

# LA PERCEZIONE DELLO SPAZIO TRIDIMENSIONALE

## Architettura e prospettiva

Renzo Beltrame\*

In questo scritto<sup>1</sup> si è tentato di disegnare l'intreccio, non sempre lineare, degli elementi, a volte primigeni, a volte decisamente storici e databili, almeno in epoca moderna, che guidano la nostra percezione dello spazio tridimensionale; soprattutto nelle condizioni, indubbiamente "artificiose", della prospettiva.

Ne scaturisce un quadro sicuramente curioso, e forse paradigmatico, dell'accumularsi di una serie di dipendenze, spesso culturali, su cui si modellano le operazioni costitutive della tridimensionalità spaziale nella prospettiva.

L'interesse per tale quadro è acuito a sua volta dal fatto che, in misura più o meno palese, la strutturazione di uno spazio prospettico è stata assunta a paradigma della visione. Ciò è avvenuto sulla base di una interpretazione indubbiamente semplicistica del processo percettivo, da cui la decisione di condurre, nel corso del lavoro, raffronti con la percezione dello spazio tridimensionale in architettura; ma, come spesso accade, un errore non è mai interamente gratuito ed è estremamente interessante vedere quanto della visione prospettica così come si è storicamente costituita, si ritrovi ora nei modi usuali della percezione visiva.

La ricostruzione mentale di uno spazio tridimensionale a partire da una sua rappresentazione prospettica ha trovato un buon modello teorico solo in epoca relativamente recente. E questo benché gli elementi di tale ricostruzione fossero correttamente individuati già in epoca rinascimentale, e una completa teorizzazione della prospettiva, almeno da un punto di vista geometrico, fosse conclusa già nella prima metà del '600.

Nella discussione che segue la rappresentazione prospettica è schematizzata come proiezione, da un punto e su un piano posto a distanza finita da questo, di oggetti situati in uno spazio tridimensionale. Questa schematizzazione, oltre ad evidenti vantaggi di semplicità, individua lo schema secondo cui è spiegato il funzionamento della maggior parte dei sistemi usati per la ripresa e la proiezione fotografica e cinematografica; essa riflette, infine, le linee lungo cui si mosse la teorizzazione della prospettiva rinascimentale.

La discussione teorica sulla dinamica della visione è tuttora aperta, quindi, oltre a selezionare i risultati sperimentali che appaiono più pertinenti per i problemi in discussione, occorre scegliere anche un modello teorico a cui appoggiarli. Qui ne è stato scelto uno, dichiaratamente parziale, ma che presenta il vantaggio di essere molto analitico, facilmente estendibile, e di far

---

\* CNUCE, Istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche — Via Santa Maria, 36 — 56126 Pisa — Italy — tel. 050 593211 — email: r.beltrame@cnuce.cnr.it

<sup>1</sup>© Copyright Metodologia, Milano, 1989

COPYRIGHT NOTICE - The contents of this document are copyright by Metodologia, which has permitted them to reside on equipment of this Computer Service for access by anonymous ftp, gopher, and WWW clients. Any other electronic reformatting is by permission from Metodologia. Any copying is restricted by the fair use provisions of Italian laws and of the U.S. Copyright Act. IN PARTICULAR, NO CHARGE MAY BE MADE FOR ANY COPY, ELECTRONIC OR PAPER, MADE OR DISTRIBUTED OF THIS MATERIAL WITHOUT PRIOR CONSENT OF Metodologia. NO COPY OF THIS MATERIAL MAY BE REPRODUCED WITHOUT THIS NOTICE.

Una prima versione era stata preparata come Rapporto CNUCE C88-35 per un seminario tenuto nel febbraio 1988 all'Istituto di Storia dell'Arte dell'Università di Pisa.

riferimento in modo assai semplice alle misure degli oggetti e alla loro distanza dall'osservatore: a grandezze, quindi, immediatamente riconducibili a quelle che intervengono nel disegnare questi stessi oggetti in prospettiva.

Infine, una sintesi, densa ma acutissima, di risultati di analisi dell'attività mentale dati qui per presupposti e dei principi metodologici su cui si fonda questo lavoro possono essere trovati in [Cec66, pp.13-65].

## Il modello della psicologia

Nel richiamare i principali risultati sperimentali della psicologia della percezione che interessano il nostro tema, li divideremo in due gruppi. Nel primo gruppo esporremo i risultati ottenuti quando gli oggetti sono in quiete, fermi, rispetto all'osservatore. Nel secondo gruppo ci occuperemo dei risultati che si ottengono quando gli oggetti sono in moto rispetto all'osservatore, vuoi perché gli oggetti sono fermi e si muove l'osservatore, vuoi, viceversa, perché l'osservatore è fermo e si muovono gli oggetti.

## Il modello della psicologia transazionale

Quando gli oggetti siano fermi rispetto all'osservatore, gli studi nell'ambito della psicologia transazionale hanno offerto un modello per i nostri scopi assai utile dei processi cognitivi attraverso cui, nella percezione visiva, si arriva alla localizzazione spaziale degli oggetti ed alla loro percezione come oggetti di una certa grandezza.

Il modello assume come dato primario l'angolo visivo sotto cui viene visto l'oggetto da chi lo percepisce, angolo che lega tra loro le due variabili distanza e grandezza dell'oggetto.

Scegliendo un sistema di riferimento solidale con l'osservatore, la relazione tra queste due grandezze assume la forma più semplice quando: (i) l'angolo visivo sotto cui è visto l'oggetto da chi lo percepisce sia misurato nel piano sagittale di questi e rispetto ad un piano orizzontale; (ii) la distanza sia presa lungo l'asse visuale —intersezione dei due piani precedenti; (iii) l'altezza dell'oggetto venga anch'essa misurata nel piano sagittale e perpendicolarmente al piano orizzontale.

In tal caso, infatti, detti:  $\varphi$  l'angolo visivo,  $h$  l'altezza dell'oggetto, e  $d$  la sua distanza abbiamo:

$$\tan \varphi = \frac{h}{d} \quad (1)$$

Avendo una sola relazione con due incognite, una di queste deve essere nota a priori per poter determinare l'altra.

Quindi da una stima della distanza introdotta per altra via nel corso del processo percettivo discende la percezione dell'oggetto con una certa grandezza. Oppure da una stima della grandezza dell'oggetto introdotta per altra via nel corso del processo percettivo discende la percezione dell'oggetto a una certa distanza.

Gli esperimenti confermano questo fatto in maniera molto precisa. E, al solito, le situazioni sperimentali più interessanti e decisive sono quelle che danno origine a vere e proprie illusioni ottiche e dove il numero di variabili in gioco è il più ridotto possibile.

Una prima serie di esperimenti [Gib50],[Itt67] impiegava oggetti di grandezza familiare all'osservatore: carte da gioco. Gli oggetti, fisicamente di grandezza diversa, erano disposti a diversa distanza dal punto di osservazione e il soggetto dell'esperimento poteva vedere gli oggetti in questione immersi in un ambiente neutro, privo cioè di ulteriori informazioni di distanza, e solo dal punto di osservazione prescelto: un foro abbastanza piccolo. Si chiedeva poi al soggetto di descrivere le posizioni relative degli oggetti e di stimare la loro distanza dal punto di osservazione.

Il risultato fu una stima della distanza in accordo con l'angolo visivo sotto cui erano visti gli oggetti e la loro grandezza familiare, "nozionale", con discrepanze anche molto vistose dalla posizione fisica degli oggetti.

A controprova vennero condotti esperimenti nello stesso ambiente sperimentale, dove era invece forzata una certa stima della posizione relativa degli oggetti, che, questa volta, oltre a carte da gioco di diversa grandezza, erano anche quadrati e rettangoli. La posizione relativa degli oggetti era forzata facendo apparire, con semplicissimi artifici sperimentali, un oggetto parzialmente nascosto da un altro, mentre ciò non era affatto vero nella disposizione fisica degli oggetti stessi.

Il risultato fu una grandezza degli oggetti in accordo con l'angolo visivo sotto cui erano visti e con la posizione relativa forzosamente indotta, anche in questo caso con discrepanze notevoli dalla grandezza fisica degli oggetti stessi [Gib50], [Itt51].

Una ulteriore conferma dei risultati menzionati in precedenza si ha impiegando le cosiddette "camere distorte". Si predispone una camera avente pareti variamente inclinate fra loro, cioè né parallele, né perpendicolari. Sulle pareti si ricavano porte e finestre di dimensioni e forma quali risultano proiettando da un opportuno centro di proiezione analoghe porte e finestre di una usuale camera parallelepipedica rettangola. Il soggetto guarda l'interno della camera da un foro posto in corrispondenza del centro di proiezione e si ottengono [IK67] delle vere e proprie illusioni ottiche, poiché due persone di uguale altezza, poste agli angoli opposti della parete di fondo, appaiono di altezze assai diverse.

L'interpretazione che si può dare dei risultati dell'esperimento è che la nostra nozione abituale comporta per la camera una forma parallelepipedica rettangola, e tale nozione guida la strutturazione percettiva della camera stessa determinando per l'osservatore la distanza dei vari punti. Ciò è rinforzato dal fatto che porte e finestre, guardate dal punto prescelto, risultano congruenti a quelle di una camera di tale forma. La parete di fondo è perciò pensata perpendicolare all'asse principale della visione, anche se, nella situazione fisica, ciò non è affatto vero.

Ne segue che la persona posta ad uno degli angoli della camera, essendo vista sotto un angolo visivo maggiore dell'altra, ed essendo ritenuta ad una distanza maggiore di quella a cui si trova fisicamente, è vista molto più grande di quella posta all'altro angolo. Tale conclusione è rafforzata dal fatto che l'osservatore si trova a vedere sotto angoli diversi due persone ritenute alla stessa distanza, e, poiché la distanza a cui è localizzata la parete di fondo è facilmente un valore intermedio fra quelli delle sue due estremità, il soggetto è portato anche a considerare l'una un gigante e l'altra un nano.

Lo schema generale che è sotteso al modello interpretativo esposto, oltre all'indubbio merito di una estrema semplicità, ha il vantaggio di prestarsi facilmente ad ulteriori arricchimenti. I processi mentali e psicologici attraverso cui si arriva a ritenere l'oggetto di una certa grandezza oppure ad una certa distanza, possono coinvolgere molte variabili, anche di carattere emotivo, senza per questo mettere in crisi il modello stesso.

Infatti già il considerare la camera distorta come parallelepipedica rettangola è fatto di origine culturale, legato a certi modi di fare architettura propri della nostra tradizione storica. Quanto poi al peso di fattori emotivi, si veda la limpida rassegna di risultati sperimentali in [Anc70, cap. III].

La relazione che abbiamo visto legare nelle condizioni particolari precedentemente viste, l'angolo visivo, la grandezza e la distanza di un oggetto, si presta poi ad alcuni commenti. Essa nella forma:

$$\varphi = \arctan \frac{h}{d}$$

ci dice che l'angolo visivo è una funzione strettamente crescente del rapporto  $h/d$ . Quindi si ha lo stesso tipo di dipendenza in tutto il campo di variabilità di  $h$  e di  $d$ :  $\varphi$  cresce al crescere di  $h$  e diminuisce al crescere di  $d$ .

Le variazioni  $d\varphi$  dell'angolo  $\varphi$ , posto  $u = h/d$ , sono:

$$d\varphi = \frac{1}{1+u^2} du$$

e, a parità di variazione del rapporto  $h/d$ , sono più grandi quando  $h/d$ , e quindi  $\varphi$ , sono piccoli. Esse diminuiscono al crescere dell'angolo  $\varphi$ , particolarmente per valori di  $\varphi$  maggiori di  $45^\circ$ .

Quindi le variazioni dell'angolo visivo sono amplificate a piccoli angoli e smorzate ad angoli grandi.

Tenendo però conto che angoli visivi riferiti all'asse principale della visione di ampiezza superiore a  $30^\circ$  comportano un tendenziale movimento del capo, portandoci in una problematica un poco diversa da quella qui schematizzata, si intuisce l'estrema funzionalità della relazione tra angolo visivo, altezza e distanza, pur essendo tale relazione tipicamente non lineare.

Se si abbandona, per l'angolo visivo, il riferimento all'asse principale nella visione, si complica un poco la trattazione matematica, ma le conclusioni ora esposte restano fondamentalmente le stesse.

## Il movimento nella strutturazione dei fatti percettivi

Quando si abbia movimento relativo tra oggetti ed osservatore la situazione muta radicalmente. Un primo fatto che interessa la nostra problematica è la constatazione che il movimento di parallasse dà informazioni stereoscopiche [BM24]. Faremo riferimento a due situazioni molto semplici, perché riferite a oggetti fermi rispetto all'osservatore, e tuttavia molto frequenti:

- quando si ruota la testa gli oggetti più vicini all'osservatore paiono muoversi più ampiamente e velocemente di quelli più lontani;
- quando si ruota la testa e si fissa un oggetto, gli oggetti più distanti dall'osservatore paiono muoversi nella stessa direzione della testa, mentre quelli meno distanti paiono muoversi nella direzione opposta.

Le informazioni di distanza degli oggetti ottenute per questa via sono di importanza basilare nella vita quotidiana. Infatti, proprio quando ci muoviamo in un ambiente, la sua stereometria è di fondamentale importanza per decidere come spostarci in esso; la precisa localizzazione spaziale degli oggetti, soprattutto se questi sono in moto, è a sua volta essenziale per evitare quelli con cui potremmo entrare in collisione. Ne segue che processi del tipo sopra descritto debbono essere estremamente veloci e sicuri, proprio perché eseguiti frequentemente, ma anche poco consapevolizzati, trattandosi di processi che intervengono per lo più nella guida della nostra attenzione.

L'illuminazione degli oggetti, soprattutto se direzionata, rappresenta un'altra fonte di informazioni sulla stereometria degli oggetti stessi.

Il gioco di chiari e di scuri, di luci e di ombre, già fornisce informazioni sulla stereometria dei volumi, siano essi oggetti pieni, o ambienti. Tali informazioni si accrescono quando esiste moto relativo rispetto all'osservatore, poiché la sequenza di luci ed ombre, con il suo mutare, permette spesso di risolvere situazioni di iniziale ambiguità, e fornisce ulteriori informazioni su cui modellare il risultato finale della percezione[OW50].

Va da sé che queste ulteriori fonti di informazioni stereometriche sono di estremo interesse per il nostro problema, poiché, presenti quando ci muoviamo entro lo spazio tridimensionale di una architettura, vengono a mancare del tutto nelle prospettive dipinte, mentre tornano a ripresentarsi in certe sequenze cinematografiche.

## Aspetti storici del problema

E' interessante ripensare il filo storico della consapevolezza che si aveva a proposito della problematica prospettica durante il Rinascimento, alla luce del modello precedentemente esposto per i processi cognitivi da cui risulta la percezione dello spazio come tridimensionale.

Per noi oggi è pacifico che ha soluzione univoca il cosiddetto *problema diretto* della prospettiva: passare cioè da uno o più oggetti posti in uno spazio tridimensionale alla loro rappresentazione prospettica, nota la geometria del sistema di proiezione in quello stesso spazio.

È altrettanto pacifico che il cosiddetto *problema inverso* della prospettiva — passare cioè dalla rappresentazione prospettica alla situazione tridimensionale rappresentata — non ammette da

un punto di vista puramente geometrico una sola soluzione, ma infinite, anche quando sia nota per intero la geometria del sistema di proiezione.

La cosa è immediatamente evidente se si considera che, presa una superficie sul piano di proiezione, delimitata da un certo contorno, e costruito il fascio di rette proiettanti che dal centro di proiezione si appoggia a tale contorno, una qualunque superficie nello spazio che abbia il contorno su tale fascio ha la stessa proiezione, quale che sia la sua forma o il suo orientamento; come mostra, del resto, in un caso estremamente elementare, la situazione da cui abbiamo dedotto l'equazione 1 a pag. 2.

## La consapevolezza dei teorici e trattatisti

La teorizzazione, completa e nella sua forma più generale, del problema diretto è relativamente antica; la troviamo nel trattato del Vignola pubblicato e commentato dal Danti nel 1583 [Vig83].

Tale sistemazione teorica giunge al termine di una trattatistica piuttosto fitta, i cui passaggi salienti sono, come è noto, il *De Pictura* dell'Alberti, datato al 1436, il *De Prospectiva Pingendi* di Piero della Francesca, datato attorno al 1480, il *De Sculptura* di Pomponio Gaurico, pubblicato a Venezia nel 1504, contributi di Leonardo sparsi lungo tutto l'arco della sua attività e che vanno ricostruiti dai suoi appunti, non essendo giunta a noi con sicurezza quella che forse doveva essere la redazione di un trattato sulla pittura, ed inoltre una fitta messe di apporti, tra teoria e pratica, ma spesso molto acuti, dell'ambiente manieristico.

Il trattato del Vignola-Danti unifica e sintetizza i due filoni lungo cui si era sviluppata la trattatistica: quella, facente capo all'Alberti, basata sul punto di fuga delle perpendicolari al quadro e "costruzione di aiuto", e quella, teorizzata dal Gaurico, che si appoggiava ai punti di fuga delle rette a  $45^\circ$ , gli attuali punti di distanza.

Ad una data abbastanza vicina a quella che segna la conclusione dell'iter teorico del problema diretto risale la dimostrazione della non unicità della soluzione del problema inverso della prospettiva. Questa sembra fosse stata data da Dèscargues in un trattato del 1639 di cui, come di altri suoi scritti non possediamo il testo. Ne conosciamo alcuni risultati perché essi vennero pubblicati dal Bosse in appendice ad un suo volume sulla prospettiva del 1648, volume riscoperto però nei primi anni del 1800, così come altri risultati di Pascal sull'argomento riferibili al 1640 [Kli56].

Possiamo tuttavia farci un'idea del cammino di questa consapevolezza ripercorrendo testi noti a cavallo fra '500 e '600.

La posizione del Danti nel 1573, data di edizione della sua traduzione e commento alla *Prospettiva* erroneamente ritenuta dello stesso Euclide autore degli *Elementa*, è ancora molto distante da tale consapevolezza. In essa, alla *Suppositione Quinta* troviamo:

"Quelle cose che sotto maggiore angolo si veggono, ci appariscono maggiori. [Dan73, p.12]

e l'analogo alla *Suppositione Sesta*.

È interessante notare il ragionamento svolto dal Danti a commento del principio enunciato: egli considera due segmenti eguali, posti a distanze diverse, e argomenta che il più vicino è visto più grande, perché sottende un angolo maggiore.

In Keplero, nei *Ad Vitellionem Paralipomena* [Kep04] pubblicato nel 1604, troviamo già chiaramente posta l'esistenza di un problema inverso della prospettiva, poiché Keplero tenta di spiegare il fenomeno estendendo la nozione di triangolo distanziometrico, propria della visione binoculare, ad una triangolazione avente come base il diametro della pupilla dalla quale si otterrebbe anche l'informazione della distanza dei punti dell'oggetto quando non sia possibile visione binoculare. Tale triangolazione è però difficilmente sostenibile, poiché:

- l'approssimazione che si può pensare di ottenere con tale procedimento è assai bassa: si dovrebbe infatti apprezzare l'ampiezza di un angolo al vertice del triangolo distanziometrico che ha sempre valori molto piccoli: per distanze sui 10m, ad esempio, è già di pochi centesimi di grado, e la triangolazione dovrebbe servire anche per distanze maggiori;

- essa non rende conto di una serie di “illusioni” visive relative a grandezza e/o posizione degli oggetti percepiti che, come abbiamo visto in precedenza, si riscontrano sperimentalmente.

Un tipo di consapevolezza molto vicina alla nostra troviamo invece in Cartesio, ne *La Dioptrique* —uno degli *Essays* del *Discours de la Méthode* che uscì a Leida nel 1637— dove, al *Discours Sixième* che tratta della visione, troviamo:

“A savoir, leur grandeur s'estime par la connaissance, ou l'opinion, qu'on a de leur distance, comparée avec la grandeur des images qu'ils impriment au fond de l'œil; et non pas absolument par la grandeur de ces images, ainsi qu'il est assez manifeste de ce que, encore qu'elles soient, par exemple, cent fois plus grandes, lorsque les objets sont fort proches de nous, que lorsqu'ils en sont dix fois plus éloignés, elle ne nous le font point voir pour cela cent fois plus grands, mais presque égaux, au moins si leur distance ne nous trompe.” [Des58, p.224]

E l'insistenza sugli esempi che mettono in crisi la tesi di una percezione della grandezza basata unicamente sull'ampiezza dell'angolo visivo, ci porta a pensare ad una discussione, o ad una polemica, ancora vive. Quanto alla valutazione della distanza, Cartesio si rifà a considerazioni molto prossime a quelle che Leonardo espone quando parla della *prospettiva aerea*.

La trattatistica più antica riflette posizioni abbastanza varie e con diverso grado di consapevolezza.

Piuttosto sbrigativo l'Alberti nel cui *De Pictura* troviamo:

“Sono qui regole: quanto all'occhio l'angolo sarà acuto, tanto la veduta quantità parrà minore. [Alb73, I, 6]

Più sfuggente il *De Prospectiva Pingendi* di Piero della Francesca, dove troviamo:

“Tucte le base vedute sotto uno medesimo angolo, ben che le sieno diversamente poste, s'apresentano a l'ochio equali. [Fra42, I, Prop.II]

affermazione che lascia aperta la possibilità di intendervi qualcosa di analogo alla nostra proiezione delle immagini sulla retina, anche se la cosa, tutto sommato, non mi sembra molto probabile.

Leonardo, nel manoscritto D, ritenuto degli anni attorno al 1510, osserva più esplicitamente:

“Quella proporzione che hanno i siti degli obbietti sparsi per le campagne antiposte all'occhio non è mai simile alla proporzione dei simulacri sparsi sopra esso occhio, se tali obbietti non sono equidistanti dalla curvità dell'occhio. [Vin64, Man.D, 10r]

dove i “simulacri”, legati all'angolo visivo del nostro modello, sono già posti in relazione al gioco congiunto di grandezza e distanza. Nel manoscritto C, poi:

“La luna, benché sia molto distante dal corpo del sole, quando, per l'eclissi, si trova fra gli occhi nostri e il sole, perché essa luna campeggia sopra il sole, appare a gli occhi umani congiunta ed appiccicata con esso sole. [Vin64, Man.C, 23r]

dove viene problematizzata la localizzazione spaziale degli oggetti tramite la sola visione.

Circa la visione di oggetti in moto relativo rispetto all'osservatore, nella *Prospettiva* di Euclide troviamo teoremi, dal 52° al 57°, che toccano queste questioni con osservazioni che, in qualche caso, si avvicinano a quelle che oggi cataloghiamo sotto il capitolo *parallasse di movimento*. Si tratta, tuttavia, di notazioni sparse, prive di aspetto sistematico, che denotano una viva sensibilità ai fenomeni della visione, ma che non mi sembra riescano a dar vita ad una vera e propria individuazione del fenomeno della parallasse di movimento e delle sue conseguenze.

Le questioni sollevate dal problema inverso della prospettiva non ebbero, tuttavia, né la diffusione, né l'attenzione che meritavano, neppure in epoca successiva —si pensi ai fondamentali risultati di Dèsgargues e Pascal rimasti lettera morta sino agli inizi del 1800. E, se a prima vista

ciò desta non poca meraviglia, è invece facile intenderne le ragioni. Enfatizzare la non univocità della soluzione del problema inverso della prospettiva equivaleva a problematizzare alla radice tutte le teorie della conoscenza, e sono molte, che si appoggiano in modo abbastanza acritico alle immagini degli oggetti sulla retina.

Del resto, proprio l'architettura del Rinascimento, e quella fiorentina in particolare, contribuiscono non poco ad attutire l'importanza del problema.

In tale architettura, infatti, e penso soprattutto a Brunelleschi e a Giuliano da Sangallo, si mira a far sì che l'osservatore si impadronisca rapidamente della struttura metrica e volumetrica dell'oggetto architettonico, così da averne una chiara rappresentazione mentale. Di qui la cura con cui vengono evitate le possibili ambiguità visive e le illusioni metriche, mentre il proporzionamento basato su rapporti semplici e l'uso di moduli metrici ripetuti sono a loro volta altri fattori che favoriscono questo risultato.

Sarebbe profondamente errato ridurre l'architettura del Rinascimento a questo solo carattere, ma è indubbio che esso resta pur sempre, seppure in diversa misura, uno degli aspetti salienti di tale architettura, particolarmente in Italia.

Accade allora che volumetria e metrica basate su solidi geometrici regolari, proporzioni semplici e moduli metrici ripetuti, possano intervenire a guidare la strutturazione percettiva dello spazio architettonico portandoci ad un risultato che regge perfettamente a successive verifiche e si rivela congruente con la struttura geometrica di tale spazio considerato come spazio fisico.

È facile che a poco a poco si dimentichi l'effettivo peso di tali apporti nozionali e che la tranquilla univocità dello spazio della visione sembri un suo carattere costitutivo, anziché il risultato di fattori esterni alla visione abilmente messi in campo in un determinato momento storico. Altrettanto costitutiva sembra allora l'univocità della ricostruzione di uno spazio a partire dalla sua rappresentazione prospettica, soprattutto se tale spazio soddisfa gli stessi canoni.

## La consapevolezza degli artisti

Circa la consapevolezza degli artisti ci limiteremo qui a delineare alcuni suoi tratti particolarmente salienti per il taglio che è stato dato al problema. Le differenze individuali, di tempo e di luogo sono infatti così compenstrate e compenetranti il tessuto storico, da rendere obbligata una tale scelta limitativa.

Alle origini della prospettiva rinascimentale, di quella prospettiva che ancora oggi noi accettiamo come *la prospettiva* e magari solo nella accezione di proiezione centrale, non troviamo però uno scritto, bensì un'opera: la prima delle due tavole prospettiche del Brunelleschi. E, come vedremo, questo non è senza effetto sulla consapevolezza operativa degli artisti, anche se, come è facile attendersi, troviamo forti differenze individuali.

La prima tavola prospettica val forse meglio ripensarla con le parole stesse del Manetti, che ne è la fonte più antica.

“Et questo caso della prospettiva nella prima cosa, in che e lo mostro, fu in una tauoletta di circha mezo braccio quadro, doue fecie una pittura assimilitudine del tempio di fuorj di Santo Giouannj di Firenze. Ed a quel tempio ritratto per quanto se ne uede a uno sghuardo dallato di fuorj; e pare, che sia stato a ritrarlo dentro alla porta del mezo di Santa Marie del Fiore qualche braccia tre, fatto con tanta diligenza e gentilezza e tanto apunto co colorj de marmj bianchj et neri, che non e miniatore che l'auessi fatto meglio: Figurandoui dinanzi quella parte della piazza che ricieue l'occhio cosi uerso lo lato dirinpetto alla Misericordia insino alla uolta e canto de Pecorj cosi da lo lato della colonna del miracolo di Santo Zanobi insino al canto alla Paglia, e quanto di queluogho si uede discosto, e per quanto s'auera a dimostrare di cielo, coe che le muraglie del dipinto stanpassono nella aria, messo d'ariento brunito, accio che l'aria e cielj naturalj ui si specchiassono drento e cosi e nugolj, che si uegono in quello ariento essere menati dal uento, quandetrae; laquale

dipintura, perchel dipintore bisogna che presuponga uno luogo solo, donde sa a uedere la sua dipintura . . . , accio che non si potesse pigliare errore nel guardarlo, . . . egli aueua fatto un buco nella tauoletta, dou'era questa dipintura, che ueniua a essere nel dipinto dalla parte del tempio di Santo Giouannj, in quello luogo doue percoteua l'occhio al diritto di chi guardaua da quello luogho dentro alla porta del mezo di Santo Maria del Fiore, doue si sarebbe posto se l'auesse ritratto. Elquale buco era piccolo quanto una lenta da lo lato della dipintura e da rouescio si rallargua piramidalmente, come fa uno cappello di paglia da donna, quanto sarebbe el tondo d'uno ducato o poco piu; e uoleua, che l'occhio si ponessi da rouescio, dond'egli era largho, per chj l'auessi a uedere, e con l'una mano s'accostassi allo occhio et nell'altra tenessi uno specchio piano al dirinpetto, che ui si ueniua a specchiare dentro la dipintura; e quella dilatione dello specchio dall'altra mano ueniua a essere la distanza uel circha di braccia piccholine quanto a braccia uere daluogho, doue mostraua essere stato a ritrarlo, per insino al tempio di Santo Giouanni; che al guardarlo con l'altra circostanze dette dello ariento brunito e della piazza ect. et del punto pareua, che si uedessi el proprio uero. E io lo avuto in mano e ueduto piu uolte a mia dj e possone rendere testimonianza." [Man70, p.43-5]

Sul modo seguito dal Brunelleschi per disegnare la sua prima tavola prospettica con la rappresentazione del Battistero, non abbiamo notizie, neppure dal Manetti. La testimonianza a mio avviso più interessante è un giudizio del Filarete, nel suo *Trattato d'Architettura*, composto nel sesto decennio del XV secolo, che:

“per ragione trovasse quello che nello specchio ti si dimostra” [Spe65, Libro XXIII, 178r]

In un passato lavoro [Bel73], occupandomi di questo problema, ho avanzato l'ipotesi che fosse proprio la fedeltà della riflessione nello specchio piano l'elemento promotore della prima tavoletta. La fenomenologia della riflessione degli specchi, soprattutto piani, era ben nota al tempo del Brunelleschi: si veda il secondo libro delle *Quæstiones Perspectivæ* di quel Biagio Pelacani da Parma che aveva tenuto lezioni a Firenze sul finire del XIV secolo. In esse sono contenuti, sia pure per esempi piuttosto che nella nostra forma sintetico-deduttiva, anche i principi teorici e le leggi fondamentali della riflessione.

L'originalità e la genialità, grandissime, del Brunelleschi sono consistite, a mio avviso, nell'estrarre da questo materiale sparso la deduzione che, per avere un fenomeno isomorfo alla riflessione nello specchio piano, occorresse anzitutto conservare la disposizione spaziale relativa dei “raggi” che vanno dall'occhio dell'osservatore ai punti dell'oggetto. E che, dal momento che l'immagine nella riflessione dello specchio piano è, come usa dirsi, virtuale, poco importava che essa fosse generata dall'oggetto fisico o da una sua pittura su tavola, purché i “raggi visuali” avessero in entrambi i casi la medesima disposizione spaziale relativa.

Quanto alla posizione dei punti sul disegno, occorre allora determinare, dal punto di vista prescelto, la posizione del raggio visuale relativo ad un dato punto del Battistero, e poi calcolare dove sarebbe andato ad intersecare il piano del disegno, tenuto conto delle distanze scelte. E, proprio nel lavoro che ho prima ricordato, ho potuto provare che i dati forniti dal Manetti permettono di ipotizzare senza incongruenze e forzature del testo un disegno in scala rispetto al vero.

Nella stessa scala doveva poi essere, tenuto conto del doppio cammino dei raggi visuali per via della riflessione nello specchio, la distanza dello specchio dalla tavoletta e quella del punto di stazione dal Battistero, dando così forza al passo del biografo in cui è detto che:

“quella dilatione dello specchio dall'altra mano ueniua a essere la distanza uel circha di braccia piccholine quanto a braccia uere daluogho, doue mostraua essere stato a ritrarlo, per insino al tempio di Santo Giouanni” [Man70, p.45].

È chiaro, allora, perché fosse tanto importante la verifica che la prima tavola prospettica, così come ce la descrive il Manetti, fosse in scala rispetto al vero. Tale constatazione salda infatti

l'idea della mimesi della riflessione nello specchio piano con il procedimento proposto per il disegno della prospettiva nella prima tavoletta, che era appunto legato al rilievo della posizione nello spazio dei vari raggi visuali tramite la misura degli angoli che noi oggi chiamiamo azimut e altezza.

La soluzione del Brunelleschi, oltre che estremamente generale, è anche molto attenta ai fattori di ordine mentale che intervengono nella visione.

Lo specchio doveva essere il più possibile parallelo alla tavoletta; tenuto quindi "al dirinpetto", come ricorda il biografo, onde non introdurre deformazioni non desiderate. Bisognava inoltre che fossero soddisfatte le condizioni che portano a localizzare l'oggetto riflesso a distanza maggiore di quella del piano riflettente dello specchio: cioè un ambiente in cui sia di fatto impossibile localizzare spazialmente la superficie dello specchio. Ed ecco l'idea di far guardare lo specchio da un foro sul retro della tavoletta; cioè la cura con cui si elimina il contesto in modo da far agire, senza disturbo, i fattori nozionali: la conoscenza del Battistero, della sua forma e distanza dal punto di osservazione. E quel tocco di malizia nello "ariento brunito" che riflette cielo e "nugolj" con la loro luminosità. Sembra di assistere ad artifici in uso nella moderna psicologia sperimentale.

Ne consegue che la prospettiva, con Brunelleschi, nasce estremamente generale per quanto riguarda il tipo di oggetti e di situazioni spaziali che potevano venir rappresentate, e ugualmente attenta al problema diretto e al problema inverso, come prova appunto la cura del nostro nel maneggiare i fattori di natura psicologico-visiva.

La soluzione che avevo proposto consentiva, tra l'altro, di risolvere una vera e propria incongruenza storica, perché la prospettiva rinascimentale pareva nata sul finire del terzo decennio del XV secolo ad opera di una sola persona ed interamente compiuta. Mentre si deve poi constatare con stupore che occorre più di un secolo perché questa prospettiva raggiunga una completa e soddisfacente teorizzazione.

L'incongruenza sparisce se invece, seguendo la proposta avanzata in quel lavoro, si ipotizza che l'idea della prospettiva nascesse sì compiuta con il Brunelleschi, ma che la tecnica con cui si raggiungeva il risultato voluto, per quanto estremamente generale, fosse qualcosa di molto prossimo ad un "rilievo dal vero", e perciò piuttosto lunga e difficoltosa da usare, soprattutto se gli oggetti da rappresentare erano inventati.

Il secolo che trascorre tra la nascita della prospettiva rinascimentale e la completa teorizzazione delle tecniche con cui la si applica alla pittura diventa allora la selezione e l'unificazione delle diverse tecniche proposte per risolvere, nei vari casi, il problema di rappresentare in prospettiva gli oggetti, e la giustificazione teorica di tali tecniche.

Per capire l'Alberti nella sua teorizzazione conviene allora partire dall'ipotesi che egli avesse ben presente la non linearità della relazione tra angolo visivo e distanza, a parità di grandezza dell'oggetto, e tra angolo visivo e grandezza dell'oggetto a parità di distanza. Lo si può indurre a posteriori dai *Ludi Rerum Mathematicarum*, composti sicuramente prima del 1452, dove l'Alberti è estremamente attento a risolvere problemi non lineari coinvolgenti angoli, che noi oggi affronteremmo con la trigonometria, o usando metodi grafici, oppure riconducendoli con ingegnosi artifici a problemi lineari, basati sulla proporzionalità di segmenti [Alb73, pp.163-69].

La non linearità della relazione in questione era, del resto, cosa nota nell'antichità: la troviamo infatti asserita dal Teorema VIII della *Prospettiva* di Euclide.

Vi è stata una certa discussione su tale teorema, innescata da Panofsky [Pan27], e facilitata da un testo che ci è giunto piuttosto sibillino. Nell'edizione di Heiberg [Euc95], in versione latina il testo è dato come: "Æquales et æquidistantes magnitudines inequaliter distantes ab oculo non proportionaliter spatiis uidentur", dove forma grammaticale e sintattica non presentano smagliature, assai meno la semantica di quel "æquidistantes" in rapporto a "magnitudines inequaliter distantes ab oculo".

Ritengo colga meglio il nocciolo del problema la traduzione del Danti, dove il teorema in questione è espresso dal testo seguente:

"Le grandezze eguali, che inegualmente sono lontane dall'occhio, non osseruoano la medesima ragione negl'angoli, che nelle distantie" [Dan73, a p.27].

Tale teorema, per cui il Danti usa nella dimostrazione il medesimo impianto —raggio principale coincidente con uno di quelli estremi e quindi angolo misurato rispetto a tale raggio principale— da noi usato per dedurre la formula  $\tan\varphi = h/d$ , riconosce che la relazione in questione è non lineare.

Ora la non linearità complicava non poco la teoria e la pratica; ed era una complicazione veramente insormontabile senza gli sviluppi e le tabulazioni della nostra trigonometria.

Introducendo la “intersegaione” con un piano si eliminava del tutto la difficoltà, perché si linearizzava il problema, rendendolo quindi direttamente trattabile col calcolo; tra l'altro, con uno dei più eleganti e semplici strumenti della geometria: la similitudine dei triangoli.

Secondo me, a Brunelleschi, nella prima tavola prospettica, la “intersegaione” con un piano era servita unicamente per riavere, nella visione attraverso lo specchio, i “raggi visuali” disposti nello spazio come nella visione dalla porta di mezzo di Santa Maria del Fiore. Si tenga infatti presente, che i “raggi visuali” possono ritenersi caratterizzati, in questo discorso, unicamente dagli angoli che li individuano in un riferimento polare.

Per l'Alberti, a mio modo di vedere, tutto ciò diventa invece la soluzione delle difficoltà poste dalla non linearità riconosciuta dal Teorema VIII di cui si è detto; quindi un salto di qualità di immensa portata, anche teorica. E ben si capisce allora il suo genuino entusiasmo per la nuova idea.

Egli, però, si innamora forse un po' troppo del grandissimo valore indotto della linearizzazione del problema, col risultato di ribaltarlo sulla visione più drasticamente di quanto fosse accettabile anche sulla base della fenomenologia allora nota. E nel suo trattato è decisamente scarsa l'attenzione per gli aspetti psicologici e mentali della visione.

D'altro canto il procedimento tecnico del Brunelleschi richiedeva capacità e conoscenze tutt'altro che comuni di rilevare le misure dei monumenti. Che l'Alberti possedesse tali capacità e conoscenze ne fanno fede sia i *Ludi Rerum Mathematicarum* che la *Descriptio Urbis Romæ*. Forse gli parvero superflue, forse le ritenne troppo complesse: nel *De Pictura* non ne fa menzione. E al loro posto troviamo nel II Libro, al capitolo 33, un procedimento semplificato che si basa su un piano orizzontale quadrettato e prospetticamente scorciato:

“Nel pavimento scritto con sue linee e paralleli sono da edificare muri e simili superficie quali appellammo giacenti. . . .”

procedimento che si attaglia bene soltanto ad architetture costituite da solidi regolari semplici, ma che fallisce per altre situazioni tra cui il paesaggio naturale.

Si vedono così gli artisti usare con varia frequenza e fedeltà i metodi proposti dall'Alberti per disegnare le prospettive, ma senza fidarsene appieno, rifacendosi spesso, soprattutto a Firenze, al momento sincretico iniziale e rideclinandolo secondo le proprie idee e inclinazioni.

Quanto ai due artisti più vicini al Brunelleschi, Donatello e Masaccio, troviamo nelle loro opere un impianto degli ambienti spaziali che li stacca spesso decisamente dai loro contemporanei.

Penso, ad esempio, alla complessità dei diversi piani che degradano nella formella di Donatello per il fonte battesimale del Duomo di Siena. Lo spazio non vi è infatti aperto, ma costituito da cortine orizzontali in muratura, entro cui sono praticate delle aperture. E gli spazi intermedi non sono vuoti, ma popolati di figure operanti.

Ma è soprattutto nella scena del “Tributo”, di Masaccio, al Carmine, che quegli esterni montani, pur così spogli nella loro stringata essenzialità, evocano il paesaggio naturale con una forza di verità al cui confronto, quella di molti artisti posteriori, tra cui, non certo digiuno di prospettiva, il Mantegna, paion quasi di cartapesta. Eppure a guardar gli angoli visivi, quelli del Mantegna sono in corretta prospettiva. Solo che nel paesaggio di Masaccio il profilo dei monti e dei loro contrafforti paion rilevati dal vero. Sono una visione da lontano che tiene conto, tra l'altro, di quella sorta di “ingrandimento” che si ha quando ci concentriamo sui particolari; mentre di solito era la visione da vicino di rocce e dirupi ad ispirare il paesaggio montano, sino a farne, quasi, una sigla, come accade, appunto ancora, in opere di un artista della levatura di Mantegna.

Anche per quanto riguarda l'importanza data alla posizione dell'osservatore abbiamo tendenze diverse.

Vi sono opere, affreschi soprattutto, in cui il riferimento alla definizione dell'Alberti:

“Sarà adunque pittura non altro che intersegaione della piramide visiva, sicondo data distanza, posto il centro e costituiti i lumi, in una certa superficie con linee e colori artificiose representata” [Alb73, I, 12]

è interpretato nel senso che la “piramide visiva” è quella di un osservatore ideale, non coincidente affatto, in posizione e distanza, con l'osservatore reale.

Ma accanto a questo filone ne abbiamo un altro, più interessato a tener conto della posizione dell'osservatore. Si pensi ai tondi di Donatello per la Sacrestia Vecchia in San Lorenzo a Firenze, o a effetti di vera e propria illusione ottica, come a Milano, nella finta abside di Santa Maria presso San Satiro, da parte di Bramante.

Siamo al penultimo decennio del '400 e Bramante rivela una completa padronanza delle regole di una prospettiva architettonica illusionistica: centro di proiezione in posizione che l'osservatore può agevolmente occupare —qui lungo l'asse longitudinale della navata centrale; primo piano della prospettiva in scala 1 : 1 con gli elementi architettonici contigui.

Delle discussioni cui poteva dar luogo lo scontro tra le due tendenze abbiamo un bel documento nei *Dispareri in materia d'Architettura et Prospettiva ...* di Martino Bassi, che è abbastanza tardo, perché pubblicato nel 1572, ma che offre uno spaccato assai ben documentato di quelli che dovevano essere i punti di vista e le ragioni dei due filoni [Bas72].

Un altro caso interessante di contaminazione tra architettura e prospettiva è dato da alcune famose piazze di impianto o risistemazione rinascimentale che possono considerarsi delle vere e proprie scenografie urbane, poiché vi intervengono elementi analoghi a quelli che reggono il gioco prospettico. È il caso, probabilmente risultante da fattori estrinseci, di Piazza San Marco a Venezia, ma sicuramente voluto, di Piazza del Campidoglio a Roma.

In entrambi i casi abbiamo un impianto longitudinale per molta parte chiuso visivamente su tre lati, con una facciata importante sul fondo —quella della basilica di San Marco, e quella del Palazzo Senatorio— e due fronti laterali che non sono parallele, ma divergenti verso la facciata di fondo.

Ora, da un punto di vista visivo, la nostra tendenza in tutti questi casi è di immaginare la piazza rettangolare, soprattutto se ci poniamo lungo l'asse longitudinale, che, nella piazza romana, è anche asse di simmetria.

Accade allora che, sia guardando la facciata della basilica, sia quella del palazzo, queste appaiano più vicine di quanto non siano in realtà. L'angolo da esse sotteso sul piano orizzontale dell'osservatore, infatti, competerebbe ad una distanza minore, se riferita ad una piazza rettangolare di larghezza pari a quella che stimiamo nel punto in cui siamo.

Per un analogo motivo, quando si voltano le spalle alla facciata, la piazza appare più lunga. Infatti l'angolo sotteso dalle estremità delle fronti laterali è ora più piccolo di quello che si avrebbe in una piazza rettangolare di larghezza pari a quella che stimiamo nel punto in cui siamo. Di conseguenza si è portati a ritenere il lato aperto della piazza più lontano di quanto non sia in realtà.

Lo stesso impianto si ha a Roma a Piazza San Pietro, per la parte tra il colonnato del Bernini e l'ingresso della Basilica.

Ma quando passiamo alle architetture, quanto possa diventare essenziale nella lor fruizione il muoversi al loro interno, il “percorrerle” per così dire, ce lo mostra paradigmaticamente un interno come quello della Basilica di S. Marco a Venezia.

Anche, e soprattutto, a proposito delle architetture si è deciso, con un taglio volutamente arbitrario, di considerare soltanto l'aspetto che stiamo discutendo. Aspetto che, indubbiamente presente e spesso problematico, è però ben lontano dall'esaurire l'intenzionalità degli artisti rinascimentali. Si pensi, ad esempio, al differente ruolo della luce e al diverso modo di intendere e di far fruire la parete nel San Lorenzo di Brunelleschi e nel Sant'Andrea dell'Alberti a Mantova, per misurare d'un balzo quanto la nostra discussione si vada deliberatamente a limitare ad un aspetto della problematica di quegli artisti.

Ora abbiamo architetture come la facciata dell'Ospedale degli Innocenti a Firenze in cui la visione prospettica, "da fermo", permette di costruire pressoché per intero la struttura spaziale. La scansione nitida degli elementi architettonici e la rigorosa volumetria delle campate del portico, sottolineata dalle volte a vela, suggeriscono la strutturazione dello spazio per entità geometriche semplici, dalle proporzioni immediatamente intuibili. Il muoverci di fronte alla facciata come all'interno del portico non aggiunge allora, da questo punto di vista, elementi di particolare rilievo. Ed è opera tra le prime del Brunelleschi, assai vicina temporalmente agli esperimenti prospettici; opera di cui, tra l'altro, l'artista dette unicamente un disegno misurato a "braccia piccole" [Man70].

Ma già nel S. Spirito il discorso si fa più complesso. L'attuale altare principale, col suo ciborio, nasconde la pianta a croce latina e, soprattutto, il tratto che dietro l'altare continua la navata longitudinale, mascherando il suo innesto con la navata trasversale e il correre, lungo tutto il perimetro, della navata laterale con le relative cappelle. È tuttavia nel momento in cui si giunge in prossimità del capocroce che la veduta prospettica imperniata sull'asse longitudinale si affievolisce in favore di una visione lungo direzioni oblique, inducendo un diverso ritmo di scansione delle cellule – costituite dalla cappella e dalla campata antistante della navata laterale – che corrono lungo tutto il perimetro della chiesa. Una visione, tra l'altro, che si rivela suggestiva se confrontata con un possibile schema di proporzionamento dell'opera [Bel75].

Dove poi la lettura prospettica gioca un ruolo assai parziale è nelle architetture a pianta centrale. Qui manca una direzione longitudinale privilegiata lungo cui dar vita ad un punto di fuga e la simmetria cilindrica obbliga, quanto meno, a ruotare la testa, mostrandoci come un'architettura si strutturi di solito a partire da una sequenza di immagini diverse e non già da una sola immagine come nel caso di una lettura prospettica.

E proprio lo stesso Brunelleschi di architetture a pianta centrale ne aveva ideata una, la Rotonda degli Angeli, rimasta incompiuta e di cui abbiamo qualche idea dell'alzato solo da disegni di Giuliano da Sangallo e di Leonardo. Dello stesso Giuliano, poi, in Santa Maria alle Carceri, a Prato, abbiamo un esempio tra i più interessanti di come potesse venir declinata una pianta centrale nel clima culturale che stiamo indagando.

## Il caso del cinema

Parlando del ruolo del movimento nella strutturazione dei fatti percettivi abbiamo visto come l'illuminazione direzionata, soprattutto se accompagnata da moto relativo dell'osservatore rispetto agli oggetti, sia una fonte assai ricca di informazioni sulla stereometria degli oggetti e del loro ambiente.

Nel caso del cinema, il singolo fotogramma è a tutti gli effetti una prospettiva centrale identica a quella teorizzata dai trattatisti del Rinascimento. Per essa, in particolare, valgono tutte le considerazioni dianzi svolte a proposito del problema inverso della prospettiva: in particolare quelle relative alla difficoltà di risalire in modo univoco da tale rappresentazione prospettica alla forma e dimensione degli oggetti e dell'ambiente in cui questi sono posti.

Il cinema, tuttavia, non vive di fotogrammi singoli come la fotografia, ma di sequenze di fotogrammi. E la molteplicità dei fotogrammi relativi ad una stessa situazione, quando risulta da un movimento della macchina da presa, ricrea gli aspetti di cui si è in precedenza discusso come se fossimo noi spettatori a muoverci rispetto all'ambiente e non la macchina da presa.

Si ottengono per questa via una larga messe di informazioni relative alla stereometria degli oggetti e dell'ambiente e quindi ulteriori informazioni per risolvere il problema inverso. Per cui il cinema, pur essendo una semplice prospettiva se preso a livello di singolo fotogramma, tramite la sequenza acquista una capacità di suggerirci la percezione di uno spazio tridimensionale che è molto vicina a quella del muoverci entro tale spazio; cioè più simile a quella delle architetture.

Sotto questo profilo esso è uno strumento molto più ricco di quanto la sua origine come camera oscura potrebbe far immaginare, e si comprende anche perché siano falliti certi macchinosi tentativi di fornire una illusione di tridimensionalità mimando il modello della visione binoculare: proiettando cioè due immagini leggermente diverse, che andavano viste una da ciascun occhio tramite opportuni occhiali colorati. Il cinema ha in sé il movimento e quindi la

possibilità di dare all'osservatore una ricca serie di informazioni sulla situazione spaziale che appunto da tale movimento derivano.

## La prospettiva come abito mentale

Il tracciato prospettico, inteso come insieme di linee e di aree, può suggerire sia la costruzione mentale di uno spazio tridimensionale, sia venir strutturato come oggetto bidimensionale, come disegno sul piano. Occorre quindi una spinta, nel fruitore, che lo porti verso l'uno o l'altro modo di operare: l'assunzione, non importa quanto consapevole, di un particolare atteggiamento mentale.

Semplificando al massimo, possiamo osservare che per arrivare alla strutturazione di uno spazio tridimensionale occorre, come abbiamo visto, appoggiarsi all'angolo visivo e mettere in moto un meccanismo grandezza/distanza fra gli oggetti che richiede una certa conoscenza della loro volumetria e della loro grandezza, almeno relativa, così da portare ad una soluzione coerente di quello che abbiamo chiamato problema inverso della prospettiva. La strutturazione del tracciato come bidimensionale richiede invece la costruzione mentale del piano del disegno e, di solito, anche la sua localizzazione spaziale; su tale piano, poi, sono pensate le varie linee e regioni che vanno a comporre la struttura spaziale bidimensionale.

Quando è in gioco uno specchio piano, dei due modi mentali di operare, per quanto possibili entrambi, è il primo a prevalere di gran lunga, tanto che abbiamo coniato il termine "riflessione" per descrivere appunto il processo di strutturazione dello spazio tridimensionale che abitualmente si attua quando vi sia di mezzo uno specchio piano.

Ancora diversa è poi la situazione quando vi sia moto relativo, fisico o simulato, tra l'osservatore e gli oggetti. Qui le ulteriori informazioni di cui viene a disporre l'osservatore lo portano a strutturare mentalmente lo spazio come tridimensionale sulla base di dipendenze molto più profonde e primigenie, perché legate alla necessità quotidiana di non andare ad urtare contro gli oggetti fisici che ci circondano.

Si può allora immaginare lo stupore indotto dalla prima delle tavole prospettiche brunelleschiane alla constatazione che l'effetto illusivo nella riflessione di oggetti che sembravano tridimensionali era prodotto in realtà da un tracciato piano.

La necessità di indurre la strutturazione tridimensionale che il Brunelleschi, con la genialità che gli era propria, aveva risolto di getto appoggiandosi ad oggetti molto familiari e ad una situazione, la riflessione nello specchio piano, dove ciò avveniva senza sforzo, andava invece ricreata come nuova abitudine in tutte le altre situazioni. A cominciare dalla seconda tavola prospettica dello stesso Brunelleschi, dove:

"nel luogo, che misse l'ariento brunito a quella del Santo Giovannj, qui scanpo l'assi, doue lo fecie da chasamenti in su, e recausi con esso a ghuardallo in luogo, che l'aria naturale si mostraua da casamenti in su" [Man70, p.47].

nel tentativo, non so quanto riuscito, di creare un contesto sufficientemente neutro da evitare una localizzazione spaziale del piano della tavola.

Con la prospettiva, quindi, come in altri casi in cui è in gioco una attività mentale, abbiamo un mescolarsi di fatti di chiara origine storica su un sostrato di abitudini, di dipendenze, più profonde perché legate alla percezione degli oggetti come di una certa grandezza e alla loro localizzazione ad una certa distanza nella visione da fermo. Il punto è far scattare di fronte al tracciato prospettico la molla iniziale che incanali l'attività mentale verso la strutturazione di uno spazio tridimensionale. Ed è proprio per la necessità di instaurare questa nuova abitudine che nel caso della prospettiva si può parlare di un vero e proprio atteggiamento mentale, anche perché tale abitudine è intessuta di elementi culturali di cui conosciamo addirittura l'origine storica.

L'esempio forse più eclatante del costituirsi di questo nuovo atteggiamento è dato dal mutamento della scenografia teatrale, dove si afferma progressivamente in modo pressoché esclusivo il teatro con boccascena e scene prospettiche. Qui la presenza sul palcoscenico di una zona in cui gli attori si muovono ed agiscono è già un formidabile innesco a proseguire la strutturazione

tridimensionale dello spazio leggendo in questo modo la retrostante scenografia prospettica. Ma è il boccascena a indurre, soprattutto quando la sala è buia, l'indispensabile stacco dal contesto circostante che consente di costruire lo spazio scenico a prescindere da quello della sala. Il boccascena diventa allora una finestra aperta sullo spazio scenografico, o, se si vuole, il luogo dell'"intersezione" della piramide visiva teorizzato dall'Alberti.

Questo tipo di scenografia si afferma piuttosto tardi, sostanzialmente nella prima metà del XVI secolo, e di contro ad una abitudine di scenografie costituite piuttosto da macchine e meccanismi che si aprivano o si calavano in mezzo al pubblico, scenografie a cui davano il loro contributo artisti come Brunelleschi e Leonardo. Ma ciò è una ulteriore riprova di quanto la lettura prospettica sia un vero e proprio atteggiamento mentale, con sue proprie regole e convenzioni.

L'instaurarsi dell'abitudine di applicare la soluzione del problema inverso della prospettiva ad ogni visione "da fermo", o, se si vuole, a leggere prospetticamente il dato visivo quando gli oggetti siano fermi rispetto all'osservatore. si traduce allora nel fatto che alcune di queste regole e convenzioni, ad esempio la tendenza a considerare, non appena possibile, di uguale grandezza oggetti omotetici nella prospettiva stia alla base delle conseguenze mostrate dagli esperimenti di psicologia della visione descritti all'inizio: dove, appunto, le carte da gioco sono pensate tutte eguali ed è la loro grandezza "nozionale" a determinare la loro distanza dall'osservatore. Una diversa abitudine percettiva darebbe luogo, ovviamente, a risultati diversi. E ad instaurare tali abitudini ha contribuito non poco, come si diceva, una architettura che privilegiava una strutturazione dello spazio per solidi geometrici semplici e dove sono costantemente verificate l'ortogonalità di rette e piani, così come uguaglianza ed equidistanza nelle sequenze di colonne, archi, finestre, etc..

Ma la cosa ha conseguenze assai profonde anche nella percezione di uno spazio fisicamente tridimensionale, come una piazza o l'interno di una chiesa. Si è infatti indotti a costruire pure lo spazio che ci circonda come un volume misurato: pensandolo cioè come un volume dotato di forma e dimensioni; e a maggior ragione se esso è uno spazio architettonico, dello stesso genere, cioè, di quelli che ricorrono nelle prospettive. E, poiché si tratta di uno spazio che ci circonda, dentro il quale noi veniamo di conseguenza a trovarci, finiamo col sentirlo comunque come un "interno", anche se si tratta di una piazza.

Tuttavia tale spazio è pensato insieme come un volume con forma e dimensioni, o almeno rapporti tra queste. Assumendo come primari tali caratteri e come secondari quelli che derivano dalla sua materializzazione o dal contesto, ne scaturisce un oggetto mentale che sentiamo "esterno" a noi nello stesso momento in cui lo pensiamo una forma volumetrica; proprio come ci accade con i solidi della geometria: oggetti, appunto, rispetto ai quali ci sentiamo sempre staccati.

Fa eccezione in larga misura il paesaggio naturale, che resta profondamente problematico, ma dove, non a caso, il movimento degli occhi e della testa vi è ampiamente determinante. Ne abbiamo una indiretta conferma in quel curioso "mixing", che richiederebbe una trattazione specifica, dato dalla rappresentazione prospettica di città viste da colline o "a volo d'uccello", che, col diffondersi della stampa, conosce una fioritura grandissima.

Mi sono limitato di proposito a considerare gli aspetti di carattere più strutturale del fenomeno, quelli, del resto, che sono così penetrati nel nostro operare corrente da farci quasi dimenticare la loro origine storica. E la penetrazione è stata così profonda che per creare valide alternative alla spazialità architettonica indotta dall'Umanesimo fiorentino è stato necessario cambiare profondamente la genesi ideativa dello spazio architettonico e i suoi parametri di riferimento. Si pensi a Gaudí, e a Wright, al Le Corbusier di Ronchamp, o anche ad architetture sacre del nostro Michelucci come la chiesa sull'Autostrada o quella di Longarone.

## References

[Alb73] L.B. Alberti. *Opere volgari*. Laterza, Bari, 1973. (a cura di C. Grayson).

- [Anc70] L. Ancona. *Dinamica della Percezione*. EST Mondadori, Milano, 1970.
- [Bas72] M. Bassi. *Dispareri in materia d'Architettura et Prospettiva con pareri di eccellenti et famosi Architetti*. Brescia, 1572.
- [BBG65] R. Beltrame, A. Berbenni, and G. Galassi. Contribution to the studies of the movements of the eyeballs, during optical perception, by means of high speed motion picture photography. In O. Helwich, editor, *Kurzzeitphotographie*, pages 257–64, Zurich, 1965.
- [Bel73] R. Beltrame. Gli esperimenti prospettici del Brunelleschi. *Acc. Naz. dei Lincei - Rend. Sc. Morali - Serie VIII*, XXVIII (3-4): 417–68, 1973.
- [Bel75] R. Beltrame. Il proporzionamento nelle architetture brunelleschiane. *L'Arte*, (18-19/20): 105–20, 1975.
- [BM24] V. Benussi and C.V. Musatti. Sui fenomeni stereocinetici. *Archivio italiano di Psicologia*, (3): 105–120, 1924.
- [Cec66] S. Ceccato. *Un tecnico tra i filosofi. Vol.2*. Marsilio Editori, Padova, 1966.
- [Dan73] I. Danti. *La prospettiva di Euclide*. Giunti, Firenze, 1573. (Traduzione e commento).
- [Des58] R. Descartes. *Œvres et Léttres*, chapter Discours de la Méthode. La Dioptrique. Gallimard, Paris, 1958.
- [Euc95] Euclide. *Euclidis Optica, Opticorum recensio Theonis, cum scholiis antiquis*. Teubner, Lipsia, 1895. (A cura di I. L. Heiberg).
- [Fra42] Piero della Francesca. *De Prospectiva Pingrendi*. Firenze, 1942. (a cura di G. Nicco Fasola).
- [Gau04] Pomponius Gauricus. *De Sculptura*. Venezia, 1504.
- [Gib50] J. J. Gibson. *Perception of the visual world*. Hampton, Boston, 1950.
- [IK67] W. H. Ittelson and F. P. Kilpatrick. Le camere distorte monoculari e binoculari. In F. P. Kilpatrick, editor, *La psicologia transazionale*, pages 221–46. Bompiani, Milano, 1967.
- [Itt51] W. H. Ittelson. The constancies in perceptual theory. *Psychological Review*, 58 : 285–94, 1951.
- [Itt67] W. H. Ittelson. La grandezza come indice di distanza. In F. P. Kilpatrick, editor, *La psicologia transazionale*, pages 105–25. Bompiani, Milano, 1967.
- [Kep04] J. Keplero. *Ad Vitellionem Paralipomena*. Francoforte, 1604.
- [Kli56] M. Kline. Projective geometry. In J. R. Newman, editor, *The world of mathematics*, pages 622–41. New York, 1956.
- [Kub86] M. Kubovy. *The psychology of perspective and Renaissance art*. Cambridge University Press, London, 1986.
- [Lun47] R. K. Luneberg. *Mathematical analysis of binocular vision*. Princeton University Press, Princeton, N.J., 1947.
- [Man70] Antonio di Tuccio Manetti. *The life of Brunelleschi by Antonio di Tuccio Manetti*. Pennsylvania Press, Pittsburg, 1970. (A cura di H. Saalman).
- [OW50] D. O'Connell and H. Wallach. The kinetic depth effect. *Journal of Experimental Psychology*, (29): 195–217, 1950.

- [Pan27] E. Panofsky. *Die Perspektive als 'symbolische Form'*. Teubner, Berlin, 1927. (in traduzione italiana: *La prospettiva come 'forma simbolica e altri scritti*, Feltrinelli, Milano, 1961).
- [Spe65] R. Spencer. *Filarete's Treatise on Architecture*. London, 1965.
- [Via05] J.Pélérin Viator. *De Artificiali Perspectiva*. Toul, 1505.
- [Vig83] G. Barozzi da Vignola. *Le due regole della prospettiva*. Giunti, Firenze, 1583. (Pubblicato con commento da I. Danti).
- [Vin64] Leonardo da Vinci. *Manoscritti C e D*. Roissard, Grenoble, 1964. (trascr. di Nando de Toni).