

Visione stereoscopica

In questo capitolo verranno introdotti i concetti fondamentali riguardanti l'osservazione dello spazio circostante, partendo da un'analisi del sistema visivo, per poi trasporne le caratteristiche nel mezzo cinematografico.

Percezione della profondità

La complessità del sistema visivo umano è impressionante: esso ci permette di determinare la nostra posizione nello spazio in relazione ad altri oggetti, che possono essere statici oppure in movimento. Questo meccanismo è frutto di un processo evolutivo durato milioni di anni che ha permesso alla nostra specie di divenire dominante. La visione stereoscopica è una prerogativa dei predatori, in quanto permette il calcolo e la soluzione delle traiettorie in modo molto più efficiente rispetto ad altri animali, che dispongono di una visione grandangolare in modo da localizzare con maggiore facilità i pericoli.

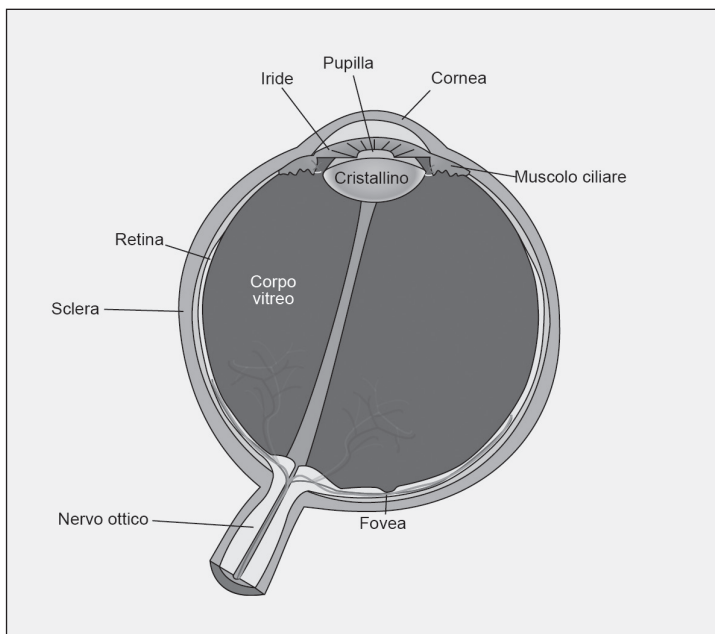
Apriamo ora una piccola parentesi sulla fisiologia dell'occhio. L'occhio funziona in modo simile a una macchina fotografica: la luce passa per la pupilla (il "diaframma"), successivamente attraversa il cristallino, una lente naturale la cui curvatura è controllata da appositi muscoli (per la messa a fuoco), e infine colpisce la retina, una membrana che riveste l'interno dell'occhio (la "pellicola" o il "sensore digitale"), la quale invierà al cervello, attraverso il nervo ottico, le informazioni da interpretare.

I due occhi inviano al cervello immagini leggermente diverse, dato il diverso punto di vista; nel cervello vengono analizzate, sia individualmente, sia mettendole in relazione (come vedremo nei prossimi paragrafi), per rendere possibile la nostra visione spaziale.

In questo capitolo

- **Percezione della profondità**
- **Problemi nella visione stereoscopica**
- **Conclusioni**

Figura 2.1
La struttura dell'occhio umano.



Percezione monoculare

La percezione dello spazio circostante avviene attraverso svariati meccanismi, di cui solo alcuni riguardano la stereoscopia. È infatti possibile sopravvivere senza particolari problemi anche disponendo di un solo occhio vedente, estraendo informazioni sulla tridimensionalità dello spazio circostante a partire da un'immagine bidimensionale (ciò accade anche quando si guarda un film 2D).

Dimensioni relative e prospettiva

Conoscendo le dimensioni di pressoché ogni oggetto presente nella nostra realtà, possiamo dedurre facilmente la posizione rispetto al nostro punto di osservazione, mettendolo in relazione con altri oggetti presenti nella scena. Se un edificio appare più piccolo di una persona, si troverà sicuramente parecchio più lontano rispetto a essa. Inoltre, anche il fatto che una porzione di superficie più o meno grande della retina venga colpita dall'immagine di un oggetto è indice delle sue dimensioni.

Ecco un semplice esempio. Specifichiamo che le illustrazioni presentate in questo e nei prossimi capitoli molto spesso non sono in scala e presentano esagerazioni affinché risultino più chiare.

Osservando linee che sappiamo essere parallele convergere verso un punto (prospettiva lineare) possiamo capire le dimensioni, la posizione e la rotazione di un oggetto.

**Figura 2.2**

L'esperienza ci permette di determinare istintivamente la posizione dell'albero rispetto all'edificio.

La progressiva riduzione delle dimensioni di un pattern permette allo stesso modo di dedurre l'estensione.

**Figura 2.3**

Un'immagine con chiare linee prospettiche.

Occlusione

La rilevazione dell'occlusione si basa sulla nostra conoscenza della forma degli oggetti: non potendo vedere parte di un albero in prossimità di un altro oggetto (l'angolo di una casa), dedurremo che esso si trova parzialmente dietro la casa. Numerose illusioni ottiche riescono a confonderci rendendo ambigua l'occlusione e la prospettiva degli oggetti presenti in una scena.



Figura 2.4

L'occlusione parziale di un albero dietro un edificio.

Foschia, cambiamenti di colore e saturazione

La foschia è un fenomeno naturale dato dalla presenza di vapore acqueo in sospensione nell'atmosfera, che sfoca e desatura i colori di oggetti e paesaggi a grande distanza, attribuendo loro una tinta tendente al blu o all'arancione (a seconda della posizione del sole). Questo fenomeno si verifica anche in caso di forte inquinamento, con la differenza che la tinta tende al grigio-marrone.

Ombre e punti luce

Essendo abituati alla presenza di una sorgente luminosa come il sole o una lampada, siamo in grado di dedurre la sporgenza o la rientranza degli elementi di una superficie a seconda delle ombre proiettate sulle superfici circostanti. Allo stesso modo possiamo stimare il volume di un oggetto.

**Figura 2.5**

In questa immagine la presenza della foschia rende progressivamente più indefiniti i colori e la forma delle montagne.

**Figura 2.6**

Un muro di mattoni illuminato dal sole.

Linea dell'orizzonte

La linea di orizzonte e la distanza degli oggetti da essa, rappresentano l'ultimo indizio visuale monoscopico. Più vicina la base degli oggetti sarà rispetto all'orizzonte, più essi saranno lontani dal nostro punto di osservazione.

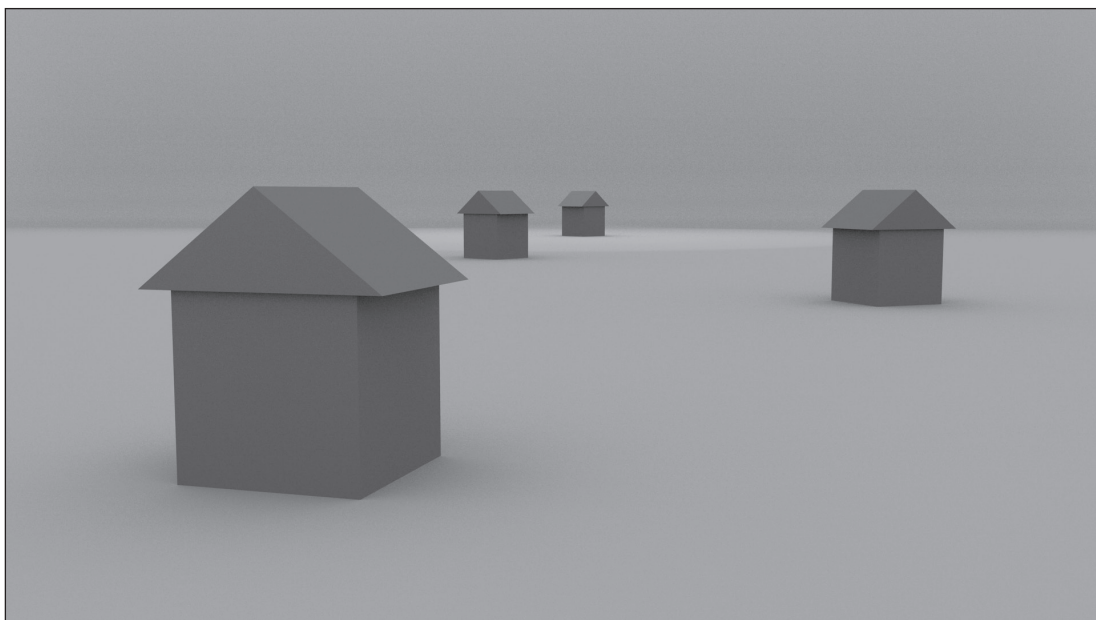


Figura 2.7

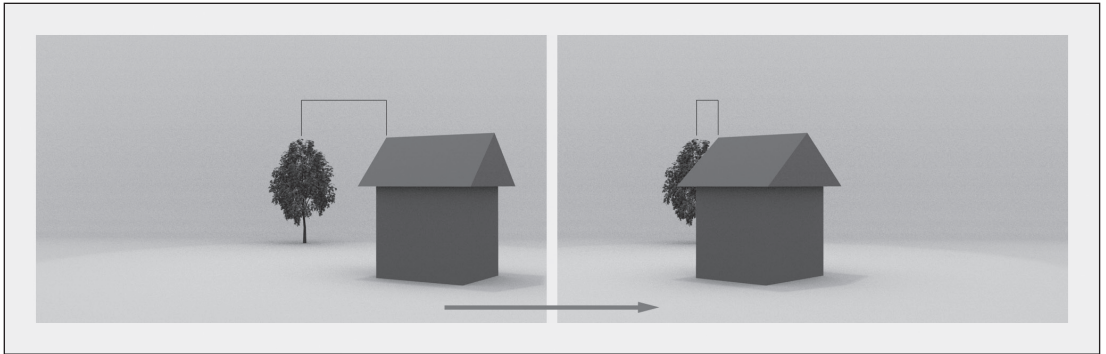
La posizione della linea dell'orizzonte cambia significativamente la posizione degli oggetti in una scena.

Parallasse

L'illusione della profondità in un'immagine bidimensionale aumenta notevolmente se essa cambia nel tempo. Il movimento ci permette infatti di posizionare con maggiore precisione gli oggetti nello spazio, in relazione alla nostra posizione.

Introduciamo ora il termine *parallasse*, ovvero la posizione relativa di un oggetto in una sequenza di immagini. Prendiamo come esempio la visuale che ci viene offerta osservando un paesaggio dal finestrino di un treno in movimento.

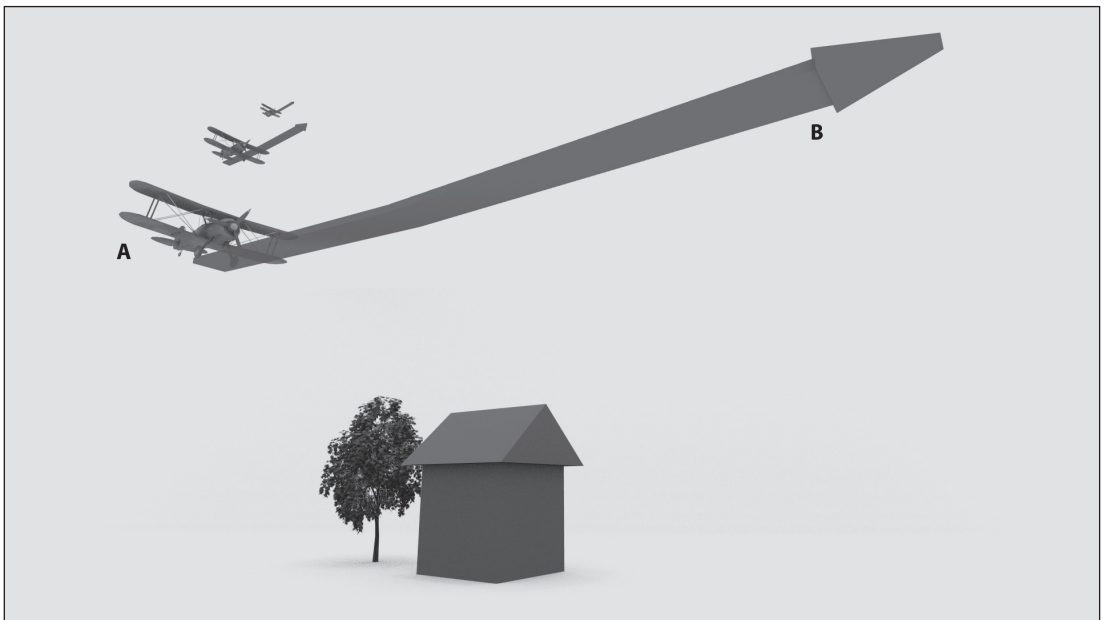
All'inizio della nostra osservazione possiamo osservare un albero al centro della visuale e una casa poco più a destra. Un istante dopo, l'albero si trova a ridosso del margine sinistro del campo visivo, mentre la casa si è spostata in modo impercettibile, sempre verso sinistra. Questi dati ci permettono di capire che il treno si muove da sinistra verso destra e che l'albero si trova più vicino al nostro punto di osservazione. La velocità con cui aumenta la distanza orizzontale tra l'albero e la casa ci permette inoltre di determinare con ulteriore precisione la loro profondità nella scena.

**Figura 2.8**

La casa e l'albero, osservati da un treno in movimento.

Movimento dell'oggetto osservato

L'osservazione della velocità con cui si sposta un oggetto può essere un buon indice della sua distanza dal nostro punto di vista. Più lontano sarà l'oggetto, più lentamente esso sembrerà muoversi. Osservando un aeroplano in cielo oppure un satellite in una notte senza nuvole, possiamo notare che essi sembrano spostarsi piuttosto lentamente (nonostante stiano viaggiando a velocità superiori a qualsiasi oggetto sulla Terra).

**Figura 2.9**

L'aereo (A) percorre la distanza (B). I tre casi sono uguali, ma avvengono a distanze diverse dal punto di osservazione.

Movimento dell'osservatore

Il movimento dell'osservatore (o meglio del punto di osservazione) costituisce un modo altrettanto efficace per percepire le variazioni di parallasse e quindi la profondità della scena, nonché la sua reale tridimensionalità. È infatti impossibile riprodurre dinamicamente questa variazione in un'immagine statica.

Percezione binoculare

Giungiamo infine agli ultimi elementi per la percezione della profondità, che sfruttano la visione binoculare. Questo processo avviene in tre fasi.

- Percezione simultanea – Gli occhi percepiscono le immagini.
- Fusione – In seguito alla percezione di una coppia di immagini, i muscoli dell'occhio si attivano per ruotare i bulbi e stirare il cristallino per permettere la convergenza e la messa a fuoco del punto dell'immagine desiderato.
- Stereopsi – Il momento in cui le due immagini vengono assimilate e interpretate dal cervello per trarre informazioni spaziali.

Disparità binoculare

La disparità binoculare corrisponde ampiamente al concetto di parallasse orizzontale presentato in precedenza, con la differenza che, in questo caso, viene calcolato per entrambe le immagini (visione di occhio destro e occhio sinistro) e poi messo in relazione in modo da individuare eventuali differenze.

I valori di disparità degli oggetti disposti in una scena ci permettono di dedurre le dimensioni e la profondità. Nel processo di creazione delle immagini stereoscopiche, la disparità può essere definita in modo differente rispetto a come apparirebbe nella realtà, offrendo un importante spunto artistico.

Rivelazione delle occlusioni

In uno dei precedenti paragrafi è stata menzionata la nostra capacità di dedurre la posizione di un oggetto dalla presenza di eventuali occlusioni da parte di un altro oggetto. Questo tipo di osservazione dipende dal punto di vista, quindi trattando le immagini stereoscopiche, disporremo di due punti di vista diversi, i quali riveleranno porzioni di scena altrimenti invisibili con un solo occhio.

Nella figura è visibile la consueta composizione casa-albero. Confrontando le due immagini è possibile notare che una porzione dell'albero è visibile solo dall'occhio sinistro.

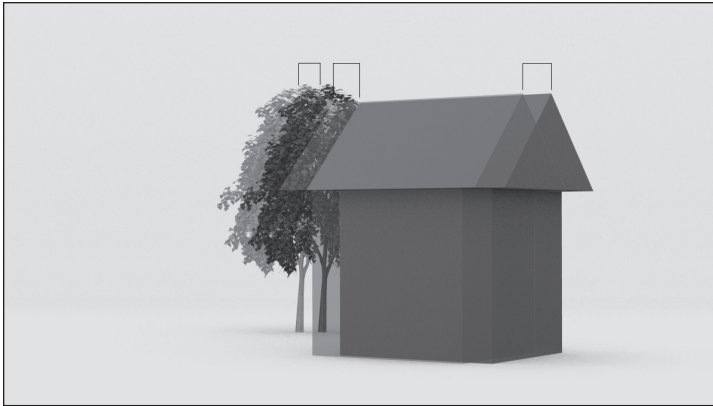
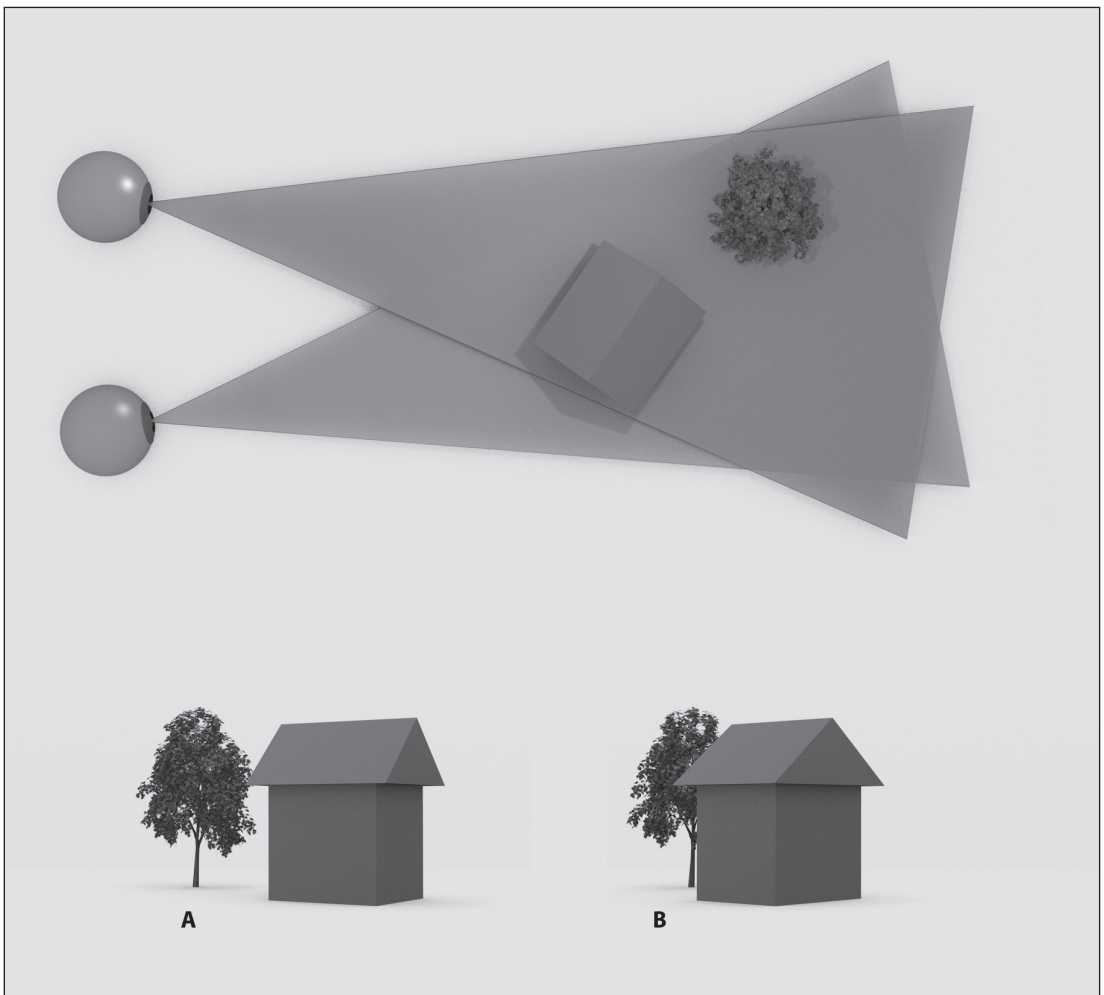


Figura 2.10
Schema esemplificativo
della percezione delle disparità
binoculari.

Figura 2.11
Percezione stereoscopica
delle occlusioni.



Cambi di forma

La forma e la “quantità” di oggetto visibile in una scena dipendono fondamentalmente da due fattori: la nostra distanza dall’oggetto e le sue dimensioni. Più l’oggetto sarà grande o lontano, più le immagini viste dai nostri occhi si somiglieranno, quasi fino a coincidere. Nel caso in cui ci trovassimo a una distanza adeguata davanti a un oggetto sufficientemente piccolo, per esempio il modello in scala di una casa, potremmo vederne un massimo di quattro lati, mentre se la casa fosse di dimensioni reali potremmo vederne al massimo tre.

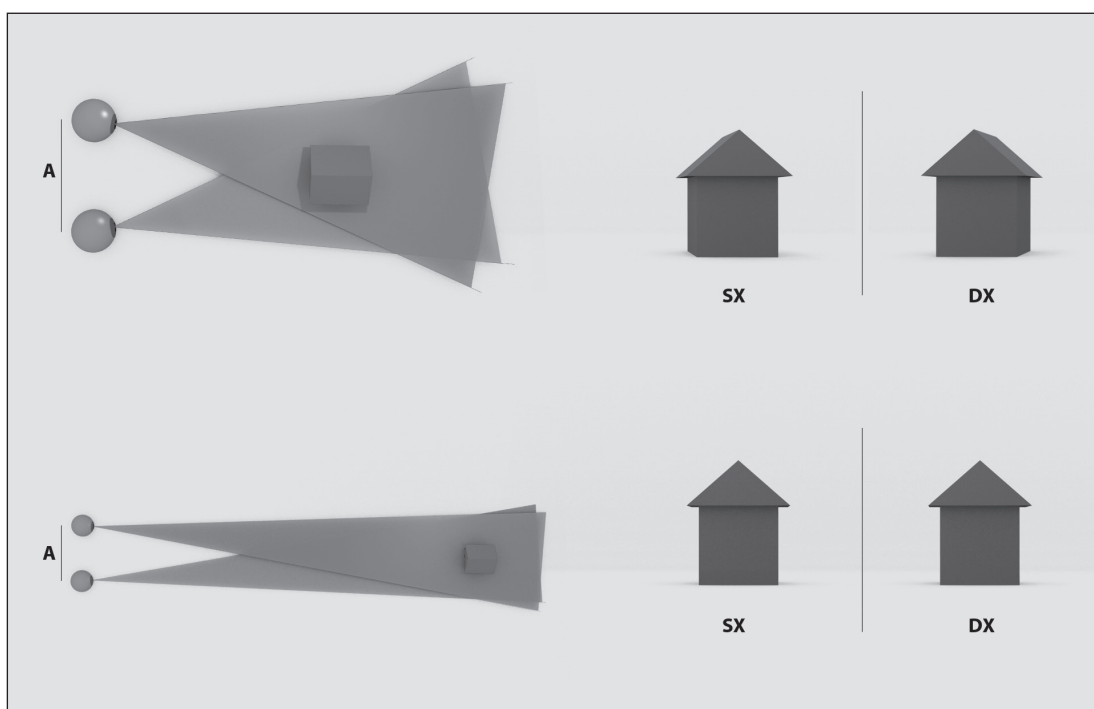
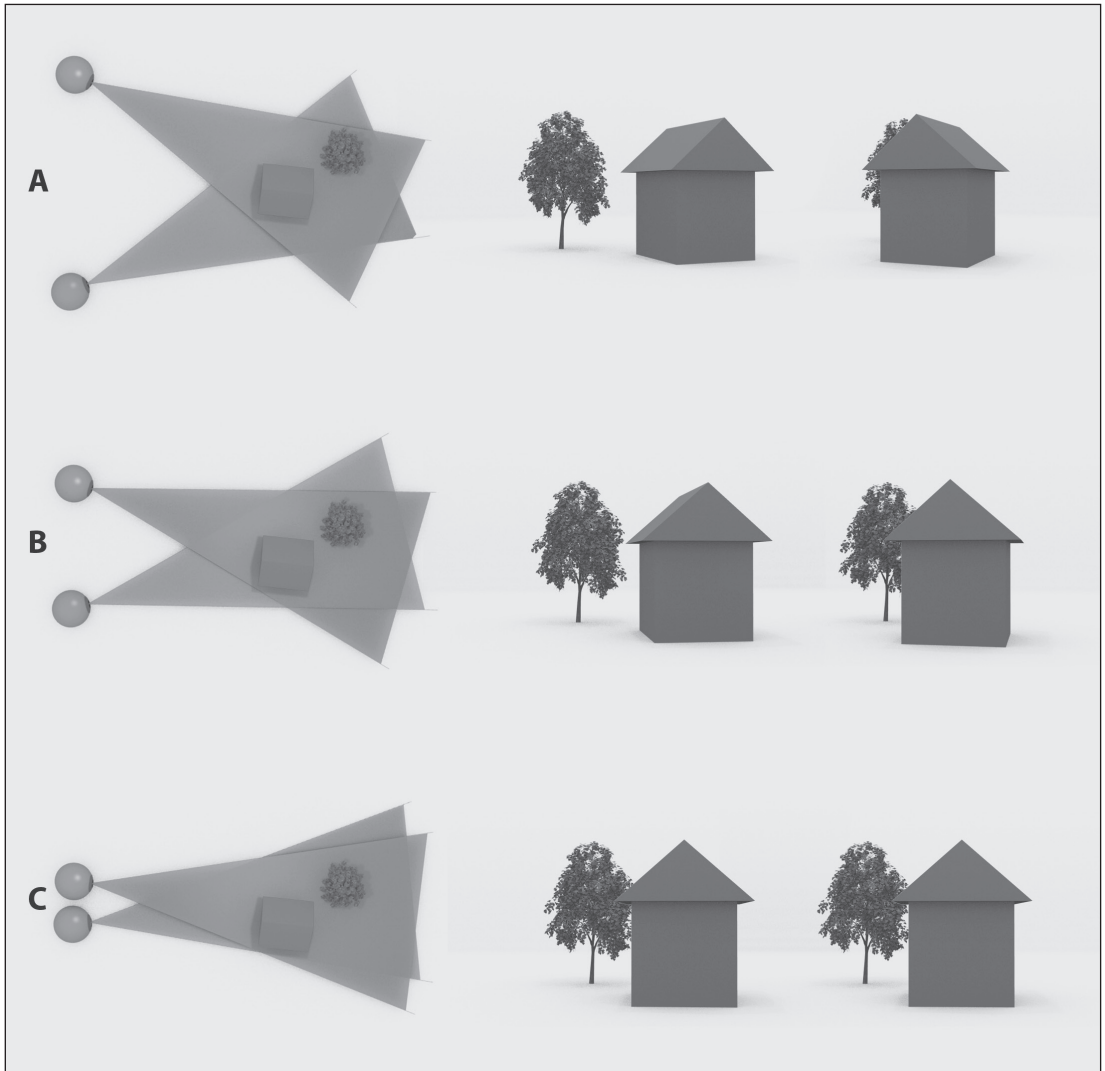


Figura 2.12

La diversa percezione di un oggetto, posizionato a distanze differenti dal punto di osservazione.

Rimanendo nell’ambito dei cambi di forma, introduciamo i cosiddetti fenomeni di “gigantismo” e “nanismo”, che è possibile realizzare cinematograficamente, grazie al posizionamento a distanza minore o maggiore delle macchine da presa. Nel primo caso si otterranno immagini simili che risulteranno alquanto piatte, suggerendoci che ci troviamo davanti a oggetti di grandi dimensioni, mentre nel secondo caso ci sembrerà di osservare un modello in scala. Le immagini che seguono esemplificano il concetto.

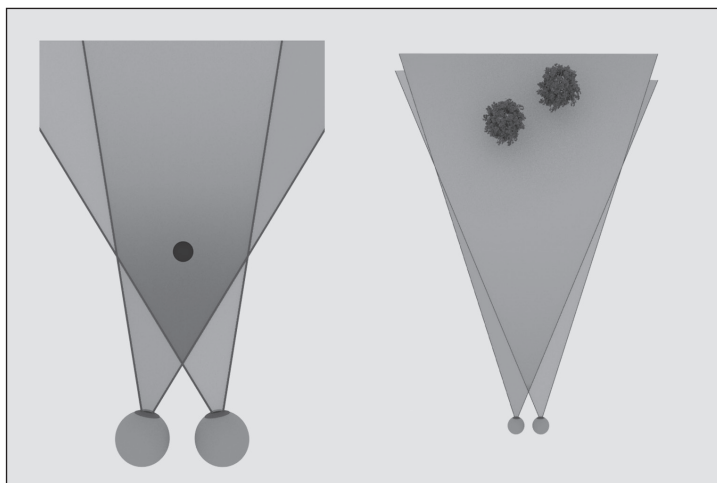
**Figura 2.13**

Esempi di nanismo (A), gigantismo (C) e un caso intermedio (B) (si veda Inserto a colori, Figura 1).

Convergenza e divergenza

Come abbiamo visto più volte, la capacità di individuare l'occlusione degli oggetti ci permette di capirne la reciproca profondità in una scena. Tuttavia non ci è possibile dedurre la distanza tra il nostro punto di osservazione e gli oggetti stessi. Per fare ciò ricorriamo ai muscoli del nostro sistema visivo, i quali, contraendosi, permettono ai bulbi oculari di ruotare simmetricamente, facendo convergere le retine verso il punto da osservare. Maggiore sarà la distanza dal punto osservato, minore (o nulla) sarà la contrazione richiesta, risultando in una situazione particolarmente rilassante (osservazione del cielo, dell'orizzonte e così via). In modo con-

Figura 2.14
Confronto tra due situazioni
di stereopsi di diversa intensità.



trario, aumentando la vicinanza al punto di interesse, aumenta la contrazione muscolare, fino a generare affaticamento, fastidio o addirittura dolore.

È proprio grazie a questo meccanismo che possiamo dire di trovarci veramente in prossimità di una casa e di un albero e non davanti a un modello in scala.

Presto vedremo come fare uso di questi concetti al fine di creare immagini tridimensionali di qualità.

Accomodazione, messa a fuoco

Esiste infine un altro meccanismo che si attua durante la visione, ovvero la messa a fuoco di un soggetto, un processo noto con il nome di accomodazione. L'accomodazione avviene in seguito alla convergenza e può rimanere uguale mentre quest'ultima cambia. Si tratta quindi di un passaggio fondamentale per il nostro sistema visivo, ma che non può tuttavia permetterci determinare la distanza da un oggetto (a differenza della convergenza).

Proprio grazie a questa decorrelazione tra convergenza e accomodazione ci è possibile fruire dei contenuti stereoscopici, i quali fanno convergere i nostri occhi in un punto, mettendone a fuoco un altro.

Limiti della visione stereoscopica

A differenza delle deduzioni di profondità monoscopiche, quelle stereoscopiche presentano dei limiti all'aumentare della distanza del soggetto osservato.

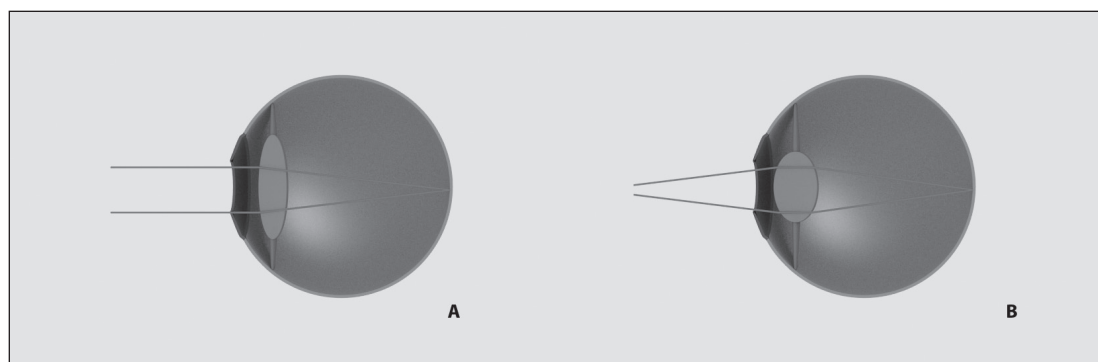


Figura 2.15

Il processo di accomodazione. Differenza tra visione stereoscopica naturale (sincronia tra convergenza e messa a fuoco) e stereoscopia artificiale.

Per esempio, osservando la casa e l'albero da una distanza maggiore di 20 metri, non potremo più rilevare le differenze di occlusione, in quanto le immagini impresse sulle retine saranno praticamente identiche.

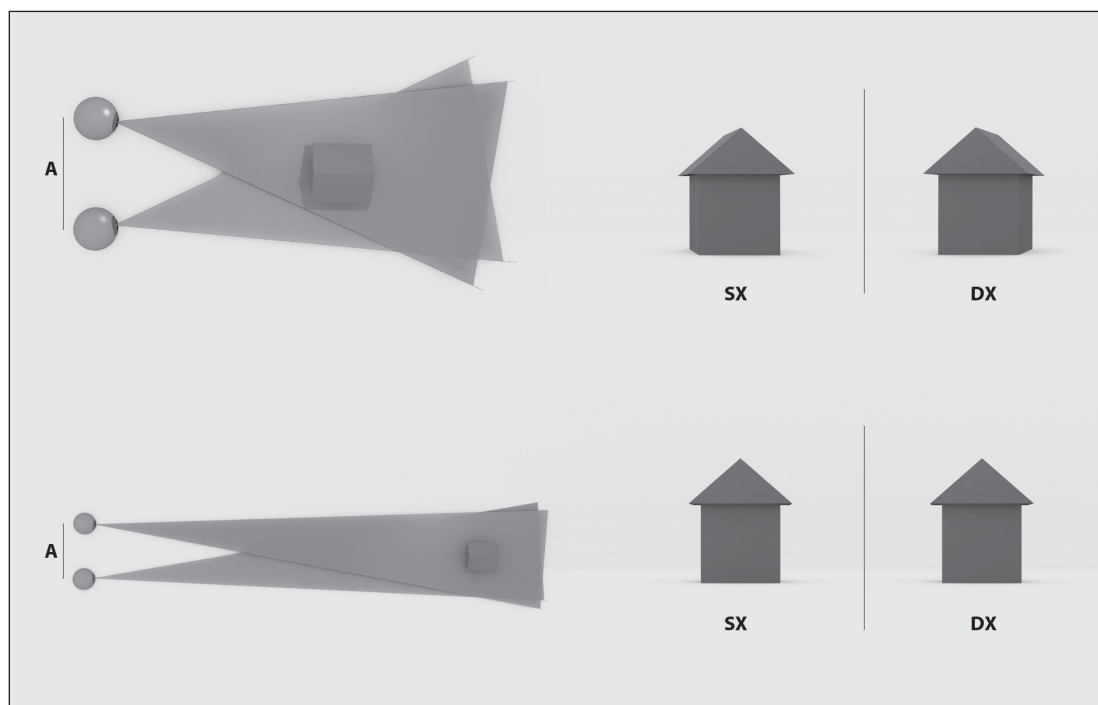


Figura 2.16

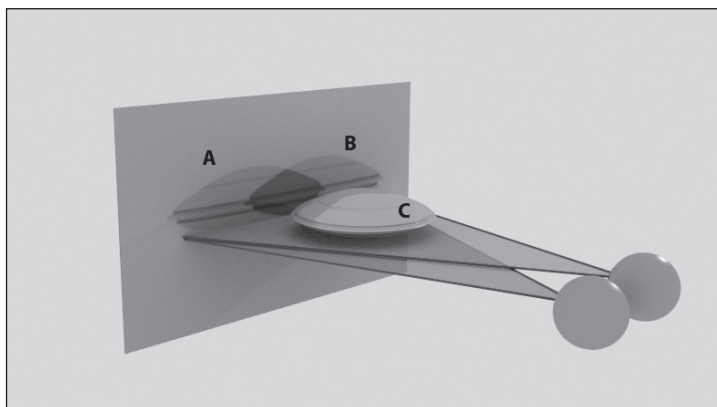
Perdita progressiva delle informazioni sulla differenza di parallasse con l'allontanarsi dei soggetti.

Visione stereoscopica artificiale

Iniziamo ora a vedere quali sono i limiti della visione stereoscopica artificiale, ovvero quella della sala cinematografica. L'illustrazione sottostante schematizza la visione di uno schermo e le diverse aree di visione. Prenderemo in considerazione questa immagine successivamente.

Figura 2.17

La combinazione di un'immagine destinata all'occhio sinistro (A) e di una destinata all'occhio destro (B) proiettate su un piano, vengono interpretate come un oggetto tridimensionale (C) separato da esso (si veda Inserto a colori, Figura 2).



Uno dei limiti della stereoscopia cinematografica è la risoluzione di coppie di immagini. Nel momento in cui si perderà definizione, per esempio a causa di artefatti di compressione oppure di aree sotto o sovrapposte, si perderà l'illusione della tridimensionalità a causa dell'inconsistenza delle coppie di immagini.

Un altro importante limite consiste nella distanza orizzontale che le parti di un soggetto avranno nella coppia di immagini. Per simulare la visione naturale di un oggetto estremamente lontano, questa distanza ammonterà a un massimo di 6-7 centimetri su uno schermo cinematografico e 1-2 centimetri sul monitor di un computer. Valori superiori causeranno un affaticamento progressivo degli occhi.

A tale proposito, torniamo all'affermazione secondo la quale siamo in grado di mettere a fuoco un punto (lo schermo) e fare convergere la visione su un altro. Ci sono delle limitazioni a questo meccanismo (che non si attua durante la visione della realtà) dipendenti dall'intensità della convergenza e quindi da fattori fisiologici. Con l'avanzare dell'età si perde progressivamente la capacità e la reattività nella convergenza, avendo quindi maggiore difficoltà a vedere stereoscopicamente.

D'altro canto è inoltre possibile "allenarsi" alla visione stereoscopica, attraverso la regolare fruizione di contenuti di questo tipo,

rendendo la visione meno faticosa, più responsiva e quindi di maggiore intrattenimento.

Per concludere, vediamo un ultimo e importante fattore, riguardante la posizione dei soggetti in una scena. Poiché il nostro cervello non è in grado di fondere le immagini di soggetti vicini e lontani, per lo spettatore sarà possibile concentrarsi sui livelli dell'immagine in modo aleatorio.

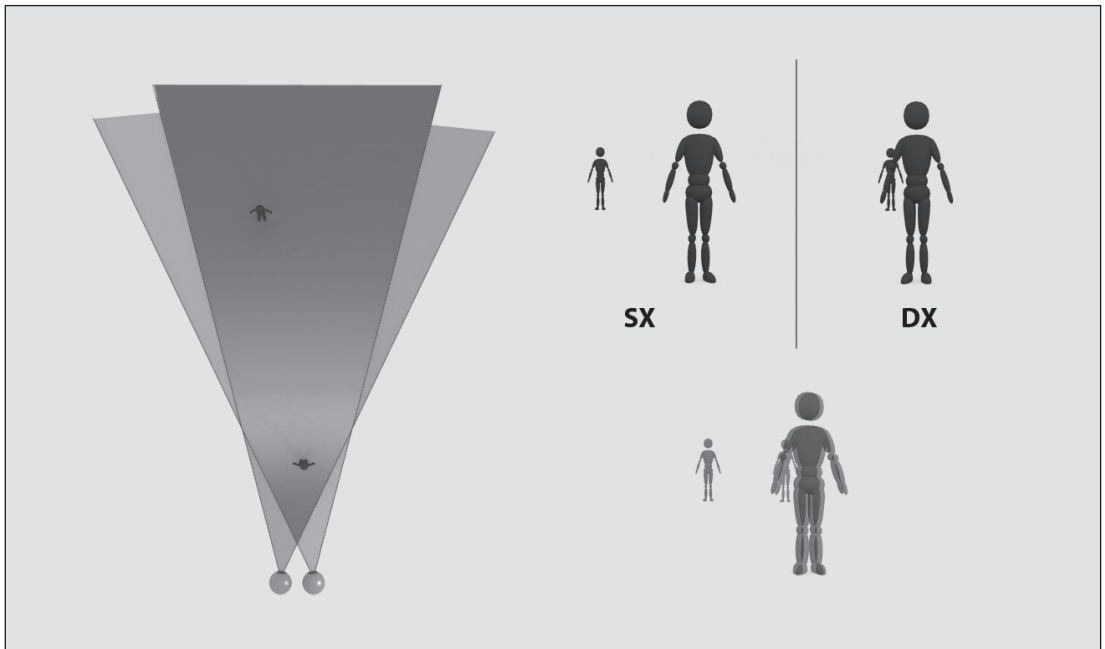


Figura 2.18

Esempio di composizione scorretta: i soggetti sono posizionati agli estremi del campo visivo stereoscopico (si veda Inserto a colori, Figura 3).

Nella fotografia cinematografica tradizionale si fa uso della sfocatura per rendere la profondità di campo e indirizzare l'attenzione dello spettatore sul soggetto desiderato. Nel cinema stereoscopico, questa procedura va usata con maggiore cautela. Pertanto sarà soprattutto la disposizione dei soggetti a determinare la lettura generale della scena.

Problemi nella visione stereoscopica

La visione stereoscopica non è prerogativa del 100% della popolazione, anzi si stima che da 3 a 15 persone su 100 abbiano problemi di visione binoculare, detta anche cecità stereoscopica. In questo gruppo rientrano le persone affette da strabismi, microstrabismi, cecità parziale o totale a un occhio, ipermetropia, in definitiva

tutti coloro che non sono in grado di controllare il processo di convergenza oculare.

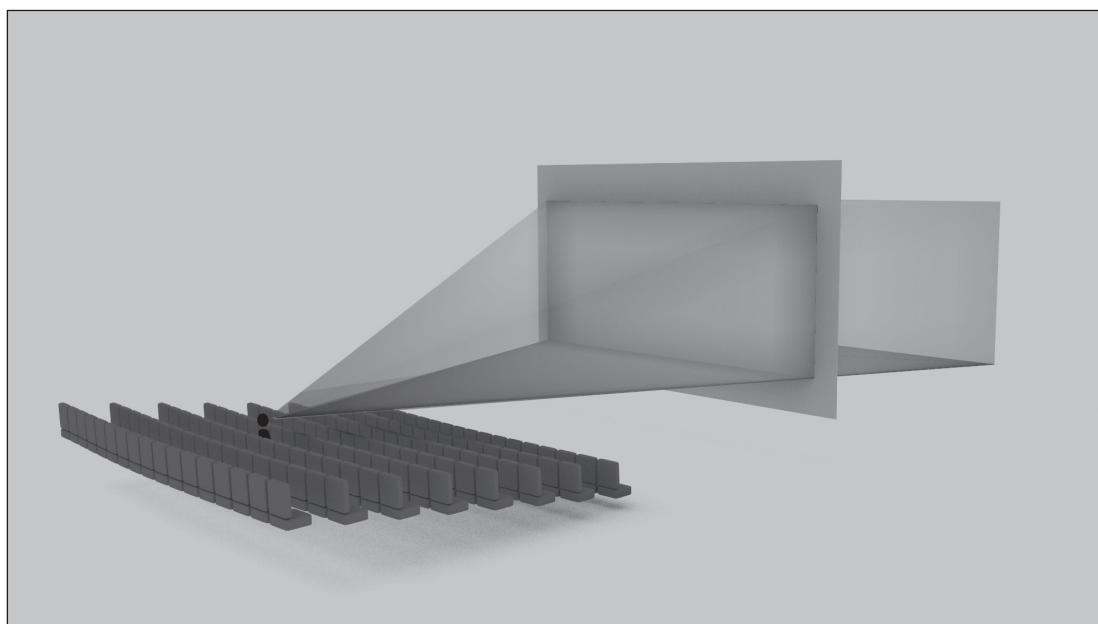
Per quanto riguarda il restante 90% della popolazione, possiamo affermare che se essa non vedrà correttamente le immagini stereoscopiche, sarà colpa di chi ha realizzato le immagini. Saranno notate differenze anche molto piccole tra le coppie di immagini, così come variazioni cromatiche e di esposizione. Un distanziamento scorretto delle due immagini potrà dare origine a uno sforzo di convergenza estremo o di eccessiva durata, portando affaticamento o mal di testa allo spettatore. Sono davvero numerosi, inoltre, gli aspetti della composizione di una scena cui bisogna prestare particolare attenzione, in quanto possono inaspettatamente portare ai problemi sopra menzionati.

Conclusioni

Questa introduzione alla visione stereoscopica ci fa capire chiaramente che la portata della sua ricomparsa nel cinema non è esattamente comparabile all'arrivo del colore negli anni Trenta. L'illusione stereoscopica richiede uno sforzo muscolare non del tutto naturale, pertanto vi sono delle limitazioni al tipo di immagini, alla composizione, alla rapidità di tagli nel montaggio, che in qualche modo contrastano con le frenetiche sequenze del cinema contemporaneo.

Figura 2.19

La nuova dimensione spaziale data dalla stereoscopia.



Non va tuttavia dimenticata la natura bidimensionale delle coppie di immagini alla base della stereoscopia. Anche se tridimensionale, quella che vediamo rimane comunque una finestra sul mondo, con limiti paradossalmente maggiori dati dalle aree di rivalità retinale e dai punti di massima convergenza.

Le tecniche e le tecnologie di produzione e postproduzione in continua fase di evoluzione permettono di creare scenari sempre nuovi, con nuovi sguardi a essi rivolti. Un nuovo rinascimento della stereoscopia aggiunge un'ulteriore prospettiva a questo quadro. Molte problematiche sono inedite e molto pochi sono invece i dogmi, lasciando quindi a registi, sceneggiatori e direttori della fotografia la possibilità di esplorare e sperimentare.

Nel corso della nostra esposizione affronteremo le problematiche più comuni che si incontrano durante la creazione di immagini stereoscopiche e forniremo istruzioni per affrontarle e risolverle, illustrando anche i concetti fondamentali a esse collegati.