

Lo spazio tridimensionale

1. Possiamo «vedere» la distanza?

Lo spazio visivo possiede, come quello fisico, tre dimensioni. Gli oggetti che vediamo sono dotati di *corporeità* e sono collocati a diverse *distanze* da noi. In condizioni normali, non vi è alcuna ambiguità a questo proposito, tanto che siamo in grado di muoverci senza incertezze non solo tra i mobili e le persone del nostro ambiente ma anche di spostarci a grandi velocità guidando un'automobile o pilotando un aereo.

Ancora una volta, la risposta del senso comune a questo interrogativo potrebbe essere: gli oggetti del mondo fisico *sono* tridimensionali, hanno un certo spessore, sono *effettivamente* situati alcuni più vicino, altri più lontano da noi, i nostri occhi non fanno altro che registrare, constatare, in una parola «percepire» una tale realtà.

Le difficoltà incominciano quando si riflette sulla struttura dell'occhio e si tien conto delle leggi che regolano il percorso dei raggi luminosi e le loro proiezioni sulla retina. Ci si accorge

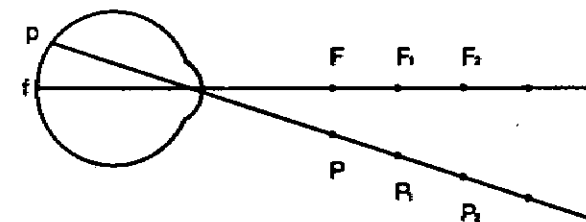


FIG. 1.76. Tutti i punti dello spazio giacenti nella medesima direzione si proiettano sullo stesso punto della retina

allora che la retina è una superficie bidimensionale e potrebbe perciò fornirci dei dati solo sulla *direzione* dalla quale ci giungono i raggi luminosi, ma non sulla *distanza* delle loro sorgenti.

Come illustrato nella figura 1.76, il punto F si proietta al centro della retina, nella fovea *f*, mentre la proiezione del punto P cade su un'altra zona retinica, in *p*. Questa diversa localizzazione nella stimolazione prossimale ci può permettere di distinguere la posizione nello spazio visivo di P come diversa da quella di F. Ma poiché anche P₁, P₂, e gli infiniti altri punti che possiamo immaginare come giacenti nella medesima direzione, danno luogo all'identica stimolazione *p*, come mai possiamo *vedere* che sono collocati a distanze diverse? Altrettanto vale per tutti gli innumerevoli punti F₁, F₂ ..., F_n, che proiettano la loro immagine sulla fovea. In altre parole, nella proiezione retinica esistono le basi per la percezione diretta della *larghezza* e dell'*altezza*, ma non quelle per la percezione della *profondità*.

A questa domanda, Berkeley — e dopo di lui i filosofi empiristi e gran parte dei fisiologi e degli psicologi, a cominciare da Helmholtz fino agli odierni transazionalisti [Ames 1951] e cognitivisti [Gregory 1970] — ha risposto che semplicemente *non vediamo* le distanze nella terza dimensione. Noi crediamo di vedere lo spazio, mentre «in realtà» lo *pensiamo* o ce lo *rap-presentiamo*. Ciò che ci viene fornito dalla stimolazione prossimale visiva, e che quindi veramente vediamo, sono soltanto degli *indizi* in base ai quali, attingendo ai nostri ricordi di esperienze passate, noi *giudichiamo* la collocazione nello spazio degli oggetti e le loro distanze relative. Tali esperienze passate sarebbero soprattutto di carattere cinestesico¹. Per afferrare un oggetto che proietta sulla retina un'immagine di una certa grandezza, un bambino deve compiere un movimento di una certa estensione; quando lo stesso oggetto si trova a una distanza doppia e la sua immagine retinica è corrispondentemente più piccola, il bambino deve fare un movimento di estensione doppia. In seguito al ripetersi di esperienze di questo tipo, egli apprende ad accoppiare a ciascuna esperienza visiva dell'oggetto le corrispondenti immagini mnestiche dei movimenti compiuti per afferrarlo.

¹ I dati cinestesici sono forniti da recettori sensoriali situati nei muscoli, nei tendini e nelle articolazioni e informano sul grado di contrazione dei muscoli e sulla posizione e sull'attività delle varie parti del corpo.

La distanza in quanto tale non sarebbe dunque mai un genuino dato sensoriale, ma sarebbe sempre soltanto il risultato di una «valutazione», in quanto avremmo imparato a stabilire un certo legame tra la dimensione retinica di un oggetto conosciuto e l'ampiezza dello spostamento che dovremmo effettuare per raggiungerlo.

1.1. Convergenza e accomodazione

E così, quando fissiamo un oggetto, gli occhi devono *convergere* di un certo angolo, in modo che l'immagine dell'oggetto cada sulla fovea di ciascun occhio. Avremmo in tal modo un altro indizio cinestesico per giudicare la distanza vivisa. Secondo Berkeley [1709]: «la mente, attraverso un'esperienza costante, ha trovato che le diverse sensazioni, corrispondenti alle diverse posizioni degli occhi, si accompagnano a diversi gradi di distanza dell'oggetto. Da tutto ciò deriva che il giudizio sulla distanza di un oggetto deriva interamente dall'esperienza».

Anche il meccanismo dell'*accomodazione* o della *messa a fuoco* fornirebbe un indizio cinestesico di profondità. Infatti, perché l'immagine di un oggetto sia nitidamente a fuoco sulla retina, il cristallino deve essere tanto più convesso quanto è minore la distanza dall'occhio dell'oggetto fissato. Tale processo di accomodazione della lente viene compiuto automaticamente dal muscolo ciliare e sarebbero le sensazioni cinestetiche prodotte dai vari gradi di contrazione del muscolo, per produrre una maggiore o minore curvatura della lente, a fornire un efficace indizio di profondità.

Per questa via — combinando sensazioni visive e sensazioni cinestetiche con i ricordi dei movimenti eseguiti in passato per raggiungere gli oggetti — l'individuo si verrebbe gradualmente costruendo uno spazio visivo tridimensionale, cioè un sistema coerente di indizi che gli permette di giudicare la distanza e la corporeità degli oggetti.

Vi è anzitutto da dire che, comunque, i dati propriocettivi oculari sono quasi sempre *inavvertiti* come tali. Se essi agiscono realmente come indicatori di profondità, ciò deve avvenire attraverso un qualche processo di ragionamento inconscio compiuto dalla nostra mente che, «tenendo conto» delle sensazioni muscolari che accompagnano determinate sensazioni visive,

«inferisce» la distanza dei corrispondenti oggetti. Ad esempio, per quanto riguarda la convergenza, non siamo in grado di avvertire la direzione dello sguardo di un occhio come distinta da quello dell'altro. Anche quando le due direzioni sono molto diverse, l'osservatore ha sempre l'impressione che i due occhi siano puntati in un'unica direzione, tanto che Hering [1868] ha enunciato a questo proposito la legge dell'«identità delle direzioni visive», dimostrandola con il seguente esperimento.

Ci si ponga a circa mezzo metro da una finestra e, chiudendo l'occhio destro, si osservi con l'occhio sinistro un oggetto abbastanza distante, ad esempio un campanile che si staglia contro il cielo. Tenendo immobile la testa, si applichi sul vetro della finestra un segno (ad es., un pezzetto di nastro adesivo) esattamente sulla linea di mira tra l'occhio e l'oggetto fissato. Quindi si chiuda l'occhio sinistro e, senza muovere la testa, si apra l'occhio destro e si osservi ciò che sta dietro il segno sul vetro (ad esempio un albero). Si apra ora anche l'altro occhio e, sempre senza spostare la testa, si diriga lo sguardo di ambedue sul segno che sta sul vetro. Si vedrà allora davanti a sé il segno e dietro ad esso, in lontananza, sia il campanile che l'albero. Ciò significa che vediamo i tre oggetti nella stessa direzione apparente, nonostante che essi abbiano geometricamente direzioni diverse rispetto a noi. L'impressione che si ha

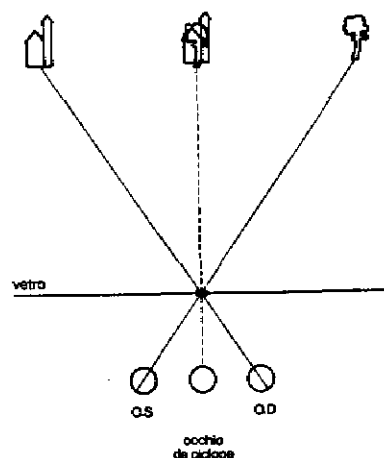


FIG. 1.77. Legge della identità delle direzioni visive

guardando davanti a sé è come se, invece di due occhi, avessimo un unico occhio «da ciclope» a metà della fronte (vedi figura 1.77).

Ma è anche dubbio che l'elaborazione «inconscia», da parte del nostro organismo, dei dati cinestesici dia dei risultati veramente utili ai fini della discriminazione delle distanze. I numerosi esperimenti compiuti dopo Berkeley, a cominciare da quelli di Wundt [1862], di Hillebrandt [1894], di Bourdon [1902], fino a quelli più recenti di Gogel [1962], hanno dimostrato che gli indizi forniti dai meccanismi fisiologici della convergenza e dell'accomodazione, quando agiscono isolati, sono ben poco precisi e possono comunque dare indicazioni solo su uno spazio molto vicino. Se si elimina ogni altro indizio di profondità, e si presentano al buio dei dischetti luminosi posti a varie distanze, ma il cui diametro sia regolabile in modo che sottendano un identico angolo visivo, e cioè formino sulla retina immagini della stessa grandezza, l'osservatore non è in grado di giudicare con certezza né la loro distanza assoluta né quella relativa. Tale incertezza vale sia in visione monoculare in cui, in queste condizioni, dovrebbe agire soltanto l'accomodazione, sia in visione binoculare in cui a questo meccanismo si aggiunge quello della convergenza.

L'imprecisione dei dati forniti da questi due fattori batoscopici comincia già a circa 2 m. Va inoltre ricordato che per oggetti collocati a più di 5 m. di distanza l'accomodazione del cristallino non varia più, mentre la convergenza non agisce più per oggetti posti oltre i 20 m. di distanza.

1.2. Disparazione binoculare

Ben più importante di questi due tipi di dati propriocettivi oculari si è dimostrato un altro meccanismo fisiologico, fondato anch'esso sul funzionamento congiunto dei due occhi. Quando i due occhi fissano un punto situato a una certa distanza, cioè convergono su tale punto per metterne a fuoco l'immagine sulle due fovee, si vede *un solo* punto. Le due fovee sono *punti corrispondenti* delle retine, e così si chiamano «corrispondenti» o «identici» tutti i punti delle retine che nei due occhi occupano la stessa posizione geometrica, in latitudine e longitudine, in rapporto alla rispettiva fovea. Per un dato angolo di conver-

genza dei due occhi, le immagini formatesi su una coppia di questi punti si fondono e producono la visione di un singolo punto fenomenico situato su un piano frontale, alla stessa distanza del punto fissato. Il luogo dei punti dello spazio che, per una data posizione degli occhi, formano le proprie immagini sui punti corrispondenti delle due retine, si chiama *oroptero*. Naturalmente l'*oroptero* cambia con il cambiare del punto di fissazione, cioè per ogni angolo di convergenza si ha un *oroptero* di forma differente. I punti che non giacciono sull'*oroptero* formano quindi le proprie immagini su punti non corrispondenti o *disparati*. Essi dovrebbero essere veduti come

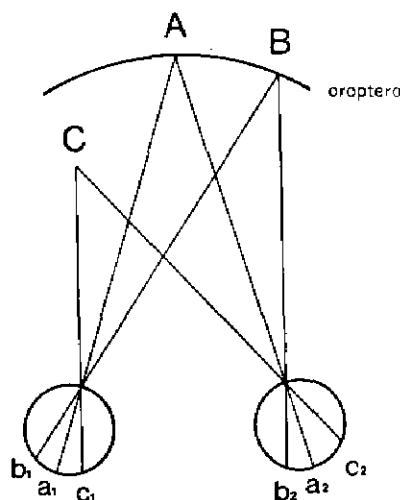


FIG. 1.78. Punti corrispondenti e punti disparati delle retine

A = punto fissato; B giace sull'*oroptero*; C non giace sull'*oroptero*; a_1 e a_2 (le due fovee) = punti corrispondenti; b_1 e b_2 = punti corrispondenti; c_1 e c_2 = punti disparati; $a_1b_1 = a_2b_2$; $a_1c_1 \neq a_2c_2$.

doppi (diplopia). Anche se normalmente non ci accorgiamo delle immagini doppie, perché i nostri occhi si muovono continuamente esplorando l'ambiente e mettendo a fuoco successivamente le varie sue parti sulle quali concentriamo l'attenzione, possiamo facilmente constatare la loro esistenza. Si tenga l'indice di una mano a circa 15 centimetri davanti al naso e l'in-

dice dell'altra mano a circa 30 centimetri di distanza. Se si fissa il dito vicino, si vede doppio l'altro dito, mentre se si fissa quello lontano si sdoppia il dito vicino.

La *disparazione* binoculare, cioè la differenza tra le distanze dalla fovea delle proiezioni sulle retine dei due occhi di un singolo punto dello spazio, può dar luogo a diplopia soltanto quando è piuttosto grande. Quando invece la disparazione è piccola, le due immagini monoculari disparate si fondono e danno luogo a un unico punto fenomenico, come avviene per il punto fissato le cui immagini si formano sulle due fovee, cioè su punti corrispondenti. Ma tale fusione di immagini leggermente disparate non rimane senza conseguenze: il punto fenomenico risultante è dotato di una chiara localizzazione batoscopica rispetto al punto fissato, è cioè veduto più vicino o più lontano di questo punto.

La lontananza e la vicinanza rispetto al punto fissato sono determinate dalla posizione delle rispettive immagini in rapporto alle due fovee. Come si può vedere dalla figura 1.79, un punto dello spazio più vicino all'osservatore di quello fissato proietta le proprie immagini sulla parte *temporale* delle due retine (disparazione «crociata»), mentre le immagini di un punto più lontano del punto fissato si formano sulla parte *nasale* delle due retine (disparazione «non crociata»).

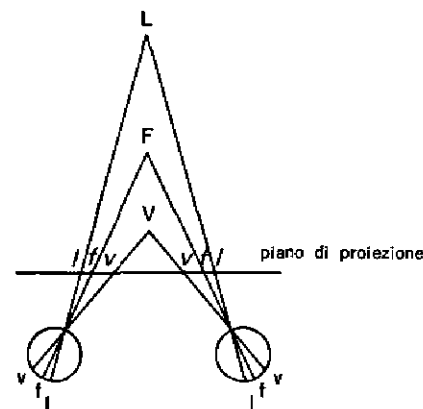


FIG. 1.79. Disparazione «crociata» e disparazione «non crociata»

La disparazione retinica dunque, molto più delle ipotetiche sensazioni cinestesiche della convergenza e dell'accomodazione, rappresenta un sicuro e sensibile correlato fisiologico delle impressioni di profondità. Questa funzione batoscopica della disparazione, che era già stata intuita da Euclide e poi da Keplero, fu dimostrata sperimentalmente da Wheatstone [1838] per mezzo di un apparecchio ottico da lui inventato e chiamato *stereoscopio*. Si tratta di un dispositivo per mezzo del quale ai due occhi vengono presentati separatamente due disegni piani (chiamati «stereogrammi») che proiettano sulle rispettive retine due immagini leggermente disparate.

Sia AB un oggetto inclinato nello spazio con l'estremità A più vicina e con l'estremità B più lontana dall'osservatore (figura 1.80). Nel caso in cui i due occhi fissino il punto F , l'immagine ba nell'occhio sinistro sarà più corta dell'immagine ba

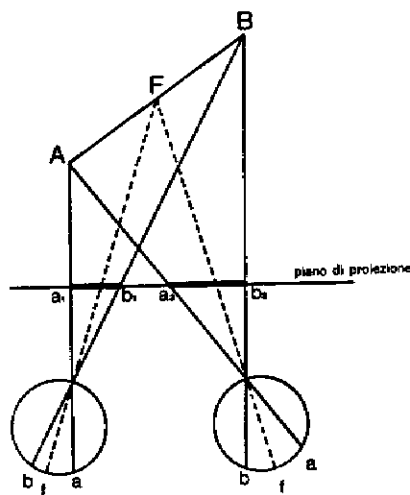


FIG. 1.80. Riproduzione della disparazione binoculare su un piano di proiezione

F = punto fissato; a_1b_1 più corto di a_2b_2

nell'occhio destro. Se immaginiamo di intersecare con un piano frontoparallelo («piano di proiezione») i fasci di raggi che danno origine alle due immagini retiniche, otterremo su tale

piano due proiezioni a_1b_1 e a_2b_2 , equivalenti alle proiezioni sulla retina.

Nello stereoscopio si presentano all'occhio sinistro lo stereogramma a_1b_1 e all'occhio destro lo stereogramma a_2b_2 , facendo in modo (per mezzo di prismi, di lenti o di specchi; cfr. figura 1.81) che cadano sugli occhi come se provenissero dalla

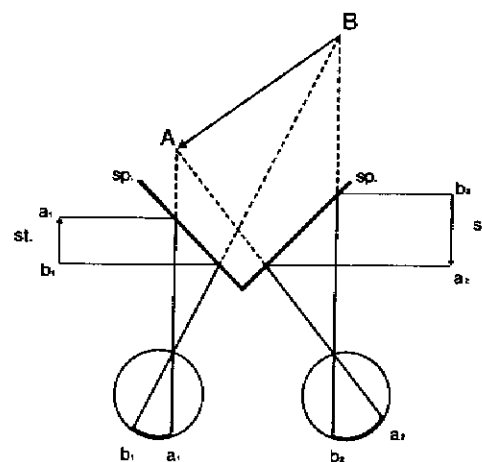


FIG. 1.81. Schema di funzionamento dello stereoscopio a specchi

$st\ a_1b_1$ e $st\ a_2b_2$ = stereogrammi; sp = specchi; AB = oggetto fenomenico

direzione di AB . Il risultato è la visione di un unico oggetto collocato nello spazio tridimensionale, come l'oggetto AB a cui corrispondono le proiezioni a_1b_1 e a_2b_2 .

2. La tridimensionalità in visione monoculare

Le dimostrazioni sperimentali mediante lo stereoscopio non permettono dubbi sull'azione della disparazione binoculare come efficace fattore delle impressioni di distanza e di corporeità, anche se non sappiamo attraverso quali processi una tale disparazione agisca. Ma pur riconoscendole un ruolo impor-

tante nella visione batoscopica, non possiamo ritenerla l'unico fattore efficace, e questo per almeno due ragioni.

In primo luogo, la sua azione ha dei limiti teorici ben precisi, dovuti alla piccolezza della distanza interpupillare, che è in media di circa 6,5 cm. Col crescere della distanza dall'osservatore, diminuisce rapidamente la grandezza della disparazione retinica e di conseguenza è necessario che la distanza tra due oggetti nello spazio sia sempre più grande perché possa essere distinguibile in base alla disparazione. Infatti, mentre alla distanza di 1 metro siamo in grado di discriminare differenze di profondità di 0,5 mm, a 50 m la soglia è già di 1-2 m, a 500 m non sono distinguibili differenze di profondità minori di 100 m e dopo i 2.000 m nessuna differenza di distanza tra due oggetti lontani produce più una disparazione utilizzabile dal nostro apparato visivo.

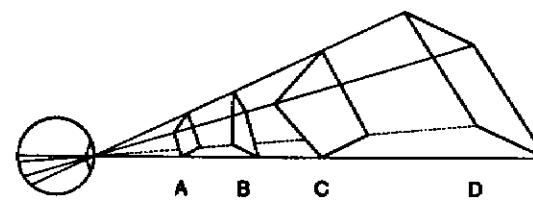
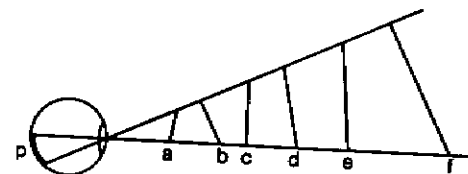
Ciò significa che, ad esempio, in base alla sola disparazione binoculare, una persona a 50 m non potrebbe avere corporeità fenomenica, dovrebbe cioè apparirci del tutto piatta. Senza parlare delle colline e delle montagne distanti qualche chilometro. Poiché invece anche in queste condizioni il mondo ci appare in rilievo, la disparazione binoculare non può essere l'unico fattore della visione tridimensionale.

Un secondo, più decisivo, argomento è costituito dal fatto che non è necessario avere due occhi per vedere le distanze; anche chi possiede un occhio solo sa distinguere una figura piana da un corpo tridimensionale ed è in grado di muoversi con sicurezza nel proprio ambiente. Com'è dunque possibile l'esistenza di una percezione della distanza in visione monoculare? Quali dati o eventi presenti nella stimolazione possono essere considerati correlati con una tale percezione?

Abbiamo già visto come Berkeley e la maggior parte dei fisiologi e degli psicologi empiristici rispondono a questa domanda. Essi, semplicemente, negano l'esistenza di una genuina percezione tridimensionale; la distanza non può essere percepita, ma è sempre soltanto *inferita, giudicata, pensata*.

Il loro ragionamento parte dalla constatazione che l'informazione contenuta nella stimolazione retinica non sarebbe sufficiente a darci la visione della terza dimensione. Come è illustrato nella figura 1.82, i segmenti *a, b, c, d, e, f*, di diversa lunghezza e posti a diverse distanze e con diverse inclinazioni rispetto all'osservatore, danno luogo tutti alla medesima proie-

zione retinica *p*, dato che tutti sottendono il medesimo *angolo visivo*. Altrettanto vale per le superfici bidimensionali *A, B, C, D*, ecc., della figura 1.83.



FIGG. 1.82. e 1.83. Famiglie di configurazioni equivalenti

Da questo punto di vista, i segmenti della figura 1.82 e le superfici della figura 1.83 costituiscono due famiglie di configurazioni *equivalenti*. In altre parole, una determinata proiezione retinica può essere prodotta, non da una sola, ma da un infinito numero di situazioni esterne molto differenti tra di loro. Ma se due membri di una famiglia di configurazioni equivalenti danno luogo a un'eguale proiezione retinica, essi dovrebbero dare luogo alla medesima percezione. Come fa dunque l'osservatore a discriminare tra i due oggetti esterni? Come fa, in particolare, ad attribuire loro una diversa distanza?

Poiché le basi per una tale distinzione non sembrano rintracciabili nella stimolazione, pare logico concludere che l'osservatore debba valersi di altri criteri per identificare gli oggetti e per valutare la loro distanza relativa. Questi criteri sarebbero frutto di apprendimento e sarebbero utilizzati nei processi di

giudizio inconsci di cui abbiamo già parlato. Uno di tali criteri, cosiddetti «empirici», sarebbe rappresentato ad esempio dal fatto che noi in genere conosciamo la *grandezza* degli oggetti. Perciò, se una sedia produce un'immagine retinica più piccola di quella di un'altra sedia, questo fatto sarebbe «interpretato» come indizio della sua maggiore distanza dall'osservatore. Esamineremo più avanti sia questo che altri indizi empirici, quali la *sovrapposizione* e la *prospettiva aerea*. Per il momento dobbiamo constatare che, benché l'apprendimento giochi indubbiamente un suo ruolo nell'azione di questi criteri o indizi di profondità, il punto di partenza degli empiristici è certamente sbagliato. Tale punto di partenza consiste nell'affermare che *la distanza non si può vedere*, in quanto nella stimolazione retinica bidimensionale non sono contenuti sufficienti correlati della terza dimensione. Questa affermazione trascura la realtà, ignora quel dato di fatto fondamentale che è la testimonianza della nostra esperienza diretta. Se, invece di speculare sull'impossibilità della percezione tridimensionale, ci affidiamo a una genuina osservazione fenomenologica, non possiamo non constatare che *vediamo* la corporeità degli oggetti e la loro *distanza* relativa rispetto a noi, proprio come vediamo il loro *colore* o la loro *forma*. E nessun ragionamento può trasformare un dato veramente percepito in un dato meramente inferito.

2.1. Il «Ganzfeld»

Che la profondità sia un dato di esperienza immediata, sia cioè *veduta direttamente* come l'altezza e la larghezza, è dimostrato da un esperimento eseguito per la prima volta da Metzger nel 1930 e ripetuto con tecniche diverse da altri ricercatori [Hochberg, Triebel, Seaman 1951; Cohen 1957]. Metzger si era chiesto come apparisse lo spazio visivo qualora l'occhio venisse stimolato in modo del tutto omogeneo in ogni sua parte sensibile e non ci fossero pertanto le condizioni che normalmente danno luogo alla visione di superfici delimitate da margini. A questo scopo egli costruì un particolare dispositivo costituito da una parete opportunamente incurvata in modo da riempire l'intero campo visivo dell'osservatore e illuminata in modo che riflettesse su tutte le zone della retina radiazioni della stessa intensità. In queste condizioni di «campo totalmente omoge-

neo» (Ganzfeld), l'osservatore non percepisce una superficie corrispondente alla reale superficie fisica dalla quale vengono riflessi i raggi luminosi, ma ha l'impressione di essere circondato da un mare di nebbia che si estende indefinitamente in tutte le direzioni. La nebbia non arriva fino agli occhi, ma inizia a qualche centimetro da essi. Davanti agli occhi si forma dunque una zona di spazio «vuoto», oltre il quale la nebbia si infittisce sempre di più, finché non è più penetrabile dallo sguardo. Con illuminazioni di bassa intensità, il *Ganzfeld* è buio ed ha una profondità di circa 40 cm; se si aumenta l'intensità delle radiazioni, il campo totalmente omogeneo si schiarisce e si dilata fino ad un'ampiezza di circa 2 metri. Aumentando ulteriormente l'intensità dell'illuminazione, la nebbia si ritira gradualmente dall'osservatore, si condensa sempre di più, fino ad assumere l'apparenza di una superficie compatta localizzata a una distanza definita dall'osservatore e separata da lui da uno spazio vuoto. Questo avviene quando comincia ad apparire la «grana» della parete riflettente.

L'impressione di profondità è dunque un fenomeno primordiale non riconducibile ad altro, che si verifica quando le condizioni di stimolazione sono le più semplici possibili, mentre la percezione di una superficie bidimensionale è già il risultato di un processo di differenziazione da una struttura percettiva più elementare.

Il problema della percezione tridimensionale va perciò radicalmente riformulato. Non ci si deve chiedere in che modo da un'originaria superficie bidimensionale sorga uno spazio a tre dimensioni, ma, proprio al contrario, come dall'originaria nebbia tridimensionale si formino oggetti delimitati da superfici compatte, poste a una certa distanza ben definita da noi in uno spazio vuoto, attraverso il quale lo sguardo può penetrare senza incontrare resistenza.

2.2. Le condizioni per la percezione di una superficie bidimensionale

L'esperimento di Metzger dimostra che, affinché il campo percettivo acquisti un'organizzazione, è necessario che la stimolazione prossimale non sia del tutto omogenea. Nel suo caso, la inomogeneità era prodotta dal diverso coefficiente di

riflessione delle minute aree corrispondenti alla «grana» della parete intonacata. Soltanto a queste condizioni è possibile il formarsi di una superficie fenomenica bidimensionale collocata nello spazio a tre dimensioni. Koffka [1935] allarga l'esame ad altri tipi di discontinuità nella stimolazione, responsabili del formarsi dei *punti*, delle *linee* e dei *margini* fenomenici.

Ambedue concordano nel rifiutare un'analisi che parta dal presupposto che gli *stimoli* della visione siano i singoli raggi luminosi che eccitano singoli recettori fotosensibili. Secondo essi, i fenomeni percettivi si comprendono soltanto se si ammette che il sistema percettivo non reagisce soltanto a stimoli isolati ma molto di più al loro *rapporto* ed alle caratteristiche della loro *distribuzione* spaziale e temporale.

Così, il tipo di inomogeneità nella stimolazione globale che è correlato con la comparsa nel campo visivo di un *margin* o *contorno* è un brusco *salto* per quanto riguarda l'intensità o la lunghezza d'onda delle radiazioni che stimolano due zone contigue della retina.

Oltre ai contorni, abbiamo nell'esperienza visiva le semplici *linee* che attraversano una regione cromaticamente omogenea. Da un punto di vista della stimolazione, anche le linee possono venir considerate come sottili superfici stimulate in modo diverso dal campo circostante. Tuttavia, da un punto di vista fenomenico, le superfici in quanto tali in questo caso non esistono e si impone invece l'impressione della «linea» filiforme nella quale ha il sopravvento fenomenico il carattere di puro contorno, a detrimento di quello di superficie, allo stesso modo come un *punto* è vissuto, al limite, come privo di estensione. Ma per quanto riguarda il meccanismo di produzione, anche la semplice linea è il correlato fenomenico di un brusco dislivello, anzi di un doppio dislivello nella stimolazione.

Il sistema percettivo dunque reagisce alle *differenze* tra aree stimulate, al *rapporto* tra le loro intensità, più che ai valori assoluti di quest'ultime.

Gibson [1950; 1966] ha sviluppato quest'idea ed ha studiato le leggi secondo le quali gli oggetti percettivi — che si formano non appena dalla stimolazione totalmente omogenea si passa a una stimolazione contenente qualche discontinuità — acquistano *corporeità* fenomenica e si dispongono nello spazio visivo tridimensionale a varie *distanze* e con diverse *inclinazioni* rispetto all'osservatore.

Egli nega anzitutto che sia esatta l'affermazione secondo cui l'immagine retinica non contiene le informazioni sufficienti per la visione della distanza. Una tale affermazione è valida solo se, seguendo il ragionamento di Berkeley illustrato nella figura 1.76, la distanza è considerata come una linea che collega l'occhio con un punto dello spazio esterno, ma non è più esatta se, con i gestaltisti, per «stimolo» s'intende non soltanto la radiazione luminosa che eccita un singolo recettore o un gruppo isolato di recettori, ma anche l'*ordine* o il *tipo di distribuzione* con cui le radiazioni cadono su zone adiacenti della retina. Avendo in mente una cosiffatta concezione non atomistica di «stimolo», è possibile individuare nell'immagine retinica i correlati adeguati della percezione della distanza. Ma se si trova che, oltre alla disparazione binoculare, nell'immagine retinica sono già contenuti i correlati della visione tridimensionale *monoculare*, diventa superfluo il ricorso alle inferenze inconse basate sull'«interpretazione» degli indizi secondari di profondità, come è postulato dalle teorie empiriciste di Berkeley, di Helmholtz, di Ames o di Gregory.

Il mondo fisico esterno, la cui immagine viene proiettata nel nostro occhio, è formato da un certo numero di superfici. Una superficie fisica può essere perfettamente levigata e completamente omogenea nella composizione chimica, come nel caso di una lastra di cristallo. Ma di solito la maggior parte delle superfici del nostro ambiente possiede una «grana» costituita da un susseguirsi abbastanza uniforme di rilievi e di depressioni più o meno grandi, come i vari tipi di stoffa, la corteccia degli alberi, un muro di mattoni, un campo arato, un prato o la superficie increspata del mare. Anche in una superficie liscia, la «grana» può essere rappresentata dalle particelle di differente composizione chimica di cui il materiale è costituito, come nel caso di un blocco levigato di granito o di un conglomerato. In ambedue i casi, le varie zone della superficie riflettono la luce in modo differenziale e l'immagine che viene messa a fuoco nell'occhio sarà caratterizzata, nel primo caso, da variazioni cicliche dell'intensità delle radiazioni e, nel secondo caso, da variazioni cicliche della lunghezza d'onda. Una tale «microstruttura» ciclica o ripetitiva dell'immagine è, come è stato dimostrato da Metzger, il correlato stimolante di una *superficie visiva*.

3. I gradienti di densità microstrutturale nell'immagine retinica

Se ora consideriamo il modo come le superfici del nostro ambiente fisico vengono proiettate sulla retina, dobbiamo distinguere tre casi fondamentali. Una superficie può essere *frontale*, cioè disposta su un piano parallelo rispetto alla fronte dell'osservatore e perpendicolare alla linea di mira; può essere *longitudinale*, cioè estendersi via dall'osservatore su un piano parallelo alla linea di mira; o può essere variamente *inclinata*, cioè avere una posizione intermedia tra quelle delle prime due.

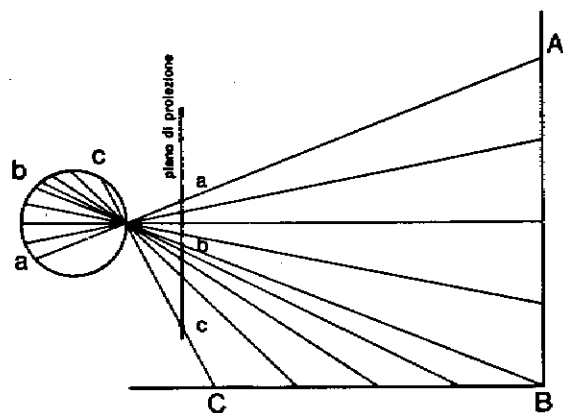


FIG. 1.84. Proiezioni di una superficie frontale e di una superficie longitudinale. La superficie AB è una parete collocata di fronte all'osservatore. Il disegno può rappresentare una sezione vista di fianco: ed allora BC è il pavimento, oppure una sezione vista dall'alto: ed allora BC è la parete alla destra dell'osservatore.

La figura 1.84 mostra come si proiettano sulla retina una superficie frontale e una superficie longitudinale. Ciò che va notato è che, mentre l'immagine retinica *ab* (corrispondente alla superficie frontale AB) possiede una microstruttura in cui gli spazi tra le varie unità sono tutti uguali, nell'immagine *bc* i punti che sulla superficie longitudinale BC sono equidistanti si proiettano a intervalli spaziali decrescenti da *c* a *b*.

Dunque nella immagine retinica è contenuta una variabile che permette di distinguere una superficie frontale da una su-

perficie longitudinale. Una superficie frontale produce una microstruttura nella stimolazione caratterizzata da una distribuzione ripetitiva i cui cicli si ripetono a intervalli regolari, una superficie longitudinale dà luogo a una distribuzione ripetitiva che presenta una *variazione seriale nella lunghezza dei cicli*, presenta cioè un *gradiente di densità* degli elementi della microstruttura.

In tal modo la percezione della distanza comincia ad essere meno enigmatica. Dire che l'inclinazione di una superficie è qualcosa che *si può vedere*, in quanto ha nel *gradiente di densità microstrutturale* uno «stimolo» adeguato, equivale a dire che si può *vedere la terza dimensione*, non in astratto, come distanza tra due punti sospesi nel vuoto, ma concretamente, come un insieme di superfici che, con varie inclinazioni, si allontanano dall'osservatore e riempiono tutto il suo campo visivo.

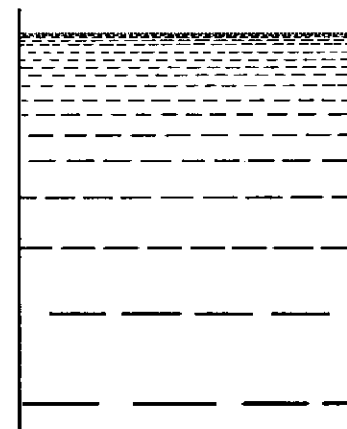


FIG. 1.85.

FIG. 1.85. Un gradiente artificiale di densità microstrutturale dà luogo a una impressione di distanza continua [Gibson 1950]

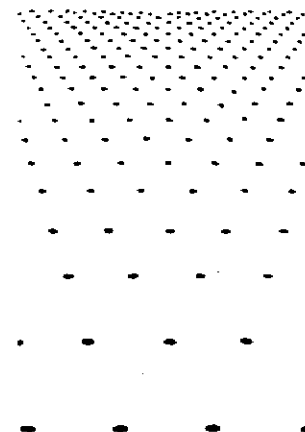


FIG. 1.86.

FIG. 1.86. Distribuzione di punti che produce l'impressione di una superficie longitudinale. La distanza tra i punti di ciascuna fila decresce linearmente passando da una fila a quella più in alto, mentre la distanza tra le file subisce una diminuzione accelerata negativamente dal basso verso l'alto. La grandezza dei punti è determinata secondo le stesse leggi [Gibson 1950].

Se questo è vero, deve essere possibile provocare impressioni di distanza anche senza la presenza di superfici fisiche longitudinali o inclinate, purché si riesca a produrre un opportuno gradiente microstrutturale sulla retina. I pittori sanno benissimo come ottenere tale risultato, applicando le regole della rappresentazione prospettica in modo da farci vedere in una superficie piana un insieme di superfici longitudinali, frontali e inclinate che costituiscono lo «spazio» del dipinto. Così, le figure 1.85, 1.86, 1.87, 1.88, 1.89, 1.90 mostrano alcuni esempi di gradienti artificiali che generano vivaci impressioni di profondità.

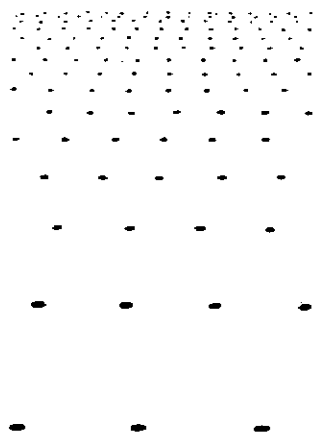


FIG. 1.87.

FIG. 1.87. Perché si abbia un'impressione di distanza, non è necessario un allineamento verticale e diagonale dei punti, prodotto da una loro spaziatura regolare. Anche senza la comune «prospettiva lineare», si ottengono impressioni di profondità mediante l'impiego di soli gradienti di densità microstrutturale, cioè utilizzando il fenomeno più generale della «prospettiva tissurale» [Gibson 1950]

FIG. 1.88. Un altro tipo di gradiente tissurale. [Gibson 1950]

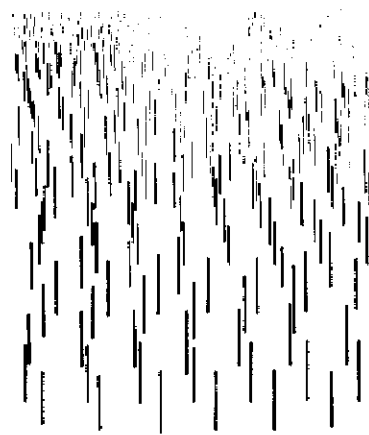


FIG. 1.88.

Esse sono costruite secondo le regole geometriche della *prospettiva*, ma applicate in questo caso alla microstruttura delle superfici invece che ai soli contorni ed alle linee interne delle superfici stesse, come avviene nell'ordinaria *prospettiva li-*

neare (vedi figure 1.89 e 1.90) che è soltanto la realizzazione di un caso particolare del più generale fenomeno della proiezione ottica del mondo-ambiente sulla retina.

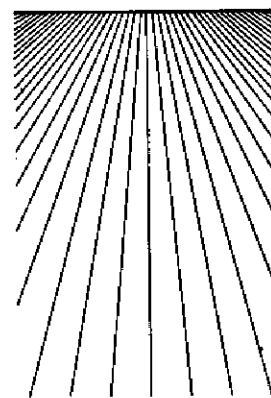


FIG. 1.89.

FIG. 1.89. Impressione di distanza prodotta da un gradiente nella spaziatura tra linee [Gibson 1950]

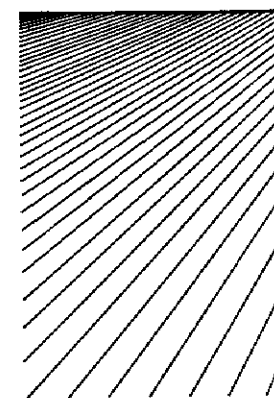


FIG. 1.90.

FIG. 1.90. Non è la direzione delle linee nel campo visivo, ma il gradiente di densità che determina le impressioni della terza dimensione [Gibson 1950]

Il grado di inclinazione fenomenica è una funzione del ritmo del gradiente microstrutturale. Un gradiente che decresce rapidamente è la condizione per la visione di una superficie longitudinale parallela alla linea di mira; un gradiente con decremento lento di densità è il correlato di una superficie inclinata; un gradiente nullo dà luogo all'impressione di una superficie frontale.

Il gradiente può decrescere verso l'alto, da destra a sinistra, da sinistra a destra, o verso il basso e queste quattro condizioni corrispondono alla visione di un pavimento, di una parete a sinistra o a destra, di un soffitto, come è illustrato nella figura 1.91.

Normalmente, anche conoscendo bene le leggi della proiezione prospettica dell'ambiente esterno sulla retina, è molto difficile, senza particolari accorgimenti e senza un lungo eserci-

zio, vedere gli oggetti *in prospettiva*. Ne sono testimonianza i disegni dei bambini e quelli degli adulti che non hanno avuto un'istruzione nel disegno. Basti pensare del resto che ci sono voluti secoli prima che gli uomini scoprissero un po' alla volta quelle tecniche di disegno che permettono di rappresentare in un piano bidimensionale lo spazio tridimensionale, in modo da provocare sulla retina immagini corrispondenti a quelle prodotte da oggetti fisici veramente tridimensionali. Il gradiente microstrutturale o *prospettiva tissurale* dell'immagine retinica non è dunque un indizio che viene «interpretato» consapevolmente. L'interpretazione può essere semmai «inconscia», ma

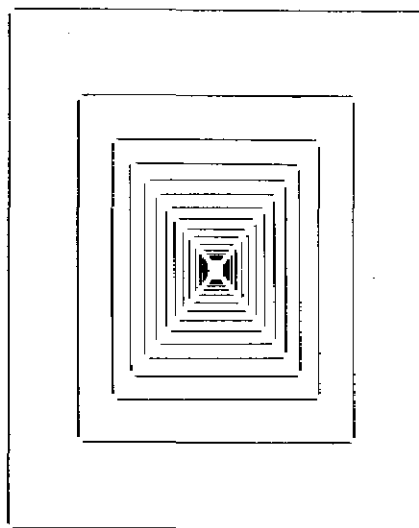


FIG. 1.91. Gradienti di densità in quattro direzioni diverse [Gibson 1950]

ciò equivale a dire che il sistema percettivo elabora in modo automatico i dati presenti nella stimolazione, mediante processi a noi ignoti, «come se» conoscesse le leggi della prospettiva, cioè della proiezione, attraverso un sistema diottrico, dei raggi provenienti dai corpi solidi.

Questa affermazione, primo, non può cambiare il fatto che la tridimensionalità fenomenica è *un dato di esperienza diretta* e

non il prodotto di un giudizio e, secondo, non aggiunge alla comprensione del fenomeno nulla che abbia un valore esplicativo maggiore della determinazione di una regolare correlazione psicofisica tra precise variabili della stimolazione ed aspetti del mondo fenomenico.

La *prospettiva tissurale* può spiegare in parte anche la *corporeità* o rilievo degli oggetti. Infatti la superficie esterna di un oggetto solido è sempre curvata o piegata in qualche modo, il che significa che produrrà sulla retina microstrutture con gradienti di densità varianti in modo continuo oppure brusco. Nella figura 1.92. è riprodotto un mutamento brusco, da un gradiente di densità di un certo tipo ad un gradiente meno ripido, e il risultato percettivo è l'impressione di una *piegatura* in una superficie o di due superfici con diversa inclinazione che si incontrano formando un angolo concavo verso l'osservatore. Il passaggio inverso, da un gradiente meno ripido ad uno più ripido, dà l'impressione di uno spigolo convesso. Nella figura

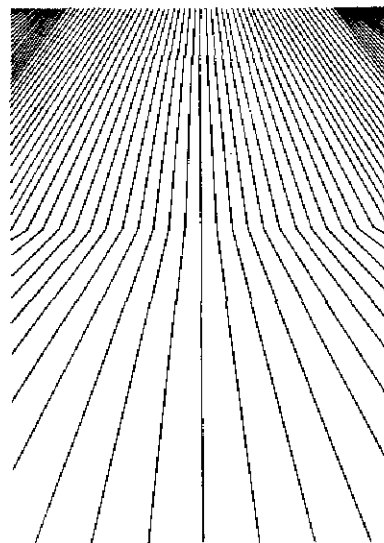


FIG. 1.92.

FIG. 1.92. Un mutamento improvviso nel gradiente genera l'impressione di una piegatura o angolo [Gibson 1950]

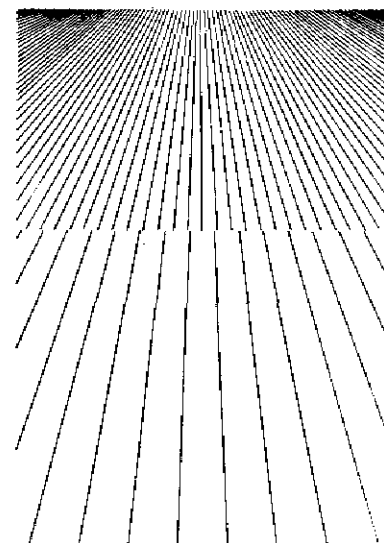


FIG. 1.93.

FIG. 1.93. Un mutamento improvviso di densità, ma non di gradiente, genera l'impressione di un dislivello di altezza tra due superfici [Gibson 1950]

1.93 si ha un improvviso cambiamento di densità, ma non di gradiente. Questa discontinuità dà luogo all'impressione di un salto, di un dislivello di profondità tra due superfici, oppure del *margin* visibile di un oggetto nello spazio. Analogamente si possono ottenere impressioni di superfici variamente *incurvate*, mediante variazioni continue o graduali del gradiente.

Le variazioni e i mutamenti nella densità microstrutturale dell'immagine retinica possono dunque essere i correlati specifici delle facce e delle curve di un oggetto solido, con i loro vari gradi di inclinazione, come pure degli spigoli e dei margini che separano l'oggetto dallo sfondo.

4. Chiaroscuro, prospettiva aerea, sovrapposizione

L'impressione di corporeità è correlata anche alla distribuzione dell'illuminazione sulle superfici di un corpo. Anche questo è un mezzo molto usato dai pittori per simulare su una tela bidimensionale la voluminosità e il rilievo degli oggetti (chiaroscuro). Le parti di un corpo solido rivolte verso una sorgente luminosa riflettono più luce di quelle che sono illuminate solo indirettamente, perciò le parti illuminate e quelle in ombra producono nell'immagine retinica aree adiacenti stimolate con diversa intensità, e la direzione di questo gradiente può contribuire all'impressione di rilievo. Se all'ordine «illuminato-in ombra» corrisponde nella percezione una sporgenza o protuberanza, all'ordine inverso «in ombra-illuminato» corrisponde una rientranza o incavatura. Quando il passaggio dalla luce all'ombra è graduale, l'impressione è quella di una superficie curva, mentre a una transizione repentina corrisponde uno spigolo.

Quando le impressioni di convessità e di concavità sono ottenute in un disegno bidimensionale mediante la luce e l'ombra oppure con il contributo delle variazioni nei gradienti tissurali, si verifica una trasformazione delle protuberanze in rientranze e viceversa, se, capovolgendo il disegno, si inverte l'ordine luce ombra (figure 1.94 e 1.95).

Un altro gradiente della illuminazione legato all'impressione della distanza è la cosiddetta «prospettiva aerea». Le montagne lontane tendono ad assumere una tonalità azzurra e in genere le proiezioni retiniche di oggetti distanti sono meno nitide e

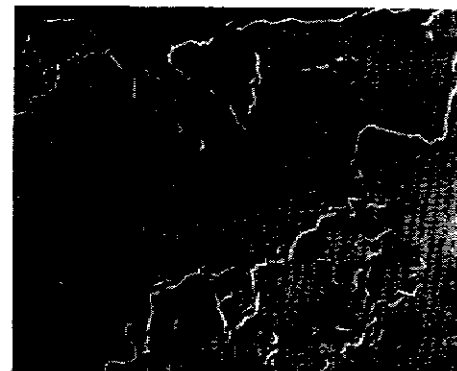


FIG. 1.94. Si provi a capovolgere il libro [Kanizsa 1960].

meno intense per colore di quelle di oggetti vicini. Ciò è dovuto al fatto che le radiazioni devono attraversare strati di atmosfera di spessore molto diverso in funzione della distanza da cui provengono e di conseguenza vengono diversamente modificate a seconda degli indici di rifrazione e di assorbimento dello strato d'aria attraversato.

Non è certo che questo tipo di distribuzione della luminosità sia un vero correlato primario, e non invece un indizio appreso, della visione tridimensionale, poiché molto raramente esso è disgiunto da altri fattori diretti della percezione della distanza, quali la prospettiva lineare e i gradienti di densità tissurale.

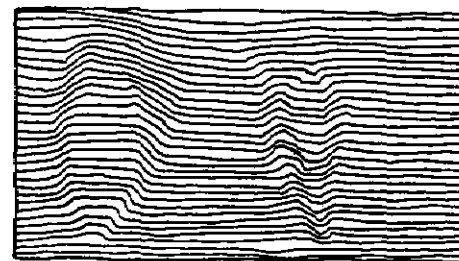


FIG. 1.95. Invertendo la direzione dei gradienti, le concavità diventano convessità e viceversa (capovolgere)

Quando un oggetto nasconde alla vista un altro oggetto, quest'ultimo è percepito come più lontano dall'osservatore del primo (figura 1.96). Questo risultato è comprensibile quando si tratta di oggetti conosciuti o di forma geometricamente regolare, perciò la *sovrapposizione* (o copertura o occlusione) è sempre stata considerata un forte indizio «empirico» di distanza. La profondità non sarebbe cioè qualcosa di direttamente percepito, ma il frutto di un'inferenza basata sull'interpretazione di un indizio appreso. Ma la dislocazione su due piani a differente profondità si ha pure con oggetti o forme prive di significato (figura 1.97). Anche in questo caso si può invocare l'azione dell'esperienza passata, in quanto avremmo appreso che basta spostare il capo perché la superficie dell'oggetto posteriore aumenti di grandezza e muti di forma, mentre quello davanti rimane invariato.

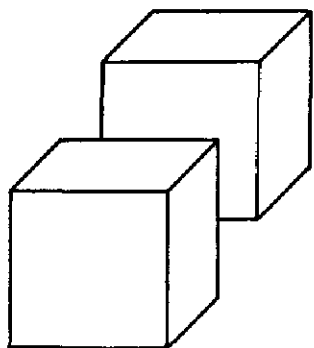


FIG. 1.96. L'indizio della sovrapposizione

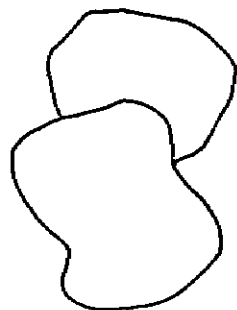


FIG. 1.97. La parte coperta è vista più lontana

Ma poiché un effetto coercitivo di profondità si ha anche con disegni bidimensionali, che quindi non si modificano in seguito a spostamenti del capo, e privi di gradienti tissurali, la spiegazione va cercata in qualche altro fattore batoscopico. Tale fattore sembra essere la tendenza che hanno i margini ad evitare per quanto possibile di assumere una *doppia funzione*. Abbiamo già visto questa tendenza in opera quando abbiamo analizzato il fenomeno di figura-sfondo (p. 59). I margini della re-

gione del campo visivo che viene vissuta come «figura» delimitano soltanto la figura, non appartengono allo «sfondo». Lo sfondo, che in quella zona è *privo di margini*, «passa dietro» alla figura, anche se teoricamente nulla vieta che la configurazione possa essere vissuta come due regioni giustapposte con il margine in comune. Tale risultato percettivo non è impossibile, ma è il frutto di un'impostazione assuntiva che richiede sforzo e che è sempre molto labile.

Quando più linee s'incontrano in modo da determinare topograficamente due regioni chiuse aventi un tratto di contorno in comune, si possono avere fenomenicamente tre rendimenti diversi: una figura attraversata da una linea; due figure giustapposte giacenti nello stesso piano, con un contorno in comune; due figure dislocate su due piani diversi, una delle quali è parzialmente coperta dall'altra.

Quale di queste soluzioni percettive si verificherà effettivamente dipende dal modo in cui s'incontrano i margini. L'unificazione delle linee avverrà in base al principio della *continuità di direzione*, di cui abbiamo già parlato (p. 70). Quindi, nella

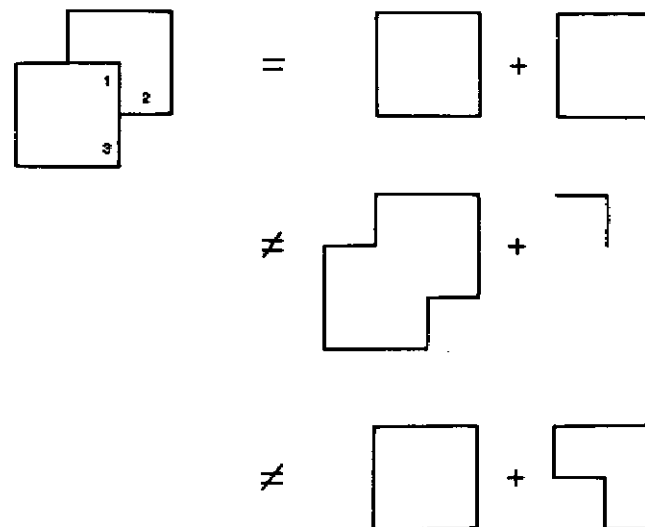


FIG. 1.98. La dislocazione delle figure su due piani diversi evita che un margine abbia una doppia funzione

figura 1.98, poiché si unificano i margini 1 e 3, il margine 2 *continua amodalmente* dietro al quadrato (e viene così evitato il margine comune, come, pure la linea che attraversa una figura unitaria). Nella figura 1.99, poiché la linea 3 rappresenta una buona continuazione sia per il margine 1 sia per quello 2, essa non può evitare, in una situazione di così forte equilibrio di forze, di diventare o il margine comune di due figure giustapposte o una linea che attraversa una figura unitaria.

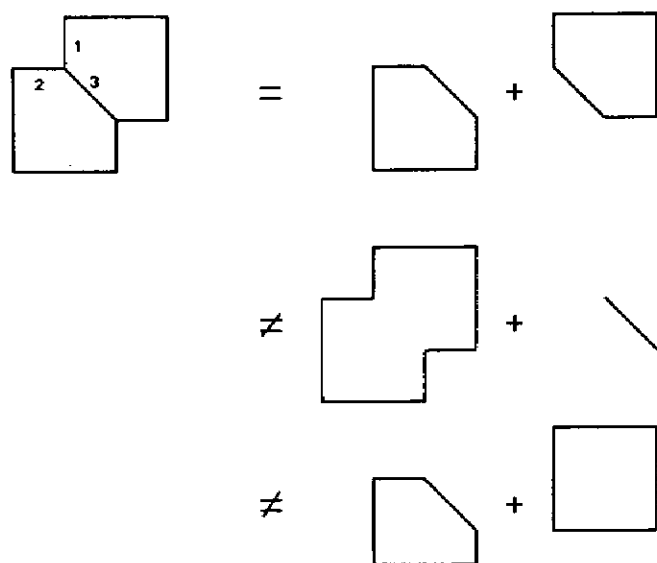


FIG. 1.99. Due figure giustapposte

La tendenza ad evitare la doppia funzione dei margini provoca quindi il completamento amodale di determinate zone del campo, il che dà luogo a una dislocazione degli oggetti visivi su piani di diversa profondità.

5. Parallasse e prospettiva di movimento

Finora abbiamo esaminato le caratteristiche della stimolazione che possono essere considerate correlate con la perce-

zione immediata della tridimensionalità, in condizioni di immobilità sia dell'osservatore che del mondo esterno. Abbiamo cioè considerato le informazioni che sulla distanza ci possono venir date da immagini che non si spostano sulla retina.

Ma queste condizioni sono puramente ipotetiche, in quanto normalmente le immagini retiniche si muovono e si trasformano di continuo per effetto dei movimenti nostri e di quelli degli oggetti. Se ci spostiamo lateralmente di fronte a un oggetto, vedremo che gli oggetti presenti nel campo visivo mutano le loro posizioni reciproche e in rapporto all'oggetto fissato. Nella figura 1.100 si è cercato di mostrare le posizioni reciproche in cui appaiono successivamente i tre oggetti A, B e C quando l'osservatore si sposta da P_1 a P_5 , mantenendo costante la fissazione dello sguardo sull'oggetto mediano B. Questi mutamenti delle posizioni apparenti degli oggetti sono dovuti a

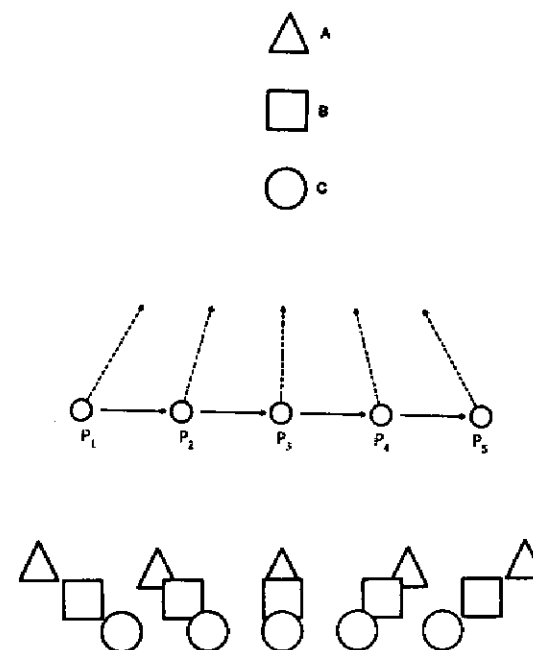


FIG. 1.100. Gli indizi forniti dalla parallasse di movimento. Nella riga inferiore sono riprodotte le proiezioni retiniche degli oggetti A, B e C nelle posizioni $P_1 \dots P_5$ dell'osservatore

corrispondenti mutamenti delle loro proiezioni nell'immagine retinica e il fenomeno, noto con il nome di *parallasse di movimento*, è stato tradizionalmente considerato un importante indizio per la visione della distanza.

Ma se, invece di tener conto soltanto dello spostamento relativo di alcune zone dell'immagine retinica rispetto ad altre, si considera che cosa avviene dell'intera immagine retinica durante gli spostamenti dell'osservatore, si trova che al movimento continuo dell'osservatore corrisponde una *continua trasformazione* della struttura dell'immagine retinica. Una trasformazione regolare che segue precise leggi geometriche e che, come vedremo nel capitolo dedicato al movimento, costituisce senza alcun dubbio il più potente fattore della percezione dello spazio tridimensionale.

L'identità degli oggetti fenomenici

1. *Permanenza dell'oggetto e costanza delle sue caratteristiche*

Il mondo non ci si presenta dunque come una molteplicità caotica di sensazioni, la realtà percettiva si articola invece in unità secondo leggi che è possibile indagare. Abbiamo visto che una tale segmentazione rappresenta un grosso problema di cui è necessario rendersi pienamente conto se si vuole comprendere il senso delle ricerche della psicologia nel campo della percezione.

Un altro aspetto della nostra percezione, che a prima vista non sembra sollevare alcun serio problema, ma che ad una riflessione un po' più attenta appare veramente misterioso, è la relativa costanza che le caratteristiche degli oggetti percettivi mantengono nelle più svariate condizioni di stimolazione. Una persona o un oggetto che si allontanano o si avvicinano a noi, che si girano e si inclinano, che passano da una zona più illuminata in una zona piena d'ombra, rimangono di regola per noi la stessa persona e lo stesso oggetto, non mutano di grandezza, di forma o di colore.

Come si è già detto, questo fatto quotidiano non desta certo né meraviglia né interesse nel profano, il quale in genere non riesce nemmeno a comprendere cosa altro mai si dovrebbe in effetti vedere: la persona che stiamo osservando, gli oggetti che ci circondano non subiscono, *nella realtà*, alcuna modificazione apprezzabile, mentre si muovono di fronte a noi o mentre noi ci spostiamo rispetto a loro e perciò sembra che il nostro sistema percettivo non faccia che registrare questa realtà. Per il senso comune infatti i nostri occhi non sono nient'altro che delle finestre attraverso le quali noi constatiamo ciò che avviene fuori di noi.

A questo punto va rifatto il discorso che abbiamo fatto nel