traité de Géométrie Descriptive comprenant les applications de cette géométrie aux ombres, a la perspective et a la stéréotomie</i>	Ottica Catottrica	Livre II, cap. III, pp.252-254
1828	Chez l'auteur (Paris), 1828	Francese	Adèle Jarry de Mancy (Adèle Le Breton)	<i>Traité de perspective simplifiée linéaire</i>	Ottica, Catottrica	Applications, pp. 147-150
1864	Gauthier-Villars (Pris), 1864	Francese	Jules De La Gourmerie	<i>Traité de Géométrie Descriptive</i>	Ottica, Catottrica	Livre X, cap. II pp. 200-203

1.7 Schede di sintesi

	<p>Autore Daniele Matteo Alvise Barbaro (1514-1570)</p> <p>Coautori -</p> <p>Titolo <i>La pratica della prospettiva</i></p> <p>Edizione Appresso C. et R. Borgominieri fratelli, Venezia</p> <p>Anno 1569</p> <p>Lingua Italiano</p> <p>Argomenti Prospettiva, teoria dell'ombra e dei colori, Strumenti prospettici, Anamorfose, Poliedri regolari ed irregolari</p> <p>Fonte Google libri <http://books.google.it/books?id=AB-bDIAH9sC&prints ec=frontcover&hl=it#v=onepage&q&f=false></p> <p>Collocazione Biblioteca pubblica di Lione</p>																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="129 1195 542 1234">Indice</th> <th data-bbox="542 1195 619 1234">Pag.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="129 1264 542 1303">Parte prima</td> <td data-bbox="542 1264 619 1303">5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1303 542 1342">Parte seconda</td> <td data-bbox="542 1303 619 1342">25</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1342 542 1381">Parte terza</td> <td data-bbox="542 1342 619 1381">43</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1381 542 1421">Parte quarta</td> <td data-bbox="542 1381 619 1421">129</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1421 542 1460">Parte quinta</td> <td data-bbox="542 1421 619 1460">159</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1460 542 1499"> Pratica prima</td> <td data-bbox="542 1460 619 1499">159</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1499 542 1538"> Pratica seconda</td> <td data-bbox="542 1499 619 1538">161</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1538 542 1577">Parte sesta</td> <td data-bbox="542 1538 619 1577">163</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1577 542 1617">Parte settima</td> <td data-bbox="542 1577 619 1617">175</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1617 542 1656">Parte ottava</td> <td data-bbox="542 1617 619 1656">179</td> </tr> <tr> <td data-bbox="129 1656 542 1695">Parte nona</td> <td data-bbox="542 1656 619 1695">187</td> </tr> </tbody> </table>	Indice	Pag.	Parte prima	5	Parte seconda	25	Parte terza	43	Parte quarta	129	Parte quinta	159	Pratica prima	159	Pratica seconda	161	Parte sesta	163	Parte settima	175	Parte ottava	179	Parte nona	187	<p>Descrizione</p> <p>Il trattato, di carattere matematico, rappresenta forse l'opera più significativa ed originale del Barbaro e fu uno dei più studiati e ammirati nel corso di tutto il XVI secolo, con la sua vasta gamma di illustrazioni funzionali all'esercizio della tecnica prospettica. Destinato principalmente a pittori e architetti, si basa in ampia parte sul testo <i>De perspectiva pingendi</i> di Piero della Francesca, redatto più di un secolo prima. Oltre a contenere la prima descrizione analitica e scientifica della camera oscura, riporta anche la prima descrizione della deformazione anamorfica, sebbene di carattere euristico, suggerendone la costruzione con l'uso di un lume. La sua esposizione sull'argomento fa supporre che l'anamorfose era un procedimento noto ma le cui fondamenta dovevano rappresentare un segreto noto a pochi.</p>
Indice	Pag.																								
Parte prima	5																								
Parte seconda	25																								
Parte terza	43																								
Parte quarta	129																								
Parte quinta	159																								
Pratica prima	159																								
Pratica seconda	161																								
Parte sesta	163																								
Parte settima	175																								
Parte ottava	179																								
Parte nona	187																								



Autore Egnazio Danti, al secolo Pellegrino Rainaldi Danti (1536-1586)
Coautori Jacopo Barozzi da Vignola detto il Vignola (1507-1573)

Titolo *Commentari a Le Due regole della Prospettiva Pratica*

Edizione Casso di Risparmio di Vignola, Roma
Anno 1583

Lingua Italiano

Argomenti Ottica geometrica, Prospettiva, Anamorfose, Teoria delle Ombre

Fonte Google libri <<http://books.google.it/books?id=x11LAQAIAAJ&prints ec=frontcover&hl=it>>

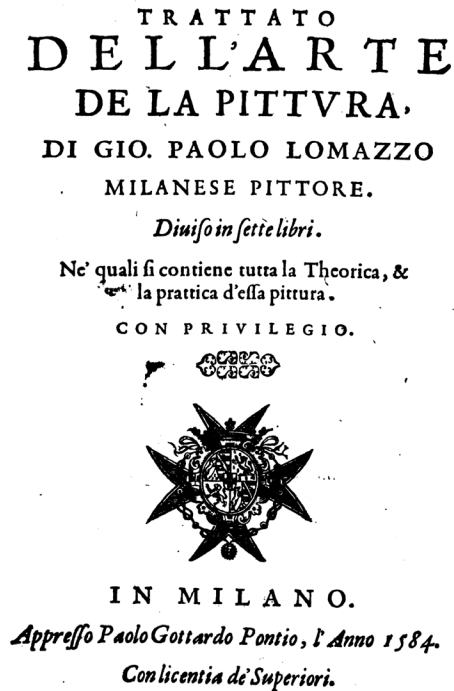
Collocazione Biblioteca pubblica di Lione

Indice	Pag.
Proposizioni	2
Prima regola	52
Seconda regola	98

Descrizione

Compilato tra il 1530 ed il 1545, il testo del Vignola fu pubblicato postumo nel 1583, corredato da *Commentari* di Egnazio Danti. L'esperienza di pittore e architetto, oltre che l'attività di cartografo e ingegnere idraulico dedito al rilievo in pianta e alla progettazione di infrastrutture, ispirarono il Vignola alla realizzazione di un trattato che si poneva lo scopo di fornire ai pittori ed ai disegnatori uno strumento per padroneggiare ed applicare il metodo prospettico attraverso il compendio di tutte le conoscenze del tempo, contribuendo ad una esaustiva formulazione teorica delle leggi della prospettiva.

La parte relativa all'anamorfose fu redatta proprio da quest'ultimo, oltre all'illustrazione dei vari strumenti per il disegno meccanico, tra cui quelli ideati dallo stesso Vignola e da Baldassarre Lanci.

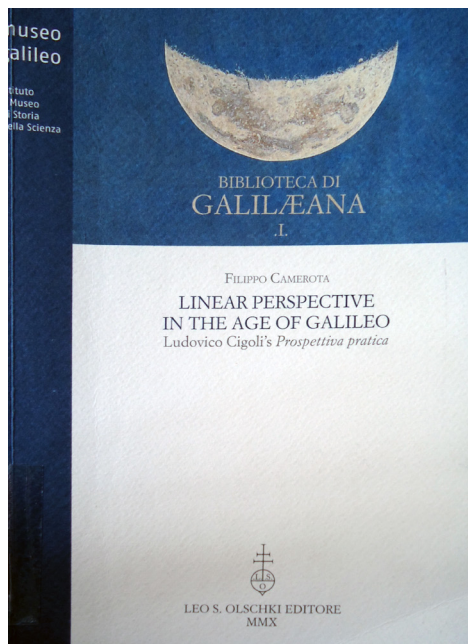


Autore	Giovanni Paolo Lomazzo (1538-1592)
Coautori	-
Titolo	<i>Trattato dell'arte della pittura, scoltura et architettura: diuiso in sette libri Ne' quali si contiene tutta la theorica, & la pratica d'essa pittura</i>
Edizione	Appresso Paolo Gottardo Pontio, Milano
Anno	1584
Lingua	Italiano
Argomenti	Proporzione, Moto, teoria delle ombre e dei colori, Prospettiva, Anamorforesi
Fonte	Google libri < http://books.google.it/books?id=LkfK4yP_PMMC&printsec=frontcover&hl=it#v=onepage&q&f=false >
Collocazione	la Biblioteca de Catalunya

Indice	Pag.
Libro primo	-
Cap I-XXX	19
Libro secondo	-
Cap I-XXIII	105
Libro terzo	-
Cap I-XIX	187
Libro quarto	-
Cap I-XXV	212
Libro quinto	-
Cap I-XXIII	247
Libro sesto	-
Cap I-LXV	279
Libro settimo	-
Cap I-XXXIII	517

Descrizione

L'opera rappresenta il più corposo trattato di pittura di epoca manierista, composto di sette libri. Il primo libro è dedicato all'analisi delle proporzioni: quelle architettoniche, quelle del corpo umano, quelle musicali; il secondo al moto: dell'animo, dei meccanismi, dei corpi e delle stoffe; nel terzo libro si illustrano i colori e alla loro teoria; nel quarto, invece, si espone la teoria della luce e dell'ombra. La prospettiva è invece affrontata nel quinto libro a livello teorico e nel sesto a livello pratico. L'anamorforesi è inserita nelle applicazioni pratiche, sebbene la sua esposizione sia ancora troppo generica ed insoddisfacente. Nel settimo e ultimo libro si sofferma sulla «*virtù e necessità dell'istoria, o forma che vogliam dire della pittura*», ovvero sul modo e il motivo di rappresentare figure o cose.



Autore	Ludovico Cardi da Cigoli detto il Cigoli (1559-1613)
Coautori	-
Titolo	<i>Prospettiva pratica</i>
Edizione	-
Anno	1605-1613
Lingua	Italiano
Argomenti	Proiezioni ortogonali, ottica geometrica, prospettiva, teoria delle ombre, strumenti prospettici
Fonte	Filippo Camerota, <i>Linear Perspective in the Age of Galileo. Ludovico Cigoli's Prospettiva pratica</i> , Collana Biblioteca di «Galilæana», vol. 1, Leo S. Olschki, Roma 2010.
Collocazione	Gabinetto dei Disegni e delle Stampe, Uffizi, Firenze, GDSU 2660A

Indice

- Libro primo
 - Prima parte
 - Seconda parte
 - Terza parte
- Libro secondo
 - Prima parte
 - Seconda parte
 - Terza parte
 - Quarta parte
 - Quinta parte
 - Sesta parte

Descrizione

Il trattato, mai pubblicato e noto in due manoscritti, si compone di due libri, divisi rispettivamente in tre e sei parti. Il primo tratta, nella prima parte, le origini della pittura e gli effetti della visione, nella seconda l'anatomia dell'occhio ed il ruolo dei raggi visuali, e, nella terza ed ultima parte, le proiezioni ortogonali. Il secondo libro affronta direttamente la questione prospettica esponendo, nelle prime tre parti, i suoi metodi: quello della costruzione legittima del Brunelleschi, quello del punto di distanza e del "punto di concorrenza" teorizzato da Guidubaldo Del Monte e, infine, la sua "costruzione pratica" per la realizzazione di una prospettiva. Dopo gli "Avvertimenti al pittore nell'uso della prospettiva", il Cigoli illustra la teoria delle ombre e gli strumenti prospettici di sua invenzione. E' in quest'ultima parte che inserisce la costruzione anamorfica, la cui costruzione è prevista solamente tramite lo strumento prospettico e senza il relativo corredo teorico. Fornisce in aggiunta - ed in riferimento al testo del Danti - la descrizione della tavoletta a stecche prismatiche prevedendone però la sua visione diretta, senza intermediazione dello specchio.



Autore Salomon de Caus (1576-1626)

Coautori -

Titolo *La perspective avec la raison des ombres et miroirs*

Edizione I. Norton, London

Anno 1612

Lingua Francese

Argomenti Prospettiva, Anamorfose, Teoria delle ombre, rappresentazione sugli specchi

Fonte e-rara, biblioteca elettronica svizzera <<http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-9482>>

Collocazione ETH-Bibliothek Zürich, Rar 141: 2 fol.

Indice

Definizioni e teoremi preliminari

Libro primo

Capitoli primo - trentunesimo

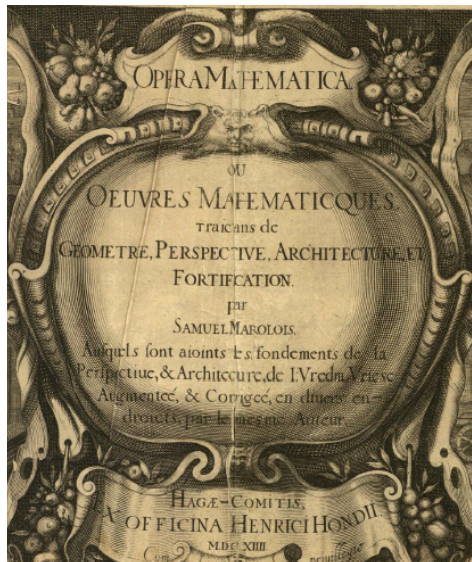
Libro secondo

Capitoli primo - decimo

Teoremi I - VI

Descrizione

L'opera si articola in due libri, ciascuno scomposto in altrettante parti. Contiene, in primo luogo, le generalità preliminari illustrate in undici definizioni e dieci teoremi accompagnati da figure e incisioni; la seconda parte del primo tomo invece, comprendente trentuno capitoli, illustra i procedimenti della costruzione "legittima" e della costruzione con punti di distanza applicati a solidi progressivamente complessi e forme diverse fino a giungere alla rappresentazione anamorfica di tipo ottico. E' il primo testo ad abbandonare l'impostazione euristica, ricavando la digradazione anamorfica come intersezione dei raggi visivi col piano di quadro. Il secondo libro affronta il tema delle ombre costruite da oggetti resi in prospettiva tenendo conto della natura e della posizione della sorgente luminosa in relazione agli altri elementi coinvolti quali la posizione dello spettatore, la superficie dell'immagine, il piano su cui viene proiettata l'ombra. L'ultima parte, organizzata in sei teoremi, si occupa delle riflessioni di oggetti in specchi piani sempre in rappresentazione prospettica. Sebbene si affronti il tema della riflessione non vi è alcun riferimento all'anamorfose catottrica.



Autore Samuel Marolois (1572-1627)
Coautori Hans Vredeman de Vries (ca.1527-1607)

Titolo *Opera mathematica ou oeuvres mathématiques : traictans de géométrie, perspective, architecture et fortification ausquels sont aioints les fondemens de la perspective & architecture de I: Vredm. Vries, augmentée & corrigée en divers endroits par le mesme auteur*

Edizione Ex officina Henrici Hondii, Hague-Comitis (Netherlands)

Anno 1614

Lingua Francese

Argomenti Geometria, Prospettiva, Anamorfose, Teoria delle ombre, Fortificazioni, ordini architettonici

Fonte e-rara, biblioteca elettronica svizzera <<http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-10733>>

Collocazione ETH-Bibliothek Zürich, Rar 9726 GF

Indice

La Geometrie de S. Marolois
 La Perspective de S. Marolois
 La Perspective de Vredeman de Vries
 Fortification de S. Marolois
 Les cinq rangs de l'architecture de Vredeman de Vries

Descrizione

Ristampate per tutto il Seicento, queste opere trattano le principali questioni di geometria e prospettiva, con applicazioni pratiche all'architettura, la progettazione di fortificazioni e gli ordini architettonici. Le parti sono trattate come monografie separate. Nel volume relativo alla prospettiva (che verrà ristampato separatamente nel 1619 col titolo *La très noble perspective*) il Marolois affronta il tema, oltre che con le costruzioni grafiche più comuni, anche attraverso risoluzioni aritmetiche e meccaniche, con diversi strumenti prospettici. Pur non apportando contributi significativi alla teoria della prospettiva, l'opera sicuramente concorse a diffonderla e a chiarirla.

La rappresentazione anamorfica conclude il volume ed è illustrata secondo due sistemi: il primo, geometricamente corretto, è la trasposizione del metodo della diagonale. Il secondo riporta l'allungamento dell'immagine già illustrato dal Danti.

**LO INGANNO
DE GL'OCCHI,
PROSPETTIVA PRATICA
DI PIETRO ACCOLTI
GENTILHOMO FIORENTINO.
E della Toscana Accademia del Disegno.
TRATTATO IN ACCONCIO DELLA PITTURA.**



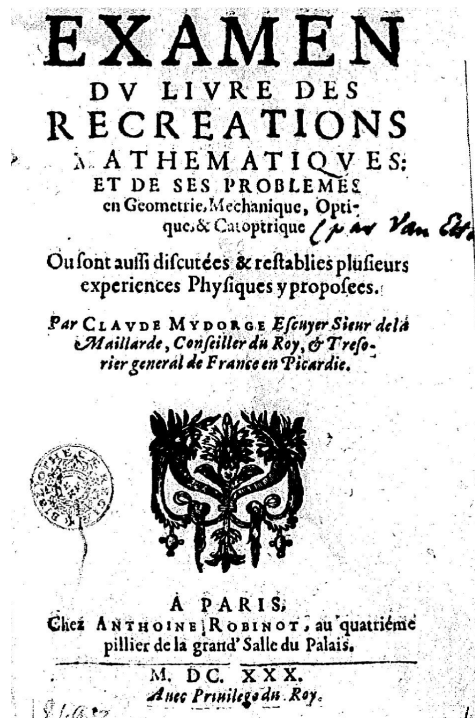
IN FIRENZE,
Appresso Pietro Ceconcelli. MDC. XXV.
Con Licenza de Superiori. Alla Stella Medicea.

Autore	Pietro Accolti (1455-1532)
Coautori	-
Titolo	<i>Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica</i>
Edizione	Appresso Pietro Ceconcelli, Firenze
Anno	1625
Lingua	Italiano
Argomenti	Ottica geometrica, Proiezioni ortogonali, Prospettiva, Teoria delle ombre
Fonte	Google libri < http://books.google.it/books?id=rUhRAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=it#v=onepage&q&f=false >
Collocazione	Biblioteca Pubblica Bavarese

Indice	Pag.
Parte prima	-
Cap. I- XXXIX	9-54
Parte seconda	-
Cap. I- XVIII	59-89
Parte terza	-
Cap. I- XVIII	97-144

Descrizione

Il trattato si articola in tre parti: la prima è dedicata alle premesse sulla trattazione, con nozioni di ottica e definizioni generali impostate sulle figure piane; la seconda espone la costruzione prospettica applicata ai poliedri platonici, descrivendo gli elementi della scenografia e il prospettografo; l'ultima parte è riservata al problema delle ombre e delle immagini riflesse. Benché il testo presenti chiare derivazioni dal manoscritto di Ludovico Cigoli e dall'opera di Guidubaldo del Monte per i contenuti scenografici ed abbia ricevuto severe critiche, presenta degli elementi di novità per quanto riguarda la costruzione dell'anamorforesi, introdotta nel capitolo XXXVI della prima parte. La descrizione si riferisce ad una anamorforesi ottica piana in cui l'uso di uno specchio è solo "di supporto" alla visione e concorre a rettificare una costruzione approssimativa.



Autore Claude Mydorge (1585-1647)

Coautori -

Titolo

Examen du livre des récréations mathématiques et de ses problèmes en géométrie, mécanique, optique & catoptrique, où sont aussi discutées et restablies plusieurs expériences physiques y propose

Edizione

Antoine Robinot, Paris

Anno

1630

Lingua

Francese

Argomenti

Aritmetica, Geometria, Astrologia, Ottica, Prospettiva, Meccanica e Chimica

Fonte

Gallica, biblioteca digitale francese <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5821952m>>

Collocazione

Bibliothèque nationale de France, département Réserve des livres rares, V-18497

Indice

Pag.

Parte prima

Problemi I- XCI

1-280

Parte seconda

Problemi I- XLV

1-63

Parte terza

Chap. I- XVII

64-106

Descrizione

L'opera presenta una varietà di problemi e giochi matematici così come altri "segreti che qui sono messi in luce". L'anamorfose, posta di seguito al problema di proporzionamento di una scritta su di una parete verticale, è illustrata brevemente al problema XIX della seconda parte ed è descritta come una deformazione ricavabile per proiezione di un lume, così come farà, più tardi, il Bettini.

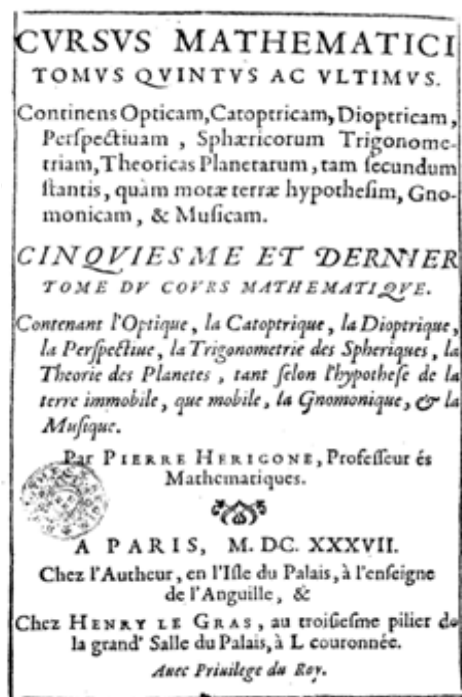


Autore	J. L. Sieur de Vaulezard (XXVII sec.)
Coautori	-
Titolo	<i>Perspective cilindrique et conique ov, Traicte' des apparences veuës par le moyen des miroirs cilindriques & cōniques, soient conuexes ou concaues; ensemble la construction & position des figures obiectées au [sic] mesmes miroirs, afin que leurs apparences soient conformes à la volonté.</i>
Edizione	Chez Iulian Iacquin, Paris
Anno	1630
Lingua	Francese
Argomenti	Ottica geometrica, Anamorfosi
Fonte	Gallica, biblioteca digitale francese < http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k5818739z >
Collocazione	Bibliothèque nationale de France, département Réserve des livres rares, V-20536

Indice	Pag.
Advertissement av lectevr	-
Definitions	1
Axiomes	4
Theoreme 1-2-3-4	7
Probleme 1	13
Probleme 2	16
Probleme 3	18
Probleme 4	29
Probleme 5	34
Probleme 6	37
Probleme 7	42
Probleme 8	45
Probleme 9	46
Theoreme 5-6-7-8-9-10	54
Probleme 10	59
Probleme 11	60
Probleme 12	62

Descrizione

L'opera, come dichiara il titolo, è completamente dedicata all'anamorfosi catottrica di tipo cilindrico e conico, sia per specchi concavi che convessi. Le venti definizioni d'apertura riguardano gli specchi regolari, irregolari - natura, composizione e caratteristiche - e, naturalmente, le leggi della riflessione, che sono esposte in otto assiomi. Le descrizioni delle anamorfosi catottriche sia di tipo cilindrico che di tipo conico sono precedute rispettivamente da quattro e da sei teoremi di preparazione sulle proprietà geometriche del solido ed assumono un valore rilevante ai fini della risoluzione dei successivi problemi. I nove sulle riflessioni negli specchi cilindrici sono integrati, in chiusura, dall'applicazione del compasso di proporzione per la risoluzione degli stessi problemi presentati. Le anamorfosi coniche sono invece esposte in tre problemi applicativi. Il testo è completato poi con corollari e scoli. L'importanza del trattato è data dal suo riconoscimento come il primo nel quale si descrive con esattezza la costruzione geometrica d'immagini catottriche cilindriche o coniche, esposta in passaggi pedagogici.



Autore	Pierre Herigone(1580 – 1643)
Coautori	-
Titolo	<i>Cursus mathematicus, nova, brevi, et clara methodo demonstratus, per notas reales et universales, citra usum cujuscunque idiomatis intellectu faciles</i>
Edizione	Chez Henri Le Gras, Paris
Anno	1637
Lingua	Francese / Latino
Argomenti	Ottica, catottrica, diottrica, prospettiva, trigonometria delle sfere, teoria dei pianeti, gnomonica, musica
Fonte	Gallica, biblioteca digitale francese < http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k61854k >
Collocazione	Bibliothèque nationale de France, département Réserve des livres rares, V-1663

Indice	Pag.
Tomo I	
Tomo II	
Tomo III	
Tomo IV	
Tomo V	
Preface	-
L'Optique	1
La Catoptrique	87
La Dioptrique	126
La Perspective	190
Des Spheriques Liv.I	218
Des Spheriques Liv.II	250
Des Spheriques Liv.III	296
Des Spheriques Liv.IV	330
Theorie des Planetes, Liv.I	451
Theorie des Planetes, Liv.II	546
Theorie des Planetes, Liv.III	630
La Gnomonique	682
La Mvsique	802
Tomo VI o Supplementum	

Descrizione

Il testo è un compendio in sei volumi di matematica e logica elementare redatto in lingua francese e in latino, pubblicato a Parigi tra il 1634 e il 1637; fu seguito da tre edizioni stampate nel 1643 e nel 1644 che non riportano sostanziali differenze dall'originale. I temi affrontati nel trattato sono i più disparati: la geometria, l'aritmetica ed il calcolo algebrico, le funzioni ed i logaritmi, la geografia, l'astronomia, l'arte della navigazione, le equazioni cubiche, l'uso del compasso di proporzione, la teoria dei pianeti. La trattazione dell'ottica, della catottrica e della diottrica, così come della prospettiva e del suo metodo applicato a diversi tipi di oggetti mediante il compasso di proporzione, la teoria dei pianeti, la gnomonica ed i canoni della musica esposti da Euclide, sono contenuti nel quinto tomo. All'anamorfose ottica e catottrica di tipo cilindrico dedicò rispettivamente le proposizioni VIII e IX di quest'ultimo tomo in chiusura della parte concernente la prospettiva. È caratterizzato dall'uso di un linguaggio simbolico matematico, tra i primi a comparire nella trattatistica.



Autore	Jean François Nicéron (1613-1646)
Coautori	Marin Mersenne (1588-1648)
Titolo	<i>La perspective curieuse ou Magie artificielle des effets merveilleux. De l'optique, par la vision directe. La catoptrique, par la reflexion des miroirs plats, cylindriques et coniques. La dioptrique, par la refraction des crystaux. Dans laquelle, outre un abrégé et methode generale de la perspective commune, reduite en pratique sur les cinq corps reguliers, est encore enseignee la façon de faire et construire toute sortes de figures diffornes, qui estant veuës de leur poinct paroissent dans une juste proportion: le tout par des pratiques si familiares, que les moins versez en la geometrie s'en pourront servir avec le seul compas et la regle... Oeuvre tres-utile aux peintres, architectes, graveurs, sculpteurs, et à tous autres qui se servent du dessein de leurs ouvrages.</i>
Edizione	Chez Pierre Billaine, Paris
Anno	1638
Lingua	Francese
Argomenti	Ottica fisica, Ottica geometrica, Prospettiva, Anamorforesi
Fonte	Gallica, biblioteca digitale francese < http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k105514z >
Collocazione	Bibliothèque nationale de France, département Réserve des livres rares, V-1663

Indice	Pag.
Epître dédicatoire à Georges Bolognetti	-
Permission et approbation	-
Sommaire	-
Préface et avertissement au lecteur	-
Préludes géométriques	1
Premier livre	11
Second livre	50
Troisième livre	74
Quatrième livre	100
Début des 25 f. de figures	121
Errata	172
Privilège du roi	173

Descrizione

L'opera si compone di quattro libri rispettivamente dedicati alla prospettiva, all'anamorforesi di tipo ottica, a quella di tipo catottrico cilindrica e conica e a quella di tipo diottrico. Il testo si propone di essere chiaro ed accessibile anche ai pittori e a coloro che consideravano la prospettiva ostile per la sua impostazione geometrica al fine di stimolarli con l'analisi delle "amenità della prospettiva curiosa", prospettiva che Nicéron considera far parte della cosiddetta "magia artificiale". La magia artificiale era basata sulla capacità dell'artista di concepire illusioni dipinte, disegnate o stampate, in opposizione alla magia naturale che sfruttava, appunto, la natura per la creazione di immagini stupefacenti. L'opera viene considerata un caposaldo nello studio dell'argomento in quanto il padre gesuita dà un valore di universalità teorica al processo di formazione della rappresentazione anamorfica: egli riconosce la relazione astratta che intercorre tra tutti i luoghi geometrici compresi nella piramide visiva.



Autore Jean Le Dubreuil (1602-1670)

Coautori -

La Perspective Pratique, Necessaire A Tous Peintres, Graveurs, Sculpteurs, Architectes, Orphevres, Brodeurs, Tapissiers, & autres qui se mêlent de dessein

Titolo

La Perspective Pratique, Ou Se Voyent Les Beautez Et Raretez de cette Science: Avec Les methodes Pour Les Pratiquer sur toutes sortes de Plans, Et Les Effets Admirables Des Trois Rayons, Droit, Reflechey, Et Brisé, Troisieme et derniere partie.

Edizione Chez Pierre Billaine, Paris

Anno 1638

Lingua Francese

Argomenti Ottica fisica, Ottica geometrica, Prospettiva, Anamorfose

Fonte

Google libri <http://books.google.it/books?id=hWw_AAAcAAJ&hl=it&pg=PT7#v=onepage&q&f=false>

Collocazione

Bayerische Staatsbibliothek (Biblioteca Nazionale Bavarese), Muenken, 4 Math.a. 221-3

Indice	Pag.
Parte I	-
Parte II	-
Parte III	-
Av lectevr	-
Traité I	-
Avis I-VIII	1
Pratique I-XXXX	11
Traité II	-
Pratique I-XIII	51
Traité III	-
Pratique I-XXIX	64
Traité IV	-
Pratique I-XVI	92
Traité V	-
Pratique I-XIV	110
Traité VI	-
Pratique I-XXVII	126
Traité VII	-
Pratique I-V	158

Descrizione

Il testo, composto di tre parti, edite separatamente in diverse date, si proponeva d'essere un compendio dei trattati esistenti e di fornire un sunto riepilogativo dei metodi già noti delle "prospettive dei gesuiti" al fine di darne un chiarimento pedagogico. L'articolazione in tre parti consentì di sviluppare separatamente diverse argomentazioni: la prima parte concerne i principi generali della prospettiva ed i suoi metodi, il proporzionamento delle figure e la teoria delle ombre; la seconda affronta la rappresentazione di piani inclinati estendendo lo studio ai poliedri o ai corpi regolari a più facce; la terza ed ultima parte, in sette trattazioni, è relativa alle prospettive viste dal basso o dall'alto, compresi sfondati prospettici a carattere architettonico e figure antropomorfe che sembrano "volare", alle prospettive su pareti inclinate per "rettificare" l'ambiente illudendo un parallelismo dei piani, fino ad arrivare alle anamorfose ottiche, catottriche e diottriche.



Autore Mario Bettini (1582 – 1657)

Coautori -

Titolo

Apiaria universae philosophiae mathematicae, in quibus paradoxa, et noua pleraque machinamenta ad usus eximios, traducta, & facillimis demonstrationibus confirmata

Edizione Io. Baptistae Ferronij, Bologna

Anno 1642

Lingua Latino

Argomenti

Musica, Gnomonica, Astrologia, Cosmografia, Ottica, Geometria, Luce, Aritmetica, Prospettiva

Fonte

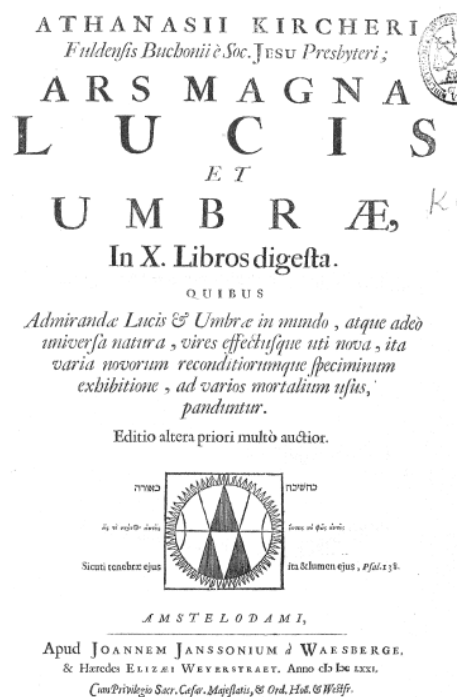
Google libri <<http://books.google.it/books?id=-BRKwRE99JAC&printsec=frontcover&hl=it#v=onepage&q&f=false>>

Collocazione Biblioteca pubblica di Lione

Indice	Pag.
Apiario I	-
Apiario II	-
Apiario III	-
Apiario IV	-
Apiario V	-
Progymnasma I	-
Caput I - VII	1-23
Progymnasma II	-
Caput I-X	24-58
Apiario VI	-
Apiario VII	-
Apiario VIII	-
Apiario IX	-
Apiario X	-
Apiario XI	-
Apiario XII	-

Descrizione

L'opera, anch'essa di carattere enciclopedico, vide le stampe dei primi due volumi dei tre previsti a Bologna nel 1642; il titolo prese ispirazione dal naturale e geometrico lavoro delle api, alludendo ad un ideale giardino nel quale le scienze matematiche sono il miele degli uomini. Il terzo volume, fu stampato nel 1654 e, nel 1660, ebbe una ristampa sotto il nuovo frontespizio di Recreationum Mathematicarum Apiaria Duodecim Novissima. L'opera si organizza in dodici parti relative alla musica, la gnomonica, l'astrologia, la cosmografia, l'ottica, la geometria, la luce, l'aritmetica. L'anamorfosi viene trattata nella quinta parte Paradoxa et Arcana Opticae Scenographica e, invertendo il tradizionale ordine di trattazione, presenta prima le anamorfosi catottriche e dopo quelle ottiche.

**Autore** Athanasius Kircher (1602-1680)**Coautori** -**Titolo****Edizione**

sumptibus Hernanni Scheus, ex typographia Ludouici Grignani, Roma

Anno

1645

LinguaAttinobolismo, Gnomotica, Orografia, Uranografia, Geografia, Astro-
nomia**Argomenti****Fonte**Google libri <<http://books.google.it/books?id=hUvNnJteew4C&prints=ec=frontcover&hl=it#v=onepage&q&f=false>>**Collocazione**

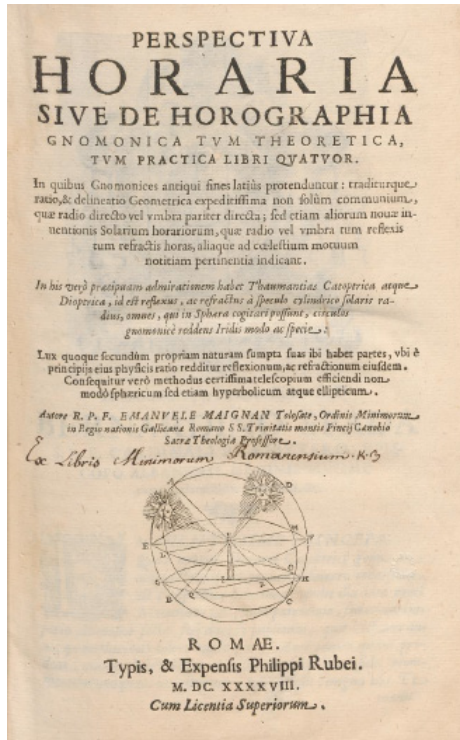
Università Complutense di Madrid

Indice

	Pag.
Libro primo	1
Libro secondo	-
Parte prima	79
Caput I-XIII	-
Parte seconda	117
Caput I-IV	-
Libro terzo	146
Libro quarto	248
Libro quinto	298
Libro sesto	341
Libro settimo	526
Libro ottavo	586
Libro novo	627
Libro decimo	673
Cryptologia nova	789

Descrizione

L'opera si presenta come una trattazione in dieci parti delle varie teorie proto-scientifiche ed artistiche della sua epoca in un continuo alternarsi di vari piani: ludico, esperenziale, religioso, mistico, esoterico, scientifico. L'autore dichiara apertamente di aver trascurato il rigore proprio della materia, soprattutto in questioni di ottica fisico-geometrica, in quanto il testo, quale raccolta dei temi interconnessi, anche lontanamente, con i fenomeni di luce e di ombra, si rivolge a coloro che si sono avvicinati all'ottica proprio da diversi settori. Il secondo tomo, *De actinobolismis seu radiationibus*, spazia dai fenomeni legati ai raggi luminosi al meccanismo della camera oscura e della lanterna magica, dai principi di scenografia a quelli di prospettiva a uso dei pittori. È nella seconda parte di questo capitolo, intitolata *Actinobolismus Opticus, seve de radiazione visuali, fundamento totius Opticae*, che viene inserita la trattazione geometrica dell'anamorfose, evidentemente ispirata dall'opera del Nicéron, tanto da riproporne le stesse costruzioni.



Autore Emanuel Maignan (1601-1676)

Coautori -

Titolo

Perspectiva horaria sive de horographia gnomonica tum theoretica, tum practica libri quatuor: in quibus gnomonices antiqui fines latius protenduntur: traditurque ratio, & delineatio geometrica expeditissima non solum communium, quae radio directo vel umbra pariter directa; sed etiam aliorum novae inventionis solarium horariorum, quae radio vel umbra tum reflexis tum refractis horas, aliaque ad coelestium motuum notitiam pertinentia indicant: in his vero praecipuam admirationem habet thaumantias catoptrica atque dioptrica, id est reflexus, ac refractura speculo cylindrico solaris radius, omnes, qui in sphaera cogitari possunt, circulos gnomonice reddens iridis modo ac specie: lux quoque secundum propriam naturam sumpta suas ibi habet partes, ubi e principiis eius physice ratio redditur reflexionum, ac refractionum eiusdem. Consequitur verò methodus certissima telescopium efficiendi non modo sphaericum sed etiam hyperbolicum atque ellipticum

Edizione typis et expensis Philippi Rubei, Roma

Anno 1648

Lingua Latino

Argomenti Astronomia, Gnomonica, Orografia, Geometria, Ottica geometrica, Anamorforesi, Catottrica

Fonte e-rara <<http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-13015>>

Collocazione ETH-Bibliothek Zürich, Rar 1183 q

Indice	Pag.
Liber primus	1
Prepositio I-XXXXV	3-103
Liber secundus	104
Prepositio I-XXXXXII	107-275
Liber tertius	276
Prepositio I-CXXVII	310-548
Liber quartus	549
Prepositio I-LXXVIII	556-705

Descrizione

Il testo è inquadrato tra le più importanti opere scientifiche dedicate alla gnomonica, contenente una minuziosa disamina delle questioni teoriche e pratiche relative alle meridiane. La trattazione relativa alla rappresentazione anamorfica è inserita nell'opera, apparentemente fuori contesto, a seguito del successo riscosso dalla realizzazione dell'affresco di San Francesco di Paola realizzato presso il convento di Trinità dei Monti a Roma. Il padre gesuita infatti descrive accuratamente il procedimento seguito ed illustra lo strumento prospettico, simile allo sportello del Dürer, da lui utilizzato.

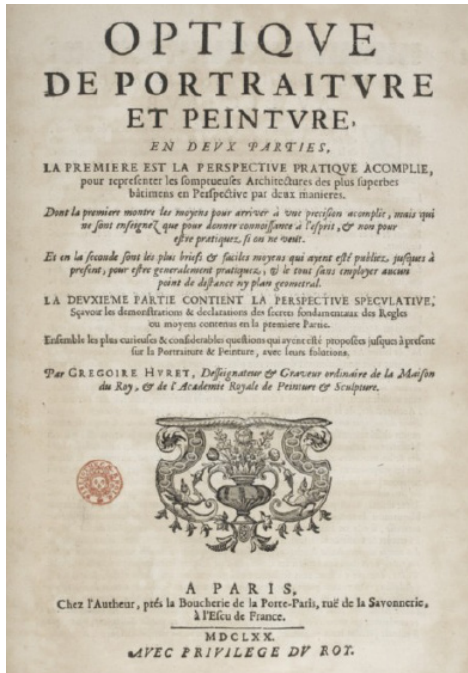


Autore	Gaspar Schott (1608-1666)
Coautori	-
Titolo	<i>Magia universalis naturae et artis</i>
Edizione	Sumptibus hæredum Joannis Godefridi Schönwetteri, Wiirzburg
Anno	1657 - 1659
Lingua	Latino
Argomenti	Ottica, Acustica, Matematica, Fisica, Anamorfose
Fonte	Google libri < http://books.google.it/books?id=JY4PAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=it#v=onepage&q&f=false >
Collocazione	Università di Ghent

Indice	Pag.
Liber I	8
Liber II	54
Liber III	100
Pars Prima	101
Caput I	102
Caput II	111
Caput III	116
Caput IV	128
Caput V	132
Caput VI	138
Caput VII	149
Pars Seconda	153
Caput I	154
Caput II	160
Caput III	168
Libro IV	170

Descrizione

L'opera si compone di quattro tomi: *Optica, Acoustica, Mathematica, Physica*. Come il maestro, anch'egli rivolse il testo alle stranezze della natura e si soffermò sugli aspetti "magici" delle varie discipline; non a caso, nonostante il Libro III dell'*Optica, De Magia Anamorphotica, sive de arcana imaginum deformazione...*, sia dedicato all'anamorfose, nell'intera opera non si esaminano altri argomenti relativi alla prospettiva.



Autore Grégoire Huret (1606-1670)

Coautori -

Titolo

Optique de portraiture et peinture, en deux parties... ensemble les plus curieuses et considérables questions qui ayant esté proposées jusques à présent sur la portraiture et peinture, avec leurs solutions

Edizione Chez l'auteur, Paris

Anno 1670

Lingua Francese

Argomenti Prospettiva, Teoria delle ombre, Anamorfosi

Fonte Gallica, biblioteca digitale francese <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8612087c>>

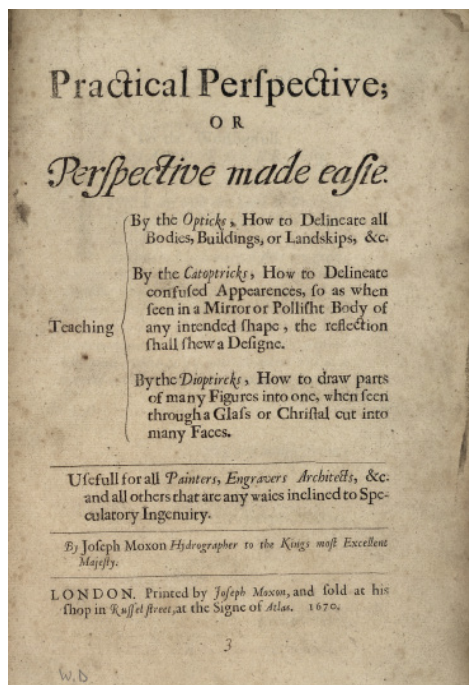
Collocazione Bibliothèque nationale de France, V-2602

Indice	Pag.
Prima parte	
Section 1-182	1-58
Seconda parte	
Section 183-370	59-158

Descrizione

Il testo, nato a scopo didattico, se da un lato illustra le regole per la costruzione della prospettiva, dall'altro avanza osservazioni e commenti spesso soggettivi ed errati; in particolar modo, l'Huret si esprime contro il metodo di Desargues nel dibattito che, tra i contemporanei, stava prendendo piede. L'opera si compone di due parti: *la perspective pratique* e *la perspective speculative*.

Lo studio delle *figures depravées* trova posto nella seconda con una descrizione molto dettagliata dei procedimenti costruttivi, tratti dalle opere precedenti. L'acquisizione della tecnica anamorfica è testimoniata anche dalle tavole a corredo dei problemi in cui la rappresentazione, meno tecnica, è sicuramente più accattivante.

**Autore** Joseph Moxon (1627-1691)**Coautori** -**Titolo**

Practical perspective, or; Perspective made easie teaching [brace] by the opticks, how to delineate all bodies, buildings, or landskips, &c., by the catoptricks, how to delineate confused appearances, so as when seen in a mirror or polliht body of any intended shape, the reflection shall shew a designe, by the dioptricks [sic], how to draw parts of many figures into one, when seen through a glass or chrystal cut into many faces: usefull for all painters, engravers, architects, &c., and all others that are any waies inclined to speculatory ingenuity

Edizione Printed by Joseph Moxon, London**Anno** 1670**Lingua** Inglese**Argomenti** Ottica, Acustica, Matematica, Fisica, Anamorfose**Fonte**Biblioteca cinematografica francese <<http://www.bibliotheque-numerique-cinema.fr/notice/?i=29322&m=3>>**Collocazione** Cinémathèque française-Bibliothèque du film-WD Fol 1**Indice**

Chapter I

Definition I-X

Chapter II

Definition I-IX

Chapter III

Operation I-LX

Pag.

1-5

5-10

10-66

Descrizione

Il testo è caratteristico per le sue immagini pop-up, nel quale l'osservatore o il piano di quadro, solo per farne un esempio, si ribaltano per illustrarne la collocazione spaziale. Il testo raccoglie più di sessanta illustrazioni e relative descrizioni derivanti dalle opere più diffuse del suo tempo ma ancora poco note negli ambienti inglesi. L'opera, pur essendo la prima relativa alla prospettiva mai pubblicata da un inglese, non presenta contenuti innovativi.

La trattazione dell'anamorfose ottica, catottrica e diottrica, in chiusura al testo, è evidentemente tratta dall'opera del Nicéron e ne riporta invariati persino gli errori delle illustrazioni.

**RECREATIONS
MATHÉMATIQUES
ET
PHYSIQUES,
QUI CONTIENNENT**

**PLUSIEURS PROBLÈMES D'ARITHMÉTIQUE,
de Géométrie, de Musique, d'Optique, de
Gnomonique, de Cosmographie, de Méca-
nique, de Pyrotechnie, & de Physique. Avec
un Traité des Horloges Elementaires.**

**Par feu M. OZANAM, de l'Académie Royale des
Sciences, & Professeur en Mathématique.**

NOUVELLE ÉDITION,

Revue, corrigée & augmentée.

TOME PREMIER.

P. de  *Trayforrens.*

**A PARIS, QUAY DES AUGUSTINS,
Chez JACQUES ROLLIN, fils, à St. Athanase
& au Palmier.**

**M. DCC. L.
AVEC PRIVILEGE DU ROY.**



Autore Jacques Ozanam (1640-1717)

Coautori -

Titolo

Récréations mathématiques et physiques, qui contiennent plusieurs problèmes d'arithmétique, de géométrie, de musique, d'optique, de gnomonique, de cosmographie, de mécanique, de pyrotechnie et de physique

Edizione J. Jombert, Paris

Anno 1694

Lingua Francese

Argomenti

Aritmetica, Geometria, Musica, Ottica, Gnomonica, Cosmografia, Meccanica

Fonte

Google libri <<http://www.google.it/books?id=BtMTAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=it#v=onepage&q&f=false>>

Collocazione

Università di Losanna

Indice	Pag.
Tomo I	
Problemi d'aritmetica I-LII	1
Problemi di geometria I-XLVII	270
Problemi di musica I-V	332
Problemi d'ottica I-LIII	346
Tomo II	
Problemi di gnomonica I-XXXIV	1
Problemi di cosmografia I-XLIV	128
Problemi di meccanica I-LXI	335

Descrizione

Basato sulle opere precedenti di Claude Bachet, Claude Mydorge, Jean Laurechon e Daniel Schwenter, il testo fu successivamente rivisto ed ampliato da Jean Montucla, quindi edito in inglese da Charles Hutton nel 1803 e 1804. L'opera si compone di due tomi e descrive collezioni di puzzles, trucchi, ricreazioni matematiche ed effetti scientifici popolari per l'intrattenimento e istruzione a riunioni sociali, ed è frutto di una lunga tradizione per la passione per i giochi, i paradossi e gli enigmi matematici, tradizione che crebbe durante il Settecento e l'Ottocento. L'anamorforesi, piana e speculare, rientra nei problemi d'ottica ed è completamente tratta, anche nelle tavole illustrative, dai testi precedenti.

2. Lo sviluppo geometrico dell'anamorfose nella trattatistica

2.1 Introduzione

Nel presente capitolo si intendono analizzare, in primo luogo, i principali trattati cinque e seicenteschi sulla rappresentazione anamorfica, già storicamente inquadrati nel precedente capitolo: *La Perspective Avec La Raison Des Ombres et Miroirs* di Salomon de Caus, *Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica* di Pietro Accolti, *la Perspective Cilindrique et Conique* di Sieur de Vaulezard, il *Cursus Mathematicus* di Pierre Hérigone, *La Perspective Curieuse ou Magie Artificielle des Effets Merveilleux* di Jean François Nicéron, *La Perspective Pratique* di Jean Dubreuil, l'*Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae* di Mario Bettini, l'*Ars Magna Lucis et Umbrae* di Athanasius Kircher, la *Magia Universalis Naturae et Artis* di Gaspard Schott. La scelta dei testi è stata orientata a quelli che affrontano l'anamorfose sia di tipo catottrico che di tipo ottico - come le opere del de Caus e dell'Accolti -, per due ordini di motivi: da un lato, la letteratura moderna e contemporanea sull'anamorfose ottica, seppur piuttosto ricca, non ha realmente approfondito gli aspetti geometrici di questa forma di rappresentazione; dall'altro è proprio su tale procedimento di deformazione che si basa la distorsione con gli specchi ed è quindi necessario illustrarla per la successiva comprensione dei problemi catottrici.

Il testo del Vaulezard è, al contrario, dedicato esclusivamente alle anamorfose di tipo catottrico, cilindrico e conico, e può essere considerato quale opera fondamentale sull'argomento: esso, infatti, si configura non solo estremamente corretto nell'esposizione geometrica che viene data dei problemi ma anche fortemente rigoroso - non a caso è opera di un matematico - e quindi "scientifico". Solo l'Hérigone fornirà un ulteriore contributo geometrico alla trattazione dell'anamorfose catottrica di tipo cilindrico riservandovi uno dei problemi del suo *Cursus mathematicus*. *La Perspective Curieuse ou Magie Artifi-*

cielle des Effets Merveilleux del Nicéron, come più volte sottolineato, rappresenta un testo cardine sull'anamorfose perché da un lato raccoglie, in un volume completamente dedicato, tutte le tipologie sul genere - anamorfose ottiche, catottriche e diottriche -, dall'altro pone un punto alla questione geometrica che non vedrà nuovi contributi. I testi successivi, infatti, andranno lentamente a configurarsi, a partire dall'opera del Dubreuil, come grandi opere enciclopediche spesso rivolte - come quelle di Kircher e Schott - agli aspetti insoliti, misteriosi e "magici" della natura. Concepite per diffondere un sapere già noto, tali opere evidenziano un duplice approccio allo studio della rappresentazione anamorfica: in primo luogo, non affrontano la questione in termini estremamente tecnici ma, al contrario, favoriscono un orientamento pratico al problema; in secondo luogo, mostrano la tendenza a riproporre, copiando illustrazioni e testo senza alcuno spirito critico, sistemi e metodi appresi nei precedenti trattati. Quindi, se le prime fonti sull'argomento sono testi concentrati sulla prospettiva che trattano l'anamorfose come un suo caso particolare - come una "*bella e secreta parte*", per riprendere le parole del Barbaro -, le opere "mature" sono compendi enciclopedici sulle stranezze della natura che, a volte, non includono affatto la prospettiva e considerano anzi l'anamorfose solo come un artificio ottico. Le opere scelte, quindi, sono emblematiche del percorso storico - evolutivo che questa forma di rappresentazione ha subito, dalla sua "scoperta" cinquecentesca fino alla maturazione seicentesca.

La digitalizzazione di gran parte del patrimonio storico librario e la sua diffusione sul web consentono oggi di reperire agevolmente molti dei trattati antichi nei manoscritti originali favorendone lo studio. L'indagine è stata quindi compiuta sui testi autografi in lingua natale ed ha

richiesto un'operazione intermedia di traduzione; operazione, questa, svolta autonomamente e, sebbene affetta da inevitabili imprecisioni linguistiche e terminologiche, è risultata sufficiente per la comprensione generale dell'opera e dei singoli procedimenti geometrici - puntualmente descritti nei trattati - corredati da illustrazioni esplicative. L'esposizione dei problemi segue, non fedelmente, quella data dagli autori - generalmente discorsiva - e tende a riportare la stessa nomenclatura degli elementi geometrici. Quest'ultimi sono inoltre indicati quasi sempre, nei tratti, come piani, linee (o linee dritte) e punti; si è utilizzata una terminologia differente (citando segmenti e semirette, ad esempio) solo dove ritenuto necessario per chiarire il procedimento illustrato.

Dei metodi ottici e catottrici analizzati è stata effettuata una re-illustrazione bi e tridimensionale. La loro trasposizione nello spazio virtuale ne ha contestualmente consentito la verifica dell'esattezza, l'attualizzazione della rappresentazione ed ne ha favorito la comprensione per una reale divulgazione pedagogica. L'impiego di un software di modellazione digitale ha consentito di riprodurre gli elementi nello spazio, rendendo immediatamente visualizzabili intersezioni e coincidenze, e ha permesso altresì una simulazione realistica della tecnica tramite la disposizione, nel prestabilito punto di vista, di una camera virtuale.

In conclusione, è stata effettuata una comparazione tra i procedimenti e i sistemi illustrati nei vari trattati, classificati per tipologia di rappresentazione in anamorfofi ottica, catottrica cilindrica e catottrica conica. È stato così possibile darne una lettura critica dal punto di vista non solo geometrico - procedurale ma anche rappresentativo.

«Quelli che s'innamorano della pratica senza la scienza, sono come I nocchieri che entrano in naviglio senza timone o bussola, che mai hanno certezza dove si vadano. Sempre la pratica dev'essere edificata sopra la buona teorica, della quale la prospettiva è guida e porta, e senza questa nulla si fa bene...»

“Trattato della pittura”, Leonardo da Vinci

2.2 La perspective avec la raison des ombres et miroirs di Salomon de Caus

Il primo trattato che abbandona l'impostazione euristica è *La perspective avec la raison des ombres et miroirs* redatto da Salomon de Caus, ingegnere, scenografo e teorico legato alle corti tedesche e francesi, che vide le sue stampe a Londra nel 1612 e, già nella prefazione, esprime il suo intento manualistico rivolto «à tous Architectes, Ingenieurs, Peintres & généralement à tous ceux lesquels manient le compas»¹. L'opera si articola in due libri, ciascuno scomposto in altrettante parti. Contiene, in primo luogo, le generalità preliminari illustrate in undici definizioni e dieci teoremi accompagnati da figure e incisioni; la seconda parte del primo tomo invece, comprendente trentuno capitoli, illustra i procedimenti della *costruzione legittima* e della costruzione con punti di distanza applicati a solidi progressivamente complessi e forme diverse fino a giungere alla rappresentazione anamorfica di tipo ottico. Il secondo libro affronta il tema delle ombre costruite da

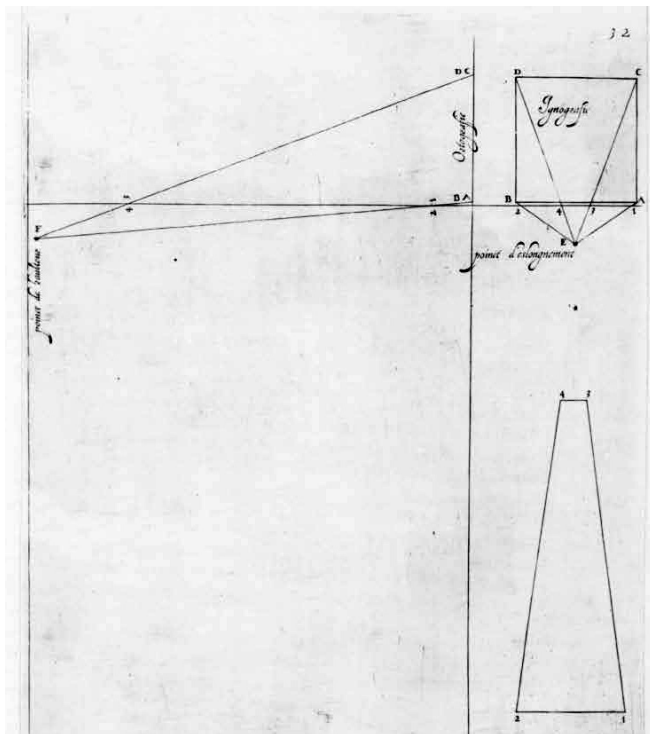


Fig. 01 – Illustrazione 32 del Chapitre Vingt-Sixiesme.

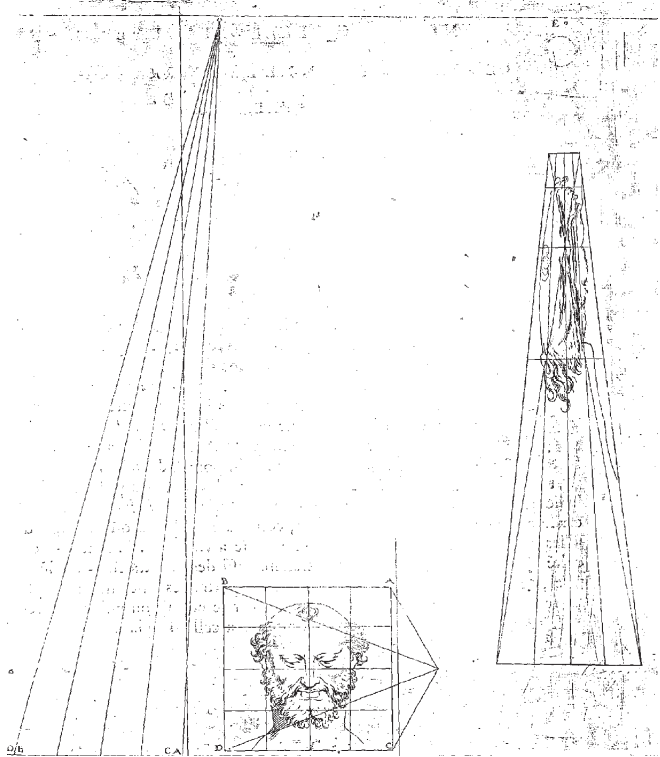


Fig. 02 – Illustrazione 34 del Chapitre Vingt-Huictiesme.

oggetti resi in prospettiva tenendo conto della natura e della posizione della sorgente luminosa in relazione agli altri elementi coinvolti quali la posizione dello spettatore, la superficie dell'immagine, il piano su cui viene proiettata l'ombra. L'ultima parte, organizzata in sei teoremi, si occupa delle riflessioni di oggetti in specchi piani sempre in rappresentazione prospettica. Sebbene si affronti il tema della riflessione non vi è alcun riferimento all'anamorfose catottrica. Dal ventiseiesimo capitolo "*Pour mettre une superficie plane quarre en raccourcissement d'une facon extraordinaire*" il de Caus illustra, infatti, come costruire l'anamorfose piana di una figura quadrata prima e di una testa o una generica figura poi, fino all'applicazione relativa all'ottenimento di scritte diversamente dimensionate in altezza di modo che, da un certo punto di vista, le lettere appaiano tutte di uguale dimensione, come già il Dürer aveva fatto prima di lui. Il procedimento è impostato secondo il metodo della doppia proiezione ortogonale in pianta, *ortografia*, ed in prospettiva, *ignografia* (fig.01): si inscrive la

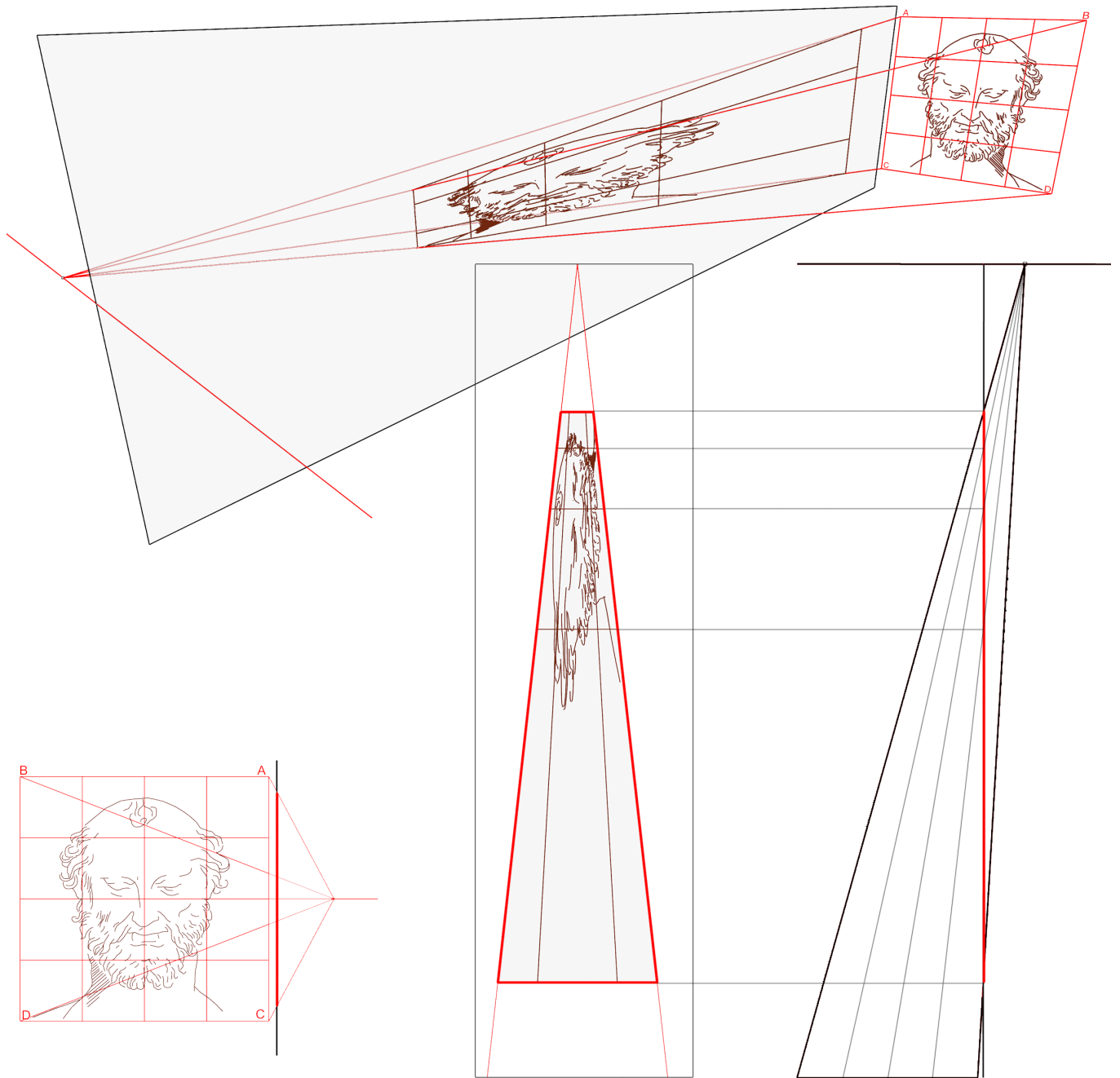


Fig. 03 – Ricostruzione digitale tridimensionale dell'illustrazione 34 del Chapitre Vingt-Huictiesme.

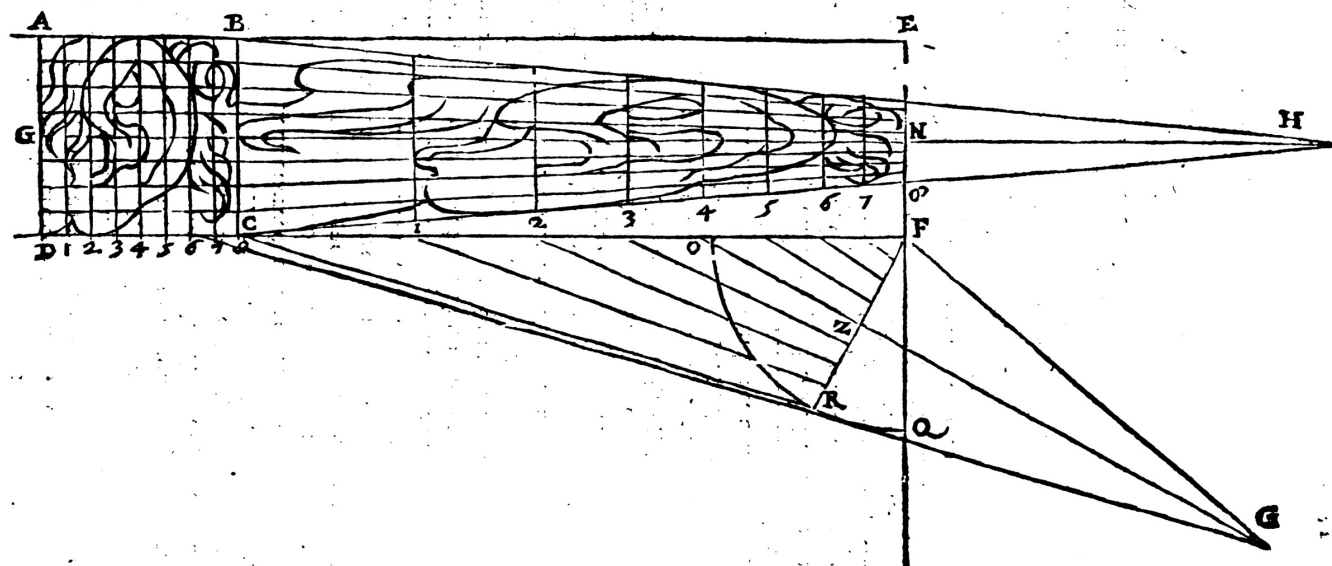


Fig. 04 – Illustrazione cap. XXXVI, p.49: costruzione dell'anamorfose ottica di un orecchio.

figura da rappresentare in un quadrato A.B.C.D. suddiviso ugualmente in larghezza come in altezza in quante parti si preferisce e si costruisce impostando una linea d'orizzonte molto alta e usando il *point [sic] d'eslongment*, punto dell'allungamento, per trovare la digradazione (fig.02). La figura anamorfica è ricavata quindi attraverso l'intersezione dei raggi visuali con il quadro sul quale si vuole rappresentare la figura in un sistema prospettico: si pone l'immagine su di un piano perpendicolare a quello della rappresentazione ed il punto di vista decentrato rispetto ad essa (fig.03). Sebbene l'esposizione del problema non è rigorosa, è annoverato come il primo caso in cui la trattazione sull'anamorfose ottica è chiara e corretta. Due sono tuttavia le illustrazioni che lo anticipano: la prima, quella del Barbaro nel 1568 (fig.23 del precedente capitolo); la seconda, quella del *Prospettiva pratica* del Cigoli che, sebbene presenti l'intuizione corretta della digradazione prospettica non riporta alcun procedimento costruttivo; l'autore ne suggerisce invece la costruzione tramite uno strumento prospettico di sua invenzione.

2.3 Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica di Pietro Accolti

Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica di Pietro Accolti fu pubblicato a Firenze nel 1625. Il trattato si articola in tre parti: la prima è sempre dedicata alle premesse sulla trattazione, con nozioni di ottica e definizioni generali impostate sulle figure piane; la seconda espone la costruzione prospettica applicata ai poliedri platonici, descrivendo gli elementi della scenografia e il prospettografo; l'ultima parte è riservata al problema delle ombre e delle immagini riflesse. Benché il testo presenti chiare derivazioni dal manoscritto di Ludovico Cigoli e dall'opera di Guidubaldo del Monte² per i contenuti scenografici ed abbia ricevuto severe critiche³, esso presenta degli elementi di novità per quanto riguarda la costruzione dell'anamorfose, introdotta nel capitolo XXXVI della prima parte quale "effetto quanto strano, tanto diletto & ingegnoso di Prospettiva" mediante il quale "siamo meravigliosamente ingannati, poiché propostaci si fatta operazione in disegno, o in Pittura, ne suoi dintorni, se non ne viene sciolto lo enigma da uno specchio si fattamente situato [...]"⁴. La descrizione si riferisce però ad una anamorfose piana in cui l'uso dello specchio è solo "di supporto" alla visione e concorre a rettificare una costruzione approssimativa (fig.04). Lo sche-

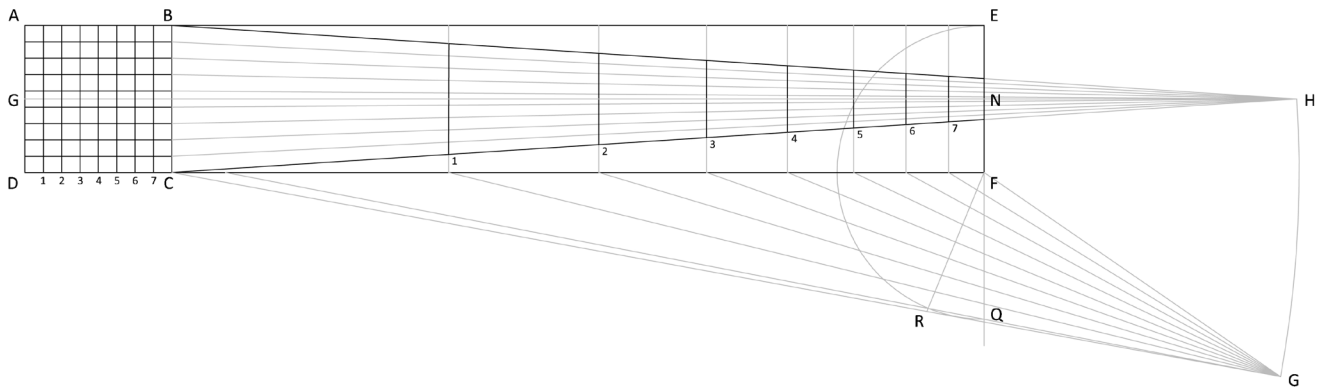


Fig. 05 – Ricostruzione digitale bidimensionale dell'illustrazione del cap. XXXVI, p.49.

ma proposto ingabbia l'immagine in una griglia quadrata ABCD suddivisa in otto parti per lato da rappresentare su un supporto rettangolare BCEF. Per comodità suggerisce di disporre l'immagine ABCD perpendicolarmente rispetto al supporto. Sull'asse mediano orizzontale si individua poi arbitrariamente il punto di concorso⁵ H. Per determinare il "punto di veduta" G si procede descrivendo un arco di circonferenza di raggio DC con centro in F e si traccia la tangente al cerchio dal punto C; su tale tangente si individua G ad una distanza dal punto C pari a quella dello stesso punto da H quindi all'intersezione della tangente con l'arco di cerchio con centro in C e raggio CH. Si traccia poi la bisettrice dell'angolo CGF e si conduce, perpendicolarmente ad essa, il raggio FR da dividere in tante parti quante quelle del lato del quadrato originario. Si riporta poi la suddivisione dal punto di vista G alla base CF del supporto che, alzata perpendicolarmente, restituisce la digressione prospettica. Nonostante «[...] un notevole numero di linee di costruzione, unite ad una chiara e dettagliata descrizione del procedimento grafico, rendono il suo metodo, dal punto di vista geometrico, rigoroso e preciso»⁶ almeno in confronto a quello esposto dal Danti o dal Barbaro giustamente contestato dall'Accolti, esso non è tuttavia scevro da errori. In primo luogo, sebbene all'autore vada il merito di aver intuito la corretta impostazione del problema nella costruzione del piano perpendicolare all'asse ottico per l'individuazione delle suddivisioni verticali, il raggio FR così trovato non copre tutta la superficie del supporto come nelle intenzioni dell'autore che è co-

stretto, nell'illustrazione a fronte, a tracciare la tangente al cerchio di raggio DC puntato in F, non da C ma da un indefinito punto più lontano. In secondo luogo l'individuazione del punto di vista G in relazione al punto di concorso H non è coerente col sistema. Questo sistema di costruzione anamorfica, tramandato nella letteratura sull'argomento, è ad oggi divulgato anche nei testi didattici per le scuole che lo inseriscono per sperimentare i limiti e le potenzialità della rappresentazione prospettica⁷ (fig.06).

L'inesattezza geometrica è dissimulata dall'Accolti grazie all'ausilio di uno specchio: «*postoli per fianco uno specchio, in qualunque modo declinante, se in effetti noi rimireremo, vedremo ne suoi propri dintorni il ritratto di quella persona, o d'altro, che fu disegnato, o dipinto nel quadro A.B.C.D.*»⁸ (fig.05). Egli ne suggerisce, infatti, un uso, dichiarato nelle prime righe ed evidentemente già in voga nel periodo, riservato prevalentemente alla ritrattistica di persone care o importanti e all'occultamento di piante e progetti di fortificazioni.

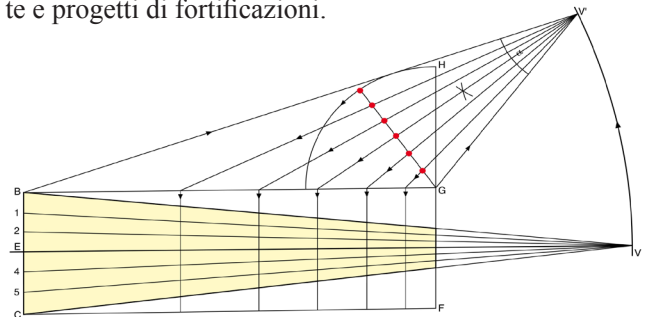


Fig.06 – Schema dell'Accolti riproposto in un testo didattico.

2.4 La Perspective cilindrique et conique di Sieur de Vaulezard

Il 1630 vide la pubblicazione il trattato *Perspective cilindrique et conique, concave et convexe ou traité des apparences vueus par le moyen des miroirs* di Sieur de Vaulezard. Poco è noto di Vaulezard probabilmente Jean Louis, geometra e matematico francese, se non quanto lasciato dei suoi lavori. Sempre nel 1630 si dedicò alla traduzione francese dei cinque libri dell'*Algèbre Nouvelle* di Francois Viet, di cui forse fu studente. Il titolo per esteso del trattato è *Perspective cilindrique et conique, ou Traicté des apparences veuës par le moyen des miroirs cilindriques & cōniques, soient convexes ou concaves ; ensemble la construction et position des figures objectées au mesmes miroirs, afin que leurs apparences soient conformes à la volonté*⁹. Come ben espresso, il testo prende in considerazione solo anamorfose catottriche di tipo cilindrico e conico. Egli fu «il primo ad occuparsi delle anamorfose catottriche in maniera scientifica»¹⁰.

Il trattato si apre con le “avvertenze al lettore”, una prefazione generale dove l'autore spiega come sia stato spinto da alcuni amici e studenti a stendere ce petit traité non solo perché nessun autore ne aveva ancora scritto in merito ma anche perché «d'autant qu'aucun Auteur n'en avoit iusques à present escrit, mesme que beaucoup qui font mediocrement versez es Mathematiques, qui en ont cy-deaut veu les effets en public n'en receuroient qu'avec plaisir les causes»¹¹. Il sistema espositivo, risalente a Euclide, è d'impianto classico: si enunciano delle definizioni, si pongono degli assiomi, quindi si discutono i problemi. Il testo inizia con venti definizioni riguardanti gli specchi regolari, irregolari - natura, composizione e caratteristiche - e, naturalmente, le leggi della riflessione, che sono espone in otto assiomi.

Le descrizioni delle anamorfose catottriche sia di tipo cilindrico che di tipo conico sono precedute rispettivamente da quattro e da sei teoremi di preparazione sulle proprietà geometriche del solido ed assumono un valore rilevante ai fini della risoluzione dei successivi problemi. I nove sulle riflessioni negli specchi cilindrici sono integrati, in chiusura, dall'applicazione del compasso di proporzione¹² per la risoluzione degli stessi problemi presentati¹³. Le

anamorfose coniche sono invece espone in tre problemi applicativi. Il testo è completato poi con corollari e scoli¹⁴. L'importanza del trattato è data dal suo riconoscimento come il primo nel quale si descrive con esattezza la costruzione geometrica d'immagini catottriche cilindriche o coniche, espone in passaggi pedagogici, a partire da una griglia rettangolare o circolare proiettata secondo le regole dell'ottica geometrica.

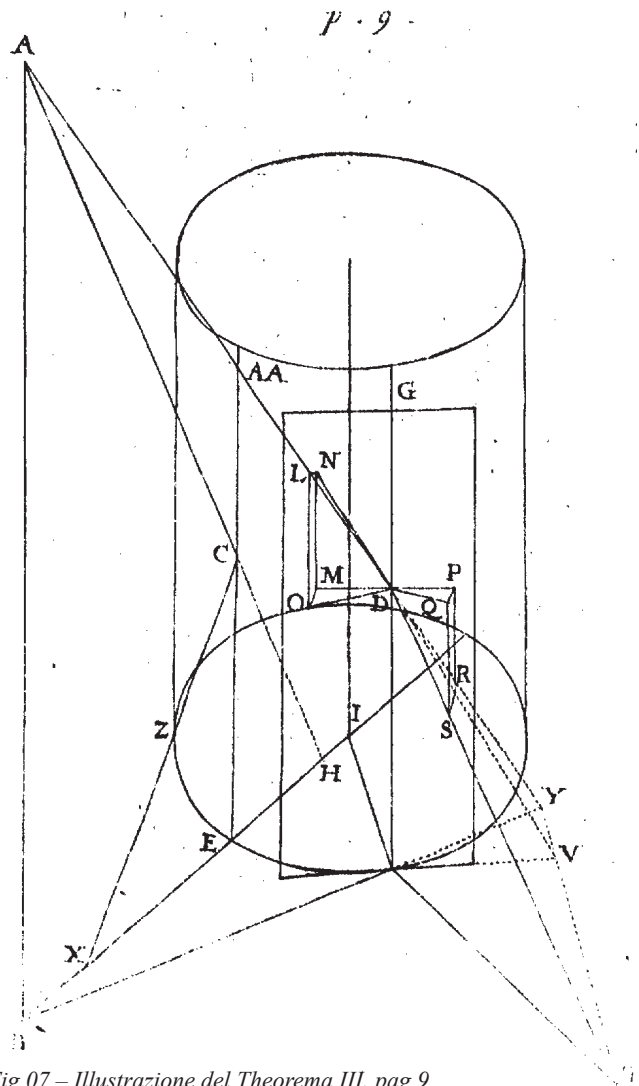


Fig.07 – Illustrazione del Theorema III, pag.9.

2.4.1 Anamorfofi catottrica cilindrica

I problemi relativi all'anamorfofi catottrica di tipo cilindrico sono preceduti da quattro teoremi nei quali l'autore introduce gli enti di riferimento ed i principi geometrici alla base delle costruzioni successive.

Il primo teorema stabilisce che se un piano "touche" un cilindro il luogo geometrico dei punti in comune è una retta corrispondente ad un lato, *costé*, del cilindro stesso. Secondo la settima definizione, per *costé du cylindre* si intende una qualsiasi linea appartenente alla sua superficie che sia parallela all'asse. Poichè sia il cilindro che il cono sono intesi retti nell'intera trattazione, si deduce che il piano oggetto del teorema sia tangente alla superficie stessa.

Il secondo teorema enuncia che l'angolo compreso tra due rette incidenti ed appartenenti rispettivamente a due piani (anch'essi conseguentemente incidenti) è uguale all'angolo compreso tra un'altra coppia di rette parallele alle prime e complanari ad esse.

Il terzo teorema, invece, stabilisce che, su di uno specchio cilindrico posto su di un piano parallelo alla sua base, il punto d'incidenza o l'apparenza (come definita l'immagine riflessa nello specchio) di un qualsiasi punto posto su tale piano appartiene ad un lato del cilindro; più precisamente quello per cui, alla base, la linea tracciata dal punto "reale" e quella tracciata dal punto sul piano sul quale cade perpendicolarmente l'occhio formano angoli uguali con la linea tangente la circonferenza di base nello stesso punto. Il teorema imposta quindi la composizione anamorfica ed è corredato da una dimostrazione sull'uguaglianza degli angoli alla base, così come di quelli d'incidenza e riflessione rispetto al lato stesso del cilindro, che si ritiene utile illustrare poiché imposta i principi geometrici alla base della rappresentazione anamorfica. Dati, quindi, lo specchio cilindrico GFEZC, la cui base appartiene al piano $\alpha\beta\gamma\delta$ - che si sottintende perpendicolare all'asse del cilindro stesso - ed il punto di vista A (*le point de la position de l'œil*) che cade perpendicolarmente sul piano nel punto B, si prende su tale piano un qualsiasi punto T (o X) di cui si vuole trovare il punto immagine sullo specchio (fig.07). Si procede per appartenenza: per la seconda legge della riflessione, tale punto d'incidenza appartiene al lato

FG del cilindro tracciato a partire da F, punto in cui le rette TF e BF si intersecano formando due angoli uguali con la retta VF, traccia sul piano $\alpha\beta\gamma\delta$ di un secondo piano FVG tangente alla superficie cilindrica nel lato FG. Sempre per le due leggi della riflessione il punto d'incidenza di T, così come i raggi d'incidenza e di riflessione, appartiene anche al piano passante per i punti A e T e perpendicolare al piano tangente FVG. Si costruisce quindi tale piano con l'ausilio del punto V, intersezione della retta tracciata da T perpendicolarmente al piano tangente, e si individua sul lato FG il punto D, immagine di T, e le rette AD di riflessione e DT d'incidenza. È possibile a questo punto individuare i due segmenti arbitrari DO e DQ uguali tra loro, appartenenti l'uno al piano DFBA e parallelo al segmento BF, l'altro al piano FTD e parallelo al segmento FT. Tracciando poi i segmenti verticali OL e QS così come i segmenti LN, OM e QP, SR fino al piano tangente e perpendicolarmente ad esso, si individuano due coppie di triangoli uguali - DOM, DQP e DLN, DSR - coerentemente a quanto detto. L'ultimo teorema enuncia l'uguaglianza della distanza che intercorre tra il punto d'incidenza F abbassato sul piano - e così individuato sulla circonferenza di base del cilindro - col punto "reale" T e la distanza dello stesso punto F con quello B dell'osservatore riportato perpendicolarmente sul piano.

La dimostrazione del teorema contempla due casi separati. Nel primo, il piano cui appartengono il raggio d'incidenza e quello di riflessione passa per il centro del cilindro, quindi è perpendicolare al piano $\alpha\beta\gamma\delta$ e contiene l'asse del cilindro; di conseguenza la distanza del generico punto X da E, traccia sul piano $\alpha\beta\gamma\delta$ del punto immagine C è uguale alla distanza di H, punto d'intersezione sul piano della retta AC, con E. Se si premette che, per le leggi della riflessione, l'angolo AACA è pari all'angolo ECX e, di conseguenza, all'angolo HCE, l'uguaglianza è facilmente dimostrata. Nel secondo, il raggio d'incidenza e quello di riflessione appartengono ad un generico piano; con le stesse premesse la distanza del generico punto T da F è pari alla distanza del punto F da Y, punto d'intersezione sul piano della retta di riflessione AD (fig.08). Lo scolio

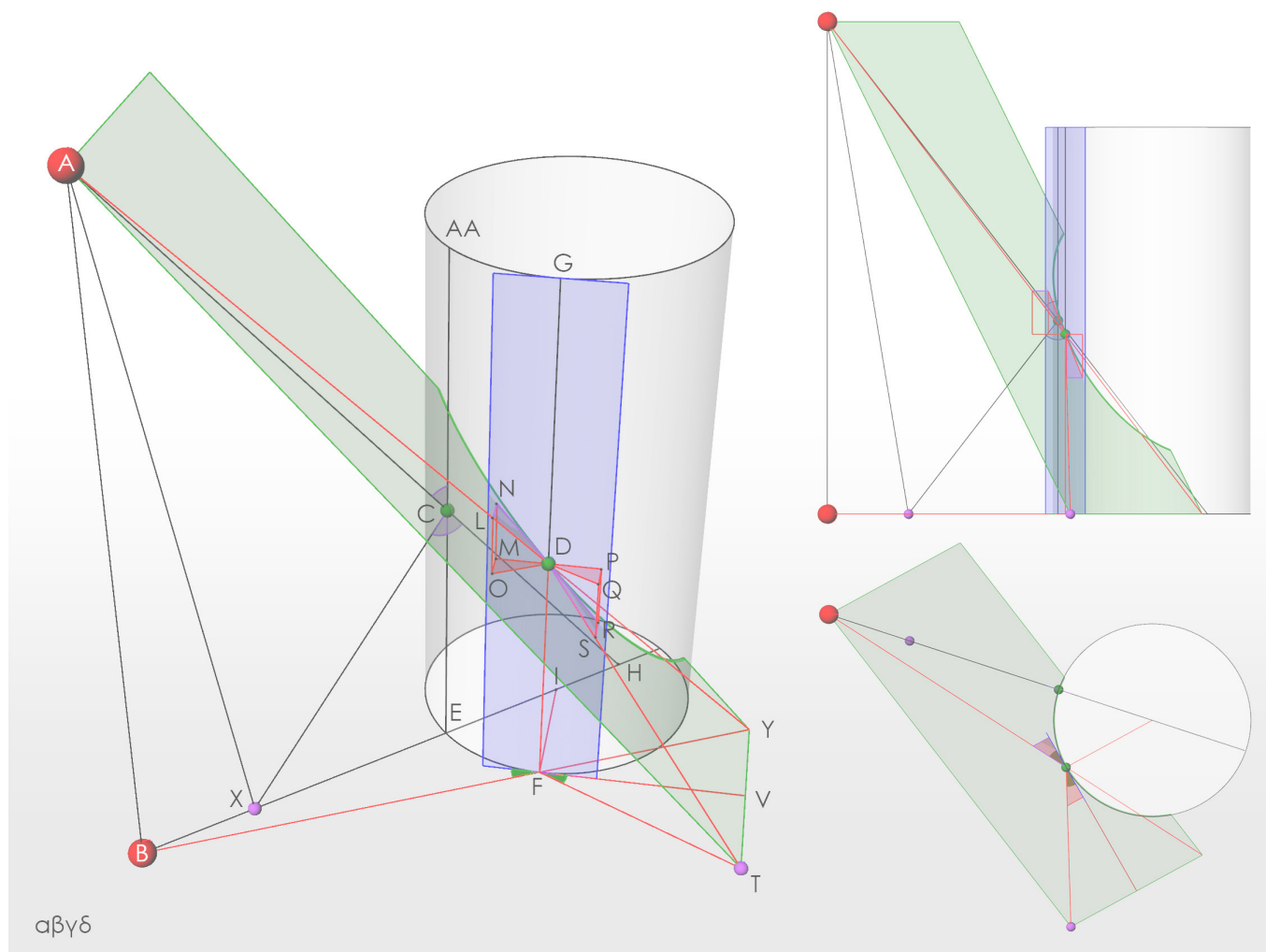


Fig.08 – Ricostruzione digitale tridimensionale del Theorema III, pag.9.

sottolinea che le considerazioni tratte dai teoremi sono applicabili anche ai cilindri concavi (di cui l'autore omette la dimostrazione in quanto ritenuta superflua) perché rispettano le medesime leggi di riflessione.

Alla costruzione dell'anamorfosi catottrica arriva poi gradualmente esponendo i vari passaggi in una serie di problemi che individuano gradatamente i vari elementi - la costruzione di una linea verticale della griglia, l'individuazione di un punto preciso su di essa, la costruzione di una figura che appaia piana - per poi analizzare una serie di casi specifici sulla superficie convessa (la costruzione di

una figura che appaia sullo specchio concavo o convessa, la costruzione dell'immagine anamorfica su di un piano verticale) e sulla superficie concava (la costruzione di una figura che vi appaia piana, concava o convessa).

Il primo problema enuncia così: «*estant donné vn miroir cylindrique conuexe, & vn plan auquel soit vn cercle egal à celui de la base du cylindre, trasser en ce plan vne ligne droite, de laquelle l'espece soit veuë sur l'vn des costez du cylindre, poupart le cercle donné en vn point proposé; la distance du centre de ce cercle au point où tom-*

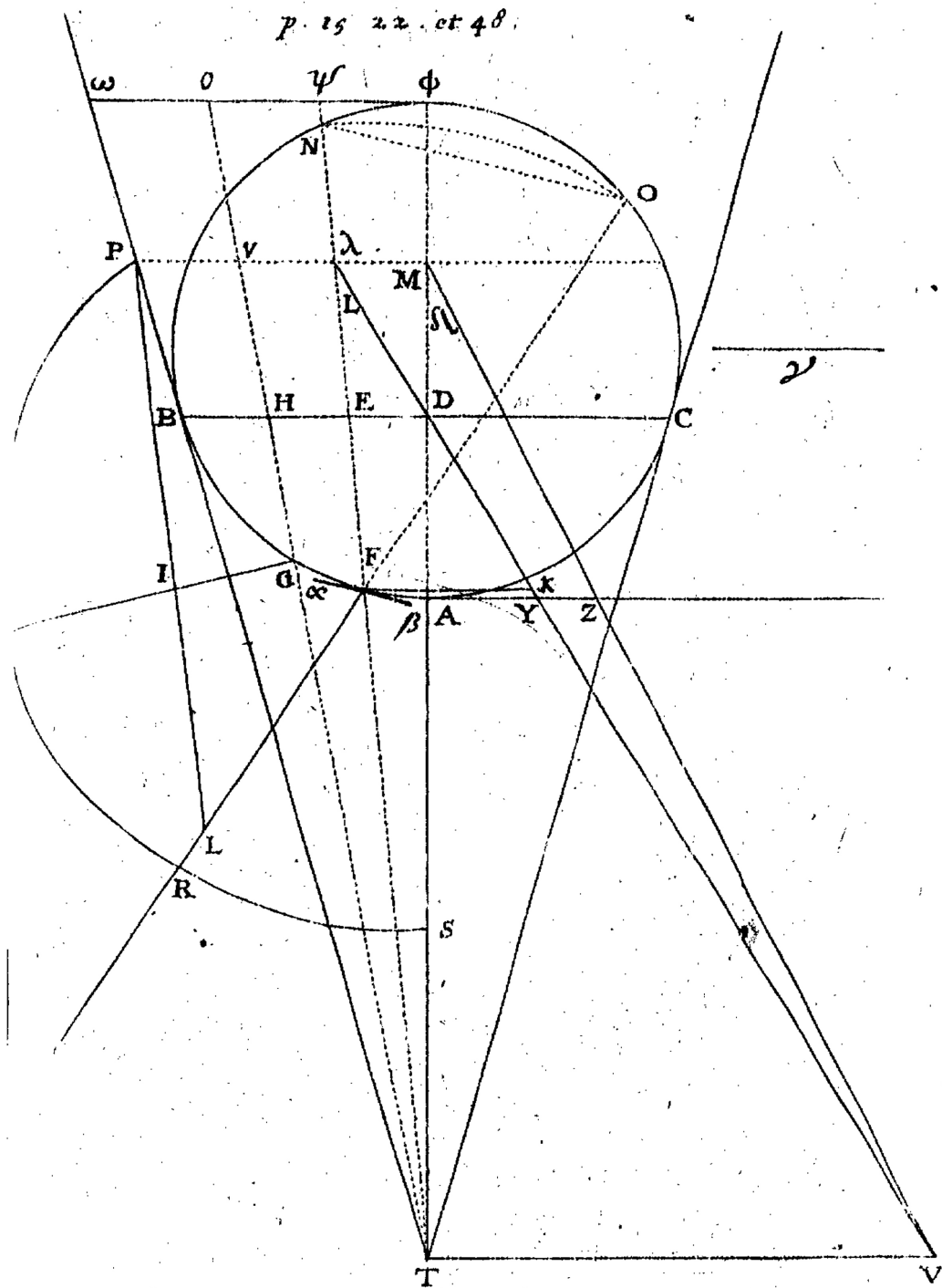


Fig.09 – Illustrazione dei Problemi I, II e III, pp.15, 22, 48.

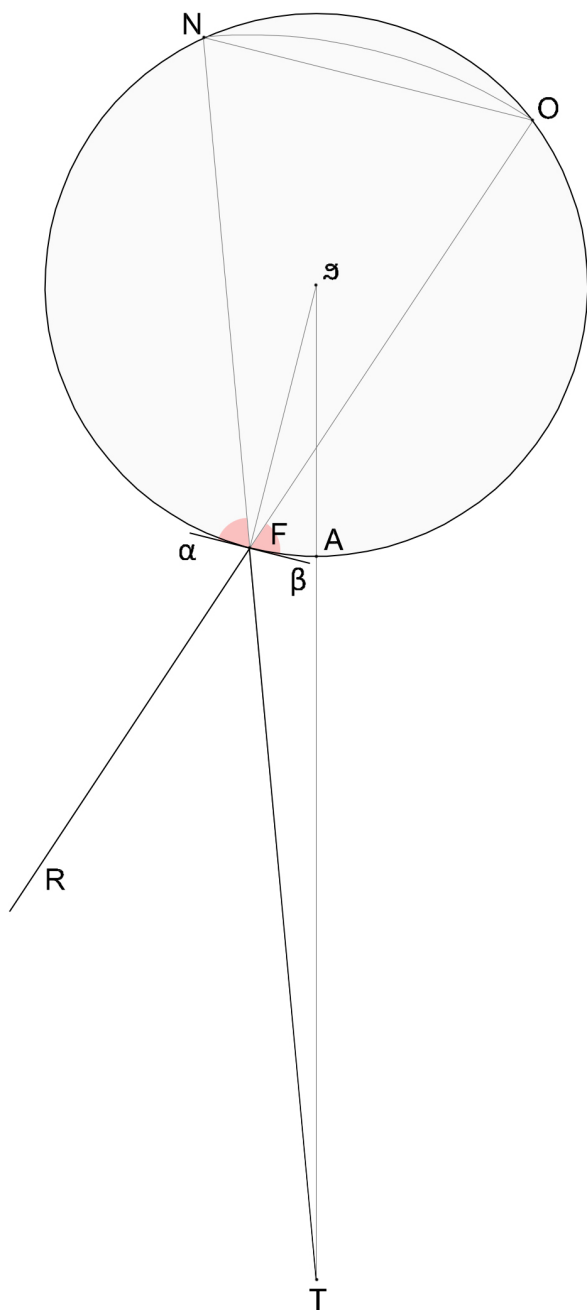


Fig.10 – Ricostruzione bidimensionale del Problema I: il raggio di riflessione TF ha come incidenza il raggio FR . Sul bordo del cilindro F si crea l'uguaglianza tra gli angoli $OF\beta$ e $NF\alpha$: la costruzione si basa sul rispetto delle leggi della riflessione.

be la perpendiculaire du point de l'œil sur ce plan estant aussi donné»¹⁵. La rappresentazione che, nella precedente dimostrazione era assonometrica, torna qui planimetrica (fig.09). Dati quindi sul piano il cerchio ABC uguale a quello di base dello specchio cilindrico e il punto T , traccia sul piano del punto di vista, si vuole disegnare una linea retta la cui immagine coincida con il lato dello specchio corrispondente al punto F sulla circonferenza di base. Si conduce quindi da T la semiretta TF e si individua sulla circonferenza il punto d'intersezione N . Puntando in F si descrive, con apertura FN , l'arco di cerchio NO e, dal punto O così trovato, si traccia la semiretta OFR che individua, nel tratto FR la linea cercata. Se si traccia la linea $\alpha\beta$ tangente al cerchio in F si constata che l'angolo $OF\beta$ è uguale all'angolo ONF e che l'angolo $NF\alpha$ è uguale all'angolo NOF ; ma essendo uguali tra loro gli angoli FNO e FON allora lo sono, di conseguenza, anche gli angoli $OF\beta$ e $NF\alpha$. L'uguaglianza angolare conferma l'esattezza del procedimento, secondo i teoremi precedenti (fig.10). Il grande errore di chi per primo si è apprestato a questa tecnica, spiega il Vaulezard nello scolio successivo, è stato quello di tracciare tali rette di riflessione a partire dal centro del cerchio in modo radiale, con un procedimento del tutto euristico.

Il secondo problema si pone l'obiettivo di trovare, sulla retta a terra che ha la propria apparizione nel lato dello specchio cilindrico prima determinato, un punto la cui immagine sullo specchio sia prefissata¹⁶ (fig. 11). Siano quindi dati sul piano la circonferenza ABC pari a quella di base dello specchio cilindrico, la distanza $T\vartheta$ che intercorre tra la traccia T sul piano del punto di vista ed il centro del cerchio ϑ e il segmento TV , altezza del punto di vista V ribaltata sul piano perpendicolarmente a $T\vartheta$. Dal punto F , per il problema precedente, si traccia la semiretta FR , la cui apparizione coincide col lato del cilindro tracciato da F , e il segmento Fx , parallelo a TV e perpendicolare a $T\vartheta$, di lunghezza pari a γ , altezza del punto "immagine" da F . Si conduce quindi la retta $Vx\lambda$ intersecante la linea $TF\lambda$ nel punto λ ; la distanza $F\lambda$ è uguale alla distanza FR ; si individua così il punto R richiesto. È quindi la distanza γ che stabilisce la posizione dell'immagine del punto sul lato dello specchio individuato da F . Il procedimento prevede quindi

a quella posta sul piano. Poiché la soluzione del problema è “*difficile e faticosa*”, scrive l'autore, si ricorre al metodo che i pittori utilizzano per scalare le proprie opere: quello di riquadrare la figura e di dividerla in altezza e larghezza in parti uguali; gli elementi di divisione verticali sono detti montanti, quelli di divisione orizzontali trasversali. Il testo riporta l'esempio di un ritratto inscritto in un reticolo quadrato 6x6 - nonostante l'illustrazione sia evidentemente rettangolare è il testo a specificare che le parti, i *quarrez*, devono essere uguali e quadrate - ed aggiunge che maggiori sono queste parti più preciso sarà il risultato. Dati quindi sul piano il cerchio di base ABC ed il punto T, traccia del punto di vista, si descrive il segmento BC (fig.14). Tale corda corrisponde alla traccia di un virtuale piano di sezione verticale e parallelo all'asse del cilindro sul quale si ipotizza posta la figura scelta. Si badi che il piano non è arbitrario: l'autore sceglie quello passante per i punti di tangenza delle rette condotte alla circonferenza da T, individuando così la massima porzione di superficie specchiante visibile dallo specifico punto di vista e facendovi coincidere in larghezza l'intera griglia. Si divide, infatti, il segmento BC in tante parti quante quelle di divisione orizzontale della figura iniziale. Poiché l'intento ultimo del trattato è l'esposizione del metodo, il procedimento viene svolto su metà figura: delle sei divisioni se ne individuano solo tre - segnate dai punti H ed E - nel tratto BD. Si conducono da T due semirette passanti per i punti H ed E che intercettano anteriormente la circonferenza in G ed F. Per il precedente problema, sono tracciate le linee GQ e FR le cui apparizioni giacciono sui lati dello specchio alzati da G ed F e costituiscono i montanti della figura scelta. Per tracciare le trasversali basta individuare i punti di intersezione delle stesse con uno dei montanti; si sceglie quindi quello corrispondente al punto A sulla circonferenza di base, dal quale saranno tracciate le altezze dei vari punti così come visto nel problema precedente. Dal punto A si conduce, parallelamente a TV e perpendicolarmente a TA, il segmento AZ di lunghezza pari alla distanza di una trasversale - della figura scelta - dall'altra. Dal punto di vista V ribaltato sul piano si conduce una retta passante per Z, fino alla sua intersezione con la retta TA nel punto M; da quest'ultimo si traccia una retta parallela a BD che interseca le semirette tracciate da T per i punti A,F,G,B in M, λ, v,

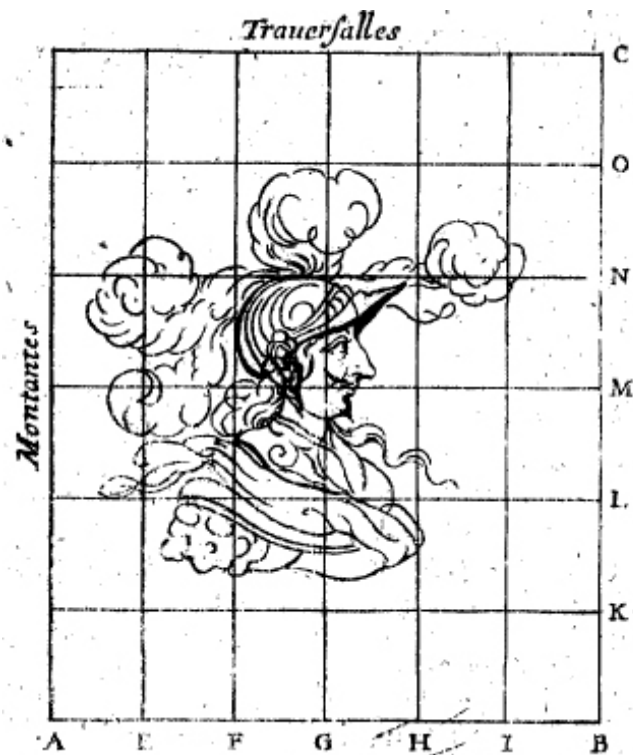


Fig.12 – Illustrazione del Probleme III, p.20. L'immagine da deformare è ingabbiata in una maglia quadrata realizzata da montanti (divisioni verticali) e trasversali (divisioni orizzontali).

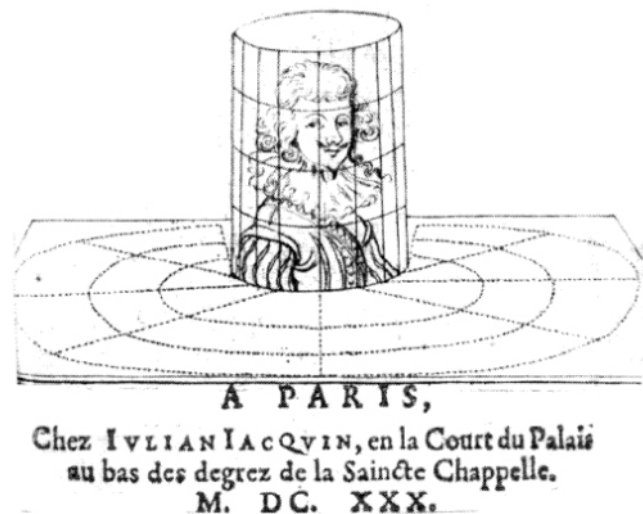


Fig.13 – Sul frontespizio del trattato il Vaulezard rappresenta il risultato dell'anamorfose cilindrica.

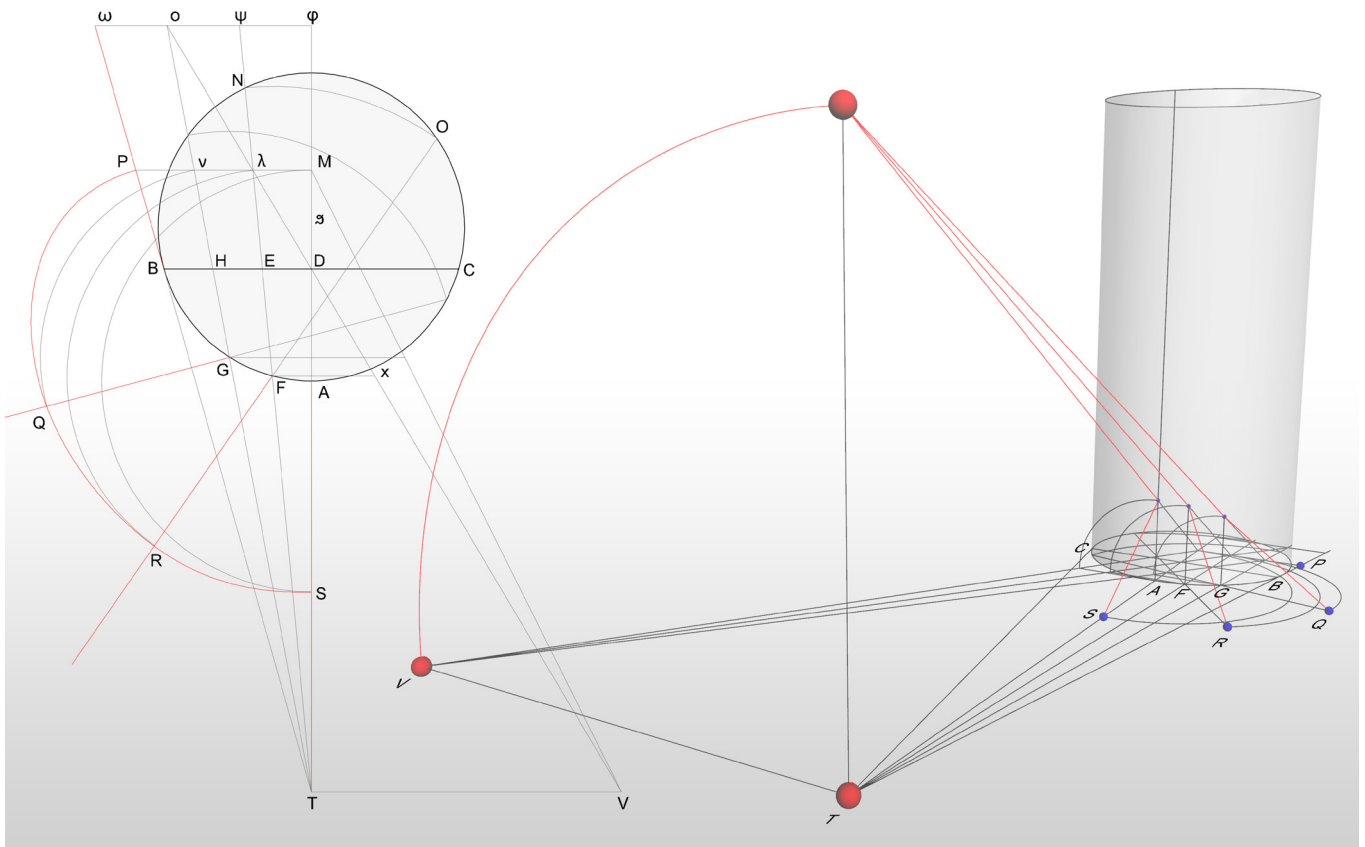


Fig. 14 – Ricostruzione bi e tridimensionale del Problema III: dopo aver trovato le rappresentazioni sul piano dei montanti (secondo il problema I), si individuano i punti di intersezione di questi con le trasversali (secondo il problema II) e si uniscono con una curva, rappresentazione sul piano delle stesse trasversali. L'esercizio è svolto per metà figura e per una sola trasversale.

P. I segmenti AM, Fλ, Gv, BP costituiscono le distanze dei punti d'intersezione delle trasversali con i montanti ed è per questo che si riportano sulle rispettive rette rappresentate sul piano: la distanza AM è così uguale ad AS, F λ A FR, Gv a GQ; il punto P non viene trasposto come gli altri in quanto la retta TB è già tangente al cerchio e la rispettiva retta di riflessione coincide col suo prolungamento. Dai punti S, R e Q, fino al punto P, si conduce poi una linea curva che costituisce la trasversale richiesta deformata sul piano. Per tracciarla con maggiore precisione, aggiunge l'autore, è possibile dividere il segmento BD in ulteriori parti, così come già detto. L'autore non identifica queste curve come delle ellissi perché non aveva gli strumenti per farlo¹⁸. A questo punto, basterà completare la costruzione

per avere sul piano la maglia deformata su cui disegnare la figura scelta; il risultato dell'operazione è rappresentato sul frontespizio del trattato (fig.13). È da notare, precisa ancora l'autore, che le parti più alte della figura dovranno essere rappresentate nei quadranti più lontani dallo specchio mentre le più basse in quelli più vicini. Questo tipo di rappresentazioni, secondo quanto aggiunto nello scolio a corredo, erano molto apprezzate poiché deformavano l'immagine iniziale al punto da renderla irriconoscibile e l'effetto poteva essere incrementato aumentando l'altezza dello specchio piuttosto che abbassando il punto di vista. Era preferibile poi materializzare quest'ultimo con un mirino perché era un fattore determinante per la riuscita del sistema. Lo scolio aggiunge anche il procedimento che

illustrato - si indicano in figura solo il punto Y ed il punto P - probabilmente perché già mostrato nei precedenti problemi. Si riporta la distanza BP sul rispettivo montante a partire dal punto B e così sugli altri tracciando, allo stesso modo, le linee AQ e AR ed individuando $BP = GQ = FR = ES$, distanze da riportare sui rispettivi montanti a partire dai punti B, G, F ed E. Secondo il Vaulezard, la trasversale sarebbe individuata dall'arco di cerchio PQR, il cui diametro sta al diametro della base del cilindro come il segmento AP sta al segmento AB ed il cui centro cade sull'asse AD²⁰. In realtà, la ricostruzione bidimensionale della costruzione mette in luce un piccola approssimazione: i punti P, Q, R ed S non appartengono ad una stessa circonferenza e, pur

volendola descrivere a partire dai soli punti P, Q ed R, il suo centro non apparterebbe all'asse AD; ne risulta quindi che la curva descritta non è un perfetto arco di cerchio come affermato dall'autore (fig.18).

Per ottenere invece un'apparizione concava, il Vaulezard parte dall'arco di cerchio CN da dividere, come in precedenza, in parti uguali. L'incisione riporta una serie di approssimazioni grafiche in questa metà: le divisioni non sono riportate correttamente, così come il punto C sembra essere individuato molto più in alto di dove dovrebbe essere; si presta quindi fede al testo in questo passaggio. Per i punti di divisione M ed L si conducono delle semirette da A, secanti anteriormente la circonferenza in H ed I²¹ per i

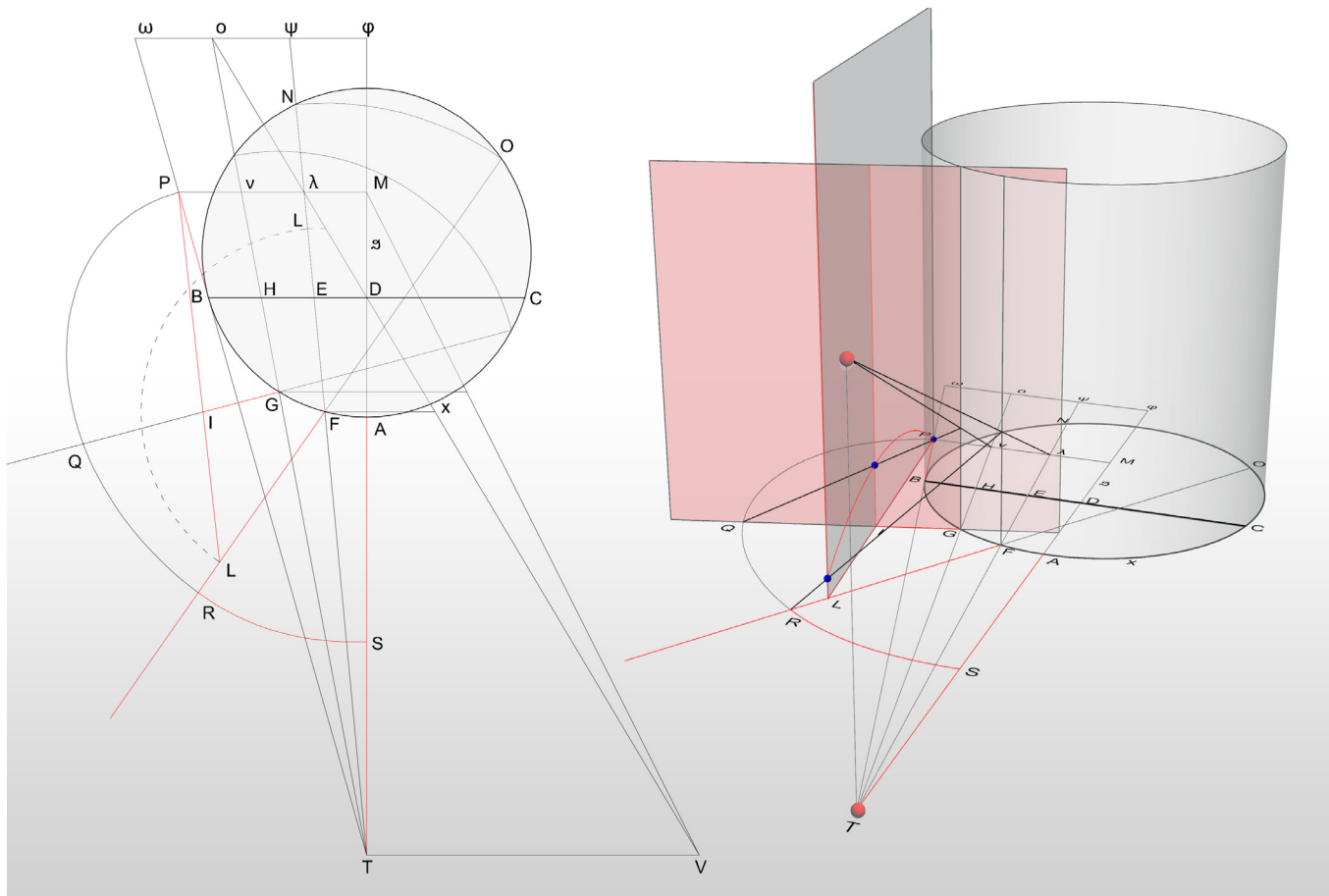


Fig.20 – Ricostruzione bi e tridimensionale del Problema V: parte della griglia vuole essere rappresentata su di un piano perpendicolare a quello di base del cilindro. I montanti corrispondono alle rette d'intersezione con i piani di riflessione mentre le trasversali si tracciano a partire dai punti di intersezione dei raggi incidenti con lo stesso piano.

quali si tracciano i rispettivi montanti. Da N si traccia il segmento NZ, perpendicolare a BD, di lunghezza pari alla distanza che intercorre tra due trasversali, e si individua il punto O tracciando la retta dal punto di vista passante per Z. Per il punto O si traccia un cerchio il cui diametro stia al diametro BD come il segmento AO sta ad AN ed il cui centro sia sull'asse AD: le trasversali sono quindi descritte come archi di cerchio concentrici. Sull'arco OX si individuano i punti T ed S²² prolungando le rette AH e AI. Per tracciare sul piano la curva della trasversale concava basta congiungere i punti sui montanti rintracciati a partire da quelli - O, T, S, X - individuati sull'arco. Reiterando il procedimento si ottiene così l'intera griglia anamorfica (fig.19).

Per il quinto problema «*estant donné vn miroir cilindrique conuexe, vn plan perpendiculaire au plan de la base d'iceluy, la distance & la hauteur de l'œil sur le mesme plan de la base, au respect du cercle d'icelle; descrire au plan donné vne figure de laquelle l'apparence au miroir soit semblable à vne figure aussi donnée, pourueu que ce plan ne soit interposé entre l'œil & le miroir*»²³. Si propone quindi di rappresentare parte della figura su di un piano PL perpendicolare a quello della sua base e non più complanare. Per soddisfare facilmente tale condizione, spiega il Vaulezard, si imposta il problema come esposto nel terzo precedente e si rappresentano quei quadranti compresi nella parte di piano complanare alla base dello specchio, assunto orizzontale per comodità. I quadranti interessati dal piano verticale sono quelli compresi tra il montante riflesso in F e quello estremo P. Si tracciano quindi sul piano orizzontale le rette FR e GQ che incontrano il piano verticale nei punti L ed I (fig.09). La loro rappresentazione sul piano sarà quindi costituita da due rette, anch'esse verticali: si costruisce, infatti, l'ipotetico piano di riflessione che contiene sia la retta immagine - coincidente con il bordo dello specchio - sia la retta di riflessione sul piano orizzontale; l'ente di intersezione col piano verticale dato è, per costruzione, una retta verticale (fig.20). Il disegno delle trasversali è ricavato a partire dai loro punti di intersezione con ciascun montante, uniti successivamente con una linea curva. Per individuare tale intersezione si procede a ritroso: si riporta, ad esempio, il punto L sulla retta Tλ

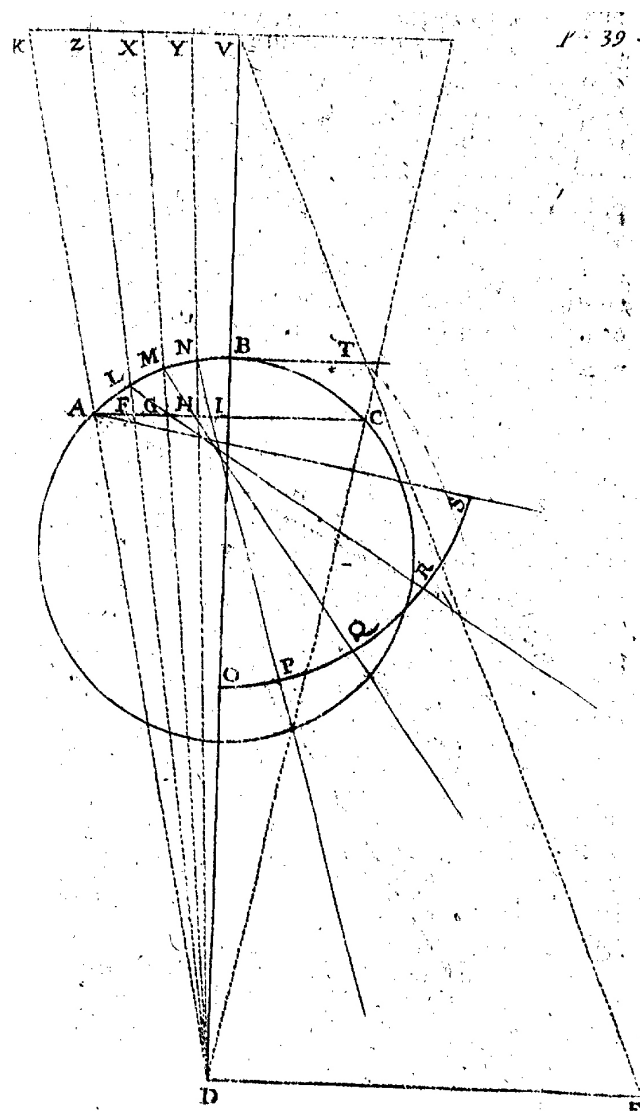


Fig.21 – Illustrazione del Problema VI, p.39: descrizione delle apparizioni allo specchio cilindrico concavo.

a partire da F e da esso si traccia un segmento, parallelo a TV, fino alla retta Vλ. Il segmento così trovato coincide con l'altezza dell'intersezione da L e questo è dimostrabile proporzionalmente: la retta Tλ sta a TV come RF sta all'altezza della sua apparizione da F e, di nuovo, Tλ sta a TV come RL sta all'altezza dell'intersezione del montante con la trasversale da L; dunque RF sta all'altezza della sua apparizione da F come RL sta all'altezza dell'intersezione

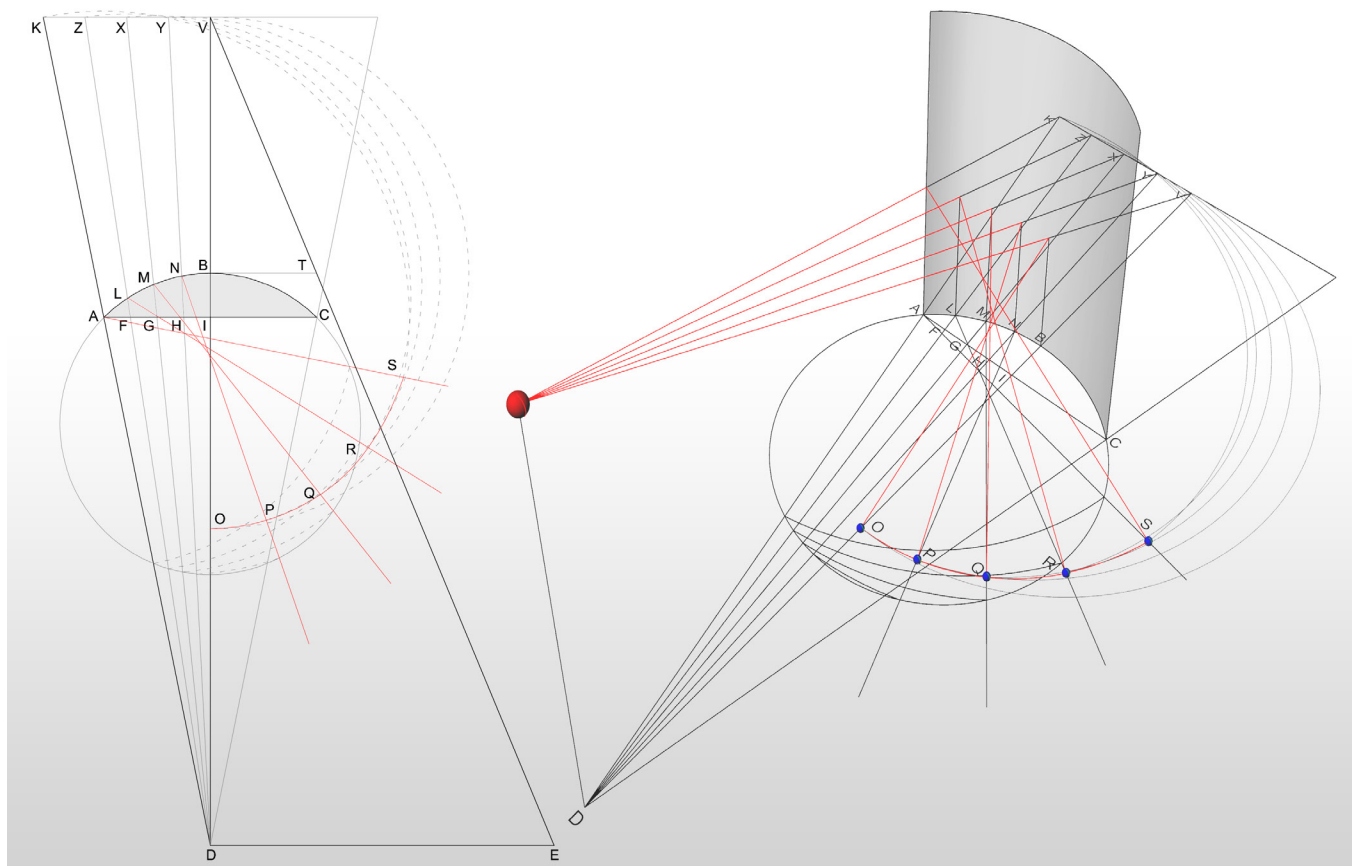


Fig.22 – Ricostruzione bi e tridimensionale del Problema VI: la costruzione della griglia per una porzione di specchio cilindrico concavo avviene similmente a quella precedentemente analizzata per uno specchio cilindrico convesso.

del montante con la trasversale da L. Il rapporto proporzionale tra le parti dimostra analiticamente la correttezza dell'operazione compiuta.

Il sesto problema sposta la questione anamorfica sugli specchi cilindrici concavi: «*estant donné vn miroir cylindrique concave, vn plan sur lequel il doibt estre posé aiant vn cercle egal à la base du cylindre, lequel en la position doit estre parallele à icelle, & la ligne conjoignans les centres tant de la base que ce cercle perpendiculaire au mesme plan: Estat aussi donnée la hauteur & la distance de l'œil; tracer au plan proposé vne figure de laquelle l'apparence soit semblable à vne figure donnée, le cylindre & l'œil estant disposez selon le proposé*»²⁴. L'autore spe-

cifica che gli specchi concavi devono essere limitati ad una porzione di superficie cilindrica compresa tra un quarto ed un terzo della circonferenza di base secondo la distanza del punto di vista. Questo accorgimento serve ad evitare che l'immagine si rifletta più volte da un lato all'altro dello specchio. Lo scolio a corredo chiarisce, infatti, che, per specchi compresi tra un quarto e la metà della circonferenza di base, possono verificarsi tre differenti situazioni: se l'occhio è posto sull'asse del cilindro - si suppone che l'oggetto della riflessione sia posto tra l'occhio e lo specchio-, l'immagine riflessa tende a triplicarsi; se l'oggetto della riflessione o l'occhio sono posti, alternativamente al di fuori dell'asse, allora l'immagine è singola; se entrambi sono posti sull'asse, invece, l'immagine apparirà come in

iscono i montanti dai punti di intersezione con la circonferenza; dagli stessi, si riportano le distanze dei punti sui montanti che, collegate, restituiscono la curva disegnata da cui si ottiene l'apparenza sullo specchio della retta intersezione del piano visuale con la superficie cilindrica.

L'impostazione dell'ottavo problema, «*satisfaire au troisieme & cinquiesme Probleme, par vne methode plus excellente, sans l'ayde des transversales*»²⁷, deriva direttamente dal precedente in quanto propone di disegnare, con lo stesso sistema, gli elementi della figura scelta, nell'idea che sia costituita da linee dritte; il metodo dei montanti e delle trasversali imporrebbe la ricerca di molti punti d'intersezione mentre questo finalizza il procedimento alla ricerca dei principali. L'ultimo problema, invece, «*accommoder toutes les constructions precedentes, aux nombres & au compas de proportion*»²⁸, ripassa le precedenti costruzioni applicando sia sistemi proporzionali sia il compasso di proporzione, e non aggiunge nulla più di quanto già esposto sul sistema geometrico alla base della rappresentazione anamorfica, concludendo la parte relativa alla costruzione catottrica su superfici cilindriche.

2.4.2 Anamorfofi catottrica conica

Sei teoremi di preparazione introducono i problemi applicativi relativi all'anamorfofi catottrica su superfici coniche. Così come per la trattazione sui cilindri, i primi teoremi²⁹ stabiliscono le condizioni dei diversi enti geometrici. Il primo, quinto nella numerazione del trattato, enuncia che, se un piano *touche* un cono, il luogo geometrico dei punti in comune è una retta corrispondente ad un lato, *costé*, del cono stesso. Secondo le considerazioni precedentemente fatte per le superfici cilindriche, il piano oggetto del teorema è inteso tangente alla superficie conica stessa. Tale luogo geometrico, per il successivo teorema, diventa un triangolo isoscele i cui lati sono i lati del cono se il piano passa per il suo asse ed è perpendicolare alla sua base. Per il teorema 7, un piano tangente al cono seziona la base secondo una retta tangente la sua circonferenza e perpendicolare al lato stesso del cono; per il teorema successivo, se si individua su di un piano una retta perpendicolare alla retta d'intersezione dello stesso piano con un altro al quale

esso è perpendicolare, allora la retta sarà perpendicolare al secondo piano. Sempre seguendo la stessa impostazione della trattazione precedente, i teoremi 9 e 10 sono veri e propri esercizi di preparazione ai problemi successivi. Il primo stabilisce che, su di uno specchio conico convesso, posto l'occhio sull'asse, il punto d'incidenza di un qualsiasi punto "reale", *point obiecté*, giacente sul piano della sua base si trova sul lato del cono³⁰ individuato dal punto d'intersezione del cerchio di base con la retta condotta dal *point obiecté* al centro dello stesso cerchio; nel caso in cui il punto giaccia su di un piano parallelo alla base del cono, si considera l'intersezione tra la linea condotta dal punto "reale" al centro di un cerchio descritto sul piano parallelo alla base passante per lo stesso punto - ideale traccia della superficie conica prolungata sul piano - e la circonferenza di base del cono (fig.25). La dimostrazione che ne segue da, in primo luogo, lo specchio conico O, L, H, F, B la cui base giace sul piano O, N, L, I, H, G, F ed il "punto dell'occhio" A posto sul suo asse. Il punto d'incidenza E

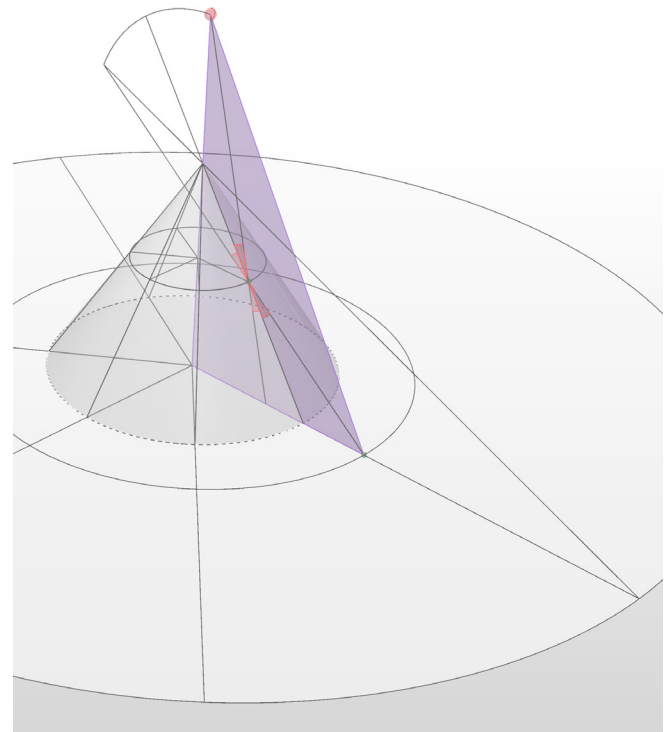


Fig.26 – Ricostruzione tridimensionale dei Theoreme 9 e 10 nei quali si descrivono i principi di base della riflessione conica.

sullo specchio di un generico punto G del piano apparerà, quindi, al lato BEF del cono, tracciato dall'intersezione F del segmento NG con il cerchio di base L, H, F; questo perché il lato BE rappresenta la retta d'intersezione tra il piano EPQ, tangente alla superficie conica LHFB, e il piano perpendicolare contenente il raggio d'incidenza GE e quello di riflessione EA. Infatti, posta la condizione che il piano ABEFG è perpendicolare al piano EPQ e che QF è tangente alla circonferenza di base e perpendicolare a BF, la loro comune sezione - retta BEF - sarà perpendicolare alla retta NFG. Si può dedurre che tutte le rette apparte-

p. 61: 66.

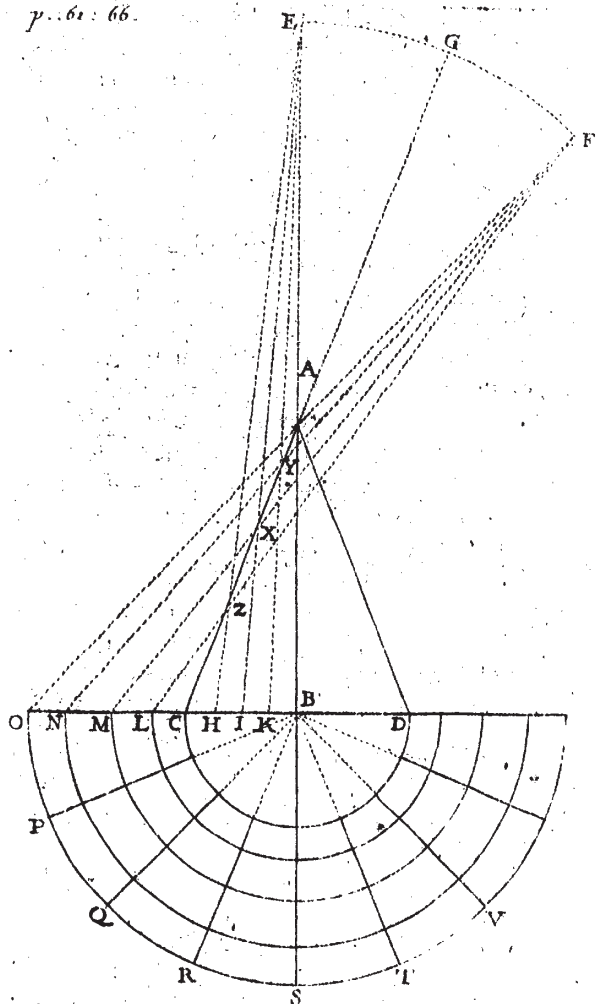


Fig.27 – Illustrazione del Probleme XI, pp.61,66: descrizione delle apparizioni su di uno specchio conico convesso.

menti al piano della base e passanti per il centro del suo cerchio hanno la loro incidenza su di un lato del cono indicato dall'intersezione della stessa linea con la circonferenza di base (*corollaire 1*) e che la retta di riflessione, quella d'incidenza, il lato del cono sul quale giace l'incidenza, l'asse e la linea tracciata dal centro del cerchio di base fino al punto "reale" appartengono ad uno stesso piano (*corollaire 2*). Il teorema 10 enuncia che, su di uno specchio conico convesso, posto l'occhio sull'asse, l'apparizione di un cerchio con centro sull'asse e giacente sul piano della base del cono o su di uno ad esso parallelo, è un altro cerchio parallelo a quello di base del cono. Dati, infatti, un cerchio MIG il cui centro N appartenga all'asse del cono e giaccia sul piano della sua base, la sua apparizione è il cerchio CDE parallelo a quello di base del cono e con centro sull'asse. Per dimostrare che la curva d'incidenza CDE è un cerchio, l'autore costruisce i triangoli BER, BDR e BCR e dimostra la loro uguaglianza che corrisponde a quella dei raggi RE, RD, RC perpendicolari all'asse e tra loro complanari (fig.25).

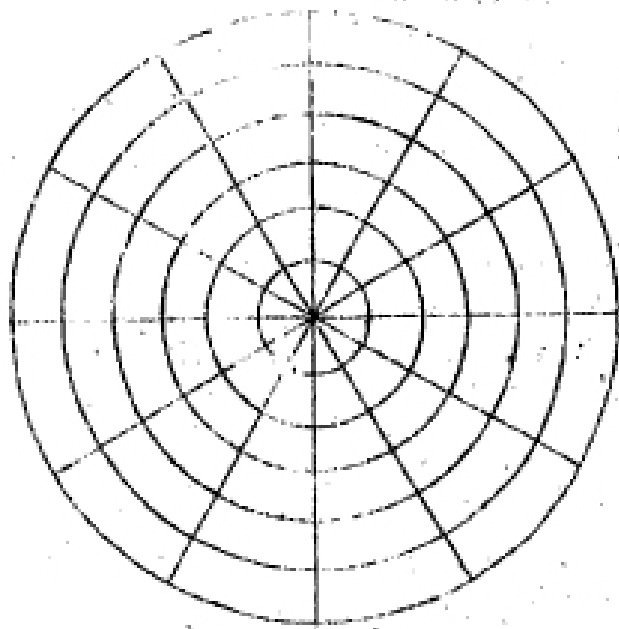


Fig.28 – Illustrazione del Probleme XII, p.63. L'immagine da deformare deve essere ingabbiata in una griglia circolare divisa radialmente da montanti e concentricamente da trasversali.

A questo punto, stabiliti i principi base della riflessione sulla superficie conica, il Vaulezard imposta il primo problema di questa categoria: «*estant donné vn miroir cônica conuexe, & vn plan lequel estre joint à la base ou parallel à icelle; descrire sur iceluy les lignes, desquelles les apparences soient mesme que les costés du cône*»³¹. La soluzione del problema è stata già data dai precedenti teoremi e la condizione risulta soddisfatta per qualunque retta che sia tracciata dal punto d'intersezione del piano con l'asse del cono. Stranamente l'enunciato non accenna alla posizione che il punto di vista dovrebbe assumere affinché sia garantito questo tipo di riflessione ma si sottintende che esso sia sempre lungo l'asse del cono.

Se in questo problema l'autore spiega come trovare i montanti dell'ipotetica figura da deformare (nel caso conico, corrispondono a dei raggi), nel successivo illustra come ricavare le trasversali (che, invece, corrispondono a cerchi concentrici): «*estant donné vn miroir cônica, & vn plan; descrire en ce plan vn cercle duquel l'apparence soit veuë passer par vn point proposé en la superficie du miroir, lors que l'œil sera posé en l'axe, à vne distance proposée, & ce plan joint avec la base du miroir le centre du cercle estant en l'axe*»³². Il procedimento è impostato in prospettiva - sezione: dati quindi il piano B, O, Q, R, S e il punto di vista E, si traccia la retta OBD lunga a piacere e si descrive il triangolo ACD, sul quale viene costruito lo specchio conico (fig.26). Si può immaginare, infatti, che un piano passante per l'asse seziona la sua superficie lungo i lati CA e AD del cono. Il punto X individuato sul lato AC è quello dal quale si vuole che passi l'apparizione del cerchio richiesto. Si tira la retta EXI e, puntando in A con apertura AE, si descrive l'arco di cerchio EGF tale che il lato del cono AC prolungato lo intersechi nel punto G e che l'arco EG sia uguale all'arco GF. Si traccia la linea FX e la si prolunga fino ad incontrare la retta OBD nel punto M; il raggio BM individua, sul piano, la circonferenza richiesta. Questo perché, per costruzione, l'angolo d'incidenza MXC è uguale a quello di riflessione EXA.

È il problema 12 che espone, in conclusione al trattato, la costruzione dell'anamorfofi catottrica di tipo conico: «*estant donné vn miroir cônica conuexe, la distance de*

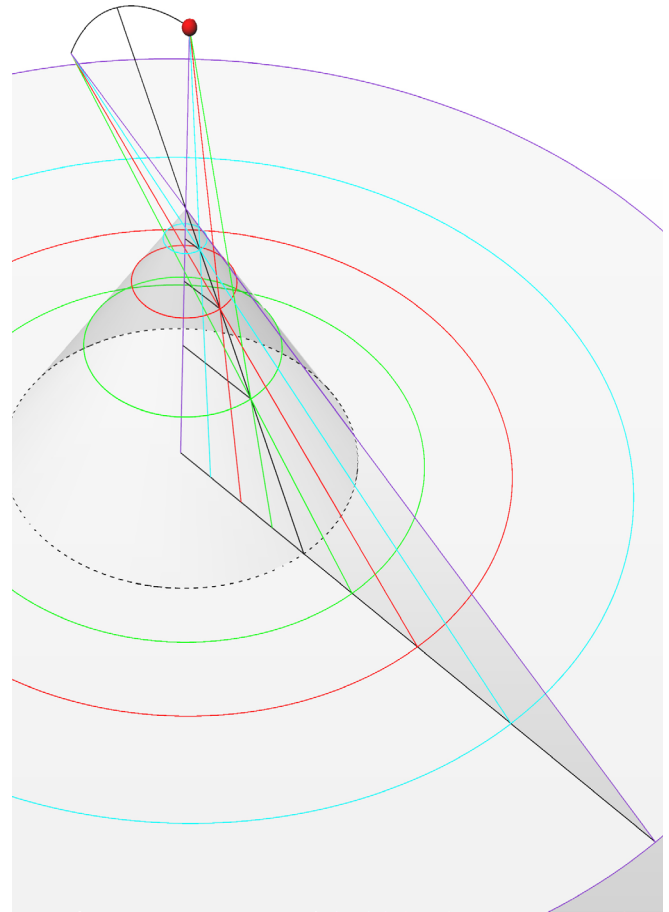


Fig.29 – Ricostruzione tridimensionale del Problema XII: descrizione sul piano della base di uno specchio conico convesso, in cui l'occhio è posto lungo il suo asse, la griglia anamorfica.

l'œil posé en l'axe, depuis le centre de la base, vne figure pour object laquelle soit en vn plan, avec vn autre plan; descrire sur ce plan vn autre object, duquel l'apparence soit semblable à l'object proposé»³³. La deformazione della generica figura eseguita, come nel caso del cilindro, con l'ausilio di una maglia, spiega l'autore, è qui fondamentale perché le parti più estese della figura deformata sul piano devono assemblarsi correttamente al vertice della superficie conica. L'immagine iniziale deve essere, infatti, ingabbiata in un cerchio raggiato suddiviso in quadranti da cerchi concentrici (fig.28). Il suo metodo di deformazione

prevede l'applicazione delle stesse operazioni descritte nei precedenti problemi: basterà dividere il raggio del cerchio di base in parti uguali per ricavare, dall'intersezione dei raggi incidenti con il lato del cono i punti da riflettere e rappresentare a terra le circonferenze concentriche della maglia passanti per tali punti (fig.29). Poiché la rappresentazione deformata andrebbe a fraporsi tra lo specchio ed il punto di vista, viene specificato nello scolio di chiusura, che non si contempla volutamente il caso di una superficie specchiante cilindrica di tipo concavo, eccezion fatta per alcune considerazioni a margine relative ai fenomeni di moltiplicazione delle immagini secondo la posizione assunta dal punto di vista e dall'oggetto rispetto allo specchio stesso.

2.5 Il *Cursus mathematicus* di Pierre Hérigone

Tra il 1634 e il 1637 fu pubblicato a Parigi il *Cursus mathematicus, nova, brevis, et clara methodo demonstratus per notas reales et universales, citra usum cujusunque idiomatis intellectu faciles – Cours mathématique, démontré d'une nouvelle, brève et claire méthode, par notes réelles et universelles, qui peuvent être entendues facilement sans l'usage d'aucune langue* di Pierre Hérigone (1580–1643), pseudonimo del barone Clément Cyriaque de Mangin, un compendio in sei volumi di matematica e logica elementare redatto in lingua francese e in latino. Le tre edizioni del *Cursus mathematicus* che seguirono, stampate nel 1643 e nel 1644, non riportano sostanziali differenze dall'originale. Uno degli intenti promulgati dall'autore era quello di redigere un linguaggio matematico universale, che prescindesse dalle lingue volgari dei diversi trattati, e si sviluppasse in un codice di simboli: «[...] la meilleure manière d'enseigner les sciences est celle en laquelle la brièveté se trouve conjointe avec la facilité»³⁴. È, ad esempio,

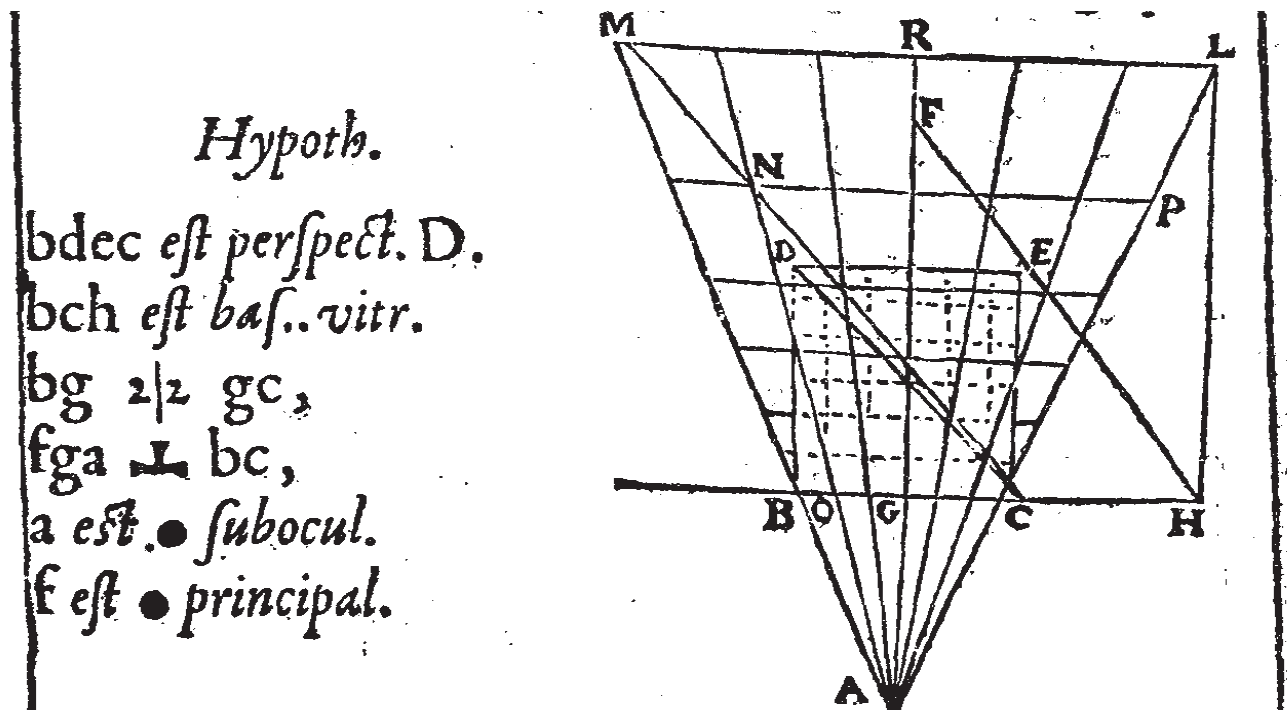


Fig.30 – Illustrazione e testo della Proposizione VIII, p.214: rintracciare la vera forma di una figura che, in prospettiva, appare essere il quadrato CBDE, secondo le ipotesi date.

Ipotesi	<p>BDEC è la prospettiva data BCH è la base vitrea (ovvero la traccia del piano geometricale) BG = GC FGA \perp BC A è il punto sub oculare (punto di vista) F è il punto principale</p>
Costruzione	<p>Si traccino ABM, ACL, AGR & co. Si tracci FEH HL \perp BH LM // BC Si traccino CM, NP e co. // BC BCLM è la figura richiesta</p>

Tab.01 – Ipotesi e costruzione della Proposizione VIII.

il primo testo nel quale si usa il simbolo \perp per descrivere la perpendicolarità tra due elementi.

I temi affrontati nel trattato sono i più disparati: la geometria nel primo tomo, l'aritmetica ed il calcolo algebrico tanto numerico che simbolico nel secondo, le funzioni ed

i logaritmi con diverse applicazioni rivolte anche all'architettura e alle fortificazioni nel terzo tomo, la geografia, l'astronomia e l'arte della navigazione nel quarto tomo, le equazioni cubiche, l'uso del compasso di proporzione e la teoria dei pianeti nel sesto tomo o supplemento. La trattazione dell'ottica, della catottrica e della diottrica, così come della prospettiva e del suo metodo applicato a diversi tipi di oggetti mediante il compasso di proporzione, oltre la teoria dei pianeti secondo le due opinioni di Copernico e Tolomeo, la gnomonica ed i canoni della musica esposti da Euclide, sono contenuti nel quinto tomo. Il *Cursus mathematicus* si distingue per essere il primo testo di questo genere a trattare così accuratamente la parte della prospettiva³⁵, impostata in termini assiomatici.

All'anamorfofi ottica e catottrica dedicò rispettivamente le proposizioni VIII e IX in chiusura della parte concernente la prospettiva. La prima, «*estant donnée une perspectiue, qui soit un rectangle diuisé en plusieurs rectangles semblables entr'eux & au tout, trouuer son plan geometrique*

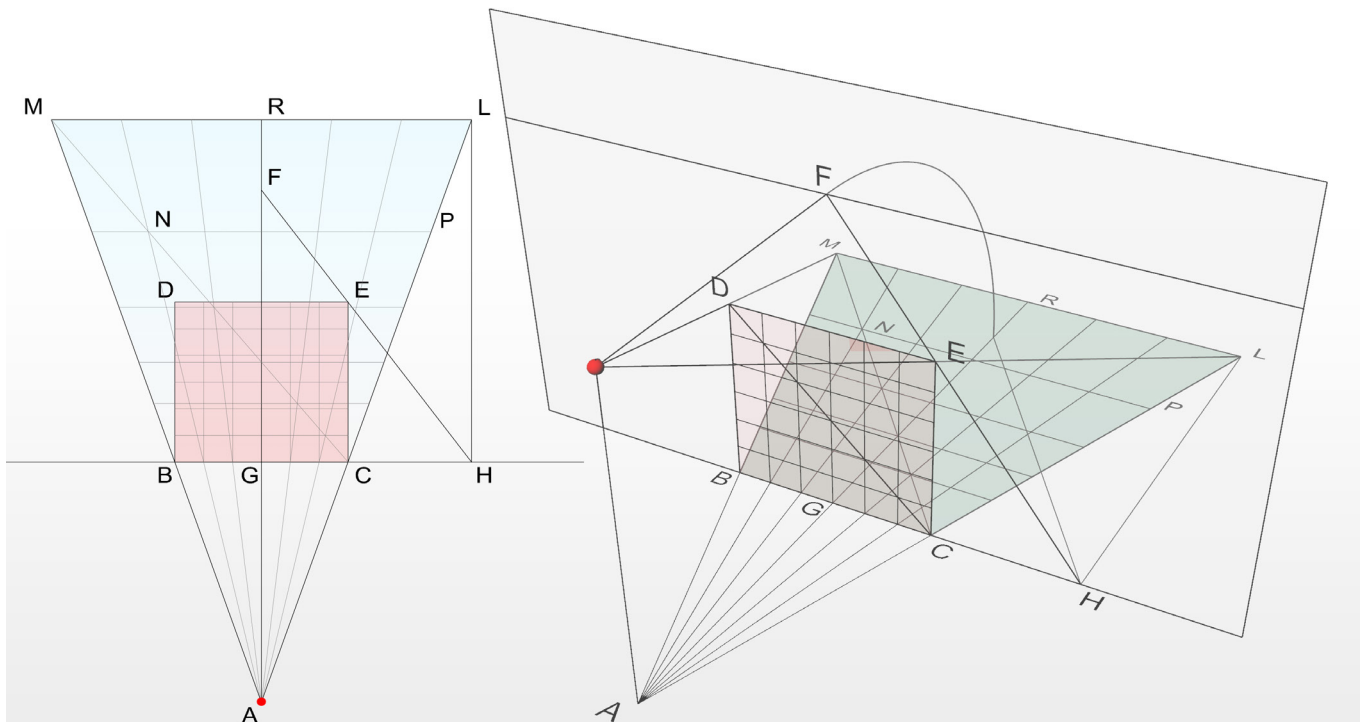


Fig.31 – Ricostruzione bi e tridimensionale della Proposizione VIII: l'anamorfofi ottica della griglia quadrata è ricavata come vera forma di un quadrato BCDE dato in un sistema prospettico centrale.

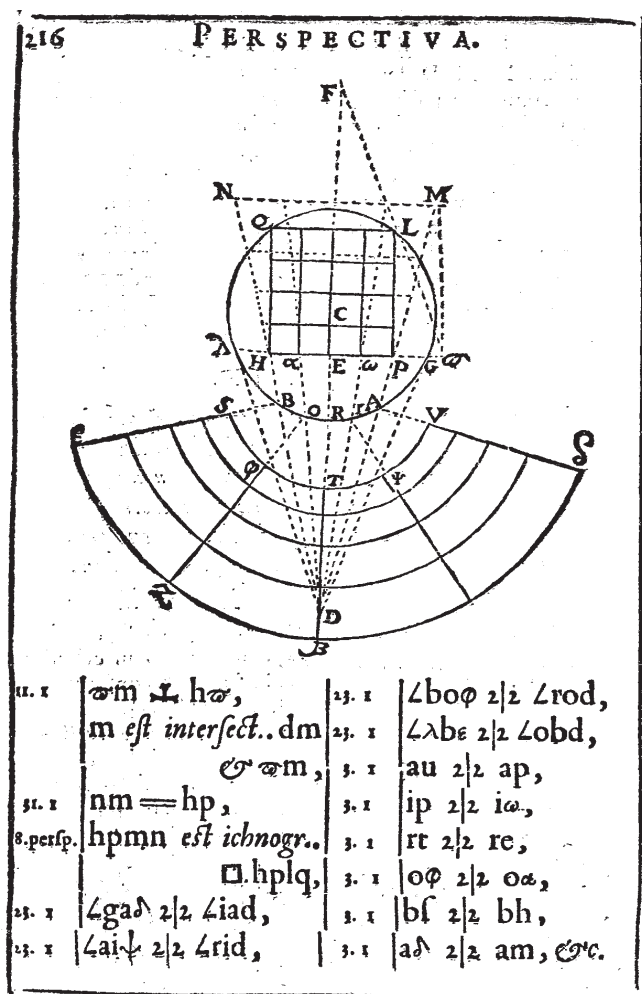


Fig. 32 – Illustrazione della Proposizione IX, p. 216.

ou ichnographie»³⁶, richiede di rintracciare la vera forma di una figura dalla sua rappresentazione prospettica che, non a caso, corrisponde alla griglia quadrata che ipoteticamente racchiude l'immagine da deformare. L'esposizione del problema è in un linguaggio sia matematico sia discorsivo; del primo, si riporta in tabella l'iscrizione matematica in coerenza al testo ma con una notazione attualizzata³⁷ (tab.01). L'impostazione è quella di una prospettiva centrale in cui al piano di quadro della rappresentazione prospettica è sovrapposto il piano geometrico su cui si va a descrivere l'immagine anamorfica in vera forma. A partire quindi dal "quadrato prospettico" BDEC si trac-

ciano da A, punto di vista, delle semirette passanti per i punti di divisione alla base del quadrato. Si traccia quindi la retta FE (dato F quale il punto principale, proiezione sul piano del punto di vista) che interseca la traccia del piano BC nel punto H e da questo si alza una perpendicolare fino ad incontrare la semiretta AC in L. Da questo punto si conduce LM parallelo a BC e, costruendo la diagonale CM, si ricavano per intersezione le trasversali orizzontali del quadrato distorto BCLM, vera forma del quadrato iniziale BCDE (fig.31).

La proposizione IX è relativa, invece, all'anamorfose catottrica di tipo cilindrico: «describe une figure sur le plan de la base d'un miroir cylindrique conuexe, qui paroisse en ce miroir estre un quarré diuisé en plusieurs quarréz égaux entr'eux»³⁸. Si specifica di seguito che viene richiesta la costruzione dell'immagine STVδβε la cui immagine

Ipotesi	CAB è il cerchio di base del cilindro dato D è il punto suboculare (punto di vista) Dλ e DG sono tangenti al cerchio di base Si tracci λGω Si tracci DCF F è il punto principale λH = Hα = αE = Eω = ωP = PG HPLQ è il quadrato dato
Costruzione	Si traccino DHN, DPM & co. Si tracci FLω ωM ⊥ Hω M è l'intersezione di DM e ωM NM // HP HPMN è la pianta di HPLQ GAδ (angolo) = IAD (angolo) AIψ (angolo) = RID (angolo) BOφ (angolo) = ROD (angolo) λBe (angolo) = OBD (angolo) AV = AP Iψ = Iω RT = RE Oφ = Oα BS = BH Aδ = AM ecc.

Tab.02 – Ipotesi e costruzione della Proposizione IX.

sullo specchio di base λ BAG data sia il quadrato HPLQ. Anche in questo caso si procede per ipotesi e costruzione, riportate nella tabella 02 secondo la convenzione scelta. All'esposizione matematica l'autore aggiunge che, costruendo poi delle linee curve per i punti S, ϕ , T, ψ , V così trovati, e per tutti gli altri, si ottiene sul piano l'immagine richiesta; spiega poi nello scolio che, inserendo una qualsiasi immagine all'interno del quadrato, è possibile riportare anamorficamente, seguendo i riquadri, un ritratto o quel che si preferisce. L'Herigone, quindi, semplifica il problema della costruzione cilindrica applicando, per la prima parte, la precedente dimostrazione sulla deformazione ottica e, per la seconda, sfruttando l'uguaglianza tra l'angolo di incidenza e quello di riflessione per il tracciamento dei montanti. Le trasversali sono individuate invece dai loro punti di intersezione trasposti dalla griglia anamorfica ottica a quella catottrica (fig.33).

2.6 La perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux di Jean François Nicéron

Il più importante scritto in materia è rappresentato dal trattato del già citato Jean François Nicéron⁴⁰, *La perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux de l'optique de la catoptrique et de la dioptrique* del 1638, il cui titolo per esteso è *La Perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux de l'optique, de la catoptrique et de la dioptrique dans la quelle, outre un abrégé et Méthode generale de la Perspective commune, reduite en pratique sur les cinque corps reguliers, est encore enseignée la façon de faire et construire toutes sortes de figures difformes, qui estant veues de leur point paroissent dans une juste proportion, le tout par des pratiques si familières que le moins versée en la Geometrie s'en pourront faire servir avec le seul compas et la regle. Oeuvre tres-*

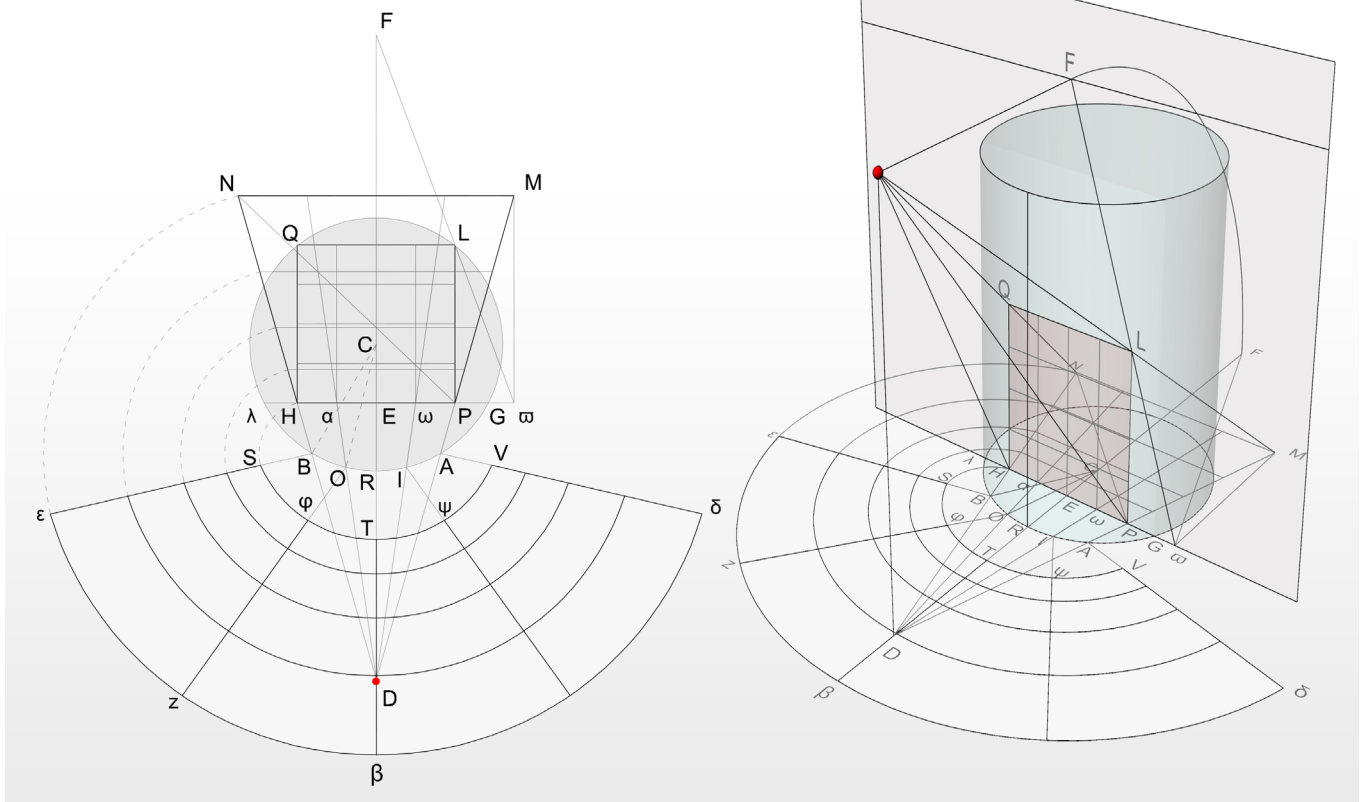


Fig.33 – Ricostruzione bi e tridimensionale della Proposizione IX: l'anamorfose catottrica cilindrica della griglia quadrata è ricavata a partire da quella ottica, distorta successivamente sul piano della rappresentazione.

utile aux Peintres, Architects, Graveurs, sculpteurs et tous autres qui se servent Du dessein et leurs ouvrages⁴¹. L'opera presenta delle illustrazioni incise da Jean Blanchin su disegno dell'autore ed ebbe diverse edizioni, sia in lingua originaria che in latino, tutte stampate a Parigi nel corso del XVII secolo. La prima in francese risale al 1638, la seconda e la terza rispettivamente al 1652 e al 1663. La traduzione latina del testo prese il titolo *Thaumaturgus opticus seu admiranda. Optices per radium directum; catoptrices per reflexum e' politiscorporibus, planis, cylindricis, polyedris, poligonis, et aliis; Dioptrices, per refractum in diaphanis*, le cui edizioni sono risalenti al 1646, al 1651, al 1663 e al 1669. Questa versione, prevista ampliata rispetto all'originale, rimase però incompiuta in alcune parti a causa della dipartita dell'autore. La sua

compilazione postuma è dovuta infatti al contributo dato da padre Mersenne, contributo tuttavia non riguardante la parte sull'anamorfose catottrica, di nostro interesse. Il testo è stato edito in italiano solo recentemente e presentato in forma di catalogo per la mostra "Jean François Niçéron. Prospettiva, catottrica e magia artificiale" ospitata presso lo spazio espositivo "Gino Valle" dell'Università IUAV di Venezia dal 22 aprile al 31 maggio 2013⁴². Il catalogo, oltre a riportare la versione critica italiana dell'opera ampiamente descritta e commentata, si propone di approfondire la biografia dell'autore, il contesto storico culturale e fornisce un interessante confronto tra l'edizione latina, dal «piglio scientifico più rigoroso», e quella volgare francese, cui si è fatto ricorso per la presente ricerca.

Composta di quattro libri, l'opera si apre con una lunga

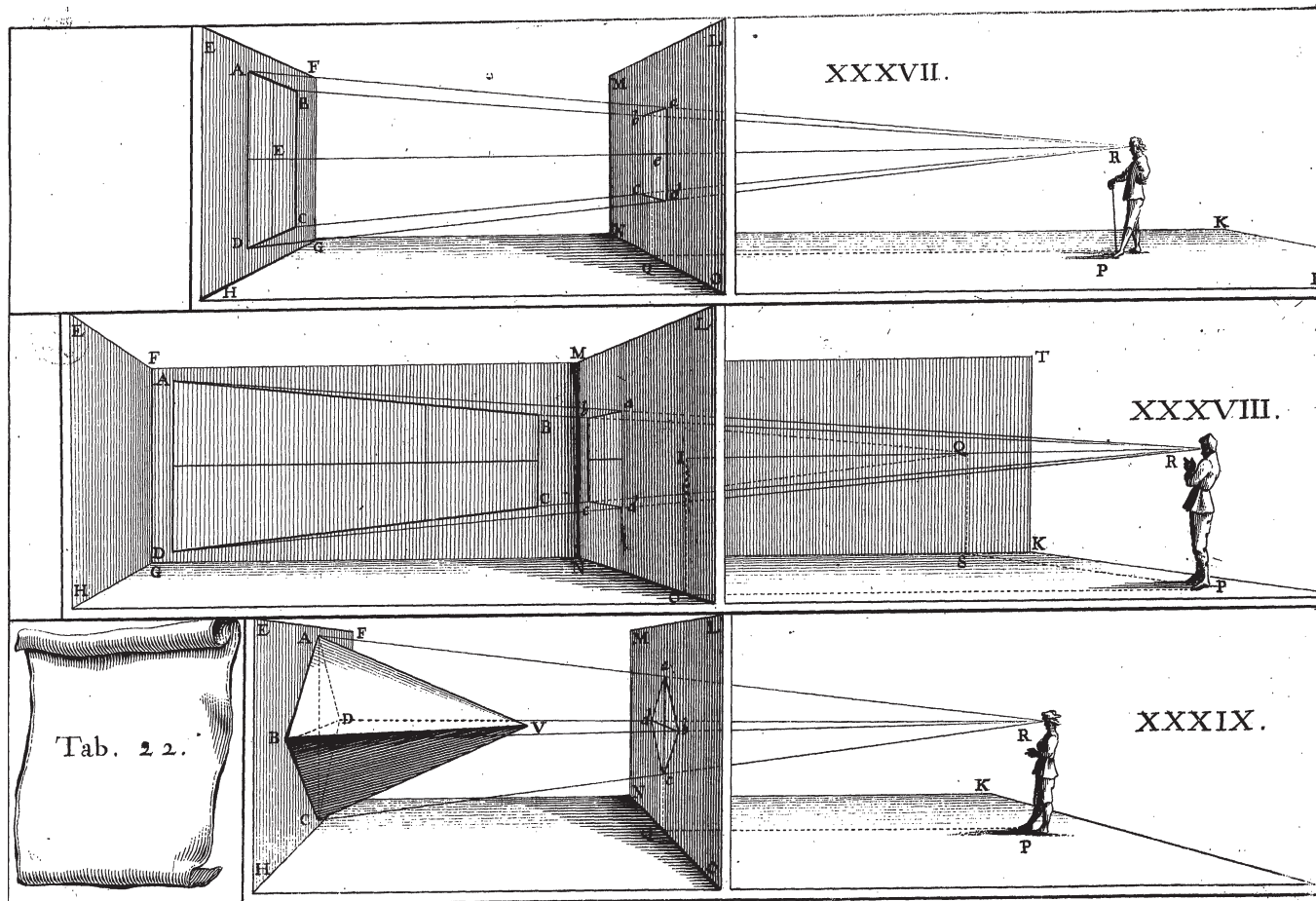


Fig.34 – Tavola 22: viene riconosciuta la relazione astratta che intercorre tra tutti i luoghi geometrici compresi nella piramide visiva.

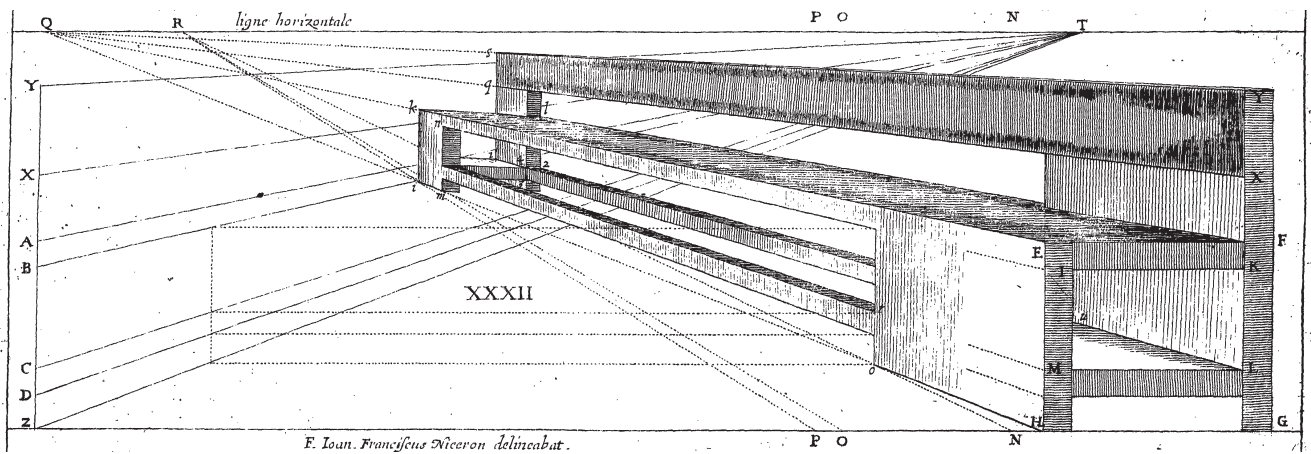


Fig. 35 – Tavola 23: la deformazione anamorfica deriva direttamente dall'aberrazione marginale prospettica.

prefazione dell'autore che pone l'Ottica a capo delle scienze matematiche poiché s'interessa di molteplici settori e, in particolare, della Pittura, principessa delle arti. È l'ignoranza dei principi teorici che conduce in errore la pratica pittorica, quindi il testo, spiega l'autore, vuole rivolgersi anche a coloro che considerano la prospettiva ostile per la sua impostazione geometrica al fine di stimolarli con l'analisi delle "amenità della prospettiva curiosa", prospettiva che Nicéron considera far parte della cosiddetta "magia artificiale". «La vera magia, o perfezione delle scienze, consiste nella Prospettiva, che ci permette di capire e di distinguere perfettamente le più belle opere della natura e dell'arte, che è stata tenuta in gran conto in tutte le epoche, non solo dalle persone comuni ma persino dai più potenti monarchi della terra»⁴³. La magia artificiale era basata sulla capacità dell'artista di concepire illusioni dipinte, disegnate o stampate, in opposizione alla magia naturale che sfruttava, appunto, la natura per la creazione di immagini stupefacenti.

Il primo libro, diviso in quindici proposizioni e diversi corollari, espone gli assiomi geometrici di base ed un metodo generale per la costruzione prospettica, derivato da quello dell'Alberti e del Dürer, applicato poi ai solidi regolari (cubo, tetraedro, ottaedro, dodecaedro, icosaedro); il secondo ed il terzo libro sono riservati rispettivamente all'anamorfose ottica e a quella catottrica; l'ultimo è dedicato invece alla diottrica con le indicazioni per il taglio

e la levigazione di vetri e cristalli e la descrizione delle anamorfose ottenute da singole immagini composte con l'ausilio di particolari lenti sfaccettate.

2.6.1 Anamorfose ottica

Il secondo libro espone «les moyens de construire plusieurs sortes de figures appartenantes à la vision droicte, lesquelles hors de leur poinct semblerent difformes e sans raison, e veuës de leur poinct, paroistront bien proportionnees»⁴⁴: tratta, quindi, quell'anamorfose che l'autore definisce prospettiva diretta.

Già dalla prima preposizione emerge l'importanza del contributo del Nicéron: egli, infatti, riconosce la relazione astratta che intercorre tra tutti i luoghi geometrici compresi nella piramide visiva, definendo che «tandis que le mesme sommet de la pyramide visuelle demeure le mesme objet, où la mesme image paroist tousiours, quelque changement qui arriue à la base coupée differemment»⁴⁵(fig. 34). Per la prima volta è dato un valore di universalità teorica al processo di formazione della rappresentazione anamorfica: essa è individuata come il risultato di una sezione obliqua della piramide visiva (e non retta come per una prospettiva centrale). Se l'occhio dell'osservatore è posto al vertice della piramide, la rappresentazione è otticamente simile al prototipo scelto, altrimenti tenderà a deformarsi in funzione dell'inclinazione assunta dal piano di sezione stesso. La stretta relazione che intercorre tra il sistema prospettico

e quello anamorfico viene poi sottolineata nella seconda preposizione in cui la rappresentazione di una sedia è soggetta ad una forte aberrazione marginale data dalla scelta di una serie di fattori: una distanza minima dal quadro, un'altezza considerevole del punto di vista ed una posizione fortemente decentrata dell'oggetto (fig.35).

La preposizione III fornisce, invece, «la methode de descrire toutes sortes de figures, images, & tal leaux en la mesme façon, que les chaires de la precedente proposition, c'est à dire, qui semblent confuses en aparence, & d'un certain point representent parfaitement vn obiet proposé»⁴⁶, quindi il metodo di deformazione anamorfica gene-

rale da poter applicare ad una qualsiasi immagine previa circoscrizione all'interno del quadrato ABCD suddiviso in 6x6 quadrati minori. Ricalcando l'impostazione data dall'Accolti, il Nicéron semplifica e razionalizza la procedura di deformazione basandosi sulla costruzione del classico pavimento a scacchiera utilizzato dai prospettivisti per il controllo e la misura dello spazio figurativo. Si riportano infatti sul piano il punto principale P (proiezione del punto di vista), il punto di distanza R ed il lato ad uguale a quello AD del quadrato iniziale e diviso dai punti e, f, g, h, i, c; si collegano quest'ultimi al punto principale P e si calcola la digradazione costruendo la diagonale della

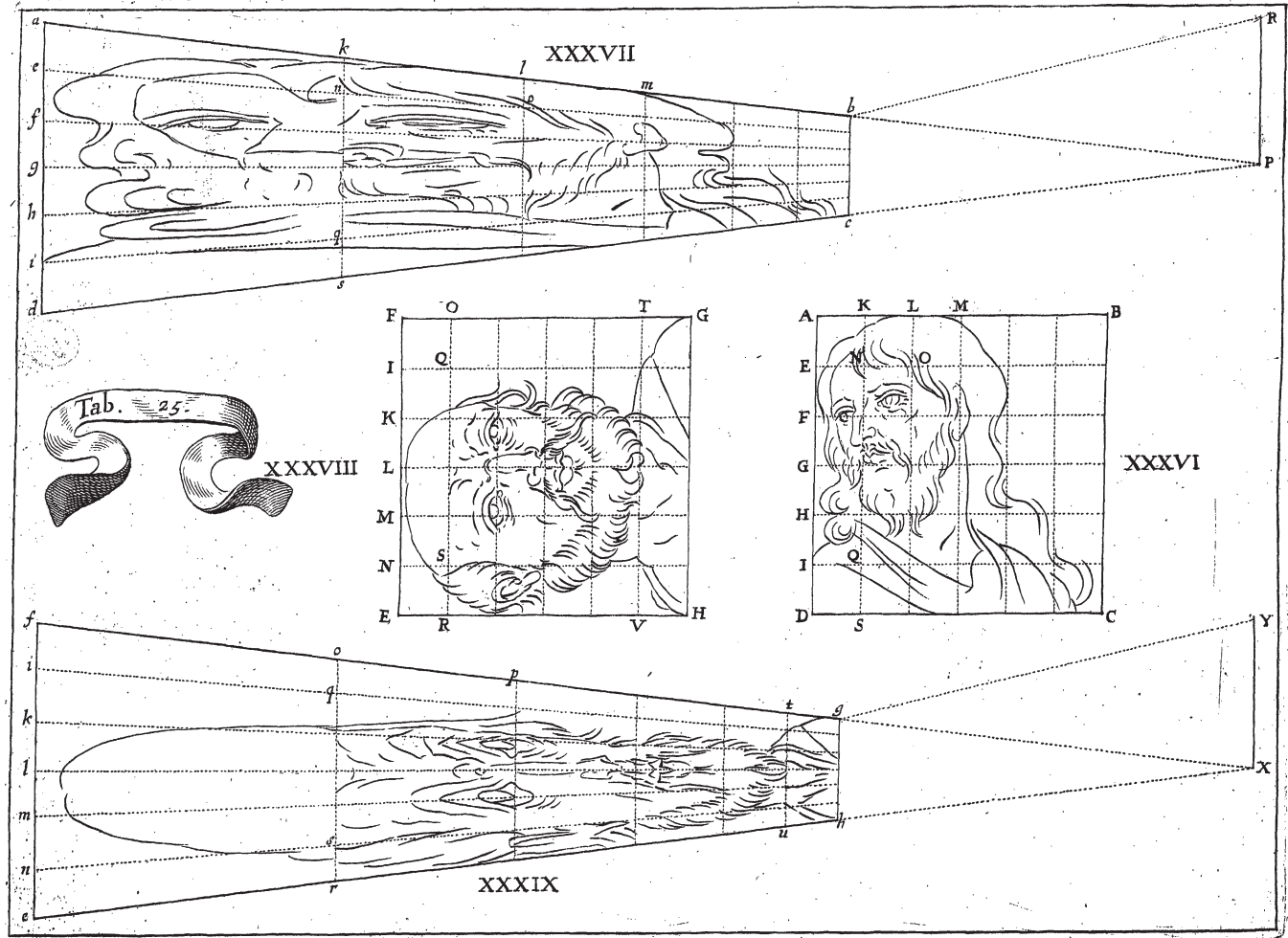


Fig.36 – Tavola 25: l'anamorfose ottica di un'immagine inscritta nella griglia ABCD è ottenuta deformando tale griglia con l'ausilio della diagonale.

scacchiera dR, corrispondente alla diagonale del quadrato DE. Con lo stesso sistema, spiega l'autore nei corollari, è possibile aumentare la larghezza della griglia e variarne le proporzioni sulla base del modulo quadrato minore. Di conseguenza, qualunque immagine inscritta nella figura prototipo può essere trasferita sulla griglia così deformata, in una visione orizzontale o verticale, che sia *anottica* - verso l'alto- o *catottica* - verso il basso - (fig.36). Inoltre, è possibile preparare dei modelli della griglia da riportare di volta in volta per diverse anamorfose, senza bisogno di eseguire tutta la costruzione. Nell'ultimo corollario il Nicéron, in riferimento alle tecniche anamorfiche descritte dal Danti e dal Barbaro, ammonisce il lettore sull'uso di una proiezione parallela per questo tipo di deformazioni, consigliando di ricorrere, in alternativa, alla proiezione tramite lume, posto in prossimità del punto di vista scelto. Le preposizioni successive, dalla IV alla VII, trattano l'anamorfose ottica applicata a superfici coniche e piramidali di tipo concavo o convesso, ricavate con procedimenti grafici o "*par les moyens de nombres*". Nel primo caso i solidi sono intesi retti e l'occhio dell'osservatore è sempre posto lungo il loro asse; in questo modo, l'immagine scelta viene inscritta nella figura di base del solido - un cerchio per il cono, un poligono per la piramide - e deformata sulla sua superficie di sviluppo (figg. 37, 38); nel secondo caso, invece, la deformazione è ottenuta con l'applicazione di proporzioni da ricavare o tabellate. Significativamente, il libro riporta in conclusione, dopo la descrizione dello strumento "cattolico"⁴⁷, la trattazione relativa alla teoria delle ombre.

Il succitato catalogo della mostra veneziana riporta al suo interno analisi critiche, verifiche e ricostruzioni virtuali dei modelli descritti nel trattato; a tal motivo, vi si rimanda per ogni eventuale approfondimento.

2.6.2 Anamorfose catottrica cilindrica

Delle «*apparences des miroirs plats, cylindriques e conique, e la maniere de construire des figures qui rapportent e representent par reflexion tout autre chose que ce qu'elles paroissent estans veues directement*»⁴⁸ si occupa il terzo libro de *La Prespective Curieuse*. Nella breve prefazione, il padre gesuita spiega come l'uso degli specchi "*des ef-*

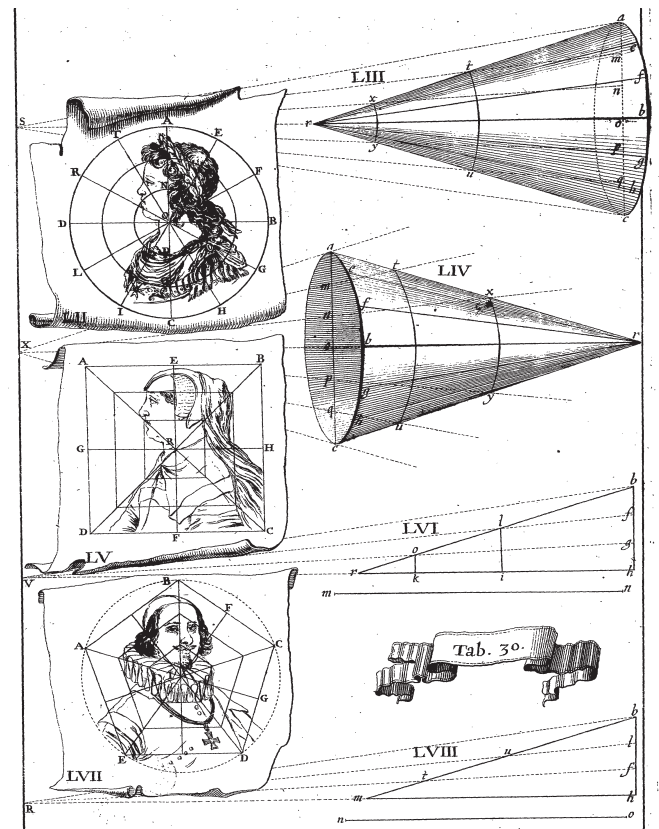


Fig.37 – Tavola 30: l'anamorfose ottica su superfici coniche e piramidali è ricavata tramite l'intersezione dei raggi visivi con la superficie del solido stesso.

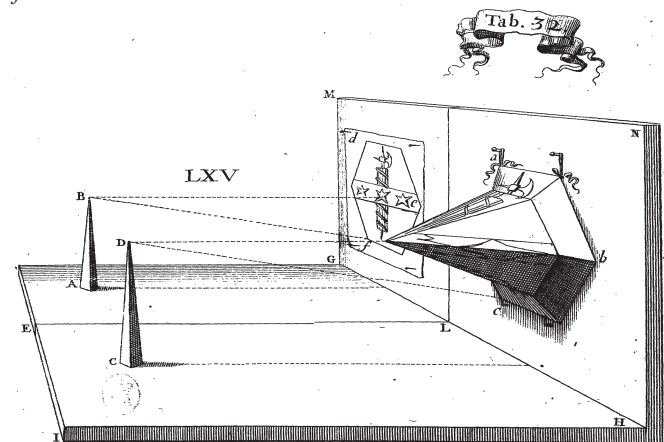


Fig.38 – Tavola 32: il punto di vista è collocato lungo l'asse della piramide; in questo caso la distanza dal solido è ininfluente sulla percezione dell'immagine rappresentata.

fets si prodigieux” fosse spesso impiegato per stupire ed ingannare, in un’epoca in cui scienza e magia erano tanto intimamente legati. L’inganno poteva avvenire sfruttando diverse caratteristiche degli specchi dovute alla materia di cui si componevano, alla loro forma o dimensione oppure alla loro disposizione spaziale rispetto all’oggetto e all’osservatore.

La tecnica è esposta in cinque proposizioni, corredate da diversi corollari, e si chiude con una breve appendice. La prima proposizione descrive il metodo, anche questo già esposto dal Danti⁴⁹, di utilizzare elementi prismatici per frammentare l’immagine originaria in modo che si ricomponga, corretta, su di uno specchio piano opportunamente inclinato e suggerisce di dipingere delle scritte sulle facce inferiori dei listelli per aumentarne l’effetto sorpresa (fig.39); la seconda proposizione si occupa di descrivere

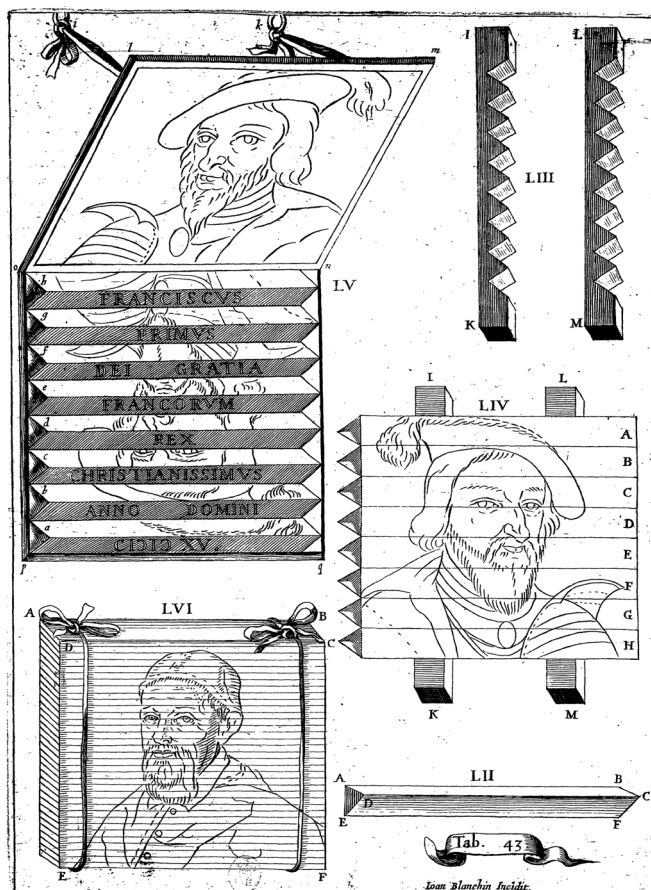


Fig.39 – Tavola 43: tabula scalata.

la composizione degli specchi, le tecniche ed i metodi per realizzarli e molarli; dalla terza alla quinta proposizione sono trattate le anamorfosi catottriche su specchi cilindrici e conici convessi.

È necessario sottolineare come, a dispetto delle diverse incisioni finemente ombreggiate dedicate alla costruzione anamorfica di tipo ottico, lo sviluppo dei problemi catottrici avviene secondo una modalità di rappresentazione ortogonale in cui le componenti geometriche sono fortemente schematizzate allo scopo di semplificarne la lettura e chiarirne la realizzazione.

La terza proposizione enuncia «*Estant donné vn miroir cylindrique convexe perpendiculaire sur vn plan parallele à sa base, descrire en ce plan vne figure, laquelle, quoy que difforme & cofuse en apparence, produira au miroir par reflexion une image bien proportionnée, & semblable a quelque object proposé.*»⁵⁰. Si specifica, in apertura, che la superficie dello specchio utile alla rappresentazione è limitata a circa la metà del cilindro per i principi espressi nell’*Ottica* di François d’Aguilon (1566-1617) suggerendo tuttavia, “*pour luy donner plus de grace en le montant*” - per dare più grazia alle dimensioni - di completare la forma. L’autore distingue la superficie cilindrica riflettente da quella, sempre cilindrica, di un eventuale supporto dello specchio, quale potrebbe essere una colonna con relativa base - o capitello se si vuole posizionare la rappresentazione in alto -. Condizione primaria è che l’asse del cilindro sia perpendicolare al piano sul quale si vuole descrivere l’immagine deformata e la sua base circolare - non necessariamente corrispondente a quella dello specchio - sia, almeno nel caso illustrato, giacente sullo stesso piano. Si considera poi l’immagine prototipo - che l’autore sceglie essere di San Francesco di Paola - e la si divide in parti: non è necessario che sia inscritta in un quadrato ma si specifica che le divisioni, in altezza quanto in larghezza, devono essere uguali; si ricava in questo modo un reticolo numerato di base quadrata 12x14, dove sono *montanti* i segmenti di divisione verticali e *trasversali* quelli di divisione orizzontali - così come precedentemente impostato dal Vaulezard -.

Si traccia quindi sul piano il cerchio KLMNOPQR, impronta a terra della base cilindrica, e si prolungano i diametri principali ricavando le rette AB e CD, perpendicolari

tra loro ed incidenti nel punto E, centro del cerchio dato, dal quale si descrive anche il cerchio più piccolo FGHI, il cui diametro è pari a quello di base dello specchio cilindrico in cui si vuole riflessa la figura. Si divide poi la circonferenza maggiore in otto parti uguali, nei punti K,L,M,N,O,P,Q,R, ciascuno dei quali ulteriormente suddiviso in altre due parti, anch'esse uguali, ad eccezione dei due archi LM e MN poiché compresi in quella porzione di cilindro occlusa alla vista. Si conducono poi delle semirette dal centro E passanti per tutti i punti della divisione fatta sulla circonferenza, che appaiono sul cilindro perpendicolari e paralleli e rappresentano i dodici montanti che dividono la larghezza dell'immagine. Per l'individuazione delle trasversali si di-

vide il semidiametro EI del cerchio più piccolo FGHI in quattro parti uguali 1, 2, 3, 4 e si posiziona il compasso nel punto 3, con apertura 3a stabilita "ad occhio" secondo l'altezza della base del cilindro. Il punto *a* è, infatti, individuato lì dove si vuole che appaia la base dell'immagine nello specchio e si descrive, con questa apertura, una porzione di cerchio dalla semiretta EL fino alla semiretta opposta EN. Questa porzione di cerchio appare sul cilindro come una linea retta e rappresenta la prima trasversale inferiore dell'immagine data. La distanza della seconda trasversale deformata dalla prima non è incrementata proporzionalmente ma viene calcolata con un aumento di un ventesimo della misura mentre le successive si realizzano sempre "ad

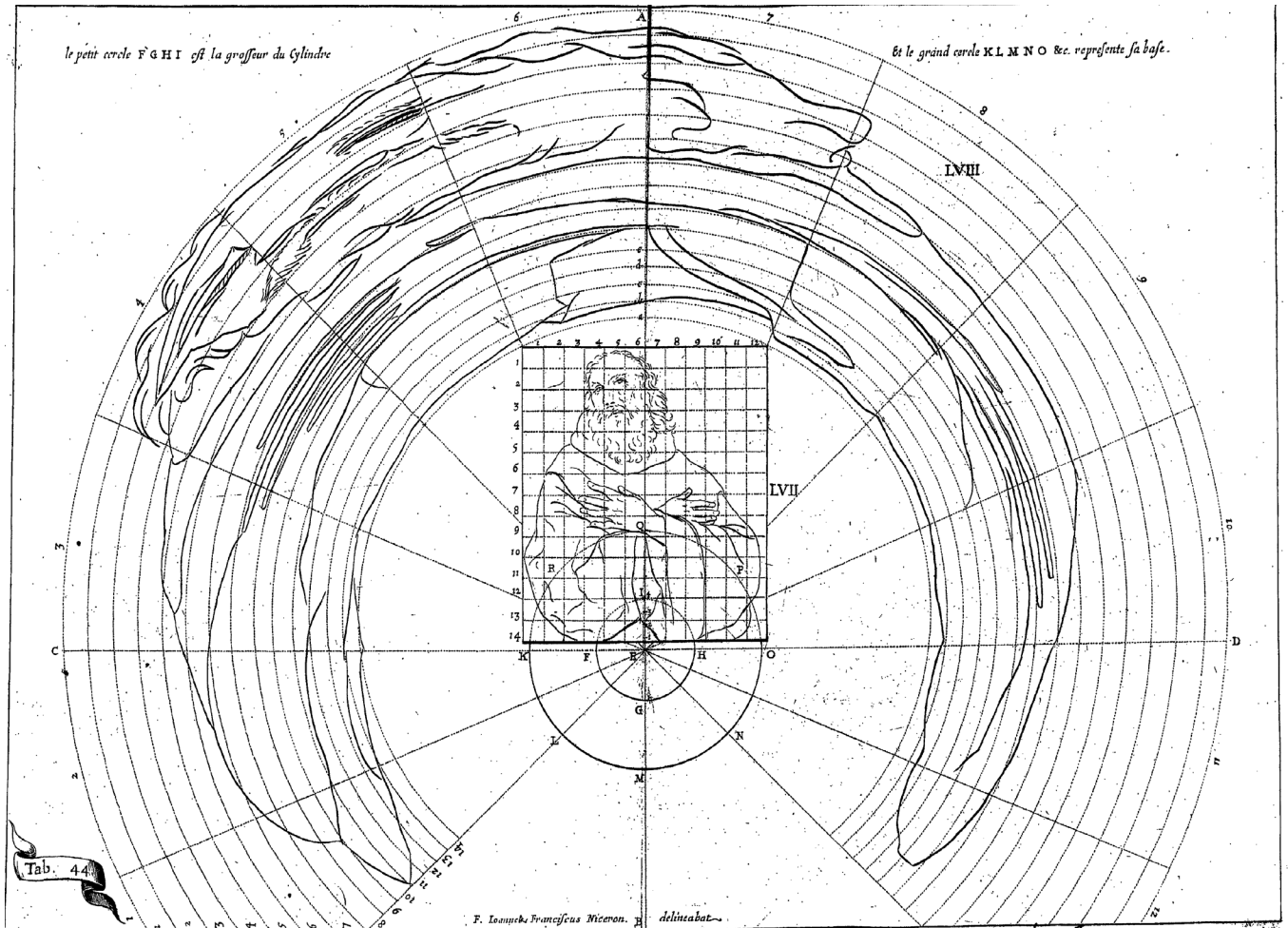


Fig. 40 – Tavola 44: illustrazione alla Proposition III relativa alla costruzione approssimativa dell'anamorfofi catottrica cilindrica.

occhio” o col compasso di proporzione con un’apertura che passa da 20 a 21 e così via. L’illustrazione esplicativa, chiarisce lo stesso autore, reca un errore dovuto all’incisione che riporta uguali tra loro le distanze degli archi di cerchio invece che incrementarle verso l’esterno «*mais cette faute est de peu d’importance, & n’empesche pas qu’on n’entende le reste*»⁵¹ (fig.40). Questo metodo di sdoppiamento del centro⁵² «*semble estre faite sans obseruation des angles d’incidence & de reflexion, & sans distance & hauteur de l’œil déterminée*»⁵³: è lo stesso Nicéron che, nel primo corollario, dichiara approssimativo il suo metodo, illustrato per risultare di facile esecuzione e accessibile anche a coloro che non sono pratici di questi strumenti; egli consiglia di effettuare ogni eventuale modifica e correzione a mano direttamente guardando il risultato allo specchio. Nel secondo corollario ammonisce dall’uso del sistema di costruzione anamorfica tramite il lume di una candela - il Barbaro, al cui metodo si fa riferimento, non viene tuttavia citato - di scarso effetto e di difficile realizzazione. Per chi volesse una trattazione più rigorosa dell’argomento, consiglia i testi del Vaulezard e dell’Hérigone oppure rimanda alla preposizione successiva.

L’enunciato della preposizione IV, «*Estant donné vn miroir cylindrique convexe perpendiculaire sur vn plan parallele à sa base, descrire geometriquement en ce plan vne figure ou image, laquelle, quoy que difforme & cofuse en apparence, estant veuë d’un certain point, produise par reflexion d’un miroir une image bien proportionnée, & semblable a quelque object proposé*»⁵⁴, differisce, infatti, dal precedente per la specificazione geometrica del procedimento e per l’introduzione di un punto di vista determinato della composizione. Il metodo, “più esatto”, prevede ugualmente l’iscrizione dell’immagine reale in una griglia: si riporta come esempio da deformare un quadrato AABCCDD 6x6, ulteriore semplificazione del problema. Si traccia quindi sul piano la semiretta AB - arbitrariamente estesa - perpendicolare, nel punto C, al segmento DE, diametro del cerchio di base DFEG dello specchio cilindrico avente centro in C (fig.41). Si divide poi il diametro DE in tante parti quante è stata divisa in larghezza l’immagine reale: nel caso specifico le sei parti sono individuate dai punti D, H, I, C, K, L ed E. Si considera il punto B quale punto

principale abbassato sul piano - quindi traccia sul piano del punto di vista - e si tracciano da B per tutti i punti di divisione del diametro delle linee rette, raggi d’incidenza, che intersecano la circonferenza del cerchio DFEG nei punti Q, R, F, S e T, punti d’incidenza. Per trovare i raggi di riflessione, dal centro C si descrive il cerchio più grande MNOP di ampiezza a piacere che interseca i raggi di incidenza nei punti *a, e, i, n*. Si punta quindi il compasso nei punti di incidenza e si apre fino al punto d’intersezione tra il raggio d’incidenza corrispondente e la circonferenza maggiore MNOP tracciando un arco di cerchio: puntando in Q, con apertura *Qa*, si descrive l’arco *bc*; puntando in R, con apertura *Re*, si descrive l’arco *fg* e così di seguito. Il raggio di riflessione corrisponde alla retta tracciata dal punto d’incidenza passante per il punto d’intersezione dell’arco di cerchio corrispondente⁵⁵, precedentemente descritto, con la circonferenza maggiore MNOP: la retta incidente BQ si rifletterà nella retta riflessa *Qcd*, la retta BR in *Rgh*, la retta BS in *Slm*, la retta BT in *Tpg*; la retta BF si riflette su se stessa in quanto «*cade ad angolo retto sulla superficie dello specchio*». È necessario sottolineare come la costruzione riportata fa corrispondere le immagini delle linee BD e BE sul piano al prolungamento del raggio d’incidenza: BD si riflette in DV mentre BE si riflette in EX; questo sarebbe vero se, invece del diametro DE, si fosse considerata la corda costruita sulle tangenti al cerchio condotte da B. Qui, invece, l’autore cade in un’approssimazione che compromette l’intero procedimento. Le rette così tracciate appaiono verticali sullo specchio e su di esse s’individuano i montanti del reticolo iniziale. Per la rappresentazione sul piano delle trasversali si procede con un’operazione di ribaltamento di un’ipotetica sezione del sistema fatta lungo l’asse AB: si traccia la linea Bz, perpendicolare ad AB, di lunghezza pari all’altezza del punto di vista z - rappresentazione del punto di distanza - e si traccia, parimenti, la linea FY, perpendicolare ad AB e parallela a Bz, di lunghezza pari all’altezza del cilindro. Si individua poi sul segmento FY il punto I ad una distanza arbitraria (il Nicéron la suppone di un pollice e mezzo) che sarà la distanza da terra cui apparirà, sullo specchio, la retta di base del quadrato AABCCDD. Dal punto I, si individuano altri sei punti progressivamente numerati posti tra loro ad una distanza pari a quella delle divisioni

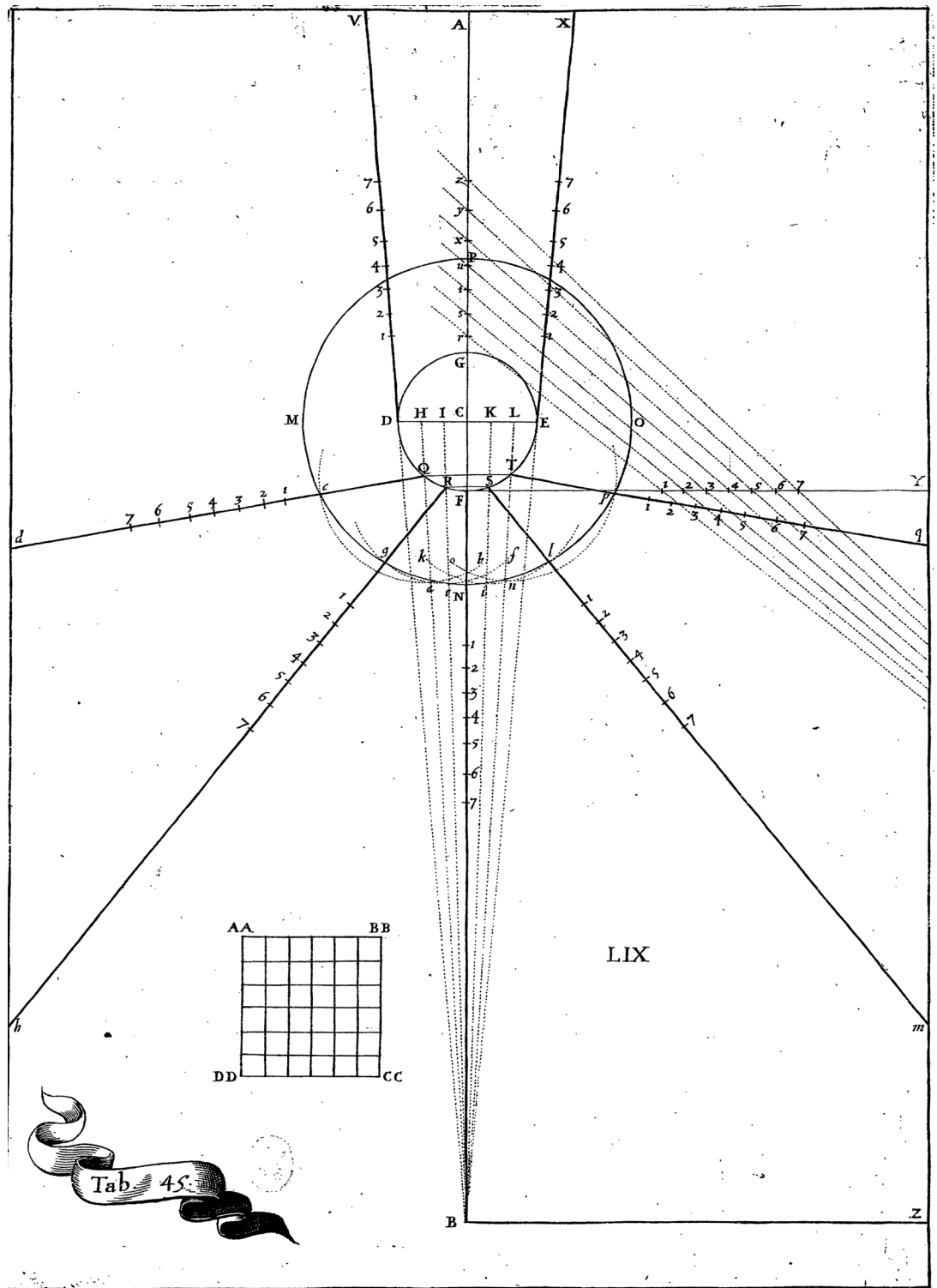


Fig.41 – Tavola 45.

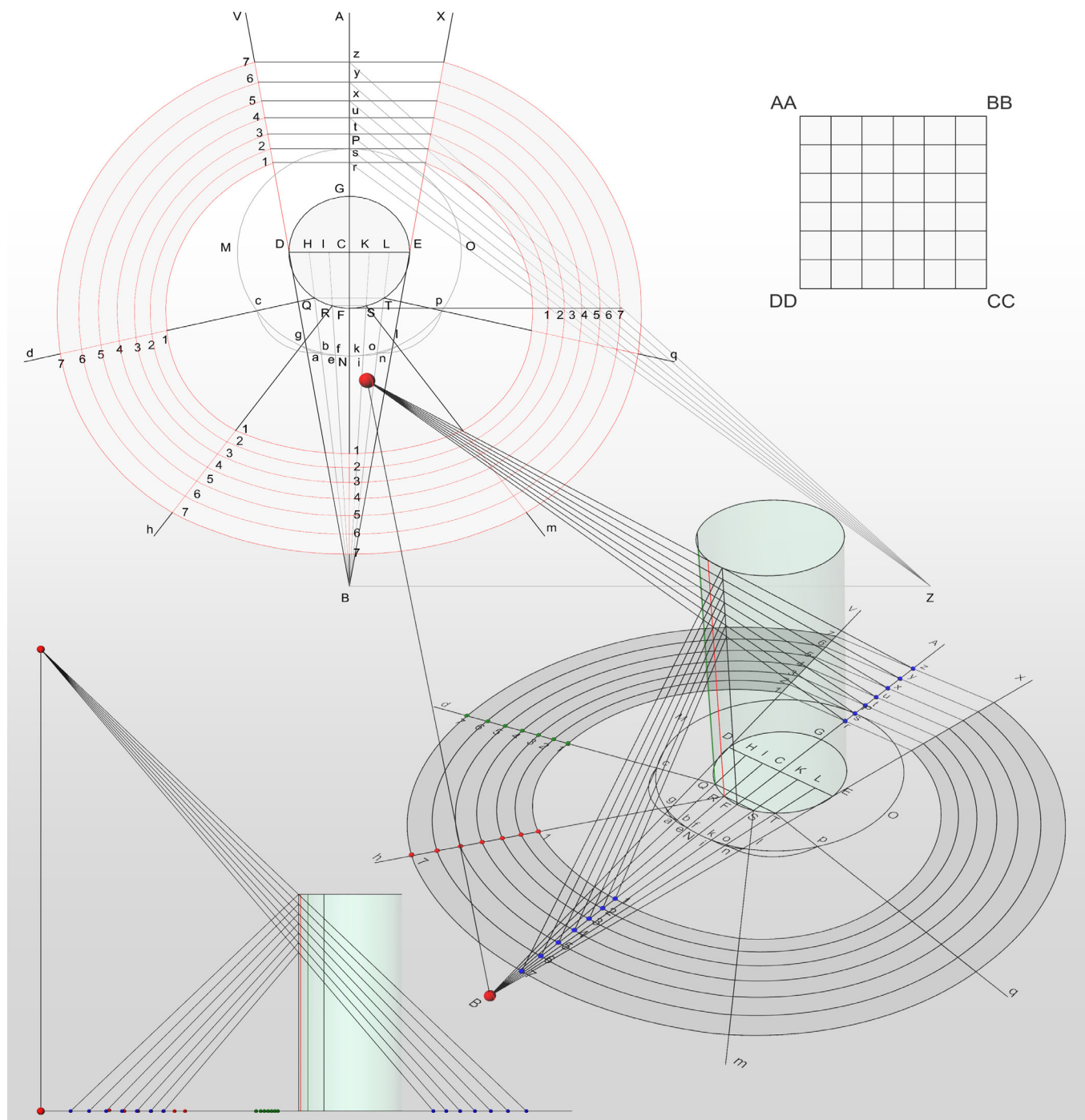


Fig.42 – Ricostruzione bi e tridimensionale della Proposizione IV: descrivere l'anamorfose catottrica cilindrica di una generica immagine racchiusa in una griglia quadrata AABBCDD.

effettuate sul quadrato AABCCDD iniziale. Si conducono quindi delle linee di costruzione, *lignes droictes oculates*, dal punto di vista z per ciascun punto precedentemente individuato su FY fino ad intersecare la retta AB nei punti r, s, t, u, x, y, z . Tali divisioni rappresentano le distanze tra le varie trasversali da riportare sulle rette di riflessione. Si prosegue quindi puntando il compasso nel punto di incidenza del raggio e si riportano tali divisioni sul raggio riflesso corrispondente: puntando in Q con apertura $Q1$ si riporta il punto 1 sulla retta Qcd , con apertura $Q2$ si riporta il punto 2 e così di seguito. Eseguendo il procedimento per tutti i raggi si ottiene la divisione numerata degli stessi. Le linee trasversali del quadrato AABCCDD saranno quindi rappresentate da delle linee curve che uniscono le divisioni riportanti lo stesso numero. L'illustrazione non le riporta e, data la difficoltà nel tracciarle, l'autore consiglia di suddividere ulteriormente il diametro del cerchio di base per avere maggiori punti d'appoggio ed il risultato, spiega, è simile a quello ottenuto nella proposizione precedente (fig.42).

Il primo corollario al problema sottolinea l'importanza del punto di vista in questo tipo di composizioni in quanto ogni sua variazione comporta una trasformazione della griglia deformata; questa proprietà geometrica può essere sfruttata per realizzare diverse rappresentazioni, poste a diverse distanze dallo specchio, che restituiscano più immagini secondo la posizione dell'osservatore nello spazio «*ce qui causera vn grand estonnement à ceux qui en ignorent la cause*»⁵⁶.

Il secondo corollario introduce invece la possibilità di realizzare l'immagine deformata su piani differenti da quello parallelo alla base del cilindro o, ancora meglio, su più piani dalla diversa giacitura. L'autore però privilegia l'anamorfofi quale parte integrante dell'architettura poiché il carattere ornamentale dei suoi elementi amplificherebbe la sorpresa nel scoprirli parte del meccanismo: la rappresentazione deformata potrebbe essere incisa o realizzata con marmi o legni in pavimenti e soffitti mentre una colonna potrebbe costituire lo specchio cilindrico.

L'ultimo corollario riporta una serie di consigli pratici: la realizzazione un unico stereotipo della griglia deformata, di grandi dimensioni, da copiare e ridurre in scala ogni volta che se ne ha necessità; i diversi sistemi di riporto del-

lo stereotipo tra cui l'uso del parallelogrammo da disegno (meglio noto come pantografo); le proporzioni da preferire in questo tipo di immagini.

2.6.2 Anamorfofi catottrica conica

La proposizione V, conclusiva, è dedicata all'anamorfofi catottrica su specchi conici convessi e pone il seguente problema: «*Estant donné vn miroir conique convexe sur vn plan parallele à sa base, le point de veuë estant en la ligne de l'axe, laquelle soit perpendiculaire au mesme plan, esloigné du mesme plan & de la pointe du miroir d'une distance proposée: descrire sur ce plan autour de miroir vne figure, laquelle quoy que difforme & cofuse en apparence, estant veuë de son point par reflexion dans le miroir; paresse bien proportionnée, & semblable a quelque obiet proposé*»⁵⁷. L'esposizione ricalca, su dichiarazione dell'autore stesso, quella fatta da Sieur de Vaulezard nel suo trattato poiché «*molto esatto e semplice*»: si iscrive la figura iniziale in un cerchio BCDEFG tale che sia diviso da tre diametri BE, CF, DG in sei fette uguali e poi in quadranti da cinque cerchi concentrici; considerando sempre una rappresentazione ortogonale frontale, si traccia quindi la linea NZ estesa a piacere e si indica nel mezzo il diametro di base del cono AC sul quale alzare il triangolo ABC, sezione del cono per opera di un generico piano contenente l'asse ed il diametro considerato (fig.43). Si divide la circonferenza, visualizzata nell'illustrazione solo parzialmente in pianta dal semicerchio CXTA, in sei parti uguali e, dai punti di divisione, si tracciano delle rette, quali DAN, DTV, DXY, DCZ. Tali rette, allo specchio, appariranno come i diametri BE, CF e DG della figura iniziale. Per trovare la rappresentazione dei suoi cerchi si divide invece il raggio AD in tante parti quanto è diviso il raggio AB della figura iniziale. Dai punti di divisione H, I, K, L, M si conducono delle rette di costruzioni passanti per E che risultano incidenti al lato del cono AB nei punti 1, 2, 3, 4, 5. Puntando in B, si descrive l'arco di cerchio EFG tale che F sia il punto d'intersezione col prolungamento del lato AB sull'arco e che la porzione EF sia uguale alla porzione FG. Dal punto G si tracciano poi le rette di costruzione passanti per i punti di divisione precedentemente individuati su AB, costruendo, in tal modo,

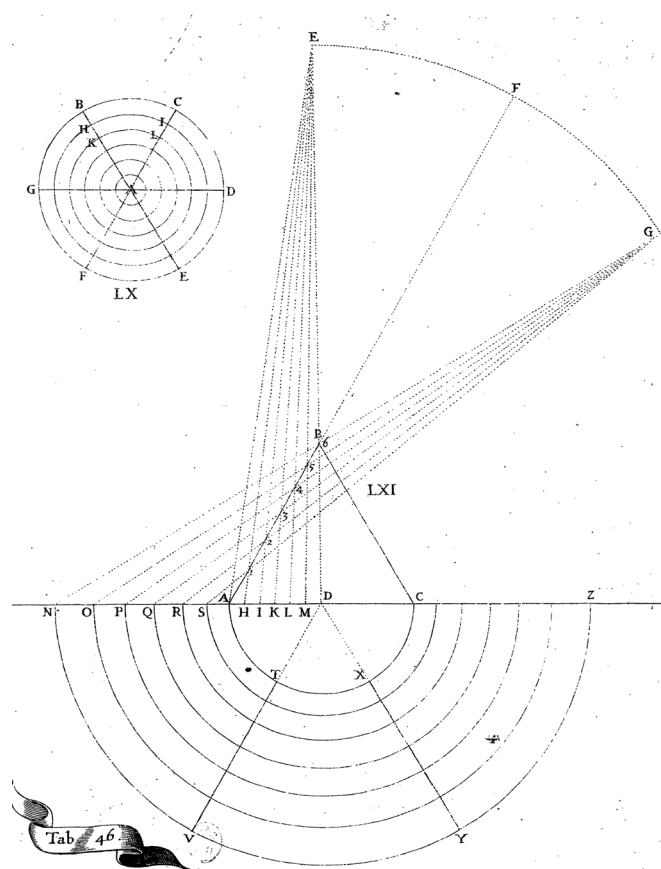


Fig. 43 – Tavola 46: illustrazione alla Proposition V: descrivere un'anamorfose catottrica di tipo conico.

i raggi d'incidenza di ciascun punto e ricavando, sul piano, i punti N, O, P, Q, R, S, che segnano la distanza delle circonferenze concentriche da disegnare sul piano - con centro in D - tali che la loro riflessione coincida con quella dei cerchi concentrici rappresentati nella figura iniziale e completi la rappresentazione anamorfica. Così come fatto dal Vaulezard, il Nicéron precisa che i quadranti deformati più lontani (e più estesi) dalla base dello specchio avranno la loro riflessione nel vertice del cono e che quelli più vicini (e meno estesi), al contrario, corrisponderanno a quelli che, nella figura iniziale, sono agli estremi. La stessa tavola del trattato poteva essere utilizzata come stereotipo per la creazione di questo tipo di anamorfose poiché lo specchio corrispondente poteva essere facilmente reperito

presso il migliore laboratorio di Parigi, al quale l'autore aveva dato i modelli. Poiché il punto di vista assume grande importanza nella riuscita del sistema, suggerisce poi di aggiungere un mirino alla composizione oppure di posizionare le rappresentazioni sotto una finestra. Il corollario al problema illustra una serie di applicazioni e variazioni al sistema della rappresentazione conica: essa può essere posta in alto col vertice del cono in basso tale che chi alzi lo sguardo veda l'immagine ricomposta sul suo capo; può essere molto estesa sul piano tale che si rifletta su di uno specchio cui viene, di volta in volta, cambiata la posizione lungo il suo asse; oppure può essere integrata ad una rappresentazione che può essere vista frontale. Il corollario ed una breve appendice chiudono il terzo libro. «*Ceux qui auront vn peu d'adresse ne sçauront manquer de reüssir en cét artifice, qui passera tousiours pour vne des gentile inuentions que nous fournisse l'optique*»⁵⁸.

2.7 La Perspective pratique di Jean Dubreuil

Jean Dubreuil o du Breuil, scrittore e saggista gesuita, pubblicò anonimamente l'opera *Perspective Pratique necessaire à tous peintres, graveurs, sculpteurs, architectes, orfèvres, brodeurs, tapissiers & autres se servant du dessein* nota con l'appellativo abbreviato di *La Perspective pratique*, attribuita in conformità ad una citazione contenuta in una lettera di Abraham Bosse⁵⁹. Il testo, composto di tre parti, edite separatamente in diverse date, si proponeva d'essere un compendio dei trattati esistenti e di fornire un sunto riepilogativo dei metodi già noti delle "prospettive dei gesuiti"⁶⁰ al fine di darne un chiarimento pedagogico. Fondamentale era l'uso delle regole geometriche, senza le quali il pittore poteva aspirare "a rivolgersi solo agli ignoranti", ma la loro applicazione era funzionale alla pratica artistica e non pretendeva il rigore della dimostrazione matematica. I metodi erano stati dichiaratamente tratti dalle opere di altri autori come Viator, Gregor Reisch, Dürer, Jean Cousin il Vecchio, Barbaro, Vignola, Serlio, du Cerceau, de Caus, Marolois, Vredeman de Vries, Guido Ubbaldi, Pietro Accolti, Vaulezard, Nicéron e Desargues. Fu proprio quest'ultimo a sollevare un'accesa disputa per la banalizzazione e gli errori presenti nelle parti riguardan-

ti il suo metodo ed in quelle della costruzione delle ombre in prospettiva⁶¹, errori che furono corretti nelle edizioni successive dell'opera. La polemica però stimolò un più ampio dibattito che vide contrapposti Desargue e Bosse a Dubreuil e Huret e arrivò a contenere questioni di natura proiettiva che trovavano riscontro nell'esecuzione pratica del trasferimento del disegno sulla superficie della volta, soggetta a deformazioni geometriche.

Pubblicato nella sua prima parte a Parigi nel 1642, già nella prefazione il trattato contiene il desiderio dell'autore di aggiungere nuovi studi prospettici che videro le stampe nel 1647 con la *Second partie de la perspective pratique* e nel 1649 con la *Troisiesme et derniere partie de la perspective pratique*⁶². L'articolazione in tre parti consentì di sviluppare separatamente diverse argomentazioni: la prima concerne i principi generali della prospettiva ed i suoi metodi, il proporzionamento delle figure e la teoria delle ombre; la seconda affronta la rappresentazione di piani inclinati estendendo lo studio ai poliedri o ai corpi regolari a più facce; la terza ed ultima parte, in sette trattazioni, è relativa alle prospettive viste dal basso o dall'alto (compresi sfondate prospettici a carattere architettonico e figure antropomorfe che sembrano "volare"), alle prospettive su pareti inclinate per "rettificare" l'ambiente illudendo un parallelismo dei piani, fino ad arrivare alle anamorfose ottiche, catottriche e diottriche.

2.7.1 Anamorfose ottica

La trattazione V della terza parte, infatti, tratta «*De l'optique, ov les effets admirables dv rayon droit svr les plans vnis, pyramidavx, coniqves, et irregvliers, tant convexes, qve concaves*»⁶³. Il Dubreuil illustra due metodi per la realizzazione dell'anamorfose ottica a partire da un quadrato, assunto a prototipo e suddiviso in parti uguali numerate. Il primo, esposto nelle *pratique I e II*, imposta il procedimento come quello del Nicéron: si traccia sul piano della rappresentazione la linea EF e, col punto F come mediano, si traccia un segmento perpendicolare GH pari al lato del quadrato, le cui divisioni sono da unire al punto E, "che è il punto dell'allungamento dell'occhio". Dal punto E si traccia quindi a discrezione l'altezza dell'occhio L - punto di distanza - da quale si traccia la diagonale GL che, nelle

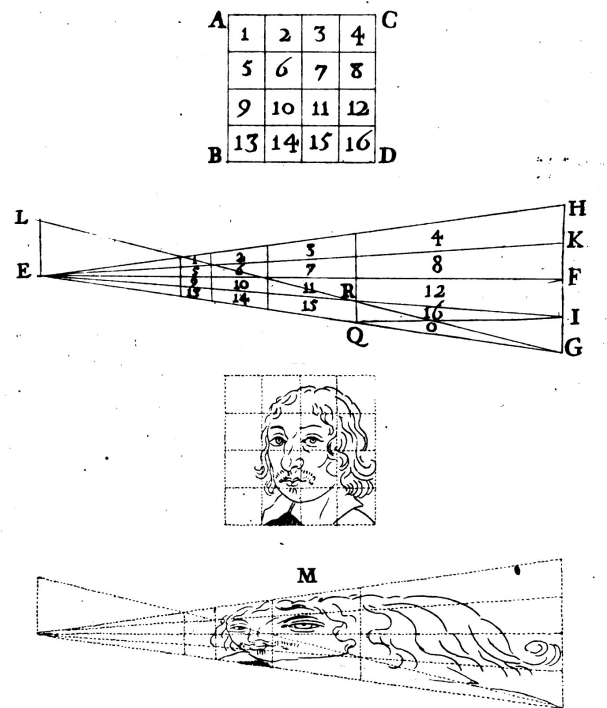


Fig. 44 – Illustrazione della Pratique I, Traité V, p.109: descrizione dell'anamorfose ottica di una figura, primo metodo.

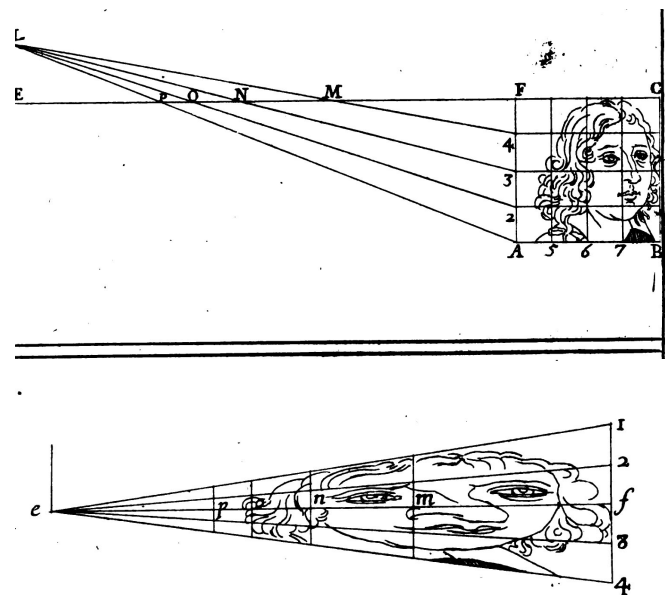


Fig. 45 – Illustrazione della Pratique III, Traité V, p.111: descrizione dell'anamorfose ottica di una figura, secondo metodo.

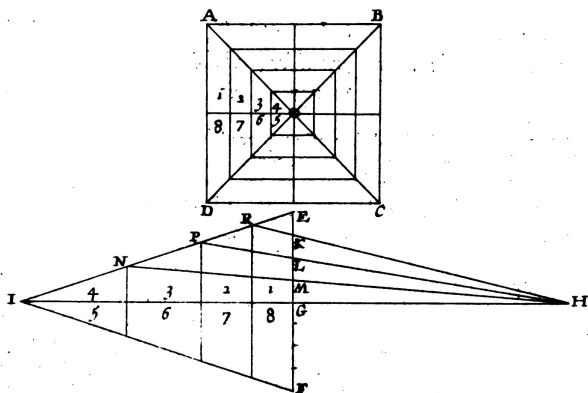
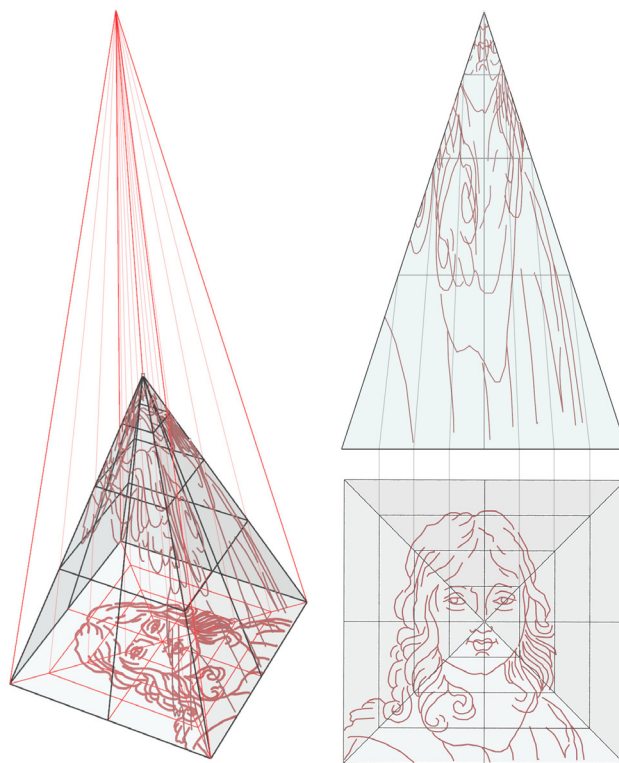
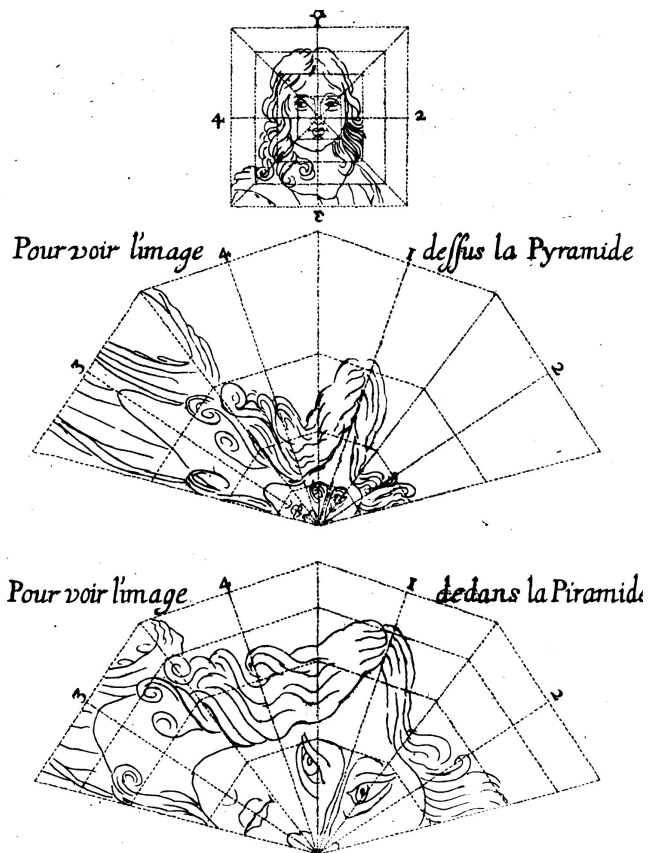


Fig.46 – Illustrazioni delle Pratique VII, Traité V, p.116: descrizione dell'anamorfose ottica di una figura su di una superficie piramidale a base quadrata, concava o convessa.

sue intersezioni con le rette precedentemente disegnate, determina la digradazione anamorfica (fig.44).

Il secondo metodo (*pratique III*) corrisponde, invece, a quello esposto dal De Caus: dato il quadrato prototipo ABCF, si prolunga il lato superiore FC fino al punto E, traccia dell'occhio, e si riporta perpendicolarmente l'altezza dell'occhio EL. Si riportano poi in L le rette congiungenti i punti di divisione del lato AF, ricavando in questo caso le intersezioni M, N, O, P. La figura anamorfica dovrà essere rappresentata su un altro piano, riportando la retta EF ed il lato suddiviso del quadrato come nel precedente metodo; i punti P, O, N ed M determineranno, ugualmente, la digradazione (fig.45). Sebbene i due metodi sono molto simili, spiega l'autore, quest'ultimo lascia la libertà di tracciare la digradazione direttamente sul supporto con una semplice proporzione. Dopo l'anamorfose ottica su di un piano, sono illustrate le costruzioni su superfici piramidali e coniche, concave o convesse, così come fatto dal



Figg.47,48 – Illustrazione e ricostruzione tridimensionale della Pratique VIII, Traité V, pp.117: descrizione dell'anamorfose ottica di una figura su di una superficie piramidale a base quadrata, concava o convessa.

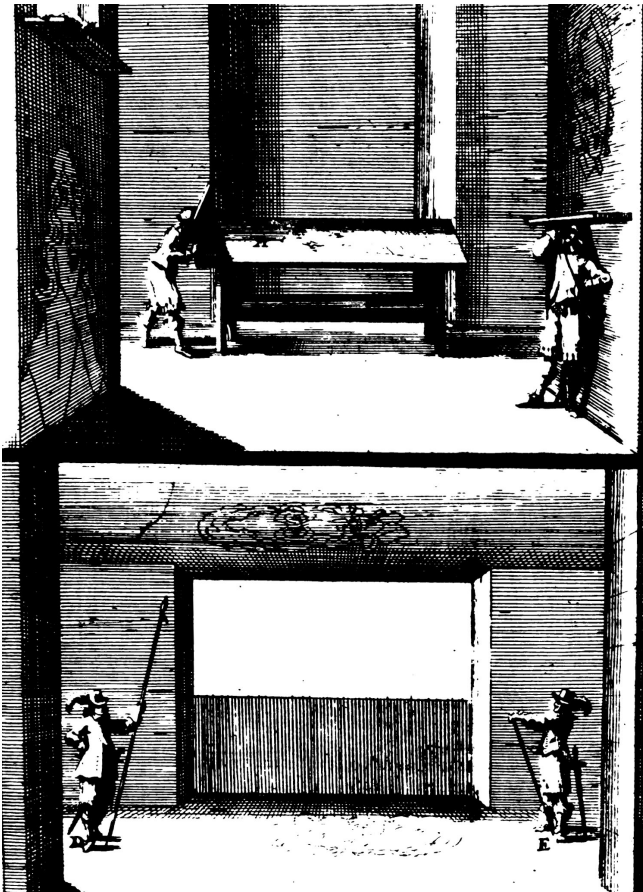


Fig.49 – Illustrazione della Pratique IV, Traité V, p.112: anamorfose ottica piana applicata a superfici architettoniche.

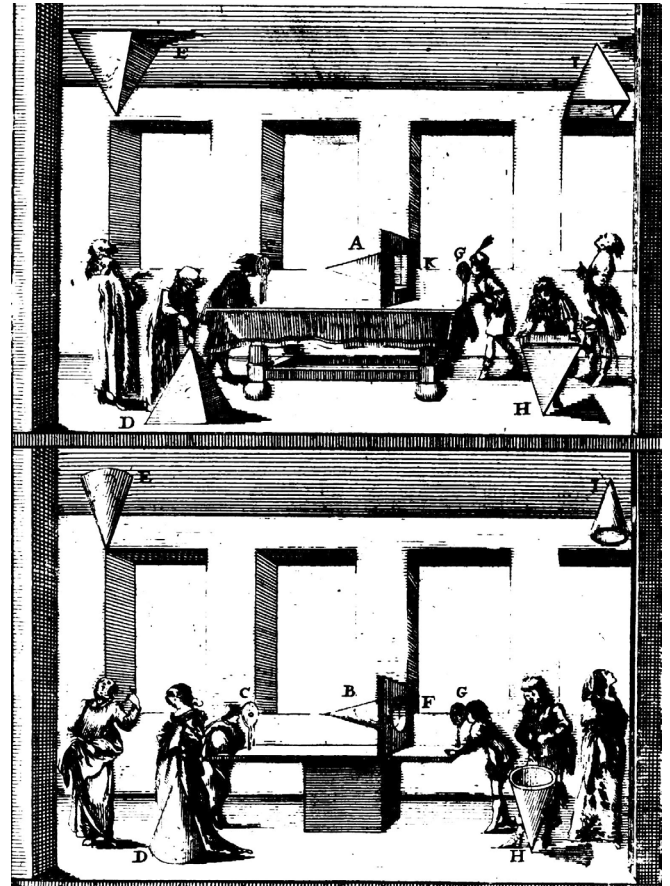


Fig.50 – Illustrazione della Pratique XIII, Traité V, p.122: anamorfose ottica su superfici coniche o cilindriche.



Fig.51 – Illustrazione della Pratique XIV, Traité V, p.123: anamorfose ottica applicata ad un gruppo di superfici di natura diversa.

Nicéron (fig.46). Anche in questo caso, con un passaggio comune all'anamorfose catottrica, ricava la digradazione tracciando dal punto di vista posto sull'asse - in prospettiva o sezione - i raggi visuali delle divisioni tracciate sulla base della superficie (figg.47,48). La peculiarità della trattazione del Dubreuil risiede però nello studio delle varie applicazioni di carattere ludico - architettonico che la rappresentazione anamorfica poteva avere: in una serie di incisioni l'autore, ne suggerisce la migliore disposizione spaziale (in alto, in basso o sulle pareti di una galleria) consigliando l'uso di un mirino che ne indichi il corretto punto di vista (figg.49,50). Inserisce, infine, nella pratique XIV, la costruzione di un'anamorfose ottica "su di un corpo composto da coni, piramidi e altri corpi, regolari o irregolari", una vera e propria composizione ottica la cui realizzazione, nonostante la piena padronanza della tecnica,

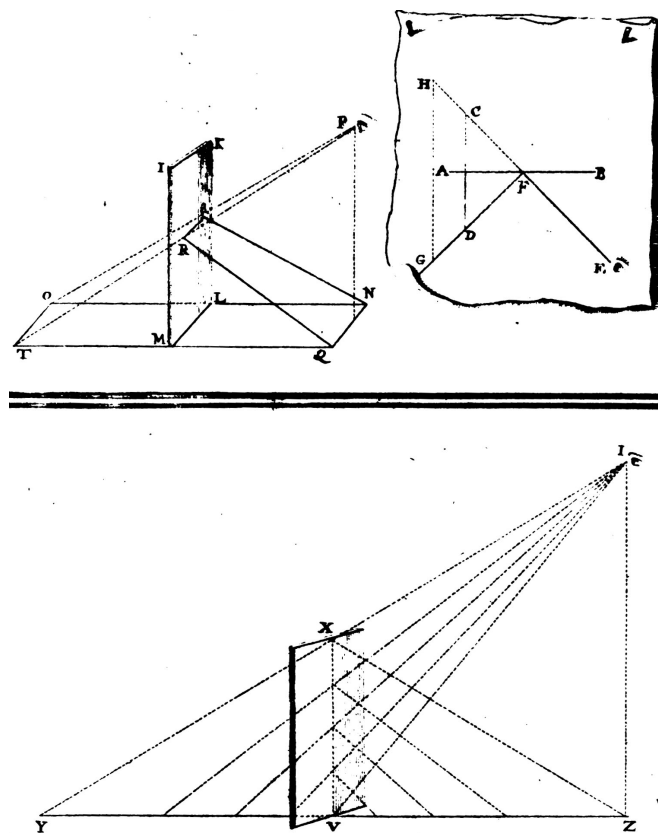


Fig.52 - Illustrazione della Pratique I, Traité VI, p.126: costruzione dell'immagine riflessa su di uno specchio piano.

viene affidata ancora una volta alla proiezione tramite il lume di una candela posta nel punto di vista scelto (fig.51). La correttezza geometrica quindi, applicata a superfici e forme semplici, lascia il posto alla pratica approssimativa per composizioni complesse e difficilmente gestibili.

2.7.2 Anamorfose catottrica

«De la catoptrique, qui contient les beautés ravissantes du rayon réfléchi sur les Miroirs, plans ou plates, ronds ou cylindriques, à pans ou de plusieurs faces, pyramidaux & coniques»⁶⁴ è oggetto della trattazione VI che si apre con una serie di appunti di catottrica necessari per la comprensione delle pratiche successive. In primo luogo si ribadisce l'uguaglianza dell'angolo di incidenza e di riflessione in relazione alla superficie dello specchio, che sia piana o curva, e illustra come trovare l'immagine riflessa di un oggetto allo specchio (fig.52); quindi, introduce all'anamorfose ottica che, invece di essere guardata direttamente dall'osservatore, utilizza uno specchio piano, posto perpendicolarmente su di essa, per la cifratura dell'immagine sia in una visione anottica - dal basso verso l'alto - sia in una catottrica - dall'alto verso il basso - (fig.53). Il Dubreuil illustra poi diverse varianti al sistema dalla posizione dello specchio alla rappresentazione di immagini rettangolari, le loro applicazioni nei cabinet e vari sistemi illusori che sfruttano gli specchi come la tavoletta del Danti, la riflessione su due specchi tra loro perpendicolari, il cosiddetto *Theatrum Protei* basato sulla moltiplicazione delle immagini e dei piccoli cofanetti catottrici a riprodurre stanze o arsenali⁶⁵ (fig.54); tutti sistemi che verranno poi illustrati, con maggiore successo, dal Kircher. È inserito, in questa parte, anche il disegno dell'immagine riflessa, come, ad esempio quella di ponti, edifici ed imbarcazioni sulla superficie d'acqua di un fiume (fig.55).

L'autore specifica che la maggior parte dei meccanismi illustrati, siano essi ottici, catottrici o diottrici, devono essere guardati con un occhio solo "per essere visti nella loro perfezione" e lo fa nelle premesse all'anamorfose catottrica di tipo cilindrico⁶⁶ per spiegare che la porzione di cilindro interessata dalla rappresentazione è quella compresa tra i raggi AB e AC uscenti dall'occhio, tangenti la circonferenza di base ed insistenti quindi sulla corda BC invece

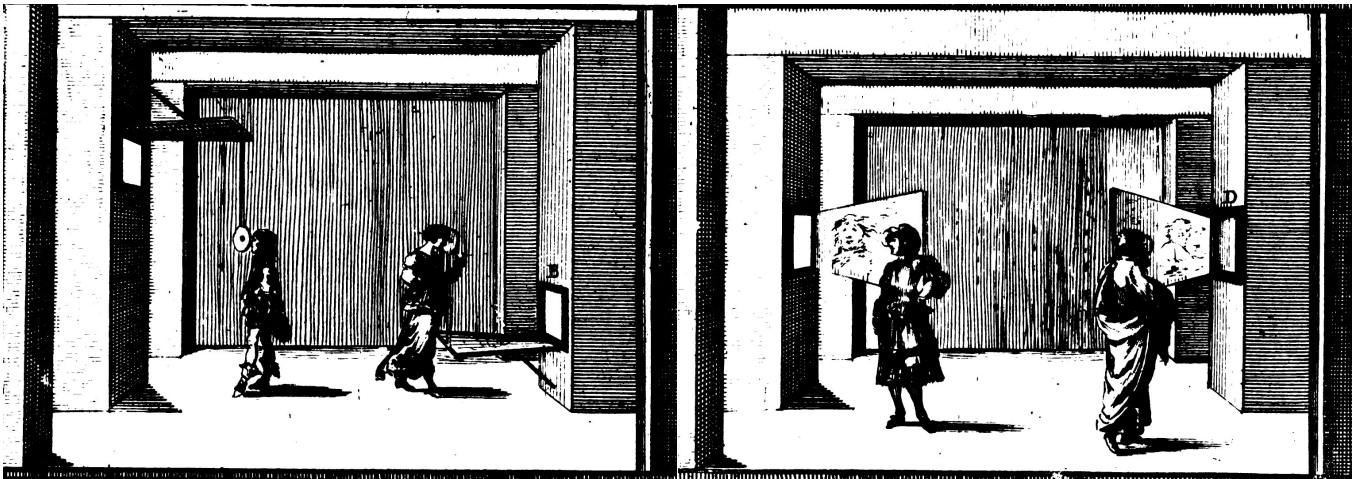


Fig.53 – Illustrazione della Pratique VI, Traité VI, p.131: applicazione delle anamorfofi catottriche piane.

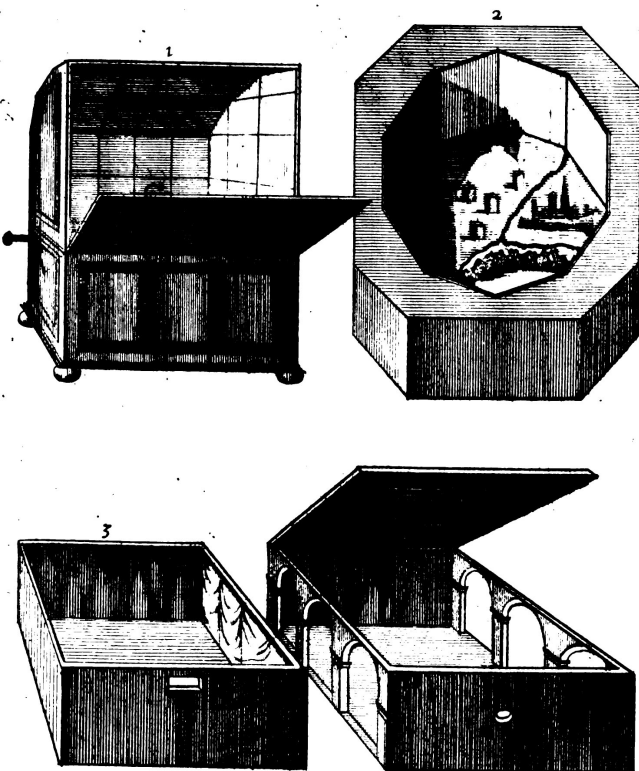
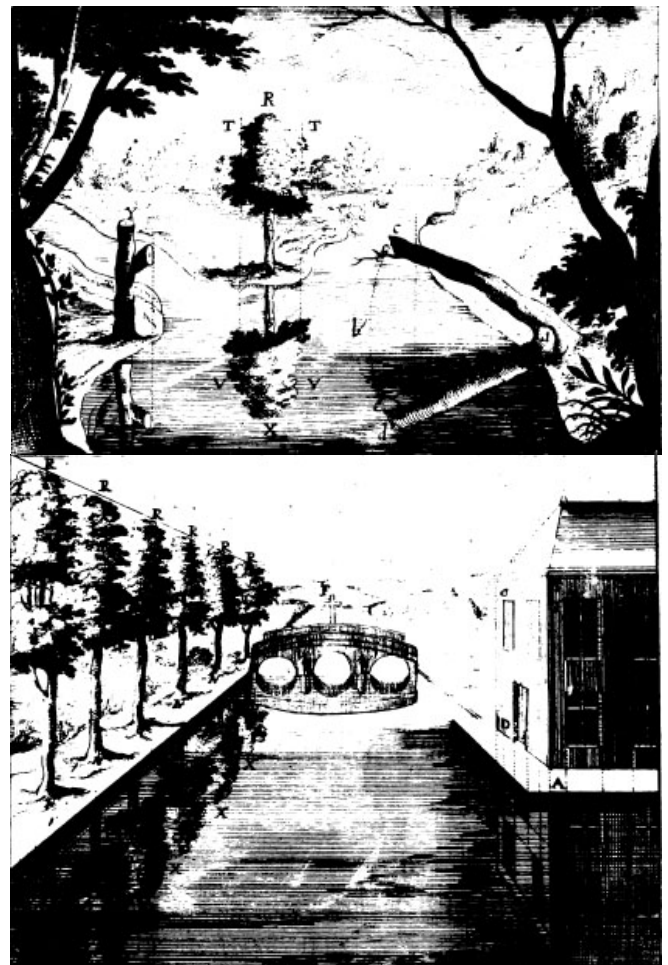


Fig.54 – Illustrazione della Pratique VIII, Traité VI, p.133: Theatrum Protei e cofanetti catottrici (in alto).

Fig.55 - Illustrazione della Pratique IX, Traité VI, pp. 134, 135: riflessione degli oggetti sulla superficie dell'acqua (a destra).



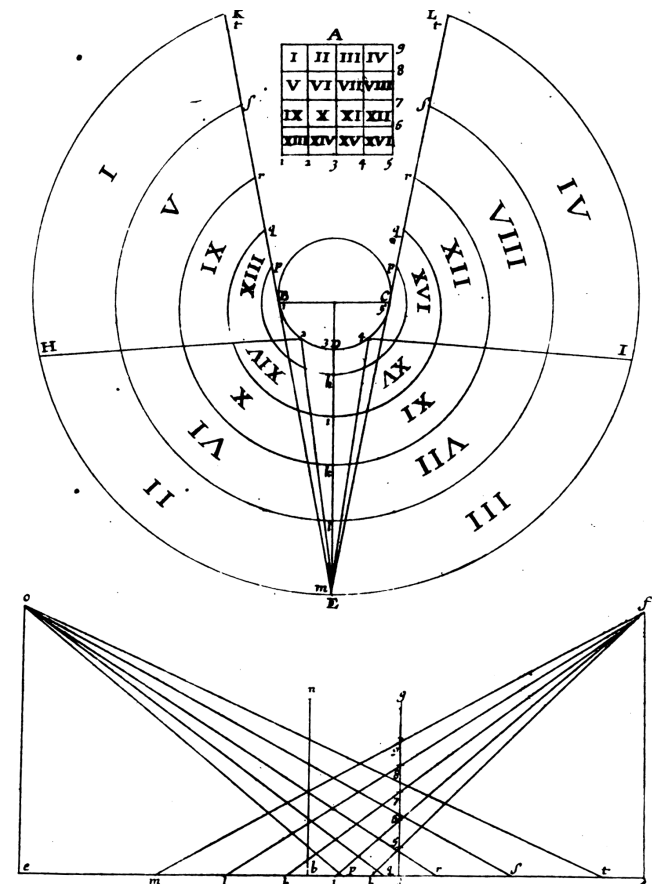
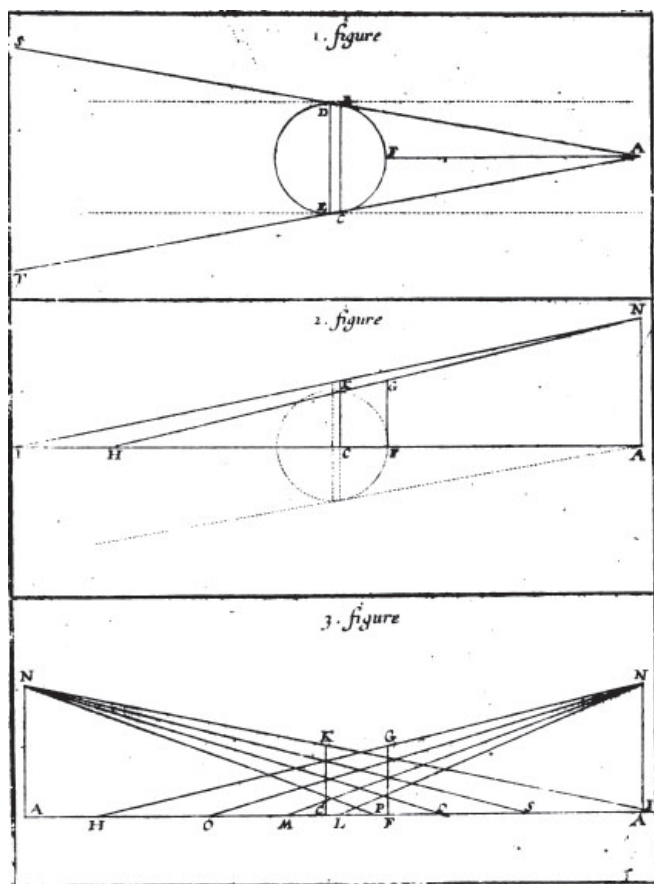


Fig.56 – Illustrazioni dell’*Avis della Pratique XI, Traité VI*, p.137: per l’anamorfose catottrica di tipo cilindrico, l’immagine riflessa insiste sulla porzione di specchio compresa dalla corda BC.

che sul diametro DE (fig.56). Bisogna inoltre notare che i raggi tangenti AB e AC sono più lunghi del raggio AF e, di conseguenza, hanno immagini diverse sul piano. Questo comporta che, sul piano, non possono essere tracciati dei cerchi concentrici per rappresentare le trasversali della figura scelta, come suggeriscono invece dei metodi “difettosi” per la realizzazione delle anamorfose cilindriche. Anche in questo caso l’autore espone due metodi per la loro costruzione, di cui il primo è illustrato nella *pratique XII* e, sebbene possa accontentare coloro che si apprestano a realizzarla per la prima volta, “non è il più preciso”. Data la figura prototipo A (quadrato diviso in parti uguali numerate), si traccia sul piano il cerchio BCD pari a quello del cilindro e dal suo centro si conduce la linea DE, il cui

punto E, preso a discrezione, è la traccia sul piano del punto di vista; si conducono poi le rette EC ed EB tangenti alla circonferenza e si divide l’arco di cerchio BDC in quattro parti, come la base del prototipo (e non il diametro BC come fatto dai precedenti autori). Si riporta a parte, sulla rappresentazione degli alzati, la linea di base ED, distanza del punto di vista dal cilindro, e si alza la perpendicolare EF pari all’altezza del punto di vista dal piano della rappresentazione. Si alza poi, dal punto D, la perpendicolare DG, altezza del cilindro, la si divide in parti uguali, come il lato del prototipo, e si conducono delle rette dal punto di vista F per tali divisioni fino ad intersecare la linea DE nei punti H, I, K, L, M. Si riportano poi questi punti, o meglio le distanze DH, DI, DK, DL e DM sul raggio DE in pianta.

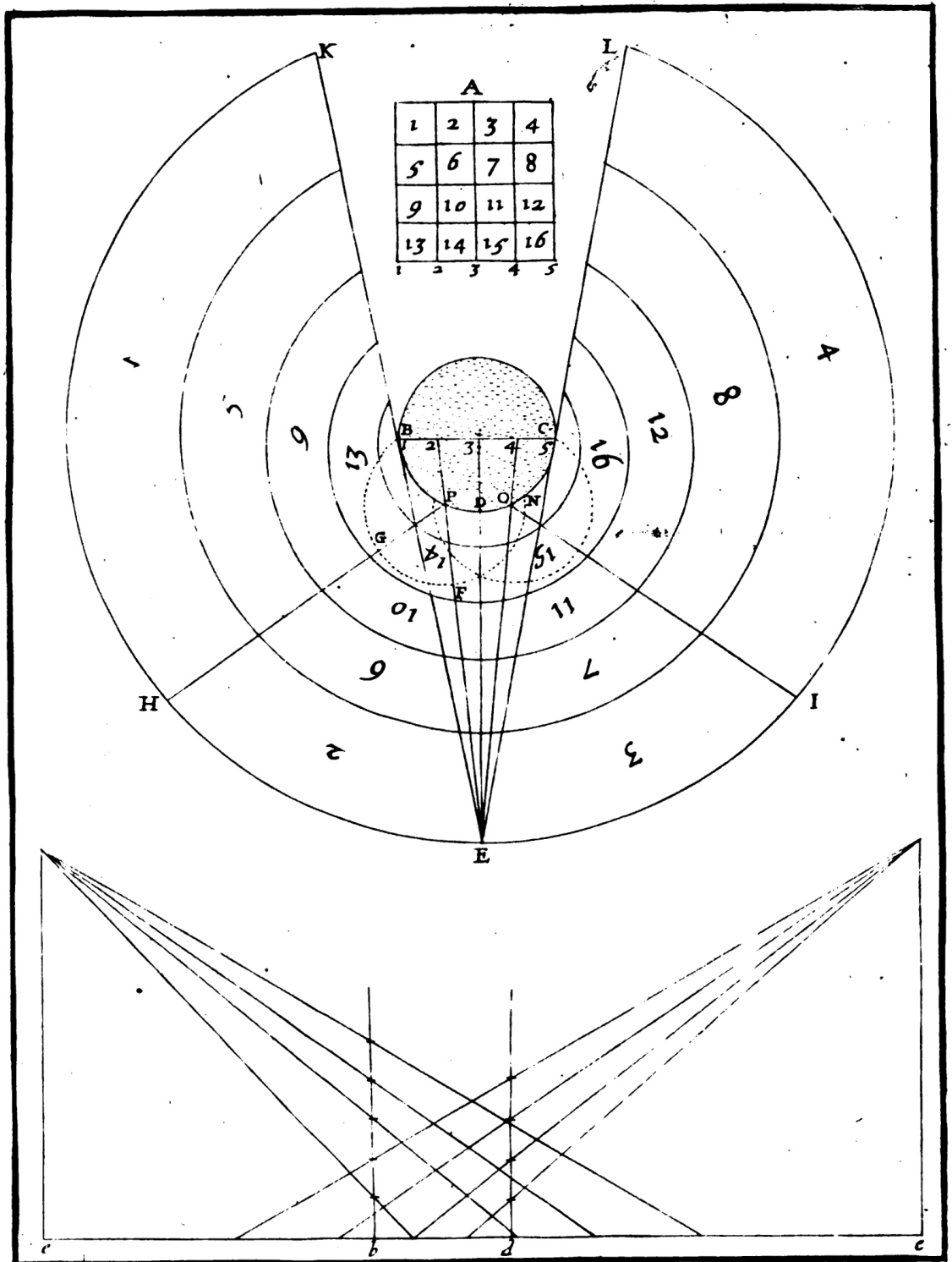


Fig.57 – Illustrazione della Pratique XIII, Traité VI, p.139.

Sempre in alzato poi si riporta l'altezza $EO = EF$ e la distanza a terra EB ; si alza quindi $EN = DG$ e si ripetono le operazioni di divisione e proiezione per ricavare i punti di intersezione P, Q, R, S e T . Queste divisioni si riportano sui raggi di incidenza BK e CL in pianta, prolungamenti dei raggi di riflessione EB ed EC . Per tutti i punti di divisione così trovati vengono tracciati degli archi di circonferenza corrispondenti alle trasversali del prototipo. Per trovare gli altri montanti, invece, si divide l'arco di cerchio maggiore KEL in tante parti quante l'arco di cerchio minore BDC e si uniscono le divisioni corrispondenti con una linea retta. Si ricava in questo modo l'immagine a terra del prototipo numerato.

Il secondo metodo costruttivo, illustrato nella *pratique XIII*, si differenzia dal primo perché, più precisamente, non prevede la divisione dell'arco di cerchio BDC ma

della corda BC in tante parti quante quelle del prototipo; l'autore aggiunge che, per essere ancora più precisi, bisognerebbe dividere l'arco di cerchio BC tracciato a partire dal punto E assunto come centro (fig.57). Per ricavare il raggio d'incidenza, ad esempio del montante corrispondente al punto P sullo specchio, si traccia l'arco di cerchio BN con centro in P e ampiezza pari a PB che interseca il raggio EP in F . Sempre con l'aiuto del compasso si traspone la distanza NF - che rappresenta l'angolo di riflessione NPF - in B , ricavando, sull'arco BN , il punto G dal quale poter tracciare il raggio d'incidenza PGH . Il procedimento si reitera per trovare gli altri raggi di incidenza corrispondenti all'immagine sul piano dei montanti del prototipo. Quanto al tracciamento delle trasversali, «vi posso dire, in base alle esperienze che ho fatto, che tutto riconduce quasi ad un cerchio perfetto e dico quasi perché, nell'estrema

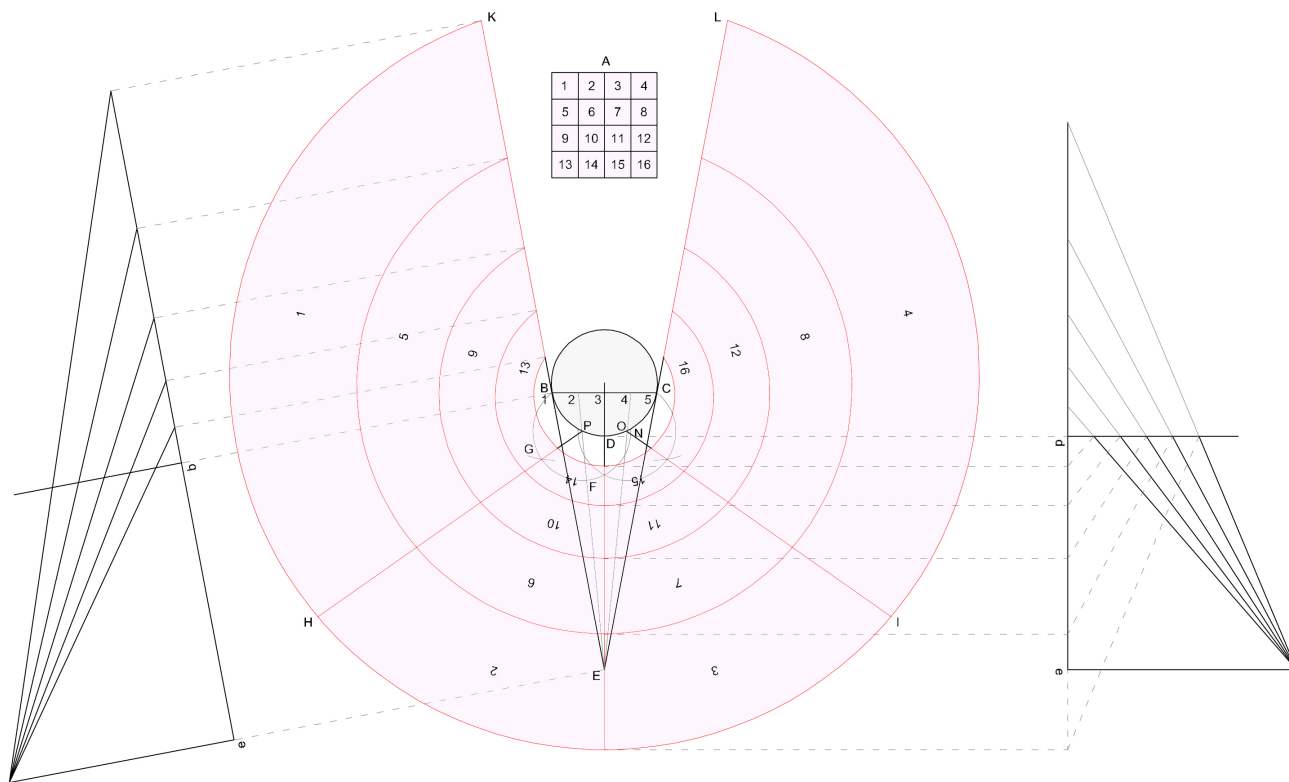
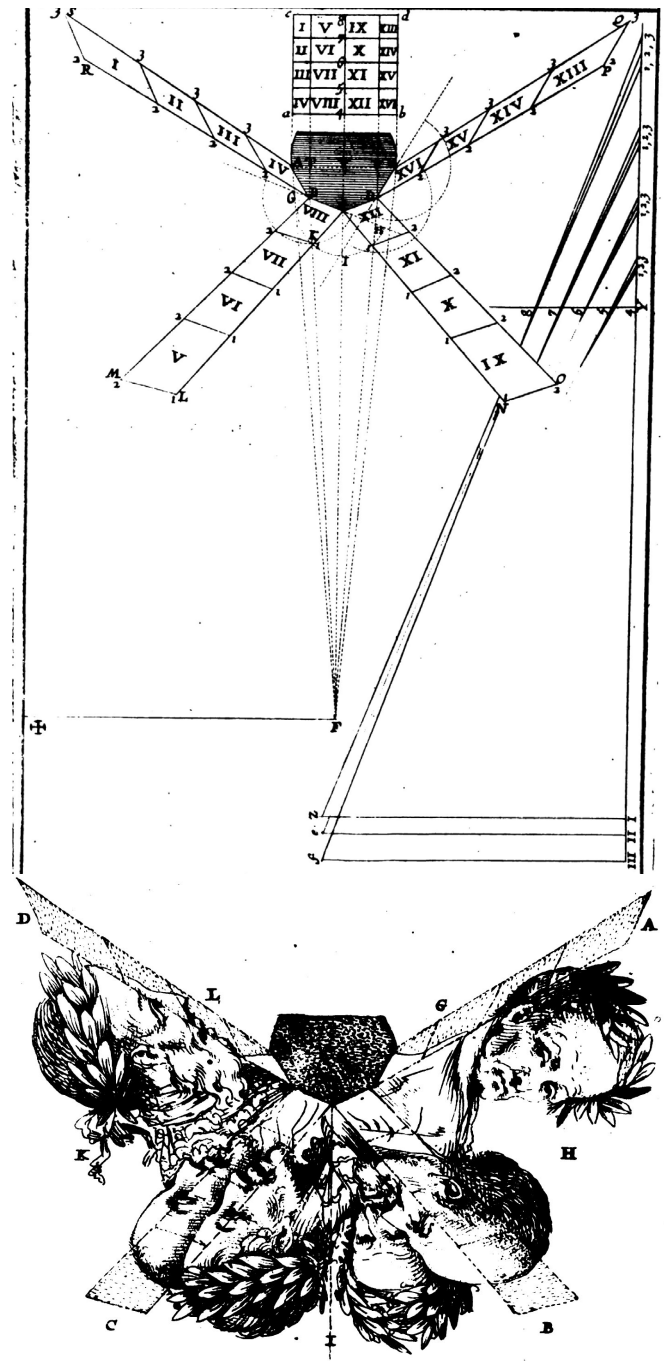


Fig.58 – Ricostruzione bidimensionale della Pratique XIII: descrizione di un'anamorfose catottrica di tipo cilindrico.

esattezza non sarebbe un cerchio perfetto, [...] ma sarebbe così vicino al cerchio che questo difetto non è da considerare e passa per niente nella pratica»⁶⁷. Si ricade nell'approssimazione del cerchio perchè il Dubreuil parte da un presupposto sbagliato: egli, infatti, assume identiche le distanze tra le trasversali del prototipo riportate in altezza sia sul montante centrale che su quello laterale, ignorando che, per le condizioni di proiettività dal punto di vista scelto, queste sarebbero proporzionali ma non uguali (fig.58). Una variante al tema, introdotta dall'autore, è la descrizione di un'anamorfofi catottrica su di un prisma a base ottagonale: il prototipo in questo caso non è più diviso in larghezza in parti uguali ma queste sono ricavate con una semplice operazione proiettiva (fig.59). La griglia distorta si ricava con lo stesso procedimento illustrato in precedenza ma, non interessando l'intera porzione di piano alla base dello specchio, consente di mimetizzare le parti altrimenti dissociate in una seconda composizione da osservare direttamente, aumentando l'effetto meraviglia nell'avventore ignaro (fig.60). Anche in questo caso il Dubreuil suggerisce l'inserimento delle anamorfofi cilindriche in contesti architettonici che dissimolino gli specchi come superfici di colonne e le rappresentazioni distorte come decorazioni parietali.

La *pratique XXI* introduce all'anamorfofi catottrica di tipo piramidale che prevede l'inserimento del prototipo nella figura di base della piramide stessa, divisa dai suoi lati: nel caso specifico si sceglie una base quadrata ABCD divisa prima dalle diagonali e poi in parti uguali a piacimento. Si imposta quindi la rappresentazione in alzato, con LNK piramide e R punto "dell'allungamento dell'occhio", preso a piacimento sulla linea MN, asse della piramide. Si divide metà base in tante parti quante quelle del prototipo e si congiungono queste divisioni col punto R per ricavare, sul lato NL i punti d'incidenza V, T, S. Per trovare i rispettivi raggi d'incidenza si applica la stessa costruzione esposta nelle premesse: si descrive dal punto N, preso ad esempio, una semi circonferenza di ampiezza pari alla distanza NV che interseca il raggio RN nel punto Y e il prolungamento del lato NL in X; si trasporta quindi, sempre con l'ausilio del compasso, la distanza XY da X a V, individuando il punto Z per il quale passerà il raggio d'incidenza richie-



Figg.59,60 – Illustrazioni delle *Pratique XVII e XIX, Traité VI*, pp.144,146: descrizione dell'anamorfofi catottrica su di un prisma a base ottagonale.

sto. Reiterando il procedimento si troveranno le immagini dei quadrati concentrici di divisione del prototipo (fig.61). Nello stesso modo che per l'anamorfose prismatica, la figura deformata apparirà smembrata sul piano in parti di forma piramidale che possono essere mimetizzate in una composizione più ampia che ne completa le linee a piacimento (fig.62). L'anamorfose conica, trattata dalla *pratique XXIV*, si imposta sullo stesso schema geometrico e differisce solo per la forma circolare della base. Alle proposte architettoniche - che altro non prevedono se non l'applicazione di specchi conici e piramidali su piani, pareti e soffitti - segue la descrizione del sistema a specchi angolari che chiude la parte relativa all'anamorfose catottrica (fig.63).

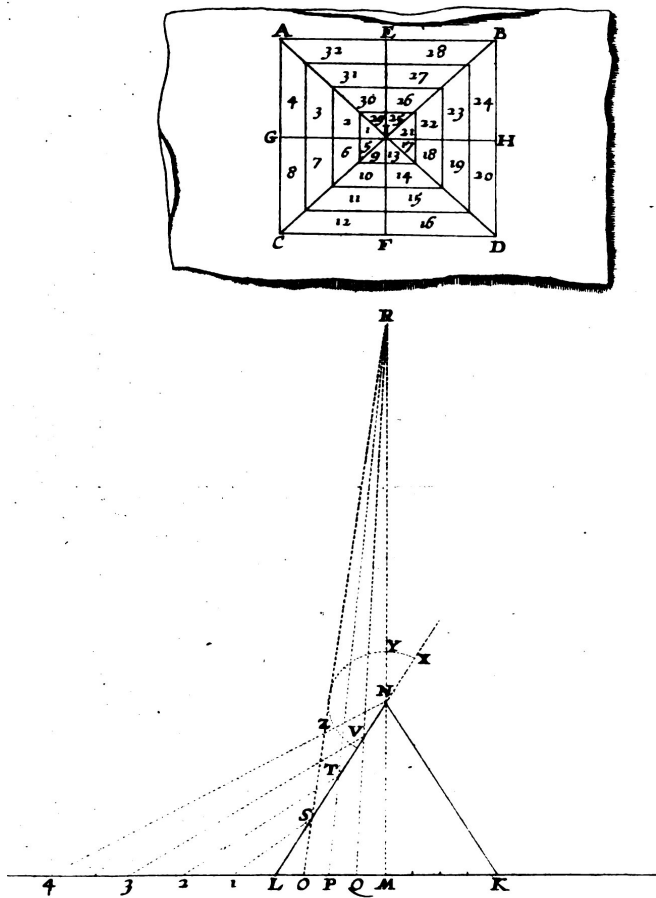


Fig.61 – Illustrazione della *Pratique XX*, *Traité VI*, p.148: descrizione di un'anamorfose catottrica di tipo piramidale.

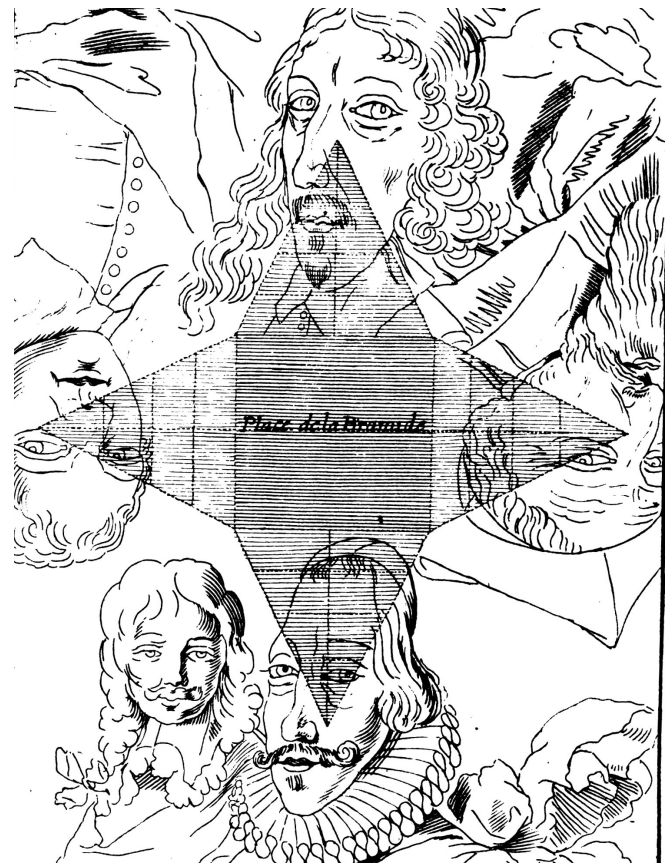


Fig.62 – Illustrazione della *Pratique XXIII*, *Traité VI*, p.151: si mimetizza l'anamorfose sul piano delle singole facce della piramide inglobandola in una rappresentazione più ampia.

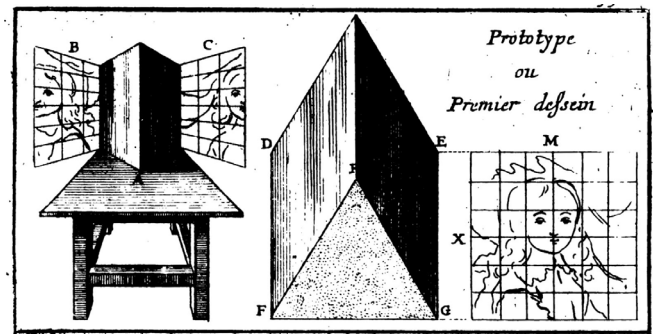


Fig.63 – Illustrazione della *Pratique XXVII*, *Traité VI*, p.154: sistemi angolari in cui l'immagine anamorfica, smembrata su due piani separati, si ricompone sugli specchi piani.

2.8 *Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae* di Mario Bettini

L'*Apiaria universae philosophiae mathematicae, in quibus paradoxa, et nova pleraque machinamenta ad usus eximios, traducta, & facillimis demonstrationibus confirmata*, a firma di Mario Bettini (1582 – 1657), vide le stampe dei primi due volumi dei tre previsti a Bologna nel 1642; il titolo prese ispirazione dal naturale e geometrico lavoro delle api, alludendo ad un ideale giardino nel quale le scienze matematiche sono il miele degli uomini. Il terzo volume, l'*Apiariorum Philosophiae Mathematicae tomus tertius: complecten sfucaria etauctaria militaria, stereometrica, conica et nouas alias iucundas praxes ac theorias inomni mathematicarum scientiarum genere: accessit Appendix huius tertii tomi pars praecipua: in qua sunt defensiones contra oppositiones noualmagesti* fu stampato nel 1654 e, nel 1660, ebbe una ristampa sotto il nuovo frontespizio di *Recreationum Mathematicarum Apiaria Duodecim Novissima*. L'opera, di carattere enciclopedico, si organizza in dodici parti relative alla musica, la gnomonica, l'astrologia, la cosmografia, l'ottica, la geometria, la luce, l'aritmetica.

La quinta parte, *Paradoxa et Arcana Opticae Scenographica*, affronta, già nella prima *progymnasma*⁶⁸, «*uarijs & arcanis proiecuris, deformationibus, ac reformationibus imaginum è superficiebus conicis, & cylindricis*»⁶⁹. Le anamorfofi, definite *deformationum scenographica* o *scenographicas imaginum*, sono quindi espone nelle loro generalità. Nel *caput I*, dopo una serie di nozioni tratte dai geometri storici, il Bettini passa direttamente, nel *caput II*, alle anamorfofi catottriche di tipo conico già descritte, a parere dell'autore, in alcuni brani del Maurolico⁷⁰, spesso ripresi nell'intero volume. L'esposizione è quindi generica e descrittiva così come l'immagine che la accompagna (fig.64). Il *caput III* ripresenta il metodo descritto dal Barbaro ne *La Pratica della Perspettiva*, per la costruzione sul piano di un'anamorfofi cilindrica a partire dalla proiezione dell'immagine, posta direttamente sullo specchio, da un centro stabilito. Si pone, quindi, il centro di proiezione nel punto E e si sostituisce alla superficie riflettente un materiale diafano AB, come del papiro (retto

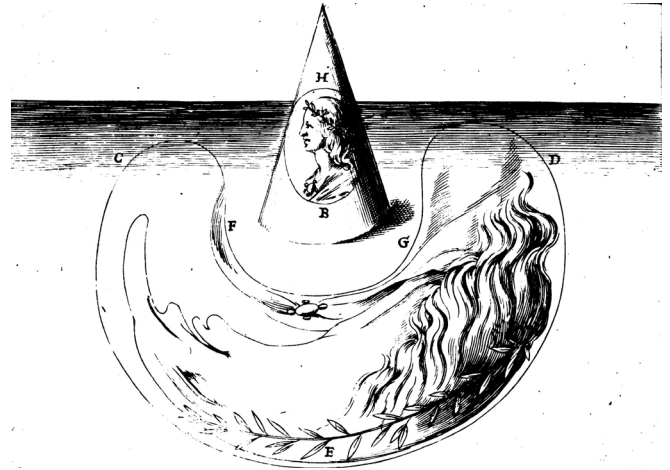


Fig.64 – Illustrazione del Capvt II, prog. I, *Apiarivm Qvintvm*, p.6.

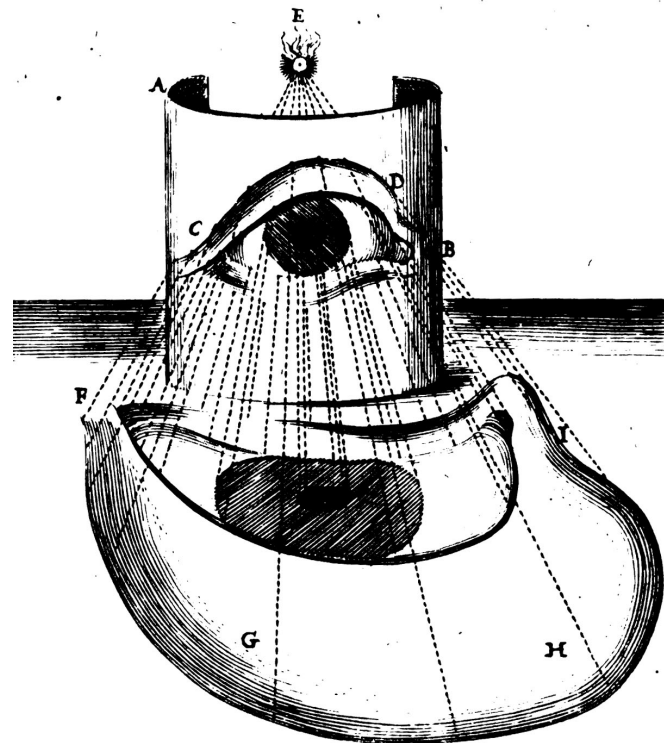


Fig.65 – Illustrazione del Capvt III, *progymnasma I*, *Apiarivm Qvintvm*, p.7: costruzione dell'anamorfofi catottrica a partire un'immagine scelta e distorta sulla superficie cilindrica proiettata da un centro stabilito in cui viene posta una sorgente di luce.

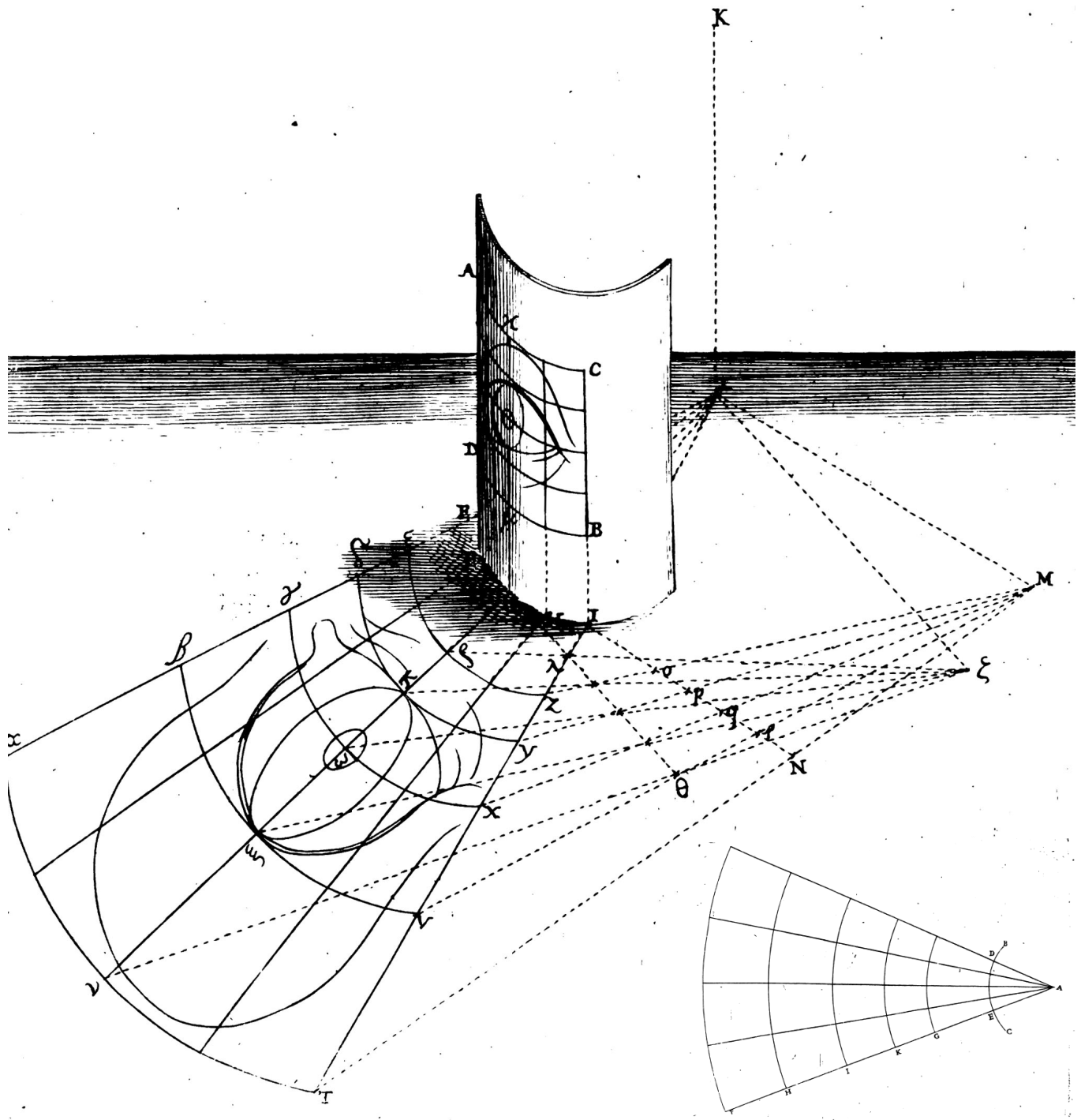


Fig.66 – Illustrazioni del Capvt IV, progymnasma I, *Apiarivm Qvintvm*, pp.10,11: costruzione dell'anamorfose catottrica di tipo cilindrico.

da un supporto ligneo), proiettando l'immagine CDB nella figura GHI con la luce di una candela (fig.65). Ponendo il punto di vista nella posizione di E simmetrica rispetto allo specchio A, si vedrà l'immagine CDB, riflesso di GHI, costruirsi sullo specchio. Dal *capvt IV* il Bettini descrive, meno empiricamente, il sistema geometrico - costruttivo per uno specchio cilindrico, trasponendo il metodo della candela in termini geometrici; a differenza dei precedenti trattatisti, lo fa "tridimensionalmente" con una rappresentazione simil prospettica. L'immagine scelta - anche qui il famoso occhio del cardinale Colonna -, inscritta nella griglia rettangolare AB, viene raffigurata sulla superficie incurvata di un papiro, alzato perpendicolarmente al piano della rappresentazione (fig.66). Le divisioni verticali della griglia sono condotte perpendicolarmente sul piano nei punti E, F, G, H, I, così come l'*oculo* K nel punto L. Si noti che il punto K non è altro che la trasposizione del lume; l'intero procedimento si basa, infatti, sull'errata convinzione che la riflessione segua gli stessi principi di una proiezione inversa effettuata dal punto opposto a quello di vista. Assunto L quale centro di proiezione, si conducono poi dal punto L delle semirette per i punti E, F, G, H, I; si tracciano quindi, sul piano della rappresentazione anamorfica, le rette LM = LK e IN = IC, perpendicolari ad LI. Si riportano poi su NI, a partire dal punto N, le divisioni O, P, Q, R⁷¹ corrispondenti a quelle del lato CB della griglia e si proiettano dal punto M, assieme ad N, sulla semiretta LI nei punti T, V, X, Y, Z. Gli intervalli della digradazione si riportano uguali sulla retta opposta LE nei punti α , β , γ , δ , ϵ . Stesso procedimento si segue per rintracciare la digradazione sulla retta mediana LG: si riportano sul piano della rappresentazione i segmenti $L\xi = LK$ e $G\theta = GX$ entrambi perpendicolari ad LG e, segnate le divisioni dal punto θ , si proiettano su LG da ξ . Per i punti di divisione così ricavati si fanno quindi passare degli archi di cerchio, proiezione sul piano dei "paralleli orizzontali" della griglia iniziale e si ottiene, così, la griglia anamorfica. Le operazioni si semplificano, spiega l'autore, se il lume è posto sull'asse cilindrico: assunto A come il punto geometrico del lume, BC come superficie cilindrica e DE quale traccia della griglia riflessa, allora basta riportare, come già descritto, i punti di divisione F, H, I, K, G lungo la retta AE per tracciare gli archi di cerchio che sono, nel caso specifico, concentrici

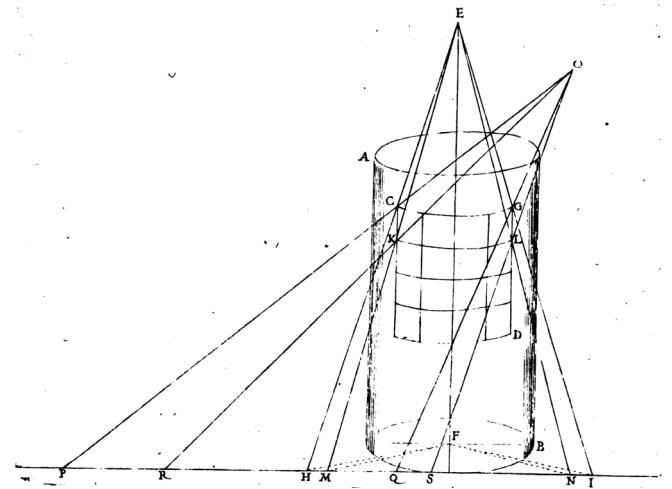


Fig.67 – Illustrazione del *Capvt IV, Apiarivm Qvintvm*, p.13: la proiezione è decentrata nel caso in cui lo sia anche il punto di vista.

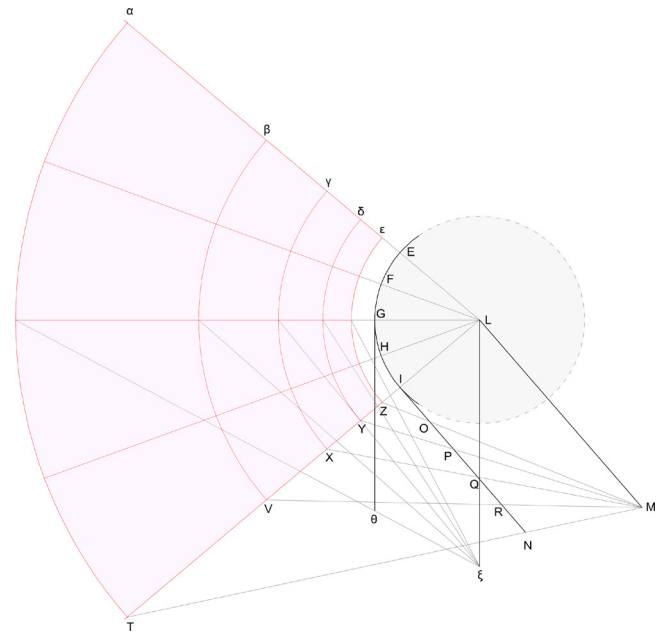


Fig.68 – Ricostruzione bidimensionale del *Capvt IV*: l'anamorfofi cilindrica è erroneamente ricavata come una proiezione centrale.

(figg.67, 68). Stranamente l'autore non inserisce, neanche nei *capvt* successivi - che nulla aggiungono alla trattazione geometrica già esposta - le anamorfofi su superfici coniche - sebbene di più facile realizzazione - se non un'illustrazione ad apertura del capitolo (fig.64).

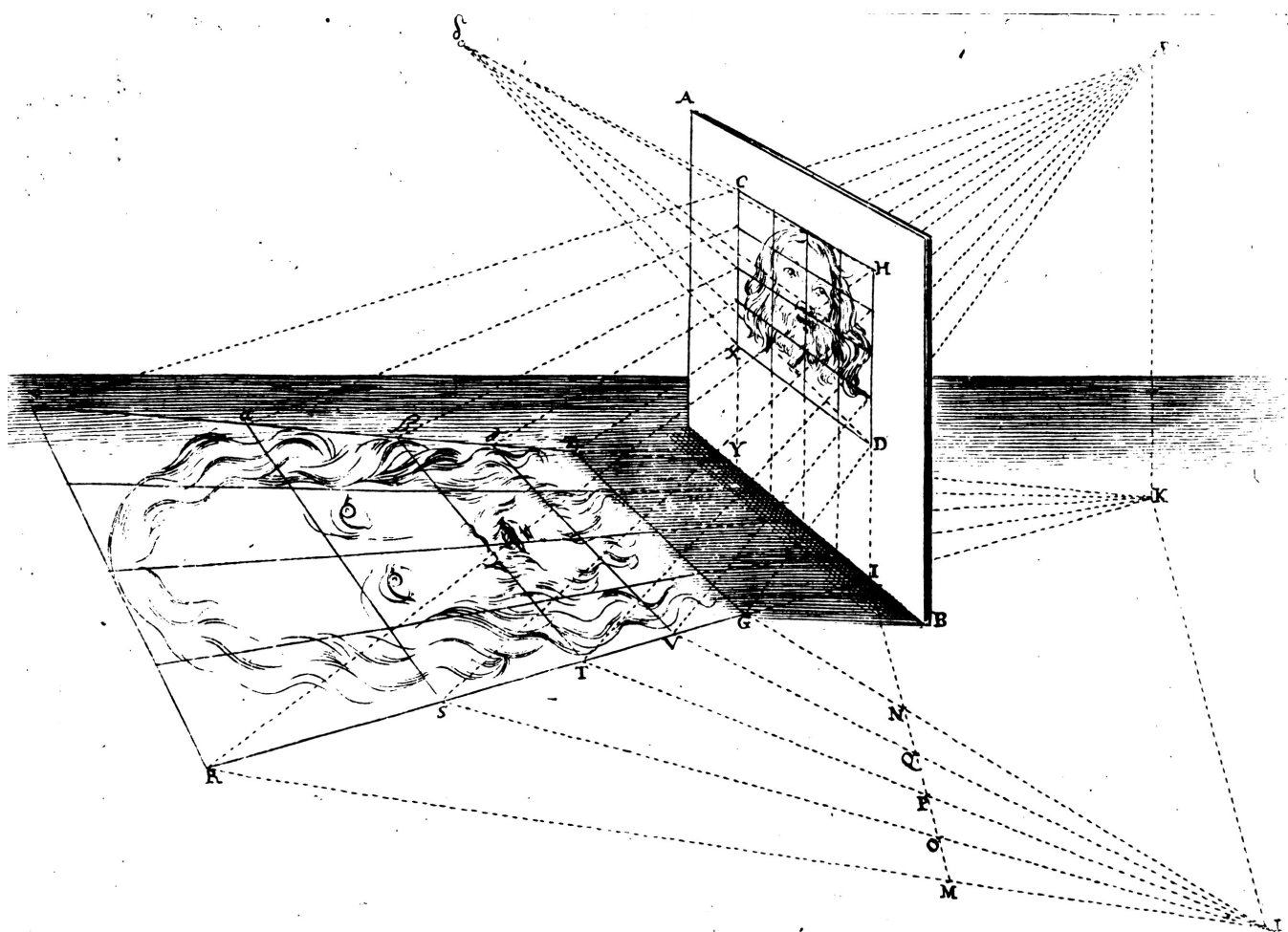


Fig.69 – Illustrazioni del *Capvt I, progymnasma II, Apiarium Quintum*, p.25: costruzione dell'anamorfose catottrica di tipo piano.

La seconda *progymnasma*⁷² riguarda le anamorfose ottiche, invertendo il tradizionale ordine di presentazione che le vedeva antecedenti a quelle catottriche. Nel *capvt I, deformationes, ac reformationes arcana, ac iucunda imaginum è plana superficie*, il Bettini presenta il metodo di deformazione ottica del tutto uguale a quello già illustrato in precedenza per le anamorfose catottriche: si pone l'immagine scelta in una griglia quadrata CD e la si rappresenta sul piano AB alzato ortogonalmente a quello sul quale si vuole la rappresentazione anamorfica (fig.69). Si conducono quindi su di esso sia il punto del lume E (in K) sia i lati CX e HD della griglia (in Y ed in I) e si tracciano le semirette KY e KI. Perpendicolarmente alla semiretta KR, si

tracciano i segmenti $KL = EK$ e $IM = HI$ e si riportano, dal punto M i punti O, P, Q, N di divisione del lato HD della griglia. Dal L si proiettano poi tali punti sulla semiretta KR in R, S, T, V e G e si tracciano, parallelamente al piano della griglia, le rette RF, $S\alpha$, $T\beta$, $V\gamma$, GZ, immagine anamorfica delle divisioni orizzontali. Si è così ricavata la griglia deformata FRGZ, corrispondente alla griglia CHDX da osservare dal punto E se si vuole ottica o, eventualmente, dal punto δ , se si vuole catottrica (considerando il piano AB quale specchio verticale).

La trattazione prosegue poi con l'esposizione della scatola prospettica e della tavoletta a stecche prismatiche (fig.70), già viste col Danti, e delle eventuali applicazioni decora-

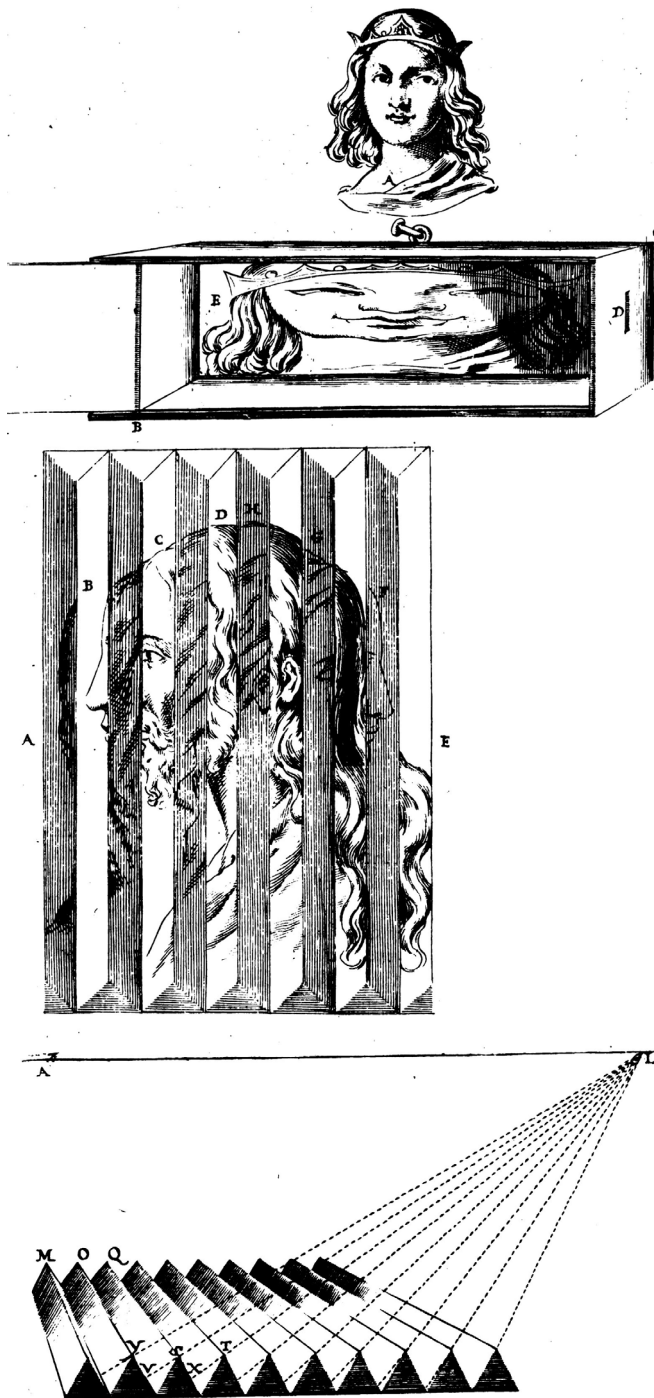


Fig.70 – Illustrazioni del Capvt II, progymnasma II, *Apiarivm Qvintvm*, pp.26,30: scatola prospettica e tavoletta prismatica.

tive che questo tipo di rappresentazione avrebbe potuto avere anche su superfici diverse, come la raffigurazione di due pavoni su di un colonnato o di simboli religiosi in un giardino, sempre da osservare dal punto di vista prestabilito (figg.71,72). Anche in questo caso non ci sono accenni a rappresentazioni su superfici coniche o piramidali. La *progymnasma* sull'argomento vede in chiusura l'esposizione delle anamorfosi di tipo diottrico, la cui costruzione è ricavata, ancora una volta, con l'ausilio di un lume.

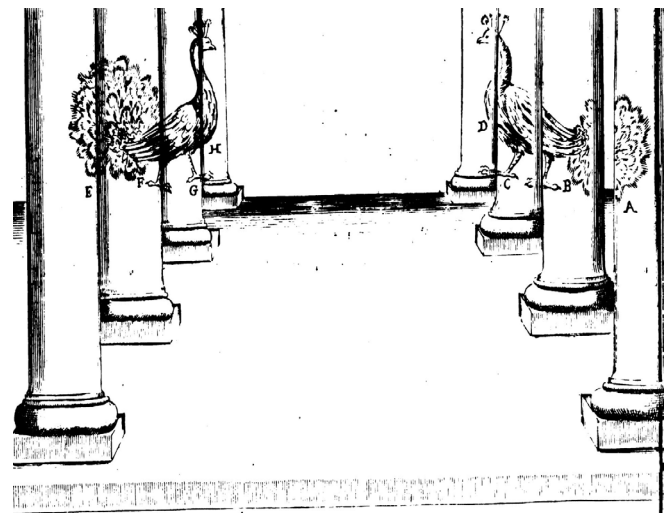


Fig.71 – Illustrazione del Capvt II, progymnasma II, *Apiarivm Qvintvm*, p.31: anamorfosi ottica su di un colonnato.

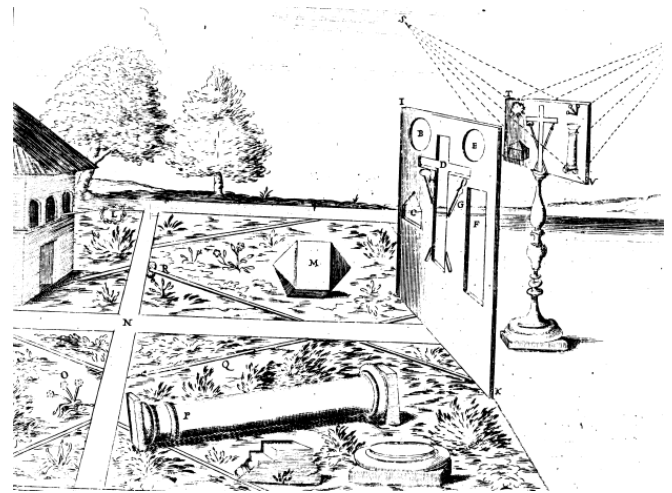


Fig.72 – Illustrazione del Capvt III, progymnasma II, *Apiarivm Qvintvm*, p.32: giardino anamorfo.

2.9 *Ars Magna Lucis et umbrae* di Athanasius Kircher

Caratterizzata dalla stessa mescolanza tra scienza e magia, tra naturale e soprannaturale, è la monumentale produzione letteraria e scientifica di Athanasius Kircher, erudito gesuita tedesco, nella quale emerge, in particolare, l'*Ars Magna Lucis et umbrae* pubblicata nel 1645. L'opera si presenta come una trattazione in dieci parti delle varie teorie proto-scientifiche ed artistiche della sua epoca in un continuo alternarsi di vari piani: ludico, esperienziale, religioso, mistico, esoterico, scientifico. Il testo rientrava in quella tradizione enciclopedistico - combinatoria, niente affatto secondaria nella storia della cultura seicentesca - si pensi, ad esempio, al *Magiæ Naturalis, sive de miraculis rerum naturalium* di Giovanni Battista della Porta -, in cui le considerazioni di carattere matematico erano largamente strumentali ai fini della fondazione di un'enciclopedia del sapere intesa non tanto come catalogo alfabetico delle conoscenze, quanto come loro sistemazione in una compagine che, rispecchiando in sé l'ordine dell'universo, assumesse valenze cosmologiche⁷³. L'autore dichiara apertamente di aver trascurato il rigore proprio della materia, soprattutto in questioni di ottica fisico-geometrica, in quanto il testo, quale raccolta dei temi interconnessi (anche lontanamente) con i fenomeni di luce e di ombra, si rivolge a coloro che si sono avvicinati all'ottica proprio da diversi settori⁷⁴.

Dei dieci tomi, il primo, *Physiologia lucis et umbrae*, introduttivo dell'opera, illustra i principi generali della natura della luce, dell'ombra e della teoria del colore e trova seguito nel secondo tomo, *De actinobolismis seu radiationibus*, che spazia dai fenomeni legati ai raggi luminosi al meccanismo della camera oscura e della lanterna magica⁷⁵, dai principi di scenografia a quelli di prospettiva a uso dei pittori. È nella seconda parte di questo capitolo, intitolata *Actinobolismus Opticus, seve de radiazione visuali, fundamento totius Opticae*, che viene inserita la trattazione geometrica dell'anamorfose, evidentemente ispirata dall'opera del Nicéron, come sottolinea anche l'Andersen⁷⁶, tanto da riproporne le stesse costruzioni. Le descrizioni dei diversi metodi prevedono anche l'uso di uno strumento "mesoptico" - consigliato dall'autore per molteplici altre operazioni come l'esame dei raggi opachi e luminosi o la

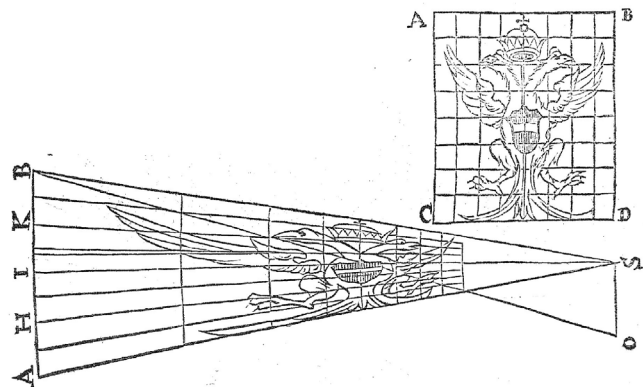


Fig.73 – Illustrazione della Prepositio VIII, Liber II, Partis II, p.133: anamorfose ottica piana.

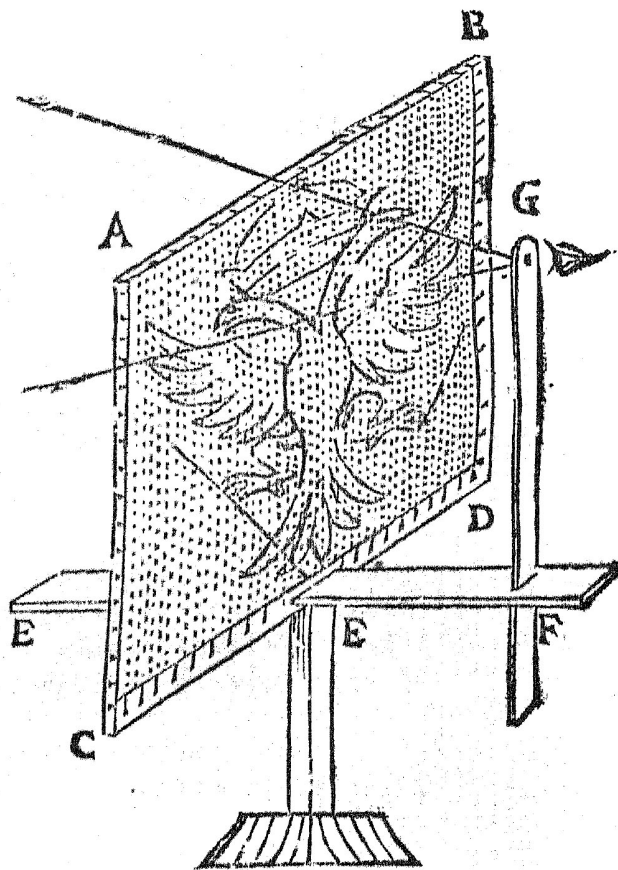


Fig.74 – Illustrazione del Problema I, Liber II, Partis II, p.124: strumento mesoptico.

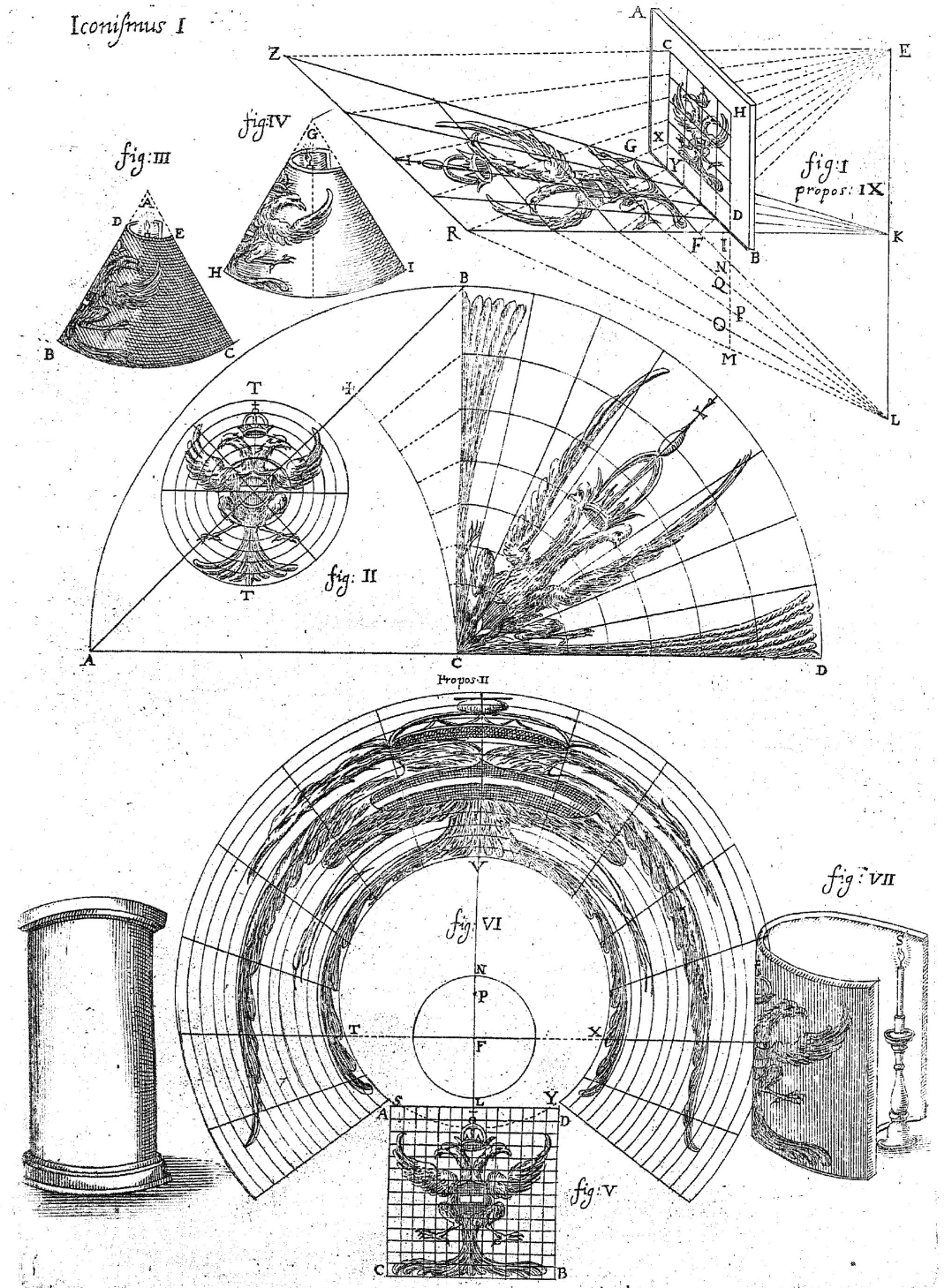


Fig.75 – Illustrazione della Prepositio IX e X, Liber II, Partis II, p.134.

regolazione degli orologi solari -, un prospettografo evidente derivazione dello sportello dureriano, di cui il padre gesuita si proclama inventore.

La costruzione dell'anamorfose prospettica, prima della serie, viene infatti esposta secondo i due principi costruttivi: con l'ausilio classico della diagonale nella *Prepositio VIII* (fig.73) e con l'impiego dello strumento mesoptico nella *Prepositio IX* (fig.74). In quest'ultimo caso la trasposizione dell'immagine sulla parete avviene semplicemente riportando in scala il disegno deformato ottenuto sul foglio (*primus modus*). Kircher suggerisce inoltre un terzo metodo, da praticare attraverso l'uso del lume di una candela per ottenere meccanicamente la trasformazione per proiezione a partire dal cartone forato dell'immagine originaria (fig.75, fig.I). La *Prepositio X*, sulla costruzione di un'anamorfose catottrica su specchio conico convesso o concavo, tratta due casi distinti: nel primo l'occhio si pone lungo l'asse del cono per vedere l'immagine originale ed è costituita secondo le indicazioni fornite dal Nicéron nella sua *Perspective curieuse* (fig.75, fig.II); nel secondo l'occhio è posto fuori dall'asse e, in questo caso, si ottiene per proiezione da un lume posto nel vertice di un cono ligneo - realizzato su calco dello specchio al quale si sostituisce temporaneamente - traforato sulla base dell'immagine incurvata su di esso (fig.75, figg.III,IV). Entrambi i procedimenti noti quindi, tanto che l'illustrazione dello svolgimento costruttivo, tendenzialmente descrittivo e generale, è priva di quel rigore geometrico e di quella precisione indicativa che aveva caratterizzato i precedenti contributi sull'argomento. L'ultima *Prepositio* del capitolo è dedicata all'anamorfose cilindrica la cui costruzione è impostata secondo lo schema approssimativo fornito, prima di lui, dal Nicéron: considerando sempre data l'immagine iniziale - in questo caso un'aquila a due teste - inscritta nel quadrato quadrettato ABCD e sia F il centro del cerchio FN, base dello specchio cilindrico, si divida tale cerchio in quattro parti uguali tramite i diametri principali. Si divida poi il semidiametro NF in altre quattro parti e si consideri P, punto di divisione, quale centro dei cerchi concentrici otticamente corrispondenti alle rette orizzontali del quadrato ABCD. Sia scelta quindi la distanza del primo cerchio, base dell'immagine, a proprio piacere, in relazione

alla sua restituzione sullo specchio. Qui l'autore specifica che «*reliqui sequentes circuli crescant proportione quam habet 20. and 21. vel cosdem circulo sine scrupulo parallelos ducere poteris*»⁷⁷, indicando, quindi, una crescita proporzionale tra le circonferenze da tracciare - tante quante le divisioni orizzontali del quadrato ABCD dato - di 20 a 21 sebbene la figura esplicativa sembri ricondurle tutte ad una medesima distanza -. Si divida poi la prima circonferenza LSTVXY in sedici parti uguali da cui tracciare, convergenti nel punto centrale F, dei raggi rettilinei otticamente corrispondenti alle rette verticali del quadrato ABCD dato. Sarà così data la griglia di base all'interno della quale riportare, deformata, l'immagine dell'aquila (fig.75, figg.V,VI). Anche in questo caso viene proposta la costruzione alternativa tramite lume della candela così come già descritta, anche a detta dell'autore, da Bettini prima e da Nicéron poi (fig.75, fig.VII).

L'anamorfose catottrica verrà però ripresa nell'ultimo libro dell'opera. «*Infine, dopo aver esaminato l'apparato della Luce e dell'Ombra, come la cornucopia di gran lunga più rigogliosa, ho scelto, mediante un'occulta applicazione delle cose attive sulle passive, alcuni aspetti più rari e reconditi, e ho trattato della Magia della Luce e dell'Ombra: con il suo prodigioso metodo tripartito abbiamo creato gli horolabia [sic], abbiamo illustrato le invisibili parastasi, o rappresentazioni delle cose, abbiamo esposto, con l'aiuto degli specchi, i paradossi e le metamorfosi. E tali cose sono talmente nuove e rare che non casualmente le abbiamo riservate all'ultimo Libro, il Decimo, quale compimento di tutto il resto.*»⁷⁸

La parte terza del decimo libro, *Magia Catoptrica, sive prodigiosa rerum exhibitone per specula*, viene infatti dedicata alla scienza catottrica in tutte le sue componenti, dal processo di realizzazione degli specchi alle leggi che ne regolano la riflessione, dagli specchi ustori alla lanterna magica - cui gliene si attribuisce erroneamente l'invenzione essendo, la sua, la più antica descrizione pervenutaci -, concentrandosi in particolare sulle applicazioni fatte per scopi di diletto, meraviglia e studio. Ma l'esposizione di maggiore interesse è quella relativa agli effetti di moltiplicazione e trasformazione delle figure ottenibili dai diversi tipi di specchi e l'illustrazione di una serie di congegni e soluzioni studiati *ad hoc* per ottenerli⁷⁹. Tra i tanti viene

illustrato il cosiddetto “teatro catottrico” o “polidittico”, una grande scatola il cui interno, completamente foderato di specchietti quadrati, si dispongono scene o figure che, guardate attraverso un foro, risultano moltiplicate all’infinito in un gioco che fa di un piccolo albero un bosco e di un libricino una biblioteca, per usare le stesse espressioni dell’autore riprese dagli esempi avanzati, prima di lui, dal Dubreuil⁸⁰ (fig.76). Una macchina catottrica per la metamorfosi, ispirata agli specchi ingannatori di Giovanni Battista Della Porta, consentiva di vedere fluttuare in aria

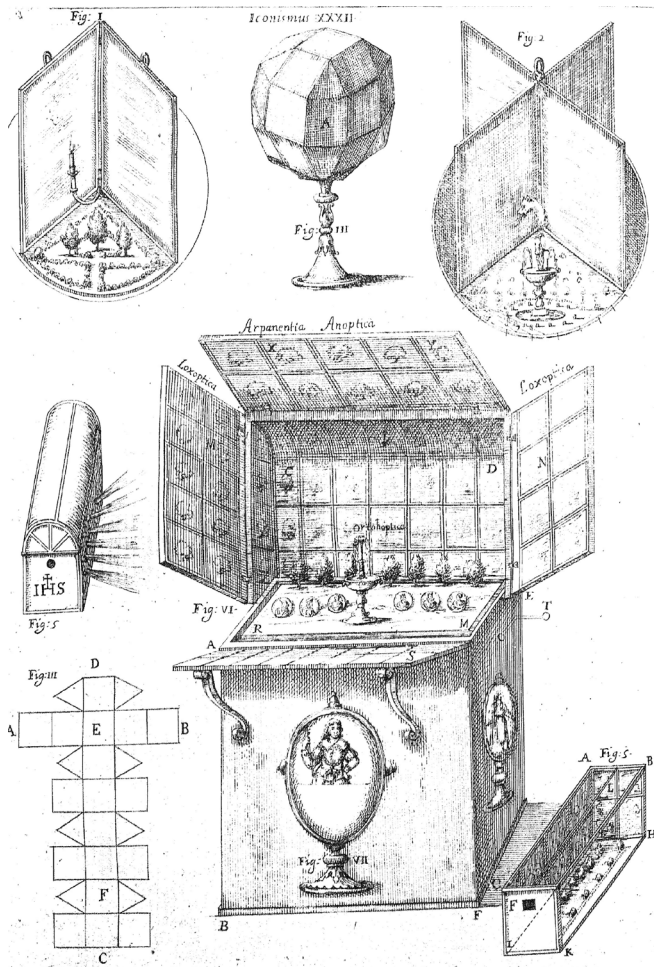


Fig.76 – Illustrazione della *Parastasis IV, Liber X, Partis III, p.776*: all’interno del teatro catottrico o polidittico il singolo oggetto è moltiplicato all’infinito dagli specchi che ne foderano l’interno.

oggetti e animali non presenti nella stanza: il meccanismo consisteva in una ruota poligonale nascosta all’osservatore e sulle cui facce erano rappresentati i soggetti e in uno specchio posto al di sopra di essa cui era collegato tramite una corda per regolarne l’inclinazione; l’immagine riflessa mutava cambiando conformazione semplicemente girando, con una manovella, il meccanismo della ruota. La relativa incisione lo mostra inserito all’interno di una sorta di *wunderkammer* contenente anche delle anamorfofi coniche poste sul soffitto o sulle pareti (fig.77).

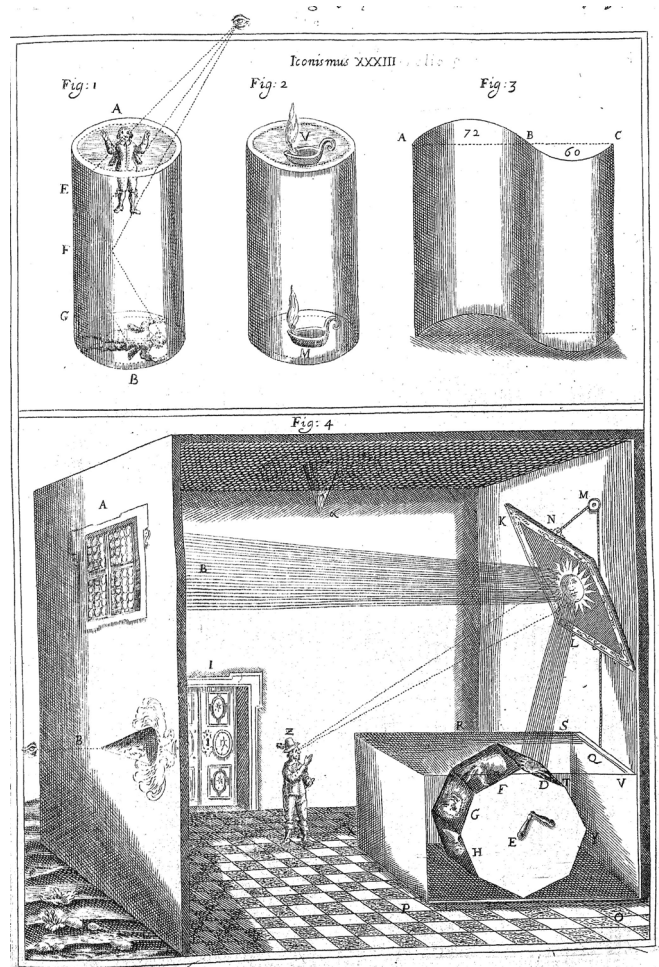


Fig.77 – Illustrazione della *Capvt VI, Liber X, Partis III, p.783*: macchina catottrica per la metamorfosi inserita all’interno di una *wunderkammer* contenente anche delle anamorfofi coniche.

2.10 *Magia universalis naturae et artis* di Gaspard Schott

La *Magia universalis naturae et artis* di Gaspard Schott (1608-1666), prete gesuita e pupillo di Kircher, più noto con lo pseudonimo Aspasius Caramuel, fu edito in prima edizione a Wurtzburg tra il 1657 e il 1659. L'opera si compone di quattro tomi: *Optica*, *Acoustica*, *Mathematica*, *Physica*. Come il maestro, anch'egli rivolse il testo alle stranezze della natura e si soffermò sugli aspetti "magici" delle varie discipline; non a caso, nonostante il Libro III dell'*Optica*, *De Magia Anamorphotica, sive de arcana imaginum deformatione...*, sia dedicato all'anamorfose, nell'intera opera non si esaminano altri argomenti relativi alla prospettiva. La parola *Anamorphosi*, qui usata per la prima volta, «si riferiva a combinazioni già note da tempo: una disgregazione delle forme perché si ricompongano in un secondo tempo, quando siano viste da un punto determinato»⁸¹. Il Libro III si compone di due parti, l'una dedicata alla deformazione ottica, l'altra a quella catottrica.

La prima, *De anamorphosi optica, sive de deformatione ac reformatione imaginum per radios directos*, si costituisce di sette capitoli e diverse *pragmatia*⁸². Procedendo con ordine, il *caput I* tratta le "deformazioni geometriche delle immagini" su piani inclinati e si apre con la descrizione dell'anamorfose ottica tradizionale. Secondo tale descrizione, si imposta primariamente il *prototipo craticulato* ABCD e si traccia, sul piano della rappresentazione, una linea retta EF. Dal punto F come mediano si traccia la perpendicolare GH, corrispondente al lato del prototipo, da dividere in altrettanti parti. Dal punto E, e per i punti di divisione H, K, F, I e G, si conducono poi delle rette; alzato il segmento EL pari all'altezza dell'occhio sul piano, si traccia la diagonale LG per ricavare il parallelogramma MQGH, anamorfose ottica del quadrato ABCD (fig.78). La descrizione della costruzione, com'anche la nomenclatura, corrisponde esattamente a quella data dal Nicéron nel suo trattato e ripropone, allo stesso modo, di porre una lamina forata sul piano per indicare il corretto punto d'osservazione. La *pragmatia V*, per pura speculazione teorica, propone una lieve variazione al sistema: per trovare la digradazione prospettica è possibile tracciare un segmento CF perpen-

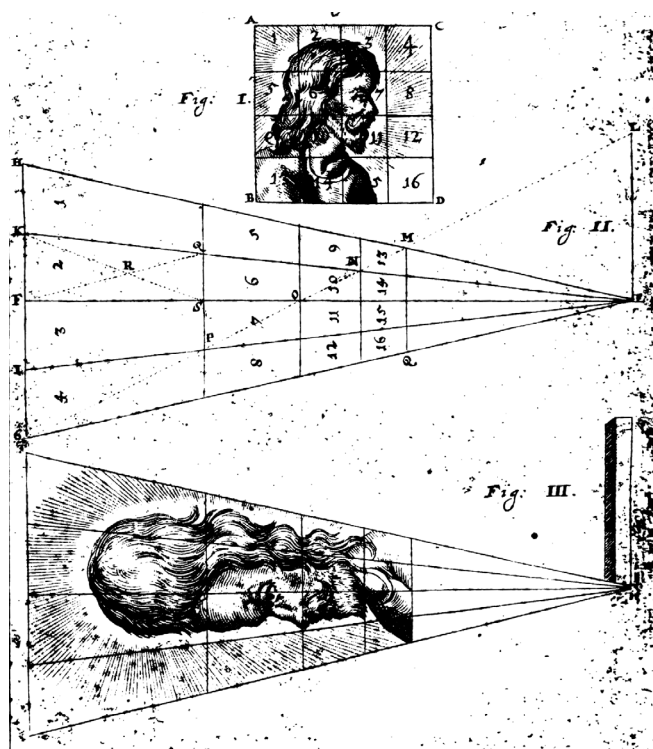


Fig.78 – Illustrazione della *Pragmatia I, Capvt I, Partis I, Liber III, p.103: anamorfose ottica piana.*

dicolare ad AM sul quale riportare, nella scala che si preferisce, le divisioni in larghezza del prototipo e proiettarle sul lato AM dal punto d'intersezione del prolungamento della retta MF con quella tracciata da A parallelamente a CF (fig.79). Le altre *pragmatia* illustrano diversi casi, da quello in cui la figura è inscritta in un rettangolo a quello in cui il punto di vista non si pone lungo l'asse mediano della griglia distorta (fig.80). Il *caput II* illustra, invece, come ricavare la deformazione meccanicamente tramite l'uso dello strumento mesoptico o di un lume; segue poi la trattazione delle anamorfose ottiche su superfici piramidali a base quadrata, triangolare, pentagonale, etc, o su superfici coniche, entrambe convesse o concave (fig.81). Anche in questo caso, la descrizione del procedimento costruttivo è del tutto uguale a quella fornita dal Nicéron⁸³. L'opera prosegue con l'accurata esposizione, nel *caput VI* relativo alle anamorfose su lunghe superfici, della realizzazione dell'affresco che padre Emmanuel Maignan fece di San France-

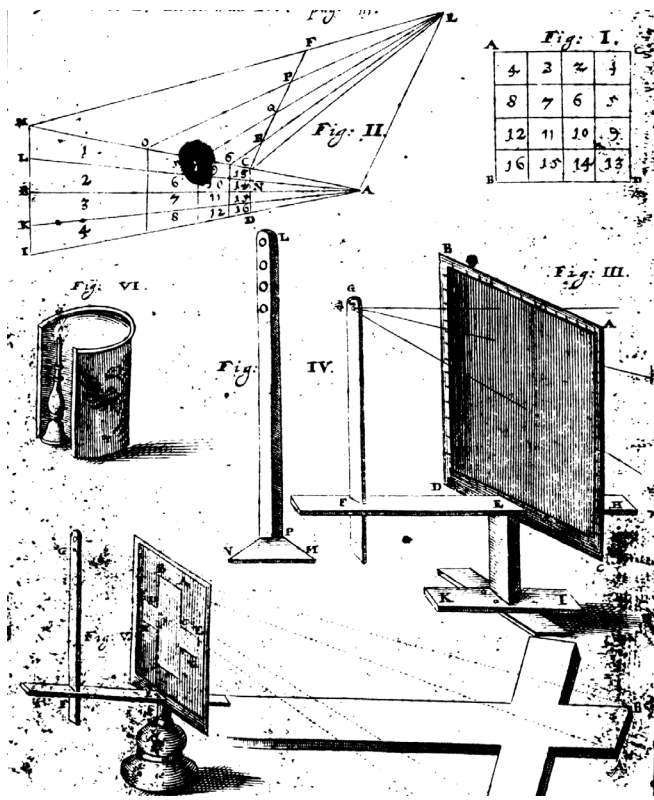


Fig. 79 – Illustrazione della Pragmatia V, Capvt I, Partis I, III, p.111.

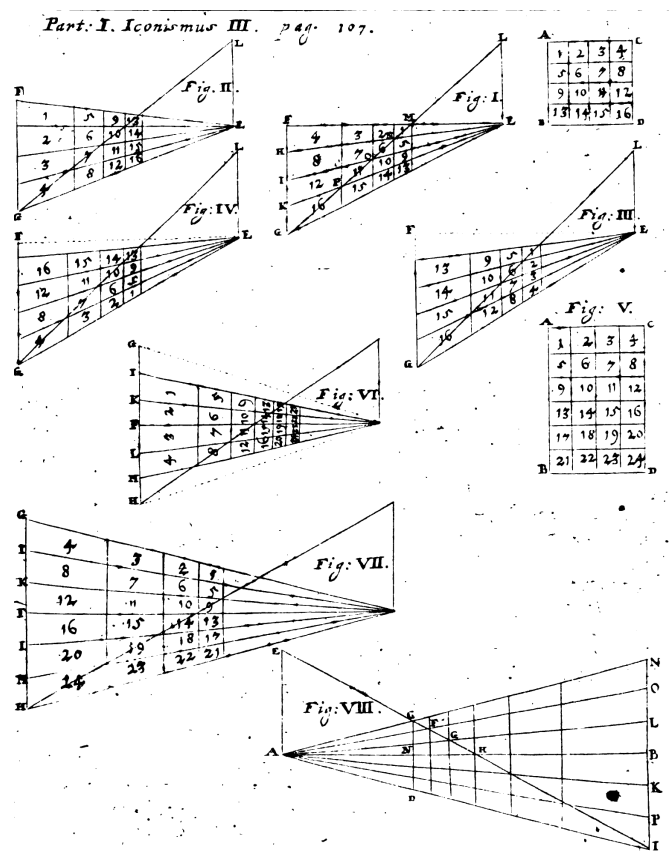


Fig. 80 – Illustrazione Pragmatia III, Capvt I, Partis I, III, p.107.

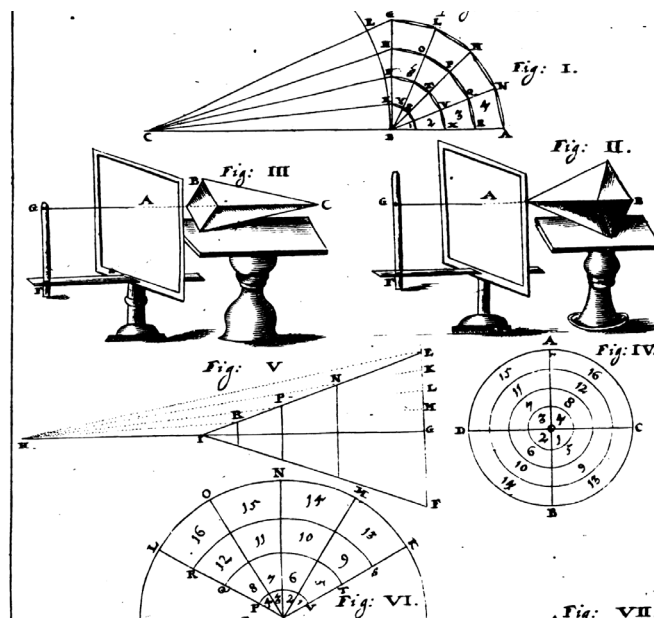


Fig. 81 – Illustrazione Pragmatia V, Capvt II, Partis I, III, p.125.

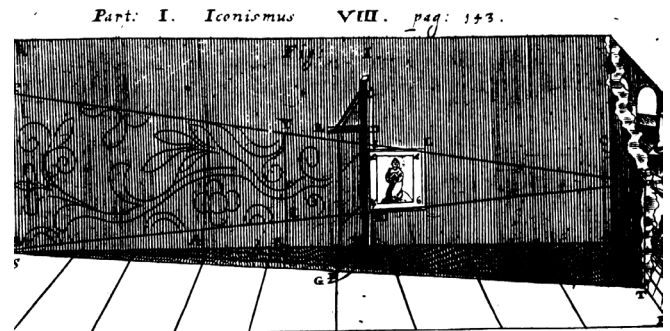


Fig. 82 – Illustrazione Pragmatia II, Capvt VI, Partis I, III, p.145.

sco di Paola nel convento di Trinità dei Monti a Roma con l'ausilio dello sportello ottico dureriano, descrizione quasi interamente ripresa da quella che lo stesso Maignan diede nella sua *Perspectiva horaria* (fig.82).

La seconda parte del libro III, *De Anamorphosi catoptrica, sive de reformatione imaginum deformatorum per radios reflexos seu per specule*, dedicato, appunto, all'anamorfose di tipo catottrico, si apre con il capitolo sugli specchi piani. Le prime due *pragmatia* descrivono, ciascuno, un diverso sistema costruttivo: il primo consiste nella realizzazione di un'anamorfose ottica su di un piano con il metodo della diagonale già illustrato, cui affiancare perpendicolarmente uno specchio quadrato da osservare tramite il foro di una lastra posta frontalmente al lato della rappresentazione; il secondo ripresenta, immancabilmente, il sistema di giustapposizione delle stecche prismatiche lignee secondo gli stessi precetti insegnati dal Danti nei suoi commentari⁸⁴. Nel secondo capitolo, dedicato allo studio geometrico delle anamorfosi cilindriche, l'autore raccoglie, in una sorta

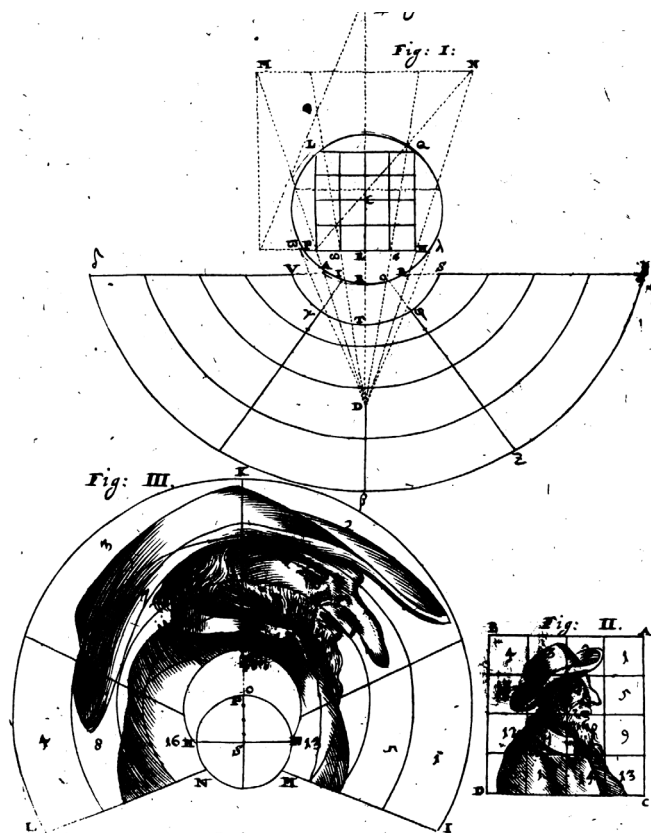


Fig.83 – Illustrazione Pragmatia II, Capvt II, Partis II, III, p.163: descrizione dell'anamorfose catottrica cilindrica secondo i metodi forniti dal Nicéron ne *La perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux* e dall'Hérigone nel *Cursus Mathematicus*.

di compendio sull'argomento, diversi sistemi e procedimenti costruttivi esposti da altri prima di lui.

La prima *pragmatia*, ad esempio, riporta il sistema descritto dal Barbaro per la costruzione sul piano dell'anamorfose a partire dalla proiezione dell'immagine tramite la luce di una candela, deliberatamente estratto, senza alcuna modifica - neanche nella relativa illustrazione -, dall'*Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae* del Bettini. La seconda fornisce invece il metodo geometrico illustrato nel *Cursus Mathematicus* dall'Hérigone il cui testo a fronte, organizzato per punti, resta discorsivo, adeguandosi alla natura scarsamente matematica del trattato (fig.83, fig. I). Il procedimento segue fedelmente quello dell'Hérigone nella sua corretta esposizione teorica ma non trova il giusto riscontro pratico nell'illustrazione che lo corredda, dove er-

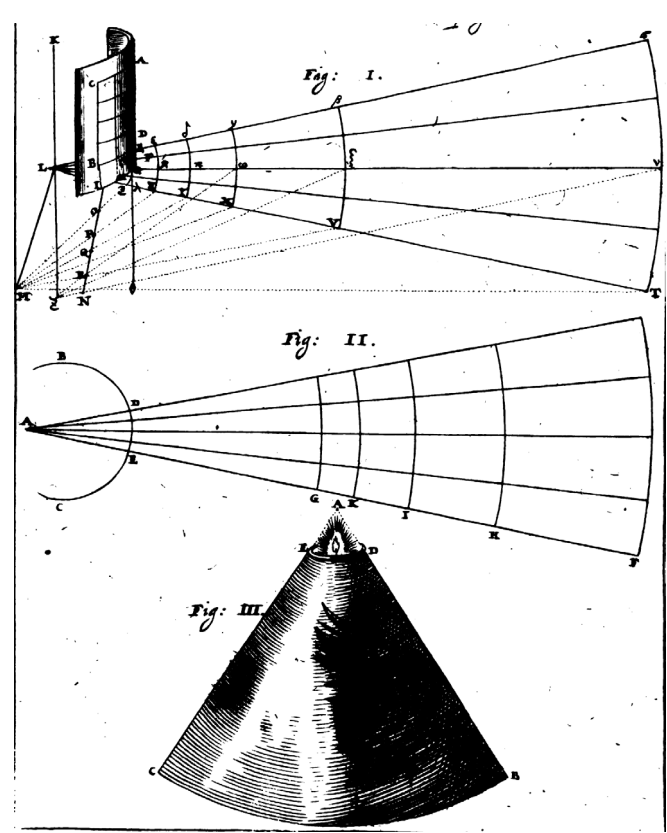


Fig.84 – Illustrazione Pragmatia III, Capvt II, Partis II, III, p.165: descrizione dell'anamorfose catottrica cilindrica secondo il metodo fornito da Bettini nell'*Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae*.

rori di approssimazione lasciano dubbi sulla sua effettiva comprensione: non sono, infatti, rispettate le uguaglianze degli angoli d'incidenza e riflessione nel tracciamento della griglia anamorfica né le regole del ribaltamento omologico (la retta $F\omega$, ad esempio, non passa per il punto L).

La terza *pragmatia* fornisce un metodo che l'autore dichiara preso dall'opera del suo maestro, il Kircher, ma che, in realtà, fu a sua volta copiato dal testo del Nicéron. Si tratta, infatti, del procedimento approssimativo per tracciare la griglia anamorfica con una serie di circonferenze eccentriche (fig.83, *figg.II,III*). La *pragmatia IV* espone invece il metodo del ribaltamento illustrato dal Bettini e presenta anch'essa un'illustrazione a metà tra una rappresentazione assonometrica ed una planimetrica (fig.84).

Lo stesso sistema di proiezione per mezzo del lume è esposto nel *capvt III, De Anamorphosi Catoptrica per specula conica, & plana angularia*, composto di sole due pagine. Il libro sull'anamorfose si chiude, infatti, la trattazione di quelle di tipo conico, senza interessare quelle di tipo diottrico e senza illustrare eventuali applicazioni.

2.11 Analisi critico - comparativa dei procedimenti costruttivi

L'eterogeneità dei testi considerati evidenzia, già ad uno sguardo veloce, la varietà degli approcci susseguitisi all'anamorfose, in relazione ai diversi obiettivi proposti ed alle personalità che li hanno perpetrati. Non vi deve essere stupore quindi nel constatare che i nove trattati presentano dei *modus operandi* talvolta assai differenti, talvolta del tutto uguali.

Al fine di chiarirne la comprensione e la lettura, in primo luogo, si è ritenuto opportuno stilare delle tavole sinottiche relative ai procedimenti maggiormente significativi; queste forniscono un quadro d'insieme sintetico e razionalizzato, utile per la successiva analisi critico - comparativa. Le tavole sono state organizzate in classi tipologiche, individuate, ciascuna, da un diverso colore. In esse sono stati scissi i vari passaggi e razionalizzata la rappresentazione in aderenza a quella dei manoscritti originali: i procedimenti sono illustrati in doppie proiezioni ortogonali (in una visione dall'alto e/o in una frontale). Quest'ultimi,

inoltre, anche dove non specificato, mirano alla deformazione di un prototipo scelto quadrato e diversamente suddiviso in parti uguali.

In secondo luogo, sono stati esaminati puntualmente i singoli procedimenti e spiegati non più secondo una logica procedurale ma come parte integrante di un sistema spaziale; i metodi costruttivi sono così stati classificati per "categorie geometriche".

Anamorfose ottiche

Di tipo piano



Anamorfose catottriche

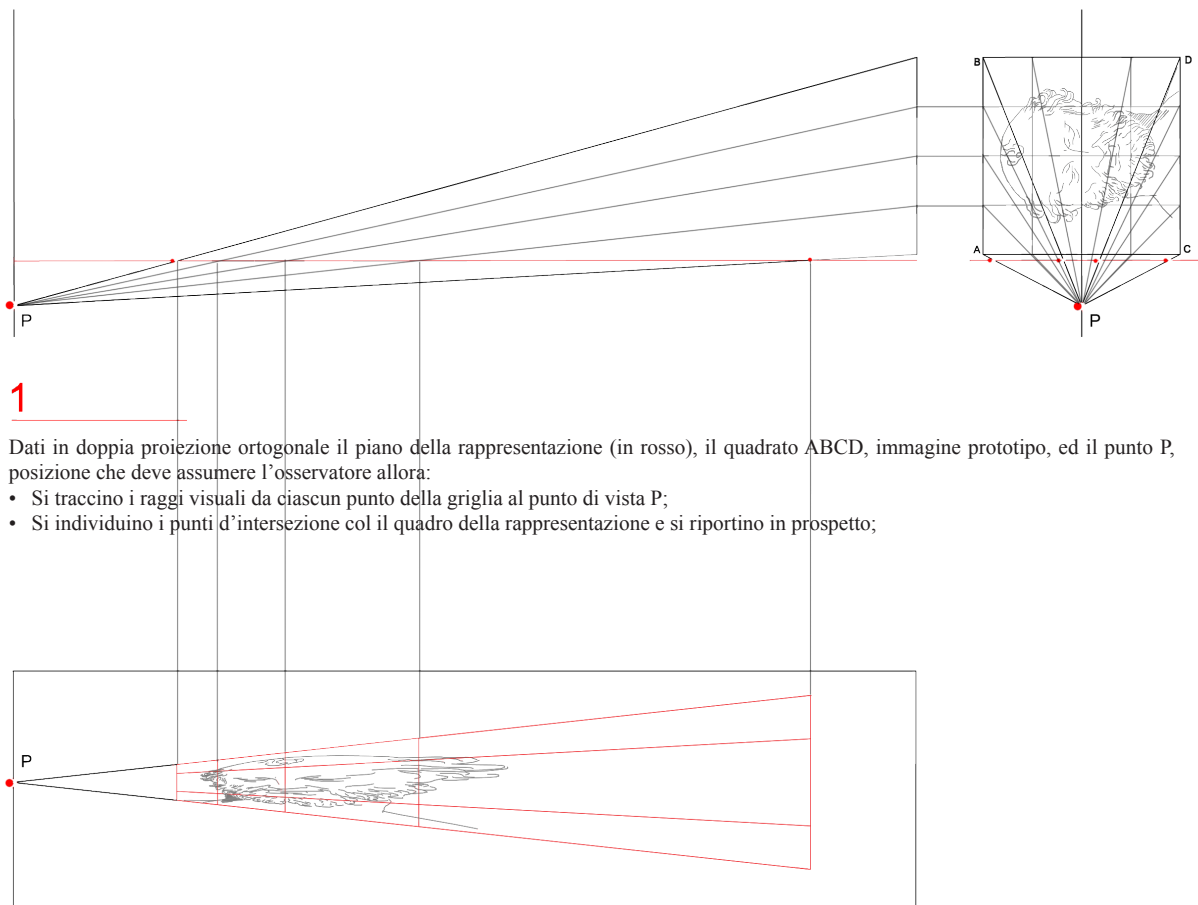
Di tipo cilindrico



Di tipo conico - piramidale



2.11.1 Tavole sinottiche dei procedimenti costruttivi



1

Dati in doppia proiezione ortogonale il piano della rappresentazione (in rosso), il quadrato ABCD, immagine prototipo, ed il punto P, posizione che deve assumere l'osservatore allora:

- Si traccino i raggi visuali da ciascun punto della griglia al punto di vista P;
- Si individuino i punti d'intersezione col il quadro della rappresentazione e si riportino in prospettiva;

2

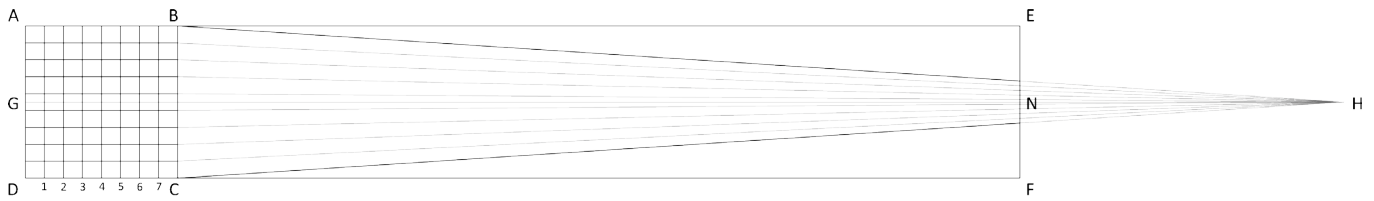
- Si ricavi la griglia anamorfica per intersezione e si deformi l'immagine del prototipo su di essa.

Oggetto: Anamorfose ottica piana

Testo di riferimento: La perspective avec la raison des ombres et miroirs, S. de Caus_livre II, Chapitre Vingt-Huictiesme

TAVOLA

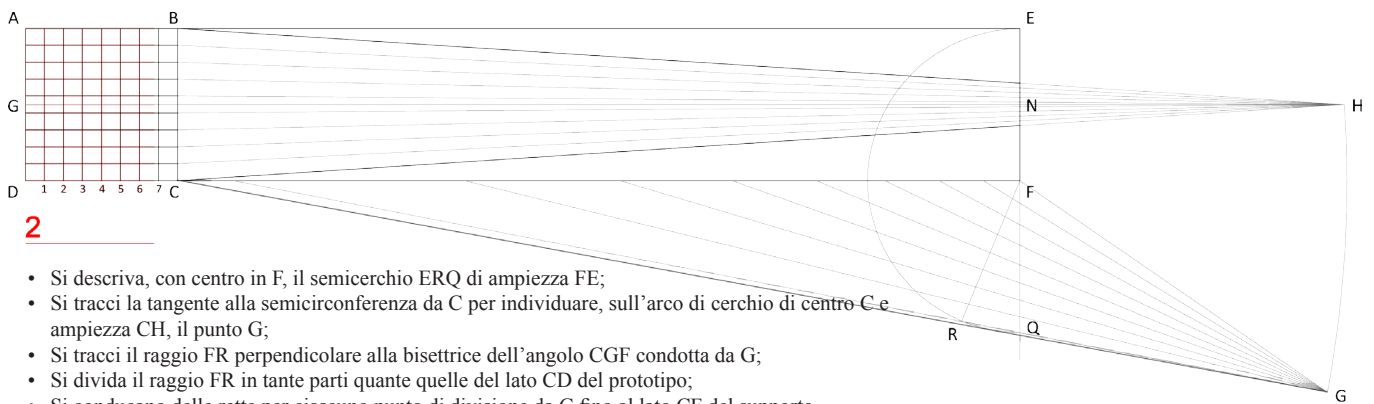
01



1

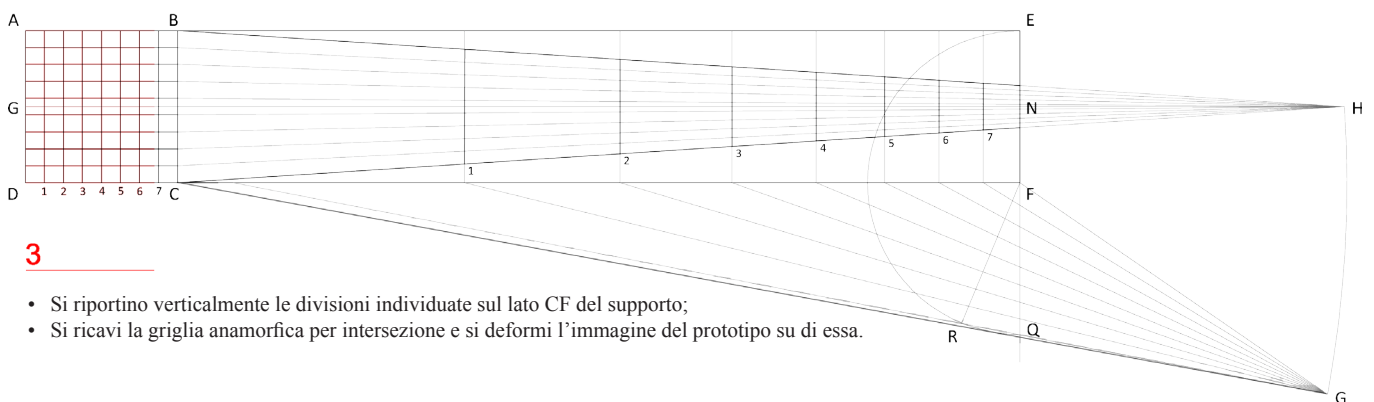
Dati il prototipo ABCD, il supporto della rappresentazione BCEF, e la proiezione sul quadro del punto di vista H allora:

- Si traccino delle rette da ciascun punto di divisione della griglia al punto di concorso H.



2

- Si descriva, con centro in F, il semicerchio ERQ di ampiezza FE;
- Si tracci la tangente alla semicirconferenza da C per individuare, sull'arco di cerchio di centro C e ampiezza CH, il punto G;
- Si tracci il raggio FR perpendicolare alla bisettrice dell'angolo CGF condotta da G;
- Si divida il raggio FR in tante parti quante quelle del lato CD del prototipo;
- Si conducano delle rette per ciascuno punto di divisione da G fino al lato CF del supporto.



3

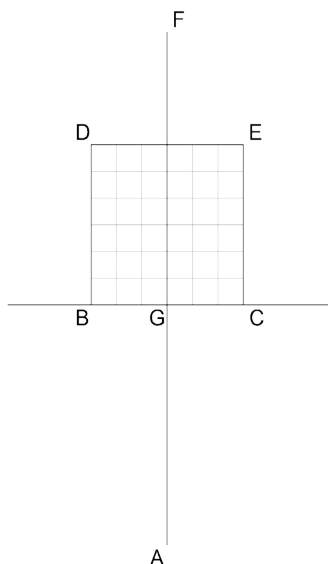
- Si riportino verticalmente le divisioni individuate sul lato CF del supporto;
- Si ricavi la griglia anamorfica per intersezione e si deformi l'immagine del prototipo su di essa.

Oggetto: Anamorfose ottica piana

Testo di riferimento: Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica, P. Accolti

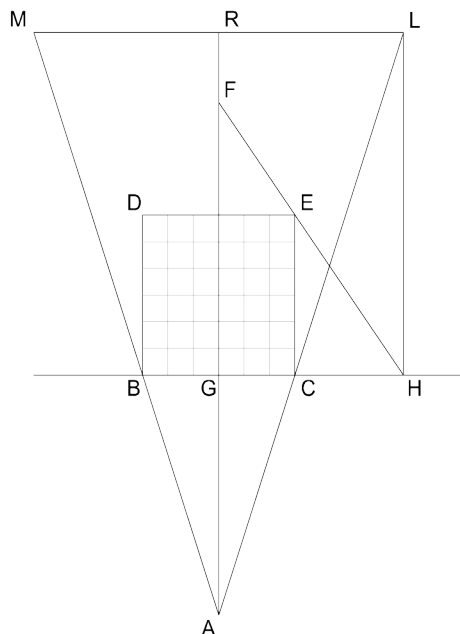
TAVOLA

02



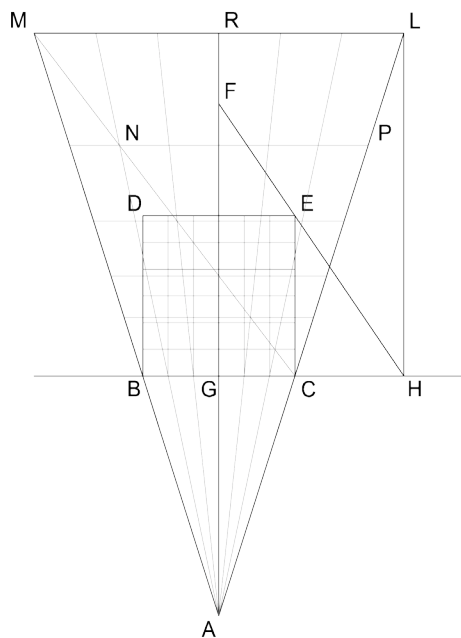
1

Siano dati in rappresentazione prospettica il quadrato BDCE, immagine prototipo, il punto principale F, la linea di terra BC, ed il punto A, ribaltamento sul piano del punto di vista.



2

- Si tracci la retta FE fino ad intersecare la linea di terra BC nel punto H;
- Si traccino le rette AB e AC;
- Si alzi la retta HL perpendicolarmente alla linea di terra BC fino ad intersecare la retta AC nel punto L;
- Si tracci la retta LRM parallela al lato BC dell'immagine prospettica.



3

Ricavato, per costruzione, il trapezio BCLM, vera forma del quadrato prospettico BCDE, allora:

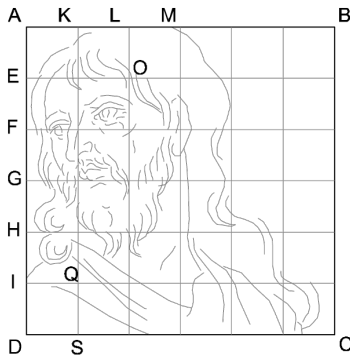
- Si tracci la diagonale del trapezio MC;
- Si traccino, per ciascun punto di divisione della base BC, delle rette da A, rappresentazione sul piano delle mediane del prototipo;
- Si traccino, per ciascun punto di intersezione di tali rette con la diagonale MC, delle rette orizzontali, rappresentazione sul piano delle trasversali del prototipo.

Oggetto: Anamorfose ottica piana

Testo di riferimento: Cursus mathematicus, P. Hérigone_Proposizione VIII

TAVOLA

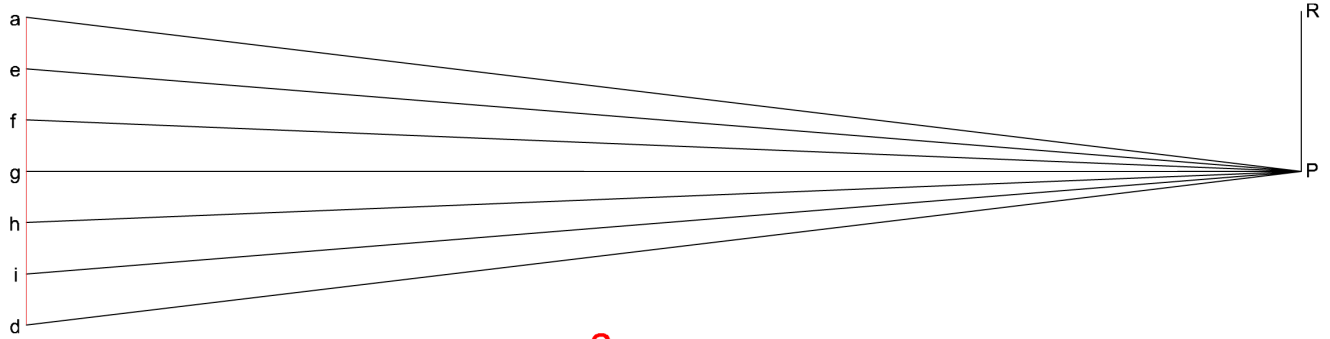
03



1

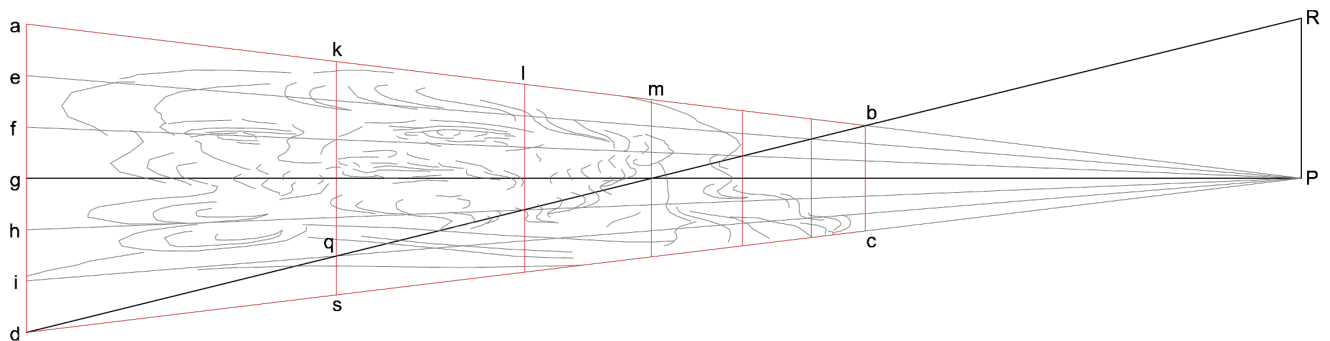
Dati il prototipo ABCD, la proiezione sul quadro del punto di vista P, il suo ribaltamento R e la distanza Pg allora:

- Si riporti sul quadro il segmento ad, perpendicolare a Pg e diviso in tante parti quante quelle del lato AD del prototipo;
- Si traccino delle rette da P per ciascun punto di divisione.



2

- Si tracci la retta Rd;
- Per ciascun punto di intersezione con i raggi Pa, Pe, Pf, Pg, Ph, Pi, Pd, si traccino delle rette verticali, rappresentazione dei montanti del prototipo;
- Si ricavi la griglia anamorfica per intersezione e si deformi l'immagine del prototipo su di essa.



Oggetto: Anamorfosi ottica piana

Testo di riferimento: La perspective curieuse, J. F. Nicéron_ Preposition III, livre II

TAVOLA

04

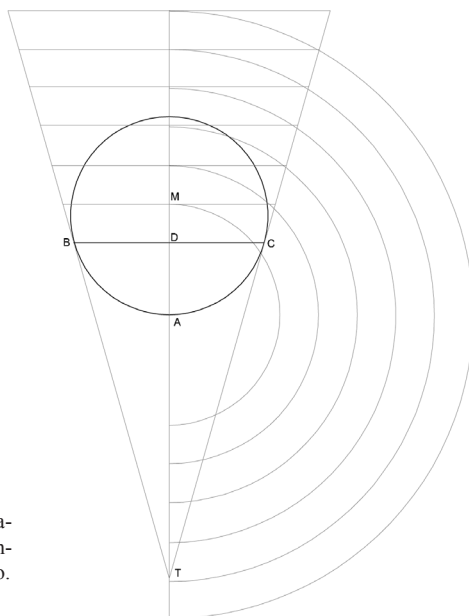
1

Dati ABC, cerchio di base dello specchio cilindrico, e T, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

- Si individui il segmento BC tale che TB e TC siano tangenti alla circonferenza;
- Si riporti da D, lungo TD, la distanza DM pari a quella che intercorre tra trasversali del prototipo tante volte quante le trasversali stesse;
- Si riportino le distanze così trovate sulle rette TB e TC con rette parallele a BC;
- Si riportino le stesse distanze da A lungo TA.

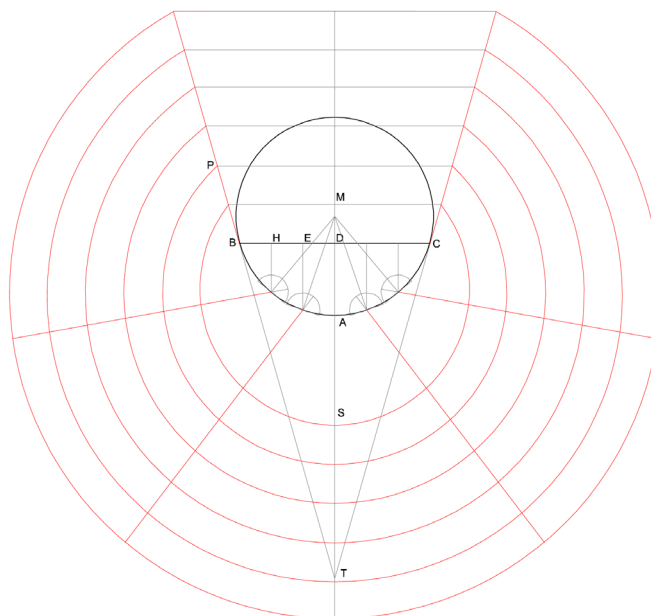
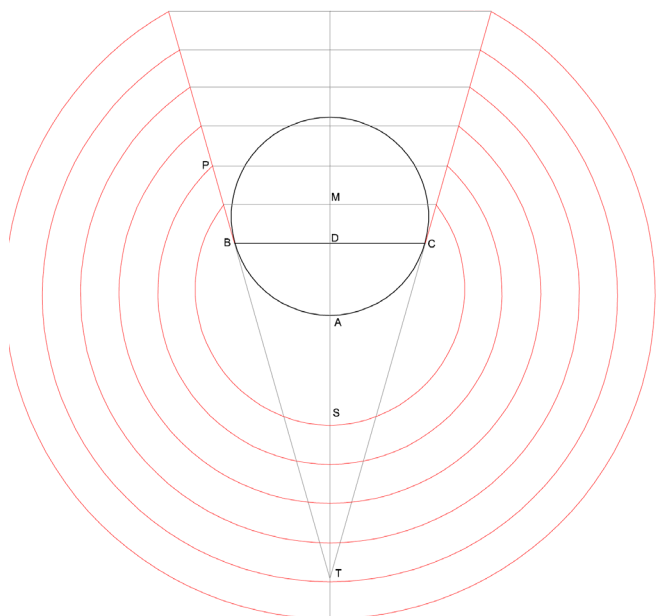
2

- Si conducano, per i punti di divisione così trovati, delle circonferenze concentriche, rappresentazione sul piano delle trasversali del prototipo.



3

- Si divida BC in tante parti quante quelle verticali del prototipo;
- Si conducano delle rette parallelamente a TA per ciascun punto di divisione fino ad intersecare la circonferenza di base;
- Per ciascun punto di intersezione si tracci una retta speculare a quella precedentemente tracciata rispetto al raggio della circonferenza, rappresentazione sul piano del montante del prototipo e si ricavi, per intersezione, il reticolo anamorfico.



Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico: metodo approssimativo

Testo di riferimento: La Perspective cylindrique et conique, Sieur de Vaulezard_scolio del Probleme 3

TAVOLA

05

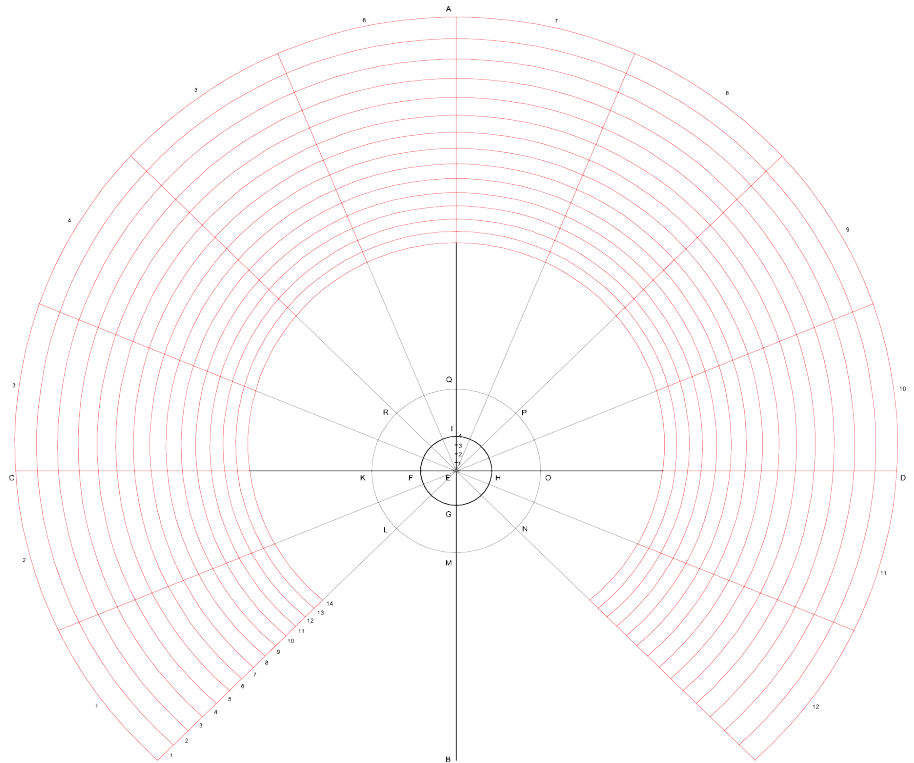
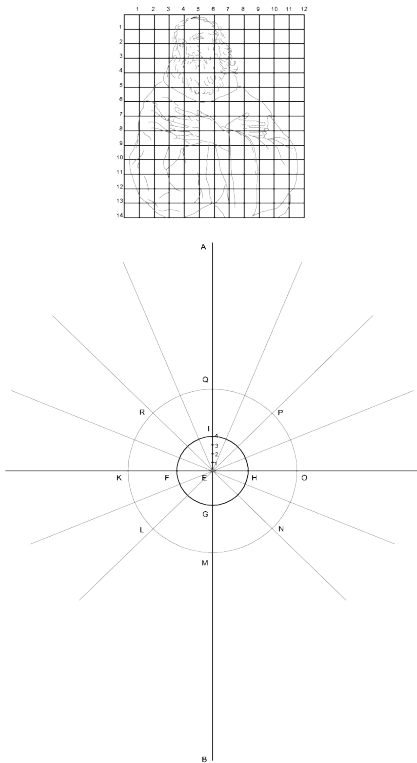
1

Dati il prototipo rettangolare 12x14, il cerchio di base dello specchio cilindrico FGHI e quello di un'eventuale base KMOQ, allora:

- Si traccino gli assi principali AB e CD;
- Si divida la circonferenza KMOQ in otto parti uguali nei punti L, R, P ed N;
- Si suddividano nuovamente le otto parti in altre due, ad eccezione dell'arco LN;
- Si traccino delle semirette dal centro E per ciascun punto di divisione, rappresentazione sul piano dei montanti del prototipo;
- Si divida il raggio EI in quattro parti uguali nei punti 1, 2, 3, 4.

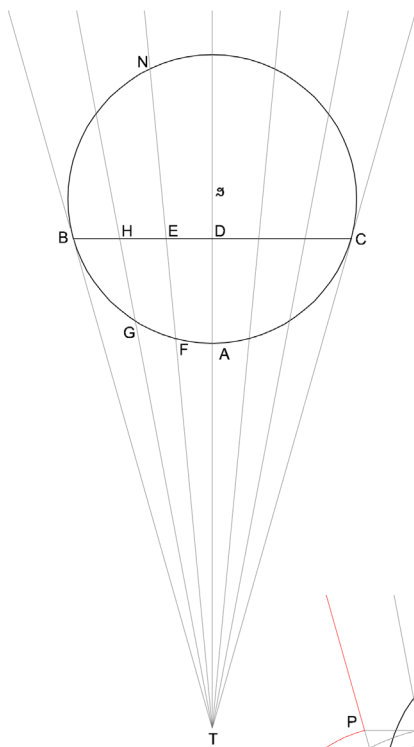
2

- Si conduca una circonferenza con centro nel punto 3 ed ampiezza a piacere, rappresentazione sul piano della trasversale di base del prototipo;
- Si traccino dallo stesso centro le altre trasversali con un incremento di $1/21$ e si ricavi, per intersezione, il reticolo anamorfo.



Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico: metodo approssimativo
Testo di riferimento: La perspective curieuse, J. F. Nicéron_ Proposition IV, livre II ??

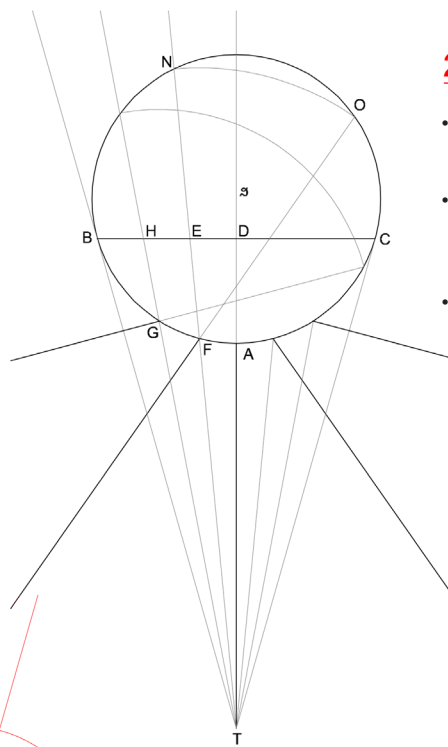
TAVOLA
06



1

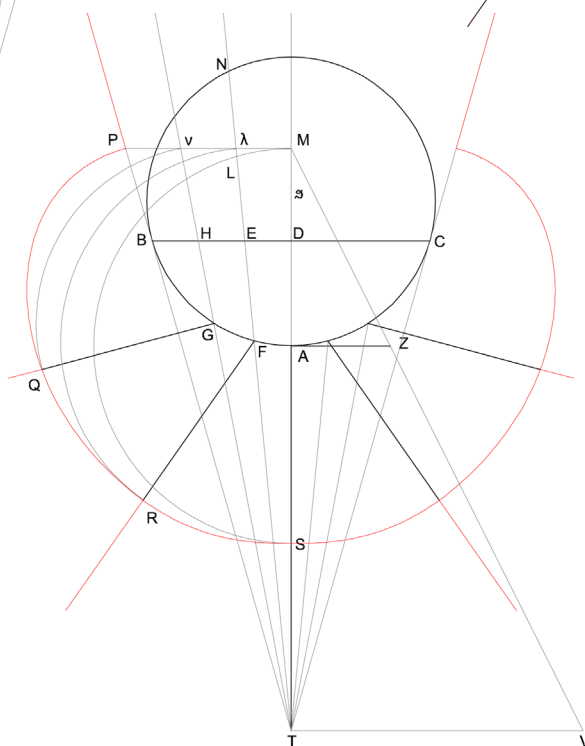
Dati ABC, cerchio di base dello specchio cilindrico, e T, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

- Si individui il segmento BC tale che TB e TC siano tangenti alla circonferenza;
- Si divida BC in tante parti quante quelle alla base del prototipo;
- Si traccino delle rette da T per ciascun punto di divisione del segmento BC.



2

- Si ribalti con centro in F il punto d'intersezione N in O;
- Si tracci la retta OF, rappresentazione sul piano del montante riflesso in F;
- Si faccia lo stesso per tutti gli altri raggi.



3

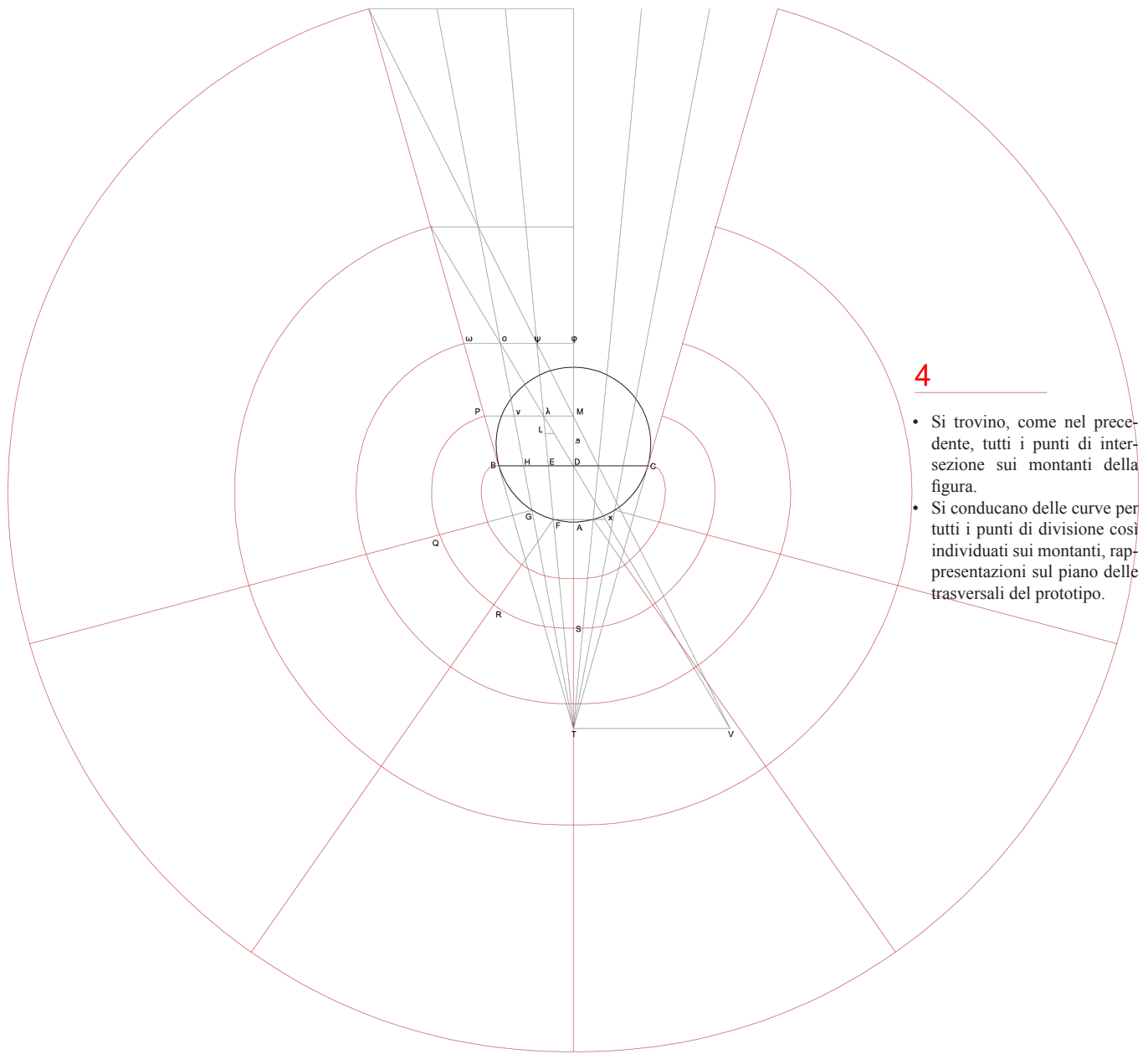
- Si ribalti lungo l'asse TA, l'altezza VT del punto di vista e l'altezza ZA della prima trasversale inferiore del prototipo;
- Si tracci la retta VZ che interseca TA in M;
- Si conduca la retta PM parallelamente a BC che interseca i raggi visuali in λ e v ;
- Con centro in A si riporti il punto M in S lungo AT; con centro in F si riporti il punto λ in R lungo FR; con centro in G si riporti il punto v in Q lungo GQ;
- Si faccia lo stesso per tutti i montanti;
- Si conduca una curva per i punti di intersezione così individuati.

Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico: metodo rigoroso

Testo di riferimento: La Perspective cylindrique et conique, Sieur de Vaulezard_Probleme 3

TAVOLA

07a



4

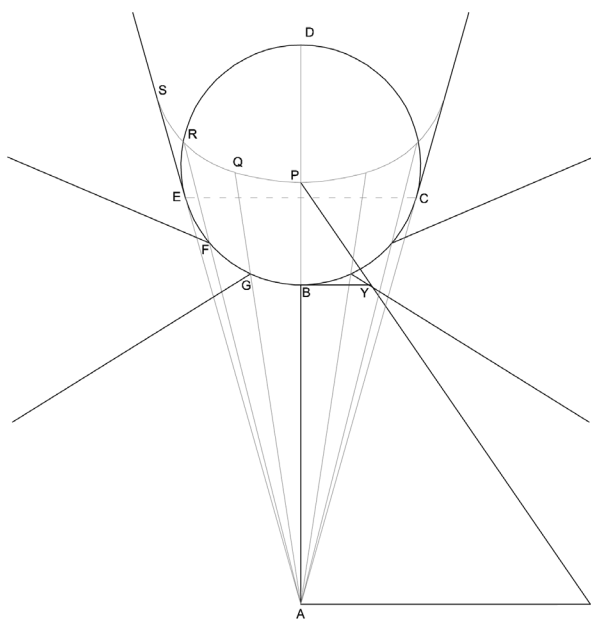
- Si trovino, come nel precedente, tutti i punti di intersezione sui montanti della figura.
- Si conducano delle curve per tutti i punti di divisione così individuati sui montanti, rappresentazioni sul piano delle trasversali del prototipo.

Oggetto: Anamorfofi catottrica di tipo cilindrico: metodo rigoroso

Testo di riferimento: La Perspective cilindrique et conique, Sieur de Vaulezard_Probleme 3

TAVOLA

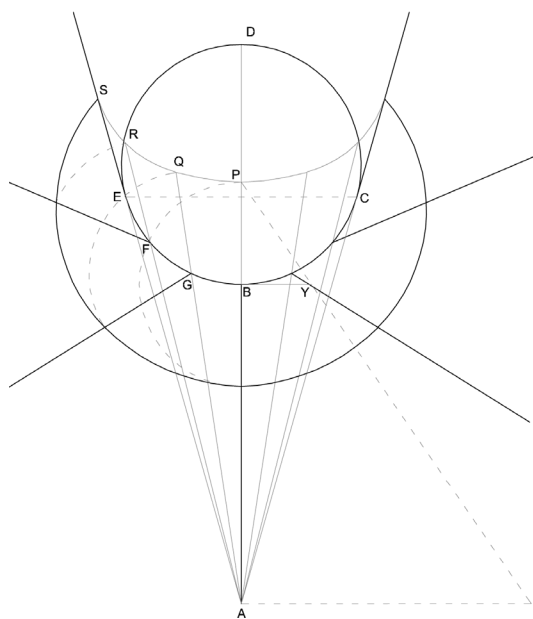
07b



1

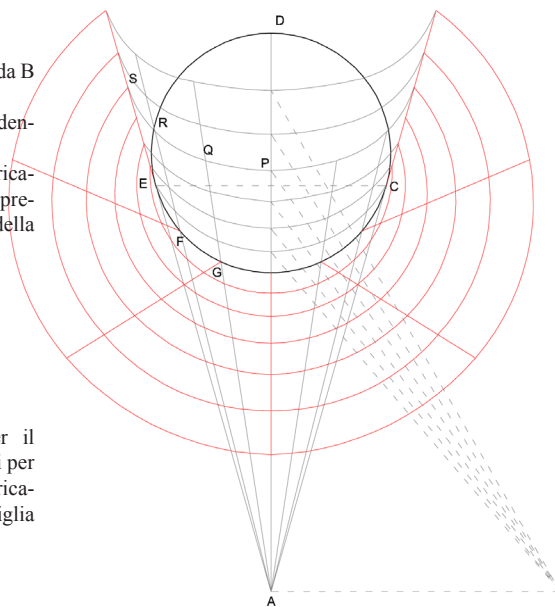
Dati BCE, cerchio di base dello specchio cilindrico, ed A, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

- Si traccino da A le rette AE ed AC tangenti alla circonferenza nei punti E e C;
- Si divida l'arco EC in tante parti quante quelle di base del prototipo;
- Si traccino delle rette da A per ciascun punto di divisione e si costruiscano i montanti come per i precedenti problemi;
- Si ribalti rispetto l'asse AB, l'altezza del punto di vista e l'altezza BY di una trasversale;
- Si tracci il raggio visuale dal punto di vista ribaltato a Y fino ad intersecare l'asse AD nel punto P;
- Si riporti la distanza BP sulle altre rette ad individuare i punti Q, R, S;
- Si tracci un arco di cerchio per ciascun punto precedentemente individuato.



2

- Si riporti la distanza BP, da B lungo BA;
- Si faccia come nel precedente per ciascun montante;
- Si uniscano i punti così ricavati con una curva, rappresentazione sul piano della trasversale del prototipo.



3

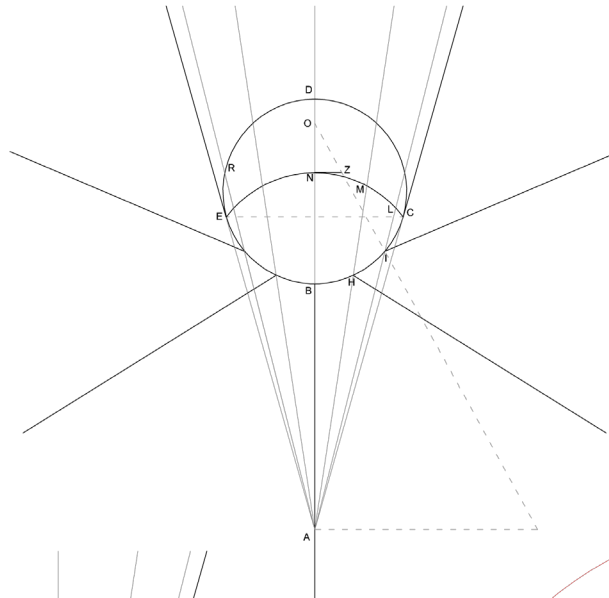
- Si eseguano, come per il precedente, le operazioni per ciascuna trasversale e si ricavi di conseguenza la griglia anamorfica.

Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico: metodo per costruire un reticolo che, allo specchio, appaia convesso.

Testo di riferimento: La Perspective cilindrique et conique, Sieur de Vaulezard_Probleme 4

TAVOLA

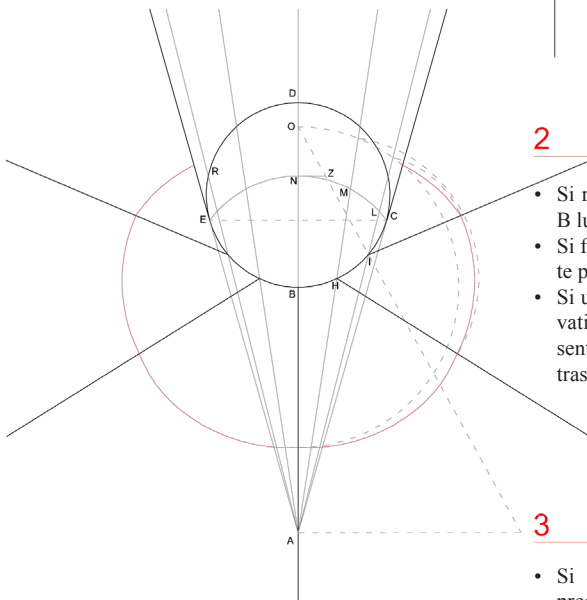
08



1

Dati BCE, cerchio di base dello specchio cilindrico, l'arco ENC, traccia del piano su cui giace il prototipo ed A, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

- Si traccino da A le rette AE ed AC tangenti alla circonferenza nei punti E e C;
- Si divida l'arco EC in tante parti quante quelle di base del prototipo;
- Si traccino delle rette da A per ciascun punto di divisione e si costruiscano i montanti come per i precedenti problemi;
- Si ribalti rispetto l'asse AB, l'altezza del punto di vista e l'altezza NZ di una trasversale;
- Si tracci il raggio visuale dal punto di vista ribaltato a Z fino ad intersecare l'asse AD nel punto O;

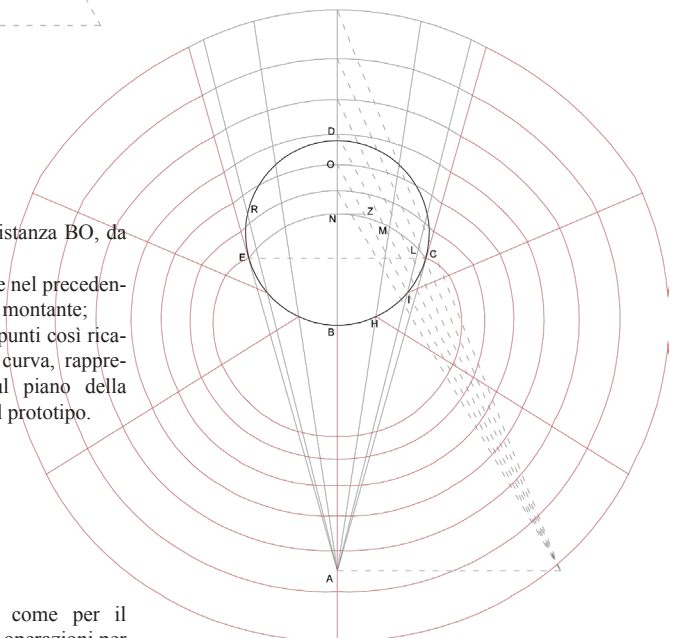


2

- Si riporti la distanza BO, da B lungo BA;
- Si faccia come nel precedente per ciascun montante;
- Si uniscano i punti così ricavati con una curva, rappresentazione sul piano della trasversale del prototipo.

3

- Si eseguano, come per il precedente, le operazioni per ciascuna trasversale e si ricavi di conseguenza la griglia anamorfica.

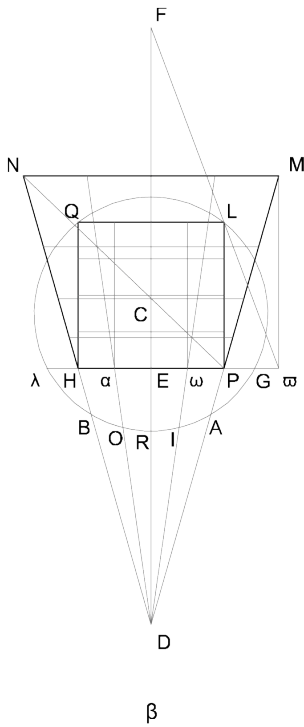


Oggetto: Anamorfofi catottrica di tipo cilindrico, metodo per costruire un reticolo che, allo specchio, appaia concavo.

Testo di riferimento: La Perspective cylindrique et conique, Sieur de Vaulezard_Probleme 4

TAVOLA

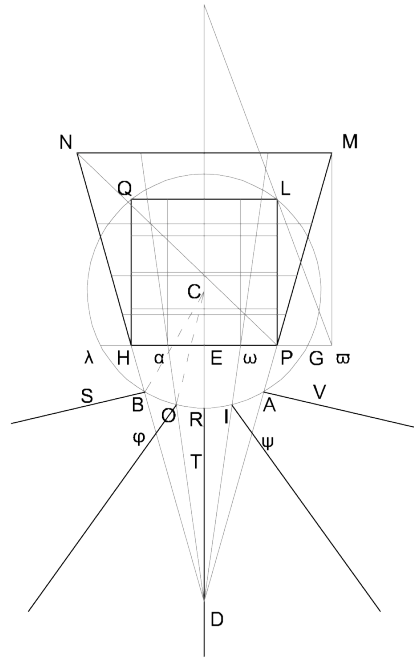
09



1

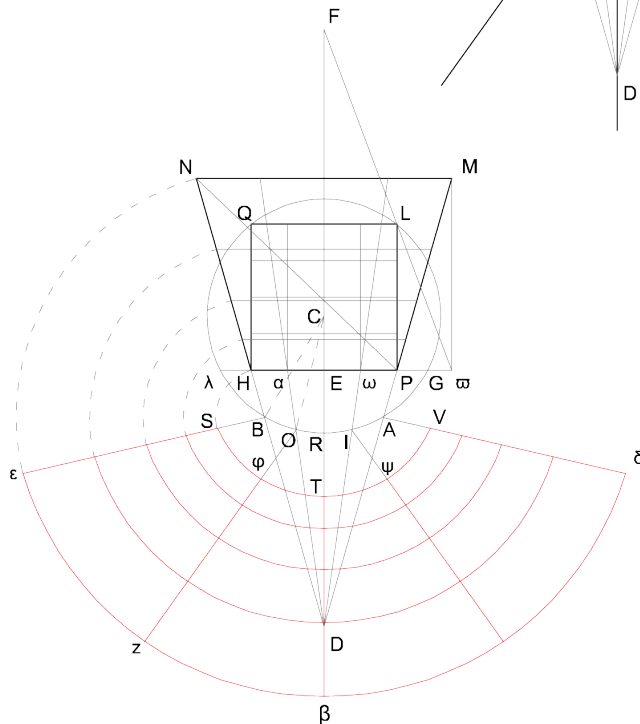
Dati CAB, cerchio di base dello specchio cilindrico, e D, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

- Si individui il segmento λG tale che $D\lambda$ e DG siano tangenti alla circonferenza;
- Si divida λG in parti uguali e vi si descriva il prototipo HPLQ;
- Si ricavi il trapezio HPMN, vera forma del prototipo HPLQ così come descritto nella tavola 03 (sull'anamorfose ottica piana).



2

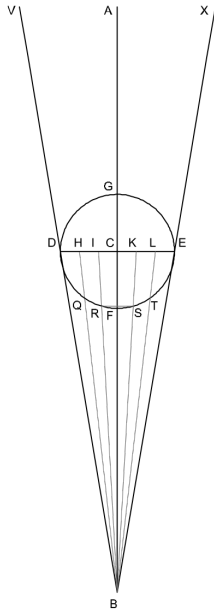
- Per il punto di intersezione B, si tracci, simmetricamente a BD rispetto al raggio BC, la retta BS, rappresentazione sul piano del montante HQ del prototipo;
- Si faccia lo stesso per tutti i punti di intersezione O, R, I ed A.



3

- Con centro in B si riportino tutti i punti di divisione del lato HN sul montante Se;
- Si faccia lo stesso per tutti i montanti tracciati;
- Si conducano delle curve per tutti i punti di divisione così individuati sui montanti, rappresentazioni sul piano delle trasversali del prototipo.

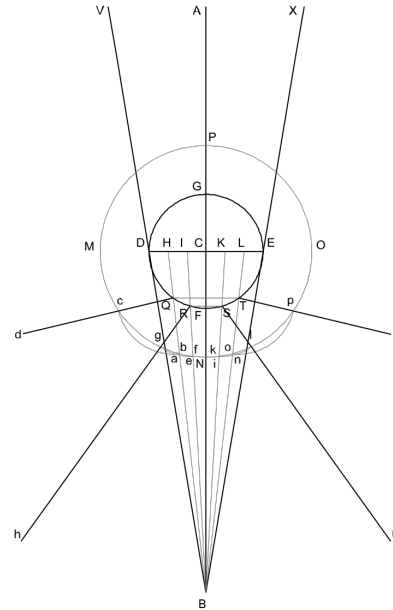
Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico
Testo di riferimento: Cursus mathematicus, P. Hérigone, Proposizione IX



1

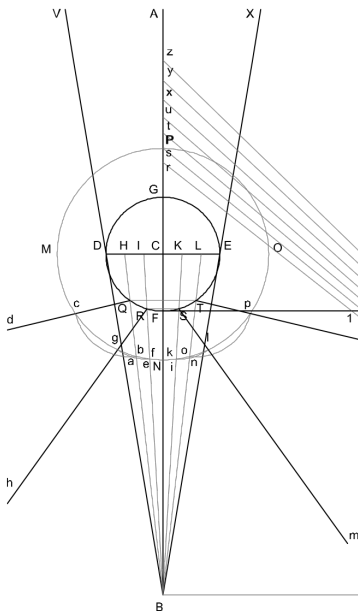
Dati DEFG, cerchio di base dello specchio cilindrico, e B, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

- Si tracci AB perpendicolare a DE, diametro del cerchio DEFG;
- Si divida DE in tante parti quante quelle del prototipo nei punti H, I, C, K, L;
- Si traccino i raggi visuali per ciascun punto di divisione e si individuino i punti d'intersezione Q, R, F, S, T.



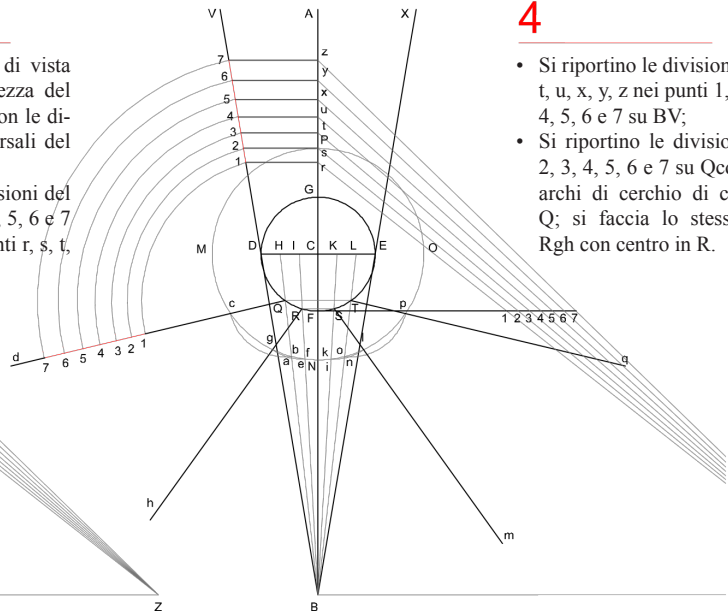
2

- Si descriva la circonferenza MNOP di raggio a piacere e centro in C;
- Siano a, e, i ed n i punti d'intersezione della circonferenza MNOP con i raggi d'incidenza BQ, BR, BF, BS, BT;
- Si traccino gli archi bc, fg, lk, op rispettivamente di raggio Qa, Re, Si, Tn;
- Si traccino i raggi Qcd, Rgh, Slm, Tpg, rappresentazione sul piano dei montanti.



3

- Si ribalti il punto di vista da B in Z e l'altezza del cilindro da F a 7 con le distanze delle trasversali del prototipo;
- Si riportino le divisioni del prototipo 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 da Z su AB nei punti r, s, t, u, x, y, z.



4

- Si riportino le divisioni r, s, t, u, x, y, z nei punti 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 su BV;
- Si riportino le divisioni 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 su Qcd con archi di cerchio di centro Q; si faccia lo stesso con Rgh con centro in R.

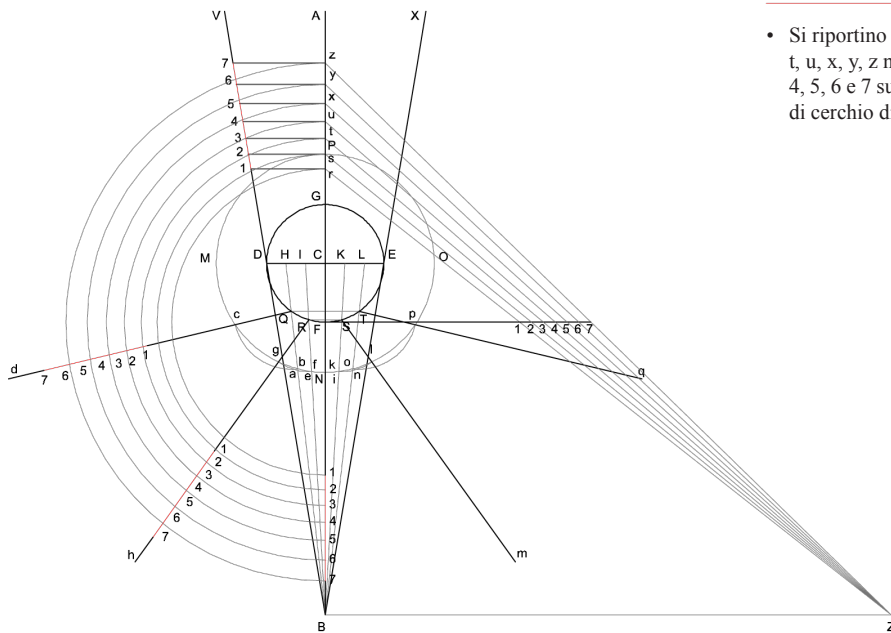
Oggetto: Anamorfofi catottrica di tipo cilindrico: metodo rigoroso

Testo di riferimento: La perspective curieuse, J. F. Nicéron_ Preposition IV, livre II

TAVOLA
11a

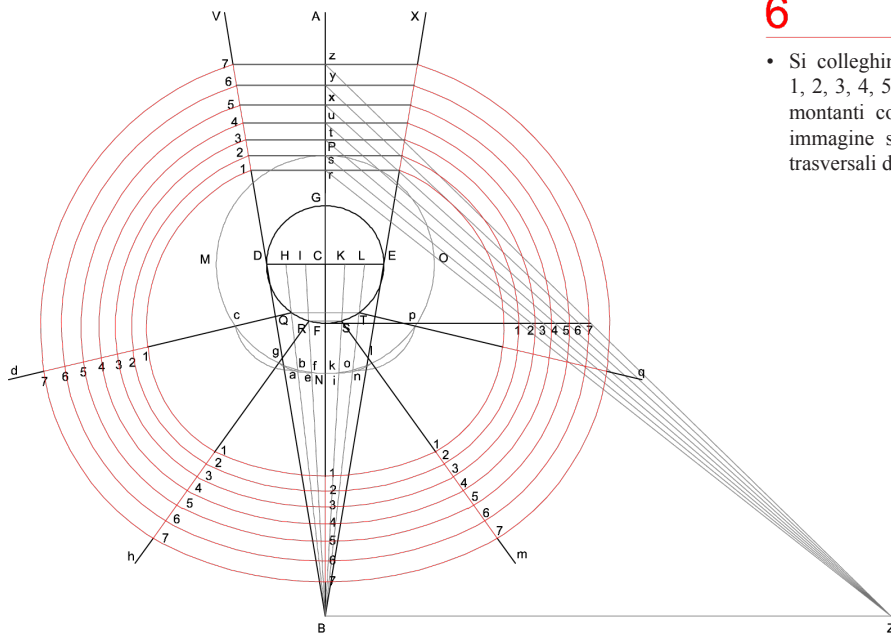
5

- Si riportino le divisioni r, s, t, u, x, y, z nei punti 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 su BN con carichi di cerchio di centro in F.



6

- Si colleghino tutti i punti 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dei vari montanti con delle curve, immagine sul piano delle trasversali del prototipo.



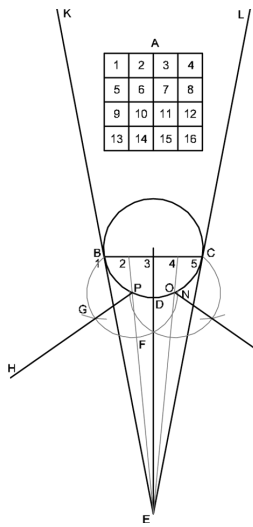
Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico: metodo rigoroso

Testo di riferimento: La perspective curieuse, J. F. Nicéron_ Preposition IV, livre II

TAVOLA

11b

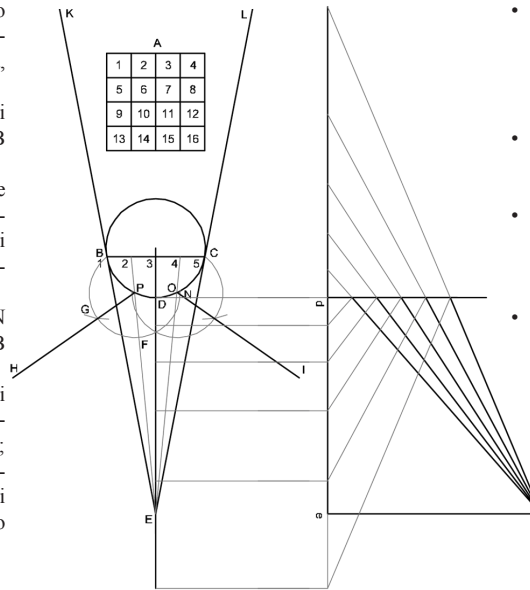
1



Dati BCD, cerchio di base dello specchio cilindrico, ed E, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

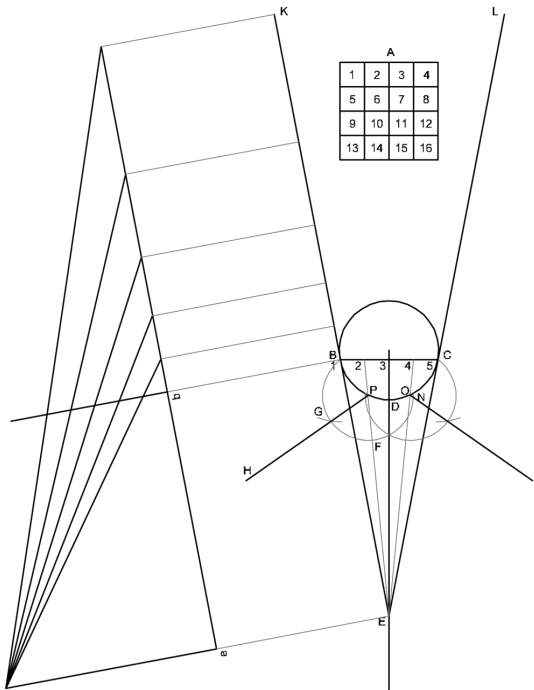
- Si traccino EK e EL tangenti alla circonferenza nei punti B e C
- Si divida la corda BC in tante parti quante quelle del prototipo e si traccino i rispettivi raggi visuali, tangenti la circonferenza in P ed O;
- Si tracci l'arco di cerchio BN con centro in P e apertura PB che interseca il raggio EP in F;
- Si tracci un arco di cerchio di centro B e apertura NF per ricavare il punto G sull'arco BN;
- Si tracci PH, rappresentazione sul piano del montante e si ripeta il procedimento sul lato destro dell'immagine.

2



- Si riporti in una sezione schematica fatta sull'asse AD l'altezza del punto di vista in *e* e l'altezza del cilindro *d*
- Si riportino sull'altezza del cilindro le distanze tra le trasversali del prototipo;
- Si conducano sul piano i raggi visuali dal punto di vista, passanti per tutti i punti di divisione;
- Si riportino le distanze trovate lungo il montante ED tracciato sul piano.

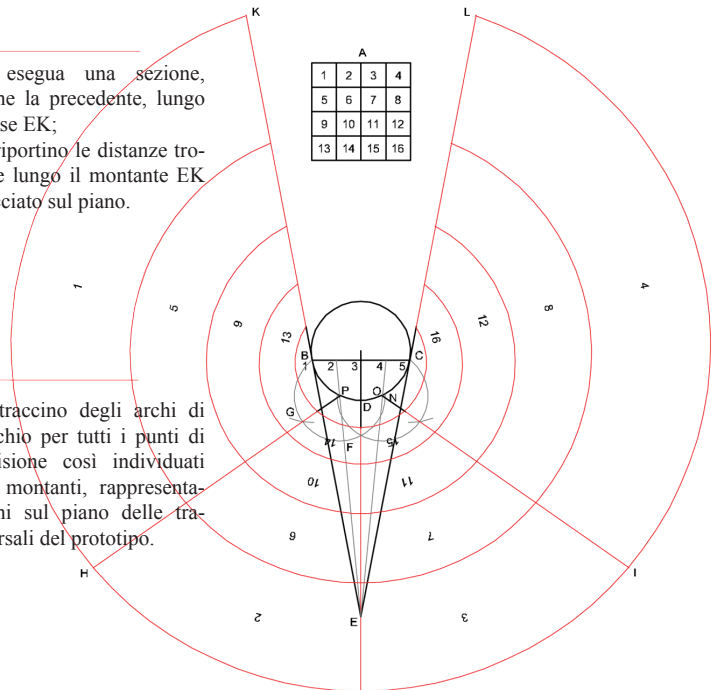
3



- Si esegua una sezione, come la precedente, lungo l'asse EK;
- Si riportino le distanze trovate lungo il montante EK tracciato sul piano.

4

- Si traccino degli archi di cerchio per tutti i punti di divisione così individuati sui montanti, rappresentazioni sul piano delle trasversali del prototipo.

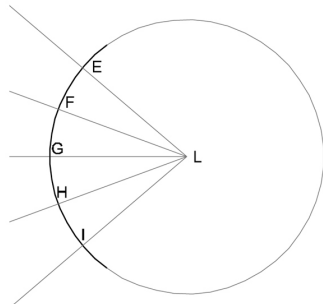


Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico

Testo di riferimento: La Perspective pratique, J. Dubreuil _Pratique XIII, Traité VI

TAVOLA
12

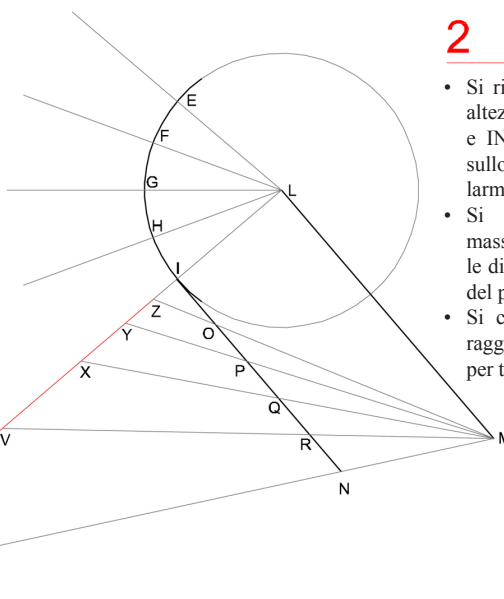
1



Dati EI, porzione del cerchio di base dello specchio cilindrico, ed L, proiezione sul piano del punto di vista, allora:

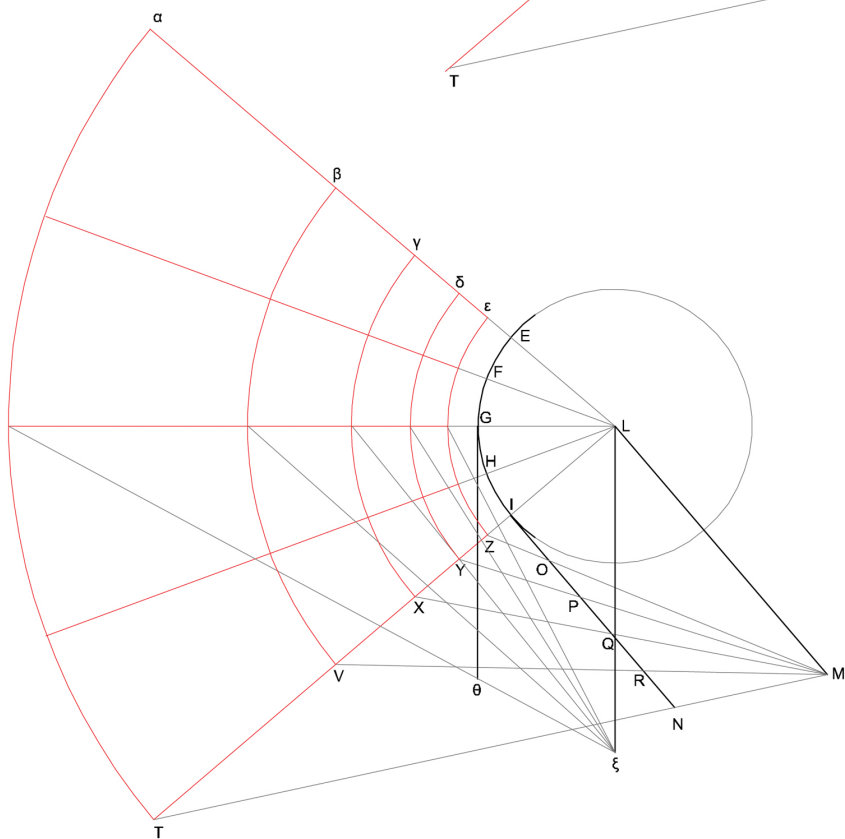
- Si individuino i punti E, F, G, H, I, proiezioni sul piano dei montanti della griglia prototipo;
- Si traccino i raggi visuali da L per ciascun punto di divisione, immagine sul piano dei montanti della griglia prototipo.

2



- Si ribaltino sul piano LM, altezza del punto di vista, e IN, altezza della griglia sullo specchio, perpendicolarmente ad LI;
- Si riportino sull'altezza massima della griglia, da N, le distanze tra le trasversali del prototipo in O, P, Q, R;
- Si conducano sul piano i raggi visuali da M, passanti per tutti i punti di divisione;

3



- Si riportino le divisioni precedentemente individuate anche sul montante opposto LE;
- Si esegua, come nel precedente, il ribaltamento sul piano del punto di vista e dell'altezza della griglia sullo specchio, perpendicolarmente a LG, individuando sul montante i punti di divisione;
- Si traccino degli archi di cerchio per tutti i punti di divisione così individuati sui montanti, rappresentazioni sul piano delle trasversali del prototipo.

Oggetto: Anamorfose catottrica di tipo cilindrico

Testo di riferimento: *Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae*, M. Bettini _Capvt IV, progymnasma I, *Apiarivm Qvintvm*

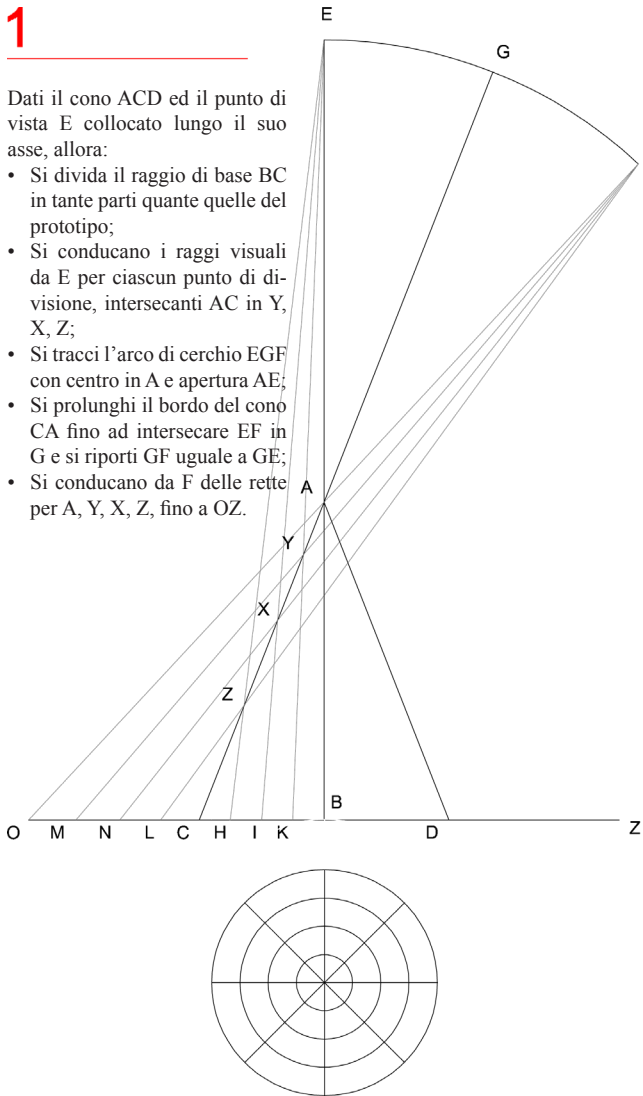
TAVOLA

13

1

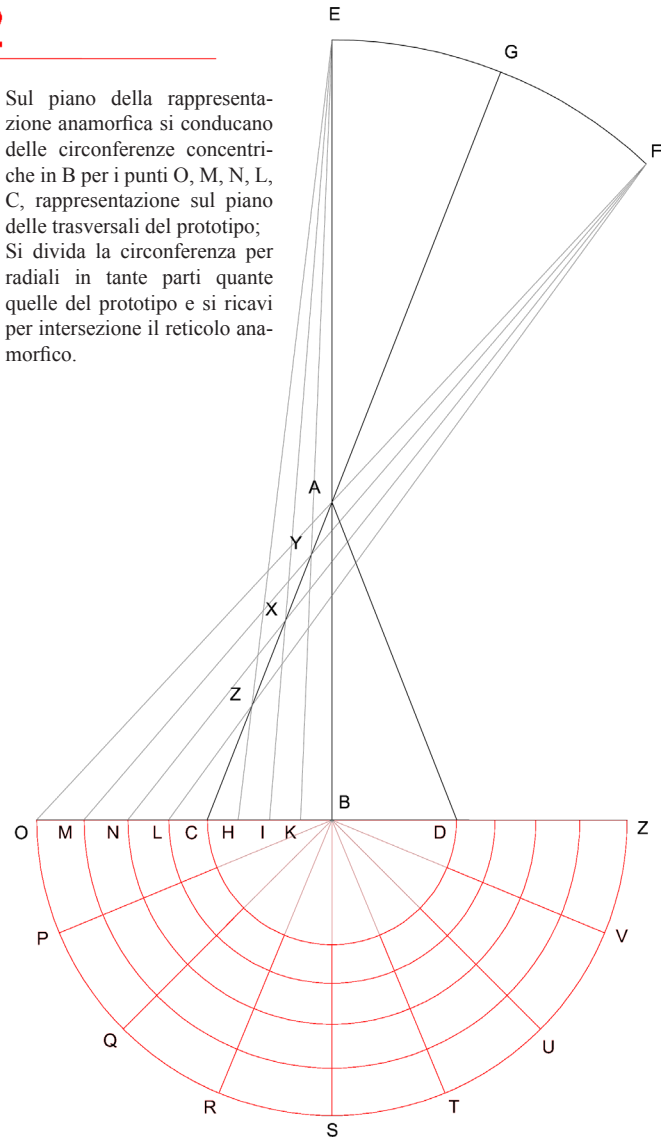
Dati il cono ACD ed il punto di vista E collocato lungo il suo asse, allora:

- Si divida il raggio di base BC in tante parti quante quelle del prototipo;
- Si conducano i raggi visuali da E per ciascun punto di divisione, intersecanti AC in Y, X, Z;
- Si tracci l'arco di cerchio EGF con centro in A e apertura AE;
- Si prolunghi il bordo del cono CA fino ad intersecare EF in G e si riporti GF uguale a GE;
- Si conducano da F delle rette per A, Y, X, Z, fino a OZ.



2

- Sul piano della rappresentazione anamorfica si conducano delle circonferenze concentriche in B per i punti O, M, N, L, C, C, rappresentazione sul piano delle trasversali del prototipo;
- Si divida la circonferenza per radiali in tante parti quante quelle del prototipo e si ricavi per intersezione il reticolo anamorfico.



Oggetto: Anamorfofi catottrica di tipo conico - piramidale

Testo di riferimento: La Perspective cilindrique et conique, Sieur de Vaulezard_Probleme XI

TAVOLA

14

2.11.2 La costruzione delle anamorfose ottiche

L'analisi puntuale dei trattati analizzati e la revisione bibliografica sull'argomento hanno messo in luce la mancanza, nella letteratura storica e moderna, di un quadro panoramico dell'anamorfose ottica che non riguardi esclusivamente le sue implicazioni filosofiche e percettive o i suoi specifici caratteri ma che razionalizzi i vari procedimenti costruttivi cui si è fatto ricorso e le cataloghi di conseguenza.

Le anamorfose ottiche, come più volte ribadito, sono quelle rappresentazioni dalla veduta vincolata che si caratterizzano per il tipo di superficie sulle quali giacciono. Il loro fondamento teorico fu ufficialmente affermato dal Nicéron: comunque si tagli una piramide visuale con vertice nel punto di vista e base nell'oggetto della rappresentazione, la sua sezione corrisponderà sempre, per l'osservatore, alla medesima immagine (fig.01). Tale principio, a capo di una serie di illusioni ottiche, determina anche la classificazione di questo tipo di anamorfose secondo la superficie scelta come piano di sezione. I testi seicenteschi, com'è stato possibile vedere, ne contemplano, in particolare, tre tipologie: superfici piane, superfici coniche e superfici piramidali a base poligonale.

Se a livello teorico non vi sono limiti di sorta alla tipologia di superficie adottabile, è evidente che il disegnatore seicentesco disponeva "solo" di riga e compasso per risolvere i suoi problemi geometrici e, di conseguenza, prediligeva

superfici razionali dalle proprietà note. Tale discorso deve però circoscriversi alle applicazioni geometriche di carattere teorico; la pratica figurativa, infatti, non si imponeva tale limite e, anzi, aggirava il problema con soluzioni maggiormente pragmatiche: i quadraturisti barocchi proiettavano le loro architetture illusorie su superfici voltate di diversa natura. La semplificazione del procedimento tecnico nel rispetto della precisione geometrica era garantita dall'uso di un reticolo orizzontale al piano d'imposta - la graticola del prototipo anamorfo - e di un lume o di corde tese, collocati nel luogo del punto di vista, così come descritto dallo stesso padre Pozzo nel tuo trattato⁸⁵.

La trattazione del controllo proiettivo su questo tipo di superfici - curve o libere - è oggetto del capitolo successivo e lascia quindi il posto alle anamorfose ottiche di tipo piano, conico e piramidale.

Tra i metodi di deformazione, sono da distinguere, innanzi tutto, quelli di deformazione euristica da quelli più prettamente geometrici, a prescindere dalla loro correttezza. Elemento comune a tutte le costruzioni, da quelle ottiche a quelle catottriche, da quelle euristiche a quelle scientifiche, è l'uso di una griglia, generalmente quadrata, che ingabbia la figura scelta e a cui è rivolta la deformazione. Il reticolo, infatti, diviso in parti uguali in altezza come in larghezza, è composto da mediane (linee di divisione verticali) e da trasversali (linee di divisione orizzontali) che semplificano le operazioni di deformazione dell'immagine

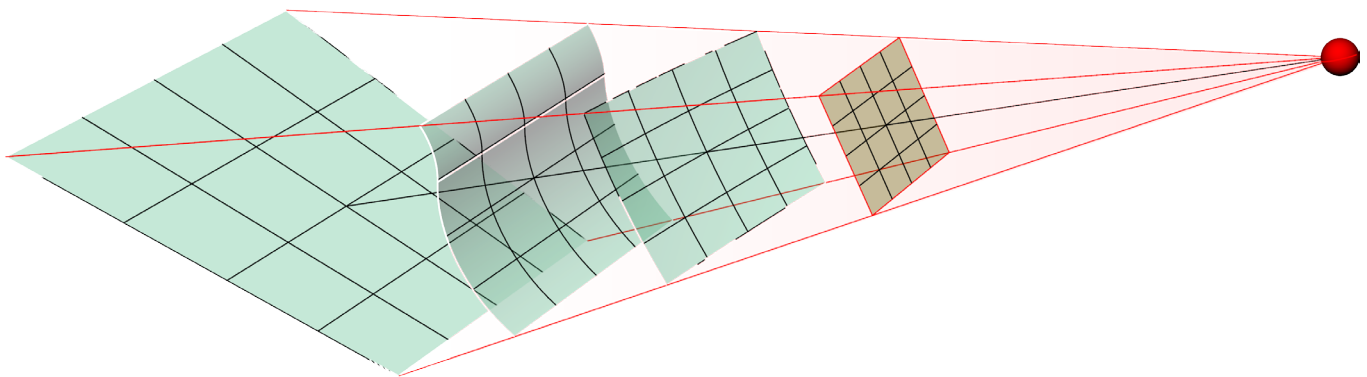


Fig.01 – A più sezioni della piramide visuale corrisponde la stessa immagine dal punto di vista posto al vertice.

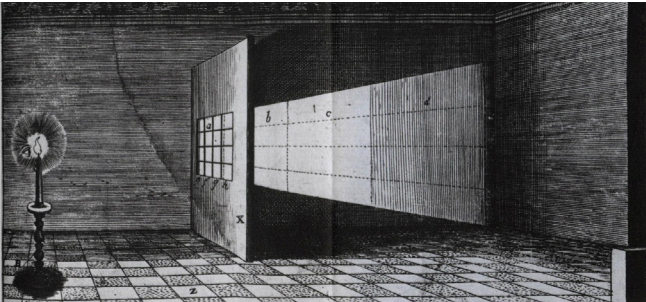


Fig.02 – Bernard Lamy, *Traité de Perspective: Ou Sont Contenus Les Fondemens de La Peinture, chez Anisson, Paris 1701, p.180.*

scelta: qualunque essa sia, si adatterà ai riquadri deformati (così come una riduzione in scala tramite quadrettatura) per ottenere il risultato anamorfico richiesto.

Partendo dall'analisi dei metodi esposti relativi alle anamorfofi piane, si riscontrano, nella categoria dei procedimenti euristici, due sistemi di costruzione:

- Il primo, suggerito da quasi tutti i trattatisti cinque e seicenteschi ma particolarmente caro al Bettini, è il metodo di proiezione di una griglia (o addirittura di un intero “prototipo graticolato”) per mezzo di un lume, che sia una candela o il sole. La tecnica, comune anche al quadraturismo, consisteva nel disegnare il bozzetto all'interno di una griglia, realizzarla nella stessa scala o più grande e posizionarla perpendicolarmente alla parete o al supporto scelto per la rappresentazione; po-

sto poi il lume nel punto di vista prestabilito, si tracciava su tale supporto il disegno dell'ombra proiettata (fig.02). Il procedimento, ancora fonte di perplessità, non poteva che restituire un risultato approssimato ed impreciso.

- Il secondo sistema costruttivo, proposto per la prima volta dal Danti nella seconda metà del Cinquecento, è il metodo dell'allungamento “arbitrario”, privo di un fondamento proiettivo, che consisteva nell'aumentare la lunghezza dell'immagine di un numero proporzionale a discrezione (fig.03). L'immagine così allungata era generalmente posta all'interno di scatole (scatole prospettiche) aperte sul lato opposto all'immagine e forate su quello adiacente per consentirne la visione vincolata. Il Bettini ne riportò testimonianza alla fine del XVII secolo, nonostante la tecnica fosse ormai pienamente acquisita.

Sono stati poi rilevati, nei trattati sulle anamorfofi ottiche piane, quattro diversi modelli procedurali utilizzati per la loro costruzione geometrica, definiti deliberatamente il metodo della sezione, il metodo della diagonale, il metodo dell'omologia ed il metodo del piano obliquo.

- Il metodo della sezione, in riferimento a quello prospettico che opera con gli stessi principi, fu illustrato dal De Caus nel 1612 nella prima trattazione non empirica sull'anamorfofi. Dati quindi l'immagine da rap-

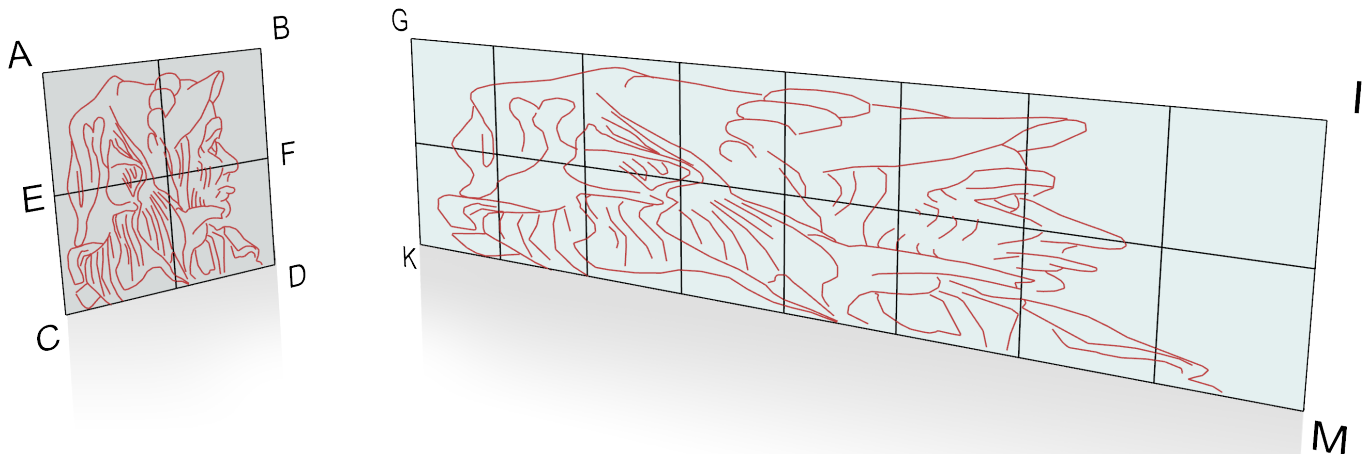


Fig.03 – Ricostruzione dell'immagine della scatola prospettica del Danti: con questo procedimento intuitivo l'immagine prototipo ABCD viene allungata proporzionalmente di quattro volte, andando a corrispondere alla figura GIKM.

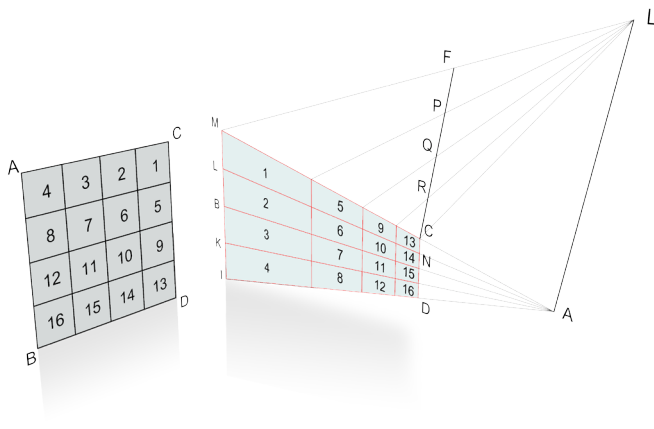


Fig.06 – Metodo alternativo (Bettini): la digradazione prospettica è ottenuta con un ribaltamento del punto di vista L e del segmento FC (diviso secondo il lato AC del prototipo) perpendicolarmente alla retta ACM.

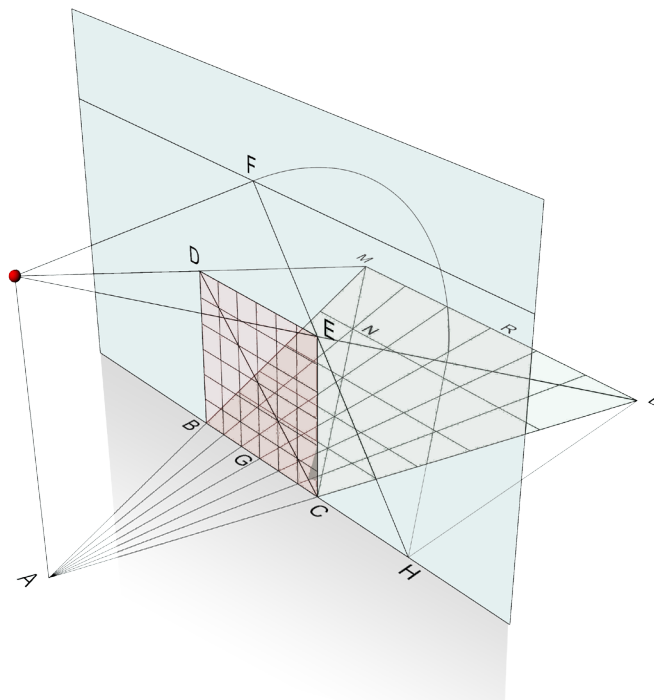


Fig.07 – Metodo dell'omologia (Hérigone): la griglia anamorfica BCLM è ricavata come la vera forma di un reticolo BCDE, sua rappresentazione prospettica.

sioni prestabilite, fissando solo la posizione del punto di vista rispetto ad esso e ricavando, di conseguenza, la sua distanza dal piano. Il Bettini prima e lo Schott poi proposero una variante al sistema suggerendo di rintracciare la digradazione prospettica a partire dalle divisioni riportate sul segmento perpendicolare ad un lato della griglia deformata e da un punto di proiezione trovato sulla sua parallela (fig.06). Questa alternativa si presenta come ibrido tra il metodo della diagonale con quello del piano obliquo prospettato dall'Accolti.

- Il terzo metodo, esposto esclusivamente dall'Hérigone, pone ugualmente le sue basi sul sistema prospettico e si configura assai simile al precedente ma con una sostanziale differenza: invece che utilizzare il punto di distanza per il calcolo della digradazione, esso prevede il ribaltamento del piano geometrico - incernierato sulla linea di terra - sul piano di quadro, sovrapponendosi ad esso (fig.07). Si parte quindi dalla una prospettiva centrale, con una posizione del punto di vista nota, in cui la rappresentazione sul quadro è la nostra griglia originaria mentre l'oggetto della rappresentazione è la griglia deformata, così come nel caso precedente. Poiché si fa coincidere la linea di terra col bordo orizzontale inferiore della griglia - che, di conseguenza, è comune ad entrambe -, la costruzione mira ad individuare un punto del bordo orizzontale superiore del prototipo. Per fare questo sfrutta le proprietà della prospettiva centrale: collegando l'immagine dell'osservatore sul quadro (punto principale) con il punto estremo della griglia prospettica, ricava sulla linea di terra la sua traccia mandata perpendicolarmente dal corrispondente punto della griglia anamorfica. Solo dopo aver ricavato la sagoma della griglia si può determinare la sua suddivisione con la diagonale. Più semplicemente il metodo prevede l'applicazione dell'omologia con un punto di vista improprio e la presenza di due piani sovrapposti e coincidenti. Anche in questo caso è possibile, applicandolo all'inverso il procedimento, determinare la griglia anamorfica a partire dalla lunghezza prestabilita del supporto. Questo metodo privo del punto di distanza, sebbene facile e corretto, richiede più passaggi ed è quindi meno vantaggioso del precedente.

- L'ultimo procedimento costruttivo, proposto dall'Accolti, è un metodo approssimativo che, tuttavia, ha avuto un discreto seguito nella trattatistica (viene fedelmente riportato, ad esempio, nel trattato settecentesco del Galli Bibiena⁸⁶, fig.08) e, ad oggi, oltre ad

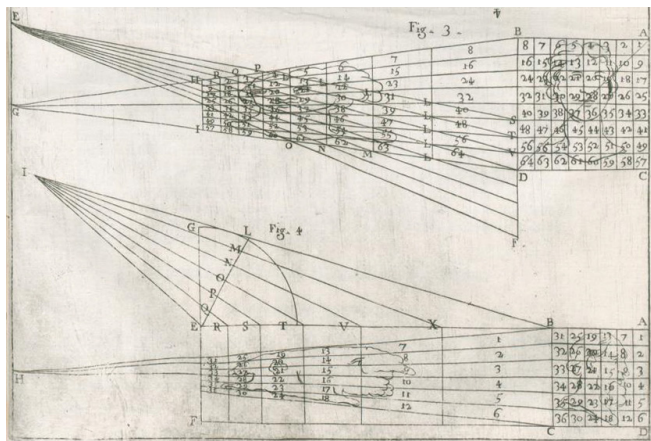


Fig.08 – Giuseppe Galli Bibiena, *L'architettura civile preparata* *la geometria e ridotta alle prospettive. Considerazioni pratiche*, Paolo Monti, Parma 1711, rame 17, fig.4.

essere insegnato nelle scuole secondarie, viene spesso citato nella letteratura sull'argomento senza alcun commento al riguardo. Tenendo fisso il sistema prospettico centrale, questo terzo metodo si differenzia dai precedenti per l'ubicazione dell'osservatore: esso si colloca, infatti, in posizione centrata rispetto l'immagine originaria e non più defilata. Di conseguenza, per consentirne una rappresentazione distorta, il piano di quadro della supposta prospettiva non può assumere una posizione parallela o perpendicolare col piano su cui andrà a giacere la rappresentazione anamorfica ma deve inclinarsi di un angolo consono alle dimensioni del supporto (fig.09). L'impostazione teorica è quindi corretta ma presenta una serie di vizi nello specifico. Il primo errore concettuale è rappresentato dalla libertà fornita nella collocazione del punto di distanza, ignorando il rapporto di proporzionalità che intercorre tra la larghezza della griglia distorta, che l'autore stabilisce in partenza, e la posizione dell'osservatore. Un secondo errore è nell'individuazione del punto di vista, sull'arco tracciato a partire dal punto estremo della rappresentazione anamorfica, e del relativo piano di quadro, quale raggio del cerchio tracciato dall'altezza massima del supporto. Il sistema così costruito, infatti, comporta una digradazione che, oltre a portare uno scarto nella lunghezza, non viene percepita correttamente dal punto di vista prescelto.

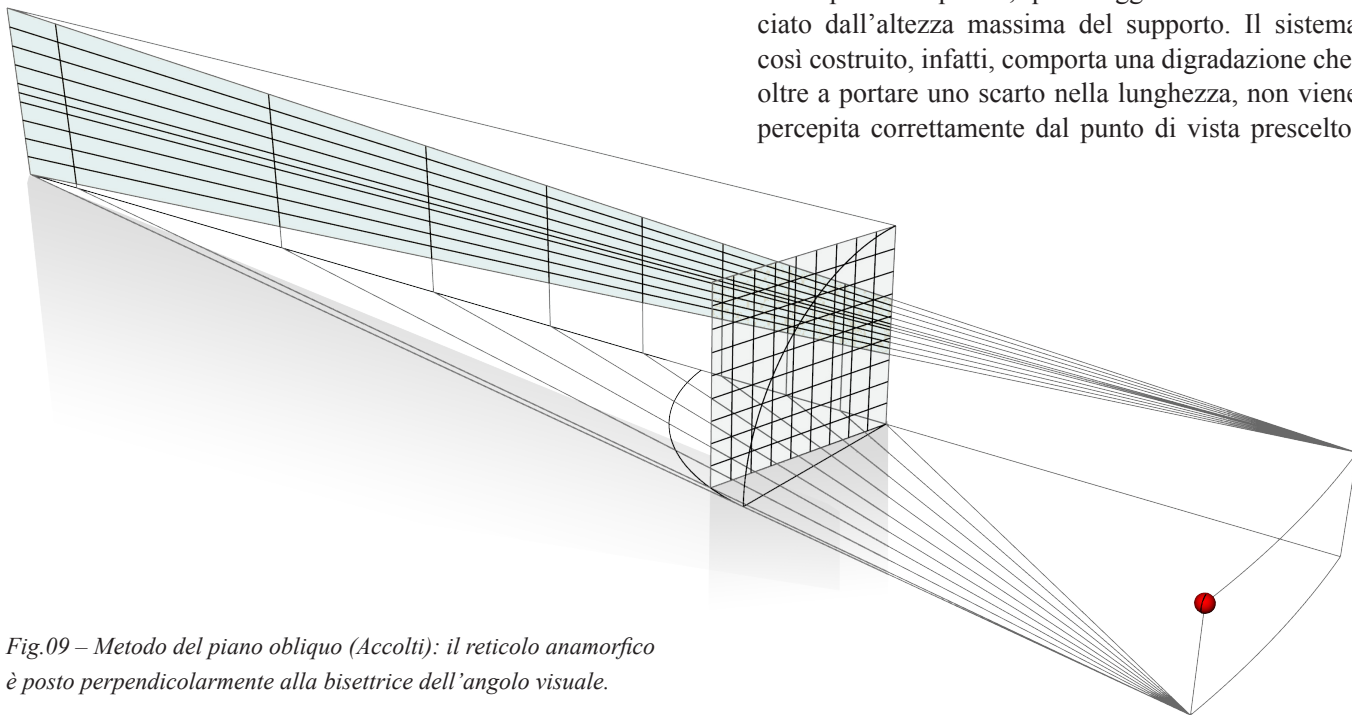


Fig.09 – Metodo del piano obliquo (Accolti): il reticolo anamorfico è posto perpendicolarmente alla bisettrice dell'angolo visuale.

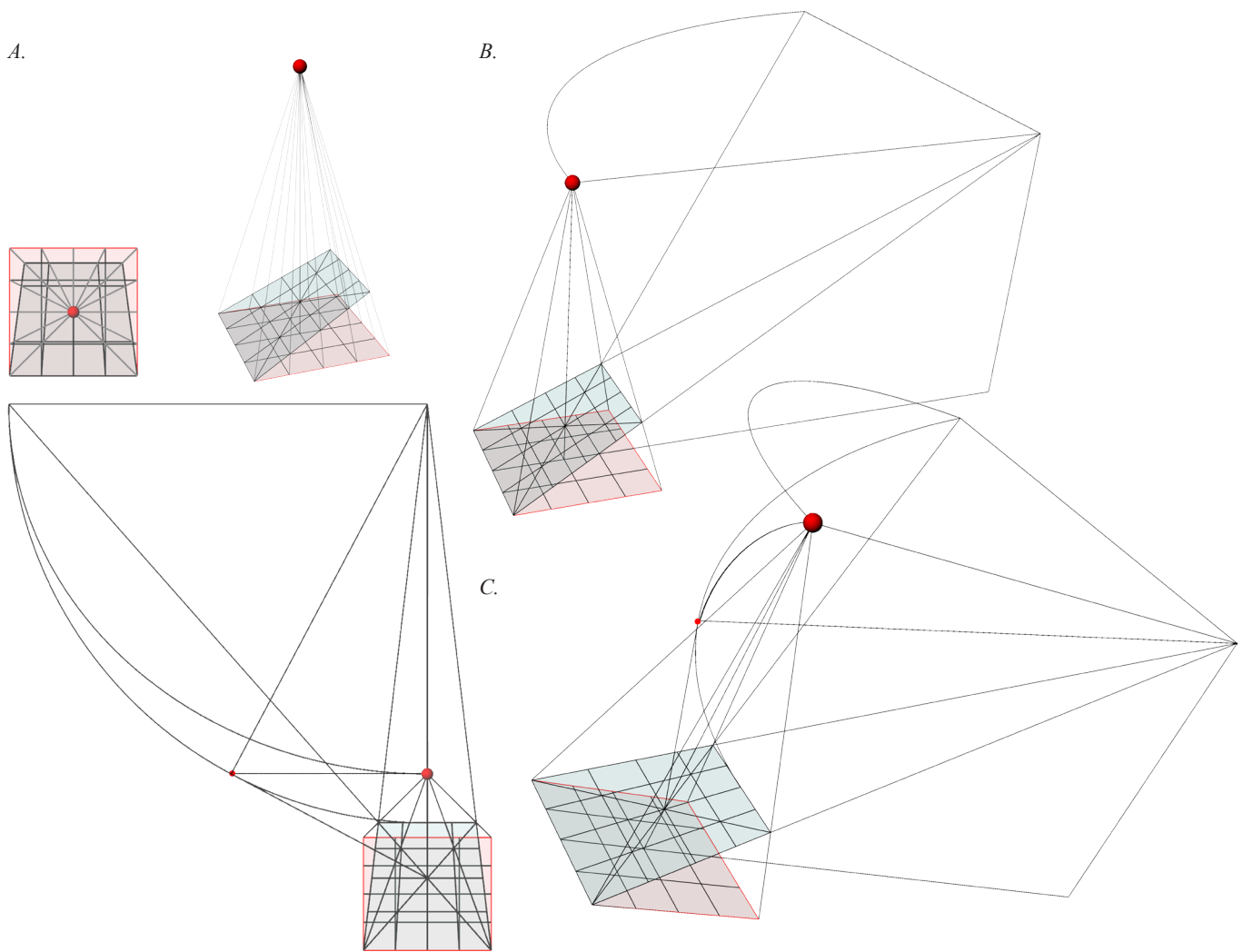


Fig.10 – Procedimento inverso per ricavare il corretto punto di vista di una rappresentazione anamorfica ottica piana.

In questo caso, per rintracciare la corretta posizione dell'osservatore dati le dimensioni del supporto e il punto di distanza su di esso, si pone la questione in altri termini. Come sappiamo, nell'anamorfofi l'osservatore è chiamato a posizionarsi nel punto in cui la rappresentazione della scacchiera assume, per proiezione, una forma simile a quella originaria, forma non facilmente rintracciabile sul supporto disegnato. È stato precedentemente chiarito che la rappresentazione di un qualsiasi oggetto si fonda sulle operazioni di

proiezione e sezione; in particolare, dato un centro di proiezione ed un qualsiasi oggetto, è possibile costruirne tante rappresentazioni quante le possibili sezioni del cono proiettante con generici piani arbitrariamente disposti nello spazio: in questo modo, configurazioni diverse di una stessa forma comportano la medesima immagine sotto uno stesso punto di vista. Si costruisce quindi il cono visivo sotteso alla scacchiera tale che l'asse visivo vi cada perpendicolarmente nel mezzo, e si sceglie, ad esempio, il piano di sezione che presenta

il "minor grado" di anomalia - essendo inclinato in una sola direzione - rispetto al piano della scacchiera in oggetto (fig.10A). Si ottiene per proiezione l'immagine della scacchiera sul piano inclinato, assunto come quadro della rappresentazione, del tutto simile a quella del sistema prospettico impostato nel primo capitolo. È possibile, infatti, desumere tutti gli elementi del sistema prospettico centrale: un punto di fuga delle rette, una linea d'orizzonte, un punto di distanza (fig.10B). È evidente che, in questo caso, il punto di vista della rappresentazione anamorfica differisce da quello della rappresentazione prospettica. Si possono fare, tuttavia, alcune considerazioni sulla posizione dell'osservatore dell'anamorfose: la prima è che esso si trova nello spazio sferico intorno al punto di fuga di raggio pari a quello indicato dal punto di distanza; la seconda è che esso appartiene all'asse della piramide che, per costruzione, è tangente, nel vertice, all'ipotetica sfera tracciata dal punto di fuga. La costruzione del cerchio di distanza e della sua tangente condotta dal centro dell'immagine deformata - individuato dalle diagonali - consente di ricavare, a partire dalla sola rappresentazione anamorfica ottica, il suo punto di osservazione corretto (fig.10B). In questo caso, l'asse visivo si dispone quindi in modo non perpendicolare al piano - o alla serie di piani - sul quale giace la rappresentazione deformata. Uno schema simile è

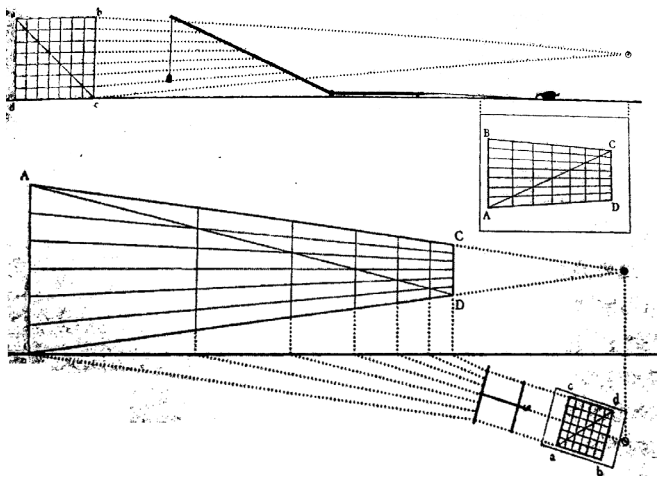


Fig.11 - Prospettografo del Cigoli: schema ricostruttivo a cura di Filippo Camerota.

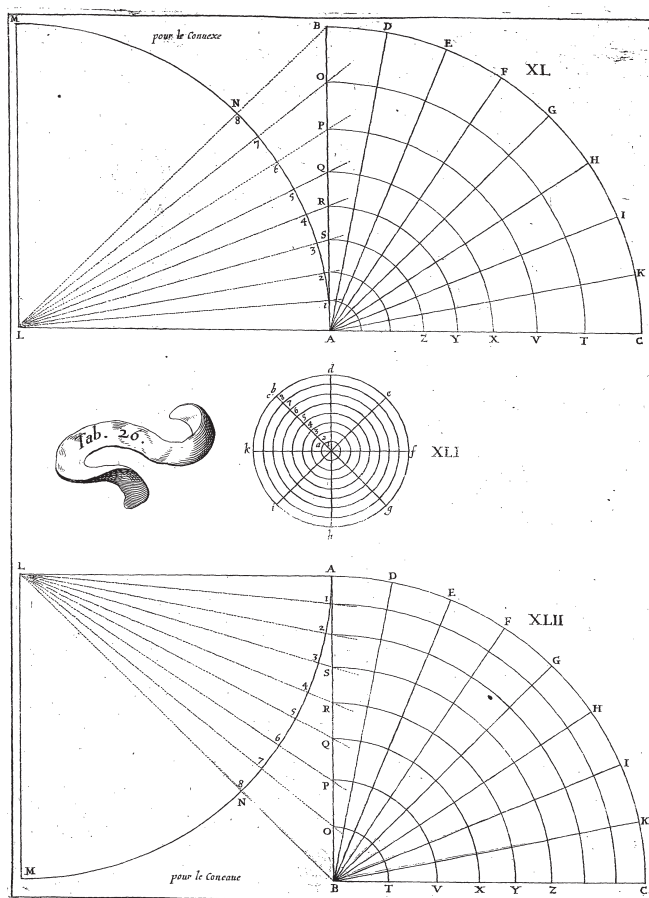


Fig.12 - Jean François Nicéron, Tavola 26: anamorfose ottica su superfici coniche. La digradazione anamorfica è ricavata direttamente a partire dal bordo del cono.

riportato anche dal Camerota per illustrare l'uso del prospettografo inventato dal Cigoli per ottenere un'anamorfose ottica⁸⁷(fig.11).

Sebbene la prima trattazione delle anamorfose ottiche su superfici diverse da quelle piane, e precisamente coniche e piramidali, si rintraccia nell'opera del Nicéron è abbastanza evidente che il procedimento geometrico per la loro costruzione fosse già ben noto: il Vaulezard, ad esempio, lo applica per la realizzazione delle relative anamorfose catottriche. Un'invariante al sistema è la posizione del punto di vista, rigorosamente collocato lungo l'asse del solido geometrico; tale scelta non solo semplifica le operazioni

ma estende la rappresentazione anamorfica all'intera superficie, senza creare zone d'ombra.

Il reticolo anamorfico può essere ricavato seguendo due procedimenti, uno diretto e l'altro indiretto. In entrambi si procede col circoscrivere l'immagine scelta nella figura di base del solido: un cerchio nel caso del cono, un poligono nel caso della piramide. La sua suddivisione interna viene fatta tramite assi radiali - a scelta per il cono, di numero pari ai vertici del poligono di base per la piramide -, trasposizione dei montanti, e da polilinee concentriche - circolari per il cono, poligonali come la figura di base per la piramide -, trasposizione delle trasversali.

- Il primo consiste nel tracciare un quarto di cerchio il cui raggio sia pari al bordo del cono o della piramide considerata; si divide poi metà di tale arco in tante parti quante quelle del prototipo e si conducono dei raggi dal centro dell'arco per ciascuna divisione, ricavando, sul raggio di un arco di cerchio uguale ed adiacente, la digradazione delle circonferenze - nel caso del cono - o delle rette - nel caso della piramide -. Ovviamente la rappresentazione anamorfica è intesa sulla superficie di sviluppo del cono o sulle singole facce della piramide. Il metodo di costruzione diretta è valido per lo specchio concavo quanto, invertito, per quello convesso (fig.12).
- Il secondo procedimento, ricalcando quello ottico, prevede che l'immagine prototipo sia supposta appartenente al piano di base del solido conico. Si rappresenta così il sistema in prospetto - sezione: lo specchio è descritto come un triangolo ed il punto di vista è posto lungo il suo asse, perpendicolarmente al piano dell'anamorfose. Si tracciano poi i raggi visuali passanti per i punti di distanza delle circonferenze concentriche del prototipo tracciati sul diametro alla base e si individuano i punti d'intersezione trovati su di esso; si ricavano, infine, le distanze delle circonferenze anamorfiche sul piano di base. Note tali distanze si costruisce, di conseguenza, il reticolo deformato (fig.13).

Il procedimento si presenta quindi estremamente semplice e facilmente intuibile, entrambi caratteri che ne hanno

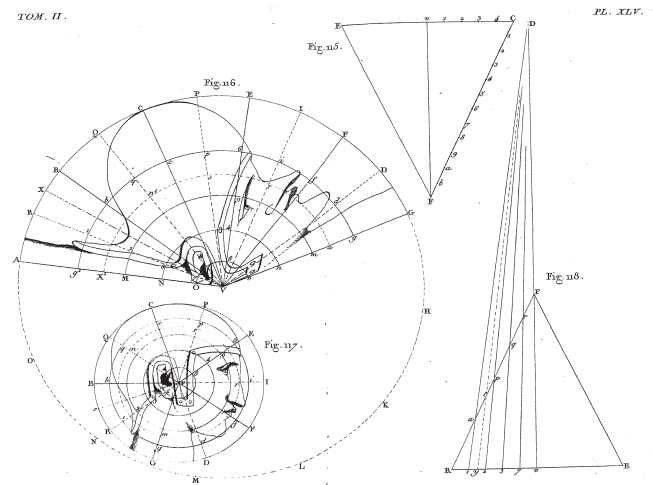


Fig.13 – Jean-Baptiste-Omer Lavit, *Traité de perspective*, pl XLVI: anamorfosi ottica su superfici coniche. La digradazione anamorfica è ricavata indirettamente dalla rappresentazione ortogonale del cono.

consentito la riproposizione in forma sempre uguale, sia nella pratica costruttiva sia nella rappresentazione grafica (fig.14).

2.11.3 La costruzione delle anamorfosi catottriche di tipo cilindrico e conico - piramidale

Tra i meccanismi catottrici sono inclusi diversi sistemi che si pongono, in realtà, a cavallo tra gli anamorfismi ottici e quelli catottrici: questi prevedono, infatti, l'uso di uno specchio piano che, più che fare da anamorfoscio all'immagine, eseguita secondo una deformazione piana, ne modifica il punto di vista e prevede, eventualmente, la possibilità di nascondere la rappresentazione deformata. Due sono i sistemi piani che hanno avuto maggior diffusione nella trattatistica:

- Il primo sistema è costituito semplicemente da un'anamorfose ottica piana da osservare riflessa su di una superficie speculare altrettanto piana. I testi più tardi, come quello del Kircher e del Lavit, propongono soluzioni più articolate in cui il prototipo viene scomposto su più piani da osservare direttamente o in diversi

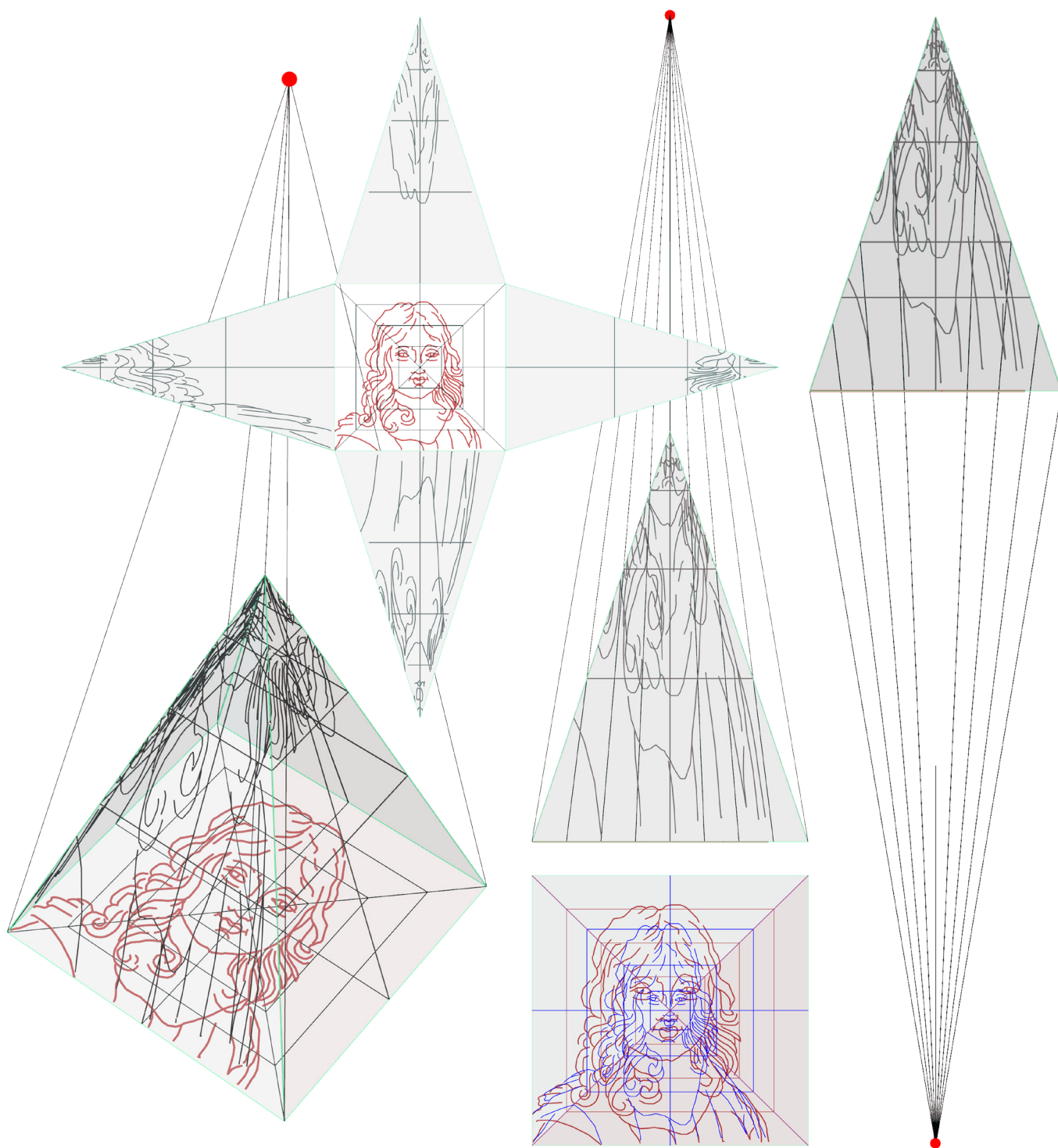


Fig.14 – Anamorfosi ottica su superfici piramidali.

specchi (fig.16).

- Il secondo sistema, raffinata variante del primo, è rappresentato dalla cosiddetta tavoletta del Danti. Sebbene inclusa di diritto nella categoria con la precedente, non è definibile come una vera e propria anamorfofi in quanto non applica alcuna deformazione all'immagine iniziale: si limita a suddividerla in fasce e ad applicare ciascuna di esse sul lato di una stecca prismatica a base triangolare; le stecche vengono poi poste in successione sulla tavoletta e viste riflesse in uno specchio piano inclinato (fig.14). L'angolo d'inclinazione della superficie speculare, generalmente pari a 45° , dipende, in realtà, dalla sezione triangolare delle stecche stesse: si riproduce, infatti, un sistema proiettivo nel quale lo specchio inverte la posizione che l'osservatore - posto piuttosto distante per ridurre al minimo le zone d'ombra in una proiezione conica - dovrebbe assumere per compensare la rotazione dell'immagine scomposta (fig.15). Ad oggi, l'impostazione della tavoletta trova applicazione in alcuni sistemi grafici e pubblicitari che ne riproducono l'apparato ed eliminano lo specchio, ritenuto superfluo.

Caratteristica significativa di entrambi i sistemi è la possibilità di osservare la rappresentazione direttamente per ricavarne la riformazione coerente: lo specchio è quindi solo accessorio il cui uso, non indispensabile, enfatizza l'effetto meraviglia e rendeva l'apparato "magico" agli occhi di un qualsiasi avventore, assecondando così le intenzioni dei trattatisti seicenteschi.

L'anamorfofi catottrica, più complessa di quella ottica, ha presentato, nella trattatistica seicentesca, due approcci differenti, l'uno maggiormente pratico - applicativo e l'altro tipicamente matematico. Sono proprio tali approcci che determinano, in particolare in quella di tipo cilindrico, un sorta di linearità nell'eterogeneità dei procedimenti analizzati - del tutto sconnessa dalla presentazione cronologica - caratterizzata da una graduale approssimazione geometrica⁸⁸. Tutti i procedimenti, in linea generale, prevedono che la costruzione dell'anamorfofi catottrica cilindrica si appoggi a quella dell'anamorfofi ottica per proiettare, sul piano della rappresentazione, il prototipo; quest'ultimo, infatti, si fa appartenere al piano verticale intercettato dai

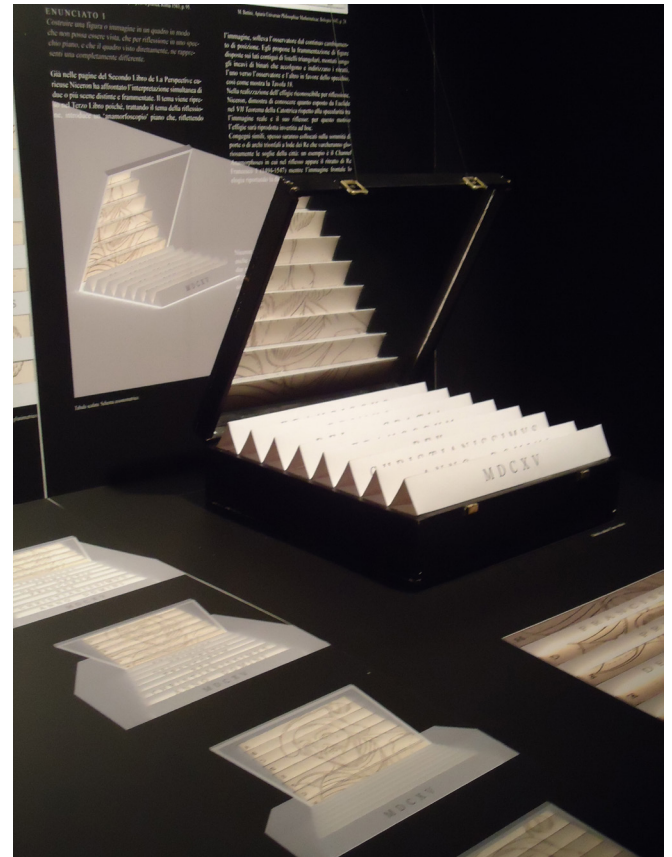


Fig.14 – Ricostruzione tridimensionale e prototipo della tavoletta del Danti realizzati in occasione della mostra “Jean François Niçeron. Prospettiva, catottrica e magia artificiale” di Venezia.

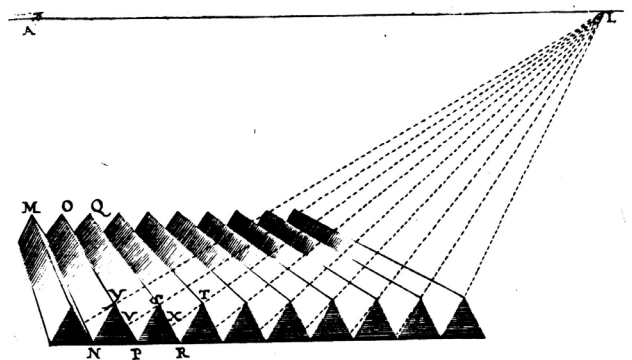


Fig.15 – Illustrazione del funzionamento della tavoletta prismatica del Danti, in *Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae* di Maria Bettini, p.30.

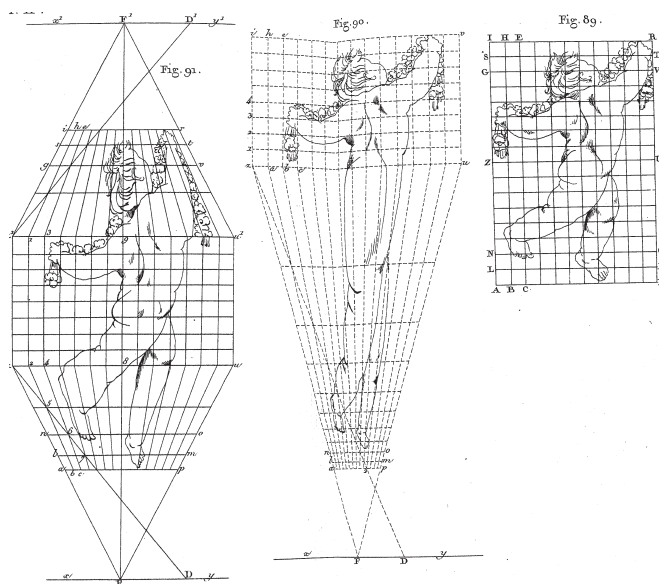


Fig.16 – Illustrazione delle anamorfosi combinate, in *Traité de perspective simplifiée linéaire* di Jean-Baptiste Lavit, pl.XXXVII.

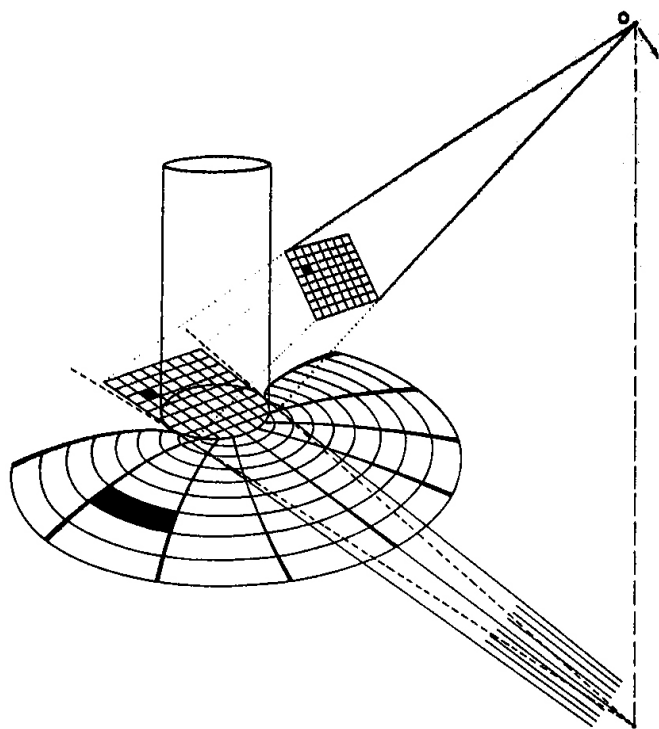


Fig.17 – Noel Blotti, 1982. Immagine tratta da Baltrušaitis Jurgis, *Anamorfosi o Thaumaturgus opticus*, Adelphi, Milano 1990, p.241.

raggi visuali tangenti alla superficie stessa. In un secondo passaggio si individuano i raggi di riflessione relativi ai montanti della figura reticolata e si riportano i punti di intersezione con le trasversali per i quali si tracciano delle curve, immagine sul piano delle trasversali stesse (fig.18). Si può avanzare, su questo tipo d'impostazione, l'osservazione che il prototipo, posto su di un piano parallelo all'asse del cilindro - nel caso dell'anamorfose cilindrica -, verrebbe percepito come rappresentazione prospettica di un quadrato e, dunque, non in vera forma. Esso dovrebbe porsi, infatti, perpendicolarmente all'asse principale della visione ma comporterebbe una significativa conseguenza: i montanti del prototipo non sarebbero infatti coincidenti con i bordi del cilindro e la loro rappresentazione non equivarrebbe a delle rette bensì a delle curve (fig.17). È evidente che si è preferita l'approssimazione d'impostazione - che comporta un minimo scarto percettivo - ad un aumento quasi esponenziale della complessità costruttiva.

La genesi dell'anamorfose ottica, come si è visto, è strettamente connessa alla teorica prospettivistica; di conseguenza, la correttezza delle costruzioni può essere valutata direttamente, proprio in coerenza con la correttezza dell'impostazione prospettica. L'anamorfose catottrica, invece, condivide con quella ottica solo una parte del procedimento di deformazione e si appoggia solo parzialmente alle stesse regole. Essa infatti prevede in aggiunta anche il coinvolgimento delle leggi della riflessione, proprie delle superfici speculari. Queste considerazioni rendono evidente come una valutazione sulla correttezza dei procedimenti sia in questo caso maggiormente impegnativa e di minore intuizione.

L'operazione digitale di ricostruzione tridimensionale dei sistemi geometrici incontrati ha dunque perseguito un duplice obiettivo: in primo luogo quello di attualizzarne la rappresentazione e favorirne la lettura in termini sia bidimensionali che tridimensionali; in secondo luogo quello di eseguire una verifica sul procedimento che fosse sia contestuale alla modellazione (rispetto alle operazioni di sezione, proiezione, ribaltamento o intersezione) sia di simulazione del processo visivo (posizionando una camera nel punto di vista indicato).

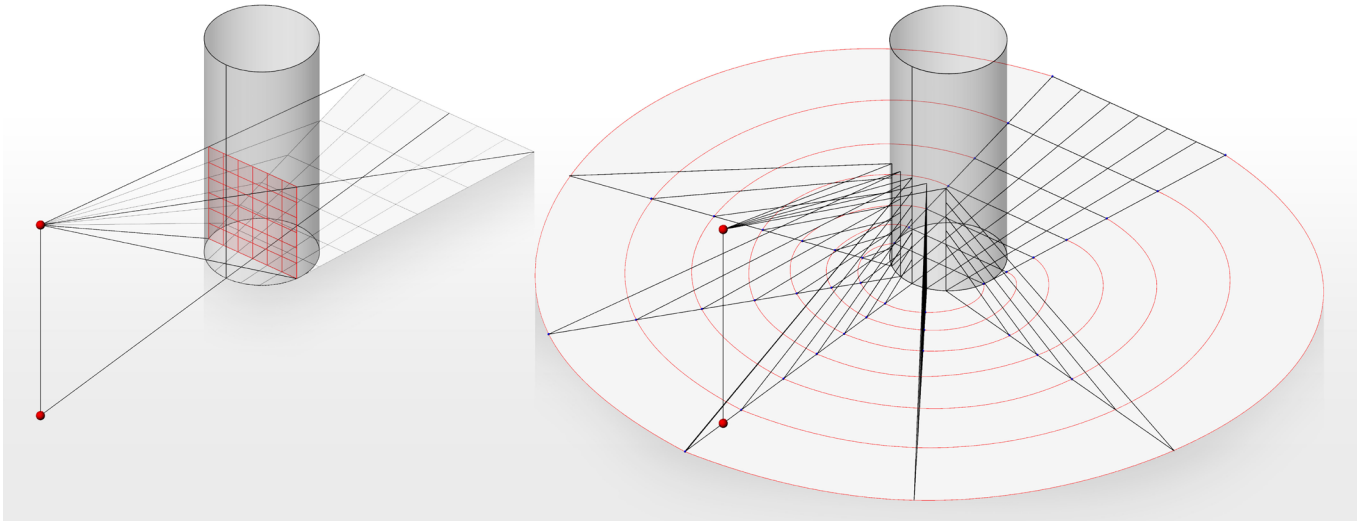


Fig.18 – Processo di deformazione del prototipo sul piano della rappresentazione anamorfica per uno specchio cilindrico.

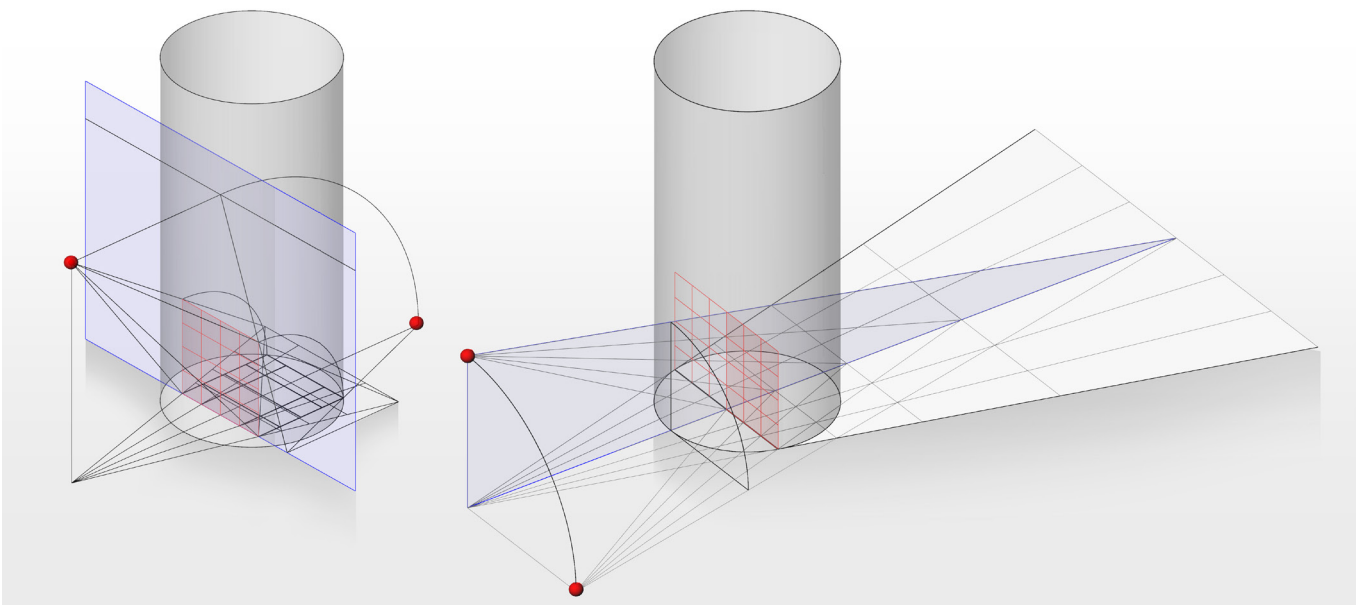


Fig.19 – Sia il procedimento del Vaulezard (a destra) che quello dell'Hérigone (a sinistra) sfruttano il ribaltamento di un piano ausiliario per visualizzare la proiezione del reticolo sul piano della rappresentazione.

I procedimenti relativi alla costruzione dell'anamorfose catottrica di tipo cilindrico che ricadono all'interno del filone matematico possono essere considerati quelli di maggior rigore e se ne annoverano essenzialmente due: il

primo, illustrato dal Vaulezard e copiato poi dal Nicéron (con un errore di approssimazione), prevede la proiezione della griglia grazie all'ausilio del punto di distanza e della diagonale; il secondo, illustrato dall'Hérigone, sfrutta

il ribaltamento omologico descritto in precedenza. I due procedimenti costruttivi sono spesso assimilati - come fatto, ad esempio, dall'Andersen⁸⁹ - ma presentano una serie di differenze, relative in realtà più alla parte della proiezione ottica sul piano che a quella volta all'individuazione dei punti di intersezione. Il metodo del Vaulezard prevede un ribaltamento ugualmente a quello dell'Hérigone ma interessa un diverso piano: quello perpendicolare alla base dello specchio passante per il centro del cilindro e per il punto di vista (fig.19). Inoltre, prevedendo una larghezza dell'immagine inferiore alla traccia del piano fittizio di due moduli, l'Hérigone evita di trovare il raggio di riflessione dei punti periferici che sarebbe stato difficilmente dimostrabile con i principi di uguaglianza degli angoli. Il procedimento per ricavare i raggi di riflessione sul piano, infatti, se per il Vaulezard è prettamente geometrico, per l'Hérigone è quasi prettamente matematico e l'illustrazione sembra solo accessoria alla dimostrazione (fig.32, paragrafo 2.5).

A prescindere però dalle diverse operazioni compiute per pervenire alla deformazione anamorfica, entrambi i metodi, se applicati secondo le stesse condizioni, pervengono al medesimo risultato. La modellazione tridimensionale del sistema ne conferma, in fase di visione dal "punto dell'occhio", la correttezza (fig.20). Lo stesso può essere fatto per le griglie che, allo specchio, devono apparire concave o convesse (fig.21).

Il procedimento del Nicéron, nonostante si configuri del tutto simile a quello del Vaulezard, presenta un grave errore

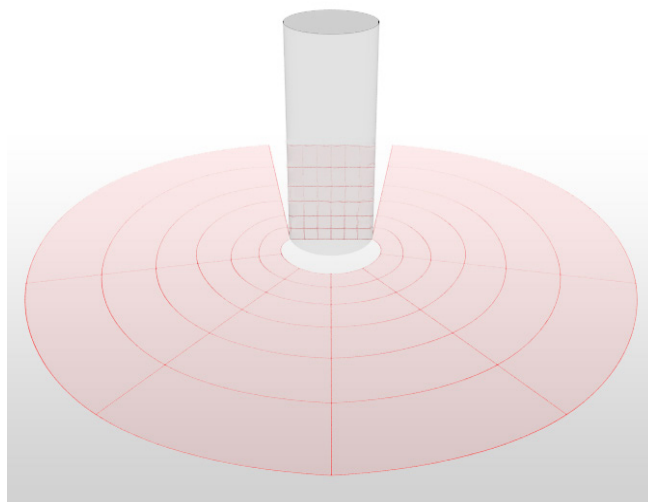


Fig.20 – La simulazione consente di verificare se l'apparizione sullo specchio corrisponde all'immagine del prototipo iniziale.

concettuale: egli infatti non considera il piano individuato dalle rette tangenti alla circonferenza di base dello specchio cilindrico ma quello corrispondente al suo diametro (fig.41, paragrafo 2.6). L'intera costruzione ne risulta così compromessa e testimonia un atteggiamento comune a tutti i testi successivi: la riproposizione spesso meccanica e passiva dei procedimenti e delle relative illustrazioni.

Dal punto di vista puramente rappresentativo, l'illustrazione dei problemi è chiara ed essenziale: le rappresentazioni dell'Hérigone presentano delle linee continue per gli elementi del problema e delle linee tratteggiate per

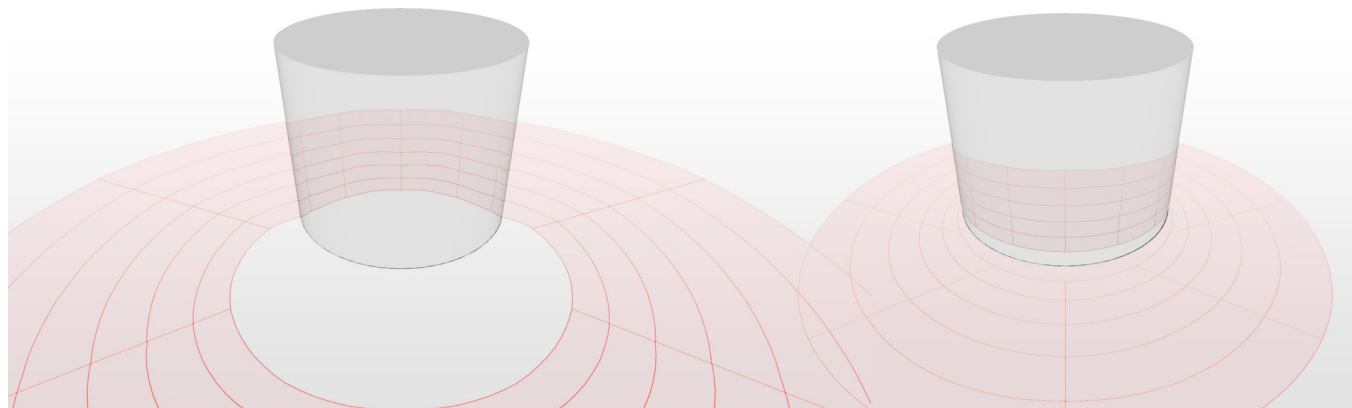


Fig.21 – Verifica tridimensionale per un reticolo anamorfico che allo specchio cilindrico appaia concava (a sinistra) o convessa (a destra).

le costruzioni da eseguire; quelle del Vaulezard limitano i passaggi a metà della figura (svolti solo una volta per dare l'esempio) e spesso illustrano più problemi insieme. In quest'ultimo caso però, la volontà di garantire la massima chiarezza nella lettura delle costruzioni va a discapito della completezza dell'esercizio e non lascia intendere il risultato ultimo da raggiungere. Di contro, le illustrazioni del Nicéron sulla stessa tematica, maggiormente focalizzate sulla resa della rappresentazione finale, sfavoriscono la lettura e la comprensione dei procedimenti descritti nel testo a fronte.

Il procedimento del Vaulezard e quello dell'Hérigone rappresentano la base teorico - matematica della costruzione geometrica dell'anamorfose catottrica di tipo cilindrico ma la storia anamorfica vide praticati e consigliati altri metodi più euristici ed approssimativi che meglio si adattavano alla pratica artistica.

- Un primo modello approssimato fu proposto dallo stesso Vaulezard che, conscio della discrepanza che esisteva tra le pratiche teoriche e le pratiche figurative, cercò una sorta di compromesso tra il rigore e l'approssimazione per "arginare i danni" delle costruzioni prive di fondamento. Il suo metodo prevede, a partire dalla corda intercettata dalle tangenti al cerchio di base tracciate dal punto di vista, una divisione dell'asse in tante parti quante quelle del prototipo. Il matematico esula quindi dal proporre il ribaltamento delle altezze, rinunciando, di conseguenza, alla digradazione delle trasversali che risultano essere, con questo sistema, delle circonferenze concentriche. Anche

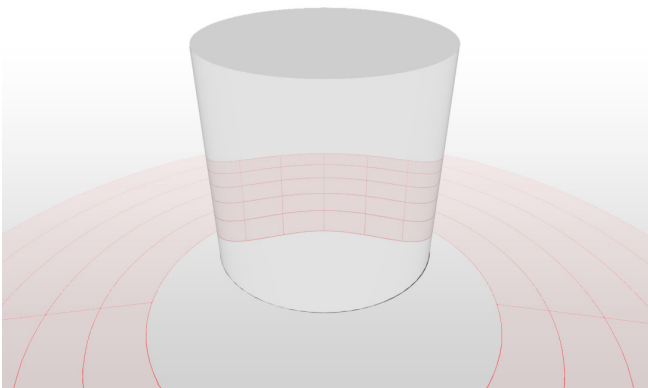


Fig.22 – Simulazione del metodo approssimativo del Vaulezard.

il tracciamento dei montanti è meno rigoroso e si basa sul rispetto dell'uguaglianza dell'angolo di riflessione con uno di incidenza perpendicolare alla corda BC e non radiale da T. La simulazione tridimensionale del sistema mette in luce le conseguenze di questo tipo di approssimazione: il reticolo allo specchio appare schiacciato e le trasversali si incurvano con un duplice flesso (fig.22).

- Il Nicéron avanza un metodo non del tutto euristico ma neanche così ligio alle regole geometriche, ideato per andare incontro a coloro che non erano pratici della tecnica. Tracciato quindi sul piano il cerchio di base dello specchio cilindrico, si divide la circonferenza in parti e, dal suo centro e per ciascun punto di divisione, si conducono delle semirette, rappresentazione sul piano dei montanti verticali della griglia. Si divide poi il semidiametro in quattro parti uguali e si descrivono, dal punto 3 della divisione, delle porzioni di cerchio, la cui reciproca distanza viene incrementata proporzionalmente, a rappresentare le trasversali della griglia. Il sistema (fig.23) non considera, tra le tante, la posizione del punto di vista e, di conseguenza, l'uguaglianza tra gli angoli di incidenza e quelli di riflessione. Sebbene l'autore specifichi che l'illustrazione riporta un errore dell'incisore - le distanze tra i cerchi sono uguali invece che incrementate -, molti testi successivi la ripresenteranno senza modifiche (si veda, ad esempio, quella del Moxon⁹⁰, fig.24).
- Anche il Dubreuil espone un sistema approssimativo, in alternativa a quello corretto. In primo luogo, seguendo in linea di massima il metodo del Vaulezard, una volta trovata la corda BC con le tangenti al cerchio di base condotte dal punto di vista, non considera l'operazione come la proiezione della figura prototipo appartenente al piano verticale di traccia BC ma divide, superficialmente, lo stesso arco di cerchio sotteso dalla corda in tante parti quante quelle alla base dell'immagine predisponendo, da subito, spazi riflessi diguaglianti - perché, come specifica lo stesso autore, visti sotto angoli diversi⁹¹-; in secondo luogo, approssima le curve delle trasversali a degli archi di cerchio; infine ricava i montanti unendo le divisioni della circonferenza minore con quelle della maggiore, senza

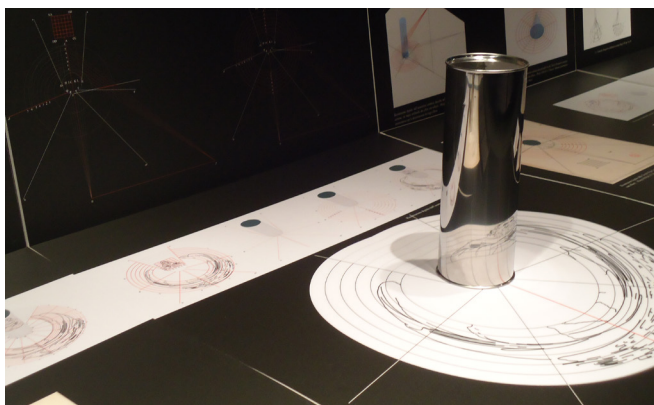


Fig.23 – Simulazioni tridimensionali realizzate in occasione della mostra "Jean François Niçeron. Prospettiva, catottrica e magia artificiale" di Venezia.

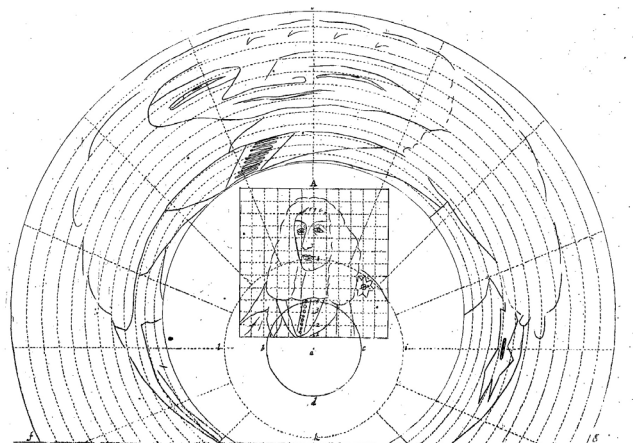


Fig.24 – L'illustrazione del Moxon riporta una digradazione appena percettibile tra le trasversali del reticolo deformato.

porre alcuna attenzione all'uguaglianza degli angoli d'incidenza e riflessione. L'autore, inoltre, sceglie di non ribaltare le altezze per trovare le intersezioni sul piano: preferisce separare la rappresentazione degli alzati e di riportare, di volta in volta, le distanze così ricavate (fig.25).

I procedimenti che più si allontanano dal rigore scientifico sono quelli che assimilano la riflessione sulla superficie cilindrica ad una proiezione da un centro determinato e sono entrambi proposti dal Bettini:

- Il primo, riproposto poi dal Kircher e dall'Ozanam,

rappresenta sicuramente la versione maggiormente approssimativa: la deformazione è ricavata, così come già proposto per i sistemi ottici, tramite il lume di una candela posto in posizione opposta rispetto al punto di vista da assumere davanti allo specchio (fig.26).

- Il secondo metodo, semi - geometrico, suggerisce di tracciare radialmente i montanti della rappresentazione anamorfica da un punto K - geometrizzazione del lume - e di trovare la digradazione anamorfica con un ribaltamento delle altezze e dell'osservatore (compiuto, di volta in volta, per ogni montante disegnato). La mancanza di rigore del metodo consente anche una maggiore libertà nella rappresentazione: l'illustrazione è, infatti, simil prospettica, al contrario delle icnografie, maggiormente usate per l'illustrazione di questo tipo di problemi (fig.27).

Le anamorfose catottriche di tipo conico - piramidale sono state a lungo preferite rispetto a quelle cilindriche perché, oltre all'estrema semplificazione del problema geometrico, enfatizzano le deformazioni e, quindi, restituiscono immagini meno riconducibili all'originale. Dal punto di vista storico la sua costruzione non presenta, sul piano geometrico, discordanze di procedimenti o metodi e deriva direttamente da quella di tipo ottico: nell'anamorfose ottica cilindrica, un'immagine, per essere vista regolarmente da un punto posto lungo l'asse del cono, occorre che sia

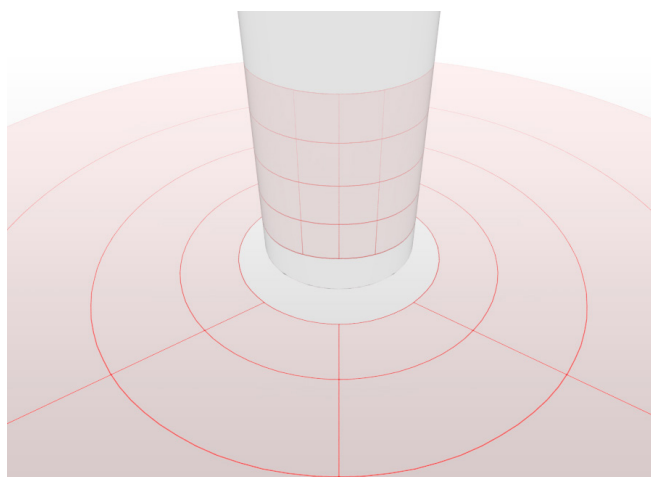


Fig.25 – Simulazione del metodo del Dubreuil.

trasferita sulla sua superficie. In altre parole la figura scelta deve essere riportata sulla superficie di sviluppo del cono - un mezzo cerchio - internamente se si vuole un cono concavo o esternamente se lo si vuole convesso. Ragionando in termini di "prototipo" il sistema consiste nell'inscrivere l'immagine nel cerchio di base dello specchio, dividerlo in parti uguali mediante circonferenze concentriche e raggi e, come se fosse posta sul piano della base, proiettarla sulla superficie conica. L'intersezione tra i raggi visuali ed il prototipo restituisce la digradazione prospettica.

Lo stesso procedimento può essere applicato anche a superfici piramidali, iscrivendo la figura scelta nella figura poligonale di base dello specchio. Dall'anamorfofi ottica a quella catottrica il passo è breve: basta calcolare la riflessione con angolo uguale a quello d'incidenza rispetto la retta di bordo del cono per ricavare la griglia deformata sul piano di base - o su un qualsiasi piano parallelo a quello di base -. Matematicamente, utilizzando di un cono di raggio r e altezza h come specchio, lo spazio di riflessione è pari

ad una corona circolare di raggio $R = h \tan 2\alpha$ dove 2α è pari all'apertura completa del cono stesso.

2.12 Considerazioni conclusive

Dallo studio puntuale dei processi generativi delle anamorfofi di tipo ottico e di tipo catottrico nei principali trattati cinque e seicenteschi possono essere tratte due ordini di considerazioni, le une di carattere generale sullo sviluppo della rappresentazione anamorfica nella storia, le altre specifiche sulle costruzioni geometriche.

Per quanto riguarda le prime, la ricognizione storica sull'argomento ha messo in luce la presenza di una serie rilevante di lacune tra le varie fonti, oltre all'evidente disallineamento della pratica artistica rispetto alla trattazione teorica. Il quadro dell'Holbain, *gli Ambasciatori*, si pone, infatti, come caposaldo di una tecnica che, con grande pro-

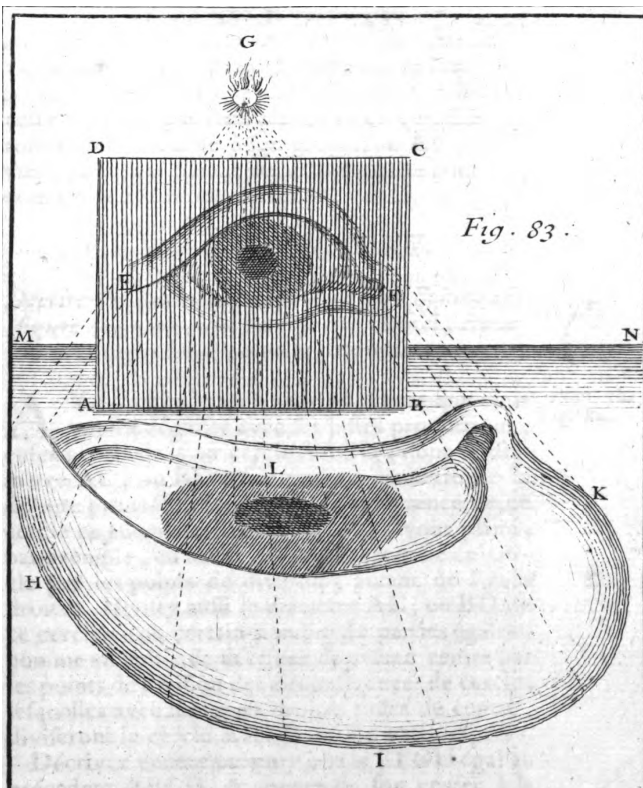


Fig.26 – Jacques Ozanam, *Récréations mathématiques*, p.442.

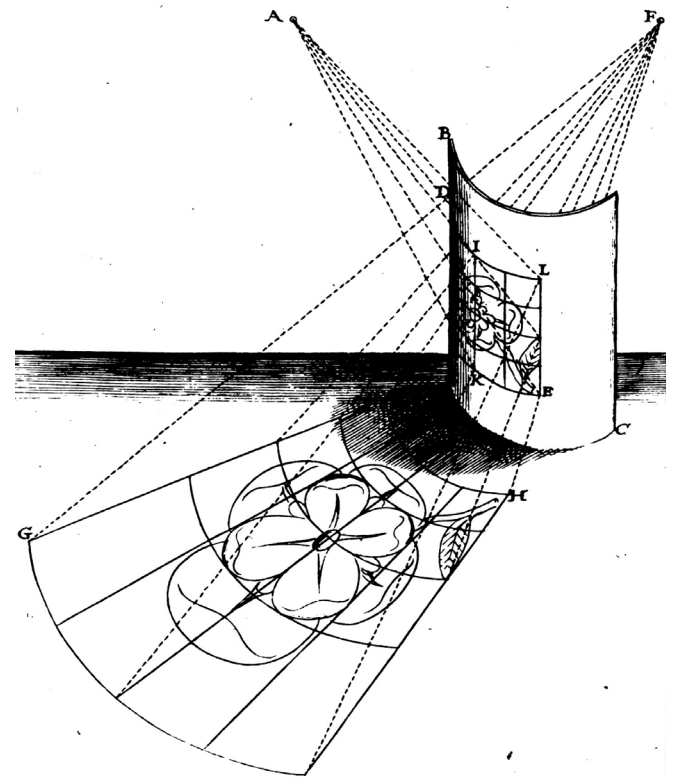
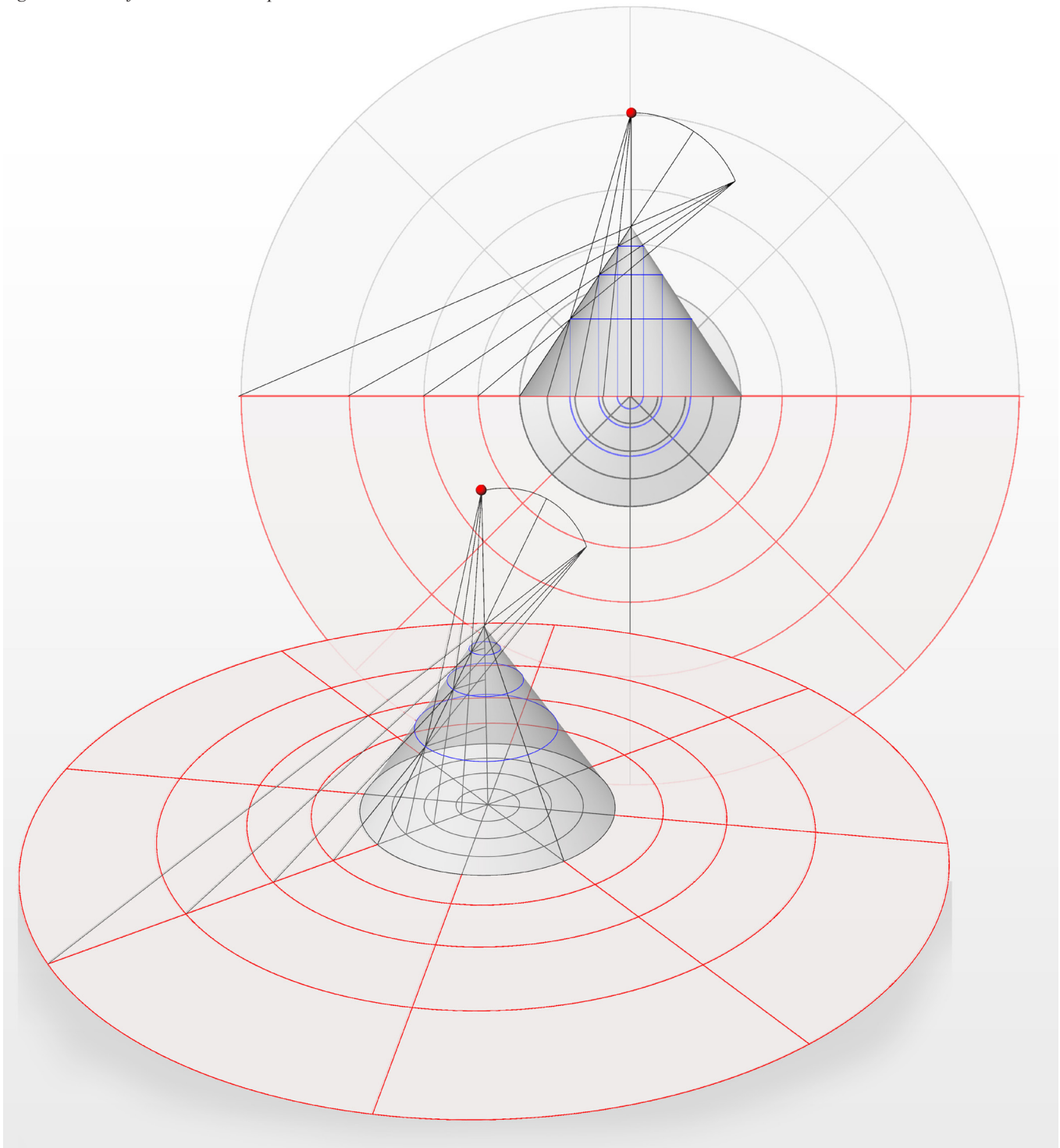


Fig.27 – Mario Bettini, *Apiaria*, p.22.

Fig.28 – Anamorfosi catottrica di tipo conico



babilità, si sviluppò a partire dai paesi nordici e, nello specifico, dall'ambiente degli incisori di Norimberga; non a caso, la prima rappresentazione rigorosa, risalente al 1540, è attribuita ad un anonimo maestro della città.

A livello teorico, invece, trattazioni del tutto euristiche, come quelle del Danti e del Barbaro (in cui la rappresentazione anamorfica ottica non sembra - stranamente - essere il conseguente sviluppo di quelle aberrazioni marginali che erano fortemente temute nella prospettiva rinascimentale), si affiancano a testi più rigorosi come quelli del de Caus e dell'Herigone. Tra questi testi e l'opera del Nicéron, del 1638, nella quale si esprime la piena consapevolezza e padronanza della deformazione anamorfica, si colloca il primo vuoto letterario. Il secondo, invece, è individuato dall'assenza di premesse alla risoluzione del problema catottrico data definitivamente dal Vaulezard nel 1630.

È curioso constatare come il processo di definizione delle deformazioni di tipo ottico passò dall'iniziale approssimazione pratica delle costruzioni ad una sempre più rigorosa descrizione del problema, contrariamente a quanto accade per le anamorfose di tipo catottrico che, viceversa, furono descritte meticolosamente nei primi testi per adattarsi poi gradualmente all'applicazione pratica, più semplice e sbrigativa.

Il secondo ordine di considerazioni riguarda, nello specifico, la presenza di una serie di costanti che accomunano, a prescindere dalle varie definizioni che sono state date al problema, i diversi schemi teorici di base. In primo luogo, tutti gli schemi prevedono l'iscrizione della figura assunta a prototipo in un reticolo a maglia quadrata: tale reticolo, discretizzato prima in rette orizzontali e verticali e poi nei suoi punti di intersezione, è il vero soggetto delle operazioni di deformazione. La figura - prototipo viene infatti deformata solo in un secondo momento, manualmente (senza alcun controllo geometrico), all'interno dei singoli moduli. In secondo luogo tale reticolo è supposto appartenente ad un ipotetico quadro che sia piano e distinto dalla superficie dell'anamorfose e che sia perpendicolare (o approssimativamente tale per l'anamorfose catottrica di tipo cilindrico) all'asse visivo principale; deve, cioè, rappresentare la visione corretta del prototipo da parte dell'osservatore. In tutti gli schemi la deformazione anamorfica

è poi ricavata con operazioni di proiezione - del prototipo reticolato - ed intersezione - dei raggi proiettanti con la superficie della rappresentazione -; proiezione doppia nel caso del sistema catottrico, dovuta alla riflessione. Un ultimo elemento in comune, assai significativo, è rappresentato dalle superfici oggetto delle trattazioni, siano esse destinate a fare da supporto all'immagine deformata o da anamorfoscio per l'immagine ricostituita: esse sono le medesime e si tratta di superfici piane, coniche, piramidali o cilindriche.

Queste ultime hanno a lungo rappresentato un problema geometrico - analitico, la cui risoluzione doveva essere raggiunta con l'ausilio di "riga e compasso", secondo la connotazione classica impostata dai geometri antichi. Le superfici cilindriche richiesero, per la loro codificazione, l'intervento dei matematici e, di conseguenza, quelle con un maggiore grado di complessità non erano minimamente contemplate poiché avrebbero richiesto calcoli troppo lunghi e laboriosi se non addirittura impossibili da effettuare (si pensi, ad esempio, di calcolare la riflessione di un'immagine per una superficie libera). I limiti imposti al discernimento del problema anamorfico erano, quindi, puramente strumentali; per questo motivo, le superfici sferiche o paraboliche, ad esempio, furono introdotte in questo tipo di rappresentazioni solo nel XX secolo, quando i primi *software* di generazione automatica riuscirono a calcolare la deformazione per curvature costanti note. È da queste considerazioni che prende le mosse la parte sperimentale della ricerca, esposta nel successivo capitolo.

È indispensabile specificare, in conclusione, che l'intera ricerca è stata geograficamente limitata al territorio europeo e limitrofo, per evidenti difficoltà di reperimento e traduzione dei testi ma non si esclude (anzi si auspica) una ricognizione più ampia che possa non solo far luce sulle reali origini dell'anamorfose catottrica, ad oggi assai incerte, ma anche colmare le varie lacune storiche e teoriche sull'argomento, fornendo un quadro quanto più possibile ampio ed esauriente.

Note

1. Salomon de Caus, *La perspective avec la raison des ombres et miroirs*, Londra 1612, *Av serenissime Prince*.
2. Cfr. Luigi Vagnetti, *De naturali et artificiali perspectiva*, Libreria Editrice Fiorentina, Studi di Architettura, Firenze 1979.
3. Cfr. Andrea Comolli, *Bibliografia storico-critica*, Stamperia Vaticana, Roma: 1788, pp.161-162.
4. Pietro Accolti, *Lo inganno degli occhi, prospettiva pratica*, Firenze 1625, p.48.
5. O *Punctum Concursum*, come definito da Guidubaldo del Monte in *Perspectivae Libri Sex* dove fornisce una rigorosa dimostrazione della proposizione "un fascio di rette parallele dello spazio si rappresenta nel quadro attraverso un sistema di rette parallele o concorrenti nel punctum concursus", già noto da tempo.
6. Agostino De Rosa, Giuseppe D'Acunto, *La vertigine dello sguardo. Tre saggi sulla rappresentazione anamorfica*, Cafoscarina, Venezia 2002, p.20.
7. Vedi Rolando Secchi, Valerio Valeri, *Corso di disegno I*, La nuova Italia, 2010, Contenuto digitale del CD.
8. Pietro Accolti, *op. cit.*, p. 49.
9. *Prospettiva cilindrica e conica, concava e convessa o trattato delle apparizioni viste per mezzo di specchi cilindrici e conici, siano essi convessi o concavi: con la costruzione e posizione delle figure rispetto a tali specchi, affinché le loro apparizioni siano conformi alla volontà*, J. L. Vaulezard, *Perspective cylindrique et conique*, Paris 1630.
10. Cristina Candito, *Il disegno e la luce*, Alinea, Firenze 2010, p.73.
11. «[...] molti di quelli che sono mediocrementemente abili nella matematica e che ne hanno fin qui visto gli effetti sul pubblico (delle rappresentazioni anamorfiche), non avrebbero mancato di esser contenti nel conoscerne le cause.» J. L. Vaulezard, *op. cit.*, *Advertissement au lecteur*.
12. Strumento attribuito a Galilei, fondato sulla proporzionalità, dimostrata da Euclide, tra i lati omologhi di due triangoli. Consiste in due righelli di uguale lunghezza uniti su un disco (nocella) come cerniera che ne permette l'apertura a compasso. Su i due righelli sono riportate sette scale proporzionali (aritmetiche, geometriche, stereometriche, tetragoniche, poligrafiche, scala dei metalli e linee aggiunte) e un arco di cerchio graduato munito di scala dei gradi, scala delle pendenze e quadrato delle ombre.
13. Una breve trattazione geometrico - matematica dei problemi sull'anamorfose catottrica del Vaulezard sono contenuti anche in Kirsti Andersen, "The mathematical treatment of anamorphoses from Piero della Francesca to Nicéron", in Christoph J. Scriba, Joseph Warren Dauben, *History of Mathematics: States of the Art*, Academic Press, San Diego 1996.
14. *Scholia* nella versione originale: annotazioni, considerazioni.
15. «Siano dati uno specchio cilindrico convesso e un piano sul quale vi sia un cerchio uguale a quello di base del cilindro, tracciare sul piano una retta, che sia vista su un lato del cilindro e che intersechi il cerchio dato in un punto preposto; sia altresì data la distanza del centro del cerchio dal punto che cade perpendicolare dall'occhio» J. L. Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 1*, p.13. Lo scolio in coda al problema specifica che la costruzione è applicabile anche agli specchi cilindrici di tipo concavo.
16. «Estant donné vn miroir cylindrique conuexe, vn plan aiant vn cercle egal à la base d'iceluy, auquel cercle doit estre jointe la mesme base: pareillement la distance & la hauteur de l'œil tracer vn point en ce plan duquel l'apparence soit en vn des costez du miroir cylindrique, & a vn point prescrit en iceluy.» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 2*, p.16.
17. «Siano dati uno specchio cilindrico convesso, un piano sul quale vi sia un cerchio uguale a quello di base dello stesso specchio e sul quale sia posato, la distanza e l'altezza dell'occhio rispetto allo specchio e al piano dato. Sia sempre data una figura come la si vuole, tracciata e descritta su di una superficie piana; descrivere sul piano dato un'altra figura la cui apparizione sul cilindro sia uguale a quella proposta se la base del cilindro è posta sul cerchio del piano e l'occhio alla distanza richiesta.» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 3*, p.18.
18. Vedi Kirsti Andersen, *op. cit.*, p.23.
19. «Les mesme choses que dessus estant proposee, descrire au plan donné les transuersales & montantes homogenes, en sorte que la figure descrite par le moien d'icelle pareisse dans le miroir cylindrique conuexe, ainsi que si elle estoit descrite en la superficie d'iceluy, ou bien dans vne superficie concaue» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 4*, p.29.
20. Il problema è corredato da un lemma che dimostra la proporzionalità di due cerchi, i cui centri siano allineati rispetto ad un punto A esterno ad essi, con le distanze dei cerchi dal punto stesso. Vaulezard, *op. cit.*, lemma, pp. 32-34.
21. Il trattato riporta, invece della lettera I, la lettera L in più parti del testo. Si considera, questo, un errore di trascrizione poiché l'indicazione che tali punti individuino le intersezioni delle rette AM ed AL con la circonferenza è chiara ed è corretta in un passaggio

successivo. Si preferisce, di conseguenza procedere coerentemente con la nomenclatura indicata dall'illustrazione.

22. Anche in questo passaggio il testo riporta la lettera V riferendosi al punto che, nell'illustrazione a corredo, viene chiamato S.

23. «Siano dati uno specchio cilindrico convesso, un piano perpendicolare alla sua base e la distanza e l'altezza dell'occhio sullo stesso piano della base rispetto ad essa, descrivere sul piano dato una figura la cui apparizione sullo specchio sia simile a quella della figura scelta come se giacesse su un piano interposto tra l'occhio e lo specchio» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 5*, p.34.

24. «Siano dati uno specchio cilindrico concavo, un piano sul quale sia posato un cerchio uguale e parallelo a quello di base del cilindro e la linea congiungente i due centri sia perpendicolare a tale piano; siano altresì dati l'altezza e la distanza dell'occhio, tracciare sul piano dato una figura la cui apparizione sia simile a quella della figura scelta, il cilindro e l'occhio disposti secondo quanto previsto» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 6*, p.37.

25. In questo punto il trattato indica AC come raggio di riflessione del raggio incidente DA.

26. «Estant donné vn miroir cylindrique concave ou conuexe, & vn plan, aquel soit vn cercle egal à celuy de la base, sur lequel la mesme estre posee, item la distance & la hauteur de l'œil: descrire au plan donné vn ligne, de laquelle l'apparence semble estre en vn plan perpendiculaire à la base du cylindrique faisant avec la ligne menée du point de l'œil en la base, par le centre de la mesme base vn angle donné; & que ceste apparence semble estre inclinee sur la commune section du plan, auquel elle est euec celuy de la base, aussi d'vn angle donné, & qu'elle passe par vn point donné en l'vn des costés du miroir.» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 7*, p.42.

27. «Soddisfare il terzo e quinto problema con un metodo migliore senza l'uso delle trasversali» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 8*, p.45.

28. «Adattare tutte le precedenti costruzioni ai numeri e al compasso di proporzione» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 9*, p.46.

29. Vaulezard, *op. cit.*, *Theoreme 5, 6, 7, 8, 9, 10*, pp.54-59.

30. Il testo riporta "le costé du cilindre" anziché riferirsi al cono, probabilmente una svista dell'autore. Si riporta quindi la definizione corretta a proprio giudizio.

31. «Siano dati uno specchio conico convesso e un piano posto alla sua base o ad essa parallelo, descrivere su quest'ultimo quelle linee le cui apparizioni coincidano con i lati del cono» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 10*, p.59.

32. «Siano dati uno specchio conico e un piano, descrivere su questo

piano un cerchio la cui apparizione sia vista passare per un punto dato sulla superficie dello specchio, a condizione che l'occhio posto lungo l'asse ad una distanza scelta e il piano coincidente alla base dello specchio il cui centro del cerchio sia sull'asse» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 11*, p.60.

33. «Siano dati uno specchio conico convesso, la distanza dell'occhio e un piano, descrivere su questo piano un cerchio la cui apparizione sia vista passare per un punto dato sulla superficie dello specchio, a condizione che l'occhio posto lungo l'asse ad una distanza scelta e il piano coincidente alla base dello specchio il cui centro del cerchio sia sull'asse» Vaulezard, *op. cit.*, *Probleme 12*, p.60.

34. «[...] il modo migliore di insegnare la scienza è quello in cui la brevità è congiunta alla facilità» Pierre Hérigone, *Cursurs mathematicus*, tomo I, 1634, p. 889.

35. Kirsti Andersen, *The geometry of an art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*, Springer Verlag, 2007, p.404.

36. «Sia dato un rettangolo in prospettiva, suddiviso in più rettangoli uguali, trovare il suo piano geometrico o icnografia» Hérigone, *op.cit.*, tomo V, p. 213.

37. In accordo con l'illustrazione, si è scelto di riportare la nomenclatura in maiuscolo, a differenza del testo originale che la riporta in minuscolo.

38. «Descrivere una figura sul piano della base di uno specchio cilindrico convesso che appaia essere, su tale specchio, un quadrato diviso in più quadrati uguali tra loro» Hérigone, *op.cit.*, tomo V, p. 215.

39. Il testo originale riporta l'uguaglianza $IP = Io$. Le uguaglianze elencate individuano la posizione dei punti di intersezione dei montanti con la trasversale inferiore del quadrato sui raggi di riflessione quindi l'uguaglianza riportata è stata corretta in coerenza logico-deduttiva col procedimento.

40. Fu professore di matematica nel convento dei Minimi a Roma presso Trinità dei Monti.

41. *Prospettiva curiosa o magia artificiale degli effetti meravigliosi dell'ottica, della catottrica e della diottrica. Nella quale, oltre a un compendio dei metodi generali della prospettiva comune, esemplificata sui cinquesolidi regolari, si insegna come costruire ogni specie di figure deformi, che, viste da un punto adatto, appaiano ben proporzionate. Tutto questo con procedimenti così semplici che anche i meno esperti in Geometria potranno servirsene aiutandosi solo con riga e compasso. Opera utilissima a Pittori, Architetti, Incisori,*

Scultori, e a tutti quelli che si servono di disegni nel loro lavoro. Jean François Nicéron, *La perspective curieuse ou magie artificielle des effets merveilleux*, Paris 1638.

42. Agostino De Rosa, *Jean François Nicéron. Prospettiva, catottrica e magia artificiale*, Aracne editrice, Roma 2013.

43. Nicéron, *op. cit.*, Prefazione.

44. «I modi di costruire una gran quantità di figure appartenenti alla visione diretta, le quali, fuori dal loro punto sembreranno deformi e insensate, e viste dal loro punto appariranno ben proporzionate» Nicéron, *op. cit.*, p.50.

45. «Mentre la stessa sommità di una piramide visiva insiste sullo stesso oggetto e ne appare la stessa immagine, per qualunque cambiamento fatto alla base, la piramide visiva è sezionata in modo diverso» Nicéron, *op. cit.*, p.90.

46. «Il metodo di descrivere ogni tipo di figura, immagine e simili, allo stesso modo della sedia della precedente preposizione, ovvero che sembri confusa in apparenza ma che da un certo punto di vista rappresenti perfettamente un oggetto proposto» Nicéron, *op. cit.*, p.93.

47. Nicéron, *op. cit.*, pp. 130-135. Lo strumento, conservato non assemblato presso il *cabinet* del conte Louis Hesselin, fu solo visionato e descritto dal Nicéron ma è, ad oggi, attribuito a Ludovico Cardi da Cigoli.

48. «Delle apparizioni di specchi piani, cilindrici e conici e del modo di costruire le relative figure e rappresentare per riflessione qualcosa di diverso da quello che sembrano se viste direttamente» Nicéron, *op. cit.*, p.74.

49. Vedi qui la relativa parte al paragrafo 1.5.2 "Le prime costruzioni euristiche".

50. «Dato uno specchio cilindrico convesso e perpendicolare ad un piano parallelo alla base: descrivere su tale piano una figura, deforme e confusa in apparenza, che produca sullo specchio, per riflessione, un'immagine proporzionata e simile a quella di un oggetto proposto» Nicéron, *op. cit.*, Proposition III, p. 156.

51. «Ma questo fatto è di poca importanza e non impedisce la comprensione del resto» Nicéron, *op. cit.*, p.159.

52. Jurgis Baltrušaitis, *Anamorfose o Thaumaturgus opticus*, Adelphi, Milano 1990, p. 178.

53. «Sembra essere fatta senza considerare gli angoli di incidenza e di riflessione e senza determinare una distanza ed un'altezza dell'occhio» Nicéron, *op. cit.*, p.160.

54. «Dato uno specchio cilindrico convesso e perpendicolare ad un piano parallelo alla base: descrivere geometricamente su tale piano

una figura o immagine, deforme e confusa in apparenza, che, vista da un certo punto, produca per riflessione in uno specchio, un'immagine proporzionata e simile a quella di un oggetto proposto» Nicéron, *op. cit.*, Proposition IV, p. 162.

55. L'arco di cerchio genera due punti di intersezione con la circonferenza maggiore. Si sceglie, tra i due, il punto d'intersezione corrispondente allo stesso lato del cilindro considerato.

56. «Cosa che causerà grande stupore in colui che ne ignora la causa» Nicéron, *op. cit.*, p.165.

57. «Dato uno specchio conico convesso su di un piano parallelo alla base, il punto di vista posto sull'asse perpendicolare allo stesso piano e distante da esso e dallo specchio di una distanza determinata: descrivere sul piano intorno allo specchio una figura, deforme e confusa in apparenza, che, vista dal suo punto per riflessione sullo specchio, appaia proporzionata e simile a quella di un oggetto proposto» Nicéron, *op. cit.*, Proposition V, p. 168.

58. «Coloro che hanno un po' di dimestichezza non mancheranno di riuscire in questo artificio che passerà sempre per una delle felici invenzioni che ci fornisce l'ottica» Nicéron, *op. cit.*, Corollaire, p. 172.

59. Abraham Bosse, *Lettres écrites au SR Bosse... Avec ses réponses...*, en l'Isle du Palais, Paris 1668, p.13.

60. Fin dalla sua prima traduzione inglese ad opera di Robert Prick del 1672, si diffuse con l'appellativo *The Jesuit's Perspective*, diventando, in Inghilterra, un manuale di riferimento per l'insegnamento della prospettiva per più di un secolo.

61. Cfr. Noël-Germinal Poudra, *Histoire de la perspective ancienne et moderne: contenant l'analyse d'un très-grand nombre d'ouvrages sur la perspective et la description des procédés divers qu'on y trouve*, Corréard, Paris 1864, p.227.

62. I vari tomi diversamente assortiti videro altre edizioni: *La perspective pratique...* [Seconde et troisieme parties], Vve de François Langlois, Paris 1651; *La perspective pratique...* [Seconde et troisieme parties], Jean Dupuis, Paris 1663; *La perspective pratique...*, Antoine Dezallier, Paris 1679.

63. «L'ottica o gli effetti ammirevoli del raggio diritto su piani lisci, piramidali, conici e irregonari, tanto convessi che concavi» Dubreuil, *op. cit.*, *Traité V*, p. 108.

64. «La catottrica che contiene le bellezze fascinosose del raggio riflesso sugli specchi piani, piatti o rotondi, od obliqui o a molte facce piramidali o conici» Dubreuil, *op. cit.*, *Traité VI*, p. 124.

65. Vedi Manlio Brusatin, *Arte della meraviglia*, Einaudi, Torino 1986, pp. 145-147.

66. Dubreuil, *op. cit.*, *Avis. Pour estre iuste, aux figures qu'on veut faire proistre sur des Miroirs ronds, ou Cylindriques*, p. 137.
67. «[...] après kes experiences que j'ay faites, que tous reuiennent quasi au cercle parfait je dis quasi, car dans l'extreme exactitude ce ne seroit pas vn cercle parfait, [...] mais cela est si peu, & le tout est si proche du cercle, que ce defaut n'est pas considerable, & passe pour rien dans la pratique.» Dubreuil, *op. cit.*, *Traité VI, pratique XIII*, p. 139.
68. Dal latino *praexercitamina*, pre- esercizi.
69. «Varie e arcane proiezioni, deformazioni e riformazioni di immagini su superfici coniche e cilindriche». Mario Bettini, *Apiaria universae philosophiae mathematicae, Tomo V, Progymnasma I*, Bologna 1642, p.2.
70. Vedi nel trattato la nota relativa.
71. La nomenclatura viene riportata in maiuscolo coerentemente al testo e non all'illustrazione che, al contrario, riporta le lettere di divisione segnate in minuscolo.
72. «De deformationibus è superficiebus planis, & incercis, ac per varia speculorum genera. De dissipationibus, collectionibus, & iucundis fallaijs opticis» Bettini, *op.cit.*, Tomo V, *Progymnasma II*, p.24.
73. Vedi Cesare Vasoli, “Considerazioni sull’Ars Magna Sciendi”, in Maristella Casciato, Maria Grazia Ianniello, Maria Vitale (a cura di), *AA.VV., Enciclopedia in Roma barocca. Athanasius Kircher e il Museo del Collegio Romano tra Wunderkammer e museo scientifico*, Marsilio, Venezia 1986, pp. 62-77.
74. Cfr. Antonella Gesuele, “Senza alcuna ombra di dubbio. L’Ars Magna Lucis et Umbrae di Athanasius Kircher”, in Agostino de Rosa (a cura di), *Tra luce e ombra*, il Poligrafo, Padova 2004, contributo su CD-rom.
75. L’opera di Kircher è la fonte più antica che descrive tale strumento sebbene la sua invenzione fu probabilmente importata dalla Cina tramite gli arabi. Nel 1659 il matematico Christiaan Huygens se ne attribuì l’invenzione.
76. Kirsti Andersen, *The geometry of an art, op. cit.*, p.611.
77. Kircher, *op.cit.*, *Prepositio XI*, p.136.
78. Athanasius Kircher, *Ars Magna Lucis et umbrae*, “Al lettore amante della scienza” in Anna Maria Partini, *Athanasius Kircher e l'alchimia*, Edizioni Mediterranee, Roma 2004, pp. 169-175.
79. Cfr. Michael John Gorman, “Between the Demonic and the Miraculous: Athanasius Kircher and the Baroque Culture of Machines” in Daniel Stolzenberg, *The Great Art of Knowing: The Baroque Encyclopedia of Athanasius Kircher*, Stanford University Libraries, Stanford 2001, pp. 59-70.
80. Il primo teatro kircheriano di questo genere fu realizzato a Roma nel 1638, all’ingresso di Villa Borghese, come scrive lo stesso autore. Ne diede descrizione anche Georg Philipp Harsdörffer (1607-1658), suo discepolo, nel *Delitiae mathematicae et physicae: der mathematischen und philosophischen Erquickstunden zweyter Theil* del 1636.
81. Praz Mario, *Geometrie anamorfe: saggi di arte, letteratura e bizzarrie varie*, Ed. di Storia e Letteratura, 2002.
82. Da *pragmateia*, trattazione.
83. Anche Schott propone di racchiudere il prototipo nella figura di base della superficie piramidale o conica, di suddividerla in parti uguali e di proiettarla secondo il metodo delle doppie proiezioni (non ancora codificate). Sono inoltre riportati gli stessi schemi di sviluppo delle superfici.
84. Vedi qui la relativa parte al paragrafo 1.5.2 “Le prime costruzioni euristiche”.
85. Andrea Pozzo, *Perspectiva pictorum et architectorum*, Nella stamperia di Giacomo Komarek Boëmo, Roma 1693 – 1698.
86. Giuseppe Galli Bibiena, *L’architettura civile preparata sú la geometria e ridotta alle prospettive. Considerazioni pratiche*, Paolo Monti, Parma 1711.
87. Filippo Camerota, *Linear Perspective in the Age of Galileo. Ludovico Cigoli’s Prospettiva pratica*, Collana Biblioteca di «Galilæana», vol. 1, Leo S. Olschki, Roma 2010, p.81.
88. Bisogna premettere che tutte le costruzioni esposte sono riferite a superfici cilindriche, ma anche coniche e piramidali, esclusivamente rette: l’asse della superficie è sempre perpendicolare al piano della sua base, identificato quale piano della rappresentazione anamorfica.
89. Andersen, *op. cit.*, p. 405.
90. Joseph Moxon, *Practical perspective*, Printed by Joseph Moxon, London 1670, illustrazione LIX.
91. Dubreuil, *op. cit.*, *Traité V, Pratique XIII*, p. 139.

3. La fase sperimentale

3.1 Digitalizzazione del procedimento anamorfo

Dallo studio puntuale dei testi seicenteschi, affrontato nei precedenti capitoli, si è arrivati a distinguere e classificare i diversi tipi di anamorfose in base al loro processo di generazione geometrica. Tale studio ha consentito di trarre una serie di considerazioni che si sono poste quale fondamento della fase sperimentale: la tecnica anamorfica appare, infatti, ad un primo sguardo, un sistema piuttosto rigido di norme e principi che non consente variazioni o modifiche; l'impressione questa, rafforzata dalla constatazione che, persino nelle sue applicazioni contemporanee, l'anamorfose di tipo ottico e di tipo catottrico non ha subito alcuna evoluzione di carattere prettamente geometrico: non sono cambiate le superfici di supporto della rappresentazione - rigorosamente piane - se non nel loro essere digitali¹, né quelle degli anamorfoscopi catottrici - cilindrici, piramidali, conici e, al massimo, sferici od ovoidali - (fig.01). L'unica innovazione, ancora limitata alla sola tecnica ottica, è stata l'introduzione dell'interattività dinamica dell'osservatore, non più vincolato nella visione². Ci sono, ancora, *software* di generazione automatica di immagini anamorfiche che applicano un modello in cui la trasformazione di un dato settore di informazioni è, fondamentalmente, ridotto a un codice e sottoposto ad una operazione binaria. Il programma scorre tutti i punti della figura reale, ne legge il colore, calcola il punto corrispondente nella trasformazione e gli assegna il colore letto. Il risultato di tale processo sulle informazioni analogico-digitali produce l'immagine distorta, caratterizzata dalla tradizionale ipostatizzazione del punto di vista. Anche senza confrontarsi con tali *software* specifici, ad oggi un qualsiasi programma di base grafica consente di produrre e riconfigurare distorsioni anamorfiche di tipo ottico regolando semplicemente il rapporto relativo tra le dimensioni verticali e quelle orizzontali di una data immagine. Un uso specializzato di questa conoscenza

comune porta, ad esempio, alla progettazione del complesso di informazioni geografiche e topografiche tridimensionali in forma di mappe. «Non sorprende che l'incremento dell'uso del computer - e, contemporaneamente, del video - corrisponda all'esplorazione delle potenzialità anamorfiche in questi mezzi. È nel settore digitale che le anamorfosi possono avere l'impatto più significativo»³. Tuttavia, tale esplorazione è stata orientata prima all'indagine degli algoritmi di calcolo per la generazione automatica di anamorfosi di tipo statico e di tipo dinamico dagli informatici sollecitati dalla questione e poi ad applicazioni in diversi settori dagli artisti e designer che ne avevano intuito le potenzialità espressive. Non vi è stata però una reale ricerca né in campo geometrico né in quello architettonico⁴.

Il settore della progettazione architettonica - dando all'espressione il più ampio senso possibile - ha subito, negli ultimi decenni, una veloce evoluzione tecnica data dall'immissione, sul mercato, di innovativi strumenti digitali di grafica, modellazione e visualizzazione; evoluzione, questa, che ha comportato, nello specifico, un rinnovamento dei processi, dei metodi e dei sistemi di analisi, sviluppo e ricerca. La possibilità di costruire modelli virtuali e di compiere tridimensionalmente azioni di proiezione e sezione rende fattibili operazioni che nella pratica tradizionale non potevano essere risolte. Il processo digitale di formazione di un'immagine prospettica a partire da elementi tridimensionali corrisponde, quasi banalmente, non solo alle rappresentazioni *rendering* ma anche alle visualizzazioni prospettiche a schermo - nuovo piano di quadro - degli stessi elementi. La sostituzione della riga e del compasso con uno strumento CAD non nega l'insegnamento dato dai maestri del passato (che, anzi, rappresenta la base teorica e metodologica di partenza) ma consente di

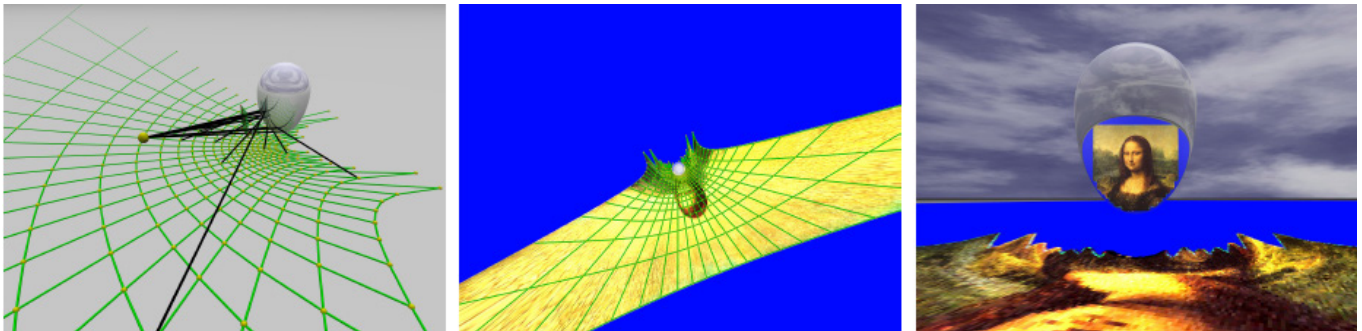


Fig.01 – Anamorfosi catottrica su di una superficie sferoidica od ovoidale ricavata automaticamente con l’implementazione, in un software di modellazione, della corrispondente funzione di deformazione. La ricerca è stata condotta nel Laboratorio d’Informatica presso l’Università di Lille da Francesco De Comit  a partire dal 2010.

estendere casistiche e problematiche e di portare avanti, con strumenti diversi, le stesse e nuove questioni.

La trasposizione di queste intenzionalit  nello studio della rappresentazione anamorfica ha comportato la definizione di un preciso metodo di ricerca, elaborato sulla base delle considerazioni emerse in sede di analisi: ad oggi non   disponibile un procedimento di costruzione di una rappresentazione anamorfica ottica o catottrica che sia, da un lato, geometricamente controllabile ed attendibile e, dall’altro, flessibile al punto di poter permettere la variazione degli elementi di concorso del sistema. Il metodo di ricerca scelto, di tipo sperimentale, consiste quindi nel riprodurre il meccanismo di deformazione anamorfica tradizionale in un ambiente controllato: un programma digitale di modellazione tridimensionale. I principali software di questo tipo, come Autodesk 3D Studio Max, McNeel Rhinoceros e lo stesso Autodesk AutoCad⁵ - solo per citarne i pi  noti -, consentono, infatti, di eseguire con grande rapidit  ed estrema precisione tutta una serie di operazioni sugli enti nello spazio. Tali strumenti di lavoro permettono, nello specifico, la scelta di tutti gli elementi di concorso del sistema anamorfico (punto di vista, piano di quadro, piano della rappresentazione, etc.) ed il controllo della deformazione   garantito dall’uso di un’immagine, assunta quale prototipo, di tipo vettoriale⁶, la cui gestione   ottimizzata per tali strumenti. Obiettivo ultimo   quello di svincolare il sistema dall’impiego dei tradizionali elementi di concorso allo scopo di sperimentare configurazioni che

siano “realmente” nuove ed applicabili, eventualmente, alla progettazione architettonica.

Sono gli stessi obiettivi, quindi, a stabilire l’impostazione del metodo di lavoro, determinato prima per le anamorfosi di tipo ottico, il cui sistema presenta un minore grado di complessit , poi per quelle di tipo catottrico, vera sfida geometrica. La riproduzione digitale del sistema anamorfico - che condivide col prospettico gli stessi elementi di base -   stata necessaria, nel capitolo precedente, per la simulazione dei problemi analizzati e per la loro contestuale verifica. La modellazione tridimensionale, in questo primo caso, ha supportato la visualizzazione e la comprensione di quei passaggi e procedimenti che, nelle opere originali, sono rappresentati su di un’unica tavola tramite proiezioni e ribaltamenti. In questa seconda fase, sperimentale, la modellazione tridimensionale sostituisce la sola tavola bidimensionale e diviene essa stessa rappresentazione esplicativa: le operazioni possono essere compiute direttamente nello spazio ed   lo stesso strumento di modellazione a fornire, in modo automatico, le intersezioni con gli enti geometrici. L’impostazione della ricerca consiste quindi, in primo luogo, nel riprodurre, tridimensionalmente, il sistema anamorfico classico e di ricavare la rappresentazione deformata in modo automatico avendo pieno controllo geometrico sia degli enti coinvolti che delle operazioni compiute. In secondo luogo, si modificano gli elementi in gioco in modo da ottenere un’immagine anamorfica su superfici (che siano i piani della rappresentazione o gli

specchi della riflessione) non canoniche - come impostato nella trattatistica storica - ed articolate in conformazioni anomale.

3.1.1 Anamorfose ottica

Si potrebbe dire che la prospettiva, sia essa centrale o accidentale, è un caso particolare dell'anamorfose: in quella di tipo ottico, infatti, la rappresentazione è il risultato dell'intersezione dei raggi visuali con un piano di quadro che - e questa è l'unica differenza col sistema prospettico - è una superficie piana posta in modo anomalo rispetto all'osservatore oppure è una superficie di natura diversa.

Si riproduce il sistema tradizionale all'interno del *software* di modellazione tridimensionale⁷: sono così dati un punto di vista (centro della sfera rossa), un quadro della rappresentazione piano ed inclinato a piacere rispetto all'asse principale⁸ ed un soggetto della rappresentazione (tratto, in questo caso, dal testo del Nicéron) in formato vettoriale (fig.02). Per riprodurre il meccanismo geometrico classico di creazione dell'immagine anamorfica, si simula prima il

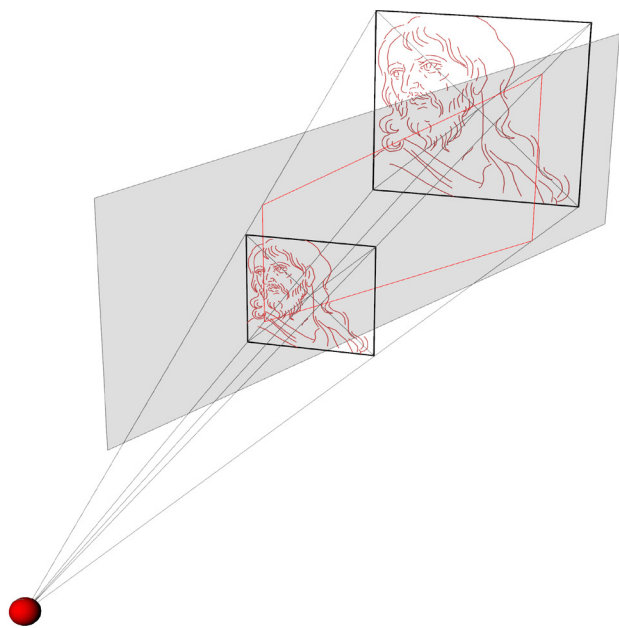


Fig.02 – Il prototipo può essere posto davanti o dietro il quadro.

processo di proiezione conica e si realizzano, con un primo comando⁹, delle superfici di estrusione dalle polilinee del prototipo dal punto di vista scelto; l'immagine anamorfica si ottiene poi, con un secondo comando¹⁰, trovando le curve di intersezione di tali superfici con il piano di quadro (fig.03).

Questo tipo di impostazione metodologica introduce due principali innovazioni alla pratica anamorfica, pur impostandosi direttamente sulla teoretica geometrica: da un lato, il prototipo è svincolato dall'inquadratura in un reticolo quadrettato; dall'altro è possibile variare a piacere la natura della superficie della rappresentazione (fig.04). Lasciando quindi come invarianti il soggetto della rappresentazione ed il punto di osservazione, è stata gradualmente modificata la superficie dell'anamorfose da quelle piane semplici a quelle composte, da quelle a curvatura costante a quelle libere (fig.05). Anche se in termini diversi si ripropone così il problema della proiezione su superfici curve, problema tanto caro ai quadraturisti barocchi e non più attuale. Le ricerche architettoniche contemporanee, infatti, di fronte alle potenzialità espresse dalla modellazione digitale, hanno indagato le questioni della forma, della tecnologia e dei materiali, tralasciando quella della "decorazione" espressa appunto, nel passato, dal quadraturismo (fig.06).

In un'impostazione classica, l'immagine scelta come prototipo può essere interposta tra l'osservatore ed il piano della rappresentazione (rigorosamente inclinato) oppure posta alle sue spalle (fig.02) ma la prima impostazione implicherebbe, nel nostro schema di lavoro, un'ulteriore operazione di estensione delle superfici di estrusione fino al piano di quadro.

Per seguire il principio del cosiddetto *rasoio di Occam* per cui la soluzione migliore è la più semplice, si è cercato di limitare al minimo le operazioni da compiere per giungere ad un medesimo risultato e, al contempo, si è cercato un metodo che potesse essere quanto più possibile generalizzabile. A tal scopo, si è fatto ricorso ad un *visual aid* per lo *scripting*, *Grasshopper*¹¹: il *plug-in*, eseguendo operazioni tanto di tipo geometrico quanto di tipo matematico attraverso il controllo di parametri - che rappresentano i dati del problema - e di componenti - che effettuano le

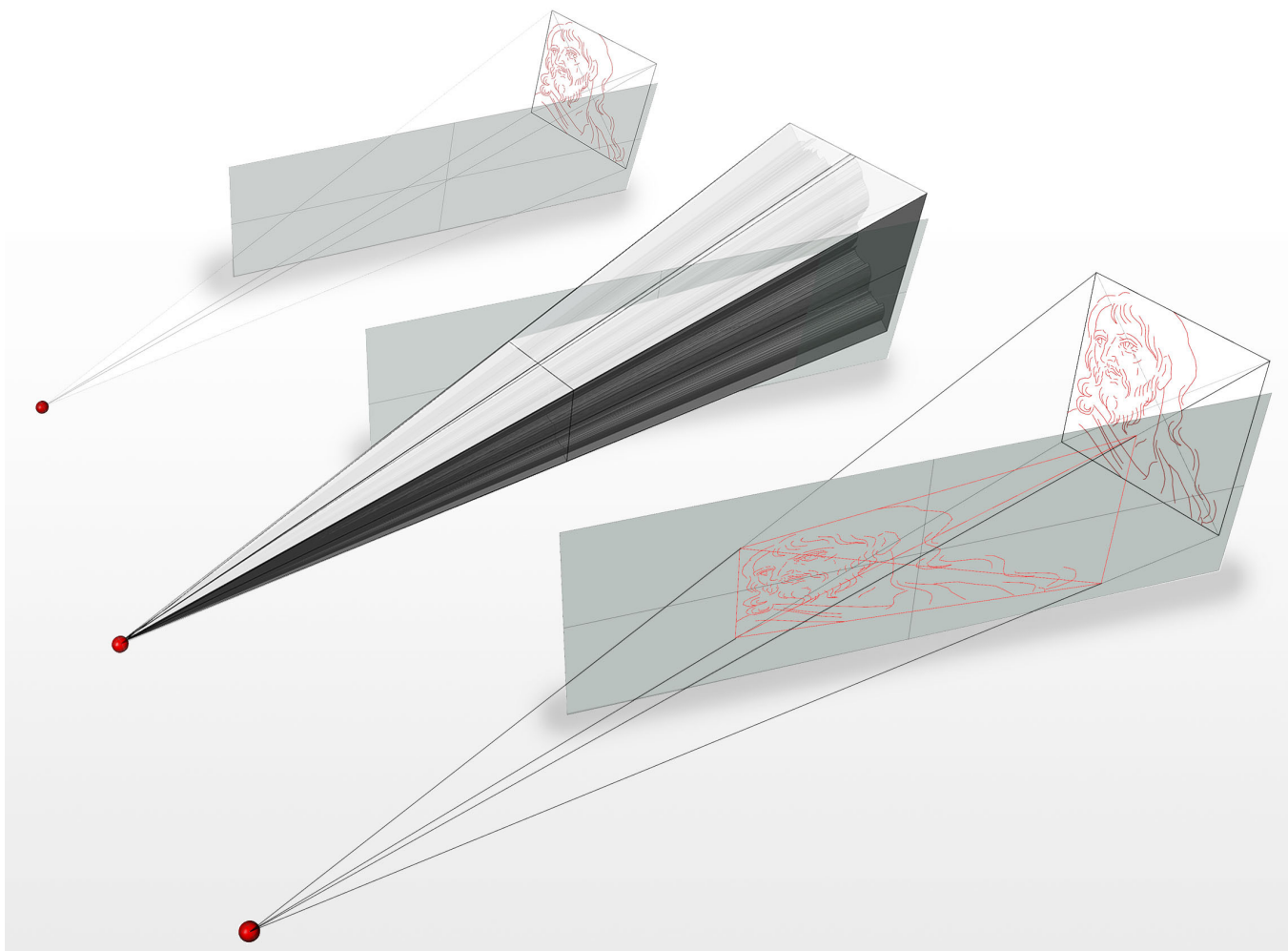


Fig.03 – All'interno di un comune software di modellazione, sono dati il soggetto della rappresentazione (tratto dal testo del Nicéron), il punto di vista (centro della sfera rossa) ed il piano della rappresentazione (figura in alto). Con un primo comando si costruiscono delle superfici di estrusione delle curve del prototipo al punto di vista (figura centrale) e poi, tramite l'intersezione di tali superfici col piano di quadro, si ricava in formato vettoriale la rappresentazione anamorfica.

operazioni del problema -, consente la definizione di veri e propri schemi operazionali, diagrammi concettuali che possono essere associati o meno agli elementi tridimensionali del sistema e che, pertanto, si presentano del tutto universali.

Si è sperimentato quindi un secondo sistema di generazione semi automatica della deformazione anamorfica di tipo ottico attraverso l'uso di *Grasshopper*. Questo ha consentito di riprodurre, in forma matematica, il meccanismo geometrico tradizionale: dati quindi le curve vettoriali del prototipo (assegnate ad un primo parametro *Curve*) ed il punto di vista (assegnato ad un secondo parametro *Point*), si visualizzano le superfici di proiezione dalle curve al punto di vista con l'uso di un primo componente¹² (fig.07) mentre un secondo¹³ ne calcola l'intersezione con il piano di quadro, restituendo l'immagine anamorfica (fig.08).

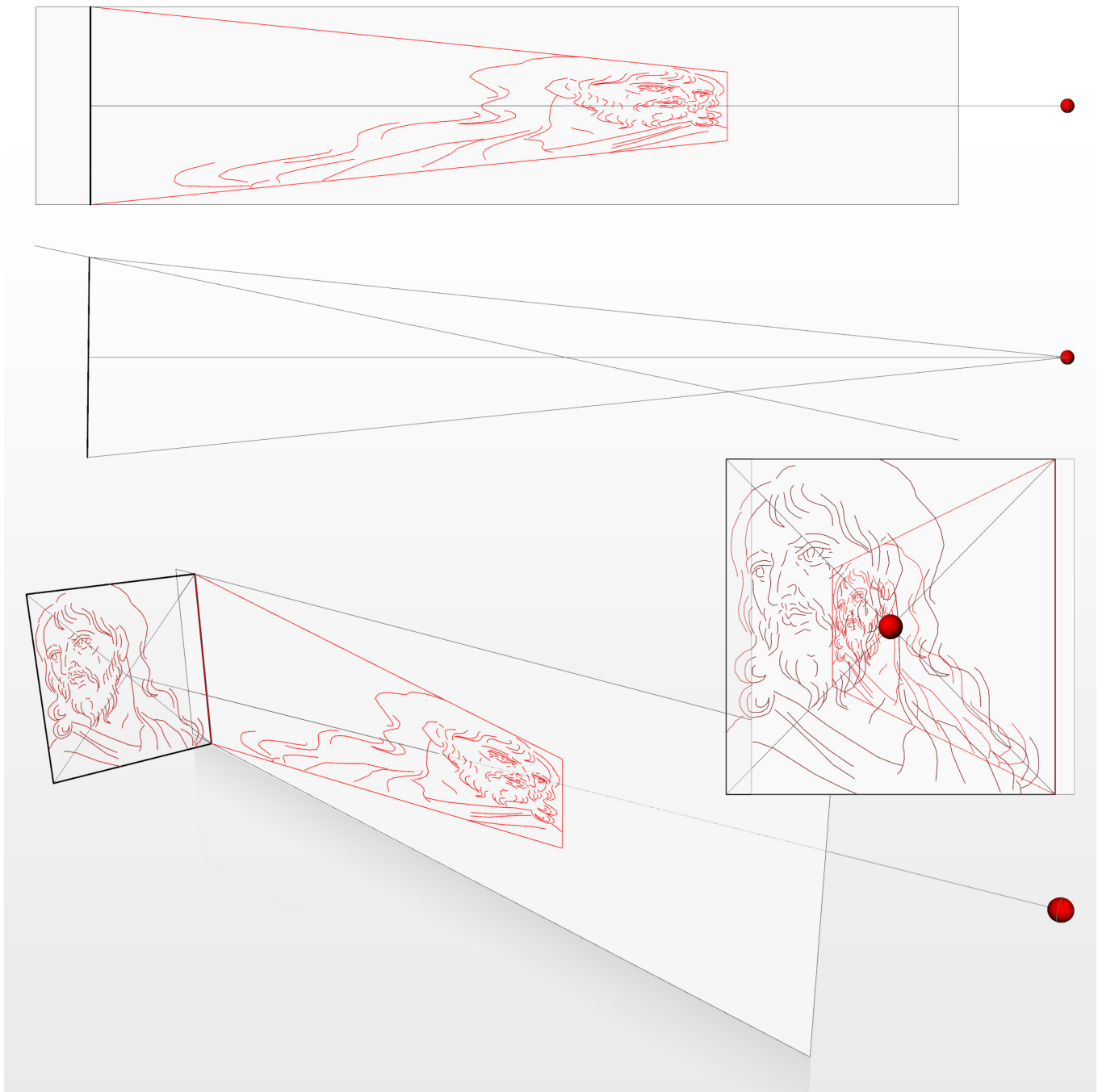


Fig.04 – La costruzione della deformazione delle immagine su di una superficie piana in un software di modellazione comporta una serie di innovazioni nel sistema classico: l'eliminazione del reticolo a base quadrata (ormai inutile), il preciso tracciamento delle curve della figura (non più da eseguire a mano libera) e la possibilità di variare la natura della superficie della rappresentazione.

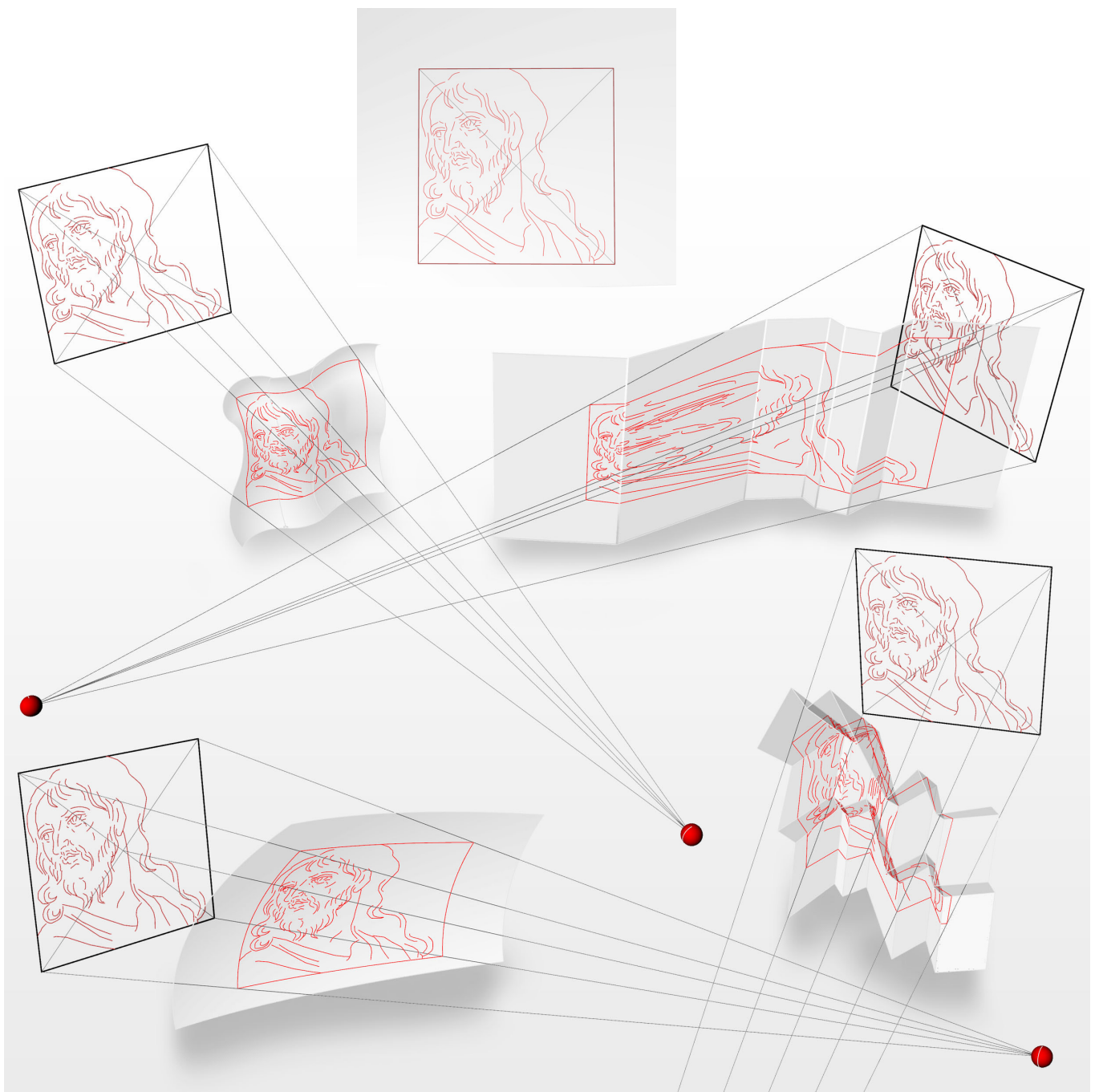


Fig.05 – Anamorfosi di tipo ottico ricavate su superfici piane composte, su superfici a curvatura costante e su superfici libere. Per verificare la correttezza dell'operazione effettuata è stata posta una camera su ciascun punto di vista e si è appurata la sovrapposizione della rappresentazione anamorfica con l'immagine del prototipo iniziale (in alto).



Fig.06 – Affresco del soffitto della Chiesa di Sant’Ignazio di Loyola in Campo Marzio a Roma eseguito da Andrea Pozzo dopo il 1685: sulla volta centrale l’immagine lineare è distorta su di una superficie voltata mentre la finta cupola è realizzata su di una superficie piana.

Anche in questo caso, lo schema di deformazione, prevedendo l’inserimento nel parametro corrispondente delle curve che si intende deformare e della superficie su cui farlo, non impone alcun limite nella variazione della conformazione ma, a differenza del precedente metodo, comporta due principali vantaggi: il primo è la restituzione immediata della rappresentazione su qualunque tipo di superficie semplicemente applicando lo schema così definito al nuovo elemento; il secondo è che l’elaborazione

delle operazioni è più immediata e meno impegnativa per il sistema informatico.

Questo permette, di conseguenza, di prevedere l’inserimento di un numero anche molto elevato di polilinee e di superfici di maggiore complessità senza gravare sul processore e senza dilatare le tempistiche di calcolo rendendo l’applicazione pratica completamente sostenibile e del tutto immediata anche con una strumentazione modesta.

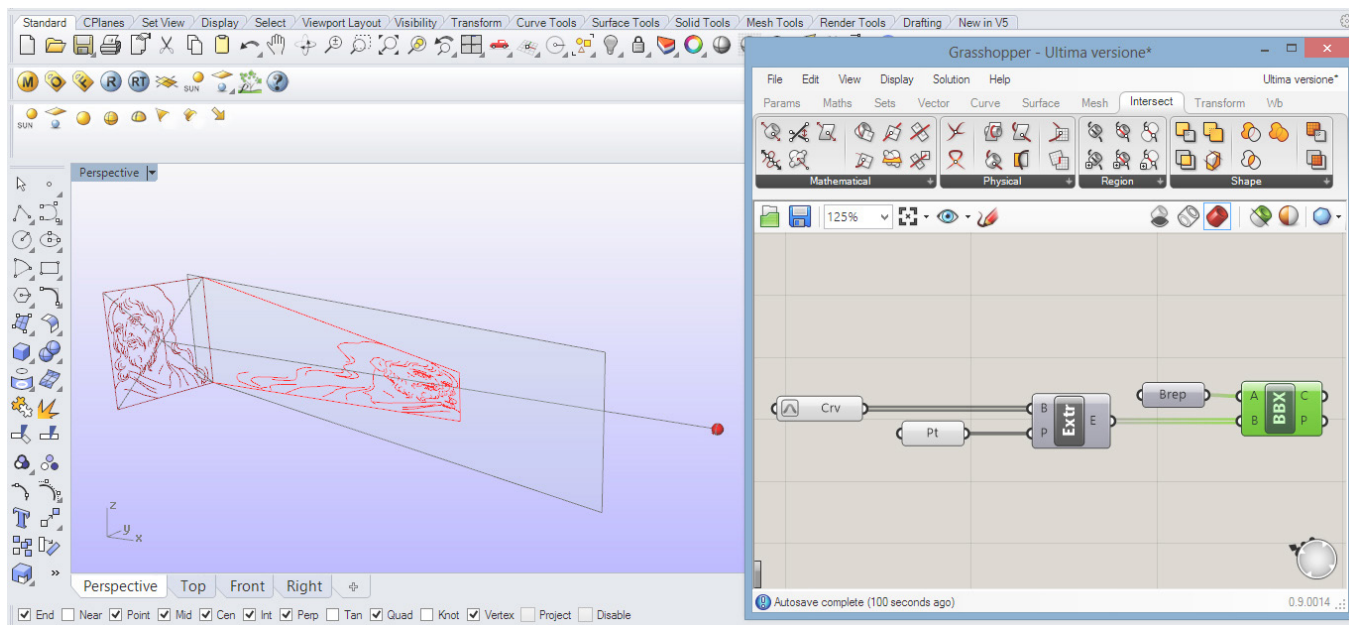
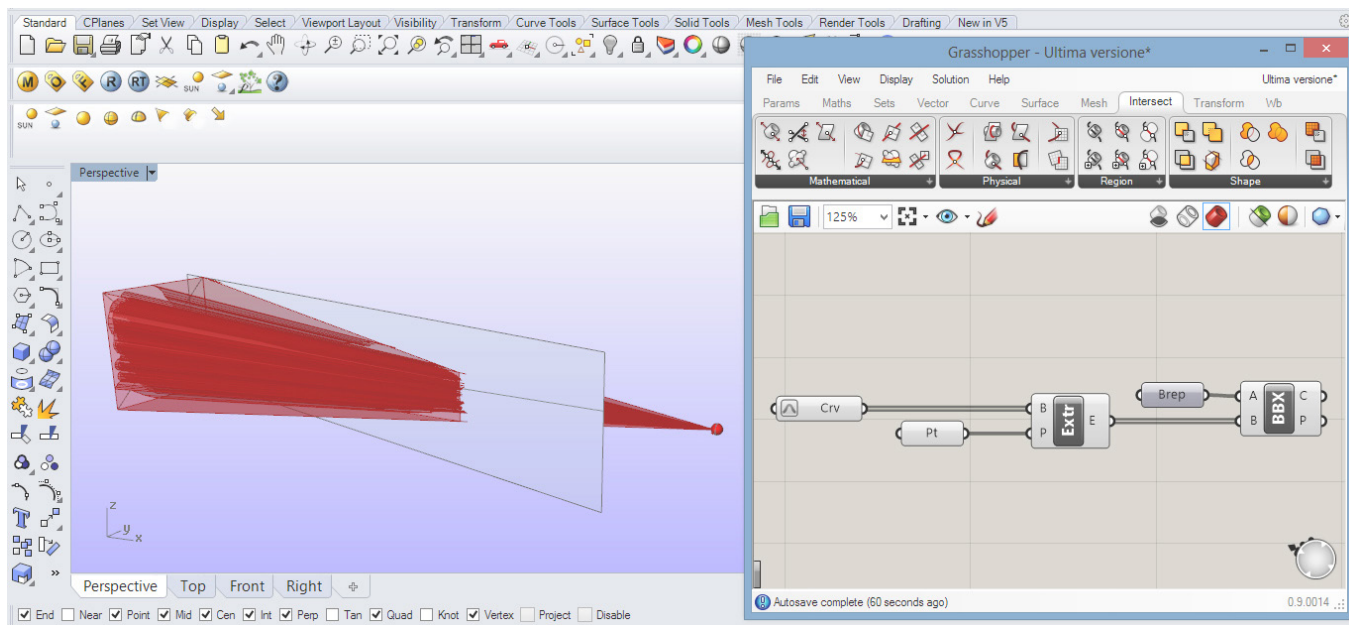


Fig.07,08 – Deformazione anamorfica ricavata tramite un algoritmo elaborato in Grasshopper: dati il soggetto della rappresentazione (crv), il punto di vista (Pt) ed il piano della rappresentazione (Brep), le due componenti del diagramma eseguono prima l'operazione di proiezione (Extr) e poi quella d'intersezione (BBX). Lo schema è stato ideato da Filippo Sicuranza.

3.1.2 Anamorfosi catottrica

Il metodo sperimentale sulle anamorfosi di tipo catottrico ricalca esattamente quello precedentemente usato per le deformazioni ottiche: si riproduce il sistema tradizionale - composto da punto di vista, prototipo, piano della rappresentazione e superficie speculare -, si ricava la deformazione anamorfica e si eseguono poi delle variazioni al sistema nel tentativo di evolverne la configurazione.

Si è scelto di partire dallo studio delle anamorfosi di tipo cilindrico, rispettando, almeno inizialmente, le stesse condizioni geometriche impostate dai trattatisti: il solido speculare deve essere retto e posto sul piano perpendicolarmente al proprio asse; il punto di vista si colloca esternamente da esso ad un'altezza a scelta mentre il prototipo, per fedeltà al sistema tradizionale, si posiziona sul piano verticale costruito lungo la corda della circonferenza di base passante per i punti di tangenza alle rette tracciate dal punto di vista scelto. La sua proiezione sullo specchio si risolve con le operazioni di proiezione e sezione comuni all'anamorfosi ottica mentre l'operazione di deformazione non è altrettanto immediata: lo specchio curvo non riflette, infatti, a partire da un singolo punto ma da una serie che descrive una caustica di riflessione. Non è quindi possibile eseguire, con immediatezza, un'operazione di proiezione come fatto per l'anamorfosi ottica.

Secondo un primo ragionamento si può ipotizzare che l'operazione di deformazione potrebbe avvenire con l'aiuto della figura che racchiude il prototipo - quadrata nell'immagine originale -, descritta sul piano della rappresentazione con i procedimenti geometrici noti. Si considera, quindi, l'immagine sullo specchio così come dovrebbe apparire e la sagoma della stessa immagine sul piano, così come dovrebbe essere rappresentata. Se la prima può essere ricavata seguendo il procedimento precedentemente descritto per l'anamorfosi di tipo ottico, la seconda può essere invece descritta puntualmente secondo lo schema tradizionale: tracciato il raggio riflesso passante per il punto scelto¹⁴, si costruisce il corrispondente raggio d'incidenza¹⁵ e si trova, per intersezione, il punto reale sul piano della rappresentazione. Tra le due figure sussiste un chiaro rapporto omologico: entrambe sono trasformazioni del proto-

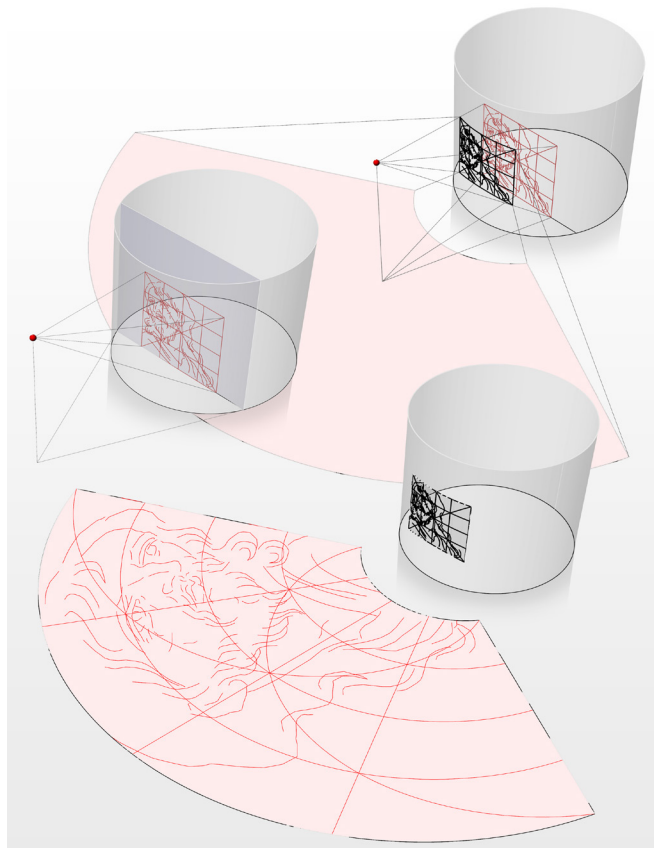


Fig.09 – La deformazione del prototipo è stata effettuata a partire dalla deformazione della figura (quadrata) che lo contiene.

tipo iniziale quadrato (fig. 09). L'operazione da compiere per ottenere l'anamorfosi di tale prototipo è, quindi, di trasformazione. *Rhinoceros* consente, tra le varie operazioni spaziali, quella di trasformare un oggetto a partire da una superficie di base adattandolo alla forma di una superficie di riferimento¹⁶. Questo tipo di operazione richiede superfici dalle geometrie regolari (le isocurve devono essere disposte ordinatamente e, di conseguenza, la superficie non deve essere tagliata) e direzioni delle superfici concordi (fig.10). Sebbene questo tipo di trasformazione sembri anamorfica, ad uno sguardo più ravvicinato essa rivela i suoi limiti: il reticolo, lasciato come elemento di controllo, è equamente distribuito sulla superficie e non degrada come invece dovrebbe (fig.11). Gli strumenti di trasformazione del modellatore sono quindi insufficienti per la costruzione di un'anamorfosi di tipo catottrico.

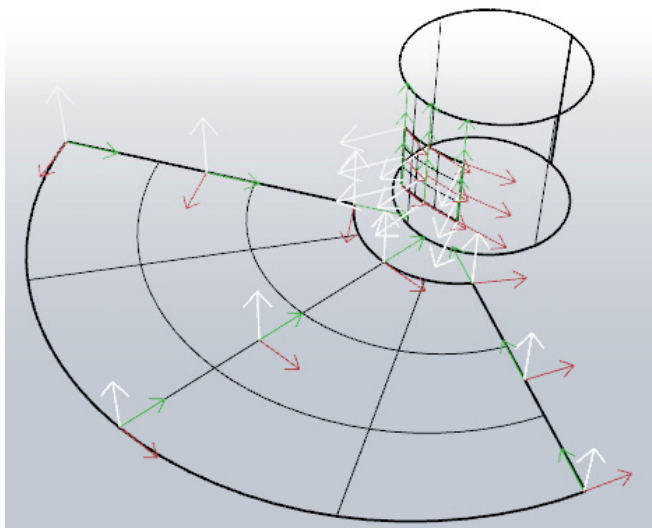


Fig.10 – Analisi delle normali alle superfici per verificare la concordanza tra quelle del prototipo e quelle della figura deformata.

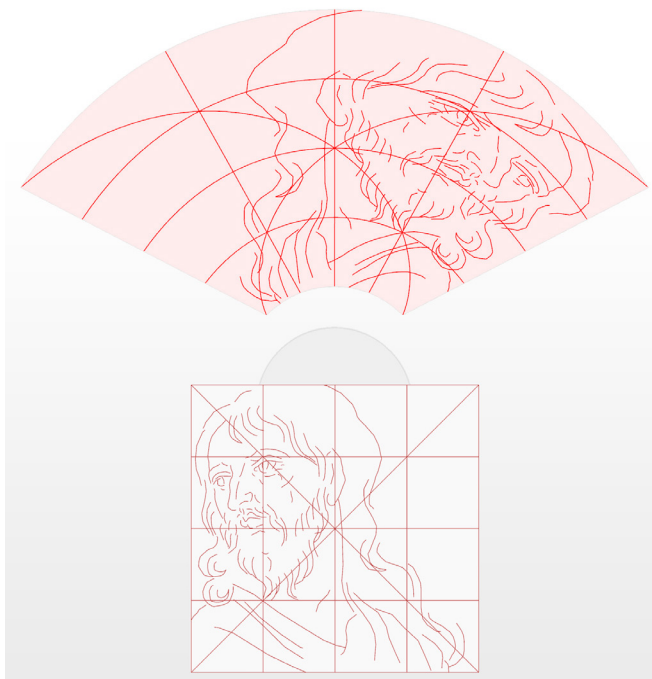


Fig.11 – La deformazione “omologica” non presenta la digradazione delle rette trasversali del prototipo; non è, quindi, anamorfica.

Anche in questo caso si ricorre quindi a *Grasshopper* ma non in alternativa ad un procedimento già noto: avanzando per tentativi si provano a simulare le esatte condizioni geometriche del sistema catottrico.

Sono così dati un punto di vista (centro della sfera rossa), una superficie speculare cilindrica retta, un quadro della rappresentazione piano perpendicolare alla base del cilindro e corrispondente ad essa, ed un soggetto della rappresentazione in formato vettoriale. In questo caso si sceglie come soggetto la semplice griglia a maglia quadrata per l'immediata verifica visiva del risultato ottenuto e la si pone nella medesima posizione del precedente caso.

Per l'elaborazione dello schema operativo si è proceduto gradualmente: si è cercato di simulare prima il processo di riflessione di un singolo punto, poi di una singola linea ed, infine, di un insieme di linee.

Si è quindi costruito il diagramma inizialmente per un punto di intersezione della griglia e si è realizzato un segmento tra quest'ultimo ed il punto di vista¹⁷ (fig.12). Con una componente d'intersezione¹⁸ si è ricavato il punto fisico, d'intersezione appunto, tra il segmento e la superficie - immagine sullo specchio del punto anamorfico cercato - e lo si è associato alla superficie cilindrica (in quanto, secondo l'algoritmo, il punto restituito non ha alcuna relazione con gli altri enti geometrici presenti)¹⁹. È stato necessario poi simulare geometricamente il processo di riflessione, così come illustrato dal Vaulezard nel suo terzo teorema²⁰: si doveva ricostruire, specchiato, quello stesso angolo solido che il raggio di riflessione (il segmento precedentemente trovato) costituisce con il piano tangente la superficie nel punto, allo scopo di ricavare il raggio d'incidenza ed il suo punto intersezione - punto reale cercato - con la superficie piana della rappresentazione (fig.13). Per far questo sono stati costruiti prima il piano tangente alla superficie cilindrica nel punto d'apparenza - come lo avrebbe definito il Vaulezard - e poi altri due piani, l'uno perpendicolare al primo secondo il suo asse x, l'altro perpendicolare ad entrambi²¹. Questi ultimi sono stati degli elementi di costruzione necessari per effettuare una specchiatura doppia del raggio di riflessione e ricavare, conseguentemente, il raggio d'incidenza²² (fig.14). Con la componente d'intersezione matematica²³, l'algoritmo restituisce, sulla superfice

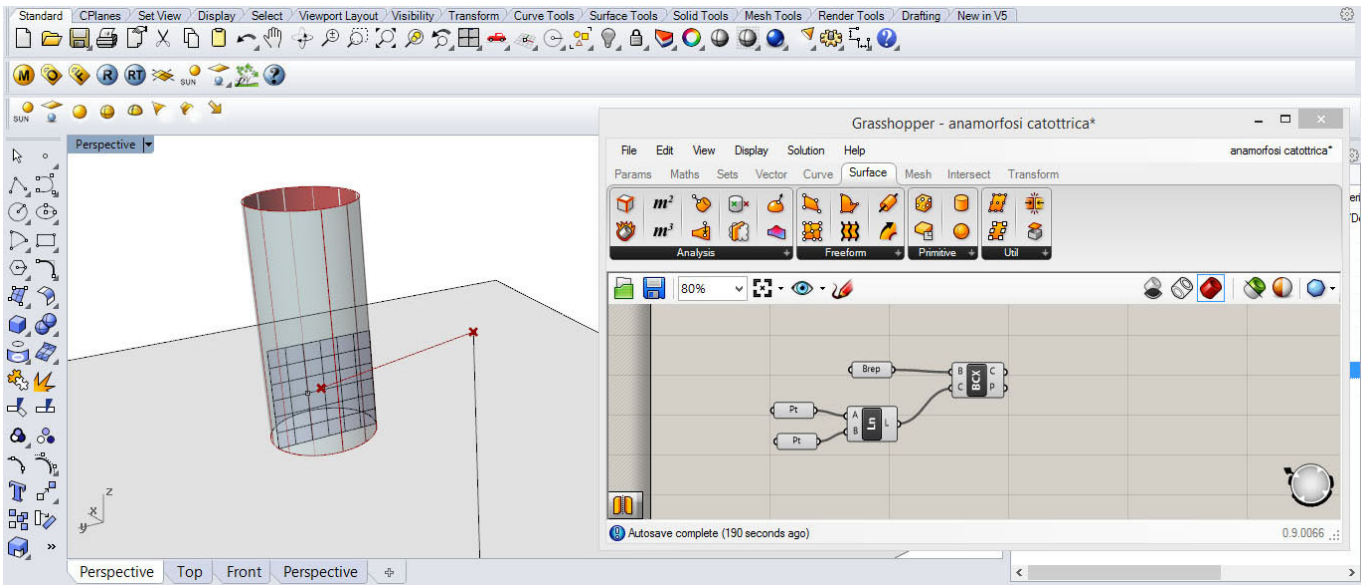


Fig.12 – Passaggio 1: per trovare sullo specchio cilindrico l’“apparenza” di un punto scelto si costruisce in primo luogo una linea, con la rispettiva componente di Grasshopper, dal punto di vista al punto scelto posto sul piano verticale, individuati dai rispettivi parametri Point; si ricava poi il punto d’intersezione con la superficie cilindrica utilizzando la relativa componente d’intersezione.

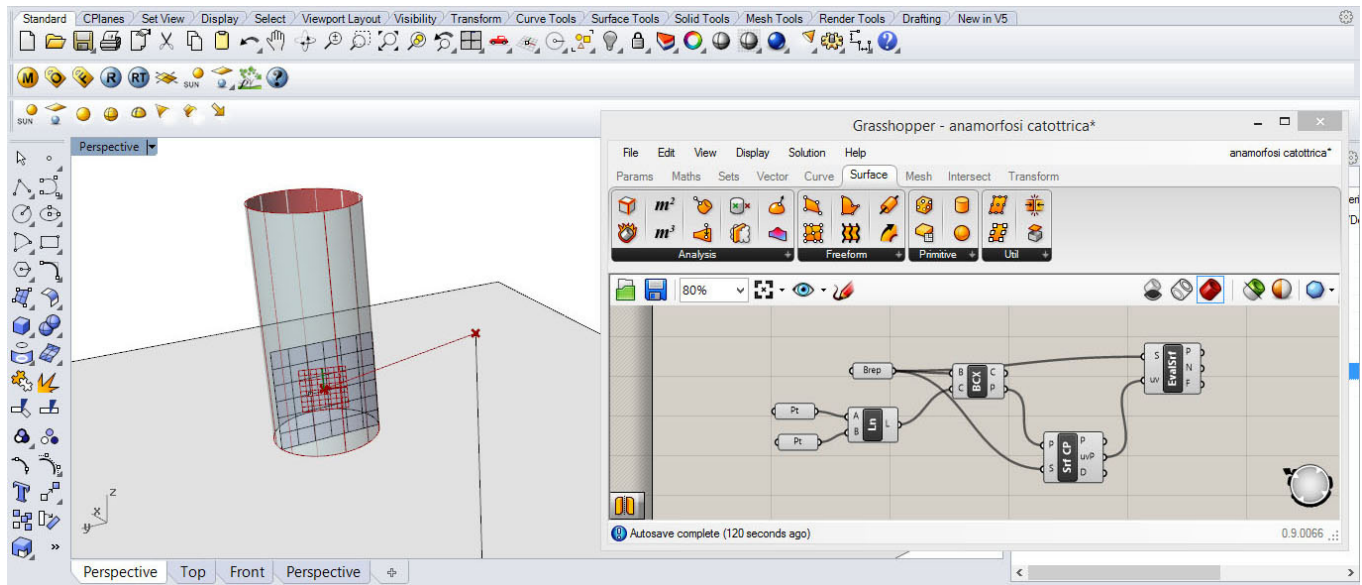


Fig.13 – Passaggio 2: si costruisce il piano tangente alla superficie cilindrica nel punto d’intersezione (punto apparenza) con la componente Evaluate Surface che, a partire dalle coordinate uv del punto, ricava il vettore normale alla superficie e restituisce, in uscita, proprio il piano tangente cercato.

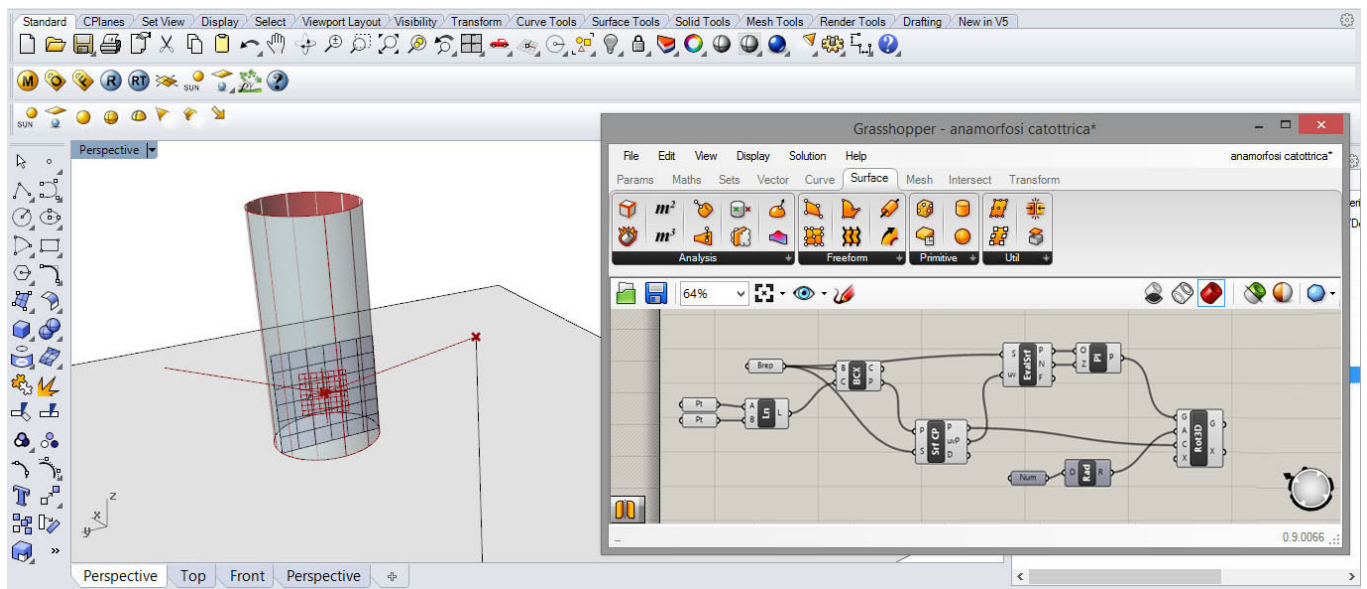


Fig.14 – Passaggio 3: con una componente di rotazione tridimensionale si ricava il piano di costruzione perpendicolare a quello tangente nel punto d'incidenza e si crea, con la componente Mirror, la retta speculare a quella di riflessione che, per costruzione, mantiene inalterato, in pianta, l'angolo formato col piano tangente.

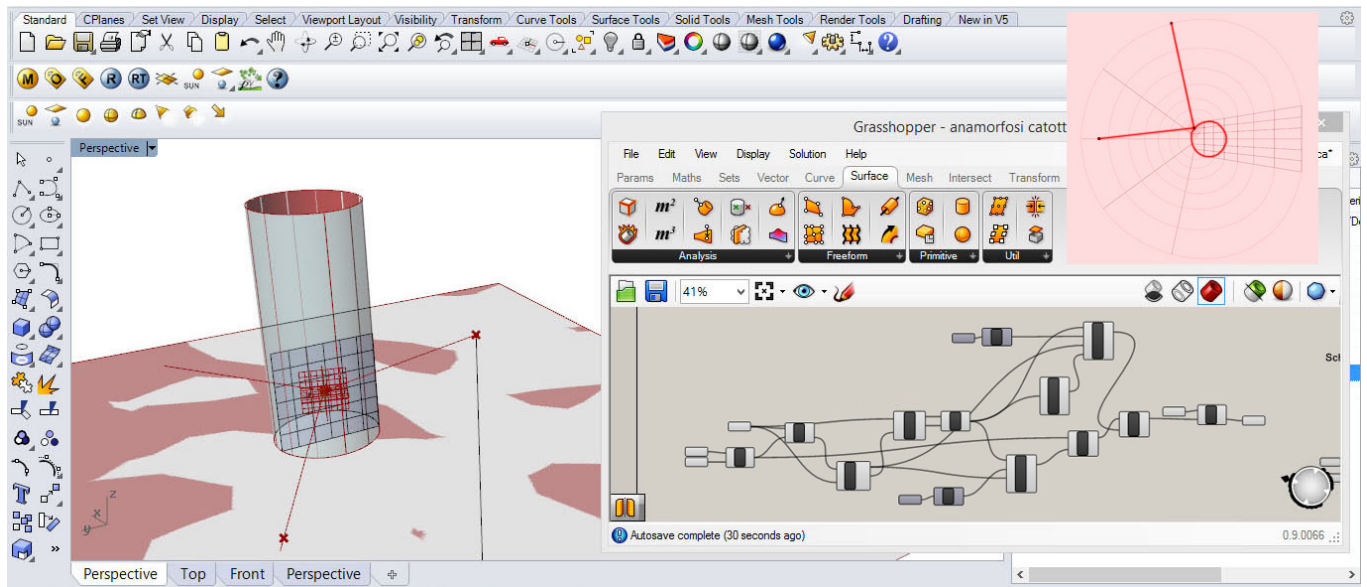


Fig.15 – Passaggio 4: si costruisce il secondo piano perpendicolare al piano tangente e, sempre con la componente Mirror, si costruisce la retta speculare a quella precedentemente creata, ricavando, di conseguenza, la retta d'incidenza; con la componente d'intersezione matematica si individua il punto reale corrispondente al punto apparenza iniziale.

cie scelta, il punto reale ricercato (fig.15). Lo schema così creato simula, con rigorosi passaggi geometrici, il fenomeno della riflessione a partire da un punto dato, così come lo si vedrebbe sullo specchio.

Si è esteso poi l'algoritmo da un singolo a più punti: la definizione dell'immagine anamorfica di una curva può essere, infatti, ricavata interpolando sulla superficie della rappresentazione i punti che descrivono la curva stessa.

In primo luogo è stato necessario quindi discretizzare una singola curva del reticolo quadrettato scelto quale prototipo; è evidente che la rappresentazione finale è tanto più precisa quanto più numerosi sono i punti iniziali. Il parametro *Point* del sistema, cui era associato il singolo punto del reticolo, è stato sostituito da un insieme di punti²⁴, variabili tramite uno *Slider*²⁵, appartenenti alla curva di partenza. Il procedimento geometrico di base è rimasto del tutto invariato: le componenti eseguono le stesse operazioni, non più su di un singolo ente (dove per ente si intende il punto) ma su un elenco di enti, detto lista. Quest'ultima, associata a ciascuna componente sia in entrata che in uscita, può essere costituita in due modi: unica per tutti gli enti o individuale per ogni singolo ente. La ti-

pologia della lista è individuata dai collegamenti: continui per quella singola, tratteggiati per liste multiple. Per far eseguire correttamente le operazioni su ciascun ente, è stato necessario, in uscita ad alcune componenti, riunire gli enti sotto un'unica lista applicando il comando *Flatten*²⁶. L'algoritmo così delineato restituisce tutti i punti della linea da rappresentare sul piano, ricavata con la componente di interpolazione²⁷(fig.16).

Tale schema, tuttavia, presenta i propri limiti nel momento stesso in cui si selezionano più curve: l'interpolazione finale è eseguita indiscriminatamente su tutti i punti restituiti (fig.17) e non è prevista più alcuna distinzione tra quelli appartenenti ad una curva piuttosto che ad un'altra.

Anche in questo caso c'è un problema nella tipologia dei dati ed è stato necessario intervenire sulle liste per riassegnare a ciascun punto ricavato la rispettiva curva di interpolazione. Si è fatto ricorso quindi al cosiddetto *Data Tree* (albero di dati), per cui tutte le informazioni di una determinata curva sono state contenute in un singolo "pacchetto" secondo una logica di ramificazione. Si opera attraverso l'uso di due componenti: una prima *Graft Tree*²⁸ è stata inserita nel passaggio tra la creazione delle rette

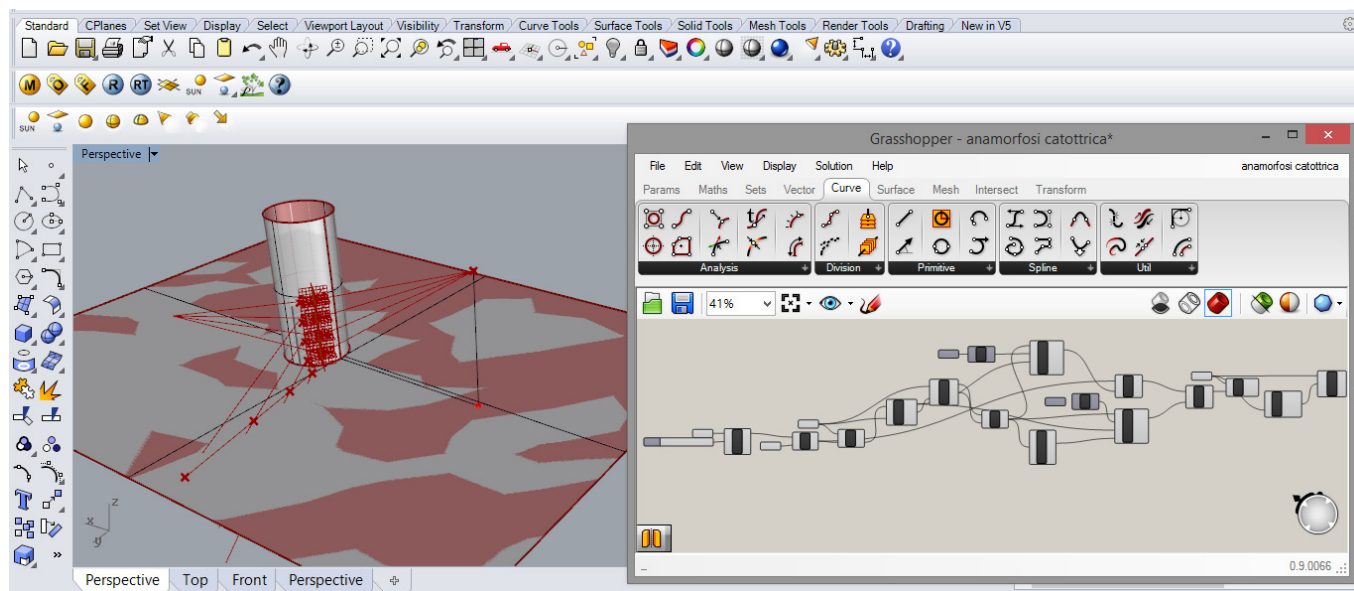


Fig.16 – Si ridefinisce lo schema in Grasshopper per la descrizione di una linea: si discretizza inizialmente in un insieme di punti, si eseguono le operazioni per ciascun punto e poi si interpolano i punti trovati sul piano della rappresentazione.

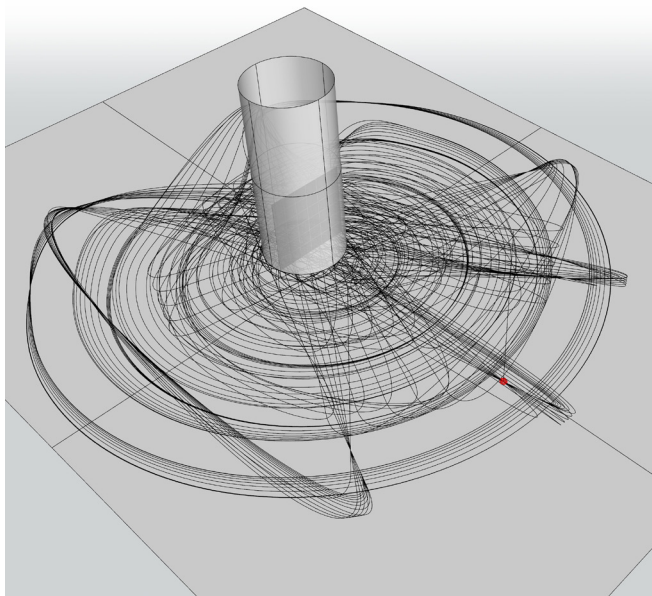


Fig.17 – Se si applica lo schema elaborato per una singola curva a più curve, il sistema interpola tutti i punti restituiti senza distinzioni. Si deve intervenire, quindi, sulle liste dei dati.

di riflessione tra il punto di vista ed i punti discreti delle linee del prototipo e la loro riflessione rispetto ai piani tangenti nei punti d'intersezione con la superficie speculare; una seconda componente *Path Mapper*²⁹ è stata inserita tra *Surface | Line e Surface Closest Point* in chiusura al diagramma. Lo schema così modificato restituisce l'immagine anamorfa delle curve selezionate, assegnati il punto di vista, il piano della rappresentazione e la superficie speculare (fig.18). Il riscontro visivo dell'immagine ricostituita sullo specchio fornisce un'ulteriore verifica della correttezza della costruzione: basta posizionare una camera nel punto di vista scelto e renderizzare l'immagine del cilindro, cui è stato assegnato un materiale a specchio (fig.20).

Il sistema presenta una serie di rilevanti caratteristiche. In primo luogo esso è discreto e parametrizzato; la rappresentazione iniziale e quella finale sono, infatti, discretizzate in un numero finito di punti, riconducibili ad un *range* stabilito in *Grasshopper*. La parametrizzazione di questi punti consente di aumentare o diminuire a piacimento l'accuratezza dell'immagine finale, essendo le curve interpolate su di essi. La loro distribuzione non è però omogenea: la riflessione comporta un addensamento dei punti sul pia-

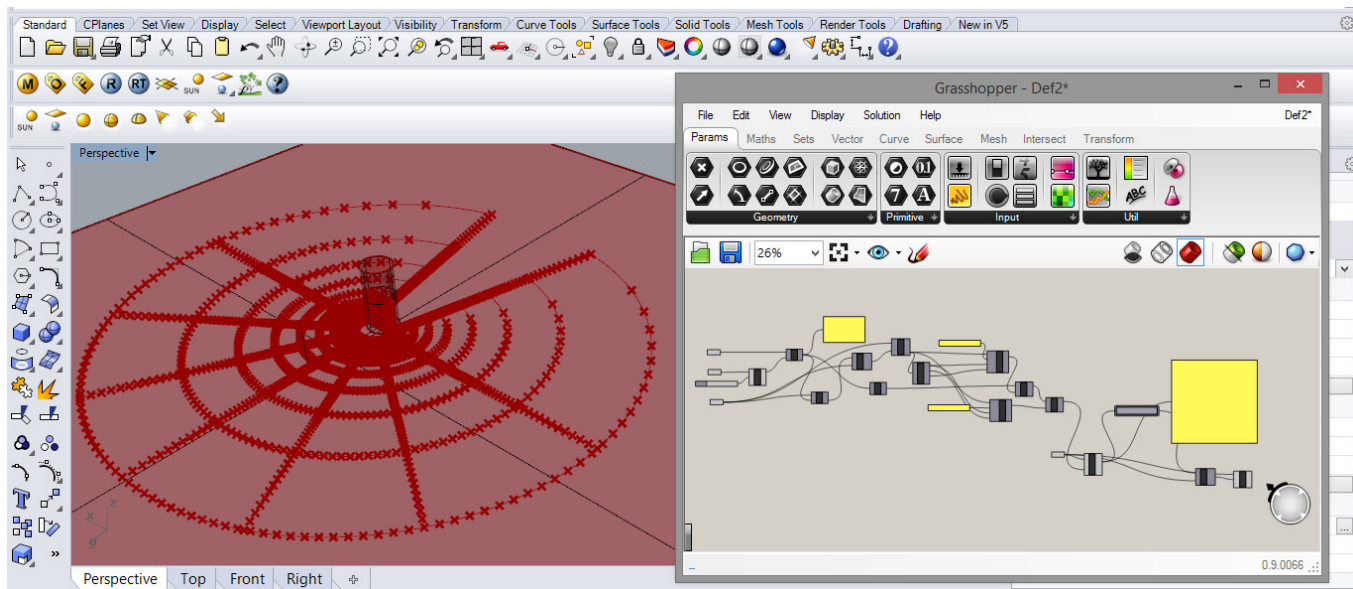


Fig.18 – Seguendo la logica del Data Tree è possibile organizzare gli indici (rappresentazione dei punti) di ciascun ramo (rappresentazione delle curve) in modo da ottenere la corretta interpolazione dei punti e ricavare, di conseguenza, la rappresentazione anamorfa di più curve.

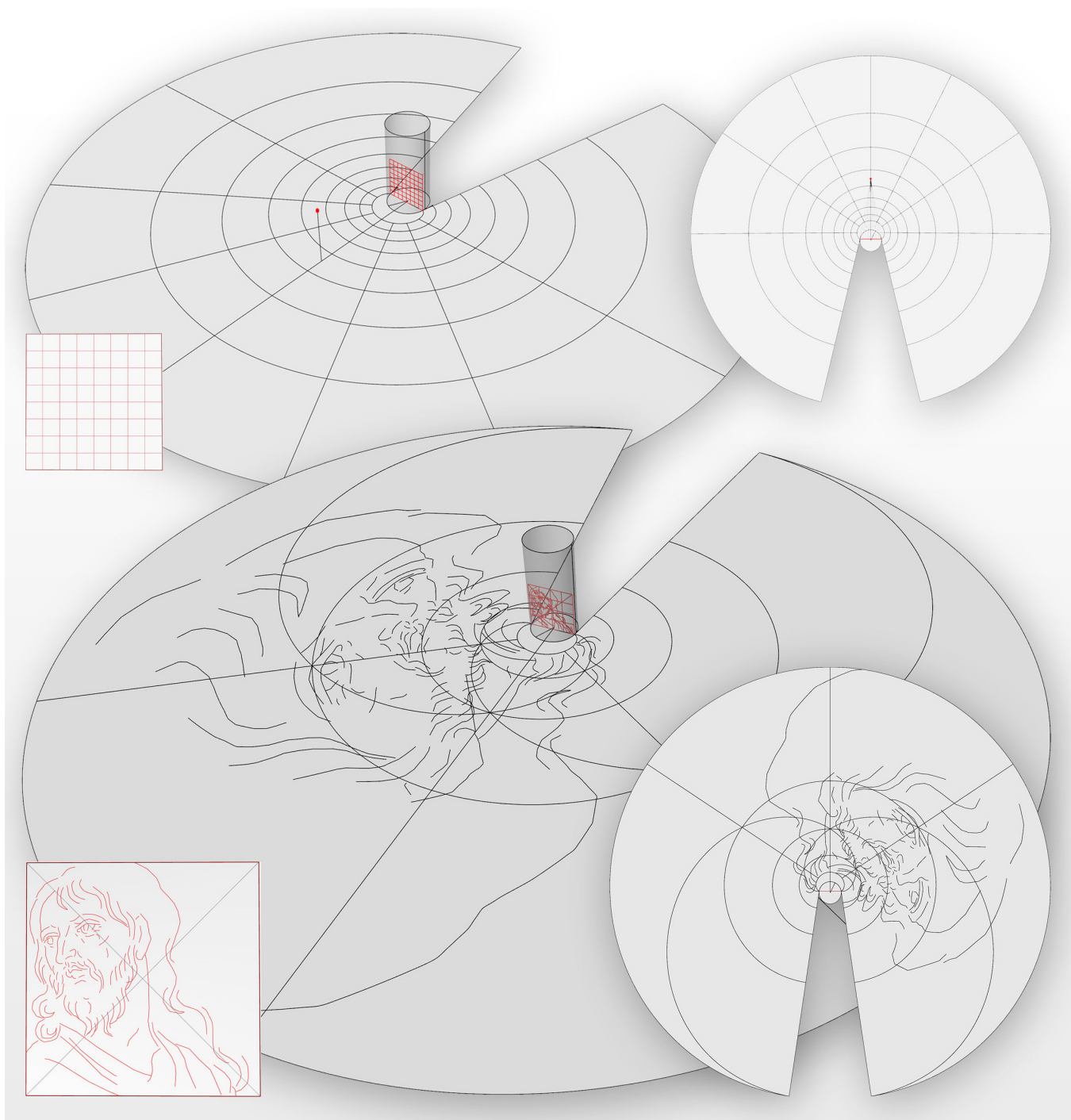


Fig.19 – Anamorfosi catottrica di tipo cilindrico: l'algoritmo generativo è stato applicato al sistema tradizionale impostato dal Vaulezard, ottenendo un risultato geometricamente corretto e controllato, applicabile tanto a delle rette quanto a delle curve.

no della rappresentazione nelle parti vicine alla base dello specchio ed una diradazione in quelle maggiormente distanti. Per garantire un'accuratezza omogenea, la discretizzazione dovrebbe essere applicata diversamente lungo le curve; tuttavia tale fattore dipende anche dalla natura della superficie scelta come supporto della rappresentazione anamorfica. Quest'ultima, infatti, è tradizionalmente piana e coincidente con la base dello specchio ma la natura generativa dell'algorithm non impone, come si vedrà più avanti, un limite in tal senso. L'accuratezza dell'immagine finale e la conseguente discretizzazione delle curve che costituiscono il prototipo iniziale devono quindi essere calibrate di volta in volta sulla composizione anamorfica scelta.

Lo schema generato a partire dall'anamorfose catottrica di tipo cilindrico astrae quei passaggi geometrici di ri-

flessione ed intersezione cui rispondono tutti gli specchi e cui sono soggette tutte le rappresentazioni anamorfiche di tipo catottrico. La sua applicazione può essere quindi estesa anche agli altri sistemi tradizionali: anamorfosi in cui lo specchio è costituito da un solido piramidale o conico, sempre inteso retto. In questo caso sono stati posti l'immagine-prototipo all'interno della figura di base del solido - che sia ad esempio quadrata per una piramide a base quadrata o circolare per un cono -, il piano della rappresentazione coincidente a tale base ed il punto di vista lungo l'asse del solido ad una distanza a scelta (figg. 21, 22). L'immagine anamorfica così restituita è del tutto simile a quella riportata nei trattati storici ma mette in luce, nella sua versione piramidale, un aspetto che non è stato evidenziato prima: le meridiane e le trasversali perpendicolari alle rette di base della piramide hanno la loro rap-

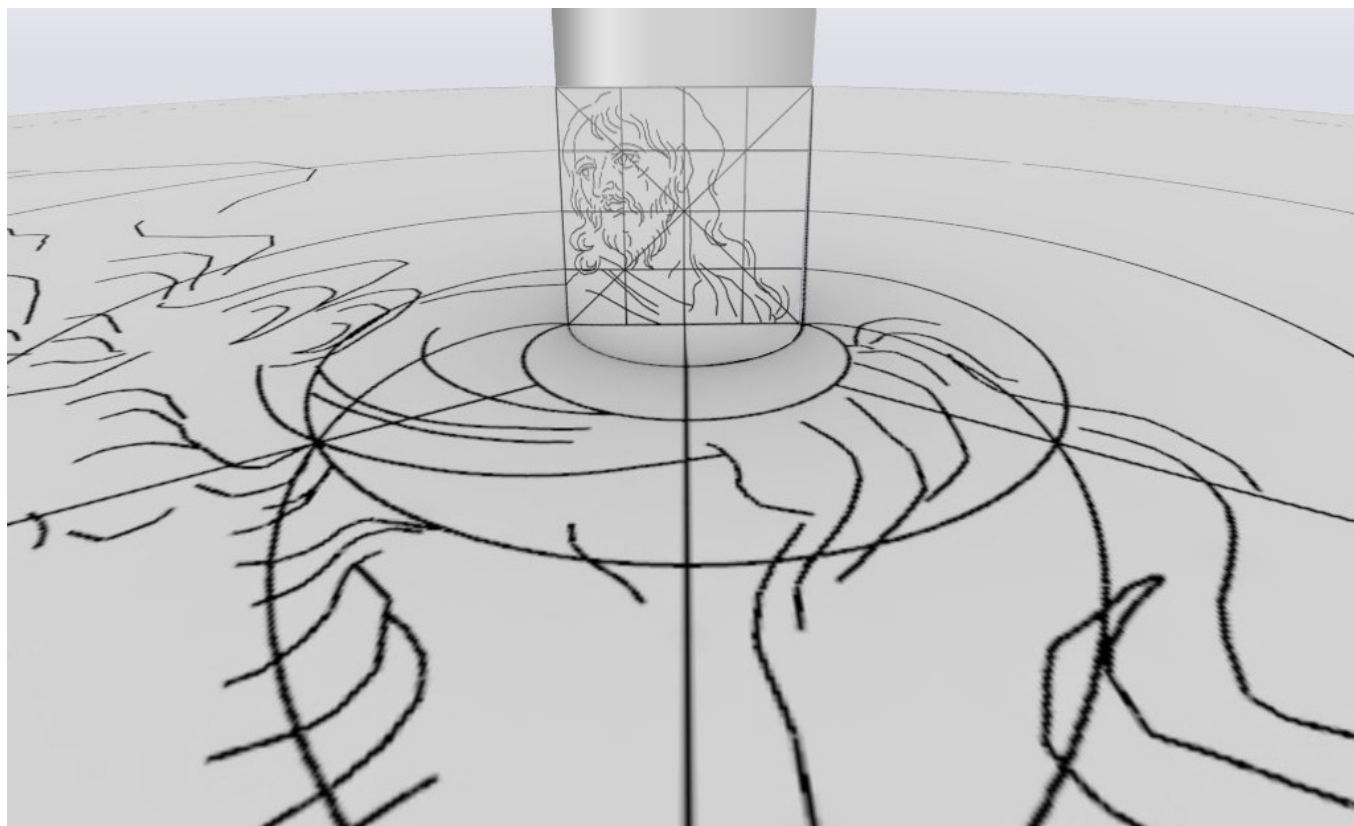
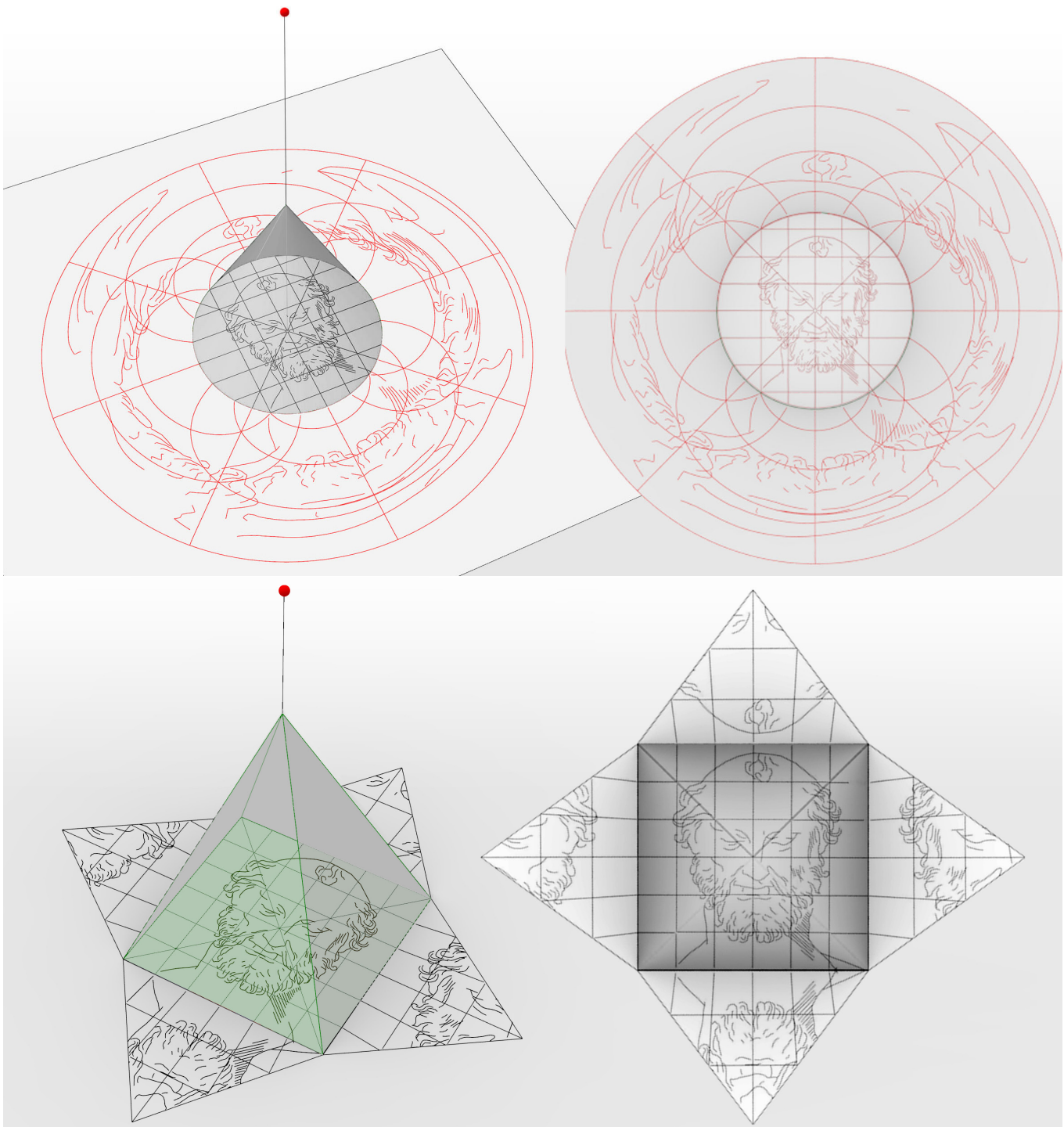


Fig. 20 – Simulazione digitale del processo visivo: l'immagine anamorfica si ricostituisce sulla superficie speculare posizionando l'occhio (camera) nel punto di vista scelto (centro della sfera rossa), confermando la correttezza della costruzione.



Figg. 21, 22 – Anamorfosi catottrica di tipo conico e di tipo piramidale: la digitalizzazione del sistema tradizionale mette in evidenza, nella versione piramidale, la divergenza dei lati della griglia perpendicolari alla base della piramide, aspetto trascurato (per semplicità costruttiva) all'interno della trattatistica storica.

presentazione anamorfica in raggi divergenti. I trattatisti seicenteschi riportano la divisione della griglia solo per le rette parallele ai lati della base e per le altezze dei triangoli costituiti, ignorando, per semplicità costruttiva, le rette divergenti, ed approssimando, di conseguenza, l'intera rappresentazione.

In conclusione, l'algoritmo generativo presenta, sostanzialmente, tre rilevanti caratteristiche.

In primo luogo esso impone che la superficie della rappresentazione, così come quella della riflessione, sia unica e continua (ma non necessariamente piana); per generare l'immagine a partire da una piramide è stato infatti necessario selezionare, di volta in volta, le varie facce della piramide stessa.

In secondo luogo impone la discretizzazione delle curve del prototipo scelto; dalla densità di tale discretizzazione e dalla loro immagine sul piano della rappresentazione dipende l'accuratezza dell'immagine finale.

In terzo luogo, l'algoritmo, astruendo il sistema geometrico per enti fondamentali (punti, linee, piani), è esterno alla configurazione scelta e può essere applicato indipendentemente per ricavare un'anamorfo di catottrica con una superficie speculare cilindrica, piramidale o conica.

È proprio quest'ultima caratteristica che introduce, nello studio di questa particolare forma di rappresentazione -

così come già fatto per le anamorfosi di tipo ottico - un'importante innovazione sia teorica che applicativa: la possibilità di variare gli elementi di concorso di un sistema che, sin dalla sua impostazione seicentesca, è rimasto inalterato proprio per la difficoltà nel controllo geometrico della sua costruzione.

Così come premesso, quindi, è stata sostituita prima la superficie su cui insiste l'immagine anamorfica, generalmente coincidente col piano sul quale si posa l'osservatore, e poi la superficie speculare su cui insiste l'immagine ricostituita dalla riflessione. Il semplice scambio del primo elemento con una superficie generica, non piana, restituisce un'immagine atipica del prototipo, perfettamente controllata, che non sarebbe possibile ottenere manualmente col solo ausilio delle proiezioni ortogonali (fig.23). La procedura geometrica, che adatta l'immagine alla superficie, può essere applicata anche con specchi dalla generica curvatura col solo limite che essa sia di tipo concavo o convesso in accordo col sistema ed in modo da garantire la costruzione dell'immagine anamorfica sulla superficie scelta. L'applicazione dell'algoritmo generativo pensato in Grasshopper estende le possibili configurazioni geometriche delle anamorfosi catottriche da un numero assai limitato - legato ai solidi elementari gestibili tramite proiezione ortogonale - ad un numero illimitato - esteso dalle combinazioni di superfici utilizzate -.

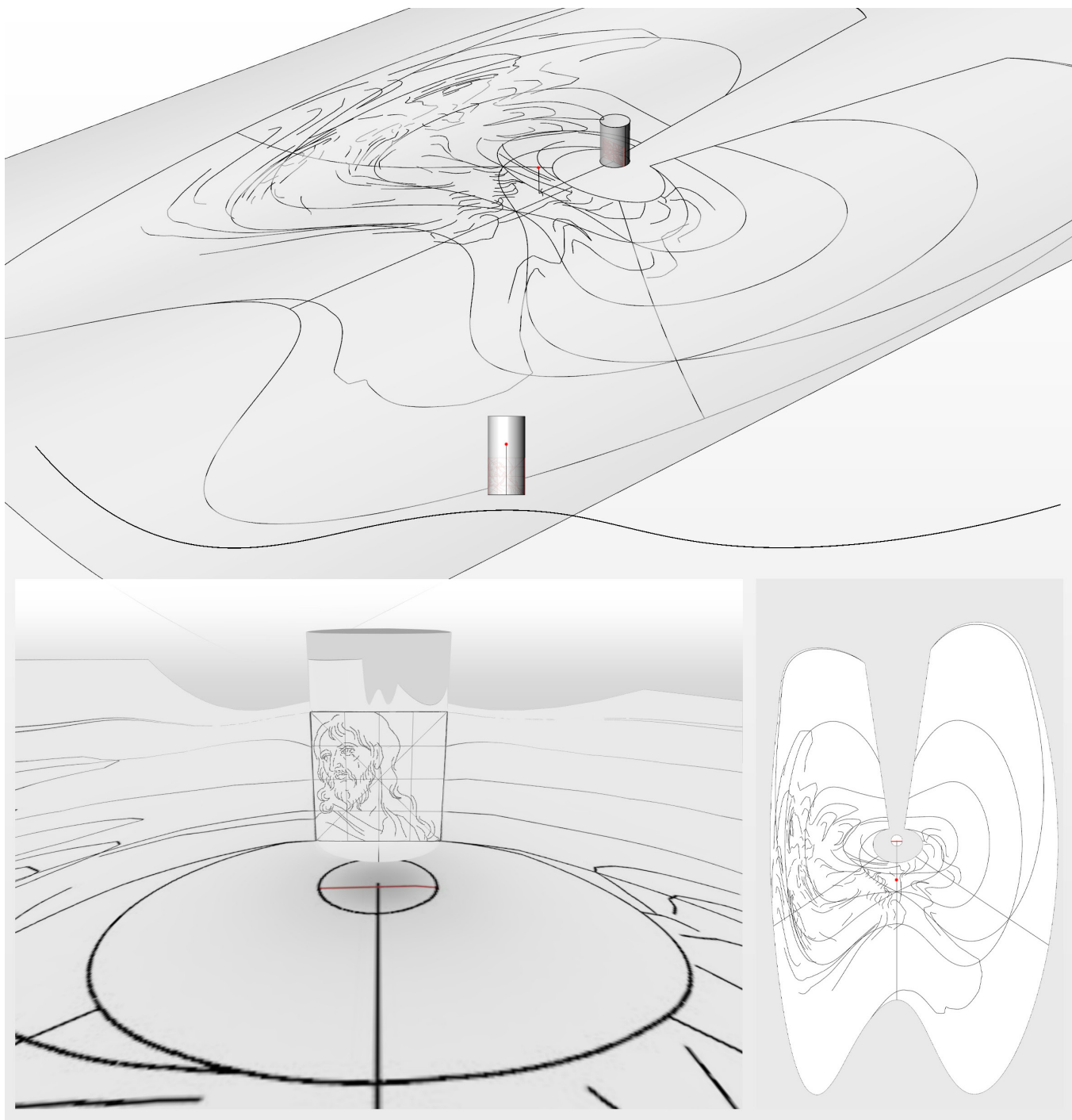


Fig. 23 – Anamorfosi catottrica cilindrica in cui la superficie della rappresentazione, tradizionalmente piana, è curva. L'immagine anamorfica, ricavata tramite l'algoritmo generativo, cambia la sua conformazione in base alla natura della superficie.

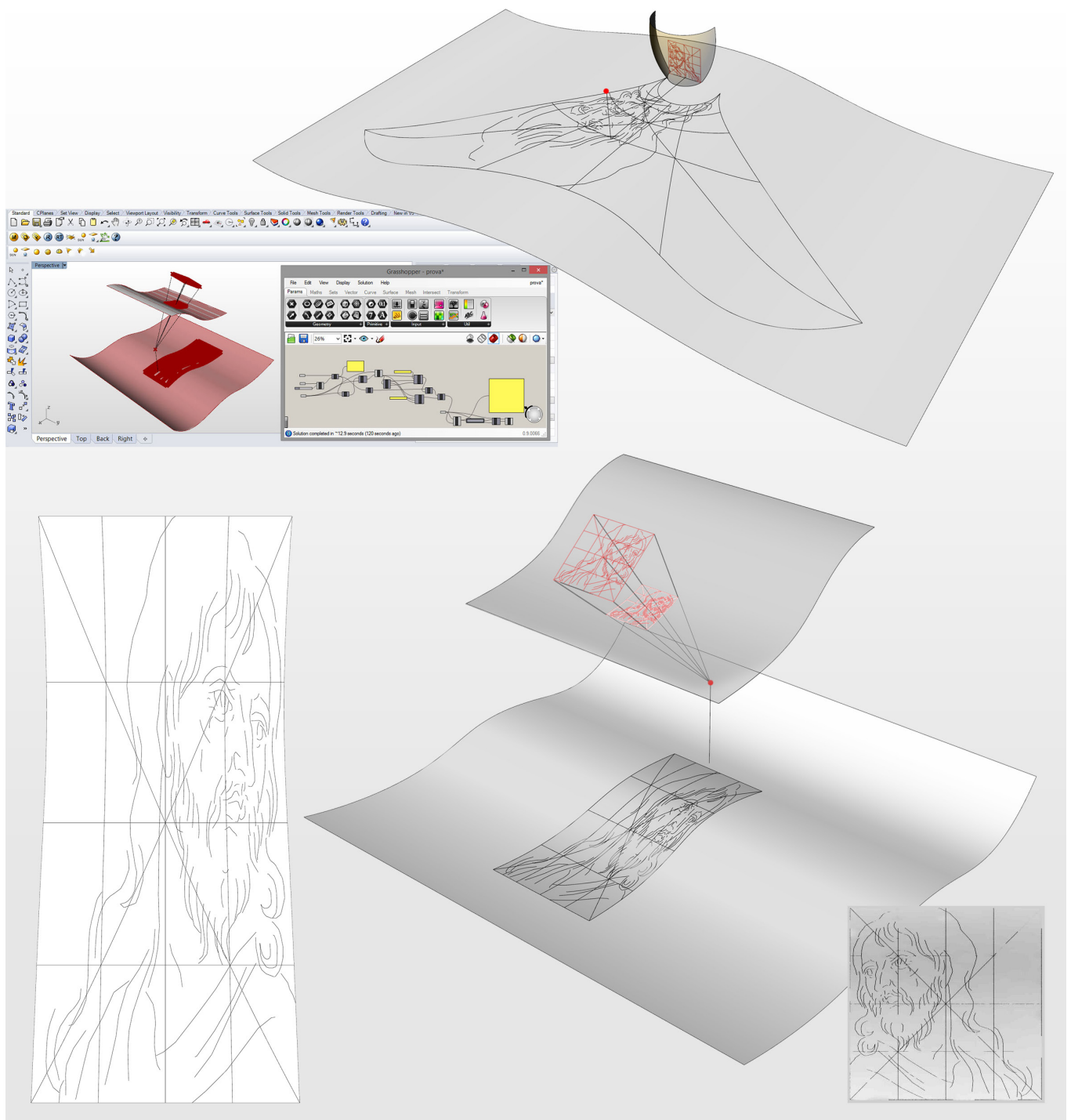


Fig. 24 – Anamorfosi catottrica generica: sia il piano della rappresentazione che la superficie dello specchio sono libere, ovvero create a partire da una o da due curve generiche. La costruzione anamorfica non è più condizionata dalla configurazione tradizionale del sistema.

3.2 Sperimentazioni anamorfo - architettoniche nell'era digitale

Come si è visto nei precedenti capitoli, lo studio geometrico sotteso all'anamorfose non è stato sviluppato, nel corso della storia, come puro esercizio teorico ma come problema pratico legato alla volontà di realizzare questa forma di rappresentazione. La costruzione geometrica è stata ed è ancora, infatti, uno strumento indispensabile per arrivare a definire la trasformazione dell'immagine iniziale; essa è stata però, paradossalmente, anche un limite implicitamente imposto che ha ridotto "i casi" affrontati alle sole superfici gestibili tramite la riga ed il compasso.

Nella prima parte del presente capitolo si è visto come l'avvento della strumentazione informatica ha consentito - in questo come in altri casi - un'evoluzione del sistema tradizionale, simulando nello spazio virtuale le condizioni geometriche teorizzate dai trattatisti seicenteschi e consentendone l'applicazione a superfici diverse.

In questa seconda parte, invece, si vogliono esplorare le potenzialità che questa evoluzione può comportare nell'ambito della rappresentazione anamorfica applicata al settore dell'architettura. Gli stessi trattatisti ne hanno studiato le relazioni spaziali e ne hanno proposto diverse soluzioni architettoniche.

Del resto, sin dalle prime immagini di pittura rupestre dipinte sulle pareti di una grotta - rifugio primitivo -, l'architettura e le arti figurative sono sempre state legate in un connubio quasi simbiotico che ha raggiunto il suo apice del periodo post rinascimentale quando le tendenze barocche hanno imposto, soprattutto col quadraturismo, uno "sfondamento" dello spazio reale in quello illusorio, dissimulato da studi geometrici ed elementi scultorei. Ragioni di diverso ordine hanno però portato, in epoca contemporanea, al loro graduale ma palese distacco: la scoperta e l'impiego

di nuovi materiali e di nuovi procedimenti costruttivi, la necessità di corrispondere alle rinnovate esigenze sociali che la rivoluzione industriale aveva determinato, il nuovo assetto economico legato ai processi produttivi di massa e soprattutto l'avvento della rivoluzione informatica hanno notevolmente influito sul fare architettura contemporanea. L'immagine resta un caposaldo ma cambia il suo significato nel tempo: la questione estetica sposta il suo fuoco dalla decorazione alla forma, ai materiali, al dettaglio tecnologico.

L'anamorfose, per sua stessa natura, implica il coinvolgimento della forma - quello delle superfici della rappresentazione e della riflessione -, dei materiali - opachi o riflettenti - e dello spazio - quello nel quale si sposta l'osservatore -. La possibilità di ricavarla a partire da forme libere, che siano piane, spezzate o curve, costituisce un ulteriore incentivo al suo inserimento in un contesto architettonico, ponendosi in continuità col passato per l'applicazione dei procedimenti costruttivi tradizionali ma utilizzando gli strumenti contemporanei della progettazione architettonica parametrica.

3.2.1 L'anamorfosi e l'architettura

Il rapporto che intercorre tra l'architettura e la rappresentazione anamorfica è più complesso di quanto potrebbe sembrare ed ha assunto, nel corso della storia, diverse connotazioni. Trascurando le correzioni ottiche rintracciabili già dalla Grecia classica, lo spazio architettonico coinvolto nella tecnica deformativa, nelle sue prime applicazioni pittoriche, assume da subito due prerogative: esso può essere reale o "semplicemente" illusorio.

Da un lato, infatti, c'è lo spazio che circonda l'opera, che la ospita ed entro il quale si muove l'osservatore, uno spazio reale costituito sia dal contesto che dal supporto dell'opera stessa; esso è inteso come uno strumento utile alla sua fruizione, indispensabile per perpetrare l'inganno oppure svelarlo. Emblematici, in questo caso, sono gli esempi del dipinto *Gli Ambasciatori Jean de Dinteville e Georges de Selve* dell'Holbein e dell'affresco di San Francesco di Paola presso il Convento di Trinità dei Monti a Roma.

Il primo, infatti, si suppone che dovesse essere collocato all'interno del castello di Polisy, residenza ufficiale dei de Dinteville, lasciando spazio a due ipotesi architettoniche³⁰: una vuole l'opera collocata sulla parete di fondo di una grande sala, l'altra invece sul ballatoio intermedio di una scala di rappresentanza (vedi figg. 17, 18, pag. 40). Secondo la prima ipotesi, l'osservatore è chiamato prima a porsi frontalmente rispetto al dipinto e ad apprezzarne la rappresentazione frontale; poi, nel dirigersi verso una delle due porte laterali, è indotto a svelare l'arcano della "macchia" anamorfica. Lo spazio non vincola tuttavia il percorso che potrebbe essere anche differente. Secondo l'altra ipotesi, invece, è la scala a dettare il movimento dell'osservatore che, tuttavia, dovrebbe voltarsi nel salirla per vedere l'anamorfose oppure avrebbe percezione prima del teschio e

poi degli ambasciatori; in questo caso sarebbe invertita la classica visione frontale - laterale e all'anamorfose sarebbe dato un valore predominante (fig.25). Purtroppo non vi sono abbastanza elementi per negare o confermare una delle due ipotesi. L'affresco di San Francesco di Paola, in-

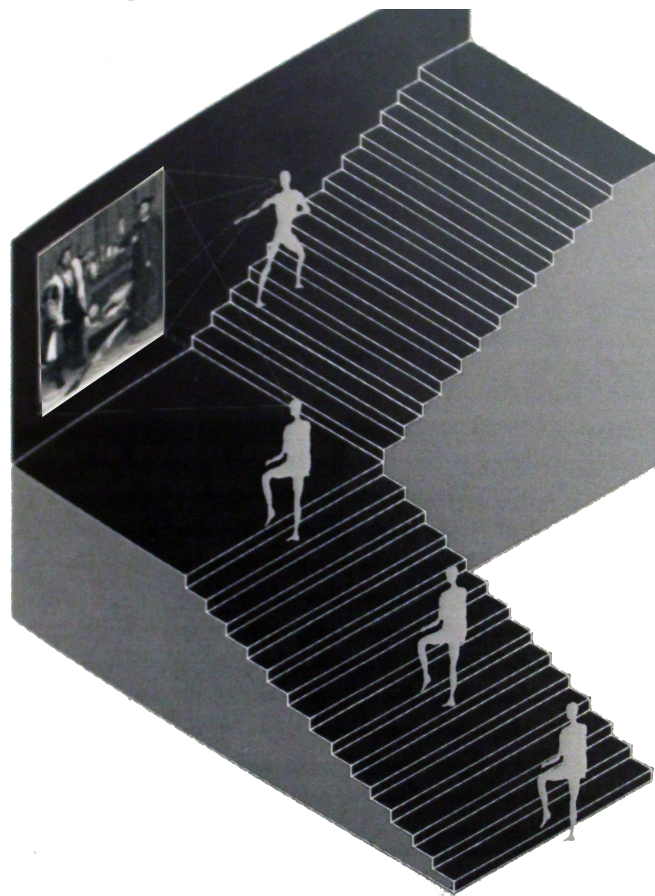


Fig. 25 – Ipotesi spaziali di collocamento e fruizione del quadro *Gli Ambasciatori* elaborate da Giuseppe D'Acunto.

vece, è stato realizzato in un corridoio stretto e lungo che veicola, col suo passaggio obbligato, la visione dell'osservatore: se dalle due estremità appare infatti evidente la figura del santo, percorrendo lo spazio ed avvicinandosi, questa si distende in un paesaggio nel quale le pieghe della veste disegnano colline e fiumi animati da personaggi ed imbarcazioni; la rappresentazione è quindi doppia in funzione della visione dettata dall'ambiente nel quale si inserisce (vedi figg.34, 35, pag. 51).

Dall'altro lato invece, si pone lo spazio illusorio, quello che la rappresentazione simula e col quale si vuole ingannare l'osservatore. Anche in questo caso, il coinvolgimento dell'architettura reale è indispensabile per raggiungere lo scopo finale: creare illusoriamente un'architettura compiuta e razionale che dilati lo spazio e lo dissimuli grazie

all'uso sapiente delle teorie prospettiche. Celebre esempio è la galleria di Sant'Ignazio nella Casa Professa del Gesù a Roma realizzata da Padre Pozzo, in cui le travature ed i modiglioni che costituiscono il soffitto piano dipinto assumono pronunciate curvature per adattarsi alla volta ribassata del corridoio e ricomporsi dal solo punto vincolato della visione (fig.26). L'architettura reale impone implicitamente tale punto mentre quella illusoria simula un ambiente che non esiste: il processo di conoscenza razionale dello spazio è accuratamente pilotato da entrambe.

Una variante al sistema in piccola scala è rappresentata poi dalle scatole anamorfiche³¹ nelle quali è illusionisticamente ricreato, con l'ausilio di specchi e dell'anamorfosi, un ambiente sacro o domestico che si palesa solo in una visione monoculare, permessa dall'apposita bucatura praticata sul lato della scatola stessa. In questo caso è la scatola ad



Fig. 26 – Galleria di Sant'Ignazio, Casa Professa del Gesù, Roma. Il soffitto piano, dipinto da Padre Pozzo, assume pronunciate curvature fuori dal corretto punto di vista, per adattarsi alla volta ribassata del corridoio.

assumere il ruolo di “architettura reale” (fig.27).

Oltre allo spazio dell’opera, materiale o illusorio che sia, un ulteriore elemento di coinvolgimento dell’architettura nell’anamorfose è costituito dalle superfici della rappresentazione ed in quelle della riflessione. I trattatisti seicenteschi per primi avanzarono, nelle loro opere, esempi di corrispondenza con le superfici architettoniche: il Nicéron suggerisce di realizzare le rappresentazioni ad intarsio, in legno o in pietra, sul pavimento della stanza o sul suo soffitto per essere osservate direttamente oppure riflesse sulle superfici di colonne levigate come specchi ed incorporare nella costruzione; il Bettini frammenta le immagini di due pavoni su di un colonnato (fig.28); il Dubreuil ed il Kircher dedicano invece, all’arte delle deformazioni, intere stanze in cui spargere specchi e rappresentazioni (fig.29).



Fig. 27 – Scatola prospettica di una casa olandese, Samuel van Hogstraten, 1655-60, National Gallery, London.

Pare persino che un intero castello, quello di Essonnes, fosse decorato con tale tecnica e ricco di illusioni³². Questi ambienti però, nonostante riescano a stupire l’avventore ignaro, non sono altro che semplici *cabinet* nei quali le rappresentazioni anamorfiche possono applicarsi all’architettura in cui si inseriscono oppure prescindere.

Altri esempi applicativi sono invece associati, su grande scala, a superfici verdi come giardini e paesaggi. Il Kircher, solo per farne un esempio, propone un *campus anthropomorphus*, nel quale con una collina in riva ad un lago costituisce una testa barbata, un gruppo di case sulla cima realizza il naso, un tiro a bersaglio l’occhio, un boschetto in salita capelli e barba e, in primo piano, il muro di un moletto semicircolare individua l’orecchio del volto (fig.30). Il Nicéron associa invece la tecnica a quello che era definito “rocaille”: nel XXVII secolo andò di moda,

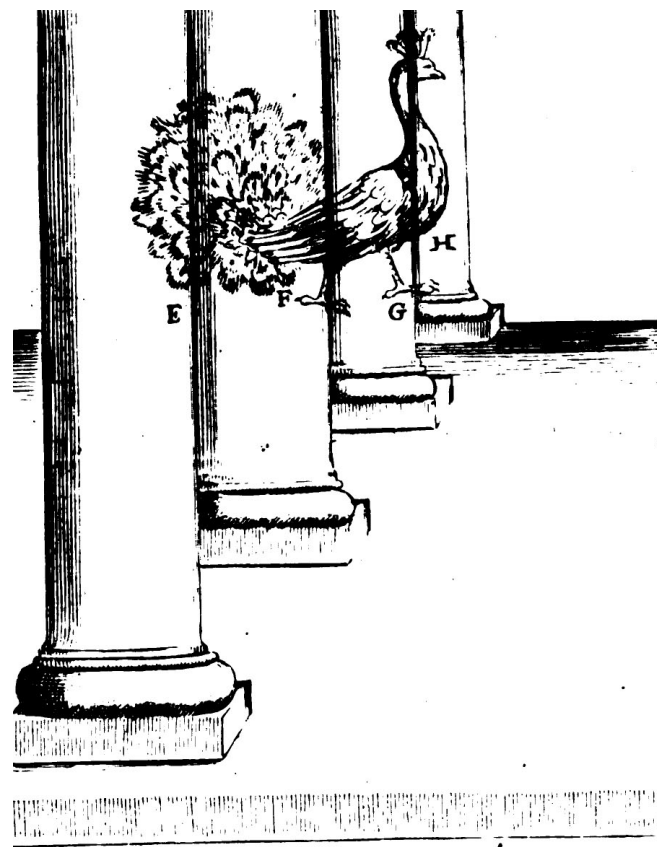


Fig. 28 – Mario Bettini, *Apiaria Universae Philosophiae Mathematicae: anamorfose ottica applicata ad un colonnato*.

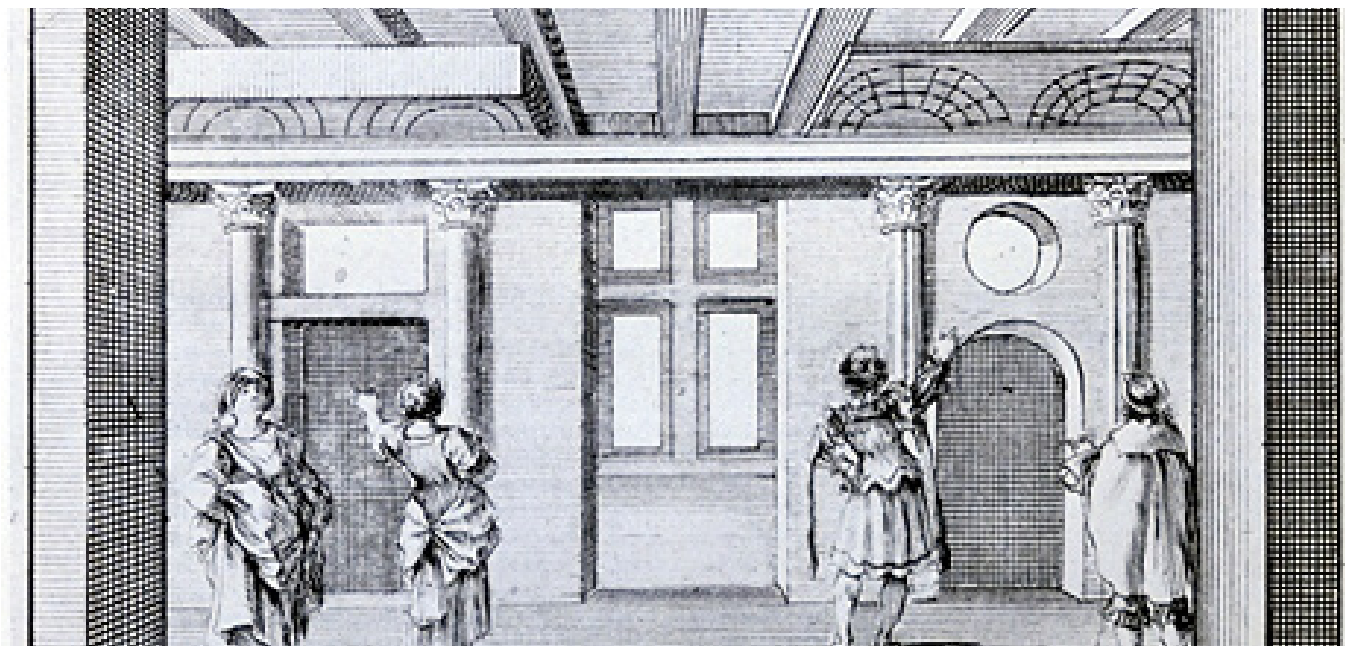


Fig. 29 – Jean Dubreuil, *La Perspective pratique, Traité VI*, pag. 147: così come già proposto dal Nicéron, l'anamorfose catottrica cilindrica viene dissimulata in un contesto architettonico utilizzando colonne dalla superficie riflettente come anamorfoscopi delle decorazioni.

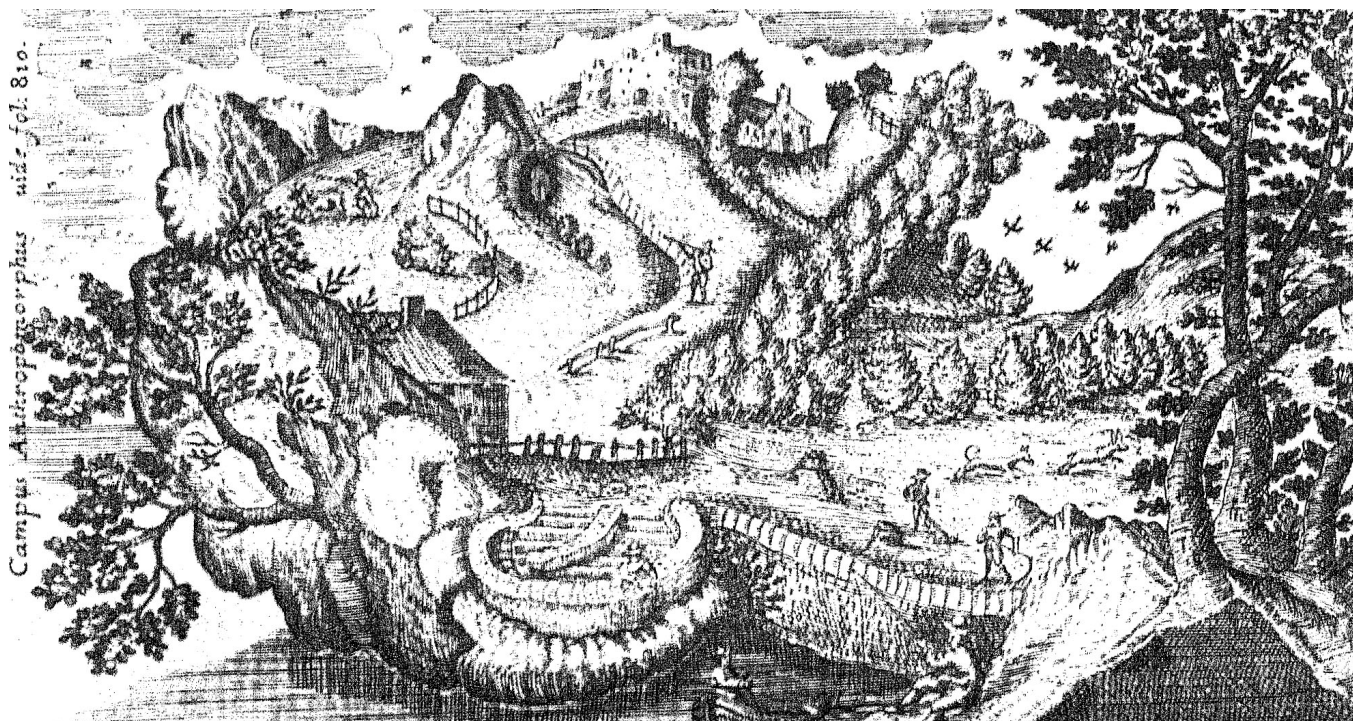


Fig. 30 – Athanasius Kircher, *Ars Magna Lucis et umbræ, Liber X, Partis I*, p.701: *campus anthropomorphus*.

infatti, un tipo di decorazione rustica dei giardini che prevedeva la realizzazione di elementi naturali come grotte artificiali arricchite da pietre, conchiglie e quant'altro³³. Proprio l'accostamento di questi elementi avrebbe potuto realizzare la rappresentazione anamorfica - che in tal modo sarebbe apparsa ancora più confusa ed iriconoscibile - da osservare direttamente o da vedere riflessa in uno specchio conico o cilindrico appeso nel mezzo della grotta³⁴.

«Nelle varie applicazioni alle superfici architettoniche [...] l'obliquità prospettica finisce tuttavia per coinvolgere profondamente anche lo spazio costruito, imponendosi nella teoria architettonica come un vero e proprio metodo progettuale e contribuendo significativamente alla nascita di un'arte nuova [...], designata col il peculiare nome di *Architettura obliqua*.»³⁵. L'architettura obliqua, così come definita dal Juan Caramuel y Lobkowitz nel 1678, è la reale applicazione delle teorie anamorfiche all'architettura. Non si tratta di semplici disposizioni non ortogonali, come potevano essere quelle delle famose "scene per angolo" studiate da Ferdinando Galli Bibiena per enfatizzare la monumentalità delle scene teatrali ma di vere e proprie deformazioni da applicare agli elementi architettonici per correggerne la visione: un'anamorfofi solida realizzata scientificamente secondo le leggi della geometria proiettiva.

Le teorie del Caramuel, che tuttavia non trovarono un riscontro pratico, miravano all'applicazione delle correzioni ottiche, così come fatto dai greci secoli prima. Un aneddoto racconta, infatti, di come Fidia vinse contro Alcamene la gara per la realizzazione della statua di Minerva da collocare in cima ad una colonna nel centro della città di Atene grazie all'uso dell'anamorfofi solida: «*Alcamene, non sapendo di geometria, nè d'ottica, fece la dea talmente bella che gli spettatori giudicarono cosa impossibile di far opera più perfetta. Fidia eccellente in molte dottrine, massime in geometria, ed in ottica, considerando che la figura d'ogni cosa varia d'aspetto all'occhio dello spettatore in proporzione delle distanze, fece alla dea le labbra aperte, il naso ed il resto in tal maniera che paressero convulse. Ambi i simulacri presentati al pubblico, poco mancò che quello di Fidia non fosse preso a sassate; finchè collocati*

(per farne prova) nella altezza che era destinata, non è credibile quale fosse la diversità dell'uno dall'altro: perlochè mutata scena, ad Alcamene toccò vituperio, a Fidia applauso e lode.»³⁶

Nell'architettura contemporanea il connubio più stretto con l'anamorfofi è stato raggiunto dal lavoro di Felice Varini e di Georges Rousse che caratterizzano uno spazio esterno o interno con deformazioni dal carattere quasi plastico (fig.31). Le loro opere reinterpretano in chiave contemporanea la tecnica seicentesca di tipo ottico utilizzando lo spazio come un elemento attivo della composizione - che ne detta il punto di vista privilegiato - ma che, tuttavia, non è mai "modellato" per l'anamorfofi. È sempre la rappresentazione ad adattarsi all'architettura e mai l'architettura studiata e progettata unitariamente ad essa. O meglio quasi mai. Il progetto sperimentale presentato da J.Déméroux per la Torre di Melbourne nel 1970 è un caso isolato: non solo è l'unico progetto architettonico "anamorfico" ma è anche l'unico che prevedere l'uso della tecnica catottrica. Due corpi cilindrici speculari erano stati infatti studiati in modo da riflettere la composizione anamorfica dei giardini (fig.32). Eppure le installazioni contemporanee a carattere architettonico continuano a ricercare l'effetto speculare combinato alla deformazione: ne sono un esempio la Mirror House al Central Park di Copenhagen dello studio danese MLRP (fig.33) o le opere di Anish Kapoor, artista ed architetto britannico autore dello *Sky Mirror* esposto al Rockefeller Center di New York, del *Turning the World Upside Down* realizzato nell'Israel Museum di Gerusalemme (fig.34) o del *Cloud Gate* al Millennium Park di Chicago (fig.35).

Quella contemporanea è, del resto, una blobarchitettura³⁷, caratterizzata da forme plasmabili a piacimento, dalla mutazione dell'immagine, dalla forte teatralità e dall'immediata comunicazione pubblicitaria. Viene spontaneo domandarsi se la tecnica anamorfica non possa tornare a caratterizzare significativamente questo settore e, anzi, non possa caratterizzarsi essa stessa come un nuovo linguaggio contemporaneo.



Fig. 31 – Georges Rousse, Nantes, 2003.

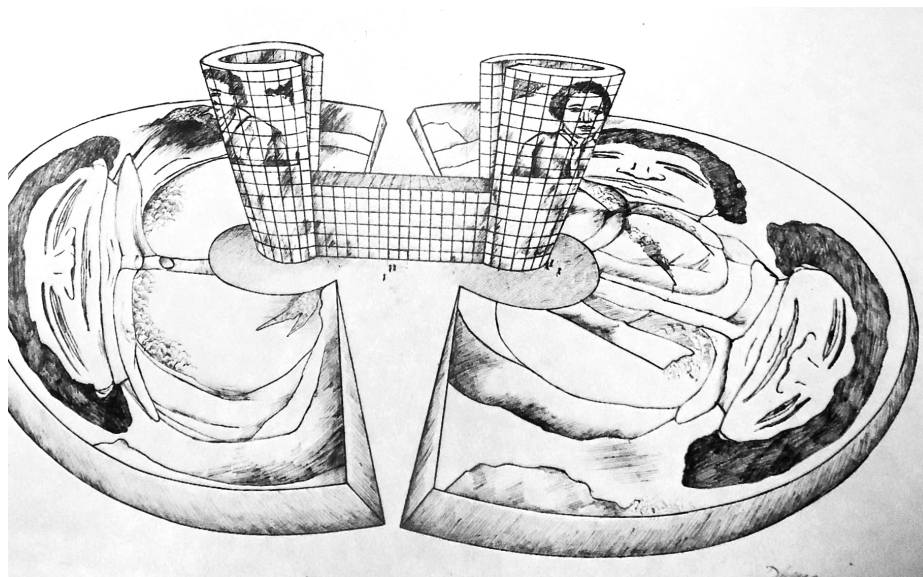


Fig. 32 – J. Démeraux, Le torri di Melbourne, progetto, 1970.



Fig. 33 – MLRP, Mirror House, Copenhagen Central Park.



Fig. 34 – A.Kapoor, Turning the World Upside Down, Gerusalemme.



Fig. 34 – Anish Kapoor, Cloud Gate, Chicago Millennium Park, 2004-2006.

3.2.2 Possibili campi d'applicazione

Il percorso di ricerca fin qui delineato, ha inevitabilmente condotto al settore della sperimentazione architettonica: l'anamorfose digitale applicabile a qualunque tipo di superficie apre infatti nuovi e vari scenari. Delle molteplici ricadute pratico - applicative non si può che fare un breve accenno, circoscrivendole a due specifici campi d'applicazione, l'uno volto alla valorizzazione ed alla fruizione del patrimonio storico - architettonico esistente, l'altro relativo alla progettazione ex novo.

Il settore dei beni culturali è sempre più coinvolto dalla tecnologia informatica per favorne o migliorne, oltre che la gestione e la conservazione, anche l'accessibilità e la fruizione così come gli applicativi 3D sono sempre più richiesti per favorirne e migliorarne la comunicazione. Oggi, si richiede allo strumento tecnologico di ricostruire i

contesti culturali originari, di fornire quei codici linguistici che rappresentano la corretta chiave di lettura dell'opera, di comunicare l'immagine così com'era stata ideata e poi realizzata. A tale scopo è sempre più frequente la richiesta di ricostruzioni tridimensionali di manufatti architettonici che seguano un'ipotesi ricostruttiva piuttosto che un'idea progettuale mai realizzata. Le nuove frontiere della realtà virtuale tendono a trasformare la conoscenza del bene culturale in un'esperienza dal carattere immersivo, non solo con iterazioni multimediali ma anche con simulazioni iperrealistiche rese tramite proiezioni stereoscopiche. L'uso di tali tecnologie ha rivoluzionato la fruizione delle opere "a distanza" ma si è rivelato limitativo per le visite "in situ": lasciando fuori l'uso di alcune applicazioni sul telefono portatile, tali esperienze escludono il contatto diretto col manufatto e, anzi, quasi lo pregiudicano. L'esperienza vir-

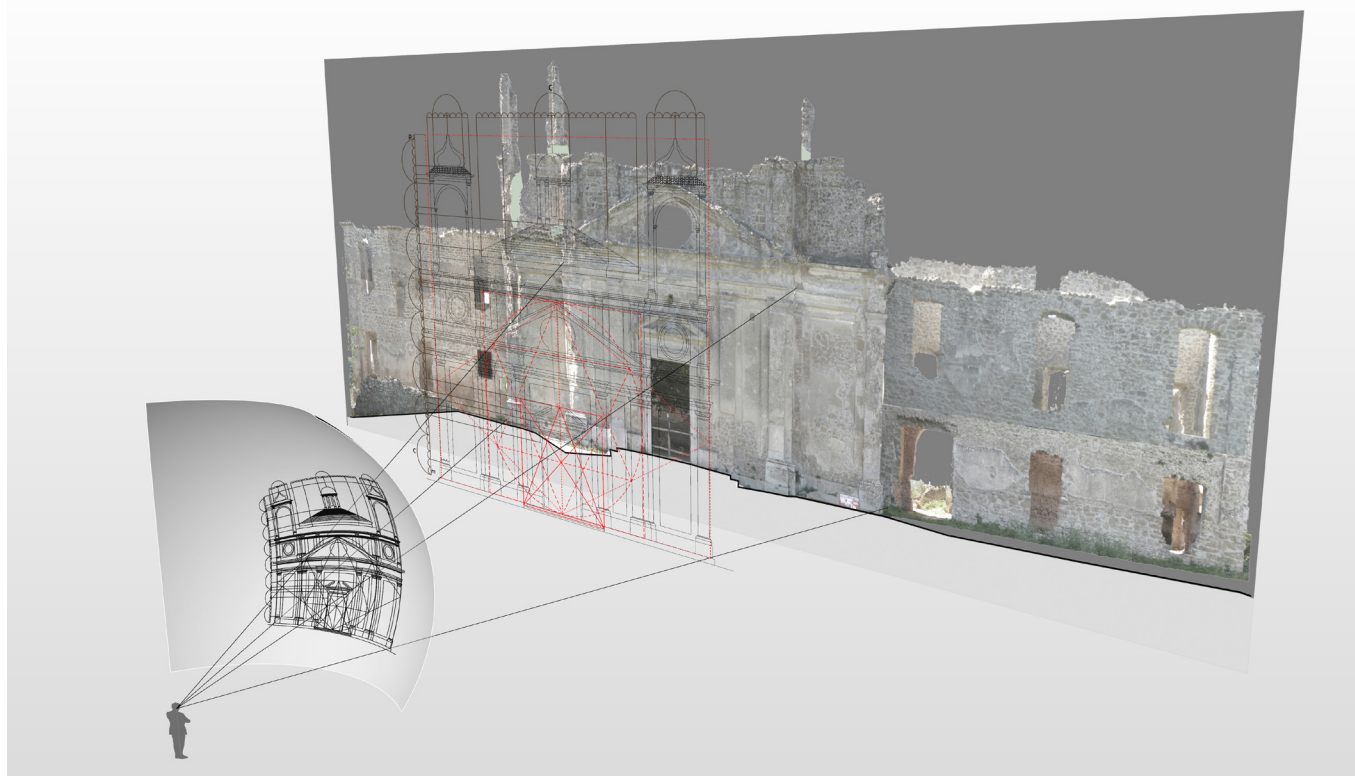


Fig. 35 – Processo di deformazione anamorfica di tipo ottico applicata alla chiesa del San Bonaventura a Monterano (RM).

tuale è, infatti, più accattivante del manufatto stesso. È nell'ambito di tale disanima che si inserisce una prima proposta applicativa dell'anamorfofi. Quale oggetto dell'esempio progettuale si è scelta la Chiesa del San Bonaventura presso il borgo antico di Canale Monterano (RM), già studiata nell'ambito della tesi di laurea³⁸. Il sito sorge su di un'altura all'interno dell'attuale Riserva Naturale di Canale Monterano e la chiesa, isolata rispetto al borgo antico della città, domina un pianoro verde. In stato di rudere, essa è liberamente accessibile ma, nonostante il suo grande valore culturale - la sua progettazione è attribuita al Bernini -, non vi sono adeguati supporti informativi, analogici o digitali che siano. Alla luce dello stato di fatto, si possono conciliare i fini didattici ed informativi con la volontà della rilettura originaria del manufatto, il tutto al fine di fornire al visitatore un'esperienza semi - immersiva.

Nella figura 36 si può vedere l'ipotesi di una struttura temporanea in policarbonato serigrafato, posta lungo il percorso per la chiesa, sulla quale è riportata, in anamorfofi, la ricostruzione ideale del prospetto principale con i relativi proporzionamenti. L'immagine, realizzata col solo fine esplicativo, simula un pannello dalla forma a scelta che può essere collocato davanti ad un'opera dal carattere archeologico come davanti ad un cantiere in esecuzione, allo scopo di restituire - da un punto di vista prefissato - l'immagine finale di una ricostruzione o di un progetto in sovrapposizione allo stato reale del manufatto. La scelta di una forma sferoidale per il pannello è giustificata dall'eventualità di disporlo all'interno di un'architettura - come potrebbe essere una chiesa parzialmente crollata de L'Aquila -: in un ambiente a 360°, la rappresentazione anamorfica della ricostruzione su di una calotta sferica, al



Fig. 36 – Prima ipotesi applicativa: per la fruizione del patrimonio storico - artistico, la ricostruzione o il progetto di un'architettura potrebbe essere riportata su pannelli temporanei in policarbonato sui quali, in anamorfofi, la rappresentazione si sovrappone allo stato di fatto. In un ambiente interno una calotta sferica potrebbe riportare la ricostruzione dello spazio a 360°.

cui interno si pone il visitatore³⁹, coinvolgerebbe l'intero ambiente caratterizzandosi come un'esperienza di tipo immersivo.

Ulteriori esempi applicativi potrebbero riguardare un contesto di tipo urbano. Le città contemporanee sono ormai caratterizzate da una pluralità di forme e superfici sia nelle loro architetture che nei loro elementi di arredo. Così come si è visto nel precedente paragrafo, molte di queste superfici sono di tipo speculare e sfruttano la riflessione - in funzione della forma - per rendersi accattivanti. L'eventualità di attribuire una vera e propria funzione a quelli che altrimenti resterebbero solo dei meri elementi decorativi, trova una possibile applicazione nel ricorso all'anamorfose di tipo catottrico. Quanto impatto potrebbe avere un'immagine pubblicitaria se la si vedesse inaspettatamente riflessa sulla superficie di una pensilina parasole? Quanto potrebbe essere suggestiva la mappa dei luoghi - che sia di una città, di un parco o di un museo - rintracciata dal visitatore sulla superficie riflettente di un'installazione urbana (fig.38)? Si pensi alla sola tettoia realizzata presso il vecchio porto di Marsiglia dall'architetto Norman Foster (fig.37).

Gli scenari sopra descritti sono solo due esempi delle possibili ricadute che la ricerca potrebbe avere nel campo dell'architettura che, a sua volta, è solo una delle tante tematiche in cui l'anamorfose potrebbe declinarsi. La presente ricerca, dunque, pone solo le basi per ogni ulteriore approfondimento.



Fig. 37 – Tettoia realizzata da Norman Foster nell'ambito del progetto di riqualificazione del vecchio porto di Marsiglia, in Francia.

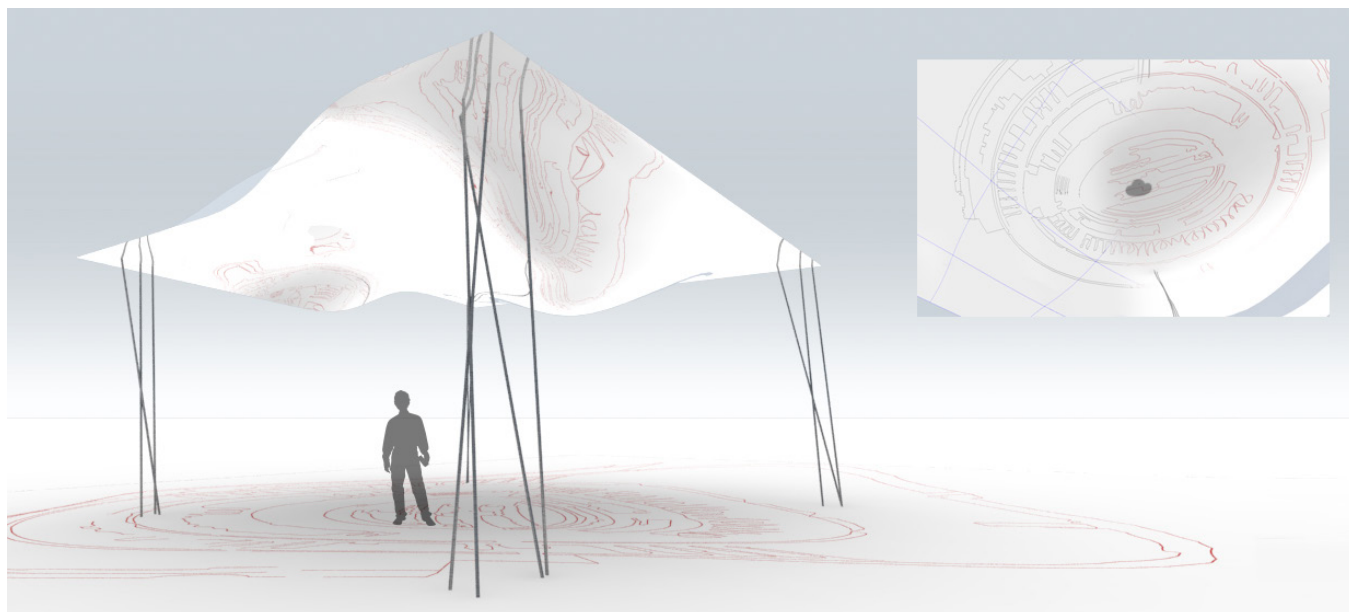


Fig. 38 – Seconda ipotesi applicativa: in un contesto urbano, la tettoia potrebbe riflettere la planimetria della città o del sito specifico (con indicazioni turistiche), un itinerario o uno slogan pubblicitario. La rappresentazione anamorfica potrebbe essere integrata nel disegno a terra prevedendo cambi di materiale o semplicemente applicando adesivi removibili.

Note

1. Si fa riferimento, ad esempio, al software applicativo per *tablet*, *Anamorphicons*, descritto nel primo capitolo.
2. Si fa riferimento, nello specifico, al progetto *Augmented Anamorphosis* illustrato sinteticamente nel primo capitolo.
3. «*It is not suprising that with the rise in the use of computers -and, concomitantly, of video- one finds a corresponding exploration of these mediums' anamorphic potentials. It is in the realm of computers that anamorphosis may have the most significant impact.*» Daniel L. Collins, *Anamorphosis and the Eccentric Observer*, in *Leonardo Journal*, vol. 25, n. 1 and 2, 1992.
4. Un progetto "avanguardistico" in tal senso, sebbene fosse un caso isolato, fu quello per il monumento cittadino di Melbourne, presentato da J. Démeraux nel 1970: due torri coniche dai vetri a specchio, collegate da un corpo centrale, fungevano da anamorfoscopi alle immagini deformate realizzate a terra come disegno dei giardini. Vedi Jurgis Baltrušaitis, *Anamorfosi o Thaumaturgus opticus*, Adelphi, Milano 1990, pp.234-236.
5. Tutti *software* applicativi commerciali per la modellazione tridimensionale di tipo matematico o numerico. *Rhinoceros* è edito dall'azienda americana *Robert McNeel & Associates*, attualmente disponibile nella sua versione 5.0; *3D Studio* e *AutoCad* sono entrambi sviluppati dall'*Autodesk*, azienda americana fondata nel 1982.
6. La scelta di un'immagine di tipo vettoriale piuttosto che raster è fondamentale per il controllo delle operazioni: un'immagine di tipo raster è caratterizzata da pixel aventi attributi di colore e di posizione. La deformazione di questo tipo di immagini può essere controllata solo con determinati algoritmi di calcolo su cui poterne, al massimo, verificare l'esattezza.
7. Si è utilizzato *McNeel Rhinoceros v. 5.0*.
8. Le superfici possono essere indifferentemente di tipo *Mesh* o *Nurbs* in quanto la tipologia di generazione della superficie non influisce minimamente sul risultato della sperimentazione.
9. *Extrude Crv to Point* (estrudi curva verso punto) tra i comandi di generazione delle superfici: consente di creare una superficie guidando il percorso delle curve selezionate ed eseguendo una rastremazione che converge nel punto scelto.
10. Si utilizza in questo caso il comando *Intersection* (intersezione) tra i comandi di generazione delle curve da oggetti: consente di creare delle curve nell'intersezione tra due superfici. In questo caso l'intersezione è tra le superfici di estrusione dell'immagine vettoriale e quella scelta come quadro della rappresentazione.
11. Questo *plug-in*, integrato in *Rhinoceros*, consente la generazione di forme tridimensionali complesse tramite la definizione di un diagramma a nodi che, secondo una logica associativa, descrive le relazioni tra le parti di un qualsiasi progetto. La sua larga diffusione è legata alla naturale propensione che lo caratterizza per la progettazione architettonica parametrica.
12. *Extrude Point* (estrudi punto), tra i comandi di generazione *free-form* delle superfici: la componente richiede, in ingresso, un primo parametro *Base*, che può essere costituito da curve o superfici, ed un secondo parametro *Point*, punto verso cui far vergere l'estrusione.
13. *Brep|Brep* (polisuperfici), tra i comandi di intersezione fisica: risolve le intersezioni tra due polisuperfici; nello specifico, sono state assegnate le superfici estruse col precedente componente ed il piano di quadro scelto.
14. Logica vuole che si scelgano i quattro vertici dell'immagine quadrangolare ed almeno tre punti intermedi su ciascun lato del prototipo.
15. La costruzione richiede semplicemente una doppia riflessione del raggio, tale da ricreare, simmetricamente, un uguale angolo solido così come illustrato dal Vaulezard nel *Theorema III*, pag.9 del trattato.
16. *Flow Along Surface* (scorri lungo la superficie), tra gli strumenti di trasformazione: consente di trasformare oggetti di tipo vettoriale da una superficie di riferimento ad un'altra.
17. In un primo tentativo si è costruita la retta passante per tali punti ma questa intersecava la superficie cilindrica sia anteriormente che posteriormente (in riferimento al punto di vista) implicando l'uso di un'ulteriore componente per la selezione del solo punto anteriore che andava a complicare il sistema. È stata quindi costruita la linea con l'uso della componente *Line* che richiede, in ingresso, due punti, assegnati con il parametro *Point*.
18. *Brep | Curve* (polisuperficie | curva), tra i comandi di intersezione fisica: risolve le intersezioni tra curve e polisuperfici; nello specifico, sono state assegnate la linea ricavata col precedente componente e la superficie cilindrica dello specchio.
19. *Surface Closest Pont* (punto più vicino alla superficie), tra i comandi di analisi delle superfici: individua il punto sulla superficie più prossimo di quello dato.
20. Si veda Capitolo II, paragrafo 4.1.
21. Con la componente *Evaluate Surface* (analizza superficie) si estraggono i dati della normale nel punto sulla superficie e si costruiscono, con il parametro *Plane Normal* (piano normale), prima il piano tangente alla superficie cilindrica nel punto d'apparenza selezionato.

nato e poi gli altri due piani, a partire dal primo, con le componenti di *Deconstruct Plane* (decostruisci piano) e *Rotate 3D* (ruota 3D).

22. *Mirror* (specchio) tra i comandi di trasformazione euclidea: il comando richiede, in entrata, la geometria da specchiare ed il piano di riferimento. Si procede, inizialmente, con lo specchiare la linea d'incidenza costruita tra il punto di vista ed il punto scelto rispetto al piano "verticale" precedentemente creato a partire dal piano tangente e si esegue poi una seconda specchiatura della linea così ricavata rispetto al secondo piano, quello "orizzontale", individuando la linea d'incidenza.

23. *Brep | Line* (polisuperfici | linea), tra i comandi di intersezione matematica: risolve l'intersezione tra linee e polisuperfici; nello specifico, sono state assegnate la linea d'incidenza e la superficie piana della rappresentazione.

24. *Divide Curve* (dividi curva), tra i comandi di divisione delle curve: consente di dividere una o più curve in tanti punti quanti quelli definiti da un numero richiesto in ingresso.

25. *Number Slider* (barra numerica di scorrimento), tra i parametri di *input*: consente di variare a piacimento il valore numerico al suo interno in un range definibile.

26. Il comando *Flatten* è stato applicato per le geometrie in uscita alle componenti di *Rotate 3D*, *Brep | Line* e *Surface Closest Point*.

27. *Curve on Surface* (curva su superficie), tra i comandi di generazione delle curve spline: la componente richiede in entrata una superficie, cui è stata assegnata la superficie della rappresentazione, ed i punti nelle loro coordinate uv; queste ultime sono state restituite dalla componente intermedia *Surface Closest Point*.

28. *Graft Tree* (albero di innesto), tra i comandi di gestione Tree nel pannello Sets: la componente divide le linee in rami, uno per ogni elemento della lista. Ogni ramo contiene un elenco di indici, corrispondenti ai punti in cui si è scelto di dividerla.

29. *Path Mapper* (percorso), tra i comandi di gestione Tree nel pannello Sets: la componente consente di mettere in relazione gli indici di rami diversi dei Data Tree. Vedi Arturo Tedeschi, *Architettura parametrica. Introduzione a Grasshopper*, Leenseur, 2013, pp. 147-151.

30. Vedi De Rosa Agostino and D'Acunto Giuseppe, *La vertigine dello sguardo. Tre saggi sulla rappresentazione anamorfica*, Cafoscarina, Venezia 2002, pp.64-70.

31. Ivi, nota 28, cap. I, paragrafo 2.

32. Jurgis Baltrušaitis, *Anamorfose o Thaumaturgus opticus*, Adelphi, Milano 1990 (1955¹); Mario Praz, *Geometrie anamorfiche: saggi di arte, letteratura e bizzarrie varie*, Ed. di Storia e Lettera-

tura, 2002, p.79.

33. Il *rocaille style* coinvolse anche il settore delle arti decorative, dell'oreficeria e dell'ebanisteria con ornamenti di conchiglie, fiori e ciottoli applicate ad arredi e gioielli. Fu un preludio del rococò (la parola stessa deriva dal termine francese) col quale finì per integrarsi e di diffuse velocemente agli inizi del sec. XVIII, grazie soprattutto alle incisioni e ai disegni di Juste-Auré Meissonnier (1695-1750).

34. Nicéron, *op.cit.*, livre II, prep. VII, corollario III, p.89.

35. Filippo Camerota, "L'architettura curiosa: anamorfose e meccanismi prospettici per la ricerca dello spazio obliquo" in Alessandro Gambuti, Andrea Andanti and Filippo Camerota, *Architettura e prospettiva tra inediti e rari*, Alinea, Firenze 1987, p. 79.

36. Tzecz, Biblioteca Graeca lib. VIII. hist. 193, citato in *Lettera di Sebastiano Ciampi à Lorenzo Bartolini, Celebratissimo Statuario*, David Passigli e Socj, Firenze 1834.

37. Il termine è stato coniato da Greg Lynn nel 1995 nei suoi esperimenti di disegno digitale con i *Bunary Large Object*, oggetti binari di grandi dimensioni. Egli elaborò un software che permette di modificare gli algoritmi del sistema prevedendo l'evoluzione delle forme in base alla pressione esercitata dall'esterno sulle superfici.

38. Tesi di Laurea dal titolo "Bernini a Monterano: tra realtà e rappresentazione"(a.a. 2009/2010), relatore prof. Mario Docci, correlatori proff. Marina Docci, Alfonso Ippolito, condotta con Alessandro Cappelletti e Francesco Cosentino.

39. Per rispettare la condizione del punto di vista prestabilito, si pensa di collocare al centro della calotta una seduta regolabile in base all'altezza dell'osservatore.

Considerazioni conclusive

Alla luce dell'intera ricerca fin qui esposta ed in relazione agli obiettivi fissati nella premessa, è possibile trarre tre ordini di considerazioni conclusive.

Il primo riguarda il ruolo assunto dall'anamorfose nella storia della rappresentazione. La letteratura moderna e contemporanea, infatti, tende a screditare il fenomeno e a non riconoscergli un'autonomia storica ed una significazione come fatto in sé: è considerato, nelle varie posizioni storiografiche, come un dettaglio tecnico ed una sorta di aberrazione prospettica marginale¹. Tuttavia, il Naitza² sostiene che *«l'anamorfose non può che costituire il "limite" tra virtualità matematica e verosimiglianza ottica dell'immagine prospettica. In quanto tale, fornisce una misura attendibile della consapevolezza e della comprensione che tra il Rinascimento e il Seicento di ebbe della problematica nuova dello spazio.(...) Ciò consente di comprendere lo svolgimento della produzione anamorfotica, non in un quadro semplicistico di una negazione radicale della sua matrice, ma nell'ambito di una lenta decodificazione dei valori culturali ai quali un processo selettivo dei risultati prospettici diede luogo.»*³

Dalla ricognizione storica effettuata ed in base alle fonti pervenute ci è emerso però che al discernimento teorico della rappresentazione anamorfica, sia ottica che catottrica, si è arrivati solo in un secondo momento, successivamente alla messa in circolazione di una discreta produzione figurativa proveniente dai paesi nordici e da quelli dell'estremo oriente. Nonostante ci fossero pienamente le premesse per evolvere le aberrazioni marginali in rappresentazioni anamorfiche, queste ultime sembrano "immesse" nelle trattazioni come un caso particolare da accostare alla prospettiva e non come una sua derivazione ma solo perché ad essa affine. Il Danti ed il Barbaro, infatti, ne ricercano le regole costruttive alla fine del Cinquecento sulla base delle proprie conoscenze prospettiche, intuendo forse il legame ma mancando di rigore. Bisogna aspettare gli anni '30 del secolo successivo per trovare delle opere, quelle dell'Herigone e del Vaulezard, che trattano rigorosamente l'argomento; entrambe sembrano essere opere originali e prive di precursori così come quella del Nicéron nella parte ottica - quella catottrica è ripresa dal Vaulezard - del 1638. Nell'ambiente europeo dunque sembra che questa forma di rappresentazione sia stata importata dall'esterno poco prima che ci si potesse pervenire e che le sue regole siano state dedotte dalla produzione figurativa. Si smentisce in questo modo la tesi che non gli riconosce un'autonomia storica ma resta ancora in dubbio l'esatta genesi del fenomeno che ci si auspica diventi oggetto di future ricerche.

Il secondo ordine di considerazioni riguarda invece l'aspetto più prettamente geometrico. L'analisi specifica dei trattati ha condotto ad una classificazione tipologica dei procedimenti costruttivi adottati per giungere all'immagine deformata, distinti prima per le anamorfosi di tipo ottico e di tipo catottrico e poi per il tipo di superficie coinvolta. Entrambe le anamorfosi presentano delle procedure euristiche accanto a quelle geometriche ma, dal punto di vista storico, il percorso è stato inverso: la definizione di quelle ottiche è stata graduale per passaggi sempre più precisi mentre per quelle catottriche, che si presentano più complesse, ci sono state approssimazioni progressive per adattare alla pratica artistica.

Alle anamorfosi ottiche afferiscono le deformazioni su superfici piane e su superfici conico - piramidali. Le prime possono ricavarsi con proiezione tramite un lume oppure con un allungamento arbitrario se si ricorre ai procedimenti euristici; con il metodo della sezione, con quello della diagonale, con quello dell'omologia o con quello del piano obliquo, se invece si ricorre ai procedimenti prettamente geometrici. Le deformazioni sulle superfici conico - piramidali possono invece ricavarsi con un procedimento diretto di disegno sulla superficie o con uno indiretto di intersezione. Questi stessi procedimenti sono condivisi dalle anamorfosi catottriche di tipo piano, nelle quali lo specchio si limita a cambiare specularmente il punto di osservazione della rappresentazione. Per la costruzione delle anamorfosi di tipo cilindrico si ricorre invece alla proiezione tramite lume o alla deformazione radiale secondo i procedimenti euristici; al secondo metodo del Vaulezard o

a quello del Nicéron secondo i procedimenti approssimativi; oppure al primo metodo del Vaulezard ed a quello dell'Herigone per i procedimenti rigorosi. Unico ed invariato è invece il procedimento di definizione delle anamorfose catottriche di tipo conico - piramidale.

Questa classificazione ha permesso di evidenziare una serie di costanti che accomunano i diversi procedimenti teorici. Se ne deduce con immediatezza che le superfici trattate per le anamorfose ottiche sono solo di tipo piano e conico - piramidale mentre per quelle catottriche si aggiunge la tipologia delle cilindriche. Inoltre, tutti gli schemi prevedono, in realtà, la deformazione della sola griglia a maglia quadrata, utilizzata come elemento di controllo, in cui si iscrive e poi si deforma - manualmente - la figura assunta a prototipo. Infine, la deformazione si ricava con una prima operazione di proiezione del prototipo reticolato (che si fa appartenere ad un ipotetico quadro che sia piano e distinto dalla superficie dell'anamorfose) ed una seconda di intersezione dei raggi proiettanti con la superficie della rappresentazione; la proiezione è doppia nel caso del sistema catottrico, dovuta alla riflessione.

Il terzo ordine di considerazioni riguarda i risultati ottenuti nella fase sperimentale della ricerca. L'applicazione dei procedimenti geometrici definiti tradizionali ad un sistema anamorfose digitale con punto di vista, piano di quadro e soggetto della rappresentazione - con l'aggiunta della superficie speculare nel caso dell'anamorfose catottrica - ha consentito di pervenire ad un algoritmo generativo in grado di simulare il procedimento geometrico alla base della visione e di ricavare l'immagine anamorfose direttamente dal prototipo dato. Il modello tridimensionale così impostato presenta una serie significativa di innovazioni cui le contemporanee sperimentazioni artistiche ed informatiche nel campo anamorfose non sono ancora giunte.

In primo luogo, il reticolo di controllo cambia il proprio significato: esso non è più un elemento costruttivo indispensabile alla deformazione (della quale era il solo soggetto) ma diventa un elemento di controllo, di gestione e di verifica del nuovo sistema, imprescindibile in fase di studio ma del tutto superfluo ai fini della rappresentazione anamorfose. L'immagine scelta, infatti, è chiamata direttamente in causa come *input* dell'algoritmo, senza la mediazione del reticolo.

In secondo luogo, le operazioni, preventivamente controllate e verificate nella definizione dell'algoritmo generativo, diventano automatiche: il procedimento non deve essere ripetuto né modificato. In tal modo anche le operazioni di calcolo della riflessione che da sempre hanno rappresentato il problema più ostico, sono svolte automaticamente dal *software* tanto per la superficie cilindrica quanto per qualunque altra.

Di conseguenza lo schema, oltre a restituire l'immagine distorta in *output* ed a sostituire tutti i passaggi grafici di costruzione, può essere applicato anche a superfici diverse da quelle canoniche. La possibilità di variare la superficie oggetto della rappresentazione, così come quella della riflessione, è l'aspetto maggiormente innovativo della ricerca in quanto consente effettivamente di modificare l'impostazione tradizionale dell'anamorfose. È inoltre possibile prevedere anche punti di vista diversi da quelli classici: nel caso dell'anamorfose catottrica di tipo conico, per fare un esempio, è possibile porre l'occhio anche al di fuori dell'asse del cono. Sebbene non si è entrati nel merito delle anamorfose dinamiche, il cui studio ricade nell'ambito informatico e non in quello geometrico, non è da escludersi la possibilità di integrare la generazione automatica dell'anamorfose statica con un sistema di visione dinamica.

I risultati così ottenuti a partire dallo studio geometrico dei procedimenti costruttivi richiamano inevitabilmente a nuove sperimentazioni in campo architettonico per la valorizzazione dei siti archeologici, la fruizione degli spazi pubblici o l'allestimento museale.

Note conclusive

1. Si consideri, ad esempio, quanto ne dice Panofsky alle note 8,9,10,11,12 de *La prospettiva come forma simbolica*, Milano: Abscondita, 1961 pp.78-85.
2. Naitza Salvatore. Anamorfosi e legittimità prospettica tra rinascimento e barocco. In *Annali delle facoltà di lettere filosofia e magistero dell'Università di Cagliari*, vol. XXXIII, parte II, Cagliari: S. T. E. F., 1970, p.3.
3. Naitza, *op.cit.*, p.7.

Bibliografia

Anamorfose - Letteratura primaria

Robert Ravník, Borut Batagelj, Bojan Kverh, Franc Solina, *Dynamic Anamorphosis as a Special, Computer-Generated User Interface*, in *Interacting with Computers* 26, 2014, pp. 146-162.

Agostino De Rosa (a cura di), *Jean François Nicéron. Prospettiva, catottrica & magia artificiale* (catalogo della mostra), Aracne, Roma 2013.

Joan Faust, *Andrew Marvell's Liminal Lyrics: The Space Between*, Rowman & Littlefield, Lanham 2012.

Jennifer Ellen Boyle, *Anamorphosis in Early Modern Literature: Mediation and Affect*. Ashgate Publishing, Farnham 2010.

Cristina Candito, *Il disegno e la luce*, Alinea, Firenze 2010.

Bernhard Maaz, *Der "Elefant im Glas": eine Anamorphose nach Simon Vouet und Hans Tröschel*, in *Dresdener Kunstblätter*, n.54, Dresden 2010, pp. 140-150.

Kyung-Ho Cha, Markus Rautzenberg, *Der entstellte Blick. Anamorphosen in Kunst, Literatur und Philosophie*, Wilhelm Fink, Paderborn 2008.

Kirsti Andersen, *The geometry of an art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*, Springer Verlag, 2007.

Lyle Massey, *Picturing Space, Displacing Bodies: Anamorphosis in Early Modern Theories of Perspective*, Penn State Press, Penn State 2007.

Alan J. Hill DeWeerd, S. Eric, *Comment on "Anamorphic images," by J. L. Hunt, B. G. Nickel, and Christian Gigault [Am. J. Phys. 68 (3), 232-237 (2000)]*, in *American Journal of Physics*, 74, 2006.

Ezia Gavazza, *Anamorfose e inganno ottico: alcune forme del decoro ad affresco in Liguria nel secolo XVII*, in Fauzia Farneti, Deanna Lenzi (a cura di), *Realtà e illusione nell'architettura dipinta: quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età barocca*, Alinea, Firenze 2006, pp. 131-140.

Martin Kemp, *La scienza dell'arte: prospettiva e percezione visiva da Brunelleschi a Seurat*, Giunti Editore, Firenze 2005 (1994¹).

Dhanraj Vishwanath, Ahna R Girshick, Martin S. Banks, *Why pictures look right when viewed from the wrong place*, in *Nature Neuroscience* 8, 2005, pp. 1401-1410.

Noel Malcom, *Aspects of hobbes*, Oxford University Press, Oxford 2004, pp. 200-215.

Elio Franzini, Maddalena Mazzocut-Mis, *I nomi dell'estetica*, Pearson Italia S.p.a., Milano 2003.

Gabriel-Randour Chantal, Jean Drabbe, *Descriptive Geometry And Anamorphosis*, in *Proceeding of IMECT3 Conference*, University of Cambridge, Cambridge 2003.

Maddalena Mazzocut-Mis, *Allegoria e anamorfose*, in A. Pinotti (a cura di), *Giochi per melanconici. Sulla «Origine del dramma barocco tedesco» di Walter Benjamin*, Mimesis, Milano 2003, pp. 249-261.

Gérard Simon, *Archéologie de la vision: l'optique, le corps, la peinture*, Seuil, Paris 2003.

France Borel, *Le peintre et son miroir, regards indiscrets*, Renaissance Du Livre, Toumai 2002.

Agostino De Rosa, Giuseppe D'Acunto, *La vertigine dello sguardo. Tre saggi sulla rappresentazione anamorfica*, Cafoscarina, Venezia 2002.

Mario Praz, *Geometrie anamorfe: saggi di arte, letteratura e bizzarrie varie*, Storia e Letteratura editore, Roma 2002.

James Hunt, B G Nickel, Christian Gigault, *Anamorphic images*, in *American Journal of Physics*, 68, 2000, pp. 232-237.

Hidehiro Ikegami, *Due volti dell'anamorfose. Prospettiva e "Vanitas": Nicéron, Pozzo, Holbein e Descartes*, CLUEB, Bologna

2000.

David Topper, *On Anamorphosis: Setting Some Things Straight*, in Leonardo, vol. 33, n.2, 2000, pp. 115-124.

Dominique Frédéric Nef Berlioz, *L'actualité De Leibniz: Les Deux Labyrinthes*, Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH, Stuttgart 1999.

Georg Füsslin, Ewald Hentze, *Anamorphosen, Geheime Bilderwelten*, Füsslin Verlag, Stuttgart 1999.

Philip W. Kuchel, *'Virtual Dial' or Anamorphoscopic Clock*, in NAWCC Bulletin, n.321, 1999, pp. 469-473.

Maddalena Mazzocut-Mis, *Deformazioni fantastiche: introduzione all'estetica di Jurgis Baltrušaitis*, Mimesis, Milano 1999.

David Bomford, *Perspective, anamorphosis, and illusion: seventeenth-century Dutch peep shows*, in Ivan Gaskell, Michiel Jonker, *Vermeer Studies*, Studies in the History of Art, 55, National Gallery of Art in association with Yale University Press, Washington 1998, pp. 125-136.

Thomas Eser, *Schiefe Bilder. Die Zimmernsche Anamorphose und andere Augenspiele aus den Sammlungen des Germanischen Nationalmuseums*, Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg 1998.

Lyle Massey, *Anamorphosis through Descartes or perspective gone awry*, in Renaissance Quarterly, vol. 50, n. 4, University Chicago Press, Chicago 1997, pp. 1148-1189.

Josef Walch, *Fertig ausgearbeitete Unterrichtsbausteine für das Fach Kunsterziehung. Eine Ideenbörse für den praktischen und theoretischen Umgang mit Grafik, Malerei, Plastik, Architektur und visuellen Medien* in den Sekundarstufe I und II Überarbeitete Neuauflage, Weka-Verlagsgruppe, Kissing 1997.

Kirsti Andersen, *The mathematical treatment of anamorphoses from Piero della Francesca to Nicéron*, in Christoph J. Scriba, Joseph Warren Dauben, *History of Mathematics: States of the Art*, Academic Press, San Diego 1996, pp. 18-23.

Dario Toffanello, *Anamorfosi, l'immagine improvvisa*, CittàStudi, Milano 1996.

Filippo Camerota, *Il giardino anamorfo: sviluppi di un'idea cartesiana*, in Maria Adriana Giusti, Alessandro Tagliolini, *Il giardino delle muse: arti e artisti nel barocco europeo*, Giardini, città, territorio, 9, Edifir, Firenze 1995.

Alberto Pérez-Gómez, Louise Pelletier, *Anamorphosis: An Annotated Bibliography with special reference to Architectural Representation*, McGill University Libraries, Montreal 1995.

Martin Jay, *Downcast eyes. The denigration of vision in 20th century french thought*, University of Chicago Press, Chicago 1993.

Didier Bessot, *La perspective de Nicéron et ses rapports avec Maignan*, in Massimo Bucciattini, Maurizio Torrini (a cura di), *Geometria e atomismo nella scuola galileiana*, Olschki, Firenze 1992, pp. 147-169.

Thomas Frangenberg, *The Angle of vision: Problems of perspectival representation in the fifteenth and sixteenth centuries*, in Renaissance Studies, vol. 6, Oxford University Press, Oxford 1992, pp. 1-45.

Daniel L. Collins, *Anamorphosis and the Eccentric Observer*, in Leonardo Journal, vol. 25, n. 1-2, 1992.

Hubert Damisch, *L'origine della prospettiva*, Guida Editori, Napoli 1992 (ed. orig. Hubert Damisch, *L'Origine de la perspective*, Flammarion, Paris 1987).

Jurgis Baltrušaitis, *Anamorfosi o Thaumaturgus opticus*, Adelphi, Milano 1990, ed. or. *Anamorphoses ou perspectives curieuses*, 1955¹; *Anamorphoses ou magie artificielle des effets merveilleux*, 1969², 1984³).

Jos de Meyere, Hette Weijma, *Anamorfosen: kunst met een omweg*, Aramith, Bloemendaal 1989.

Maurice Merleau-Ponty, *L'occhio e lo spirito*, SE, Milano 1989.

Filippo Camerota, *L'architettura curiosa: anamorfosi e meccanismi prospettici per la ricerca dello spazio obliquo*, in Alessandro Gambuti, Andrea Andanti, Filippo Camerota, *Architettura e prospettiva tra inediti e rari*, Alinea, Firenze 1987, p. 79-111.

Manlio Brusatin, *Arte della meraviglia*, Einaudi, Torino 1986.

Kim H. Veltman, *Perspective, Anamorphosis and Vision*, Marburger Jahrbuch, vol. 21, Marburg 1986, pp. 93-117.

Piergiorgio Dragone (a cura di), *Immagini di sbieco e specchio curvo: anamorfosi e Renato Brazzani. Pettenasco, casa medie-*

vale, 29 settembre - 4 novembre 1984 (catalogo mostra), Pettenasconostra, Lago d'Orta (No) 1984.

Riccardo Migliari, *Dieci lezioni di geometria descrittiva - il modello prospettico d'angolo e il modello prospettico a quadro inclinato con la descrizione di utili procedimenti ed alcune considerazioni sull'anamorfose e sulla sostanziale identità dei modelli*, in Orseolo Fasolo ed Riccardo Migliari (a cura di), Quaderni di Applicazioni della Geometria Descrittiva, n.2, Kappa, Roma 1983.

Eugenio Battisti, Andrea Carnemolla, Raymon J. Masters, Filiberto Menna (a cura di), *Anamorfose, evasione e ritorno*, Officina, Roma 1981.

Jearl Walker, *Anamorphic pictures: Distorted views from which distortion can be removed*, in Scientific American, n.245, 1981.

Marisa Dalai Emiliani (a cura di), *La prospettiva rinascimentale. Codificazioni e trasgressioni*, in Atti del Convegno Internazionale di Studi tenutosi a Milano, Castello Sforzesco dall'11 al 15 ottobre 1977, Centro Di, Milano 1980.

Salvatore Naitza, *Tra regola e licenza: Considerazioni sulle prospettive anamorfiche*, in Marisa Dalai Emiliani (a cura di), *La prospettiva rinascimentale, codificazioni e trasgressioni*, Atti del convegno internazionale, Centro Di, Firenze 1980, pp. 487-499.

Philip W. Kuchel, *Anamorphoscopes: A Visual Aid for Circle Inversion*, in Math Gazette, n. 63, 1979, pp. 82-89.

Catherine Chevalley de Buzon, *Rationalité de l'Anamorphose*, in Dix-Huitième Siècle, vol. 31 n. 124, 1979, pp. 289-296.

Giorgio Celli (a cura di), *L'altro occhio di Polifemo*, Catalogo mostra Galleria d'arte moderna di Bologna, Grafis industrie grafiche, Bologna 1978.

Ernest B. Gilman, *The Curious Perspective: Literary and Pictorial Wit in the Seventeenth Century*, Yale University Press, London 1978.

Jean Claude Margolin, *Aspects du Surréalisme au XVI siècle: Fonction allegorique et vision anamorfotique*, in Bibliothèque d'Humanisme et Renaissance 39, n.3, 1977, pp. 507- 511.

Corrado Verga, *Anamorfose a Parigi*, in La Critica D'arte, 151, Nino Aragno, Firenze 1977.

Andy A. Zucker, *Anamorphic art*, in Creative Computing, n.4, vol. 3, 1977, pp. 240-243.

Robert Hughes, *Art: Fun-Fair Illusions*, in Time n°4, London 1976, pp. 92-93.

Fred Leemann, Micheal Schuyt, Joost Elffers, *Hidden Images: Games of Perspective, Anamorphic art and Illusions from the Renaissance to the Present*, Inc. Publishers, NewYork 1976.

Isabella Truci, *Le anamorfose di Jean François Nicéron all'Istituto e Museo di storia della scienza di Firenze*, in Annali dell'Istituto e Museo di storia della scienza di Firenze, 1, fasc. 2, Firenze 1976, pp. 57-64.

Pierre Valboudt, *Les anamorphoses*, in XX siècle, 47, Paris 1976.

Martin Gardner, *L'affascinante magia dell'arte anamorfica*, in Le Scienze, n.81, 1975, pp. 92-99.

Fred Leemann, *Anamorphosen. Ein Spiel Mit Der Wahrnehmung, Dem schein Und Der Wirklichkeit*, DuMont Buchverlag, Köln 1975.

Edi Lanners, *Illusionen*, Verlag C. J. Bucher GmbH, München und Luzern 1973.

Salvatore Naitza, *Anamorfose e legittimità prospettica tra rinascimento e barocco*, in Annali delle facoltà di lettere filosofia e magistero dell'Università di Cagliari, vol. XXXIII, parte II, S.T.E.F., Cagliari 1970.

Carlo Bo, Gabriele Mandel, *L'opera completa di Botticelli*, Classici dell'arte, 5, Rizzoli, Milano 1967.

Carlo Pedretti, *Un soggetto anamorfico di Leonardo ricordato dal Lomazzo*, in L'Arte: rivista di storia dell'arte, LV, 1965.

Mario Docci, Camillo Jannicari, *Anamorfose: illusione e realtà*, Tip. Squarci, Roma 1963.

Gabriel Mandel, *Anamorfose. Geometrie allucinanti*, in Arte figurativa antica e moderna, n.6, 1957.

Carlo Ludovico Ragghianti, *Recensione a Anamorfose di Baltrusaitis Jurgis*, in Sele Arte, 20, 1955.

Fabrizio Clerici, *The Grand Illusion: Some Consideration of Perspective, Illusionism and Trompe l'oeil*, in Art News Annual,

23, 1954, pp. 96-180.

Federico Bassoli, *Leonardo da Vinci e l'invenzione dell'anamorfofi*, in *Atti Della Società dei Naturalisti e Matematici in Modena*, LXIX (17 della ser. 6a), 1938, pp. 61-66.

Anamorfofi - Letteratura secondaria

Rodis-Lewis Genevève, (traduzione a cura di Marzia Caciolini) *Marchingegni e prospettive curiose nel loro rapporto con il cartesianesimo*, in *Lo Sguardo, Il sapere barocco: tra scienza e teologia*, vol. 2, n.6, 2011.

Felice Varini, *Points of view*, Lars Müller Publishers, Zürich 2010 (2004¹).

Fausto Petrella, *L'anamorfofi e la finzione del naturale: nota su un artificio della rappresentazione nell'arte*, in Giorgio Bedoni (a cura di), *La lente di Freud: una galleria dell'inconscio*, Mazzotta, Milano 2008, p. 108-135.

Filippo Camerota, *La prospettiva del Rinascimento: arte, architettura, scienza*, Mondadori Electa, Milano 2006.

Luigi Ingaliso, *Filosofia e cosmologia* in Christoph Scheiner, Rubbettino, Soveria Mannelli 2005.

John North, *Il segreto degli ambasciatori: la nuova interpretazione di uno dei grandi enigmi della pittura*, Rizzoli, Milano 2005 (ed. orig. *The Ambassadors's secret*, Hamblendon and London, 2002).

Laurent Mannoni, Werner Nekes, Marina Warner, *Eyes, Lies and Illusion: The Art Of Deception* (catalogo della mostra), Hayward Gallery, London 2004, pp. 88-97.

Anna Maria Partini, *Athanasius Kircher e l'alchimia*, Edizioni Mediterranee, Roma 2004.

Olivier Leplatre, *Spiritualité De L'anamorphose*, in *L'information littéraire*, vol. 54, n.4, 2002, pp. 38-46.

David R. Castillo, *(A) wry views: Anamorphosis, Cervantes, and the Early Picaresque*, Purdue University Press, West Lafayette 2001.

Alberto Pérez-Gómez, Louise Pelletier, *Architectural Representation and the Perspective Hinge*, MIT Press, Cambridge 2000.

Johannes Meinhardt, *La realtà dell'illusione estetica. Le 'trappole visive' di Felice Varini*. Edizioni Studio Dabbene, Lugano 1999.

Susan Foister, Roz Ashok, Martin Wyld, *Holbein's Ambassadors*, National Gallery Publications, London 1998.

Hubert Damisch, *L'origine della prospettiva*, Guida Editori, Napoli 1992 (ed. orig. *L'origine de la perspective*, Champs-Flammarion, Paris 1987).

Brigitte Burgmer, *Studies on Holographic Anamorphoses: 500 Years After*, in *Leonardo*, Vol. 22, 3 - 4, 1989, pp. 379-382.

Itsuo Sakane, *A Museum of Fun: The Expanding Perceptual World*, The Asahi Shimbun, Tokyo 1979 (Part I), 1984 (Part II).

McLoughlin Brothers, *The Magic Mirror. An Antique Optical Toy*, Dover Publications, New York 1979.

Luigi Vagnetti, *De naturali et artificiali perspectiva*, Studi di Architettura, Libreria Editrice Fiorentina, Firenze 1979.

Corrado Verga, *Velo e prospettiva*, collana Ricerca di architettura e prospettiva, vol.5, Donarini e Locatelli, Crema 1979.

Achille Bonito Oliva, *L'ideologia del traditore. Arte, maniera, manierismo*, Feltrinelli, Milano 1976.

William R. Crellly, *The painting of Simon Vouet*, Yale University Press, Yale 1962.

Alistair Cameron Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science: 1100-1700*, Oxbow Books, Oxford 1953.

Sull'ottica e la percezione visiva

Rodolfo Guzzi, *La strana storia della luce e del colore*, Springer Verlag, Milano 2011.

- Luigi Borzacchini, *Il computer di Ockham*, Edizioni Dedalo, Bari 2010.
- Suzanne Conklin Akbari, *Seeing Through the Veil: Optical Theory and Medieval Allegory*, University of Toronto, Toronto 2004.
- Graziella Federici Vescovini, *Le teorie della luce e della visione ottica dal IX al XV secolo: studi sulla prospettiva medievale e altri saggi*, Morlacchi Editore, Perugia 2003 (1965¹).
- Lucio Russo, *La rivoluzione dimenticata: Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano 2001 (1996¹).
- David Park, *Natura e significato della luce*, Macgrow Hill, Milano 1998.
- Maria Teresa Monti, *Teorie della visione e problemi di percezione visiva nell'età moderna*, FrancoAngeli, Milano 1995.
- Richard Feynman, *La strana teoria della luce e della materia*, Adelphi, Milano 1989.
- Lucio Pizzo, *La prospettiva ottica*, CUEN, Napoli 1985.
- Vasco Ronchi, *Storia della luce*, Laterza, Bari 1983.
- Fabio Bevilacqua, Maria Grazia Iannello, *L'ottica dalle origini all'inizio del '700*, Loescher, Torino 1982.
- David C. Lindberg, *Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*, University of Chicago Press, Chicago 1976.
- Vasco Ronchi, *Optics, the science of vision*, New York University Press, New York 1957.
- Albert Lejeune, *Euclide et Ptolémée deux stades de l'optique géométrique grecque*, Bibliothèque de l'Université, Louvain 1948.

Sugli specchi

- Antonio Tagliapietra, *La metafora dello specchio. Lineamenti per una storia simbolica*, Bollati Boringhieri, Torino 2008.
- Sabine Melchior – Bonnet, *Storia dello specchio*, Dedalo, Bari 2002.
- Jonathan Miller, *On Reflection*, Yale University Press, New Haven 1998.
- Umberto Eco, *Sugli specchi e altri saggi*, Bompiani, Milano 1985.
- Benjamin Goldberg, *The mirror and the men*, Marsilio, Venezia 1985 (ed. or. *The mirror and the men*, University Press of Virginia, Charlottesville 1985)
- Jurgis Baltrušaitis, *Lo specchio, rivelazioni, inganni e science-fiction*, Adelphi, Milano 1981,(2007²) (ed. or. *Le miroir: révélations, science-fiction et fallacies*, Éditions du Seuil, 1978).

Altro

- Arturo Tedeschi, *Architettura parametrica. Introduzione a Grasshopper*, Le Penseur, 2013 (2011¹).

Le fonti - si rimanda in aggiunta alla tassonomia sulle opere trattanti l'anamorfose, pp.61-64 -

- Euclide, *Optiké*, ca. 300 a.C.; Egnazio Danti, *La prospettiva di Euclide: nella quale si tratta di quelle cose che per raggi dritti si veggono & di quelle che con raggi riflessi nelli specchi appariscono, tradotta dal r.p.m. Egnatio Danti ...; con alcune sue annotationi de' luoghi più importanti*, nella Stamperia de' Giunti, Firenze 1573; Giuseppe Ovio, *L'Ottica di Euclide*, Hoepli, Milano 1918; Francesca Incardona (a cura di), *Euclide: Ottica. Immagini di una teoria della visione*, Di Renzo, Roma 1996.
- Albrecht Dürer, *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheit: in Linien Ebenen vo ganzen Corporen*, Durch Hieronymum Formschneyder, Gedruckt zu Nürenberg 1538.
- Guidubaldo del Monte, *Perspectivae libri sex*, Pisauri, 1600.
- Andrea Pozzo, *Perspectiva pictorum et architectorum*, Nella stamperia di Giacomo Komarek Boëmo, Roma, 1693-1698.

Sitografia

N.R.S.D.M. di Modena, *Macchine Matematiche e altri oggetti*, Schede di approfondimento, Comune di Modena, 1992: <<http://www.macchinematematiche.org/index.php>> [01/05/2014]

Bibliothèque Nationale de France (per il reperimento dei trattati): <gallica.bnf.fr> [01/05/2014]

Azzaro Angela, *Anamorfose, l'arte dello spiazamento*: <medea.provincia.venezia.it/infoperla/info96/azzar.htm> [01/05/2014]

Lyle Massey, *Anamorphosis through Descartes or perspective gone awry*, *Renaissance Quarterly*, 1997: <<http://www.thefreelibrary.com/Anamorphosis+through+Descartes+or+perspective+gone+awry.-a020759978>> [01/05/2014]

“Geometrie dell'illusione fra arte e scienza”, Mostra 09/2012, Museo delle Scienze Galileo, Firenze: <<http://mostre.museogalileo.it/geometrieillusione/indice.html>> [01/05/2014]

Daniele Calisi, *Luce ed ombra nella rappresentazione. Rilettura storica e sperimentazioni eidomatiche*, Tesi di Dottorato in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo: <<http://padis.uniroma1.it/handle/10805/1047>> [01/05/2014]

Kim H. Veltman, 1997. *The Sources And Literature Of Perspective*, vol.1, “The Sources of Perspective”, 1997: <<http://vmmi.sumscorp.com/books/pdf/2004%20Sources%20of%20Perspective.pdf>> [01/05/2014]

Sull'anamorfose: <<http://people.via.ecp.fr/~jm/TTLanamorphose/presentation.htm>> [01/05/2014]

Nel cuore della meraviglia, Omaggio a Jurgis Baltrušaitis, *Quaderni di PsicoArt*, n.1, 2010: <<http://www.psicoart.unibo.it/quaderni.htm>> [01/05/2014]

Francesco de Comit , *A New Kind of Three-Dimensional Anamorphosis*, presented at Bridges 2011; *a General Procedure for the Construction of Mirror Anamorphoses*, presented at Bridges 2010; *Analytic solution for the concave spherical mirror at the bottom of a cylinder; Analytic solution for the concave paraboloidal mirror at the bottom of a cylinder*: <<http://www.lifl.fr/~decomite/anamorphoses/publi.html>> [01/05/2014]

Abstract

Anamorphosis is a method of representation which takes advantages of the the perspective laws in order to obtain a deformed image that appears in its true shape only when viewed from a certain point. The catoptric anamorphosis instead use the mirror as a “decoder”, taking advantage of the reflection laws (the image must be seen reflected). The interest in this representation type reached its peak in the seventeenth century, it becomes aware of its strong evocative power; so that the term ‘anamorphosis’ appeared for the first time in the Gaspard Schott’s treaty, *Magia Universalis Naturae et Artis* (1657-1659) under the name of ‘Magia Anamorphotica’. Also today, in a world dominated by virtual reality, in a way that mimics all kinds of immersive environments and situations, anamorphosis remains one of the few “analogical” representations that is able to inspire wonder. The interest in anamorphosis has been revived since the 30s of last century, but the studies and experiments carried out so far, nationally and internationally, do not deviate from geometric patterns set by historical treaties, furthermore are limited to the art field (such as the example given by Istvan Orosz or Stella Battaglia and Gianni Miglietta) and in recreational-didactic applications with rare, if not unique, architecture transpositions (such as the achievements of swiss Felice Varini or Truly Design studio), which are helping to ease the impact of perception and linear anamorphosis. The research is based on the study of the both optic and catoptric anamorphosis construction processes which are exposed in the seventeenth century major treaties (re-illustrated and critically compared) in order to re-propose the setting in a virtual environment of a common 3D application. The focus of the research is to identifying a digital system that will define this type of performance – in which the processing of projection and section, properly controlled, are completely independents – so that allows extensions and variations of elements. Moreover it allows for possible experimentation in architectural applications of digital anamorphosis. The research, in the context of studies aimed at the descriptive geometry renewal, it is proposed to update the anamorphic representation and transpose it into a digital space to be able to experiment with applications, strictly controlled, in geometric and architectural field.

Ringrazio.

Il prof. Carlo Bianchini, per avermi trasmesso, nei miei primi anni universitari, l'amore per questa strana creatura chiamata geometria, per avermi indirettamente ed incoscientemente condotta qui dove sono ora.

Il prof. Alfonso Ippolito, per aver trovato sempre il tempo di ascoltarmi e consigliarmi, per avermi seguita ed indirizzata in questo curioso percorso di studio e ricerca, per aver avuto fiducia nelle mie capacità ed avermi sempre incoraggiata, per essere stato il mio principale punto di riferimento.

Il prof. Luca Ribichini, per il suo aiuto costante, la sua disinteressata disponibilità ed infinita cortesia, per il suo instancabile e contagioso entusiasmo.

Tutti i membri del Collegio di Dottorato, Marina Vitale e Paolo Torrone per il tempo dedicato, l'attenzione ed i consigli dati.

Luca J. Senatore, Francesco Borgogni ed Eliana Capiato, per aver discusso con me ed avermi insegnato davvero tante cose, professionalmente ed umanamente.

Filippo Sicurezza e, soprattutto, Michele Calvano, per la loro cortesia e disponibilità, per la loro preziosa collaborazione ed il loro indispensabile contributo.

Francesca, Arianna, Alessia ed Erald, colleghi ed amici di dottorato, per aver condiviso insieme rilievi, acquerelli, collegi, trasferte e bicchieri di vino.

Grazie ad Ale, per esserci sempre stato quando ne ho avuto bisogno e per essere il mio maggiore stimolo intellettuale. Ad Aurora, Rosi, Giorgia, Chiara e Maria, per essermi rimaste accanto anche andando lontano. Alle mie amiche di sempre, Maria Chiara, Carmen, Amina, Gabriella e Sara, semplicemente per il fatto di esserci. A Maria, Angelica, Katia e Giulia, per aver condiviso con me qualcosa di più di una casa. A Fabri, per il cinema, il sushi no stop, i dolci, la fotografia, le corse ed il popò.

Grazie a Gianni, per tutto quello che non c'è bisogno di dire.

Grazie infine a Fra, per aver condiviso con me questa parte della mia vita, per essermi stato accanto, per aver subito e sopportato tutte le mie indecisioni ed ansie - universitarie e non -, per aver corretto la mia grammatica ed avermi ossessionata con le sue manie.