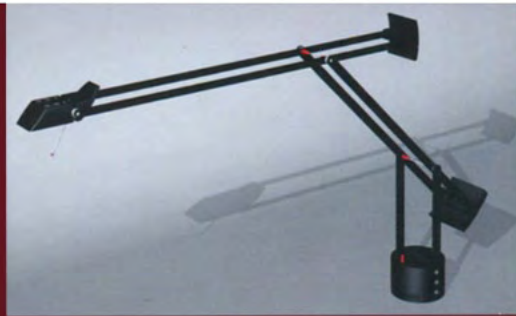


Fabrizio Avella

## Elementi teorici per il disegno informatico



*Contributi di:*  
Francesco Caraccia  
Mirco Cannella  
Giuseppe Dalli Cardillo



Copyright © 2009 Janotek S.r.l.  
Via Piccolomini, 24

67100 L'Aquila  
E-mail: [info@janotek.com](mailto:info@janotek.com)  
Web: <http://www.janotek.com>

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e a norma delle convenzioni internazionali. Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta o diffusa con qualsiasi sistema elettronico, meccanico o altri, senza l'autorizzazione scritta dell'Editore.

Le informazioni contenute in questo libro sono state verificate e documentate con la massima cura possibile. Nessuna responsabilità derivante dal loro utilizzo potrà venire imputata agli Autori, a Janotek o a ogni persona o società coinvolta nella creazione, produzione e distribuzione di questo libro.

Nomi e marchi citati nel testo sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

Autore: Fabrizio Avella

Contributi: Francesco Caraccia, Mirco Cannella, Giuseppe Dalli Cardillo

Revisione dell'opera: Francesco Caraccia, Nicola Caraccia

Progetto grafico e impaginazione: Francesco Caraccia

Immagini di copertina: Denise Ippolito, Gabriele Testa, Monica Meschis

Stampa: Tipolitografia Petruzzi Srl - Città di Castello (PG)

ISBN-10: 88-89657-03-0

ISBN-13: 978-8889657-03-4

Printed in Italy

I edizione: Settembre 2009

## Sommario

<b>Presentazione</b>	<b>7</b>
L'Editore JANOTEK®	7
Prefazione	12
Introduzione	16

---

### *Parte I: Metodi di proiezione*

<b>Proiezioni di Monge</b>	<b>21</b>
Lo spazio cartesiano	21
Sistemi di proiezione ortogonale	25
<b>Proiezioni Assonometriche</b>	<b>33</b>
Assonometria obliqua	34
Assonometria ortogonale	37
Esploso assonometrico	44
<b>Proiezioni Prospettiche</b>	<b>49</b>
Impostazione del punto di vista e del quadro prospettico	50
Inclinazione del quadro di rappresentazione	57
<b>La sezione piana</b>	<b>61</b>
La pianta	65
La sezione verticale	68
Lo spaccato assonometrico	72
Lo spaccato prospettico	79

---

### *Parte II: Criteri di modellazione*

<b>Geometria della Forma</b>	<b>89</b>
Criteri di modellazione e processi morfogenetici	89
Solidi elementari	92
<b>Superfici e solidi di traslazione</b>	<b>95</b>
Estrusione lineare retta	96
Estrusione lungo una curva	98
Estrusioni verso un punto	100
Estrusioni a sezione variabile	100
Sweep di curve lungo due traiettorie	102
<b>Superfici e solidi di rivoluzione</b>	<b>107</b>
Asse ed angolo di rivoluzione	107

<b>Superfici e solidi di rototraslazione</b>	<b>113</b>
Traiettoria di traslazione piana	113
Traiettoria di traslazione non piana	115
<b>Superfici di interpolazione</b>	<b>117</b>
Patches	117
Superfici di Coons	119
Reti di curve	120
<b>Superfici loft</b>	<b>125</b>
Loft rigoroso e lineare	125
Le superfici rigate e loft lineare	126
<b>Sezione di solidi e di superfici</b>	<b>131</b>
Sezione tramite piano secante	131
Sezione tramite superficie secante	134
<b>Operazioni Booleane</b>	<b>137</b>
Unione	137
Intersezione	138
Sottrazione	138
<b>Modellazione Poligonale</b>	<b>143</b>
<b>Alterazioni morfologiche</b>	<b>149</b>
Traslazione di vertici, spigoli, facce	149
Raccordo	150
Smussatura	152
Cimatura	153
Curvatura	153
Torsione	154
Modifica dei punti di controllo	157
<i>Parte III: Tecniche di rappresentazione</i>	
<b>Tecniche di visualizzazione</b>	<b>163</b>
Wireframe	163
Contorno apparente	164
Visualizzazione ombreggiata	166
Trasparenza e semi-trasparenza	167
<b>Ombreggiatura</b>	<b>169</b>
Tipologia delle fonti luminose	170
Criteri di visualizzazione ombreggiata	172

<b>Simulazione materica</b>	<b>177</b>
Riflessione	177
Trasparenza	180
Rugosità	181
<b>Texturing</b>	<b>183</b>
Tipologie di mappatura e shading	183
Processi di proiezione delle mappe	185
<b>Motori di rendering</b>	<b>191</b>
Cenni di fotografia	191
Tecniche di rendering	193
Il ray tracing	195
Radiosity	200
Illuminazione globale e photon mapping	203
HDRi	206
<b>Fotorealismo</b>	<b>209</b>
Tecniche di resa fotorealistica	209
<b>Tecniche miste</b>	<b>217</b>
Commistione tra mimesi ed analisi	217
Registri espressivi non mimetici	223
<b>Strumenti e soluzioni</b>	<b>229</b>
Cosa serve realmente e come scegliere gli strumenti?	231
Le caratteristiche interne di un software	233
Dalla matita al prodotto finito: panoramica sugli strumenti	236
Conclusioni	258
<b>Conclusioni</b>	<b>261</b>
Comunicazione dell'Editore	286

## **PREFAZIONE**

Il testo affronta uno dei problemi nodali nella didattica del disegno nelle Facoltà di Architettura: l'approccio all'utilizzo dei calcolatori nella rappresentazione dell'architettura. Si tratta di un terreno alquanto scivoloso per i ricercatori del settore e, forse per questo motivo, alquanto disertato.

Il rischio di proporre qualcosa di molto simile ad un manuale d'uso di un software è molto meno che remoto; per questo motivo, e per altri di cui si dirà in seguito, si tratta di un libro coraggioso.

La didattica del disegno, negli ultimi venti anni, ha dovuto relazionarsi con la sempre crescente diffusione e rapida evoluzione delle capacità di calcolo dei computer, generando fra gli studiosi del settore una sorta di querelle des anciens et des modernes. Come sempre accade quando il confronto assume i toni della contrapposizione, è accaduto che i ricercatori impegnati nell'apprendimento delle procedure operative di questi nuovi strumenti e, nei casi migliori, anche nella riflessione sul rapporto tra strumento e forme del pensiero, fossero giudicati come meri tecnologi, abili ad utilizzare uno strumento ma privi di capacità critica. Questa obiezione non è sempre stata priva di fondamento; troppo spesso è accaduto che alcuni elaborati grafici fossero ben giudicati, non per la loro capacità di trasmissione di un pensiero interpretativo o prefigurativo, bensì in virtù della loro capacità mimetica. Dall'altra parte della barricata, i ricercatori meno interessati a seguire lo sviluppo della tecnologia ed impegnati in altri aspetti della ricerca non meno interessanti, quali ad esempio la storia della rappresentazione o lo studio dei suoi fondamenti teorici, sono stati additati dagli esperti in computer grafica come conservatori incapaci di reggere il passo con i tempi.

In questi ultimi anni questa contrapposizione ha progressivamente perso vigore; il contributo di alcuni dei più attenti studiosi della materia, fra questi Riccardo Migliari, ha fatto chiarezza su alcuni punti nodali, ed in particolare sul rapporto fra forme del pensiero ed apparati strumentali.

E' evidente a tutti che la capacità di utilizzare uno strumento non

sia una condizione sufficiente alla produzione di elaborati grafici dotati di senso; per ciò che riguarda il disegno è forse opportuno introdurre una netta distinzione tra visualizzazione e rappresentazione, che collochi il primo termine nell'ambito delle potenzialità della computer grafica, ed attribuisca al secondo il significato di sede privilegiata della trasmissione di un pensiero interpretativo o prefigurativo.

La distinzione fra tecnica e tecnologia, proposta da Heidegger nel saggio "La questione della tecnica" definisce la tecnica come strumento poetico e metodo per una ermeneutica del reale.

Perchè dunque addentrarsi sul terreno della tecnologia, o dedicare tempo ed energia all'apprendimento ed alla didattica finalizzata all'uso di apparati strumentali? La risposta, alquanto semplice, è che gli strumenti consentano opportunità di ricerca e di verifica altrimenti precluse, e che privarsi di uno strumento può limitare le capacità di approfondimento e di penetrazione di uno studio. Non è questa la sede per addentrarsi su questa osservazione, ma basterà ricordare che le ipotesi di Galileo Galilei, apparentemente in contraddizione con le osservazioni (e quindi con la percezione del reale) dei suoi contemporanei, trovarono supporto e conferma grazie all'utilizzo degli strumenti ottici da poco costruiti in Olanda.

Le osservazioni di Heidegger e la teoria kantiana della percezione costituiscono elementi fondativi dell'attività di studio e di ricerca di Vittorio Ugo, che nel suo "Logos/Graphé" individua in modo chiaro le relazioni fra strumento e pensiero. Fa piacere a chi scrive ricordare in questa sede la figura di studioso di Vittorio Ugo, le cui idee sulle relazioni tra strumento e pensiero, magistralmente esposte già negli anni '80 in "Logos/Graphé", ed additate come obsolete ai tempi della Querelle, possono oggi ritrovare la dovuta considerazione nell'ambito della ricerca scientifica del settore.

La lettura di questi testi ha dato la chiave per affrontare uno degli equivoci ricorrenti in merito al rapporto fra architetto e strumenti per la rappresentazione informatica: l'idea che l'architetto dovrebbe conoscere a fondo le logiche dei software ed essere in grado di configurarle in base alle proprie esigenze, modificando o costruendo ex novo gli strumenti del proprio lavoro. Sulla base

di questo equivoco si può dare forza alla tesi che l'apprendimento delle procedure operative di questi apparati strumentali sia un esercizio riservato ad intelligenze minori, incapaci di un approccio critico e consapevole alla rappresentazione.

La confutazione di questo ragionamento può essere condotta attraverso un parallelismo tra rappresentazione informatica e geometria descrittiva: l'architetto usa le forme della rappresentazione e le proprietà geometriche delle superfici per rappresentare (per pensare) le proprie figure; pochi architetti hanno dedicato energie e tempo alla codificazione di nuovi assunti della geometria descrittiva, ma non per questo è mancata la consapevolezza del rapporto tra strumento e forme del pensiero progettuale.

Si potrebbe giustamente obiettare che tali affermazioni sono alquanto generiche e che andrebbero riferite a precisi momenti storici ed esemplificate con più cura, ma basta qui ricordare le sezioni di una colonna ritrovate sulle pareti della cella del tempio di Apollo a Didima, o piuttosto le vicende della stereotomia moderna, per comprendere che l'omissione di una trattazione dettagliata non diminuisce il valore dell'asserto.

Ci si augura che questa premessa possa condurre il lettore ad un corretto approccio con il libro, che non è un trattato di computer grafica, non è un testo approfondito di geometria descrittiva, e non è nemmeno un completo e dettagliato manuale d'uso di un software.

Il libro potrebbe essere facilmente giudicato deficitario se esposto al giudizio di un esperto in uno di questi ambiti, e tuttavia rivendica il coraggio della scelta di sacrificare molti approfondimenti disciplinari all'obiettivo prevalente che l'autore ha scelto di perseguire: scrivere un testo didattico che aiuti gli allievi delle Facoltà di Architettura ad affrontare in modo corretto e consapevole l'uso degli strumenti informatici per la rappresentazione.

La sequenza degli argomenti trattati è indicativa di questa intenzione. La prima parte è dedicata ai metodi della rappresentazione, secondo la classificazione ereditata dai testi di geometria descrittiva; ciascun paragrafo fa seguire, ad una breve descrizione della grammatica di una specifica forma del disegno, utili considerazioni sul suo valore poetico; esemplificativo è in tal senso



il paragrafo dedicato alla sezione, che non trova di solito spazio nei manuali di geometria descrittiva, perché giustamente ritenuta una applicazione particolare delle forme della rappresentazione, soggetta alle medesime regole. Il paragrafo assume in questa prima parte un ruolo molto interessante, perché sposta il piano della riflessione dalla grammatica della specifica forma di rappresentazione alle proprietà di controllo ed espressione proprie di questo tipo di disegno.

Il capitolo dedicato alla modellazione guida il lettore alla comprensione del significato di ciascuna procedura, grazie anche alle immagini che illustrano in modo chiaro gli esiti di ciascuna operazione.

Il capitolo conclusivo, "Tecniche di Rappresentazione", esplicita in modo esemplare l'accezione del termine "tecnica" alla quale abbiamo fatto riferimento; in particolare il paragrafo dedicato alle "Tecniche miste" indirizza l'attenzione del lettore verso le possibilità espressive dello strumento informatico oltre la mimesi fotorealistica, per ribadire il valore astratto e concettuale della rappresentazione.

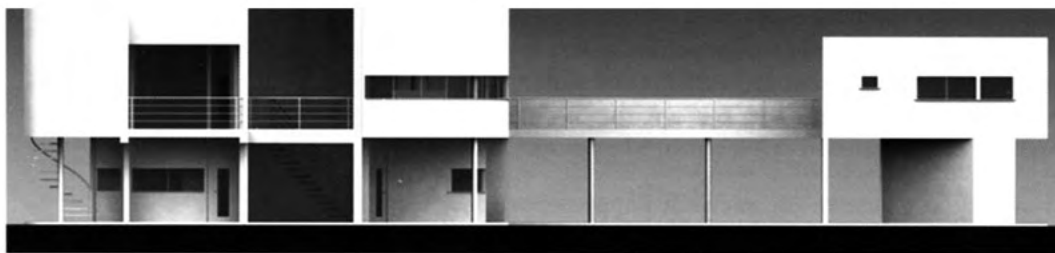
Si può affermare, a conclusione di questa breve prefazione, che il libro di Fabrizio Avella, pur non collocandosi in una specifica categoria della letteratura del settore, costituisca uno "strumento" prezioso per guidare gli allievi delle Facoltà di Architettura ad un corretto approccio alla rappresentazione informatica.

L'idea che emerge dalla lettura del libro, e probabilmente la sua tesi di fondo, è che lo strumento informatico non esoneri l'architetto dalla responsabilità di cercare instancabilmente i codici espressivi pertinenti alla formulazione ed espressione del suo pensiero, e che i nodi problematici della rappresentazione informatica non differiscano da quelli della rappresentazione nelle epoche precedenti.

*Fabrizio Agnello*

## INTRODUZIONE

Il disegno presenta delle analogie con altre forme di rappresentazione grafica: riconduce ad una superficie bidimensionale la realtà, esistente o di progetto, che ha almeno quattro dimensioni (larghezza, altezza, profondità, tempo).



In questa sede si tratteranno gli aspetti relativi alla rappresentazione piana statica, intesa come riproduzione di una realtà in cui non si considera la dimensione dello scorrimento del tempo (la quarta dimensione), priva, dunque, delle implicazioni dovute alla rappresentazione animata.

Nella riproduzione cinematografica la realtà (a quattro dimensioni nella percezione sensoriale ordinaria) è ridotta a tre dimensioni (due dimensioni della superficie planare dello schermo ed il tempo:  $x, y, t$ ): nella rappresentazione piana statica la realtà è ridotta a due dimensioni (larghezza ed altezza della superficie su cui si riproduce l'immagine dell'oggetto:  $x, y$ ).

Il cartone animato, il film, il video si possono considerare rappresentazioni bidimensionali animate; la fotografia, la pittura ed il disegno si possono considerare rappresentazioni piane statiche, prive cioè di animazione, singoli fotogrammi di una ipotetica pellicola.

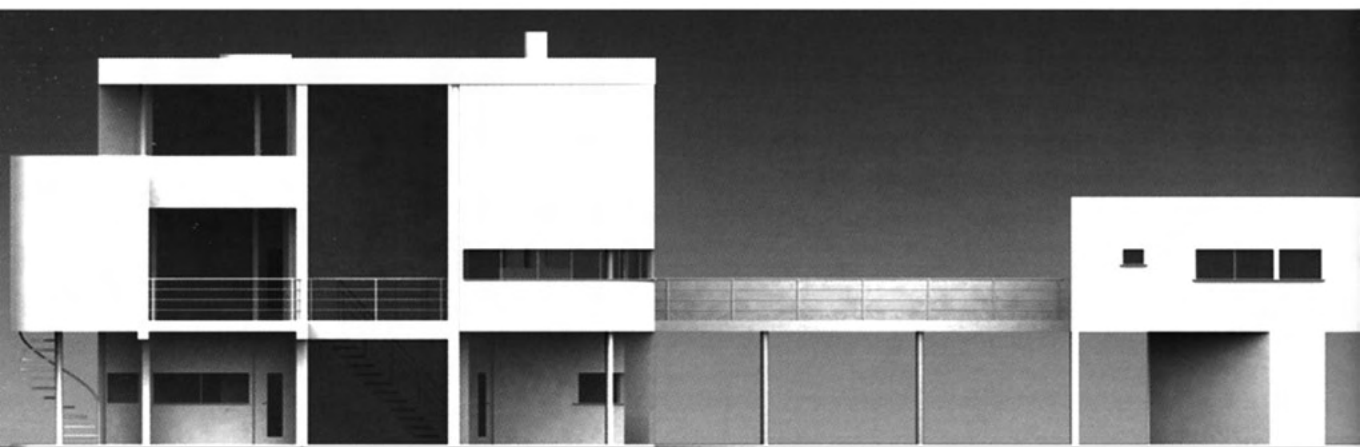
La perdita di dimensioni che si opera con l'operazione del disegno è sempre esistita e i tentativi di riprodurre la profondità su una superficie piana hanno dato vita a vari tipi di simulazione di rappresentazione tridimensionale. Nel corso della storia questo ha comportato la formulazione di quella

che oggi definiamo geometria descrittiva, le cui regole consentono la proiezione ortogonale, prospettica ed assonometrica.

Per chi si accosta per la prima volta al disegno, ciò può sembrare una disquisizione accademica, data l'apparente semplificazione suggerita dai programmi di CAD. In realtà, anche in questo caso il problema permane poiché il controllo del disegno avviene sempre tramite la superficie bidimensionale del monitor, con la differenza che la simulazione di un ambiente virtuale a tre dimensioni fornisce sullo schermo una simulazione percettiva che si avvicina a quella reale.

# PARTE I: METODI DI PROIEZIONE





*Francesco Alessio De Marco, Casa Saltzman di R. Meier, proiezione ortogonale.*

## LO SPAZIO CARTESIANO

Tutti i programmi di CAD fanno uso di un sistema di assi cartesiani  $x, y, z$  perpendicolari tra loro, aventi origine nel punto  $O(0, 0, 0)$ . Detti assi hanno un verso (che, per convenzione, è in genere quello riportato in figura) che consente di distinguere il segno (positivo o negativo) delle coordinate dei punti appartenenti alle dodici porzioni piane. Tutti i punti nello spazio, dunque, sono definiti da una terna di coordinate<sup>1</sup>  $x, y, z$ .

I tre assi servono anche a definire il sistema delle unità di misura, che, di solito, è univoco su tutti e tre gli assi, e riguarda sia le misure lineari, sia le misure angolari, in genere considerate positive secondo la convenzione trigonometrica, cioè crescenti in senso antiorario (Figg. 2-3).

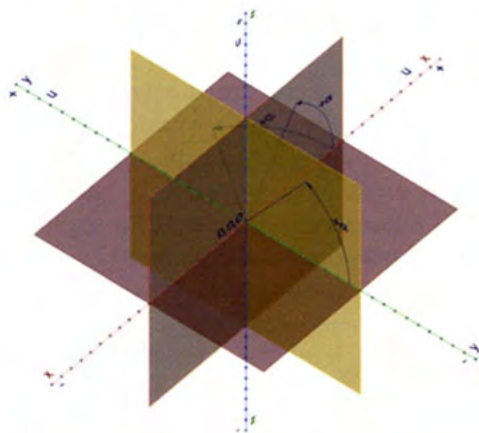


Fig.2 Sistema di assi cartesiani. Sui semipiani sono indicati i segni, positivo o negativo sugli assi, il verso positivo della misurazione angolare e le unità di misura sugli assi.

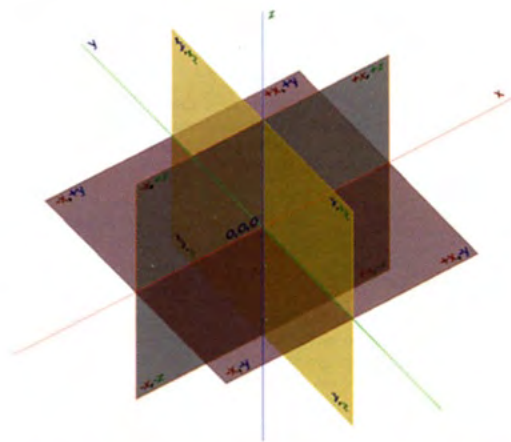
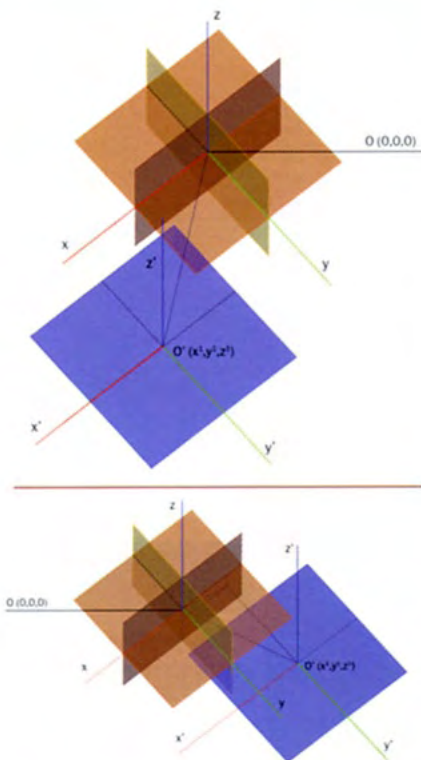


Fig.3 Sistema di assi cartesiani. Sui semipiani sono indicati i segni, positivo o negativo a seconda della posizione, delle coordinate dei punti.

<sup>1</sup> È infatti grazie a Renè Descartes che la geometria entra nell'alveo di una rappresentazione astratta, facendosi appunto analitica. [...] In questa sezione, infatti, sono per la prima volta delineati alcuni concetti attualmente acquisiti: come la possibilità di poter individuare in maniera inequivocabile un punto sul piano per mezzo di una coppia ordinata di numeri, che da allora vengono chiamati appunto *coordinate cartesiane*...", in A. Sdegno, *Architettura e rappresentazione digitale*, Venezia 2002, pp. 20-21.



Figg. 4 - 5 Rispetto al sistema di assi cartesiani assoluto (in arancio) il nuovo sistema relativo (in blu) è definito tramite traslazione dell'origine. Le giaciture degli assi rimangono parallele.

Questo sistema di coordinate fa da riferimento allo spazio del modello e prende il nome di *sistema di coordinate assoluto*. Rispetto a questo sistema di assi  $x, y, z$ , si possono avere infiniti *sistemi di coordinate relativi*, che possono essere impostati a piacimento dall'utente, secondo varie modalità.

Per comprendere meglio tale concetto, si farà riferimento al piano definito dagli assi  $x', y'$  (sistema relativo), riconoscibile in blu nelle immagini, considerando che rispetto ad esso, se univocamente definito, altrettanto univocamente resterà definito il terzo asse (in questo caso l'asse  $z'$ ), ad esso perpendicolare (Figg. 4-5).

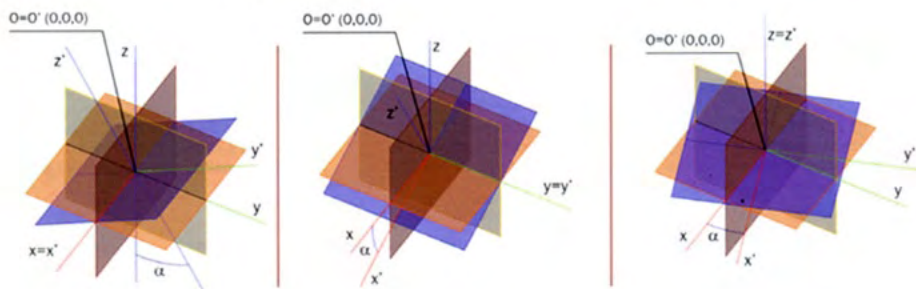
Tra le modalità più utilizzate si ha la *traslazione* dell'origine: il piano  $x'y'$  giace sul piano  $xy$ , ma traslano le coordinate dell'origine.

Laddove il vettore di traslazione dell'origine non giaccia su un piano coincidente ad  $xy$ , il nuovo piano  $x'y'$  risulterà parallelo ad  $xy$ . Il ragionamento può essere applicato anche ai piani  $xz$  ed  $yz$ .

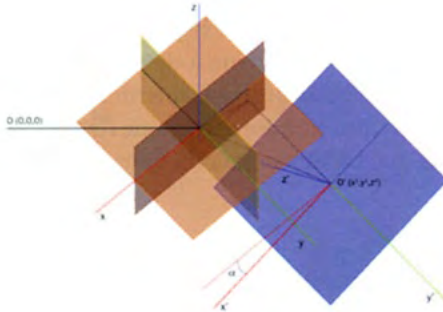
Il piano di coordinate  $x'y'$  relative può anche subire una *rotazione* rispetto all'asse  $z$ , di un angolo a definito dall'utente.

In figura è riportato un piano di coordinate relative che subisce una rotazione rispetto all'asse  $x$ . La rotazione avrà effetto sugli assi  $y$  ed  $z$ , mentre l'asse  $x$  non subisce alcuna trasformazione. Si osservi come, in questo caso, le coordinate dell'origine  $O(0, 0, 0)$  rimangono invariate. Nella sequenza riportata si può osservare come cambia l'esito dell'operazione di rotazione degli assi a seconda di quale sia l'asse di rotazione (Figg. 6-7-8).

Figg. 6 - 7 - 8 Rispetto al sistema di assi cartesiani assoluto (in arancio) il nuovo sistema relativo (in blu) è definito tramite rotazione intorno ad uno degli assi. L'asse di rotazione rimane invariato e i due assi ad esso perpendicolare ruotano dell'angolo imposto.



Le operazioni di traslazione dell'origine e di rotazione degli assi possono essere combinate. In questo caso si opera una rototraslazione degli assi: l'origine  $O(x, y, z)$  trasla di un vettore retto sino al punto di coordinate  $O'(x', y', z')$ , l'asse  $y'$  rimane parallelo ad  $y$ , e, rispetto ad esso si impone una rotazione pari ad  $\alpha$  (Fig. 9).

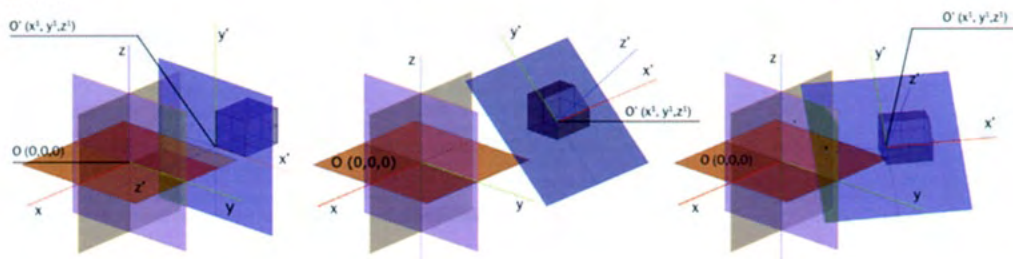


*Fig. 9 Rispetto al sistema di assi cartesiani assoluto (in arancione) il nuovo sistema relativo (in blu) è definito tramite traslazione dell'origine e rotazione intorno ad uno degli assi.*

Le operazioni fin qui esposte possono essere complesse, soprattutto nel caso di posizionamento di giaciture oblique rispetto ad  $x, y, z$ . Può essere utile, inoltre, associare la giacitura degli assi a entità piane già esistenti nel modello, quali poligoni o facce di solidi. Per ottenere tale risultato si possono sfruttare le funzioni automatiche di associazione di un sistema ad un'entità geometrica, o le procedure che consentono di indentificare la nuova origine, la direzione e il verso dell'asse  $x$ , la direzione e il verso dell'asse  $y$ , indipendentemente dalla giacitura che assumono rispetto al sistema assoluto.

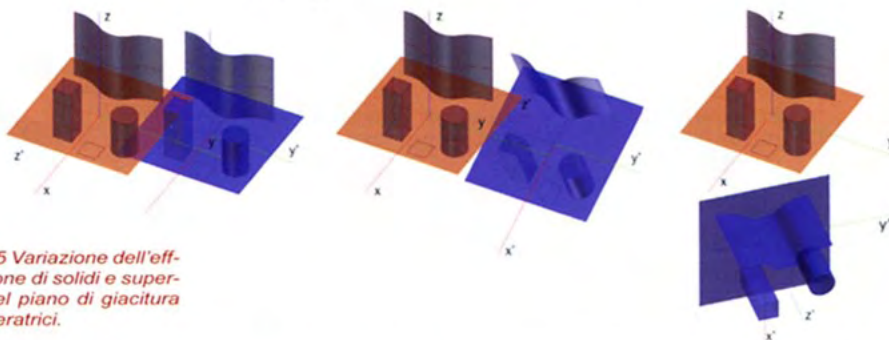
Nelle figure 10, 11 e 12 è riportato un procedimento di definizione di assi cartesiani che utilizza un vertice di un solido come origine del sistema relativo, uno spigolo come giacitura dell'asse  $x$ , un altro spigolo come giacitura dell'asse  $y$ : in questo caso il piano  $xy$  è definito dalla giacitura di una faccia del solido.

*Fig. 10 - 11 - 12 Determinazione univoca di un sistema di assi cartesiani relativi tramite giacitura di una faccia di un solido.*





I sistemi di riferimento relativi sono di importanza fondamentale per la giacitura delle entità geometriche, siano esse bidimensionali o tridimensionali. Quando si disegnano curve piane, infatti, queste assumono la giacitura del piano  $xy$  attivo nel momento in cui sono generate. Per questo motivo i sistemi di assi sono chiamati in alcuni casi *piani di costruzione*<sup>2</sup>. L'appartenenza ad una giacitura è determinante non solo per le curve piane, ma, anche, per i solidi e le superfici la cui costruzione è subordinata a dette curve. Si osservi, per esempio, come cambia il posizionamento nello spazio di solidi e superfici ottenuti tramite estrusione lineare<sup>3</sup> di curve giacenti su piani di costruzione aventi giaciture differenti (Figg. 13-14-15).



Figg. 13 - 14 - 15 Variazione dell'effetto di costruzione di solidi e superfici al variare del piano di giacitura delle curve generatrici.

Nello spazio in cui si costruisce il modello digitale la comprensione della giacitura del piano di costruzione è di importanza fondamentale ai fini di una corretta esecuzione dei processi morfogenetici.

Risulta, inoltre, determinante la comprensione delle relazioni spaziali che intercorrono tra il piano di costruzione (piano  $x$ ,  $y$  del sistema di assi cartesiani assoluto o relativo) e il quadro di rappresentazione. Come si vedrà in seguito, le relazioni tra piani di giacitura delle entità geometriche, quadro di rappresentazione, posizione del punto di vista e giacitura dei raggi visuali determineranno univocamente il sistema proiettivo.

<sup>2</sup> "Il vantaggio pratico, immediatamente percepibile dall'operatore, è la possibilità di muovere il cursore sulla superficie di piani collocabili liberamente nello spazio; ciò consente di creare su di essi primitive grafiche con il solo ausilio del mouse: senza digitare coordinate." In R. Migliari, *Fondamenti della rappresentazione geometrica e informatica dell'architettura*, Roma 2000, p. 193.

<sup>3</sup> Il concetto di estrusione sarà affrontato nella sezione successiva.

## SISTEMI DI PROIEZIONE ORTOGONALE



Fig. 16 Monica Curto Pelle, *Lampada Tolomeo*, proiezione ortogonale su un piano verticale di un modello tridimensionale.

La rappresentazione informatica di un modello segue logiche differenti da quelle utilizzate nella rappresentazione piana non digitale, e presuppone l'esistenza di piani di rappresentazione che non necessariamente coincidono con i piani di costruzione precedentemente descritti.

La differenza più evidente consiste nella procedura: nel disegno a mano il modello tridimensionale si ottiene tramite elaborazione di disegni piani (pianche, prospetti, sezioni) ed i singoli punti sono posizionati ricostruendo il posizionamento delle coordinate  $x$ ,  $y$ ,  $z$  ricavate dalle proiezioni ortogonali<sup>4</sup>.

Nel disegno informatico il processo è invertito: la sezione piana o il prospetto sono ricavati da sezioni o da viste frontali del modello tridimensionale.

<sup>4</sup>Anche se non le chiamava in questo modo, già Leon Battista Alberti citava le proiezioni ortogonali, apprezzandone le caratteristiche per il disegno con finalità tecniche: "Tra l'opera grafica del pittore e quella dell'architetto c'è questa differenza: quello si sforza di far risaltare sulla tavola oggetti in rilievo mediante le ombreggiature, raffigura i rilievi mediante il disegno della pianta, e rappresenta in altri disegni la forma e l'estensione di ciascuna facciata e di ciascun lato servendosi di angoli reali e di linee non variabili: come chi vuole che l'opera sua non sia giudicata in base a illusorie parvenze, bensì valuta esattamente in base a misure controllabili." in R. Bonelli e P. Portoghesi (a cura di), Leon Battista Alberti, *L'Architettura (De re aedificatoria)*, Libro II [I materiali], Milano 1966, p. 98. La codifica del metodo, che, ancora oggi, utilizziamo si deve a Gaspard Monge, con la sua celebre opera *Géométrie descriptive* (Parigi 1820).

Chi ha esperienza di disegno architettonico sa bene che, in realtà, per quanto le relazioni tra modello tridimensionale e rappresentazioni piane siano sempre più forti, il disegno "2D" è ancora oggetto di cura e di attenzione a prescindere dalla elaborazione tridimensionale: una pianta quotata, ad esempio, può essere ricavata da una sezione orizzontale di un modello tridimensionale, ma necessita sicuramente di una post-elaborazione e dell'aggiunta di ulteriori dati.

Si tratta sicuramente di un sistema di relazioni biunivoche in cui, per realizzare un modello in tre dimensioni, è necessario avere informazioni su geometrie piane (processo da due a tre dimensioni) e, viceversa, da un modello tridimensionale si possono estrapolare disegni piani (processo da tre a due dimensioni).

Il processo di rappresentazione va comunque considerato come una integrazione di elaborazione tridimensionale e bidimensionale in cui viste "3D" e viste "2D" servono soltanto ad avere un controllo figurativo di un oggetto e sono semplicemente elaborazioni conseguenti al posizionamento del punto di vista rispetto all'oggetto.

Il disegno informatico non ha introdotto nulla di nuovo nella geometria descrittiva: la rappresentazione continua ad essere, com'è sempre stato, il frutto di una operazione di proiezione e sezione. L'esito della rappresentazione è dato dal sistema di relazioni che intercorre tra l'oggetto, il punto di vista, i raggi proiettanti (proiezione) ed il posizionamento del quadro di rappresentazione che li interseca (sezione)<sup>5</sup>.

Quando si è in ambiente tridimensionale il quadro di rappresentazione corrisponde al monitor sul quale è riportata una singola immagine dell'oggetto o più immagini contemporaneamente.

Nel caso in cui il punto di vista è posizionato a distanza in-

<sup>5</sup> La discretizzazione dello spazio secondo assi cartesiani e secondo la geometria euclidea è sicuramente una semplificazione della realtà, di cui però non possiamo fare a meno: "In una prima grossolana approssimazione possiamo dire però che i sistemi di rappresentazione che noi instauriamo sono in generale legati alla struttura dello spazio euclideo ed alla sua rappresentazione geometrica per proiezioni e sezioni...", in V. Gregotti, *Il territorio dell'architettura*, Milano 1966, pp. 28 - 29.

finita rispetto al quadro di rappresentazione i raggi proiettanti saranno tra loro paralleli e la vista sarà una proiezione ortogonale o assonometrica (*proiezione cilindrica*). Se i raggi proiettanti sono ad ortogonali al quadro si ottiene la cosiddetta *proiezione ortogonale* e, a seconda della giacitura del piano di rappresentazione si definisce la vista in *pianta*, la *vista frontale*, la *vista laterale* (da destra o da sinistra) o la *vista posteriore* (Fig. 17).

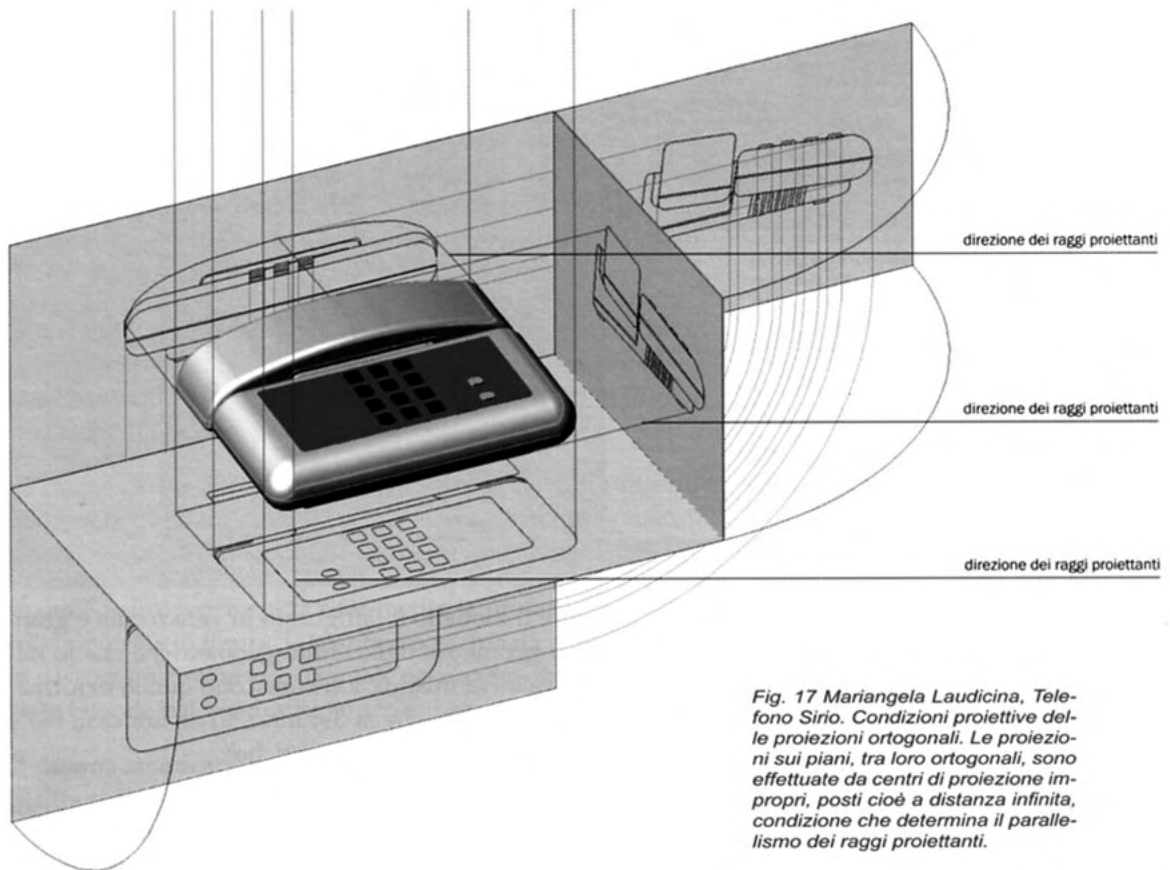


Fig. 17 Mariangela Laudicina, Telefono Sirio. Condizioni proiettive delle proiezioni ortogonali. Le proiezioni sui piani, tra loro ortogonali, sono effettuate da centri di proiezione impropri, posti cioè a distanza infinita, condizione che determina il parallelismo dei raggi proiettanti.

Le proiezioni ortogonali riportate in figura nascono da un processo proiettivo analogo a quello conosciuto nel disegno manuale di proiezione su piani ortogonali tra loro e relativo ribaltamento su un unico piano, coincidente con il foglio di carta o con il monitor (Fig. 18).

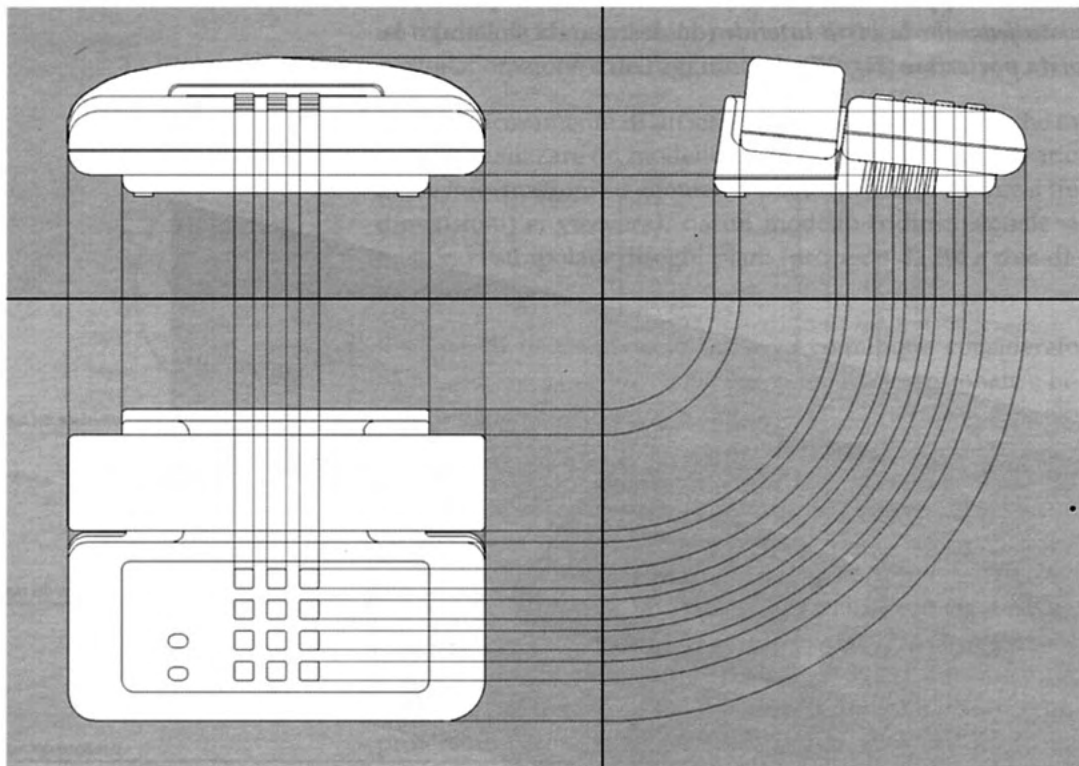


Fig. 18 Mariangela Laudicina, Telefono Sirio, proiezioni ortogonali: l'esito proiettivo dello schema precedentemente raffigurato è riportato, tramite operazioni di ribaltamento, su un unico piano.

In queste viste il modello è raffigurato in vera forma e grandezza, cioè la geometria delle entità geometriche che lo descrivono e le relative misure non subiscono quelle deformazioni e quelle riduzioni che si avranno, in alcuni casi, nelle proiezioni assonometriche e prospettiche<sup>6</sup>.

Tali riduzioni saranno presenti in quelle entità che giacciono su piani non paralleli a quello di proiezione, ma non è necessario operare complesse operazioni di ribaltamento per

<sup>6</sup>“Le rappresentazioni “tecniche” richiedono, da sempre, metodi di rappresentazione razionali che sacrificino l'illusione percettiva della terza dimensione ad una più concreta esigenza di misurabilità e di controllo delle forme.” In D. Medati, *L'occhio sul mondo. Per una semiotica del punto di vista*, Soveria Mannelli (Catanzaro) 2008, p. 141.

proiettarle sul quadro al fine di ottenere informazioni metriche, poichè tutti i programmi computano gli aspetti dimensionali degli oggetti del modello secondo algoritmi che fanno riferimento al posizionamento dei punti rispetto agli assi cartesiani, svincolandosi completamente dalle condizioni proiettive.

Un'operazione che risulta indispensabile sarà, invece, quella relativa alla verifica del fattore di scala del disegno in fase di stampa, considerando che la visualizzazione a monitor è sempre fuori scala<sup>7</sup>.

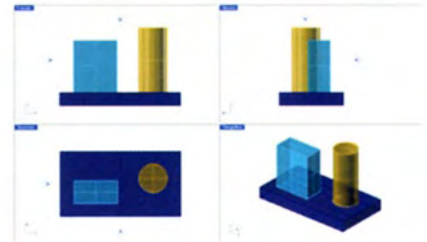
Dalle immagini riportate si può osservare quale sia l'origine del sistema di proiezione ortogonale correntemente usato: l'immagine dell'oggetto è proiettata su un sistema di piani ortogonali tra loro ed, in seguito, due di questi piani sono ribaltati di 90° fino a diventare complanari. Per ottenere questo risultato si possono operare varie operazioni di ribaltamento, ma quello che interessa è l'ordine e la disposizione dei piani di proiezione.

Quasi tutti i programmi di CAD presentano un'interfaccia in cui l'ambiente di lavoro è suddiviso in quattro finestre in cui sono riportate una vista piana orizzontale, due viste frontali verticali ed una vista prospettica o assonometrica.

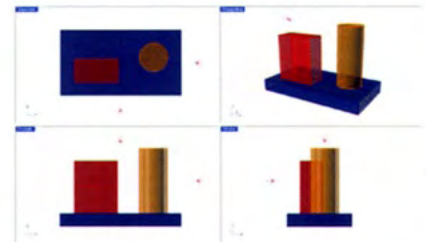
La disposizione di queste finestre, o l'estrazione di proiezioni ortogonali da un modello 3D può essere effettuata tramite due sistemi codificati: quello europeo e quello americano.

In quello europeo, a cui fa riferimento la proiezione del telefono riportata in figura, la pianta è posizionata nel quadrante in basso a sinistra, la vista frontale nel quadrante superiore, la vista laterale nel quadrante superiore destro (Fig. 19).

Il sistema americano prevede, invece il posizionamento della pianta nel quadrante superiore sinistro, la vista frontale nel quadrante inferiore sinistro, la vista laterale nel quadrante inferiore destro<sup>8</sup> (Fig. 20).



*Fig. 19* Interfaccia che ripropone il sistema europeo: la pianta è posizionata nel quadrante in basso a sinistra, la vista frontale occupa il quadrante sovrastante, la vista laterale è la proiezione del fronte sinistro e, al posto delle tracce del ribaltamento, è visibile una proiezione assonometrica o prospettica.



*Fig. 20* Interfaccia che ripropone il sistema americano: la pianta è posizionata nel quadrante in alto a sinistra, la vista frontale occupa il quadrante sottostante, la vista laterale è la proiezione del fronte destro e, al posto delle tracce del ribaltamento, è visibile una proiezione assonometrica o prospettica.

<sup>7</sup> Durante la sessione di lavoro l'utente non si rende conto che il modello è visualizzato fuori scala, poichè opera con continui zoom di ingrandimento e riduzione, che, nella stragrande maggioranza dei casi, non avviene secondo fattori controllati.

<sup>8</sup> Cfr. voce "Disegno tecnico" dell'Enciclopedia Britannica, riportata in «Rassegna (Rappresentazioni)», anno IV, n. 9, marzo 1982, Bologna, p. 86.

Le interfacce comuni dei programmi di CAD dedicano alla quarta vista, corrispondente al quadrante piano in cui si disegnano le tracce del ribaltamento, una proiezione assonometrica o prospettica (Fig. 21).



*Fig. 21 Maria Guglielmini, Asciugacapelli, proiezioni ortogonali e assonometria, riportati secondo il sistema europeo, con l'eccezione del quadrante in alto a destra, in cui è invertito il verso di proiezione.*

Non tutti i programmi fanno riferimento ad uno dei due sistemi, ma, generalmente, consentono la personalizzazione dell'interfaccia, qualora l'utente volesse riportare uno dei sistemi di codifica delle proiezioni descritti (Fig. 22).

Anche nella presentazione di tavole tecniche, non è detto che si debba utilizzare necessariamente uno di questi sistemi, ma è possibile che, in alcuni casi, le procedure automatiche di proiezione ortogonale di un modello tridimensionale, utilizzate in alcuni casi, prevedano una scelta dell'utente del sistema di proiezione europeo (EU) o americano (USA) (Fig. 23).



Fig. 22 Paolo Zaami, Telefono Sirio, proiezioni ortogonali. In questo caso l'oggetto è raffigurato in doppia proiezione. Manca la terza proiezione secondo uno dei sistemi descritti.

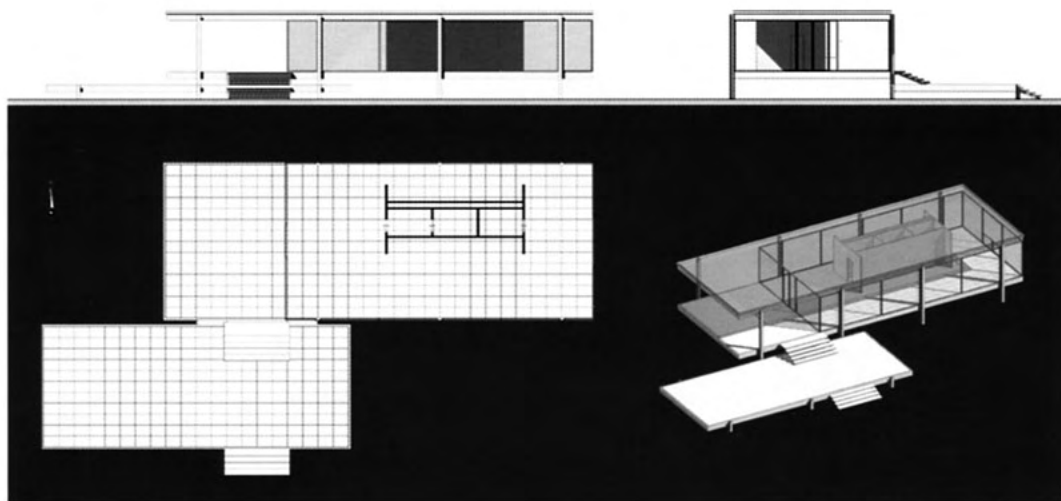
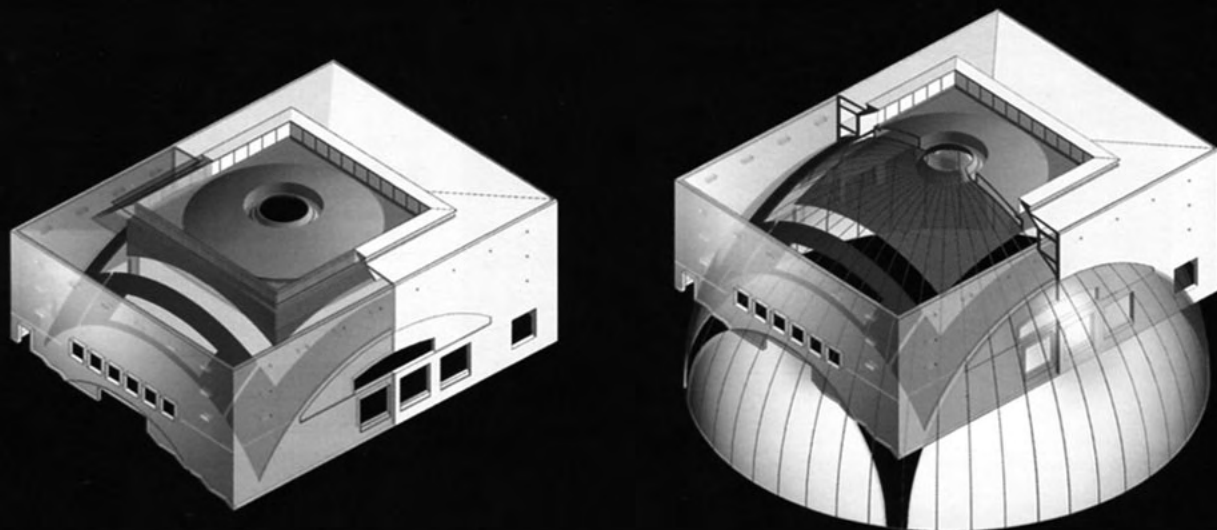


Fig. 23 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies Van der Rohe, proiezioni ortogonali secondo il sistema europeo ed assonometria inserita nel riquadro in cui si trovano, di solito le tracce del ribaltamento.





*Fabrizio Avella, Palazzo dei Congressi di J. Navarro Baldeweg, assonometrie.*

Quando il quadro è obliquo rispetto ai piani  $xy$ ,  $yz$ ,  $xz$ , e i raggi proiettanti sono ad esso perpendicolari, con centro di proiezione improprio, o se il quadro è parallelo ad uno dei piani  $xy$ ,  $yz$ ,  $xz$  ma i raggi proiettanti sono obliqui rispetto ad esso, si otterrà una vista assonometrica (Fig.16).

Quando i raggi proiettanti sono obliqui rispetto al quadro si ottiene un' *assonometria obliqua*, quando essi sono ortogonali al quadro si ottiene l' *assonometria ortogonale*<sup>9</sup>.

Quasi tutti i programmi di CAD hanno abbandonato l'assonometria obliqua, indirizzandosi verso l'uso di quella ortogonale<sup>10</sup>. Questo perchè l'algoritmo che sottende le proiezioni ortogonali e l'assonometria ortogonale è lo stesso, in quanto si basa sulla determinazione, tramite formule di trigonometria piana, dei fattori di riduzione sugli assi  $x$ ,  $y$ ,  $z$  delle coordinate di tutti i punti presenti nel modello. La condizione imposta è la perpendicolarità dei raggi proiettanti al quadro di rappresentazione, indipendentemente dalla sua giacitura.

Da un punto di vista teorico, quindi, non c'è alcuna distinzione tra proiezione ed assonometria ortogonale: in entrambi i casi, infatti, la rappresentazione è determinata secondo una condizione di ortogonalità tra quadro di rappresentazione e raggi proiettanti. Solo per comodità la nomenclatura distingue proiezioni ortogonali e assonometrie ortogonali.

Per quanto poco utilizzata, sembra comunque doveroso fare un cenno all'assonometria obliqua.

<sup>9</sup>Per una sintetica storia dell'assonometria si veda Sulle origini dell'assonometria, in M. Docci, R. Migliari, *Scienza della rappresentazione*, Roma 1992, pp. 208-215.

<sup>10</sup>“Le applicazioni CAD non dispongono invece, in genere, di una vista assonometrica obliqua, infatti quest'ultima è utile nelle applicazioni grafiche, per la sua semplicità esecutiva, ma non offre un'immagine dell'oggetto confrontabile con la percezione naturale; si tratta piuttosto di una vista convenzionale, non priva di deformazioni apparenti.” in R. Migliari, *Geometria dei modelli. Rappresentazione grafica e informatica per l'architettura e per il design*, Roma 2003, p. 96.

### 3.1 ASSONOMETRIA OBLIQUA

Quando il quadro è parallelo ad uno dei piani di riferimento  $xy$ ,  $yz$ ,  $xz$ , ma i raggi proiettanti sono ad esso obliqui si ottiene un'assonometria obliqua, consentita da pochissimi programmi.

La condizione di non perpendicolarità tra quadro e raggi proiettanti consente di riprodurre l'oggetto secondo viste assonometriche in cui le entità appartenenti ad un piano parallelo a quello di rappresentazione possono essere riprodotte in vera forma e grandezza, mentre le entità appartenenti a piani non paralleli ad esso subiscono fattori di riduzione (condizione che vale anche nelle proiezioni di Monge).

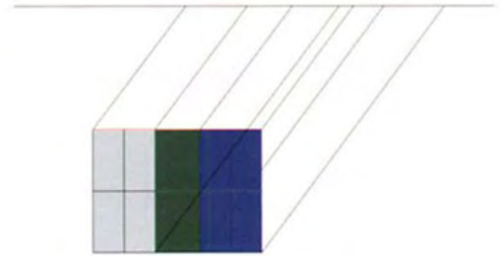
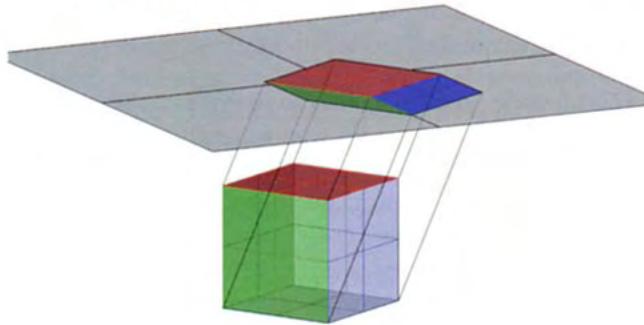
Questo tipo di rappresentazione ha una grande utilità nella costruzione manuale di un disegno assonometrico, in quanto consente di utilizzare una proiezione piana (in genere la pianta, un prospetto e più raramente una sezione) in vera forma e grandezza.

Si osservi la condizione proiettiva: il quadro assonometrico è perfettamente parallelo alla faccia orizzontale del cubo, segnata in rosso, mentre i raggi proiettanti sono obliqui. Questa condizione fa sì che tutte le entità appartenenti ai piani orizzontali siano disegnati in vera forma e grandezza. Le entità appartenenti ai piani verticali, segnati in verde ed in blu, invece, subiscono una deformazione dipendente dall'angolo d'incidenza dei raggi proiettanti sul quadro<sup>11</sup>.

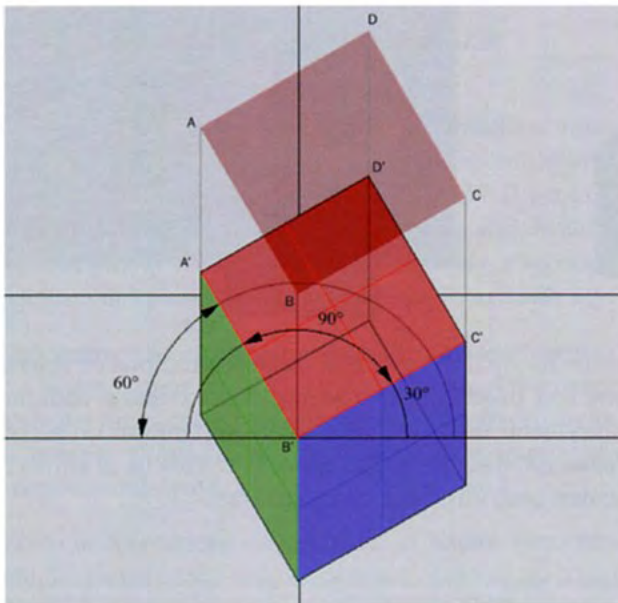
Sull'asse  $z$ , pertanto, le misure devono essere riportate con un fattore di riduzione (o di ingrandimento). Tale fattore, determinato dall'angolo di incidenza dei raggi proiettanti con il quadro assonometrico, può assumere infiniti valori. Tra gli infiniti valori del fattore di riduzione sull'asse obliquo rispetto al quadro, nel disegno manuale torna utile scegliere fattori di facile gestione (1:1:1, 1:1:1/2).

<sup>11</sup> L'assonometria riportata in figura è costruita con angoli di  $60^\circ$  e  $30^\circ$ . Va ricordato che le assonometrie con assi  $x$ ,  $y$ , inclinati di  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , sono soltanto casi particolari dettati dalla necessità di usare squadrette e tecnigrافي, ma, in effetti, tali angoli possono assumere qualsiasi valore compreso tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ .

L'assonometria obliqua con quadro assonometrico parallelo al piano orizzontale è definita *assonometria militare*<sup>12</sup>. Quando il fattore di riduzione dell'asse z è imposto pari ad 1, l'assonometria è comunemente detta monometrica (perchè, in questo caso, i fattori di riduzione sugli assi x, y, z, sono 1:1:1) (Figg. 25-26-27).



*Figg. 25, 26 Condizioni proiettive dell'assonometria militare: i raggi proiettanti sono paralleli tra loro ed obliqui rispetto al quadro di rappresentazione, la cui giacitura è parallela alla faccia orizzontale del cubo.*

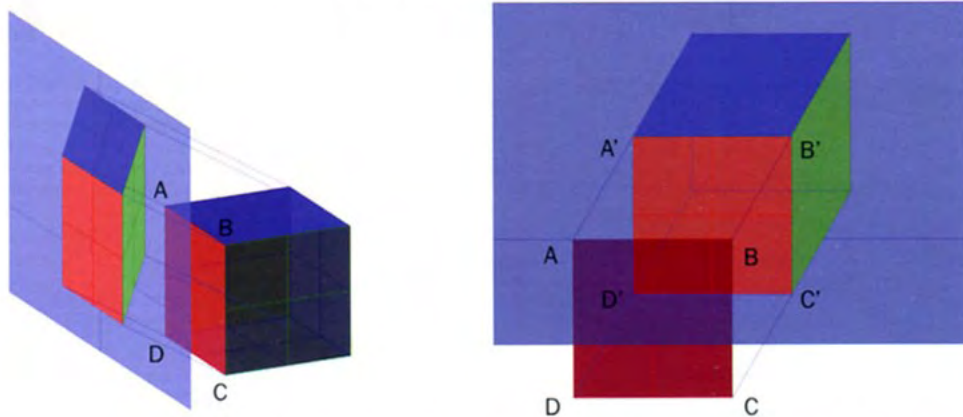


*Fig. 27 Assonometria militare. La pianta è rappresentata in vera forma e grandezza. Il fattore di riduzione delle misure sull'asse z dipende dall'inclinazione dei raggi proiettanti rispetto al quadro.*

<sup>12</sup> Il termine prende il nome dai disegni delle fortificazioni che gli architetti elaboravano per i progetti di mura difensive della città, a seguito dell'introduzione e l'uso militare, in Europa, della polvere da sparo: "L'immagine che ne deriva è analoga ad una vista dall'alto di un modello su cui è possibile compiere misurazioni e simulazioni balistiche", in D. Medati, *L'occhio sul mondo. Per una semiotica del punto di vista*, cit. p. 133.

Le considerazioni fin qui fatte sono del tutto analoghe anche nel caso in cui il quadro assonometrico è posizionato parallelamente ad uno dei piani  $xz$  o  $yz$ . In questo caso sono le entità appartenenti ai piani verticali ad esso parallelo che saranno raffigurate in vera forma e grandezza, mentre subiranno le deformazioni assonometriche le entità appartenenti agli infiniti altri piani, tra cui il piano orizzontale e quello verticale perpendicolare al quadro.

Questa condizione proiettiva (*assonometria cavalliera*) si utilizza nel momento in cui risulta essere oggetto di attenzione un prospetto o una sezione che presenta una particolare importanza, o in presenza di entità geometriche la cui generatrice piana è talmente complessa che risulta agevole rappresentarla in vera forma e grandezza (Figg. 28-29).



*Figg. 28, 29 Assonometria cavalliera. Il piano di proiezione è verticale e, normalmente, è posizionato parallelamente alla giacitura di una faccia del modello di cui si ritiene conveniente una rappresentazione in vera forma e grandezza.*

In questo modo il disegno è di facile costruzione ed interpretazione e si presta per il disegno di macchine o comunque di componenti meccanici<sup>13</sup> (mutuato soltanto in un secondo momento dal disegno architettonico), ma anche di edifici o di particolari costruttivi per l'architettura<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> "In realtà la maggiore richiesta di precisione, posta dall'incalzare dell'industrializzazione, non poteva essere soddisfatta che con l'ausilio dell'assonometria ortogonale o obliqua." In M. Scolari, *Considerazioni e aforismi sul disegno*, in «Rassegna (Rappresentazioni)», anno IV, n. 9, marzo 1982, Bologna, p. 79.

<sup>14</sup> "È indubbia l'utilità che un sistema di rappresentazione assonometrico assume nel processo di definizione della forma architettonica. La doppia funzione – di definizione metrica e di controllo del volume – gli conferisce un ruolo determinante nelle differenti fasi della progettazione. In un contesto culturale come quello modernista, in cui il linguaggio architettonico era dominato da rigide scelte stereometriche, esso non faticò a divenire lo strumento principe d'espressione degli architetti.", in D. Mediatì, *L'occhio sul mondo. Per una semiotica del punto di vista*, cit. p. 165.

L'assonometria obliqua tende ad essere abbandonata dai programmi di CAD, forse per il limite determinato dal fatto che tutto ciò che non è parallelo al quadro subisce comunque la deformazione assonometrica. Proprio il parallelismo del quadro ad una giacitura privilegiata costituisce la forza di tale metodo nel disegno manuale, ma, per un programmatore, è più "economico" sviluppare un unico algoritmo che possa andare bene per tutte quelle proiezioni che prevedono un centro di proiezione improprio, indipendentemente dalla posizione e dalla giacitura delle geometrie (piane o non piane). Lo stesso algoritmo che sottende le proiezioni ortogonali può essere, dunque, utilizzato anche per l'assonometria ortogonale, visto che la condizione proiettiva è simile per entrambi i metodi: punto di proiezione a distanza infinita e condizione di perpendicolarità tra raggi proiettanti e quadro di rappresentazione.

### 3.2 ASSONOMETRIA ORTOGONALE

Le esigenze che hanno reso utile l'utilizzo dell'assonometria obliqua non sono altrettanto forti nel disegno informatico ed, infatti, è raramente utilizzata. Questo perchè il programma calcola con facilità i rapporti di riduzione (gestiti da algoritmi trigonometrici) dell'*assonometria ortogonale*, a seconda della giacitura del piano di proiezione rispetto agli assi  $x, y, z$ <sup>15</sup>.

Per assonometria ortogonale si intende una rappresentazione in cui la condizione proiettiva è determinata dalla perpendicolarità dei raggi proiettanti, provenienti da un centro improprio, rispetto al quadro di rappresentazione, in genere obliqui rispetto al sistema di assi cartesiani in uso.

Durante la costruzione del modello si hanno innumerevoli cambi del posizionamento del punto di vista: quando si orbita si sposta il punto di osservazione intorno all'oggetto e non

<sup>15</sup> "La modellazione informatica ripropone, nelle sue viste, la tecnica e le caratteristiche proiettive della assonometria ortogonale. Nel CAD, infatti, i punti dello spazio hanno una rappresentazione squisitamente numerica e tutte le rappresentazioni comunemente usate sono proiezioni parallele ortogonali." in R. Migliari, *Geometria dei modelli. Rappresentazione grafica e informatica per l'architettura e per il design*, cit. p. 96.

Un ulteriore parametro necessario a determinare l'esito della rappresentazione è relativo alla distanza del punto di vista dal quadro. Nelle proiezioni ortogonali è posto a distanza infinita, ed ovviamente non è visibile nella scena.

Non si sceglie, dunque, direttamente la posizione del punto di vista, come si fa per la rappresentazione prospettica, ma la sua posizione resta univocamente determinata, indirettamente, dalla scelta dell'inclinazione dell'asse visivo sul piano  $xy$  (*angolo azimutale*) e rispetto ad esso (*angolo zenitale*).

Quando si cambia punto di vista e si passa ad una vista assonometrica, se non si attua la funzione *pan*<sup>16</sup>, il punto di coordinate  $O(0,0,0)$  sarà visualizzato perfettamente al centro della vista, cioè nel punto d'incontro delle diagonali della porzione di schermo occupata dalla finestra del programma (Figg. 32-33).



Molti programmi hanno già memorizzate delle viste assonometriche di default, impostate in modo tale da ottenere *viste isometriche*, cioè i cui fattori di riduzione sono uguali sui tre assi assonometrici. Per ottenere queste viste bisogna imporre alla direzione dei raggi proiettanti un angolo pari alla bisettrice dei quattro quadranti, quindi angoli azimutali di  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $315^\circ$ , ed angoli zenitali pari a  $35.2644^\circ$ . Alcuni programmi fanno corrispondere al sistema di assi cartesiani un riferimento al sistema geodetico, in cui la porzione positiva

Figg. 32, 33 Visualizzazione di finestre con viste assonometriche. L'origine è visualizzata al centro della finestra di visualizzazione.

<sup>16</sup> Per *pan* si intende la funzione di traslazione della vista. Non cambiando le condizioni proiettive, si sposta l'area di visualizzazione.

dell'asse y corrisponde al nord, quella positiva dell'asse x ad est e così via. In questo caso dette viste assonometriche sono denominate NE, SE, SO, NO assonometrici<sup>17</sup> (Fig. 34).

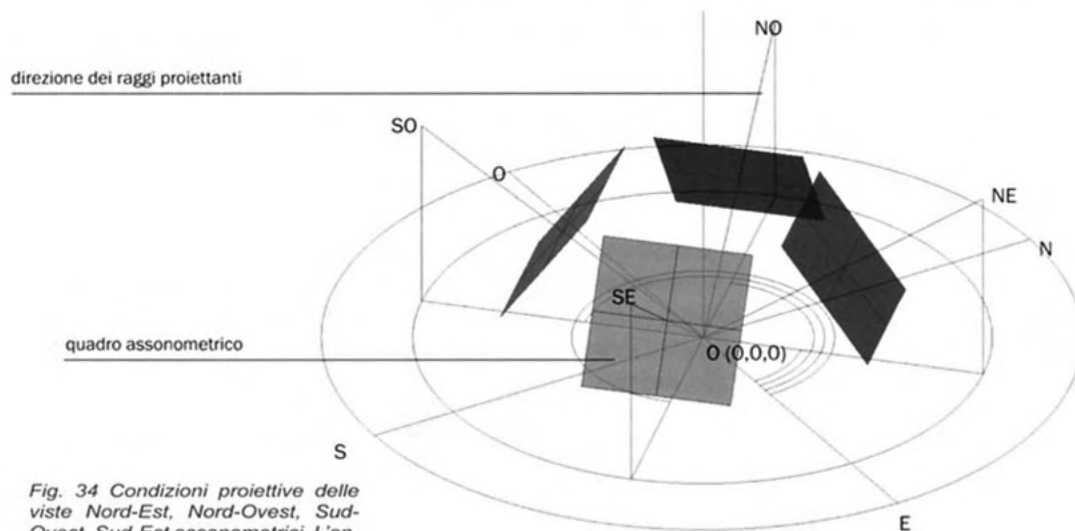


Fig. 34 Condizioni proiettive delle viste Nord-Est, Nord-Ovest, Sud-Ovest, Sud-Est assonometrici. L'angolo azimutale è di 45°(NE), 135°(NO), 225°(SO), 315°(SE), quello zenitale è sempre di 35.2644°.

La relazione biunivoca tra quadro di rappresentazione e raggi proiettanti, caratterizzata, come si è detto, dalla loro perpendicolarità, fa sì che, una volta determinato l'asse visivo, si determina univocamente la posizione del quadro e, di conseguenza, l'esito proiettivo (Figg. 35-36-37).

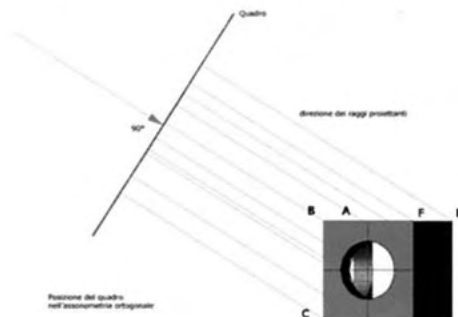


Fig. 35 Schema proiettivo dell'assonometria ortogonale: i raggi proiettanti sono perpendicolari al quadro, che, invece, è obliquo rispetto all'oggetto.

<sup>17</sup> In ambiente CAD le viste sono quasi sempre trimetriche, cioè con fattori di riduzione differenti sui tre assi, raramente dimetriche, con fattori di riduzione uguali su due assi e differente sul terzo, e soltanto in questi casi particolari isometriche, cioè con fattori di riduzione sugli assi uguali tra loro ed i tre angoli degli assi assonometrici pari a 120°.





Fig. 36 Assonometria ortogonale di un solido.

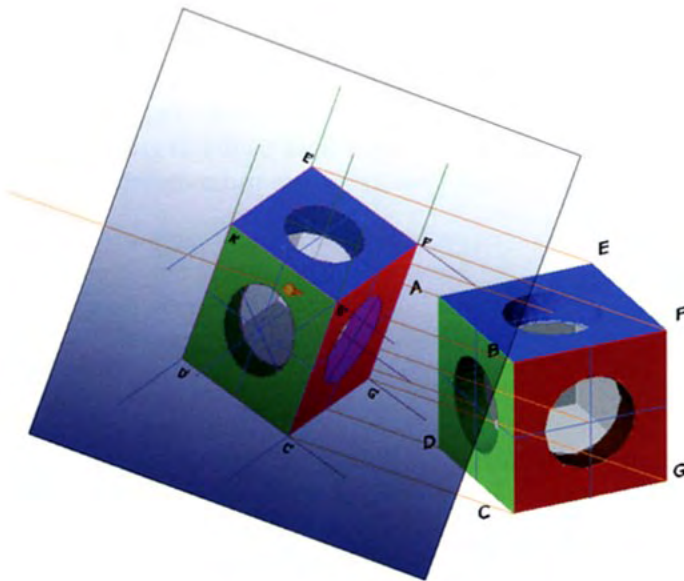


Fig. 37 Condizioni proiettive della vista assonometrica.

Durante la sessione di lavoro il problema dei fattori di riduzione sugli assi assonometrici è trascurabile poiché l'utente cambia molto spesso il punto di vista senza soffermarsi sul valore di tali fattori. Può, inoltre, chiedere informazioni su misure di distanze tra punti, lunghezza di vettori, ampiezza di angoli direttamente sul modello, senza curarsi affatto dei fattori di riduzione che, in quel preciso istante, determinano le condizioni proiettive della visualizzazione assonometrica presente sullo schermo.

Qualche problema può nascere dalla interpretazione di una stampa di un disegno assonometrico di cui non si conoscono i fattori di riduzione. Può essere una buona abitudine rappresentare le unità di misura sui tre assi oppure quotare l'oggetto sui vari piani (operazione contestata dai puristi del disegno ma che un buon falegname adopererebbe con efficacia per avere un controllo dimensionale in fase di lavorazione).

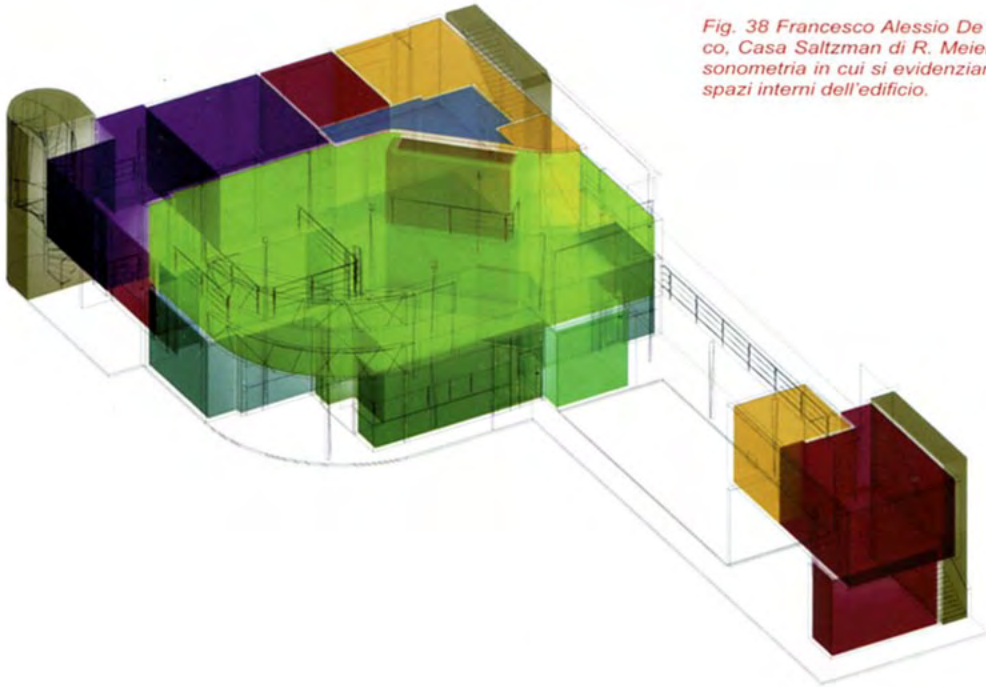
A questo si aggiunga che, in fase realizzativa, nel caso soprattutto del design, dal modello digitale si estraggono informazioni che sono direttamente trasmesse (previa opportuna elaborazione) a macchine a controllo numerico<sup>18</sup> che realizzano, secondo varie procedure dipendenti dalle finalità, direttamente l'oggetto o il suo relativo stampo.

La vista assonometrica, dunque, non ha la funzione di far capire all'artigiano la forma e le dimensioni dell'oggetto (operazione per cui l'assonometria obliqua risulta di grande aiuto) ma serve soltanto alla visualizzazione tridimensionale.

La vista assonometrica non ha valenze di simulazione percettiva, in quanto presuppone il posizionamento del punto di vista a distanza infinita. Consente però una vista tridimensionale dell'oggetto e questo le attribuisce una notevole efficacia nella descrizione di aspetti tecnici.

Nel caso del disegno architettonico consente, per esempio di visualizzare rapporti spaziali e volumetrici non percepibili da una vista in proiezione ortogonale o prospettica (Figg. 38-39).

<sup>18</sup>Le tipologie possono essere: macchine CAM, che lavorano tramite frese su legno, pietra o altri materiali, e CNC, che utilizzano processi di accrescimento di strati polimerici.



*Fig. 38 Francesco Alessio De Marco, Casa Saltzman di R. Meier, assonometria in cui si evidenziano gli spazi interni dell'edificio.*



*Fig. 39 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe, assonometria. Il disegno assonometrico consente una visualizzazione "distaccata" e lucida dell'architettura.*



Fig. 40 Emanuele Cascone, accendino Bic, esploso assonometrico. La direzione prevalente per la traslazione degli elementi è quella verticale.

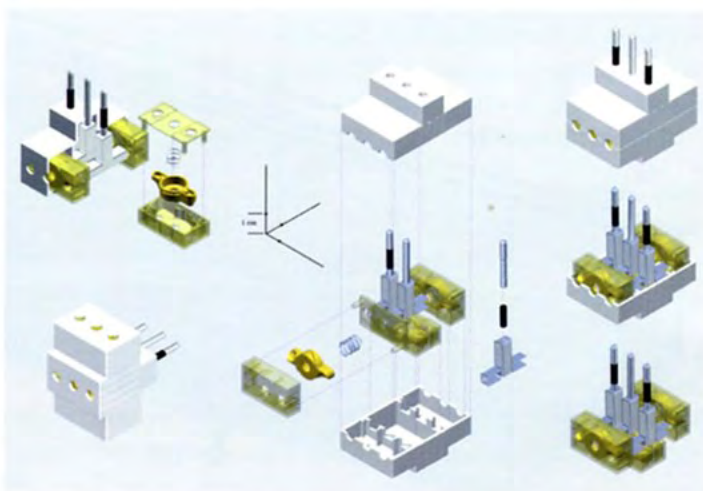
Fig. 41 Emilio Anastasi, tripla presa, esploso assonometrico. In questo caso la traslazione degli elementi avviene lungo due direzioni e consente la visibilità delle relazioni tra scocca e componenti interni.

## ESPLOSO ASSONOMETRICO

Per accentuare la valenza tecnica del disegno assonometrico si ricorre, talvolta, ad un espediente: si scompone l'oggetto nei suoi componenti e si impone loro una traslazione lungo vettori retti paralleli agli assi cartesiani (Fig. 40).

In questo modo è possibile cogliere le relazioni di posizionamento tra le parti, nonché le relazioni che intercorrono tra involucro ed elementi interni. Il metodo si definisce *esploso assonometrico* e si presta con grande efficacia nella descrizioni di componenti meccaniche, o in tutti quei casi in cui è indispensabile comprendere il reciproco posizionamento di singoli componenti, al fine di controllare il processo aggregativo<sup>19</sup>. I disegni riportati mostrano chiaramente come tale metodo di rappresentazione consenta di vedere la successione dei componenti nel loro assemblaggio sia lungo gli assi verticali che lungo gli assi orizzontali.

Può essere utile, per esempio, comprendere le relazioni formali e dimensionali che si instaurano tra la componentistica e la scocca di un oggetto (Figg. 41-42-43).



<sup>19</sup> Non è un caso che proprio tale metodo di proiezione sia spesso utilizzato nei foglietti illustrativi che accompagnano elettrodomestici, mobili in kit di assemblaggio, scatole di modellismo.

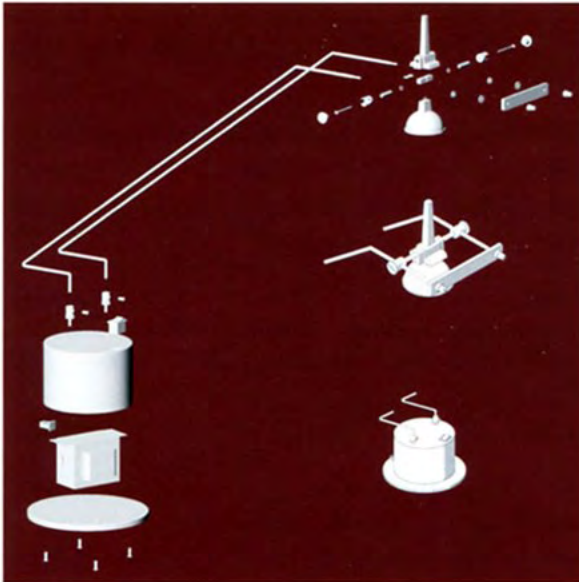


Fig. 42 Giovanni Azzolina, lampada da tavolo, esploso assometrico. I componenti sono traslati lungo tre direzioni.



Fig. 43 Emilio Anastasi, joypad, esploso assometrico.

Proprio per questo motivo l'assonometria esplosa è particolarmente indicata nel disegno di oggetti e nella descrizione di aspetti tecnici.

Si desume, in disegni di alta capacità di sintesi, quanto la forma di un oggetto sia, in realtà, il risultato di un processo che deve valutare aspetti non soltanto estetici o espressivi ma anche tecnici e realizzativi.

Per "esplodere" un'assonometria bisogna traslare lungo gli assi i componenti del modello. La traslazione può avvenire lungo tutti e tre gli assi ed è buona norma fare in modo che gli elementi antistanti non coprano, del tutto o parzialmente, gli elementi retrostanti.

Può essere utile, in alcuni casi, adoperare una convenzione grafica grazie alla quale si evidenziano i vettori di spostamento, preferibilmente con segmenti tratteggiati o con tratto continuo ma estremamente sottile.

Il metodo è utilizzabile anche per il disegno architettonico: nel caso di casa Farnsworth, ad esempio, l'esplosa assonometrica evidenzia come la logica progettuale dell'edificio sia fondata su un processo aggregativo di elementi costruttivi: solai, pilastri, vetrate, tramezzature si accostano in una precisa combinazione tridimensionale in modo da comporre la forma complessiva dell'edificio (Fig. 44).

Nel disegno di architettura la valenza poco mimetica dell'esplosa assonometrica è evidente e colloca tale metodo di rappresentazione su un piano molto astratto: l'uomo è totalmente estraneo alla scena e guarda l'oggetto con occhio distaccato. Coglie con precisione valenze costruttive o logiche di aggregazione ma non fa parte dello spazio, non lo osserva dall'interno<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> "Come la macchina, l'assonometria è fredda, inadeguata alla figura umana, rinvia la nostra simpatia alla promessa di una sicura esecuzione, ma non ci fa sostare." In M. Scolari, *Considerazioni e aforismi sul disegno*, cit. p. 81.

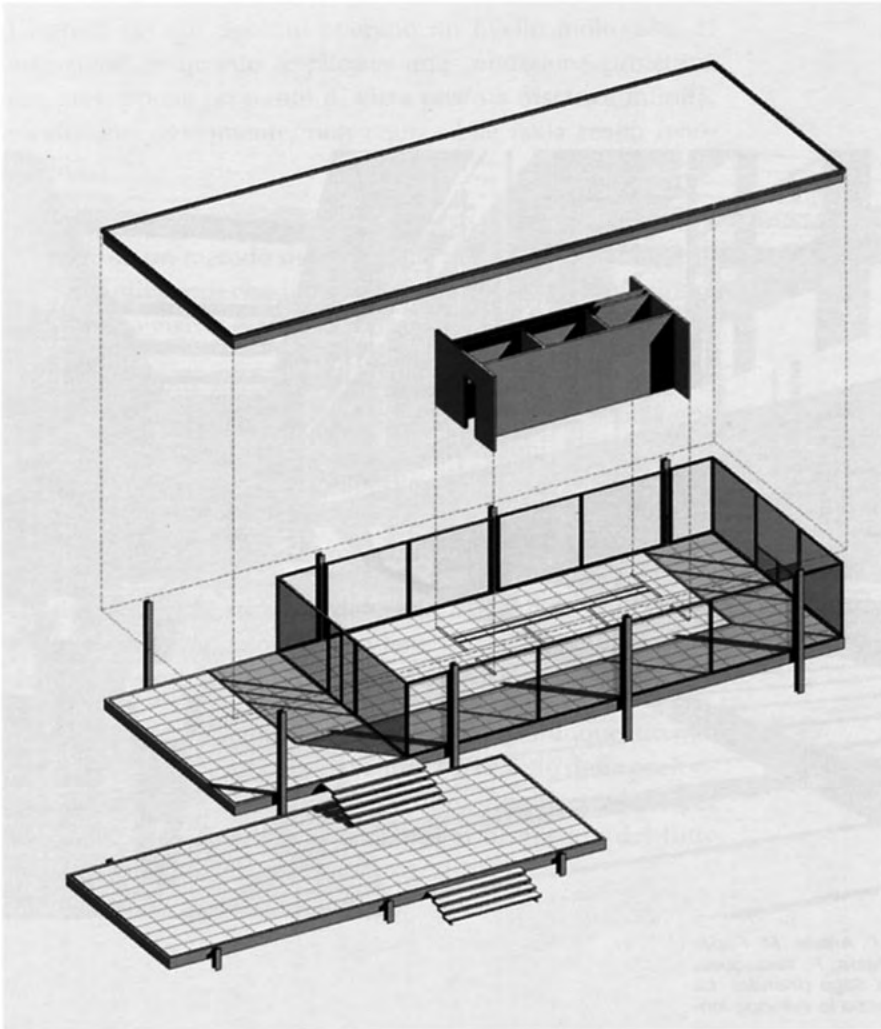
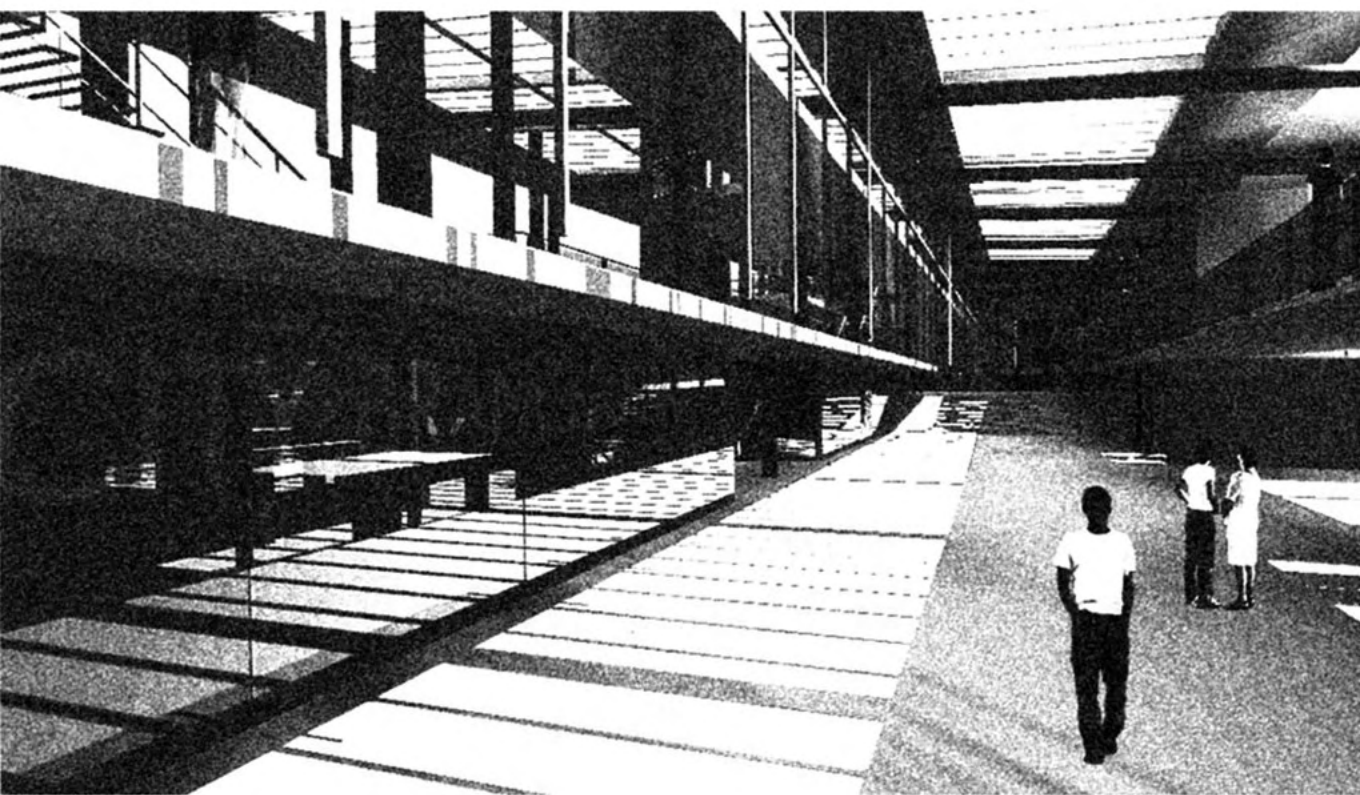


Fig. 44 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe, assonometria. L'impiego dell'esploso assonometrico nel disegno di architettura consente di visualizzare gli elementi costruttivi e le loro relazioni.



*F. Avella, G. Acciari, F. Anello, M. Federico, A. Orlando, E. Reina, P. Velasquez, Centro commerciale a Sligo (Irlanda). La vista prospettica evidenzia lo sviluppo longitudinale dell'edificio.*



I metodi sin qui descritti operano un livello molto alto di astrazione, in quanto implicano una condizione proiettiva che presuppone un punto di vista posto a distanza infinita, condizione, ovviamente, non realizzabile nella realtà fenomenica.

Per avere una simulazione del processo percettivo ci si deve spostare su un metodo di proiezione che, pur con le inevitabili limitazioni che il disegno impone, cerca di simulare l'esperienza visiva: si tratta della *prospettiva*.

Si parla di simulazione del processo percettivo in quanto, rispetto al meccanismo della visione, la rappresentazione prospettica opera una serie di semplificazioni. Innanzi tutto proietta l'immagine su una superficie piana, mentre le immagini che il nostro occhio manda al cervello, tramite il nervo ottico, sono proiettate sulla retina, che è curva<sup>21</sup>.

Un'altra semplificazione è determinata dall'utilizzo di un punto di vista singolo, monoculare, differente, ovviamente, dalla vista stereoscopica ottenuta dalla visione binoculare.

A meno di queste semplificazioni, risulta, comunque, un metodo di proiezione efficace per simulare l'effetto della profondità dello spazio. Il metodo è, peraltro, familiare anche per un occhio non esperto e non dedito al disegno, e del tutto analogo a quello del processo fotografico.

<sup>21</sup> "Infine essa [la costruzione prospettica, NdA] trascura il fatto importantissimo che in questa immagine retinica [...] queste forme sono proiettate non su una superficie piana bensì su una superficie concava." In E. Panofsky, *La prospettiva come forma simbolica*, Milano 1995, p. 41.

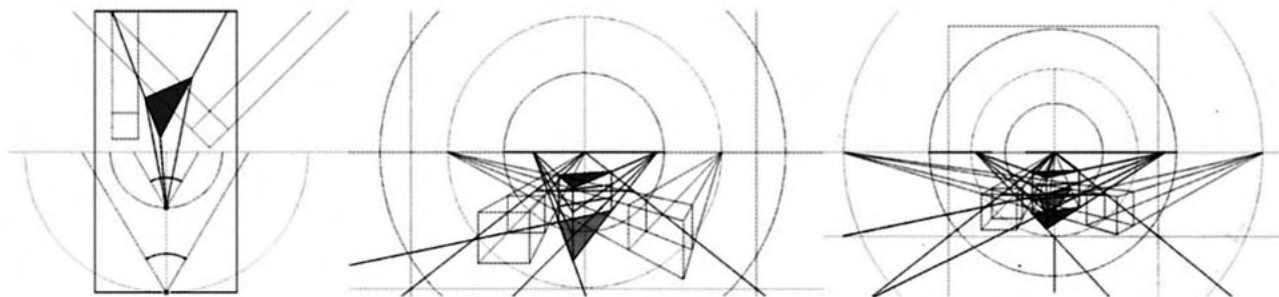
## IMPOSTAZIONE DEL PUNTO DI VISTA E DEL QUADRO PROSPETTICO

L'analogia con il processo fotografico è il motivo per cui capita, spesso, di trovare in programmi di modellazione e visualizzazione informatica un'icona che raffigura una macchina da presa: attivandone la funzione sarà richiesto all'utente di inserire l'apparecchio fotografico in scena e di indicare un *punto di vista* e un *target*, cioè il punto verso cui si guarda. Quest'operazione, in effetti, serve a definire quei parametri necessari ad ottenere una rappresentazione prospettica.

Inserire un apparecchio fotografico in scena vuol dire, infatti, definire univocamente la posizione del punto di vista (*centro di proiezione*), ma non è sufficiente a definire altrettanto univocamente la vista prospettica: posizionando il nostro occhio in un punto preciso, infatti, abbiamo la possibilità di guardare in infinite direzioni. Bisogna, dunque, determinare anche la direzione ed il verso dell'asse visivo: capire, cioè, verso dove guardiamo. Questa ulteriore operazione è spesso simulata definendo il *target* (punto di mira). Il posizionamento del punto di mira determina la definizione dell'asse visivo principale e il posizionamento del *quadro di rappresentazione* (definibile, in questo caso, *quadro prospettico*).

Quando si costruisce una prospettiva a mano, oltre a posizionare il punto di vista e a definire il verso dell'asse visivo, si inserisce un parametro di controllo fondamentale: la distanza del punto di vista dal quadro (Figg. 46-47-48).

*Figg. 46 - 47 - 48 Cambiamento della vista prospettica al variare della distanza del punto di vista dal quadro. Nella pianta sono visibili i cerchi di distanza e le proiezioni dei cosiddetti coni ottici, dicitura non sempre condivisa, che indicano la porzione visiva entro cui il disegno prospettico non presenta aberrazioni.*



Il parametro della distanza è fondamentale ai fini della determinazione della vista prospettica. Si osservi come, al variare della distanza del punto di vista dal quadro, cambia notevolmente la rappresentazione dei prismi. Il parametro è, inoltre, fondamentale, ai fini della corretta rappresentazione degli oggetti nel campo visivo determinato dall'intersezione del cono ottico con il quadro.

Non è superfluo precisare che variare la distanza del centro di proiezione dal quadro determina cambiamenti prospettici differenti da quelli che si determinano da un semplice ingrandimento o rimpicciolimento.

A tale proposito si consideri che, mentre per la definizione di punto di vista e di mira quasi tutti i programmi usano procedure chiare, per la determinazione della distanza dal quadro possono nascere equivoci. Tra i parametri a disposizione vi sono, infatti, sia uno scorrimento (*scroll*) del punto di vista, sia uno *zoom*.

È proprio tale compresenza a generare equivoci perché a monitor gli effetti delle due operazioni sembrano simili. In effetti, scorrere lungo l'asse visivo principale significa realmente allontanare o avvicinare il punto di vista dal quadro, mentre operare uno zoom potrebbe significare soltanto ingrandire una parte della vista senza alterare la posizione del punto di osservazione o del quadro.

L'effetto non è il medesimo in tutti i programmi: quando il programma, nel simulare lo zoom, proietta l'immagine su una superficie che si distanzia realmente dal punto di vista, altera il parametro della distanza e, dunque, non è semplicemente un ingrandimento o un rimpicciolimento dell'immagine.

Nelle prospettive disegnate a mano, per evitare le cosiddette aberrazioni prospettiche<sup>22</sup>, bisogna fare in modo che il disegno riproduca soltanto quello che rientra in un campo visivo compreso in un angolo diedro di circa 60 gradi. Quello che è

<sup>22</sup> "Nascono le cosiddette aberrazioni marginali, ben note a ciascuno di noi dalle fotografie, e che appunto contraddistinguono l'immagine prospettica rispetto all'immagine retinica." In E. Panofsky, *La prospettiva come forma simbolica*, Milano 1995, p. 41.

esterno rispetto a tale *cono ottico* risulta molto aberrato, mentre quella porzione circolare del quadro definita dalla sua intersezione con questo cono determina una rappresentazione gradevole all'occhio<sup>23</sup>.

Nelle immagini che seguono si osservano i vari parametri che determinano la vista prospettica: il quadro è obliquo rispetto all'andamento del perimetro dell'edificio, con un'inclinazione che avrebbe consentito una definizione di prospettiva accidentale, secondo la nomenclatura tradizionale<sup>24</sup>; il punto di vista è posizionato ad una distanza tale da contenere all'interno del cono ottico la porzione dell'edificio che si sviluppa sopra la piattaforma a quota leggermente superiore.

Si dimostrerà come il posizionamento del punto di vista e del punto di osservazione saranno scelte determinanti ai fini di una corretta rappresentazione prospettica.

Nello schema planimetrico è evidenziata in bianco la porzione dell'edificio che sarà rappresentata all'interno del cono ottico (Fig.49).

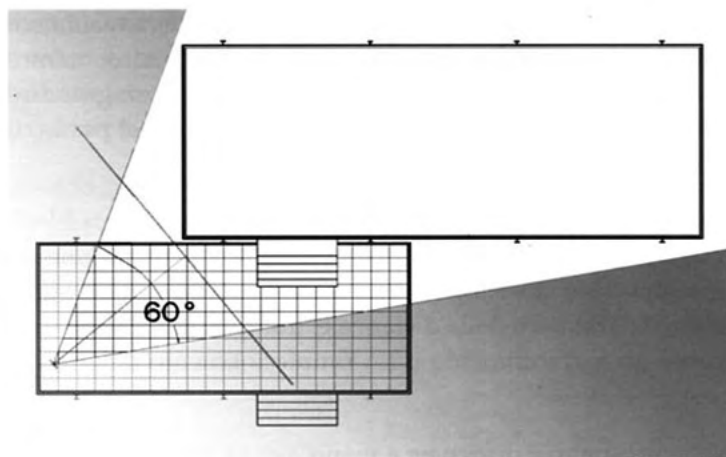
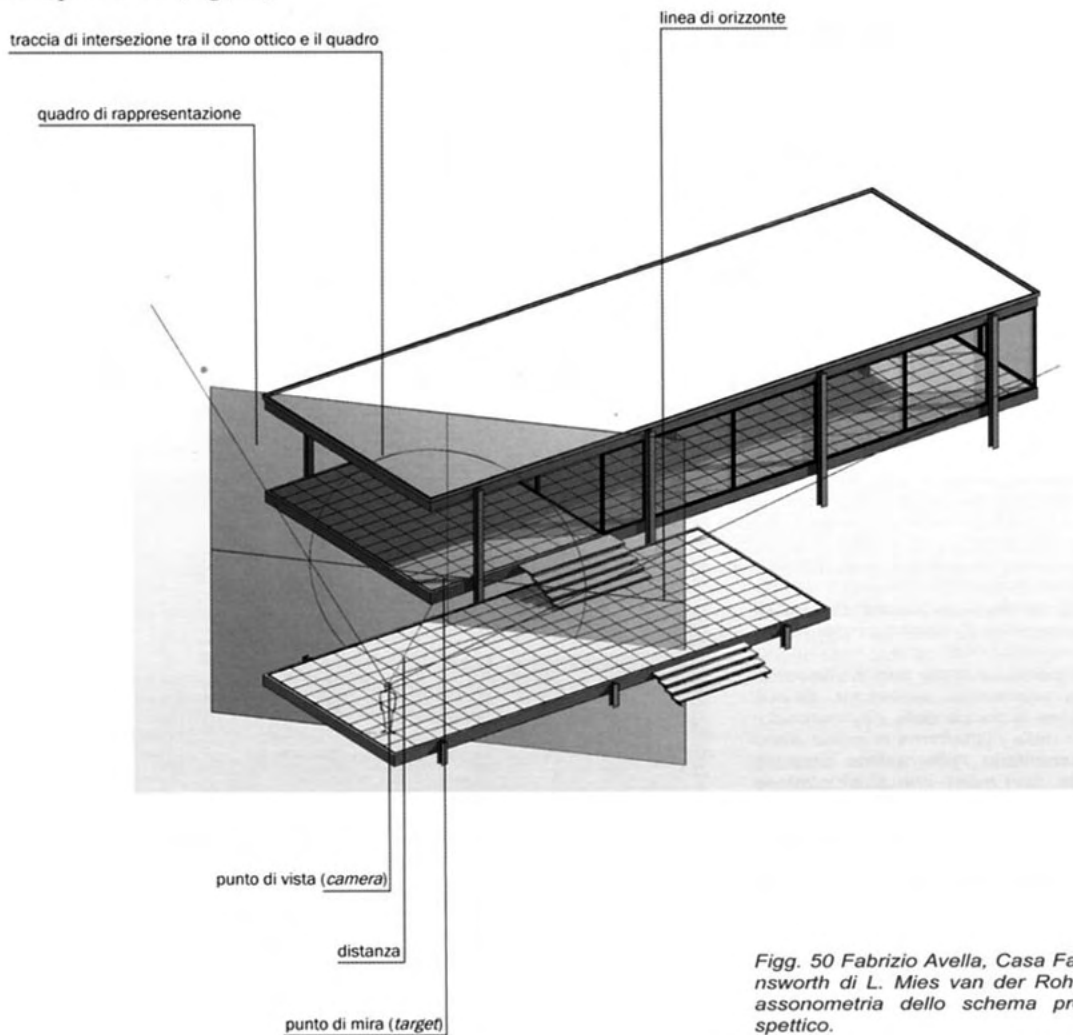


Fig. 49 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe, pianta dello schema prospettico: il volume principale rientra all'interno del cono ottico.

<sup>23</sup> In realtà questa regola non è supportata da teoremi o dimostrazioni ed è desunta empiricamente. Si è deciso, però, di riportarla perchè può risultare un comodo ausilio pratico nella fase di costruzione di una vista prospettica.

<sup>24</sup> In questa trattazione non si fa distinzione tra prospettiva centrale e prospettiva accidentale, in quanto la si ritiene fuorviante: l'esito della rappresentazione prospettica deriva dal posizionamento del quadro rispetto alla giacitura degli oggetti del modello. Una prospettiva presenta sempre infiniti punti di fuga.

Sul quadro prospettico blu-arancio, riportato nel disegno assonometrico, è disegnata la circonferenza di intersezione tra il cono ottico e il quadro stesso. Tutto ciò che è contenuto all'interno della circonferenza sarà rappresentato senza aberrazione periferica (Fig. 50).



Figg. 50 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe, assonometria dello schema prospettico.

Oltre questo limite le rette, che convergono verso i punti di fuga, cominciano ad assumere direzioni che, man mano che ci si allontana dalla circonferenza, in blu nel quadro prospettico, tendono a dare un'immagine sempre più aberrata della prospettiva<sup>25</sup>.

La prospettiva che si ottiene con questi parametri è quella che si osserva in fig. 51 in cui la porzione che è compresa all'interno del cono ottico è quella riportata nel cerchio.

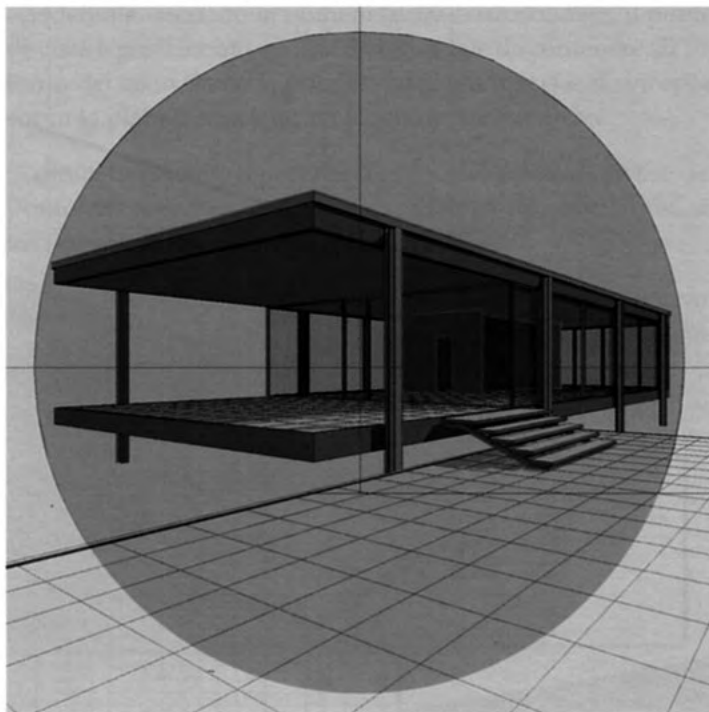


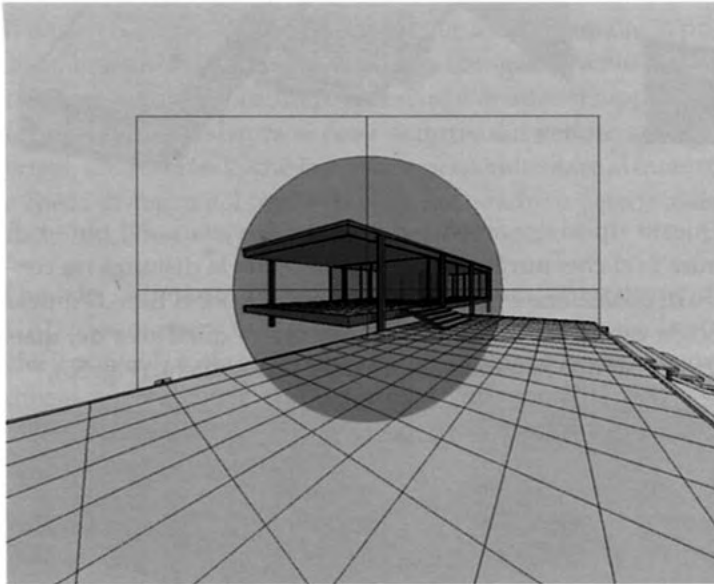
Fig. 51 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe, prospettiva. Il cerchio blu indica la porzione in cui non si riscontrano aberrazioni periferiche. Si noti come le tracce della pavimentazione della piattaforma in primo piano aumentano l'aberrazione prospettica man mano che si allontanano dall'area del quadro marcata con il cerchio blu.

Uno degli errori più comuni nell'impostazione di una vista prospettica è dato da un uso poco controllato dello zoom per aumentare la porzione visibile dell'edificio.

Nel caso in esame, per esempio, la piattaforma su cui è posto l'osservatore non è interamente visibile nella prospettiva. Diminuendo fortemente lo zoom si allarga la porzione visibile

<sup>25</sup> "Perciò esse [le aberrazioni marginali, NdA] assumono un rilievo maggiore quanto maggiore è l'angolo visivo complessivo, oppure, ed è lo stesso, quanto minore è la distanza rispetto alla grandezza dell'immagine" In E. Panofsky, La prospettiva come forma simbolica, cit. p. 41.

ma il risultato ottenuto è pessimo: in figura 52 è raffigurata una prospettiva con gli stessi parametri di quella precedente, ma con uno zoom portato a valori molto bassi. Si osserva con chiarezza che aver diminuito lo zoom ha fatto in modo di includere una porzione maggiore della piattaforma nella vista prospettica, ma la prospettiva è fortemente aberrata, in quanto sono visibili elementi addirittura molto antistanti al quadro di rappresentazione<sup>26</sup> (Fig. 52).



*Fig. 52 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe, prospettiva. Diminuendo il fattore di zoom si ottiene quest'effetto; il cerchio blu (intersezione del cono ottico con il quadro) indica la porzione in cui non si riscontrano aberrazioni periferiche. L'effetto di aberrazione prospettica della pavimentazione in primo piano è ancora più accentuato.*

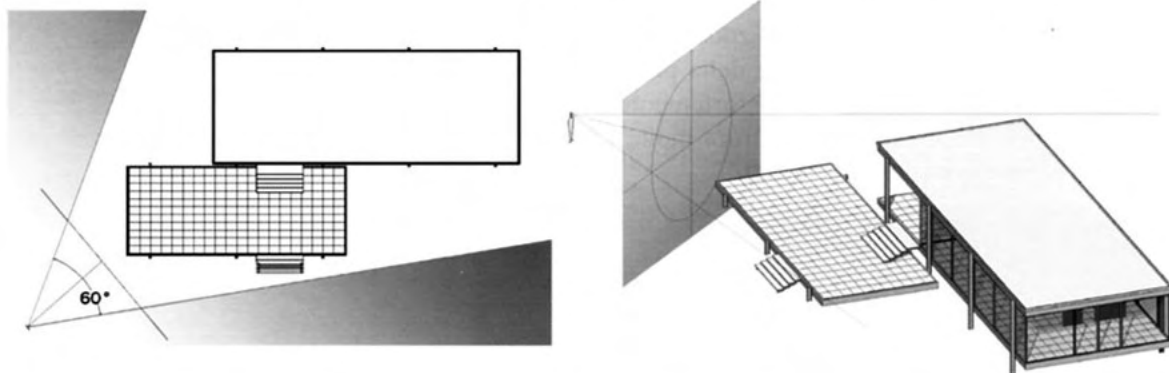
L'effetto è decisamente sgradevole e, oltre a forzare le regole necessarie alla costruzione di una corretta vista prospettica, dà una percezione errata dello spazio e dei volumi.

Un modo semplice ed efficace per ovviare al problema della visibilità sul quadro degli oggetti è quello di arretrare il punto di vista ed il quadro. In questo modo il cono ottico comprenderà quelle porzioni di edificio che nella precedente prospettiva rimanevano all'esterno, con conseguente aberrazione.

Se si arretra il punto di vista facendolo scorrere lungo la direzione dell'asse visivo si otterrà l'effetto cercato. Il posizionamento del quadro determina una diversa vista prospettica,

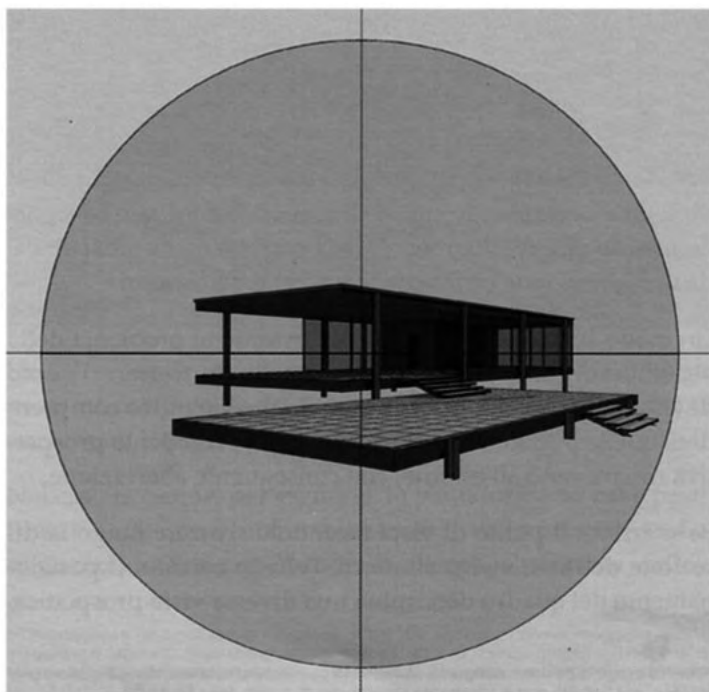
<sup>26</sup> Anche in figura 51 sono raffigurati elementi di pavimentazione antistanti il quadro prospettico, ma l'effetto non è altrettanto sgradevole di quello della figura 52.

ma l'edificio è comunque compreso nel cono ottico, come è visibile nello schema planimetrico (Figg. 53-54).



*Figg. 53, 54 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe. Arretramento del quadro e relativo cono ottico.*

Questo riposizionamento del punto di vista e del punto di mira fa sì che, pur mantenendo inalterata la distanza tra centro di proiezione e quadro di rappresentazione, tutto l'edificio possa essere rappresentato all'interno di quell'area del quadro in cui non si hanno aberrazioni prospettiche (Fig. 55).



*Fig. 55 Fabrizio Avella, Casa Farnsworth di L. Mies van der Rohe, prospettiva. Arretrando la posizione del quadro tutto l'edificio è rappresentato all'interno del cono ottico e non risultano aberrazioni prospettiche.*



Il processo può essere facilmente controllato posizionando la camera nel punto di vista e il target nel punto di mira, intesi come estremi di un vettore retto inserito in scena.

### ***INCLINAZIONE DEL QUADRO DI RAPPRESENTAZIONE***

Il posizionamento del target determina, indirettamente, il posizionamento del quadro prospettico: i programmi più diffusi non consentono, infatti, di posizionare il quadro di rappresentazione; la sua giacitura si deve dedurre dal vettore camera-target, considerando che tale asse è perpendicolare al quadro e che la distanza del punto di vista dal quadro è determinata dalla distanza della camera dal punto di vista.

Quando si imposta una prospettiva con un programma di CAD, per ottenere una prospettiva a quadro verticale, basta che il punto di vista ed il punto di mira abbiano la stessa coordinata  $z$ , condizione che determina l'orizzontalità dell'asse visivo principale e, di conseguenza, la verticalità del quadro di rappresentazione.

Un asse retto e parallelo al piano orizzontale determina, dunque, un quadro di proiezione perfettamente verticale, mentre un asse obliquo determina una prospettiva che nella nomenclatura tradizionale è definita a quadro inclinato. Spesso le prospettive ricavate da un modello digitale non mantengono l'ortogonalità del quadro di rappresentazione rispetto al piano di terra. In questo modo le prospettive sono a quadro inclinato anche quando non è necessario.

Se l'inclinazione del quadro è indispensabile, ad esempio, nella rappresentazione di un grattacielo visto dal basso, non è detto che lo sia per rappresentare un edificio ad un piano, o comunque con marcata orizzontalità, o un oggetto posato su un tavolo.

Le prospettive a quadro verticale erano più diffuse quando erano costruite a mano, in quanto più semplici da realizzare rispetto a quelle a quadro inclinato, mentre sono, paradossal-

mente, meno immediate in ambiente informatico, perché in genere non si riflette molto sul posizionamento del quadro, ma si cerca di controllare intuitivamente la vista prospettica tramite le funzioni orbita, scroll e zoom, incuranti della correttezza della costruzione prospettica.

È anche vero che nella realtà difficilmente il nostro asse visivo è perfettamente orizzontale, ma il fascino delle prospettive a quadro verticale forse è dato proprio dall'astrazione di questa particolarissima condizione. Consentono, inoltre, un diretto riconoscimento della condizione di verticalità, rendendo facilmente riconoscibili quegli elementi che si discostano da tale condizione.

La prospettiva a quadro verticale rispetta, inoltre, una condizione naturale molto forte: la perpendicolarità dell'asse del corpo umano rispetto alla terra e la conseguente orizzontalità dell'asse visivo (Fig. 56).

Forse la chiarezza delle prospettive a quadro verticale è data anche dalla familiarità acquisita inconsapevolmente con le innumerevoli viste prospettiche prodotte per il disegno di architettura, a partire dal Rinascimento, che utilizzano proprio tale metodo.

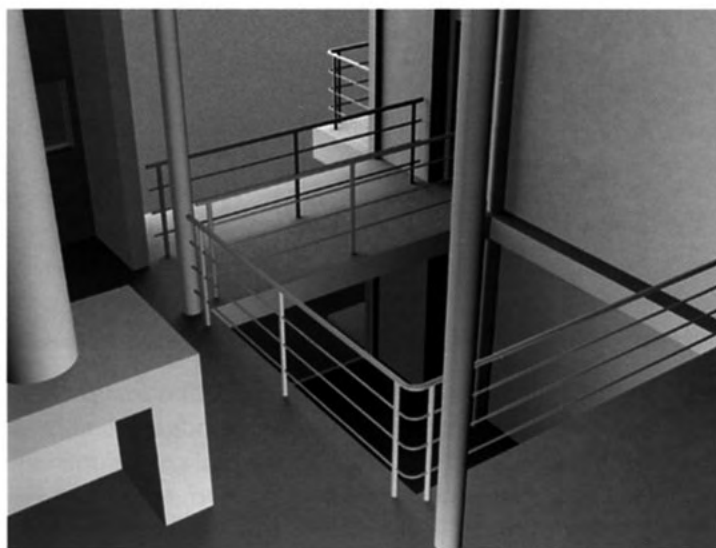
Ci sono, in effetti, casi in cui l'inclinazione del quadro di rappresentazione risulta indispensabile, come nel caso della vista prospettica di un interno di casa Saltzman, in cui proprio l'inclinazione dell'asse visivo consente di apprezzare la verticalità dello spazio interno articolato con doppie altezze da Richard Meier (Fig. 57).

Bisogna, dunque, scegliere come impostare i parametri della prospettiva affinché il disegno risulti corretto non soltanto per quanto riguarda il rispetto delle regole proiettive, ma anche per quanto riguarda le finalità espressive della vista prospettica a cui si rimanda il ruolo di simulazione spaziale e volumetrica<sup>27</sup>.

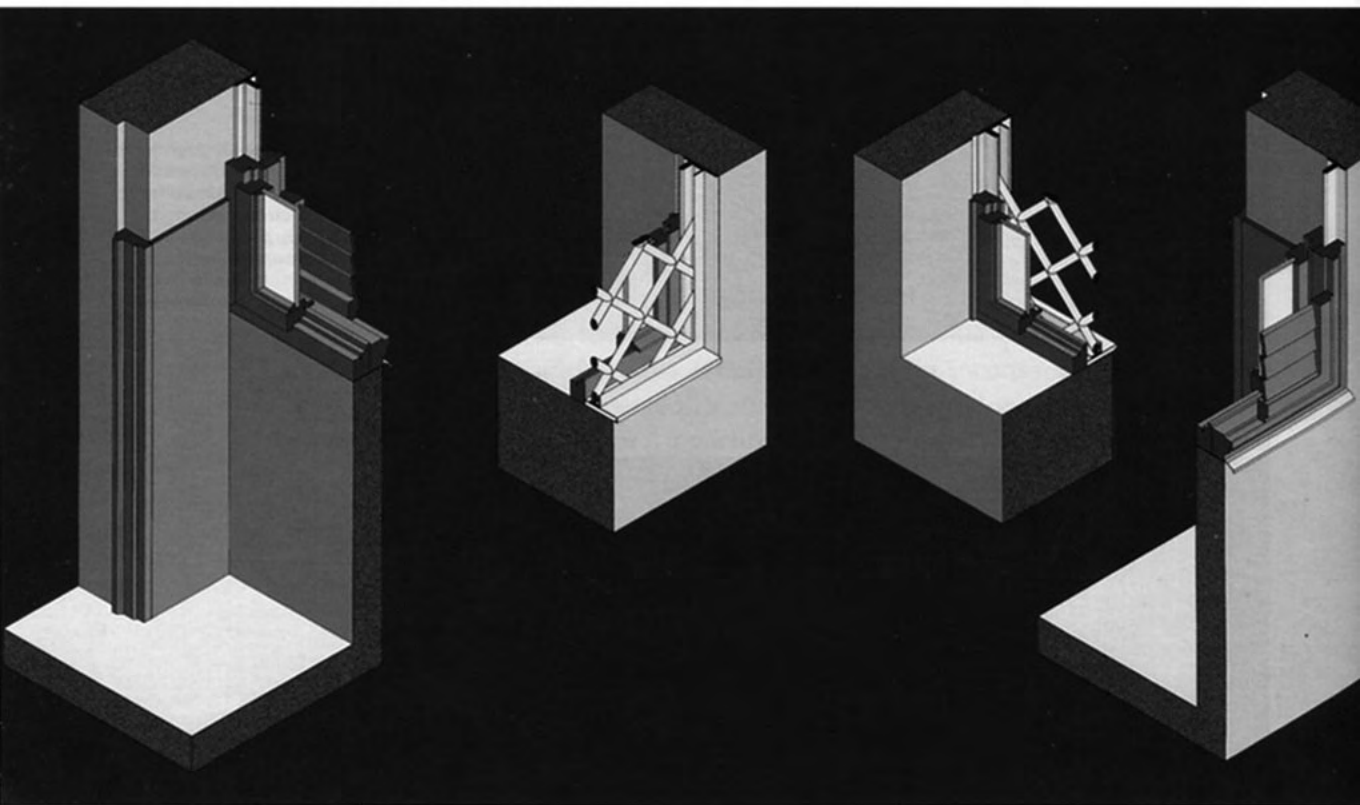
<sup>27</sup> "Nel carattere strettamente individuale che sottende, è la scelta del punto di vista della rappresentazione, allora, che determina il livello di qualità per l'esperienza visiva che riproduce ed è in grado di esplicitare una realtà non unica né assoluta, ma configurata secondo una personale percezione ed interpretazione." in M. I. Pascariello, V. Guadagno, *La scelta del punto di vista nella rappresentazione dello spazio: antico ruolo, nuovi mezzi*, in F. Quici (a cura di), *Idee per la rappresentazione*, Roma 2008.



*Fig. 56. Fabrizio Avella, Guglielmo Acciari, Ronette Riley, Gabriella Olivieri, Eleonora Riina, Massimo Federico, Scuola e centro espositivo a S. Jose (USA), prospettiva: il quadro è perfettamente verticale, condizione determinata dalla perfetta orizzontalità dell'asse camera - target.*



*Fig. 57. Francesco Alessio De Marco, Casa Saltzman di R. Meier, prospettiva a quadro inclinato. L'inclinazione del quadro consente di apprezzare uno spazio, come questo raffigurato, con un certo sviluppo verticale.*



*Fabrizio Avella, spaccati assometrici per il progetto di restauro del Museo etnografico Giuseppe Pitrè di Palermo (progettista: Giuseppe Pagnano).*

Si è già visto come le relazioni tra il punto di vista, i raggi proiettanti e il quadro di rappresentazione determinino esiti differenti che, per convenzione, sono stati definiti e nominati proiezioni ortogonali, assonometriche o prospettiche.

Sia le proiezioni ortogonali che quelle assonometriche introducono un livello di astrazione molto forte in quanto, tra tutti i metodi di proiezione, sono quelli che più si discostano dalla percezione visiva.

In realtà anche la rappresentazione prospettica si serve di un alto livello di schematizzazione, ma sicuramente è quella che più si avvicina ad una simulazione mimetica della percezione visiva.

Non è da escludere che la riconoscibilità delle rappresentazioni prospettiche, anche per un occhio non allenato al disegno, sia culturalmente influenzata dalla familiarità con la tradizione pittorica realistica che dal Rinascimento si è protratta fino ai primi del Novecento, ed è anche indiscutibile che forme di rappresentazione a cui siamo abituati, quali la fotografia, il cinema e la televisione, si basano su fondamenti proiettivi analoghi a quelli che stanno alla base della rappresentazione prospettica (per come siamo abituati a conoscerla dopo le codificazioni rinascimentali).

Un livello di astrazione concettuale dell'operazione del disegno è dato dall'inserimento di piani di sezione che intersecano l'oggetto e ne rendono visibili parti che altrimenti non lo sarebbero.

L'operazione è paragonabile a quella che comunemente facciamo quando tagliamo una mela. Fino al momento in cui non operiamo il taglio possiamo vedere la mela dall'esterno, ma non abbiamo alcuna informazione sul suo interno: non possiamo vederne la polpa, non sappiamo quanti semi ci sono e dove sono posizionati, né siamo in condizione di capire, a meno della presenza di qualche forellino in superficie, se la mela contiene inquilini.

Quando vogliamo conoscere alcune parti di un oggetto non visibili dall'esterno possiamo, analogamente, immaginare di tagliarlo e vederne l'interno<sup>28</sup>.

I vantaggi di questa operazione, ovviamente non realizzabile come il taglio della mela quando si tratta di edifici o oggetti, sono molteplici: se si immagina, infatti, di intersecare un oggetto con un piano e di eliminare una delle due porzioni, saranno visibili molte caratteristiche dell'oggetto la cui "integrità" non ne consentiva l'osservazione. Sarà possibile capire, per esempio, se l'oggetto è pieno o è cavo, se ha un involucro semplice o stratificato, qual è il suo spessore, se lo spazio interno dell'oggetto è vuoto o contiene altri oggetti, e se ci sono, quali sono le loro caratteristiche formali e dimensionali, ecc.

È intuitivo che il livello di informazioni è subordinato al posizionamento del piano di sezione, sia per quanto riguarda la giacitura, sia per quanto riguarda il posizionamento: un piano di sezione orizzontale fornisce informazioni completamente differenti rispetto ad un piano verticale, mentre spostare un piano di sezione spesso consente di rendere visibili componenti che non lo sarebbero stati con un altro posizionamento.

Dopo aver posizionato il piano di sezione, bisogna stabilire quale delle porzioni dell'oggetto si desidera osservare e come posizionare il quadro di rappresentazione e il punto di vista.

Il piano di sezione, il quadro di rappresentazione, il punto di vista ed i raggi proiettanti possono essere posizionati in modo tale che le loro relazioni spaziali determinino le diverse modalità di rappresentazione.

Per quanto riguarda le relazioni relative ai piani, il piano di sezione ed il quadro di rappresentazione possono essere paralleli o coincidere. Se i piani sono coincidenti, la rappresentazione piana dipenderà dal posizionamento del punto di vi-

<sup>28</sup> La necessità di operare tale astrazione, già riscontrabile nei pochi disegni a noi giunti risalenti al XII secolo, è sottolineata nella lettera, da alcuni storici attribuita a Raffaello, indirizzata nel 1519 al papa Leone X: "El disegno adunque delli edifici pertinente al architecto, si divide in tre parti, delle quali la prima si è la pianta; o vogliamo dire el disegno piano, la seconda si è la parete di fuori... la terza è la parete di dentro... e questa è necessaria non meno che l'altre due, et è fatta medesimamente dalla pianta con linee parallele, come la parete di fora, e dimostra la metà dello edificio di dentro, come se fosse diviso per mezzo."

sta: se è a distanza infinita si avrà una rappresentazione del piano di sezione in proiezione ortogonale.

Per convenzione si definisce *pianta* una proiezione ortogonale su un quadro orizzontale di un insieme di oggetti sezionati da un piano orizzontale. In questo caso i due piani possono essere paralleli o coincidenti senza che questo modifichi l'esi-  
to della rappresentazione (Fig.59).

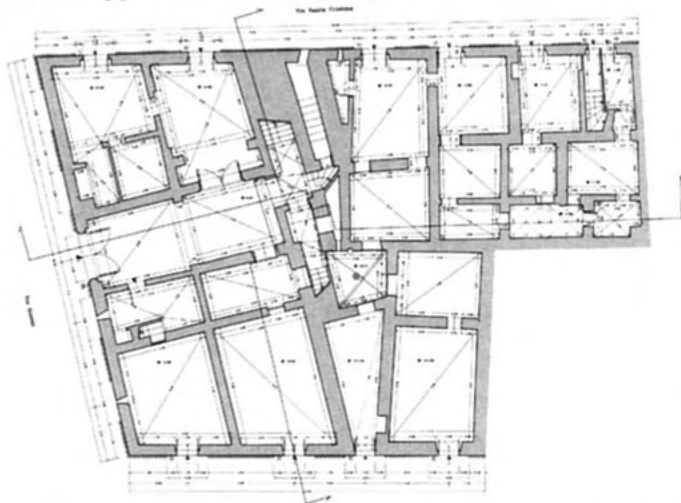


Fig. 59. Fabrizio Avella, Francesco Maggio, Antonio Orlando, Mario Treccarichi, pianta quotata del piano terra di un edificio ottocentesco di Palermo. Il piano di sezione è orizzontale e parallelo al quadro di rappresentazione.

Un caso del tutto analogo è dato dalla sezione verticale: le relazioni tra piano di sezione e quadro di rappresentazione sono identiche ma cambia la giacitura, per definizione in questo caso verticale: il piano di sezione, verticale, è dunque parallelo o coincidente con quello di proiezione, il punto di vista è posto a distanza infinita e i raggi proiettanti sono ortogonali al quadro (Fig.60).

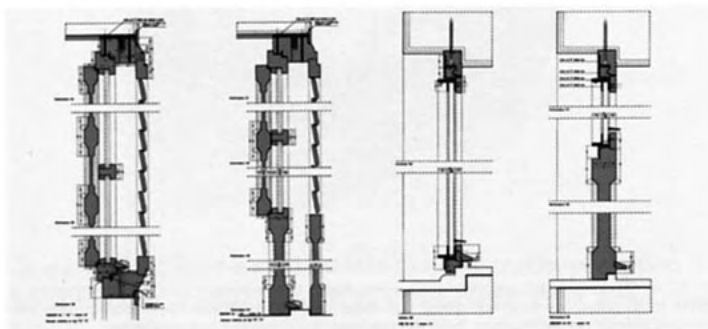


Fig. 60. Fabrizio Avella, sezioni verticali per il progetto di restauro del Museo etnografico Giuseppe Pitre di Palermo (progettista: Giuseppe Pagnano). Il piano di sezione è verticale e parallelo al quadro di rappresentazione.

In sintesi: si definisce *pianta* una rappresentazione piana in cui il piano di sezione è orizzontale, il quadro di rappresentazione è perfettamente coincidente o parallelo ad esso, i raggi proiettanti sono perpendicolari ai due piani e provenienti da un centro improprio (posto cioè a distanza infinita).

Per *sezione* si intende una rappresentazione in cui il piano di sezione è verticale, il quadro di rappresentazione è perfettamente coincidente o parallelo ad esso, i raggi proiettanti sono perpendicolari ai due piani e provenienti da un centro improprio (posto cioè a distanza infinita).

Per *spaccato assonometrico* si intende una rappresentazione in cui il piano di sezione è orizzontale o verticale (raramente obliquo), il quadro di rappresentazione è obliquo, i raggi proiettanti sono proiettati da un centro improprio (posto cioè a distanza infinita). Nello spaccato assonometrico possono essere utilizzati piani secanti con giaciture perpendicolari al fine di rendere visibili maggiori porzioni dell'oggetto<sup>29</sup>.

Per *spaccato prospettico* si intende una rappresentazione in cui il piano di sezione è, di solito, verticale, il quadro di proiezione può essere coincidente, parallelo o obliquo rispetto ad esso, i raggi visuali sono proiettati da un centro proprio (posto cioè a distanza finita e misurabile).

Nelle pagine seguenti si vedrà come le relazioni tra posizionamento del piano secante, quadro di rappresentazione e posizionamento del centro di proiezione determinano esiti del tutto differenti, capaci di volta in volta ad evidenziare determinate caratteristiche dello stesso oggetto, che si svelano solo grazie al cambiamento delle condizioni proiettive.

29 Si fa riferimento all'assonometria ortogonale. Sul mancato uso, nei programmi di CAD, dello spaccato assonometrico con raggi proiettanti obliqui rispetto al quadro valgono le stesse considerazioni fatte nel capitolo riguardante l'assonometria.



## LA PIANTA

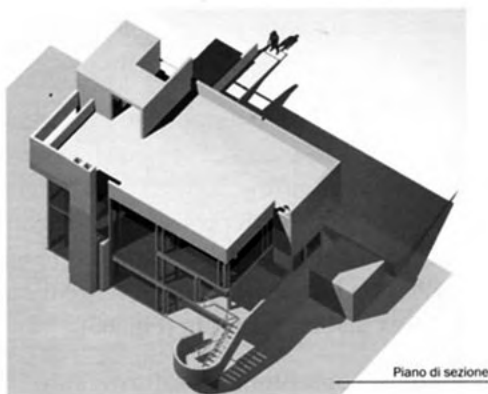
Per *pianta* si intende la proiezione orizzontale di un modello sezionato da un piano avente giacitura orizzontale.

Per capire meglio il concetto si prenda ad esempio la sequenza di disegni relativi alla *casa Smith* di Richard Meier. L'edificio è rappresentato inizialmente in assonometria e non vi sono piani secanti che lo "tagliano" (Fig. 61).



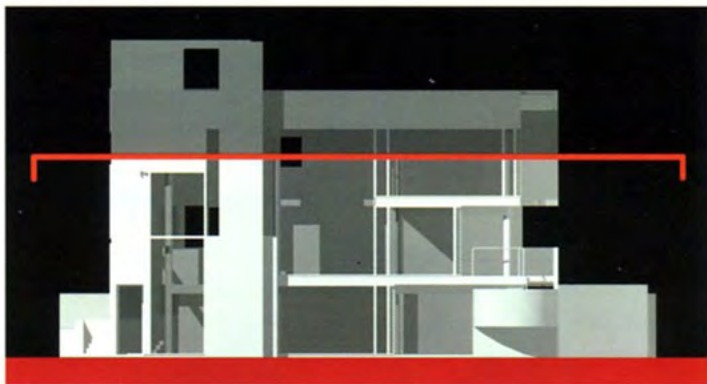
*Figg. 61, 62 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier. Per ottenere una pianta si immagina di sezionare un oggetto con un piano orizzontale, evidenziato in celeste.*

Introduciamo un piano orizzontale, evidenziato in celeste, che interseca ad una certa altezza il modello (Fig. 62).



La quota del piano è evidenziata nel disegno in prospettiva in cui si nota, in rosso, la posizione del piano ed è accennato

*Fig. 63 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, prospetto con indicata la giacitura del piano secante orizzontale ed il verso che indica la porzione del modello che si vuole rappresentare.*

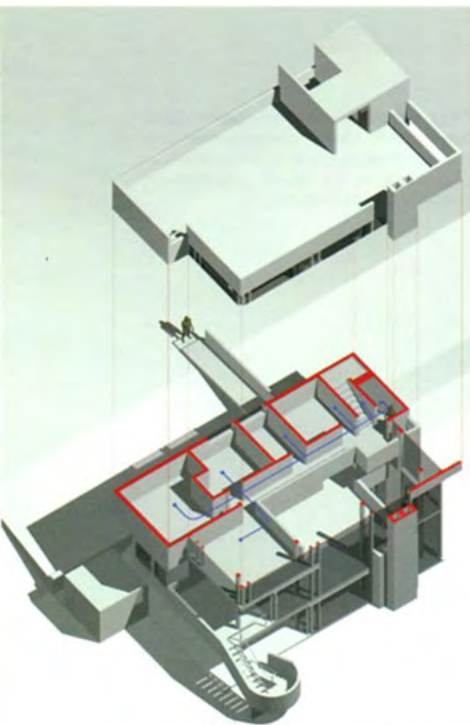


Nel momento in cui è definita la giacitura del piano e la porzione del modello da rappresentare resta da posizionare il quadro di rappresentazione, l'asse visivo e la distanza del punto di vista dal quadro.

La pianta, una rappresentazione familiare anche per chi non ha conoscenze di geometria proiettiva, è il frutto del posizionamento di un quadro di rappresentazione, orizzontale, parallelo o coincidente con il piano di sezione. I raggi proiettanti sono perpendicolari al quadro e paralleli tra loro in quanto il centro di proiezione è posto a distanza infinita.

Sopra la pianta di casa Smith è riportato un disegno in cui si nota il parallelismo tra il piano di sezione, di colore celeste, e due degli infiniti piani di proiezione ad esso parallelo su cui è possibile riprodurre la vista in proiezione ortogonale. I raggi proiettanti, in grigio nel suddetto disegno, sono ortogonali al quadro e paralleli tra loro in quanto convergenti nel centro di proiezione posto a distanza infinita (Fig. 65).

Alcuni programmi consentono di estrarre automaticamente la pianta da un modello tridimensionale. È il caso, per esempio, di quei programmi parametrici finalizzati al disegno architettonico: l'utente stabilisce la quota del piano di sezione



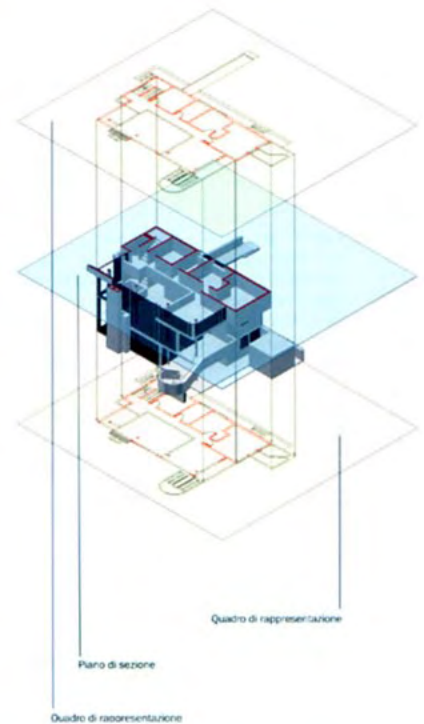
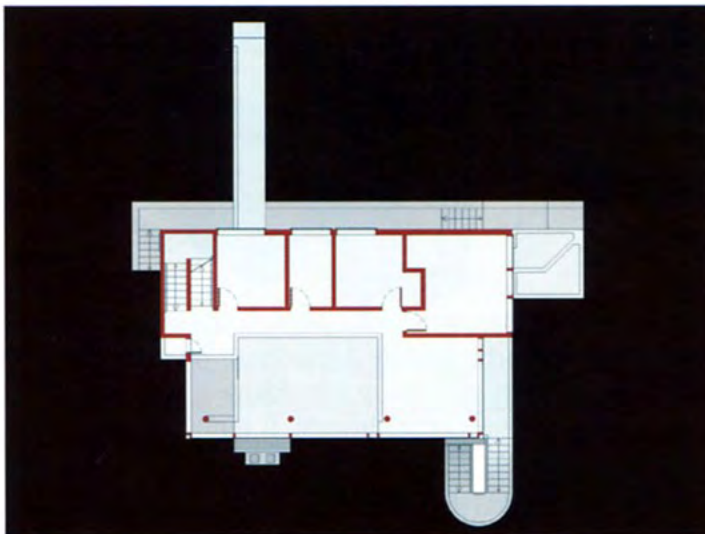
*Fig. 64 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, porzioni del modello rimanenti dopo la sezione. Per ottenere la pianta bisogna asportare la parte superiore del modello.*

ed il programma genera automaticamente la sezione orizzontale e la corrispondente vista piana.

Come si vedrà anche nelle successive rappresentazioni, per convenzione la porzione sezionata è disegnata dandone un risalto grafico ottenuto tramite l'ispessimento dei segmenti delle curve limite delle porzioni sezionate, tramite campiture, o utilizzando entrambi i codici, mentre le parti rappresentate in proiezione sono trattati con tratto più sottile o campiture più chiare (Fig. 66).

Il rispetto di tali convenzioni consente il discernimento da parte di chi osserva il disegno delle porzioni in sezione da quelle in proiezione.

Molto spesso il disegno piano ottenuto grazie al processo descritto subisce un'ulteriore elaborazione, aggiungendo, per esempio, informazioni che non derivano consequenzialmente dalla sezione del modello. Si pensi, ad esempio, all'inserimento delle quote, di simboli che descrivono specifici aspetti tecnici, di rappresentazioni piane di elementi di arredo, o quant'altro può servire ad arricchire la pianta di informazioni specifiche, relative ad aspetti tecnici o costruttivi, o alla proiezione di elementi posti al di sopra del piano di sezione, quali oggetti o volte.



*Fig. 65 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, schema proiettivo. Il quadro di rappresentazione può essere coincidente o parallelo al piano di sezione.*

*Fig. 66 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, pianta. Si osservi il codice grafico scelto per rendere ben visibile e marcare la porzione sezionata.*

## LA SEZIONE VERTICALE

Per *sezione verticale* si intende la proiezione ortogonale di un modello sezionato da un piano verticale parallelo o coincidente al quadro di rappresentazione.

Anche in questo caso bisogna decidere la giacitura ed il posizionamento del piano di sezione, scelta che si rivela determinante ai fini della visibilità di alcune porzioni del modello a scapito di altre.

Una delle astrazioni che comporta l'operazione della sezione è, infatti, quella di asportare una porzione del modello e rappresentare quella rimanente.

La successione di assonometrie mostra la giacitura del piano di sezione, colorato in celeste, perfettamente verticale ed intersecante il modello. In trasparenza è stata resa visibile la porzione che si è scelto di non rappresentare, operazione che consente di vedere l'interno del modello dell'edificio (Figg. 67-68-69-70).

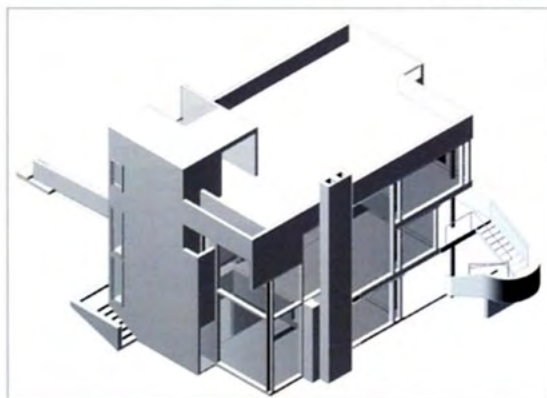


Fig. 67. Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, assonometria.

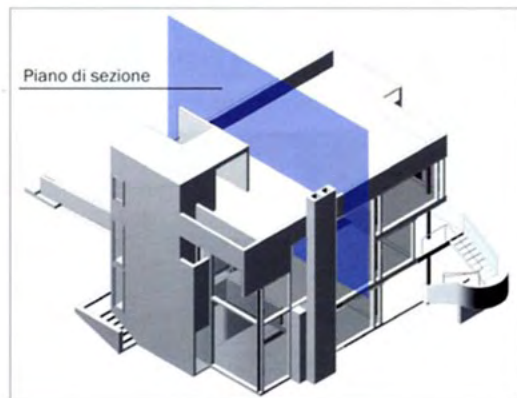
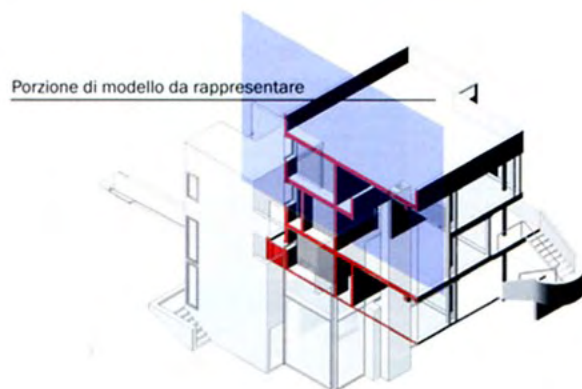
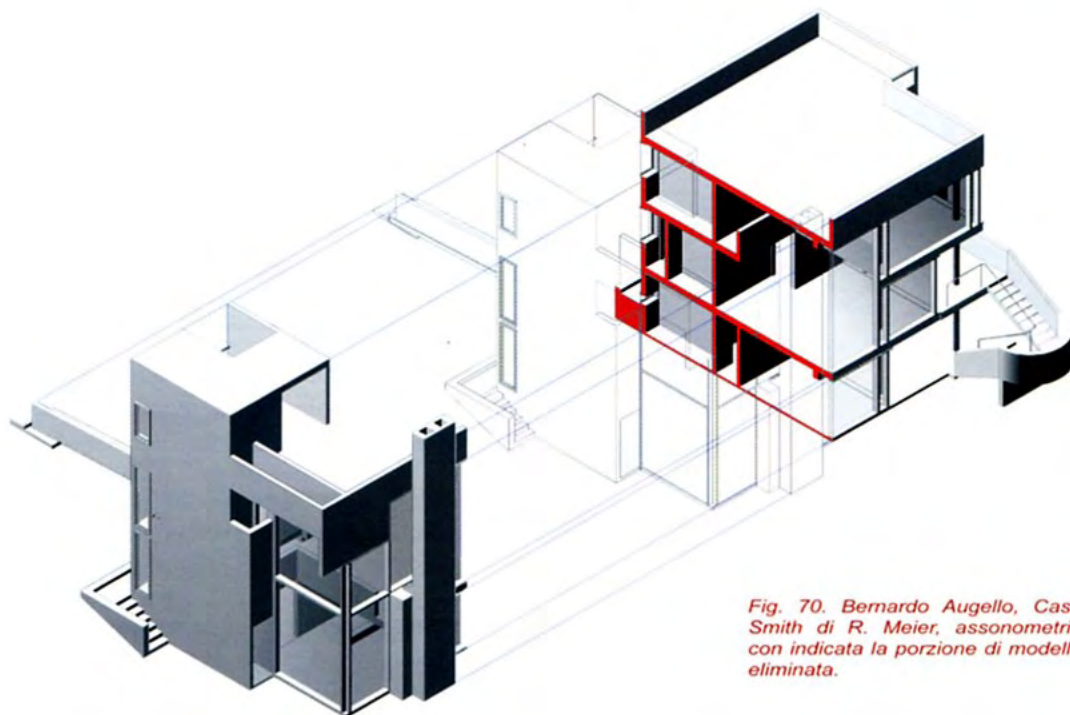


Fig. 68. Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier. Per ottenere una sezione piana verticale si immagina di sezionare un oggetto con un piano verticale, anche in questo caso evidenziato in celeste.

Per ottenere la rappresentazione piana di tale sezione bisogna posizionare opportunamente il quadro di rappresentazione, che, come definito, può essere coincidente o parallelo al piano secante, e, conseguenzialmente, il punto di vista. Quest'ultimo continua ad essere a distanza infinita, condizione che determina, come già accennato, il parallelismo dei raggi proiettanti.



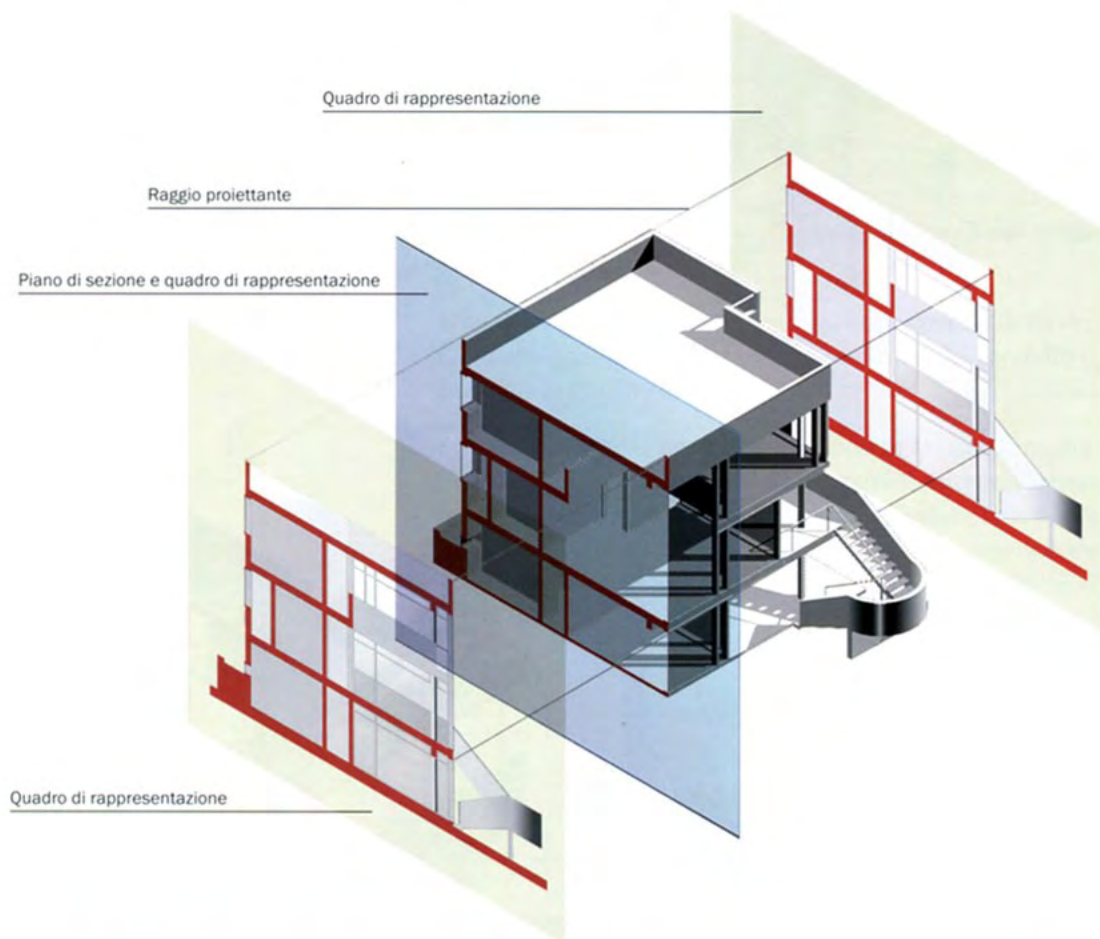
*Fig. 69. Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, assonometria con indicata la giacitura del piano secante verticale e la porzione sezionata. A linee sottili è indicata la porzione di modello eliminata per rendere visibile il resto.*



*Fig. 70. Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, assonometria con indicata la porzione di modello eliminata.*

Nello schema proiettivo riportato si possono riconoscere: la porzione del modello rimanente dopo la sezione e l'asportazione della porzione da non rappresentare, il piano di sezione, alcuni degli infiniti quadri di rappresentazione possibili e i raggi proiettanti che, provenendo da un punto improprio,

sono paralleli tra loro e perpendicolari al quadro di rappresentazione (Fig. 71)



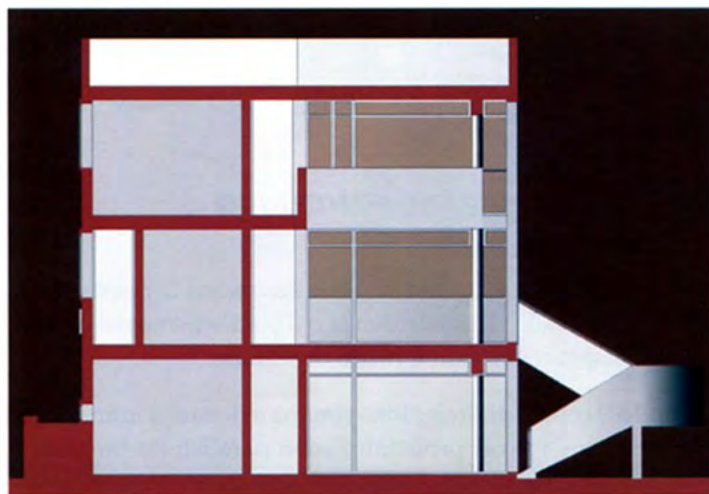
*Fig. 71 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, schema proiettivo della sezione piana verticale. Così come già specificato per la pianta, il quadro di rappresentazione può essere coincidente o parallelo al piano di sezione.*

L'esito di questa complessa operazione è la sezione verticale piana. Sia i punti appartenenti al piano di sezione, sia quelli che non giacciono sul piano della sezione saranno raffigurati in proiezione ortogonale, in vera forma e grandezza.

Le considerazioni fatte per le convenzioni grafiche relative alla pianta sono del tutto analoghe a quelle da adottare per la sezione verticale: la porzione giacente sul piano di sezione è stata, nel disegno raffigurato, marcata tramite una campitura rosso scuro, mentre le parti proiettate sono disegnate con

spessori sottili e con campiture dalle tonalità molto chiare. In questo modo tutti quegli elementi del modello che giacciono sul piano di sezione risultano perfettamente distinguibili da ciò che è rappresentato in proiezione.

In assenza di campitura, è sufficiente attribuire un tratto più marcato a tutte le entità geometriche piane giacenti sul piano di sezione (Fig. 72).



*Fig. 72 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, sezione verticale. Si noti la chiara riconoscibilità degli elementi sezionati (evidenziati tramite campitura in rosso) da quelli non appartenenti al piano di sezione.*

Le condizioni proiettive sono, dunque, del tutto analoghe a quelle della pianta, con l'unica differenza che la giacitura dei piani di sezione e di rappresentazione è verticale.

Nel caso preso in esame il piano di sezione è perfettamente parallelo alle giaciture di alcuni dei muri dell'edificio, ma, in linea teorica, il piano di sezione, pur mantenendo la perpendicolarità rispetto al piano orizzontale, può essere posizionato anche secondo angolazioni diverse. Tale accorgimento può dimostrarsi utile nel caso di modelli in cui esistano elementi con giaciture non necessariamente perpendicolari tra loro, o, comunque, dalla morfologia complessa.

Anche per la sezione verticale si deve considerare che alcuni programmi di CAD e alcuni modellatori parametrici consentono di ottenere sezioni piane senza eseguire realmente la sezione dei solidi e delle superfici che sono stati utilizzati nella

costruzione del modello. Inseriscono, cioè, un piano di sezione che lascia inalterata la geometria del modello, ma simula perfettamente l'operazione descritta.

I vantaggi sono notevoli: innanzi tutto non è necessario alterare la geometria del modello, nel senso che gli elementi non devono essere tagliati e il modello rimane del tutto inalterato; inoltre, è possibile spostare la giacitura del piano di sezione molto facilmente e decidere successivamente le modalità proiettive. Bisogna, però, indicare in modo preciso ed univoco la giacitura del piano di sezione e la porzione del modello che si vuole rappresentare.

### **LO SPACCATO ASSONOMETRICO**

Come si è visto, la caratteristica che accomuna la pianta con la sezione verticale è la coincidenza o il parallelismo del quadro di rappresentazione con il piano di sezione.

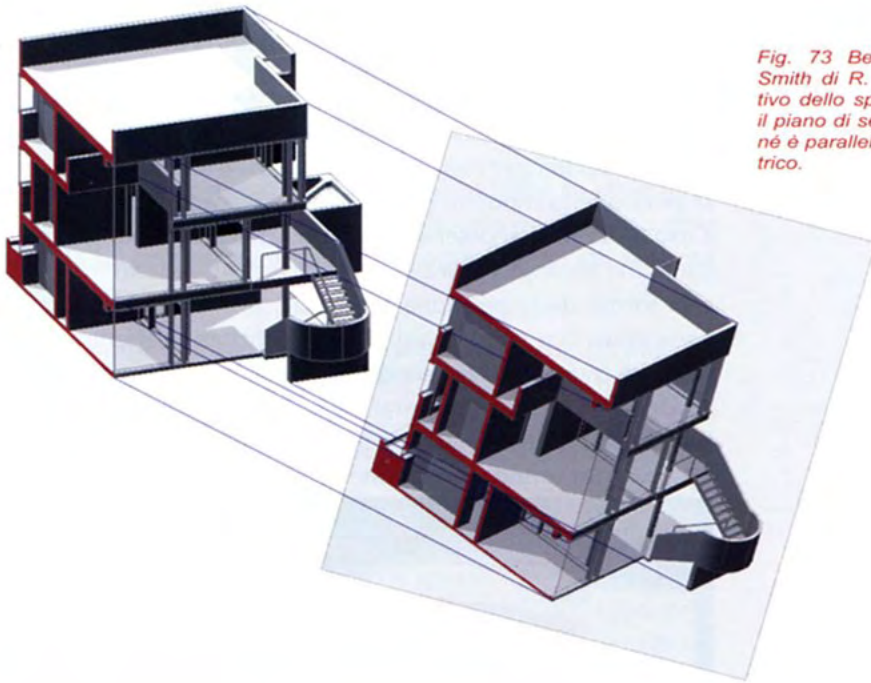
Quando il centro di proiezione rimane a distanza infinita e, di conseguenza, i raggi proiettanti sono paralleli tra loro, ma il quadro di rappresentazione ha giacitura generica, si determina una condizione proiettiva che dà vita ad una rappresentazione definita *spaccato assonometrico*.

Lo schema proiettivo raffigurato mostra lo stesso modello di casa Smith, sezionato dallo stesso piano secante utilizzato per descrivere la sezione verticale. Cambia la giacitura del quadro di rappresentazione e dei raggi proiettanti, paralleli a quest'ultimo (Fig. 73).

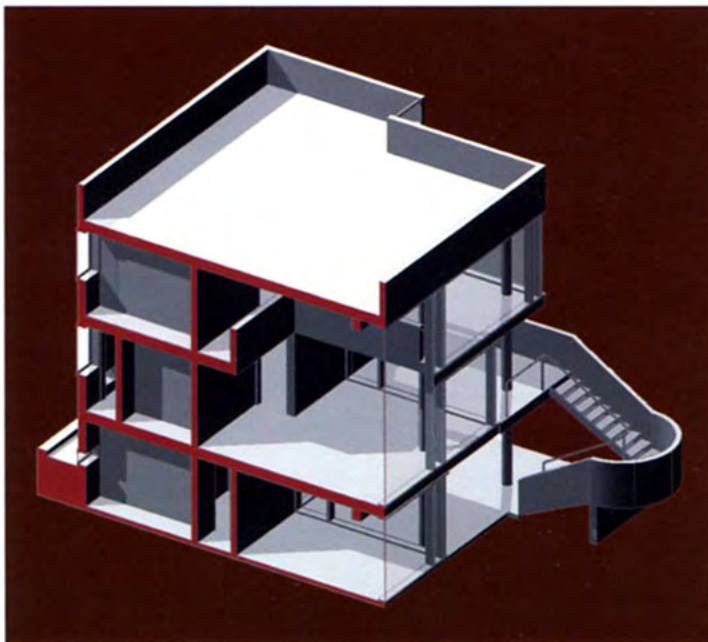
L'esito di questa particolare condizione proiettiva è quello riportato nell'immagine successiva. Si ricorda nuovamente che per l'utente informatico il quadro di rappresentazione coincide con il monitor ed i raggi proiettanti sono sempre perpendicolari a quest'ultimo (Fig. 74).

Anche per lo spaccato assonometrico valgono le considerazioni relative alle convenzioni grafiche utilizzate per piante e sezioni verticali: gli elementi giacenti sul piano di sezione





*Fig. 73 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, schema proiettivo dello spaccato assonometrico: il piano di sezione non corrisponde né è parallelo al quadro assonometrico.*



*Fig. 74 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, spaccato assonometrico. In questo disegno non è raffigurata in alcun modo la porzione mancante del modello.*

devono essere evidenziati in modo tale da essere chiaramente ed inequivocabilmente differenziati da tutti i punti che non vi appartengono.

Rispetto a queste convenzioni se ne possono introdurre altre: si può pensare, per esempio, di rendere visibili i contorni della porzione di modello che manca. Osservando il modello di *Casa Saltzman*, si osserva chiaramente che è stato tagliato da un piano secante verticale, ma, per far capire la dimensione e la forma della porzione mancante, il volume è stato rappresentato con sottili tratti bianchi continui. L'effetto si può ottenere tramite sovrapposizione della vista ombreggiata del modello ad una rappresentazione a filo di ferro e consente di fornire un duplice livello di informazioni: la configurazione interna e un cenno alla volumetria esterna (Fig.75).



*Fig. 75 Francesco Alessio De Marco, Casa Saltzman di R. Meier, spaccato assonometrico. La porzione del modello antistante il piano di sezione è raffigurata con sottili segni bianchi.*

Negli esempi sin qui trattati si è introdotto un solo piano secante. Un altro livello di astrazione si può ottenere tramite introduzione di più piani secanti: si può osservare l'esito di tale operazione guardando nuovamente lo stesso modello di casa Saltzman che subisce l'asportazione di porzioni murarie grazie a tre piani di sezione perpendicolari tra loro.

Per essere più corretti, si deve parlare di semipiani, in quanto i piani non intersecano integralmente il modello. La forzatura del concetto di sezione consente in questo caso di rendere visibili porzioni dello spazio interno dell'edificio e metterle in relazione con l'andamento volumetrico in un disegno di

sintesi molto efficace.

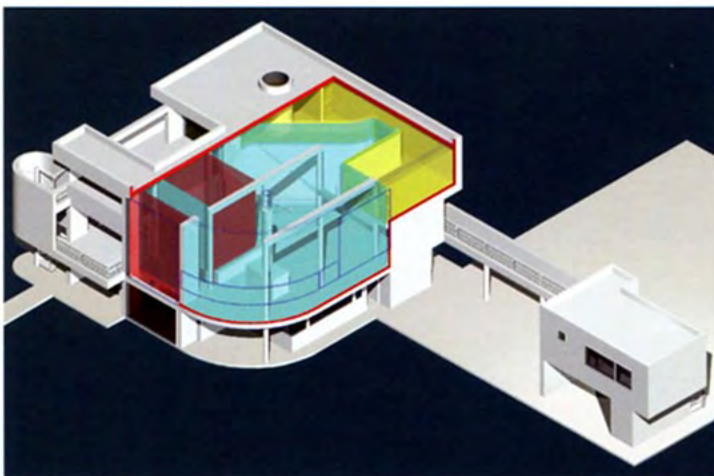
Non sarebbe stato possibile ottenere la stessa quantità di informazioni riportata in questo disegno se si fosse operato in maniera parametrica con un solo piano di sezione.

Allo stato attuale questo criterio non è adottato da alcun programma di CAD, e l'operazione dev'essere pianificata e controllata da procedimenti del tutto controllati da chi realizza il modello.

Se si confronta il modello sezionato da un singolo piano e quello sezionato da più piani ortogonali tra loro e non estesi all'infinito, si può notare come il secondo disegno, più articolato nella sua concezione, riesce a fornire molte informazioni.

Il criterio adottato può servire, nel disegno di architettura, a capire le relazioni tra involucro e spazio interno: in questo caso, ad esempio, l'asportazione di parti dell'involucro murario, ottenuta tramite questo complesso procedimento di sezione articolata, rende visibile la composizione spaziale dell'interno, organizzata con singole, doppie e triple altezze.

Anche questa rappresentazione del modello presenta la traccia di segni sottili, questa volta in blu, utili a ricordare la forma dell'edificio (Fig. 76).



*Fig. 76 Bernardo Augello, Casa Saltzman di R. Meier, spaccato assonometrico. I piani secanti, in questo caso, sono cinque, ortogonali tra loro e posizionati in modo opportuno per rendere visibile la porzione interna oggetto di studio.*

Il criterio, che presenta un fortissimo livello di astrazione, si presta anche a far capire le relazioni tra il contenitore di un oggetto di ridotte dimensioni, la scocca e la sua componentistica interna.

Si può intuire quanto possa essere utile far vedere e comprendere quale sia il posizionamento di alcuni componenti interni di un oggetto di design e quale sia la relazione tra essi e la scocca esterna, evidenziando come la forma visibile debba tenere in considerazione gli aspetti geometrici e dimensionali degli elementi adibiti al funzionamento.

Si osservi, ad esempio, il modello del telefono Sirio: aver limitato la capacità di taglio dei piani di sezione soltanto ad alcuni elementi rende visibile il collocamento di alcuni componenti elettrici ed elettronici rispetto alle parti inferiori della scocca e della cornetta. In questo caso accade addirittura uno strano evento: uno dei piani di sezione interseca la scocca del telefono, ma "risparmia" la parte inferiore della cornetta, per "infiere" nuovamente sulla porzione superiore (Fig. 77).



*Fig. 77 Mariangela Laudicina, telefono Sirio, spaccato assonometrico. Due piani secanti, che non intersecano totalmente il modello, consentono di asportare parti del modello e renderne parzialmente visibile l'interno.*

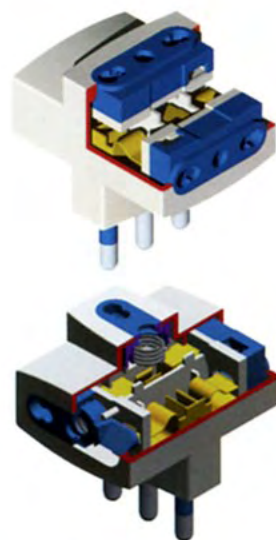
Del tutto simile il risultato ottenuto negli spaccati assonometrici della tripla presa: non solo i piani di sezione sono due, ma non tagliano indistintamente tutti i solidi del modello. In

questo modo si può osservare la componentistica interna e la relazione con la parte normalmente visibile dell'oggetto (Fig. 78).

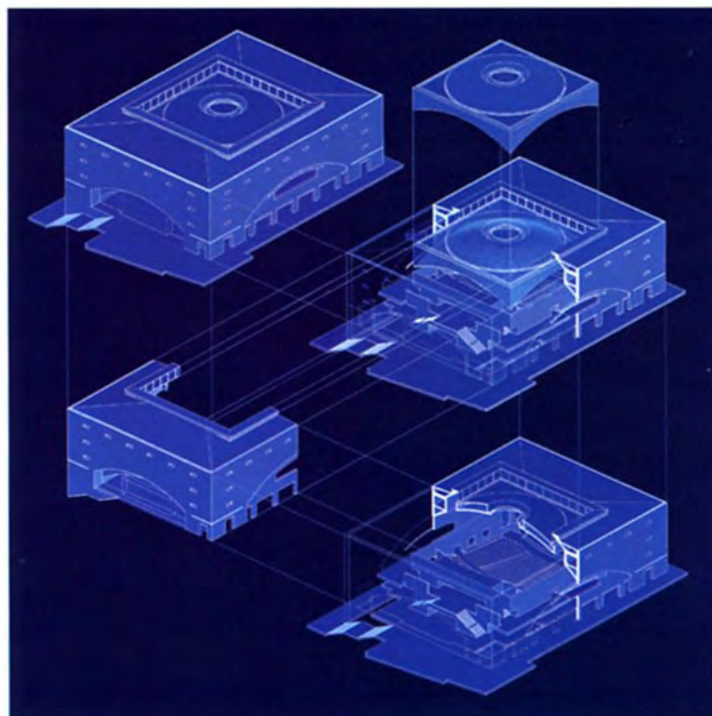
Il criterio può essere particolarmente efficace per il disegno meccanico, per il disegno industriale, ma, come già visto, anche per l'architettura, laddove, ovviamente, la finalità del disegno sia analitica e non mimetica di processi percettivi.

Se all'utilizzo di piani secanti "intelligenti" si affianca la traslazione di alcuni elementi lungo assi paralleli a quelli di determinazione dello spazio del modello (x, y, z) si ottengono disegni di altissimo livello di astrazione, decisamente non mimetici, che riescono ad evidenziare relazioni geometriche e spaziali altrimenti difficili da evidenziare.

Gli spaccati assonometrici del *Palazzo dei Congressi* di Salamanca di Juan Navarro Baldeweg (Fig. 80) riescono a sottolineare la particolare relazione che intercorre tra la sala volta centrale e l'involucro murario.



*Fig. 78 Pietro Faraone, tripla presa, spaccati assonometrici: il criterio adottato è analogo a quello utilizzato per lo spaccato del modello che raffigura il telefono.*



*Fig. 80 Fabrizio Avella, Palazzo dei Congressi di J. Navarro Baldeweg, assonometrie: i piani di sezione non intersecano l'intero modello.*

I piani di sezione non tagliano indistintamente tutto il modello ma l'operazione di sezione avviene in maniera molto selettiva ed in questo modo si può osservare come la sala dei congressi costituisca un volume interno, spazialmente e morfologicamente molto complesso, dissimulato dalla forma visibile esternamente, un austero parallelepipedo, impreziosito soltanto di grandi archi a sesto ribassato.

Tale relazione geometrico-spaziale è resa visibile anche grazie alla traslazione di alcune parti dell'edificio. I criteri dello spaccato assonometrico si sovrappongono in questo caso a quelli, già osservati, dell'esploso assonometrico per evidenziare un tema architettonico che in questo edificio ha un'importanza fondamentale, ma che non sarebbe comprensibile con altri disegni, per quanto corretti<sup>30</sup>.

Per ottenere questo risultato, può essere utile organizzare il modello per parti e componenti, organizzati su diversi lucidi (layers), che possono essere resi visibili o meno, in modo da consentirne l'asportazione parziale o, se dovesse essere utile, la traslazione lungo assi paralleli a quelli cartesiani per ottenere effetti di "esplosione".

Un'altra operazione può essere quella di estrarre da solidi e superfici bordi o spigoli utilizzabili per la visualizzazione delle parti "assenti" del modello.

L'unico limite, nell'attuazione di questi criteri non automatizzati, è dato dalla capacità di astrazione ed analisi del disegnatore.

<sup>30</sup> Concetto di disegno non iconico ma preciso.

## LO SPACCATO PROSPETTICO

Si prenda nuovamente in esame, adesso, il modello di casa Smith e i supponga, ora, di posizionare verticalmente il piano di sezione, come già fatto per la sezione piana, ma si posizioni il punto di vista a distanza finita, facendo in modo che l'asse visivo principale sia perpendicolare al suddetto piano di sezione.

Si faccia anche coincidere perfettamente il quadro di rappresentazione con il piano di sezione.

Si ottiene in questo modo uno *spaccato prospettico* (è possibile trovare anche la definizione di *sezione prospettica*) il cui quadro coincide o è parallelo al piano di sezione (riportato, quindi, anche in questo caso in vera forma e grandezza), ma in cui le parti restanti del modello sono rappresentate in scorcio prospettico. Per ottenere questo effetto bisogna posizionare l'obiettivo (*camera*) e il punto di mira (*target*) su due punti appartenenti ad un asse perpendicolare al piano di sezione (Figg. 81-82). Con queste condizioni proiettive tutte i segmenti verticali del modello restano tali nella rappresentazione prospettica.

*Figg. 81, 82 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, schema proiettivo dello spaccato prospettico a quadro verticale. Il piano di sezione ed il quadro prospettico sono perfettamente coincidenti.*

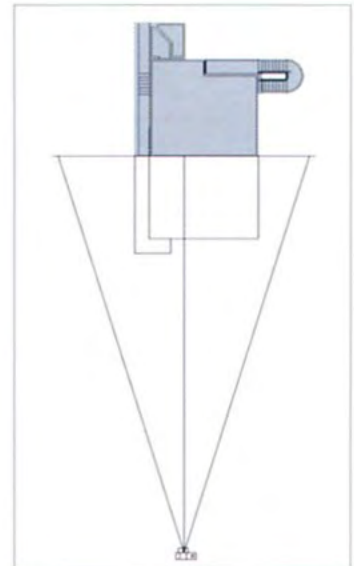
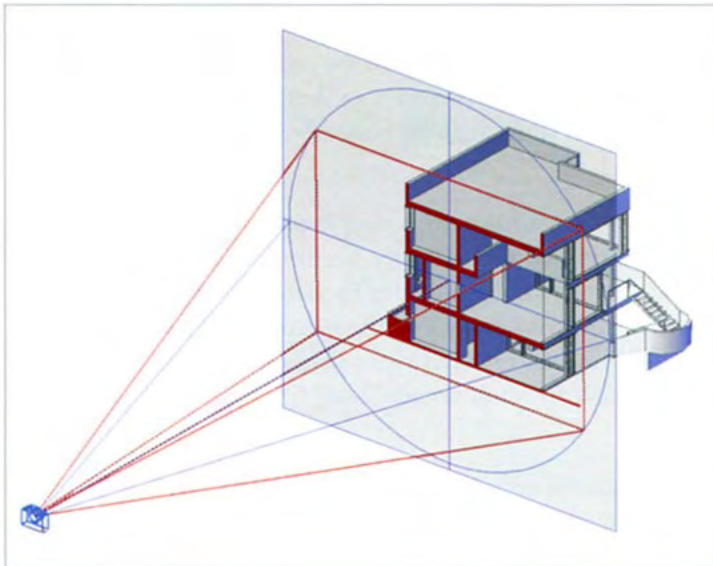


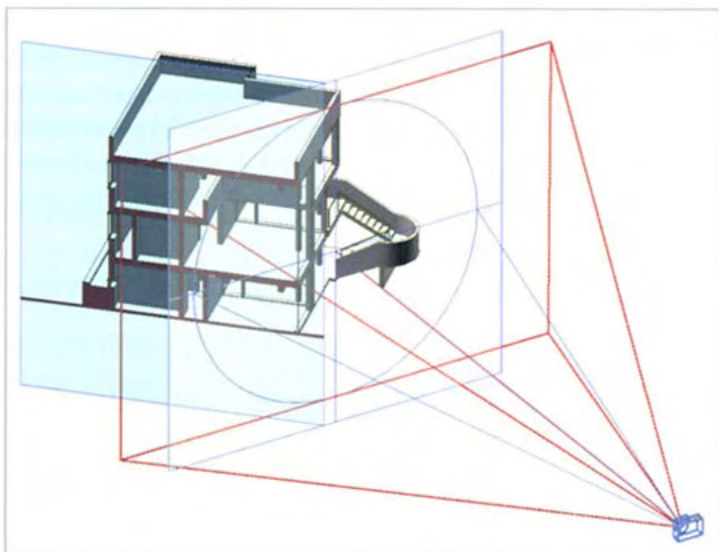
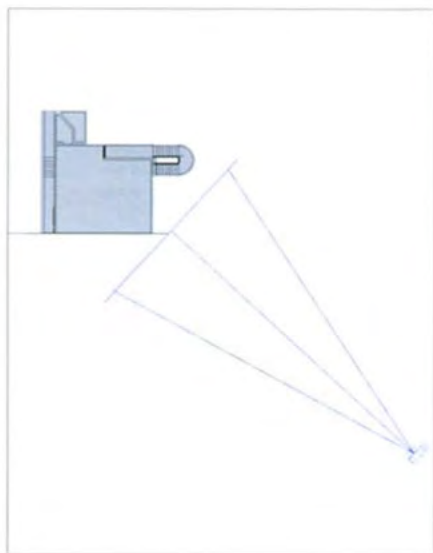


Fig. 83 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, spaccato prospettico a quadro verticale.

Si può notare che, sia nella sezione piana, sia nella sezione prospettica, non si possono vedere le parti esterne delle pareti laterali del modello (Fig. 83).

Qualora sia importante visualizzare tali pareti si può introdurre un'ulteriore condizione che alteri la giacitura del quadro di proiezione, mantenendo del tutto inalterate le relazioni tra la giacitura del piano di sezione ed il modello.

Si è già detto che, per ottenere la vista prospettica riportata in fig. 83, bisogna posizionare la camera e l'obiettivo in due punti che definiscono un asse la cui giacitura è perfettamente orizzontale. Se, mantenendo questa condizione, si ruota detto asse, la condizione di perpendicolarità tra asse *camera-target* e quadro di rappresentazione farà sì che il piano di sezione non sarà più parallelo a quest'ultimo (Figg. 84-85).

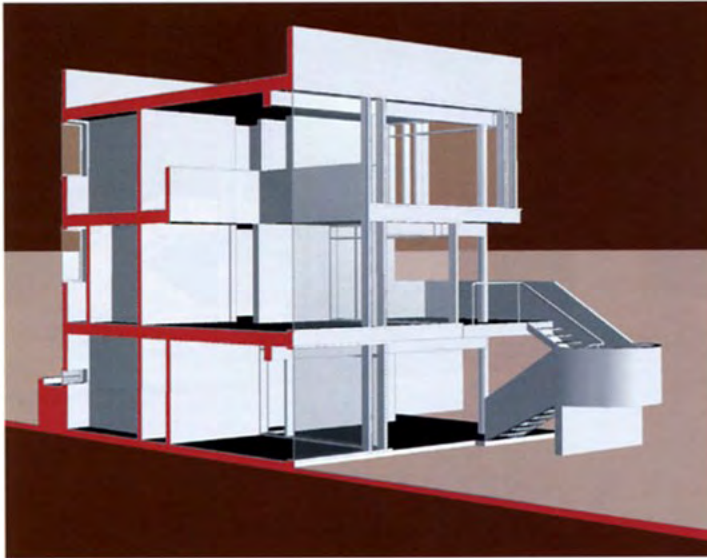


Figg. 84. 85 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, schema proiettivo dello spaccato prospettico a quadro verticale. Il quadro prospettico è ruotato rispetto al piano di sezione.



Non sarà più rappresentato, dunque, in vera forma e grandezza, ma sarà raffigurato in scorcio prospettico.

La rotazione dell'asse visivo camera-target determina, dunque, la relativa rotazione del quadro di rappresentazione, e di conseguenza saranno rese visibili quelle parti del modello che nella sezione piana e nel precedente spaccato prospettico non lo erano (Fig. 86).



*Fig. 86 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, spaccato prospettico a quadro verticale. La rotazione del quadro permette di osservare uno scorcio del volume esterno.*

Gli schemi delle relazioni tra modello, piano di sezione, assi *camera-target* e *quadro di rappresentazione*, chiariscono le condizioni proiettive necessarie ad ottenere le viste prospettiche riportate.

Per ottenere tali risultati, si può agire tramite una procedura presente in molti programmi, che è quella dell'*orbita* secondo un asse *z* fisso: se l'asse di rotazione della camera *z* è verticale, il piano di giacitura degli assi visivi sarà perfettamente orizzontale. Tale condizione assicura la verticalità del quadro prospettico e, dunque, il parallelismo delle verticali del modello.

Un'ulteriore condizione potrebbe riguardare la rotazione dell'asse su un piano verticale, al fine di ottenere una prospettiva

a piano inclinato, utile qualora sia necessario rappresentare un modello di notevole sviluppo verticale o qualora si volessero inquadrare oggetti giacenti al di sopra del punto di vista (ad esempio un soffitto o una volta come in Fig. 87).

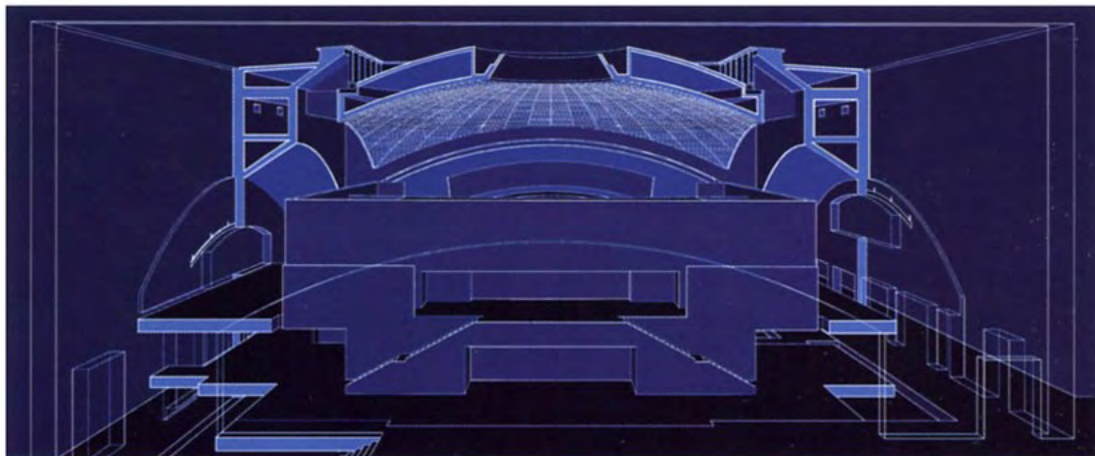


*Fig. 87 Bernardo Augello, Casa Smith di R. Meier, spaccato prospettico a quadro inclinato. Oltre a ruotare sul piano orizzontale, il quadro ruota anche su quello verticale.*

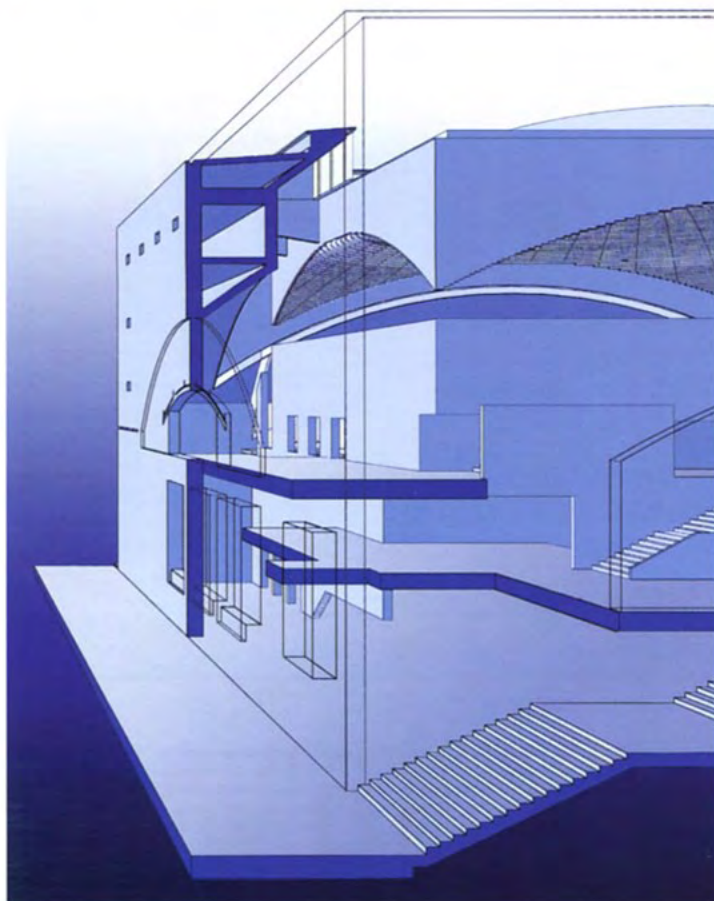
Le considerazioni fatte per lo spaccato assonometrico valgono anche per lo spaccato prospettico: bisogna anche in questo caso, rispettare le convenzioni grafiche per evidenziare le parti sezionate, ed è possibile, se necessario, introdurre molteplici piani di sezione.

Esaminando nuovamente il Palazzo dei Congressi di Salamanca ci si accorge come l'inserimento di più piani di sezione consenta vari vantaggi. Lo spessore dell'involucro murario, la continuità delle superfici voltate, la configurazione del blocco centrale della sala sono temi caratterizzanti quest'opera architettonica, che riescono ad essere rappresentati grazie alle particolari impostazioni dei piani di sezione (Figg. 88-89).

Piani di sezione e quadro di rappresentazione appartengono, dunque, ad un sistema più o meno articolato finalizzato alla rappresentazione di modelli. Un uso appropriato delle relazioni che li sottendono può essere determinante al fine di rappresentare la complessità delle relazioni di un modello,



*Fig. 88 Fabrizio Avella, Palazzo dei Congressi di J. Navarro Baldeweg, spaccato prospettico. Il quadro è perfettamente verticale e parallelo alla giacitura di uno dei muri esterni. I piani di sezione sono paralleli al quadro o ad esso perpendicolari. L'involucro murario è rappresentato con un tratto sottile continuo.*



*Fig. 89 Fabrizio Avella, Palazzo dei Congressi di J. Navarro Baldeweg, spaccato prospettico. Il quadro è perfettamente verticale e parallelo alla giacitura di uno dei muri esterni. I piani di sezione sono paralleli al quadro o ad esso perpendicolari. L'involucro murario è rappresentato con un tratto sottile continuo.*

sia esso relativo a realtà esistenti, sia esso relativo a processi progettuali.

In sintesi, la rappresentazione informatica determina l'esito della proiezione secondo i seguenti parametri: l'asse visivo è sempre ortogonale al quadro di rappresentazione, sia nelle proiezioni ortogonali, sia nelle proiezioni assonometriche, sia in quelle prospettiche, in cui per asse visivo si intende il vettore camera-target. Nel caso della prospettiva la condizione di perpendicolarità tra asse visivo e quadro di rappresentazione è rispettata so

La distanza del punto di vista dal quadro determina il tipo di proiezione: nelle proiezioni ortogonali ed assonometriche la distanza è infinita e gli assi visivi secondari sono paralleli a quello principale (proiezione cilindrica); nella proiezione prospettica la distanza è finita e misurabile e gli assi visivi secondari appartengono ad un cono il cui vertice è il punto di vista ed il cui asse è l'asse visivo definito principale (proiezione conica).

Infine, uno o più piani secanti, per svelare alcuni segreti del modello<sup>31</sup>.

<sup>31</sup> Lo spaccato prospettico può essere utile a comprendere le relazioni tra spazio interno e involucro murario: "Risultato di questo lavoro è la forma che vengono ad assumere sia lo spazio cavo racchiuso all'interno del progetto, sia il sistema degli spazi esterni che il progetto modifica (cioè integra, altera, completa, nega) con la sua volumetria. In realtà ogni segno che noi tracciamo sul foglio, ogni muro, ogni solaio, ogni copertura, ogni finestra, è un elemento che contribuisce a conformare lo spazio, anzi costituisce, come abbiamo visto, l'ente separatore tra i due sistemi di spazi (interni ed esterni) a ciascuno dei quali esso attribuisce forma." in P. O. Rossi, *La costruzione del progetto architettonico*, Bari 1996, pp. 105-107.