

# PSICOLOGIA SPERIMENTALE

M. SONINO - Una breve introduzione storica

G. VIDOTTO - Psicofisica

G.B. VICARIO - La percezione visiva

E. MAINARDI PERON - L'apprendimento

R. DE BENI - La memoria

R. RUMIATI - Il pensiero

CLEUP EDITORE 1988

## PRESENTAZIONE

*Gli psicologi accademici italiani sono stati impegnati, nel corso degli ultimi diciotto anni, su quattro fronti: (a) l'istituzione di un corso di laurea che risponda alla richiesta della società, che vuole dei seri professionisti - in questa luce va vista anche la sua recente riforma; (b) l'istituzione dell'albo di questi professionisti; (c) il continuo adeguamento dei contenuti delle discipline di insegnamento alle esigenze di una realtà universitaria che è in perpetua evoluzione di diritto e di fatto; (d) la redazione di strumenti bibliografici adatti alle finalità del corso di laurea da un lato, ed alle caratteristiche degli iscritti al corso dell'altro.*

*La presente pubblicazione va considerata nel contesto di quest'ultimo impegno. Come dicevo già nella presentazione della prima edizione (1986), l'applicazione del nuovo ordinamento al Corso di laurea in psicologia ha creato diversi problemi. Uno di essi è costituito dall'insegnamento di Psicologia generale. La materia da trattare è moltissima: gli studenti devono essere informati non soltanto sull'oggetto e sui metodi della psicologia, approfondendo in maniera critica le diverse questioni che si pongono nello studio dei fenomeni mentali e comportamentali, ma devono apprendere anche specifiche nozioni in quelli che sono i campi tradizionali della psicologia generale: la psicofisica, la percezione, l'apprendimento, la memoria ed il pensiero. Nel vecchio ordinamento del Corso il problema era risolto dall'esistenza di due insegnamenti diversi (Psicologia generale I e Psicologia generale II), e i docenti dei rispettivi corsi si erano accordati in modo da distribuire la materia come segue: oggetto e metodi, psicofisica e percezione nel corso di Psicologia generale I; apprendimento, memoria e pensiero nel corso di Psicologia generale II. Con l'applicazione del nuovo ordinamento l'assetto istituzionale tenuto negli anni 1971-1985 è venuto meno, costringendo i responsabili a comprimere tanta materia in un solo ciclo di lezioni (che per legge devono essere non meno di 50, e di fatto non possono essere più di 70, cioè 5 lezioni per le 14 settimane di un ordinamento semestrale).*

*L'esigenza di impartire tante nozioni in uno stesso corso non discende da considerazioni aprioristiche ed astratte (per esempio: "lo studente non può ignorare che...", "la tradizione vuole che...", "per simmetria bisogna che...", e simili), ma dalla constatazione che, seguendo taluni itinerari all'interno del corso di studi previsto, lo studente può laurearsi in psicologia senza aver avuto una formale preparazione in campi come la psicofisica, la percezione, l'apprendimento, la memoria ed il pensiero. Spero che non occorra spiegare che questa possibilità è inammissibile: la psicologia attuale è fatta soprattutto di conoscenze in questi campi, e non per nulla, sul più recente manuale disponibile in lingua italiana (Darley, J.M. et al., Psicologia, Il Mulino, Bologna 1986), ai predetti campi sono dedicate 231 pagine, mentre 405 pagine sono dedicate a tutto il resto). A ciò aggiungasi che un*

*minimo di preparazione istituzionale è necessario agli studenti che intendono scegliere complementari del triennio come Psicologia della percezione o Psicologia dell'apprendimento: se questi corsi specialistici vogliono realmente raggiungere il loro fine, quello cioè di una approfondita conoscenza della materia, non possono partire da zero, o quasi.*

*In attesa che i responsabili istituzionali dei tre corsi di laurea oggi esistenti (Padova, Roma e Palermo) si mettano d'accordo sul come cambiare lo statuto nazionale nel Corso di laurea in psicologia per ovviare a quella che può essere una leggerezza od una svista del legislatore, bisogna trovare un rimedio. La mia proposta è stata gli anni scorsi - e resta ancora quest'anno - la seguente: (a) affidare al titolare del corso la trattazione dei problemi metodologici, arricchita - com'è ovvio - da puntuali riferimenti a ricerche empiriche settoriali in cui il titolare ha dato prova di sé, e (b) affidare a professori titolari di altri corsi ed a ricercatori l'esposizione delle nozioni istituzionali in psicofisica, percezione, apprendimento, memoria e pensiero, che abbiano - ciascuno per il proprio settore - diretta esperienza e competenza nella materia trattata.*

*Approfitando della larga rappresentatività offerta dai settori di ricerca operanti a Padova e della disponibilità degli interessati, è stato possibile mettere insieme questo volume, che dovrebbe rispondere abbastanza bene allo scopo dianzi indicato. La prima sezione è una breve introduzione storico-metodologica alla psicologia, curata dalla prof.ssa Maria Sonino, che tra l'altro è la titolare del corso quadruplicato di Psicologia generale; essa è una specialista di psicologia del pensiero e del ragionamento, pur avendo dato contributi anche alla psicologia della percezione e del linguaggio. La seconda sezione è un sommario di psicofisica, curato dal dott. Giulio Vidotto; esso è un esperto di analisi quantitativa dei dati, ma ha fornito contributi ai metodi classici di misurazione, esponendo nuove teorie sull'interazione tra variabili negli esperimenti. La terza sezione, che riguarda la percezione, è stata curata dal sottoscritto; pur riguardando la sola modalità visiva, è in certo senso rappresentativa del modo di operare degli psicologi per tutte le altre modalità sensoriali. La quarta sezione riguarda l'apprendimento, ed è stata curata dalla dott.ssa Erminiela Peron; essa ha operato a lungo in questo campo, portando contributi teorici e sperimentali allo studio del comportamento nei ratti e nei piccioni, in chiave behavioristica. La quinta sezione ha per oggetto la memoria, ed è curata dalla prof.ssa Rossana De Beni, che tra l'altro è la titolare del corso sdoppiato di Psicologia generale; essa si è occupata di problemi tipici del campo, quali l'analisi dei processi cognitivi implicati in compiti di ricordo, l'interferenza di stimoli visivi e verbali, i rapporti tra memoria ed immaginazione. La sesta ed ultima sezione, che riguarda il pensiero, è stata curata dal dott. Rino Rumiati; esso lavora elettivamente in questo campo, ed ha portato contributi teorici e sperimentali allo studio delle euristiche nella spiegazione dei nessi causali,*

*nonché delle differenze individuali nel pensiero e dei deficit nei processi cognitivi.*

*Ho dato a questo volume il titolo di "Psicologia sperimentale" perché le indagini in psicofisica, percezione, apprendimento, memoria e pensiero, si conducono soprattutto con il metodo sperimentale. Questo non significa che la psicologia sperimentale si restringa ai cinque campi sopra indicati (basti pensare alla psicofisiologia, o a quella parte della psicologia sociale che si occupa della collaborazione e della competizione in situazioni reali), e nemmeno significa che i cinque campi sopra indicati possano essere indagati soltanto con il metodo sperimentale (basti pensare a quanta parte ha la fenomenologia nello studio della percezione, ed al ruolo svolto dall'etologia nello studio dell'apprendimento). In buona sostanza, tuttavia, quando si studiano sperimentalmente problemi di psicologia generale, si ottengono le conoscenze che sono esposte in questo volume. Questo è anche il motivo per cui io considero il medesimo come l'indispensabile complemento dell'altro volume, da me redatto, che ha per titolo "Psicologia generale".*

*Gli autori sono dell'opinione che i testi dei loro corsi integrativi delle lezioni di Psicologia generale, qui raccolti, possano essere completati in alcune parti ed anche migliorati. Le indicazioni sul dove e come intervenire verranno agli autori dall'interazione con le matricole dell'anno accademico 1988-89, alle quali il presente servizio è offerto.*

GIOVANNI BRUNO VICARIO  
titolare della prima cattedra  
di Psicologia generale

Padova, novembre 1988

**La percezione visiva**  
Giovanni Bruno Vicario

\* Appunti dalle lezioni tenute nell'anno accademico 1987-88 agli studenti del corso di Psicologia della percezione della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Udine.

## 1. La percezione

Definire la percezione è un compito assai arduo, se non forse addirittura inutile. I motivi son due: (a) la dipendenza di qualsiasi definizione dalla teoria generale in cui i processi percettivi si situano, e (b) l'incertezza dei confini tra i fenomeni percettivi ed altri fenomeni mentali.

Ciò nonostante, esiste un buon accordo tra gli psicologi nel definire la percezione come quel *processo attraverso il quale le informazioni raccolte dagli organi di senso sono organizzate in oggetti, eventi o situazioni dotati di significato per il soggetto*. Noi non avvertiamo un caos di punti luminosi colorati, ma vediamo cose collocate nello spazio; noi non avvertiamo l'urto delle onde di pressione sul nostro timpano, ma udiamo suoni, rumori e voci provenienti da fonti distinte; noi non avvertiamo la presenza di sostanze chimiche nell'aria, ma percepiamo odori: l'elenco può continuare per ogni modalità sensoriale. Questo accordo tra gli psicologi mette in luce la distinzione tra *percezione e sensazione*. Mentre la prima sarebbe il processo organizzatore che s'è detto, la seconda sarebbe il mero frutto dell'interazione tra gli stimoli provenienti dal mondo fisico ed i recettori sensoriali (retina nell'occhio, membrana basilare nell'orecchio, bulbo olfattorio nel naso, eccetera). Secondo tale distinzione, le sensazioni sarebbero elementari, immediate, incoercibili; le percezioni sarebbero invece complesse, mediate da processi come le aspettative ed i ricordi, e fino ad un certo punto modificabili secondo le motivazioni e gli interessi del soggetto.

In realtà, dietro questo "pacifico accordo" tra psicologi, sta un buon numero di posizioni dottrinali in aperto ed insanabile conflitto, ed è questo il primo motivo per cui definire la percezione è difficile, se non inutile. Cominciamo col ricordare che alcuni (i gestaltisti, per esempio Koffka e Köhler) negano la possibilità di distinguere tra sensazioni e percezioni, dimostrando che anche la "più piccola sensazione" è in realtà un'unità ben organizzata. Rammentiamo poi che la percezione è l'elettivo terreno di scontro tra *innatisti*, coloro che vedono nei fatti percettivi l'attivazione di schemi preformati (i gestaltisti e gli etologi alla Lorenz), ed *empiristi*, coloro che vedono nei fatti percettivi l'accumularsi ed il differenziarsi di esperienze acquisite dalla nascita, od anche prima (i behavioristi in genere, ma anche gli psicologi dello sviluppo di tendenza non piagetiana). Tra questi due indirizzi teorici estremi si collocano molti tentativi di mediazione, centrati, per esempio, (a) sull'alternanza di processi di assimilazione (prevalenza dell'innato) e di accomodamento (prevalenza dell'acquisito) nella percezione (Piaget ed i suoi seguaci); (b) sull'esistenza di processi "costruttivi" degli oggetti (helmholtziani e cognitivisti, in genere); (c) sull'acquisizione pura e semplice dell'infor-

mazione esistente nell'ambiente come già strutturata (Gibson ed i suoi seguaci "ecologisti"); (d) sulla distinzione tra diversi stadi di elaborazione dell'input sensoriale, i più elementari dei quali sembrano partecipare dell'immediatezza delle sensazioni, mentre i più complessi sembrano precludere alle categorizzazioni del linguaggio e del pensiero (parecchi cognitivisti, ma anche Kanizsa, come lontana eco della scuola di Graz).

Il secondo motivo per il quale è difficile definire la percezione si ritrova nell'estrema varietà dei fenomeni percettivi, che spesso sconfinano in altre categorie del mentale. Abbiamo già visto che tra sensazione e percezione i confini sono labili, dato che non si può negare che anche i fatti sensoriali più semplici si presentino come ben organizzati; abbiamo anche visto che spesso è arduo tracciare un confine tra i processi autonomi di formazione degli oggetti ed i sempre incombenti processi di pensiero. Ma è anche difficile negare che l'apprendimento, le esperienze passate, le aspettative, le motivazioni, l'attenzione, eccetera, interferiscano - con un peso quasi mai valutabile - negli autonomi processi della percezione. Il quadro poi si complica ulteriormente, non appena si constata che il termine "percezione", per il suo richiamo all'immediatezza, può ben essere utilizzato per una molteplicità di fatti che - a stretto rigore - non dovrebbero essere definiti "percettivi": valga per tutti l'esempio della "percezione sociale", che va dal semplice riconoscimento delle caratteristiche espressive di oggetti ed eventi, fino alla cognizione della personalità e delle intenzioni altrui, nonché alla valutazione di caratteristiche non metriche quali le opinioni e gli atteggiamenti.

In buona sostanza, il panorama che offre l'attuale stato delle cose, a proposito della percezione, è quello di una molteplicità di fatti scientificamente accertati e di una pluralità di dottrine interpretative che raramente si contraddicono, ma coprono ciascuna soltanto una parte più o meno grande di quei fatti. Non si può negare che tra l'una e l'altra funzione discernibile nell'attività mentale esista una sorta di continuità, ma sarebbe un errore di metodo quello di voler spiegare tutto con un unico modello interpretativo. Meglio circoscrivere il proprio campo di indagine, anche a prezzo di qualche importante esclusione. In parole povere, questo significa che nello studiare i fenomeni della percezione è meglio prendere in considerazione soltanto quei fatti che per la loro spiegazione necessitano unicamente dei concetti elaborati dal percettologo. In altre parole ancora - e limitandoci alla visione - è ben possibile che la percezione di chiarezza, di colore o di profondità sia in qualche misura debitrice di aspettative, di esperienze o di emozioni, ma se vogliamo raggiungere qualche risultato che illumini il meccanismo delle percezioni, dob-

biamo prendere in considerazione soltanto quei fatti in cui aspettative, esperienze ed emozioni (per esempio) possano essere ragionevolmente escluse.

## 2. Le modalità percettive

Ai fini dell'adattamento biologico l'organismo sfrutta un gran numero di eventi fisici occorrenti nell'ambiente fisico che lo circonda. L'evoluzione ha provveduto l'organismo di recettori di diverse specie, in grado di rivelare l'esistenza, l'intensità e la durata dei detti eventi fisici. Abbiamo recettori per le radiazioni elettromagnetiche (luci), per le variazioni di pressioni occorrenti nell'ambiente (vibrazioni di corpi solidi, liquidi e gas; suoni), per il contatto, per il calore, per le correnti elettriche, per la presenza di sostanze chimiche liquide o volatili, per la posizione dell'organismo rispetto al centro di gravità dell'ambiente, per lo spostamento e per l'accelerazione dell'organismo rispetto all'ambiente, per la menomazione o per la distruzione di parti dell'organismo medesimo.

All'attività di tutti questi recettori corrisponde grosso modo le *modalità percettive*, cioè i modi in cui la mente si rappresenta l'informazione rilevante che giunge dall'ambiente. Esse sono:

- (a) la *visione*, che sfrutta per lo più le radiazioni elettro-magnetiche, rendendocene sotto forma di luci e di colori;
- (b) l'*udito*, che trasforma le variazioni di pressione in suoni, rumori e voci;
- (c) il *tatto*, che nella sua forma passiva ci rende conto dei contatti, delle vibrazioni e degli spostamenti degli oggetti circostanti, e nella sua forma attiva ci rende conto dell'aspetto e della consistenza degli oggetti medesimi;
- (d) i *sensi chimici* - olfatto e gusto - che trasformano in odori e sapori il contatto con le diverse sostanze chimiche;
- (e) la *cenestesi*, sotto il cui nome si raggruppano sensazioni di vario tipo - come quelle di pressione, di caldo, di freddo e di dolore - derivanti dal contatto fisico con i corpi che ci circondano;
- (f) la *cinestesi*, che rende conto dei movimenti del corpo e della posizione delle diverse parti del corpo tra di loro;
- (g) l'*equilibrio*, che dà notizie circa la posizione del corpo rispetto al centro di gravità e circa l'accelerazione dei movimenti.

Abbiamo detto che la corrispondenza tra le forme di energia presenti nell'ambiente, e le modalità percettive, è tale soltanto di massima,

perché bisogna tenere presenti alcuni fatti che qui di seguito vengono riportati.

- (h) Non tutti i fatti fisici presenti nell'ambiente si trasformano in fatti sensoriali prima, e percettivi poi. Per esempio, l'occhio è sensibile soltanto ad una ristrettissima banda di radiazioni elettromagnetiche (la cosiddetta "finestra ottica"), le cui lunghezze d'onda variano da 770 a 400 nanometri circa (dal rosso al violetto). L'orecchio trasforma in suoni soltanto le vibrazioni che variano da 20 a 15.000 Hz (cicli per secondo) circa. In linea di massima, soltanto un piccolissimo numero di fatti fisici presenti nell'ambiente si trasforma in fatti sensoriali e percettivi, e cioè soltanto quelli che hanno una qualche rilevanza per l'adattamento biologico.
- (i) La qualità delle sensazioni - e perciò anche la modalità percettiva - non dipende tanto dal tipo di stimolo in arrivo, quanto dal tipo di recettore attivato. Questo fatto, appurato da G.E. Müller fin dal 1826, viene indicato come "legge delle energie specifiche dei nervi". Noi possiamo avere sensazioni e percezioni visive stimolando l'occhio con la luce, ma anche con pressioni meccaniche o con (deboli) correnti elettriche. Correnti elettriche, applicate ai recettori giusti, possono dare sensazioni gustative, uditive o caloriche.
- (j) Certe percezioni sono intermodali, nel senso che le medesime qualità si riscontrano in modalità diverse. Sono tipiche le percezioni di spazio, di profondità e di tridimensionalità, che sono manifestamente comuni a vista, udito e tatto. Un'altra qualità, come la durata, è comune a tutte le modalità.
- (k) Sono da tempo conosciuti, sebbene assai ridotti come numero, casi di *sinestesia*, casi cioè in cui un solo stimolo dà luogo all'attivazione di più modalità differenti. In alcune persone la percezione di suoni può causare la contemporanea sensazione di luci o di odori; la visione di oggetti che muovono contro il proprio corpo può dar luogo alla contemporanea insorgenza di sensazioni tattili.
- (l) Si parla anche di *percezione amodale*, cioè di fatti percettivi che hanno luogo senza che sia stimolato il modo sensoriale logicamente corrispondente. Si dice pertanto che sono "amodalmente" presenti le parti degli oggetti visivi che sono occultate da altri oggetti o schermi, le parti dello spazio che sono dietro le nostre spalle, le voci o i suoni temporaneamente coperti da rumori, gli oggetti che avvertiamo col tatto (senza vederli) al di sotto di superfici che li ricoprono, eccetera.

Ciò premesso, appare giustificata l'affermazione che le modalità percettive sono qualità parzialmente sovrappontesi, le quali rappresentano

in modo assai riassuntivo e peculiare le caratteristiche fisiche dell'ambiente fisico circostante. L'esistenza di queste o quelle modalità percettive, la raffinatezza delle loro rappresentazioni, la vaghezza dei loro confini, e simili altre proprietà, non dipendono da un astratto criterio di corrispondenza con gli stimoli fisici che ne sono per lo più all'origine, ma dalla misura in cui esse sono efficienti strategie di manipolazione di quella informazione che permette l'adattamento al minor costo energetico possibile.

### 3. La visione

Noi siamo naturalmente portati a credere che la visione abbia a che fare soltanto con ciò che accade quando apriamo gli occhi in un ambiente illuminato. Ciò è senz'altro vero nella quasi totalità delle nostre esperienze visive, ma non bisogna trascurare un buon numero di fatti i quali ci fanno capire che l'esempio dell'"aprire gli occhi" è soltanto un'ardita semplificazione, e che noi abbiamo in realtà molte e diverse esperienze che possiamo a buon diritto definire come "visive", le quali hanno incerti riferimenti con gli stimoli fisici e con i processi fisiologici tipici della visione. Eccone qui un elenco.

- (a) *Immagini eidetiche*. Sono esperienze sicuramente presenti in soggetti in età evolutiva, nella misura dell'8% di essi. Certi bambini sono in grado di descrivere con la più esasperante precisione complicate illustrazioni che vengono loro mostrate per pochi secondi e quindi sottratte allo sguardo. Richiesti di spiegare come riescano a farlo, questi bambini rispondono semplicemente che le "vedono ancora", e che quindi non devono far altro che cercare con gli occhi i particolari su cui devono riferire. Questa capacità "eidetica" cessa ben presto, alla fine della scuola elementare, ma sopravvive anche in rari adulti. Costoro affermano di poter richiamare davanti a sé esperienze visive vecchie anche di anni, con la stessa vivacità dell'epoca cui esse risalgono. (Vedi Haber e Haber, 1964.)
- (b) *Immagini ipnagogiche*. Sono esperienze piuttosto rare, precedenti immediatamente il sonno. Sono obiettivazioni, in termini visivi, di pensieri o di fantasticherie, che vengono vissute come reali. Per esempio, mentre sta assopendosi su una poltrona, uno può star pensando ad un amico, ed allora lo "vede" concretamente davanti a sé nella stanza, magari in atto di venirgli incontro.
- (c) *Immagini oniriche*. I sogni sono esperienze troppo comuni per essere dettagliatamente descritti. La loro esistenza mette drammaticamente

mente in luce il fatto che, non avendosi fatti neurali periferici concomitanti, la visione è una faccenda che riguarda (sotto il profilo fisiologico) soltanto la corteccia cerebrale. Detto altrimenti, ciò significa che a vedere non è l'occhio, ma il cervello, e che l'occhio è soltanto una "periferica" che fornisce segnali ed informazioni all'unità centrale (la corteccia).

- (d) *Allucinazioni*. Si tratta di sensazioni o di percezioni che hanno luogo senza corrispondenti stimoli esterni od interni (allucinazioni positive), o di assenza di sensazioni o di percezioni quando invece gli stimoli esterni od interni esistono (allucinazioni negative). Le allucinazioni possono aver luogo in tutte le modalità, benché quelle visive siano le più frequenti.
- (e) *Immagini da stimolazione elettrica del cervello*. Poiché certi interventi chirurgici al cervello possono essere compiuti a soggetto desto e cosciente, si approfitta del consenso del paziente e dell'occasione per applicare deboli correnti elettriche a parti del cervello messe allo scoperto, onde verificare quello che accade. Orbene, a queste stimolazioni "inappropriate" corrispondono non soltanto esperienze muscolari (contrazioni, formicolii), ma anche visive e perfino acustiche. Le immagini di cui parlano i pazienti sono esperienze di indubbia evidenza percettiva, si riferiscono a fatti vissuti dai soggetti, e pongono seri problemi ai teorici dell'immagazzinamento dei ricordi. (Vedi Penfield, 1958.)
- (f) *Immagini mentali*. Esiste in psicologia una vasta ed articolata letteratura sulle immagini che accompagnano il pensiero ed il ragionamento, nonché la rappresentazione visiva di rapporti logici e di legami semantici. Queste immagini sono così dettagliate da costituire vere e proprie "mappe" in cui i processi di pensiero si configurano come "percorsi". Ancora più vivide le immagini mentali con le quali i soggetti si rappresentano le rotazioni degli oggetti nelle tre dimensioni. Quel che è importante notare, in questa sede, è che i fatti di cui si parla partecipano delle caratteristiche della visione. (Vedi Shepard, 1978; Kosslyn, 1980.)
- (g) *Mnemotecniche visive*. La necessità di tenere a mente molti nomi o molte cifre induce certi soggetti (ma ognuno può essere addestrato a farlo, donde il termine "mnemotecnica") a collocare tali nomi o cifre in ambienti immaginati visivamente, come corridoi o vie di una città, ciascuno in un luogo speciale. A tali soggetti è quindi facile rammentare filze di nomi o di cifre di incredibile lunghezza, percorrendo semplicemente i corridoi o le vie dove "trovano" ciò che vi hanno depositato. Possono anche rievocarli agevolmente nell'ordine contrario, invertendo nell'immaginazione il senso del percorso. L'utilità di

- questa tecnica si fonda sulla possibilità di “percepire”, in qualche modo, posizioni, spazi e luoghi visivi soltanto immaginati, e di operare su essi come se si trattasse di entità reali. (Vedi De Beni, 1988.)
- (h) *Insight*. Con questo termine, che significa “intuizione”, si suole definire l'improvvisa ristrutturazione del campo cognitivo che mostra i legami tra i termini di una situazione problematica e che permette di arrivare alla soluzione di un problema - per lo più in un modo creativo. La soluzione del problema viene letteralmente “vista” nella distribuzione del materiale, come pure può essere impedita dall'incapacità di modificare percettivamente la distribuzione del materiale. (Vedi Wertheimer, 1965; Kanizsa, 1980).
- (i) *Espressività e rapporti interpersonali*. Benché le connotazioni emotive o affettive di oggetti o di situazioni siano per definizione escluse dalla sfera della percezione - perché interessanti piuttosto le esperienze personali e gli atteggiamenti del soggetto - l'immediatezza con cui si colgono gli aspetti emotivi od affettivi di quegli oggetti o di quelle situazioni permette di parlare di “percezione dell'espressività”. Altrettanto dicasi per i sentimenti altrui e per i rapporti che intercorrono tra terze persone. Gli atteggiamenti degli altri nei nostri confronti - sia positivi che negativi - come pure i rapporti che intercorrono tra persone (rapporti di dominanza e di sottomissione, per esempio) risultano letteralmente “visibili ad occhio nudo”, onde non è improprio parlare di “percezione della personalità”. Questa percezione può interessare più d'una modalità (si pensi, per esempio, al “lamento” di una porta che cigola; all’“imperiosità” di una stretta di mano, alla facilità con cui si coglie, in una conversazione, la voce di chi comanda e quella di chi obbedisce), ma è assai più frequente e convincente nella modalità visiva. (Vedi Marigonda, 1968.)
- (j) *Spazio visivo*. Generalmente si tende a confondere lo spazio visivo con il campo visivo - il quale ultimo è la porzione di ambiente che abbiamo davanti agli occhi, e che si estende per circa 130° in verticale e per circa 150° in orizzontale. Lo spazio visivo è invece qualcosa di diverso, e cioè il luogo dove valgono le tre determinazioni di “destra/sinistra”, “sopra/sotto” e “davanti/dietro”. L'utilità di questa definizione appare chiara non appena si pone mente al fatto che non soltanto gli oggetti visivi, ma anche gli oggetti acustici si collocano in tale spazio, allorché ne percepiamo l'origine. Suoni e rumori sono collocati nello spazio visivo, allo stesso modo che le loro fonti. Esistono altri spazi che hanno caratteristiche visive, pur non possedendo tutt'e tre le dimensioni. Per esempio lo spazio tonale, quello per cui le note acute stanno “in alto” e le note gravi stanno “in basso” (anche nella notazione musicale), mentre di esse non si può dire che

stanno a "sinistra" o "a destra". Altrimenti, di certi sapori si dice che stanno "dietro" o "dentro", od anche "sotto" certi altri. Lo stesso tempo viene rappresentato nello spazio visivo, con il passato di solito "a sinistra" ed il futuro "a destra"; si noti anche che molti avverbi sono sia di spazio che di tempo, come "prima" e "dopo". In tutti questi fatti si nota l'estensione della modalità della visione a fatti percettivi e cognitivi che con l'occhio e con le vie nervose ottiche hanno ben poco a che fare. Tutto accade come se la modalità visiva si ponesse come il modo più efficace di trasformare e codificare l'informazione fornita da ogni organo di senso.

In conclusione, il fenomeno della visione appare più articolato e multiforme di quanto la sua nuda ed abituale espressione sensoriale lasci intendere. In poche parole, non si vede soltanto con gli occhi, e quasi tutti i sensi ci trasmettono informazioni col linguaggio degli occhi. Se pensiamo poi alla visione come il modo più efficiente di codificare e trattare l'informazione proveniente dal mondo esterno, dobbiamo convenire che questo modo si propaga ad attività mentali di ordine diverso e superiore, per esempio la memoria ed il pensiero produttivo.

La confusione non giova ad alcuna sensata indagine sui fenomeni naturali, onde nel presente testo la visione sarà intesa sempre e soprattutto come fatto percettivo, trascurando di proposito le suggestioni che ci possono venire da fenomeni collaterali che non possono dirsi percettivi a pieno titolo. Non di meno, ho ritenuto utile rendere consapevole il lettore che il "modo" della visione è assai più complesso ed articolato di quanto il termine lasci superficialmente intendere.

#### 4. La percezione visiva

Lo studio della percezione visiva si svolge in un campo di indagini enorme, sicuramente il più ricco ed accidentato di tutta la psicologia. Per avere un'idea della vastità di tale campo, della varietà degli indirizzi di ricerca, e della molteplicità di discipline coinvolte, mi sforzerò qui di riassumere quanto emerge dalla più recente trattazione globale dell'argomento, che si concreta nei due volumi dell'*Handbook of perception and human performance*, editi nel 1986 da Boff, Kaufman e Thomas. La percezione visiva trova spazio in ben 26 aree, che qui appresso elenco.

A. *L'occhio come strumento ottico*. Gli angoli visivi - L'accomodamento - Difetti visivi - Qualità dell'immagine visiva - Aberrazione - Diffrazione.

- B. *Principali fatti sensoriali.* Anatomia e fisiologia dei recettori - Lo stimolo fisico - Sensibilità allo spettro - Misure fotometriche - Fattori spaziali e temporali della sensibilità assoluta - Soglie - La visione periferica - La visione fotopica - La visione scotopica.
- C. *Fattori temporali.* La sensibilità alle variazioni sinusoidali ed agli impulsi - Sensibilità agli incrementi ed ai decrementi - Effetti spaziali sul tempo e temporali sullo spazio - Soglie del movimento - Adattamento alla luce.
- D. *La visione di reticoli.* Frequenze spaziali - Acuità visiva.
- E. *I colori.* Lo stimolo fisico - Unità di misura della luce - Fotometria - Mescolanze di colori - Standardizzazione ed identificazione dei colori - Principali discriminazioni cromatiche - Teoria tricromatica e teoria quadricromatica dei colori - Anomalie nella visione dei colori.
- F. *Modo di apparire dei colori.* Dimensioni psicologiche dei colori - Fenomeni di induzione acromatica e cromatica - L'adattamento al colore - Scale dei colori - Sistemi di rappresentazione unitaria dei diversi attributi dei colori.
- G. *I movimenti degli occhi.* Aspetti geometrici, cartografici ed anatomici - Tipi di movimenti - Metodi di registrazione - Movimenti degli occhi riferiti a tutti i possibili movimenti dei bersagli.
- H. *Il movimento sul piano frontale.* Speciali effetti di adattamento ed effetti postumi a movimenti reali - Illusioni di movimento e distorsioni nei movimenti di oggetti reali - Il movimento apparente e le sue condizioni - Teorie del movimento apparente.
- I. *Aspetti percettivi del movimento sul piano frontale.* Movimenti oculari correlati - Percezione del movimento relativo - Movimenti indotti - Movimento indotto dell'io - Movimenti di configurazioni di stimoli - Percezione della velocità.
- J. *Interazioni visivo-vestibolari.* La percezione della posizione e del movimento dell'io - La valutazione della verticale visiva - Influenze della visione sulla postura.
- K. *Il movimento nella terza dimensione.* L'accelerazione visiva - Movimenti stereocinetici - La visione binoculare e le variazioni di gran-

dezza - Movimenti degli occhi - Movimenti dell'io nella terza dimensione - La visione in volo.

- L. *Localizzazione visiva e movimenti degli occhi.* Teoria della cancellazione - Teoria dei segni locali - La localizzazione ad occhio fermo, con saccadi volontarie e nell'inseguimento di bersagli.
- M. *La percezione dello spazio.* Relazioni tra angoli visivi e grandezze - Le tessiture ed in gradienti tissurali - La prospettiva lineare e la percezione dell'inclinazione e della forma - La parallasse di movimento.
- N. *La visione binoculare.* Soppressione e rivalità binoculare - Lo spazio stereoscopico - Caratteristiche della visione binoculare.
- O. *Fenomeni adattivi nella percezione dello spazio.* La visione attraverso prismi: distorsioni dell'orientamento visivo, della profondità, della distanza, della grandezza e della forma - La coordinazione percettivo-motoria.
- P. *Interazioni della vista con altre modalità.* Aspetti spaziali - Aspetti temporali.
- Q. *L'elaborazione dell'informazione visiva.* Il riconoscimento - La ricerca visiva - Le mappe cognitive - Abilità visivo-spaziali.
- R. *Il linguaggio scritto.* L'interpretazione di simboli visivi - La percezione di lettere dell'alfabeto - Movimenti degli occhi ed integrazione per scansione - Effetti del contesto.
- S. *Oggetti ed eventi.* L'organizzazione percettiva - La percezione di forme e di oggetti - Le illusioni ottiche - Le costanze - La percezione di eventi.
- T. *Percezione della forma e filtri spaziali.* Forme, tessiture, illusioni ottiche, immagini multistabili.
- U. *Proprietà, parti ed oggetti.* Dimensioni e caratteristiche negli oggetti e negli eventi - La somiglianza - Lo studio sperimentale dell'analisi percettiva di dimensioni, caratteristiche e parti - Stimoli multidimensionali - L'elaborazione globale - Integrazione di parti e di proprietà.

- V. *Teorie dell'organizzazione percettiva*. I paradigmi strutturalista, gestaltista ed helmoltziano - Teoria dell'informazione ed organizzazione percettiva - Teoria dell'informazione strutturale.
- W. *Funzioni visive nelle immagini mentali*. Le immagini mentali nei compiti di confronto, di identificazione e di dettaglio; nella valutazione di distanze, di posizioni e del controllo motorio; nella rappresentazione di trasformazioni spaziali; nell'attenzione visiva.
- X. *Contributi della scienza dei calcolatori alla visione*. Il modello computazionale - La simulazione di processi - L'interpretazione dell'aerofotografia - L'individuazione di caratteristiche lineari.
- Y. *La grafica col calcolatore*. Il problema delle superfici nascoste - Ombreggiature e colori - Animazione e movimento in tempo reale.
- Z. *Cinema e televisione*. I modi della rappresentazione filmica e televisiva - I movimenti di macchina - L'uso del movimento nella presentazione di spazio, forme ed eventi - Caratteristiche e scopi del montaggio.

Ecco dunque la percezione visiva, dall'A alla Z. L'esame attento dell'elenco suggerisce alcune riflessioni. La prima è che la percezione visiva è per davvero un importante aspetto della vita mentale, e perciò della psicologia. La seconda è che qualsiasi trattato della visione, compresi gli inarrivabili *Gesetze des Sehens* di Metzger (1975), è per forza delle cose un ritaglio descrittivo ed interpretativo di una realtà complessa in modo estremo. La terza è che, dovendo dare una sommaria idea di questo vastissimo campo di conoscenze e di ricerche, convergono due operazioni: (a) fornire una mappa del territorio, e (b) indicare i principali fatti accertati e le più accreditate interpretazioni dei medesimi. La prima operazione è stata compiuta; ora veniamo alla seconda.

## 5. Caratteristiche dello stimolo fisico della visione

Come già si diceva, alla visione corrisponde, nella quasi totalità dei casi, uno stimolo fisico proveniente dal mondo esterno. Lo stimolo appropriato della visione è l'energia elettromagnetica, e la sensazione visiva ha luogo quando i fotorecettori della retina assorbono questa

energia.

La propagazione della luce viene a volte rappresentata da un'onda, la quale possiede tre caratteristiche: la lunghezza, l'ampiezza e la forma. Si tenga presente quanto segue.

- (a) *La lunghezza d'onda* si esprime in nanometri (nm); si hanno sensazioni visive soltanto per le lunghezze d'onda comprese tra 400 e 700 nm (circa); variando la lunghezza d'onda dello stimolo si hanno variazioni nella *tinta* (quella che nel linguaggio comune si chiama "colore") della sensazione; alle piccole lunghezze d'onda corrisponde il violetto, ed aumentando la lunghezza si passa per il blu, il verde, il giallo, l'arancione ed il rosso, il quale ultimo corrisponde alle maggiori lunghezze d'onda capaci di dare una sensazione visiva. Nella figura 1 è rappresentato lo spettro elettromagnetico, in alto, con la strettissima banda di radiazioni riguardanti la visione; sotto è rappresentato un ingrandimento della banda.

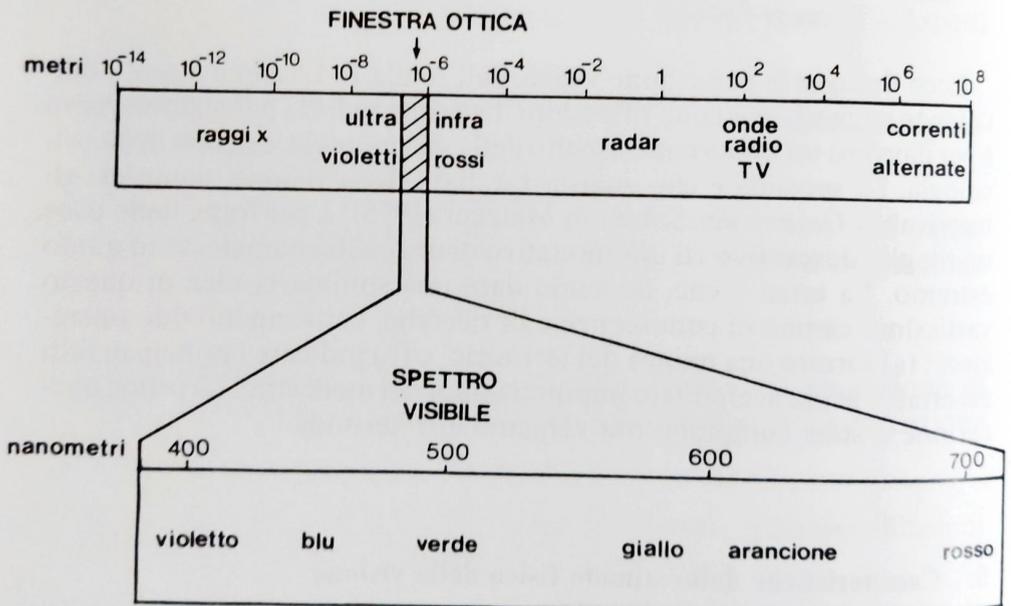


Fig. 1 - In alto, lo spettro delle radiazioni elettromagnetiche; in basso, lo spettro delle radiazioni visibili.

- (b) L'*ampiezza* dell'onda rappresenta la quantità di energia trasmessa. Ci sono molti modi di misurare l'intensità dello stimolo luminoso, ma ai fini della psicologia si usano soprattutto due concetti: quello di *luminanza* e quello di *riflettanza*. La *luminanza* è la quantità di luce emessa o riflessa da una sorgente in termini di superficie unitaria; essa viene espressa in molti modi, il più comune dei quali è il numero di candele metro quadrato ( $\text{cd/m}^2$ ), o il suo equivalente, il nit (nt). La *riflettanza* è la percentuale di luce riflessa da una superficie illuminata; in linea di principio, se una superficie assorbe il 5% della luce incidente e riflette il 95% della medesima, apparirà molto bianca; se una superficie assorbe il 95% della luce incidente e ne riflette il 5%, apparirà molto nera. La variazione di intensità dello stimolo luminoso si traduce quindi, al livello percettivo, in una variazione di *chiarezza*.
- (c) La *forma* dell'onda dipende dalla sorgente: ci sono sorgenti che emettono radiazioni di una sola lunghezza d'onda, e sorgenti che emettono su più lunghezze d'onda (il sole emette su tutte). La forma dell'onda dipende dal numero e dall'ampiezza delle onde componenti: è una perfetta sinusoide per una sola lunghezza d'onda, e diventa sempre meno "regolare" con l'aggiunta di altre. Al variare della composizione spettrale della luce corrisponde il variare di una qualità fenomenica che è detta *saturazione*: le emissioni su una sola lunghezza d'onda danno colori massimamente saturi (un "rosso" veramente rosso, per esempio, senza altre sfumature), mentre ogni aggiunta di altre radiazioni su differenti lunghezze d'onda ha il solo effetto di "desaturare" il colore fondamentale.

La soglia assoluta della sensazione luminosa è estremamente bassa: corrisponde a 50-100 quanta di energia assorbita dal sistema dei coni (Baumgardt, 1972).

## 6. Elementi minimi di fisiologia della visione

Quella parte del sistema nervoso centrale che assicura la ricezione dell'energia luminosa, la trasformazione di tale energia in segnali elettrici, e l'elaborazione di tali segnali, è schematicamente rappresentata nella figura 2.

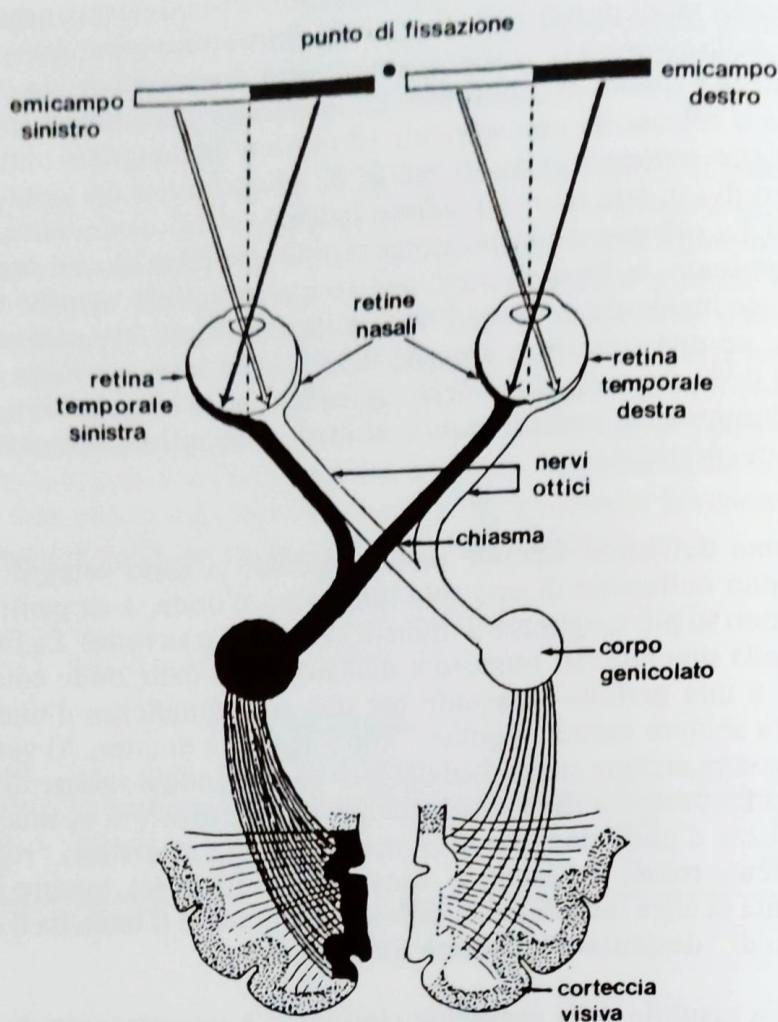


Fig. 2 - Rappresentazione schematica della struttura fisiologica del sistema visivo. Per la spiegazione, vedi il testo.

Nella figura 2, in alto, è rappresentato il campo visivo, nel quale si possono distinguere il *punto di fissazione*, l'*emicampo sinistro* e l'*emicampo destro*. Gli occhi sono azionati da muscoli che permettono la rotazione dei globi finché il punto di fissazione viene proiettato nella parte più sensibile di entrambi gli occhi, la *fovea*, che è il punto centrale di un tappeto

di recettori, detto *retina*. A causa delle proprietà della parte ottica del sistema visivo, l'emicampo visivo sinistro viene proiettato sulla metà destra dell'occhio sinistro, cioè sulla metà *nasale* della retina dell'occhio sinistro, nonché sulla metà destra dell'occhio destro, cioè sulla metà *temporale* della retina dell'occhio destro. Analogamente, l'emicampo visivo destro viene proiettato sull'emiretina temporale dell'occhio sinistro e sull'emiretina nasale dell'occhio destro.

Il *nervo ottico* proveniente dall'occhio sinistro, il quale reca i segnali provenienti dalle due emiretine, nasale e temporale, dell'occhio sinistro, si congiunge in un punto, detto *chiasma*, con il nervo ottico proveniente dall'occhio destro, il quale reca i segnali provenienti dalle due proprie emiretine, nasale e temporale. Nel chiasma ha luogo una ridistribuzione degli indirizzi delle fibre nervose, di modo che alla *corteccia visiva* del lobo occipitale sinistro del cervello giungono i segnali provenienti dall'emiretina temporale sinistra dell'occhio sinistro e dall'emiretina nasale sinistra dell'occhio destro; analogamente, alla corteccia visiva del lobo occipitale destro del cervello giungono i segnali provenienti dall'emiretina nasale destra dell'occhio sinistro e dall'emiretina temporale destra dell'occhio destro. La conclusione è che ad elaborare i segnali generati dall'emicampo visivo sinistro è la metà destra del cervello, mentre ad elaborare i segnali provenienti dall'emicampo visivo destro è la parte sinistra del cervello. L'elaborazione dei segnali provenienti dalle retine ha luogo durante tutto il percorso del nervo ottico fino all'area visiva del cervello, ma è generale convinzione che il fenomeno fondamentale "visione" sia concomitante con l'attività della corteccia visiva.

Ritengo inutile, a questo punto, dilungarsi sull'architettura della corteccia visiva, sul modo cioè in cui i neuroni della medesima sono disposti ed interconnessi. I motivi sono sostanzialmente tre: (a) i fatti conosciuti sono pochi ed in perpetua ridefinizione; (b) quello che si sa non sembra offrire una soddisfacente spiegazione delle caratteristiche fenomeniche della percezione visiva (a questo proposito vedi Masin, 1988); (c) i risultati ottenuti dai neurofisiologi sembrano per il momento interessare soltanto la neurofisiologia.

Gli occhi si caratterizzano per un'elevata motilità. Esiste una *motilità intrinseca*, che riguarda due fatti: (a) l'apertura e la chiusura dell'iride, al fine di far giungere alla retina una quantità di luce ottimale per il funzionamento dei recettori, e (b) l'*accomodamento*, cioè la maggiore o minore curvatura del cristallino, al fine di ottenere sulla retina immagini dotate della maggior nitidezza possibile (precisione di contorni e ricchezza di dettagli).

Esiste poi una *motilità estrinseca*, che si manifesta in due forme.

Abbiamo in primo luogo i *movimenti involontari*: (a) il *nistagmo*, che è uno spostamento lento dell'occhio in una certa direzione, seguito da un rapido "a capo" nel punto originario di fissazione: il nistagmo ha luogo nell'esplorazione visiva degli oggetti, e trova il suo esempio tipico nella lettura; (b) la *saccade*, che è un tremore microscopico dell'occhio, tremore il cui fine più evidente è quello di impedire che le immagini cadano sempre sullo stesso punto della retina, affaticando prima, e mettendo fuori uso poi, i recettori (vedi il fenomeno delle "immagini stabilizzate" al § 10). I *movimenti volontari* sono di tre tipi: (a) *convergenti*, che hanno luogo quando il punto di fissazione si sposta da un oggetto più lontano ad un oggetto più vicino all'osservatore; (b) *divergenti*, quando il punto di fissazione si sposta da un oggetto più vicino ad un oggetto più lontano per l'osservatore; (d) *coniugati*, quando il punto di fissazione aderisce ad un oggetto in movimento. Il fine evidente dei movimenti volontari è il mantenimento dell'immagine dell'oggetto nella fovea di entrambi gli occhi.

Quanto all'occhio, di cui si vede una rappresentazione schematica nella figura 3, sarà sufficiente sapere che si tratta di una camera oscura approssimativamente sferica, i cui componenti principali sono: (1) l'iride e (2) il cristallino, di cui s'è già detto; (3) la retina, ovvero il tappeto di recettori sensibili alla luce; (4) la fovea, una zona situata nel fuoco del cristallino sulla retina, di forma circolare con un diametro di circa 0.3 mm, dove si ha il maggior addensamento di recettori; (5) la papilla ottica,

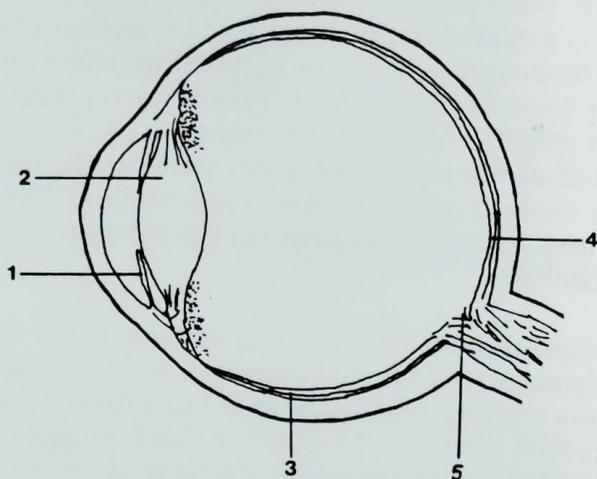


Fig. 3 - Rappresentazione schematica dell'occhio, con (1) l'iride, (2) il cristallino, (3) la retina, (4) la fovea, e (5) la papilla ottica con la macchia cieca.

una zona poco distante dalla fovea, dove si inseriscono il nervo ottico ed i vasi sanguigni destinati alla retina, in cui non ci sono recettori (qui c'è la macchia cieca, di cui si parla nel § 13).

Nello spessore della retina si possono individuare cellule di diversa forma, variamente interconnesse, tra le quali si possono distinguere: (1) i coni, che sono sicuramente correlati con le discriminazioni cromatiche; (2) i bastoncelli, che sono sicuramente correlati con le discriminazioni di intensità luminosa; (3) le cellule bipolari e (4) le cellule gangliari, le cui funzioni non sono tutte accertate, se non quelle di integrazione dei segnali provenienti dai coni e dai bastoncelli.

Da notare che da ciascuna cellula gangliare parte una fibra che va a costituire il nervo ottico, e che nella fovea ci sono soltanto coni che risultano collegati con una sola cellula gangliare e con una sola fibra del nervo ottico (vedi la figura 4).

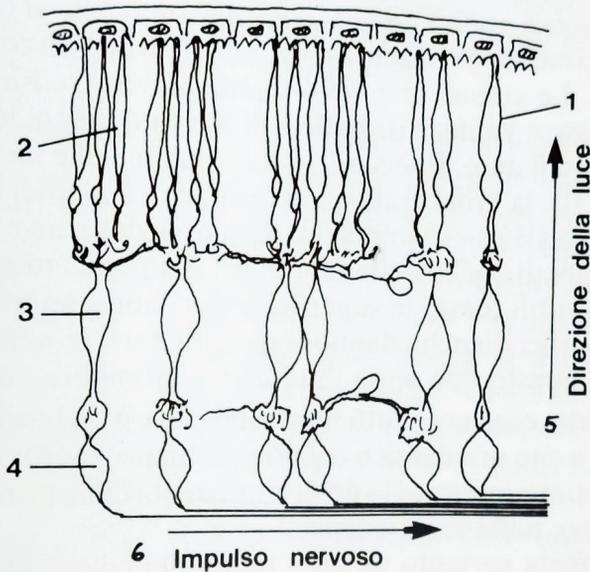


Fig. 4 - Rappresentazione schematica della retina, con (1) i coni, (2) i bastoncelli, (3) le cellule bipolari, (4) le cellule gangliari, (5) la direzione della luce incidente sulla retina, e (6) il nervo ottico con la direzione dei segnali verso l'encefalo.

## 7. I colori

Lo studio della visione dei colori mette davanti ad un fatto inoppugnabile: con tre sorgenti di luce, una rossa, una verde ed una blu, opportunamente pesate, si ottengono tutti i colori visibili. Prova ne è la televisione, perchè il tubo catodico porta soltanto fosfori rossi, verdi e blu, mentre si vedono tutti i colori possibili. Su quel fatto si è modellata la *teoria tricromatica* di Young (1802), secondo la quale esisterebbero tre tipi di recettori, uno per ciascuno dei tre colori fondamentali. In effetti i fisiologi hanno trovato sulla retina tre tipi di coni, che emettono segnali per ogni tipo di radiazione, ma un maggior numero di segnali quando il primo tipo è colpito da radiazioni di lunghezza d'onda intorno ai 460 nm (blu), il secondo per i 540 nm (verde), ed il terzo per i 600 nm (rosso). La teoria prevede inoltre che ci siano due tipi di sintesi dei colori: (a) la *sintesi additiva*, che si ottiene con sorgenti di luce, in cui la somma di tutt'e tre le stimolazioni dà il bianco; (b) la *sintesi sottrattiva*, che si ottiene disponendo dei filtri tra l'osservatore ed una sorgente di luce bianca, in cui la sovrapposizione di tre filtri corrispondenti ai tre colori fondamentali dà per risultato il nero.

Esiste però una serie di fatti che non si inquadrano con la teoria tricromatica. Il primo è quello della  *fusione dei colori* , che si ottiene facendo ruotare rapidamente dei dischi dipinti per metà con un colore e per metà con un altro. Le sintesi non sono quelle previste, ed in particolare la fusione di rosso e verde, e di giallo e di blu dà il grigio; lo stesso accade per il bianco ed il nero. Il secondo fatto è quello delle *immagini consecutive* (vedi il § II): la prolungata osservazione di superfici colorate ha per conseguenza la visione di immagini che possiedono un colore opposto o complementare di quello delle superfici. Le superfici rosse danno immagini verdi, le verdi rosse; le superfici gialle danno immagini blu, le blu gialle; le superfici bianche danno immagini nere, le nere bianche. Altri fenomeni di questo tipo sono l'induzione cromatica ed acromatica, le ombre colorate, eccetera. Tutti mostrano che c'è un legame rosso/verde e giallo/blu, e che un identico legame c'è bianco/nero; il grigio sembra costituire il punto intermedio della cromaticità delle prime due coppie, e della chiarezza nella terza coppia.

Si è sviluppata pertanto un'altra teoria dei colori, che è detta *teoria quadricromatica*, o teoria dei colori opposti; formulata da Hering (1920), è stata migliorata da Jameson e Hurvich (1955). Secondo tale teoria, i recettori sarebbero di tre tipi, due per i quattro colori fondamentali (rosso/verde, giallo/blu), ed uno per i "colori" acromatici (bianco/nero). A riposo, i recettori sono in equilibrio chimico e danno segnale di grigio; quando sono colpiti da radiazioni l'equilibrio chimico è rotto: la

sostanza fotosensibile viene aumentata o distrutta, a seconda della lunghezza d'onda, e si ha segnale di colore; quando la stimolazione cessa l'equilibrio si ricostituisce ed il segnale è nuovamente di grigio. La sensazione di colore sarebbe la contropartita fenomenica dei processi di assimilazione e di dissimilazione della sostanza fotosensibile.

L'arrivo di una luce di 700 nm sul recettore rosso/verde, per esempio, produrrebbe la dissimilazione della sostanza e la visione del rosso; l'arrivo di una luce di 550 nm produrrebbe assimilazione della sostanza e la visione del verde. La prolungata esposizione al rosso avrebbe per effetto un estremo impoverimento della sostanza: alla cessazione dello stimolo la sostanza, ricostituendosi per assimilazione, darebbe il segnale di "verde". Lo stesso accadrebbe per i recettori del giallo/blu e del bianco/nero. Facendo poi ruotare i dischi di fusione (dischi di Maxwell), la troppo rapida alternanza di stimolazioni opposte - rosso/verde, giallo/blu o bianco/nero - avrebbe per effetto di mantenere i recettori nel punto neutro, dando così la visione del grigio.

Allo stato attuale, entrambe le teorie sono accolte, ma riconosciute valide soltanto per una parte del processo globale della visione dei colori. Tale processo avverrebbe in due stadi: il primo avrebbe per protagonisti i coni, e seguirebbe la teoria tricromatica; il secondo avrebbe per protagoniste le cellule bipolari e gangliari sottostanti ai coni, e seguirebbe i principi della teoria quadricromatica.

Esistono anomalie, per lo più ereditarie, nella visione dei colori, dette *discromatopsie*. Esse sembrano legate al cattivo funzionamento dei coni, dato che ce n'è di tre specie: scarsa sensibilità al rosso (protanomalia) o nulla (protanopia); scarsa sensibilità al verde (deuteranomalia) o nulla (deuteranopia); scarsa sensibilità al blu (tritanomalia) o nulla (tritanopia). Il cosiddetto "daltonismo" è la protanopia. Tali anomalie sono presenti per lo più negli uomini (per talune forme di deuteranomalia si arriva fino al 4-5% della popolazione maschile), e delle tre la più rara è la tritanopia (1 caso su 10.000). Le anomalie della visione vengono rivelate da speciali test, come le *tavole di Stilling*, sorta di quadretti in cui i soggetti normali vedono certe lettere e certi numeri, mentre i soggetti anormali - che vedono soltanto le chiarezze, e non le tinte - leggono altre cifre ed altri numeri.

Esistono parecchi modi di rappresentare, unificate, le tre caratteristiche dei colori: tinta, chiarezza e saturazione.

Nella figura 5 si vede una di queste rappresentazioni, tratta da Osgood (1953). Le tinte sono disposte lungo la circonferenza, e formano un anello che parte dal rosso, arriva al blu, e si ricongiunge al rosso attra-

verso il cosiddetto color "porpora". Le chiarezze sono disposte sull'asse del doppio cono, e vanno dal bianco al nero. Le saturazioni sono disposte sul raggio del cerchio di base: verso l'asse del doppio cono abbiamo le saturazioni minime; verso la circonferenza le saturazioni sono massime. Poiché ogni colore ha una determinata tinta, una determinata chiarezza ed una determinata saturazione, esso viene individuato da un punto all'interno del doppio cono.

Un testo sui colori, ricco delle indispensabili illustrazioni, è quello della De Grandis (1984).

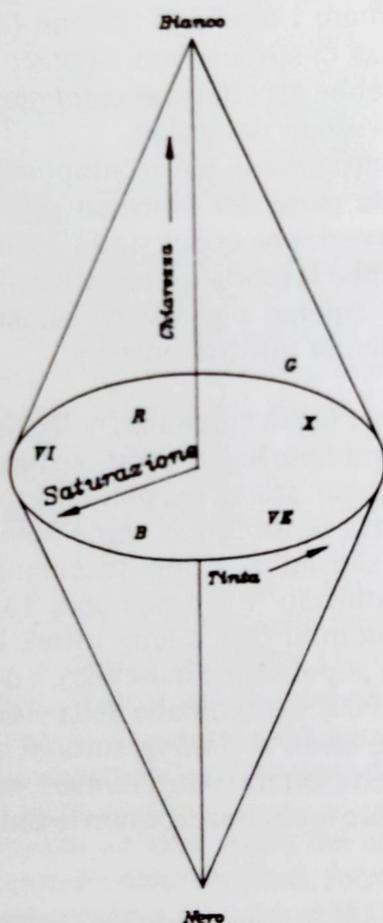


Fig. 5 - Rappresentazione unificata di tutti i colori secondo la loro tinta (sulla circonferenza), la loro chiarezza (sull'asse del doppio cono) e la loro saturazione (distanza dall'asse verso la circonferenza). (Da Osgood, 1953).

## 8. Contorni

Se tra due aree contermini c'è un brusco cambiamento di chiarezza, ivi si forma un *contorno*. La stabilità del contorno pare legata a questo salto nella stimolazione; due aree di colore diverso, ma di eguale chiarezza, non producono un contorno definito, ed il confine medesimo appare fluttuante. Nella figura 6 si vede un contorno - quello della superficie bianca o della superficie nera, a chi appartenga lo vedremo nel § 15 - e sotto c'è la rappresentazione dei livelli di chiarezza.

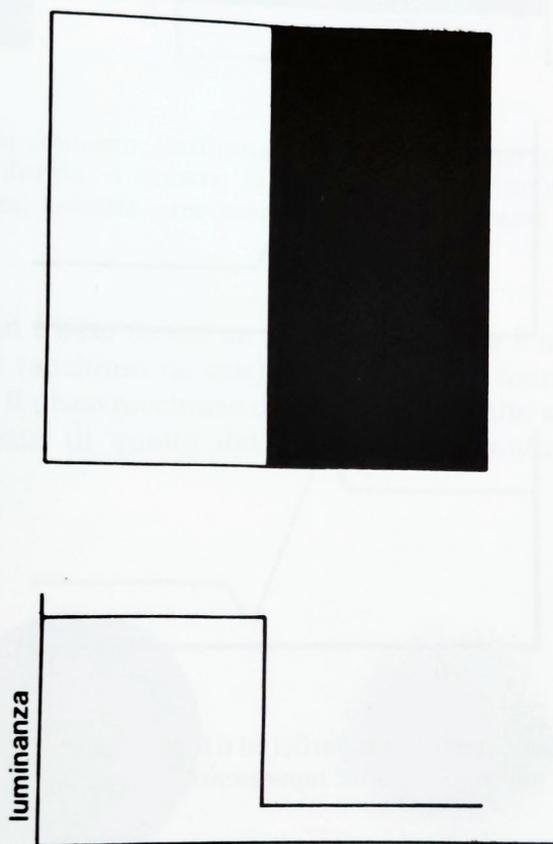


Fig. 6 - Sopra: un contorno; sotto: rappresentazione dei livelli di luminanza delle due superfici.

In particolari condizioni, all'interno di due superfici come quelle di figura 6, si possono notare le *bande di Mach*, zone di chiarezza non omogenea a quella della superficie restante, che corrono parallele al contorno. Si veda la figura 7.

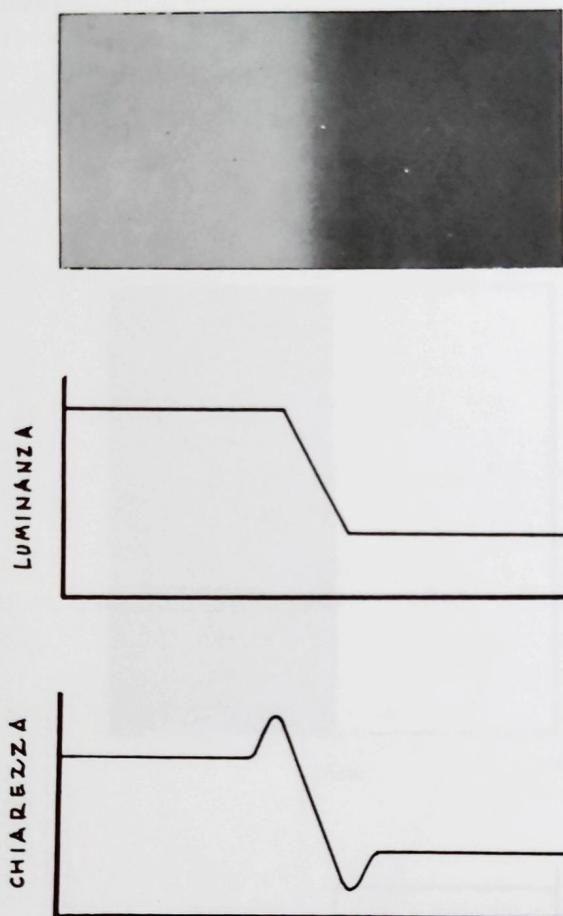


Fig. 7 - Bande di Mach. In alto: le superfici ed il loro contorno; in mezzo: distribuzione della luminanza; sotto: rappresentazione delle chiarezze percepite.

Un altro effetto del contorno è quello di creare dei salti di chiarezza dove c'è un gradiente di luminanza. Nella figura 8 si vede una superficie in cui la chiarezza cala gradualmente da sinistra a destra, con una linea che la divide in due metà. Se la riproduzione a stampa è riuscita, non si

deve vedere il graduale iscurimento verso destra della superficie, ma si devono vedere due superfici di chiarezza uniforme. (Vedi Koffka, 1923.)

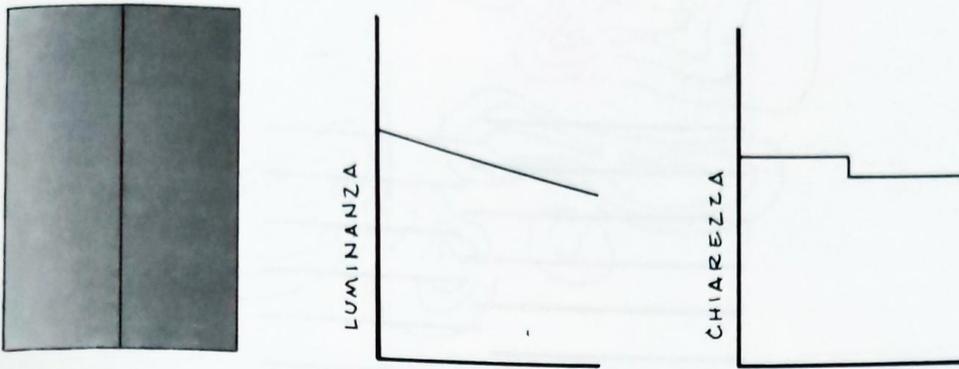


Fig. 8 - Effetti del contorno: trasformazione di un gradiente in due zone di chiarezza uniforme. A sinistra: la situazione; in mezzo: distribuzione della luminanza; a destra: rappresentazione della chiarezza percepita.

Se il contorno è esso stesso un gradiente, cambia il modo di apparire della superficie racchiusa da quel contorno: nella figura 9 si vede, per esempio, come il disco racchiuso da un contorno netto sia di un nero più scuro e compatto di quello del disco che ha contorni sfumati (da Kanizsa, 1954).

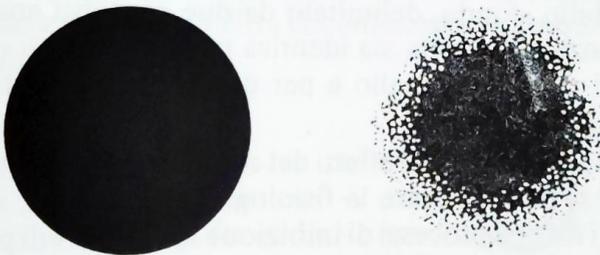


Fig. 9 - Il gradiente nel contorno produce trasformazioni nel colore delle superfici (da Kanizsa, 1954).

Nel campo possono formarsi contorni anche in assenza di cambiamenti della stimolazione. Nella figura 10 si vede una linea sinuosa che in realtà non c'è: si tratta di un *contorno anomalo*.

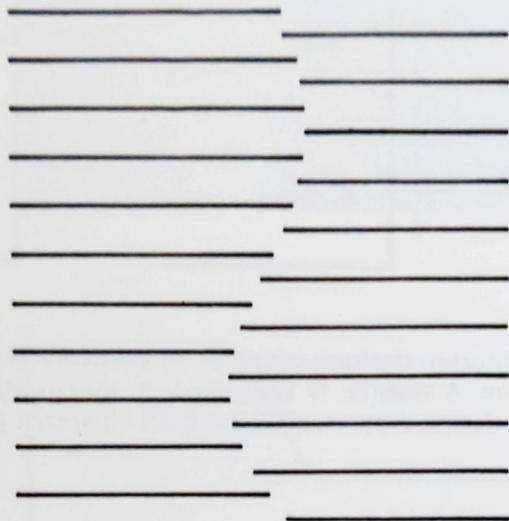


Fig. 10 - Tra due superfici rigate di chiarezza uniforme, si forma un *contorno anomalo*, inesistente nella stimolazione.

Talvolta i contorni anomali si richiudono su se stessi, dando origine a *superfici anomale*. Nella figura 11 si vede un anello di chiarezza più elevata di quella dello sfondo, delimitato da due contorni anomali, malgrado la riflettanza della carta sia identica per tutti i punti che interessano, per quelli esterni all'anello e per quelli appartenenti all'anello. (Vedi Kanizsa, 1980.)

La spiegazione di tutti questi effetti del contorno è assai varia. Se per le bande di Mach si può invocare la fisiologia dei recettori, ipotizzando interferenze tra i diversi processi di inibizione laterale (vedi più avanti, al § 9), per il fenomeno di Koffka (figura 8) si deve pensare a processi di bilanciamento ed omogeneizzazione di natura non periferica, e per i fenomeni di Kanizsa bisogna chiamare in causa categorie esplicative parecchio sovraordinate (le leggi gestaltiste della percezione).

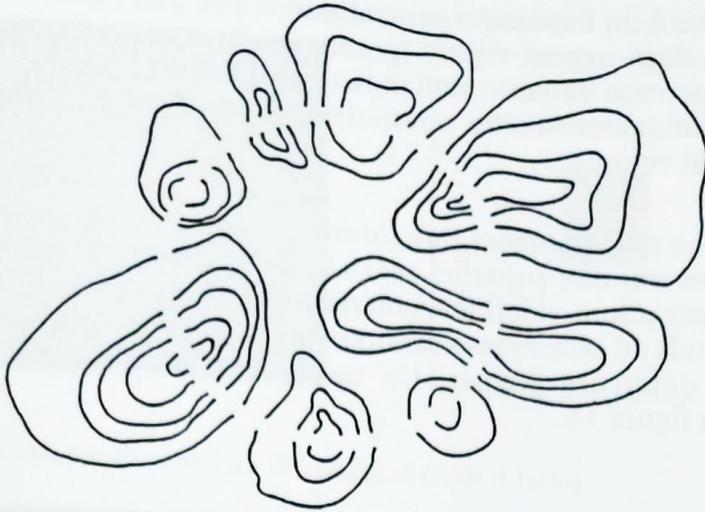


Fig. 11 - Formazione di una superficie anomala (la corona circolare) per chiusura su se stessi di due margini anomali (da Kanizsa, 1980).

## 9. Fenomeni di induzione

Il modo di apparire degli oggetti nel campo visivo è differente a seconda che essi compaiano isolati o accostati ad altri oggetti. L'induzione può essere *simultanea*, se gli oggetti sono contemporaneamente presenti nel campo, o *successiva*, se gli oggetti compaiono uno dopo l'altro. Qui ci occuperemo soltanto dell'induzione simultanea. Come esempio di induzione simultanea si veda la figura 12, che riproduce la illusione ottico-geometrica di Delboeuf (1865b): quando intorno ad una circonferenza si mette un'altra circonferenza, la grandezza visibile della prima risulta alterata.



Fig. 12 - Induzione simultanea: la grandezza visibile del piccolo cerchio di destra subisce una variazione in presenza di un altro cerchio che lo circonda (illusione di Delboeuf, 1865 b).

L'induzione è un fenomeno generalissimo, che può riguardare qualsiasi aspetto degli oggetti visibili (grandezza, forma, colore, eccetera); qui ci occuperemo soltanto dell'induzione di chiarezza e di colore, perché nell'induzione di altre caratteristiche si tratta indirettamente in altre parti del volume.

L'induzione può assumere due forme. La prima è l'*assimilazione*, il fenomeno per cui due superfici spazialmente adiacenti, e diverse per chiarezza o per colore, si influenzano reciprocamente nel senso che una superficie tende ad assumere la caratteristica dell'altra, con una diminuzione della differenza globale. Un esempio di assimilazione si può vedere nella figura 13.



Fig. 13 - Esempio di assimilazione di chiarezza (vedi il testo; da Gerbino, 1983).

I quadrati grigi grandi hanno eguale riflettanza, e dovrebbero apparire egualmente chiari. Viceversa quello che è punteggiato in bianco appare più chiaro di quello che è punteggiato in nero. Il fenomeno si spiega dicendo che la superficie grigia "assimila" il carattere (bianco o nero) degli elementi in essa contenuti.

La seconda forma dell'induzione è il *contrasto*. Esso è il fenomeno per cui due superfici spazialmente adiacenti, diverse per chiarezza o per colore, si influenzano reciprocamente nel senso che una superficie tende ad assumere la caratteristica complementare della caratteristica dell'altra, con un aumento della differenza globale. Un esempio di contrasto si può vedere nella figura 14.

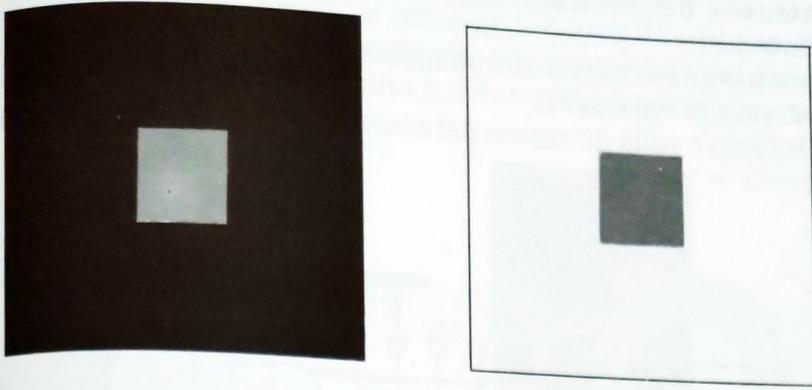


Fig. 14 - Esempio di contrasto di chiarezza (vedi il testo).

I quadratini grigi di figura 14 hanno eguale riflettanza, e pertanto dovrebbero apparire egualmente chiari. Viceversa quello che si trova in campo nero appare notevolmente diverso (più chiaro) di quello che si trova in campo bianco: il livello di chiarezza del grigio è aumentato in un campo a bassa riflettanza ed è diminuito nel campo ad alta riflettanza, rendendo più sensibile la differenza tra le superfici adiacenti.

Il fenomeno del contrasto viene spiegato, a livello fisiologico, con il processo della *inibizione laterale* (vedi la figura 15).

Prendiamo ad esempio il quadratino grigio nel campo nero della figura 14. I recettori del bianco/nero corrispondenti alla superficie nera risponderebbero "nero", ma contemporaneamente impedirebbero ai recettori circostanti di rispondere "nero"; tra i recettori circostanti ci sono anche quelli corrispondenti alla superficie grigia, che non potendo rispondere "nero" nella misura stabilita dalla stimolazione, darebbero un segnale di "bianco" in misura eccessiva. Di qui la maggiore chiarezza percepita della superficie grigia. Il discorso vale, cambiando i termini, per il quadratino grigio in campo bianco.

Kanizsa (1975) così riassume gli aspetti del contrasto:

- (1) se le due superfici sono differenti per chiarezza, tale differenza diventa più accentuata;
- (2) se le due superfici hanno colori complementari (rosso/verde, giallo/blu) la loro saturazione aumenta (il rosso più saturo si ottiene in un campo verde);
- (3) se le due superfici hanno colori non complementari, tali colori risultano alterati secondo le regole della mescolanza sommativa;

- (4) l'intensità del contrasto è proporzionale all'area della superficie inducente;
- (5) il contrasto cromatico simultaneo è massimo quando è minimo il contrasto di chiarezza;
- (6) sulla forza e sulla direzione del contrasto agiscono anche fattori figurati.

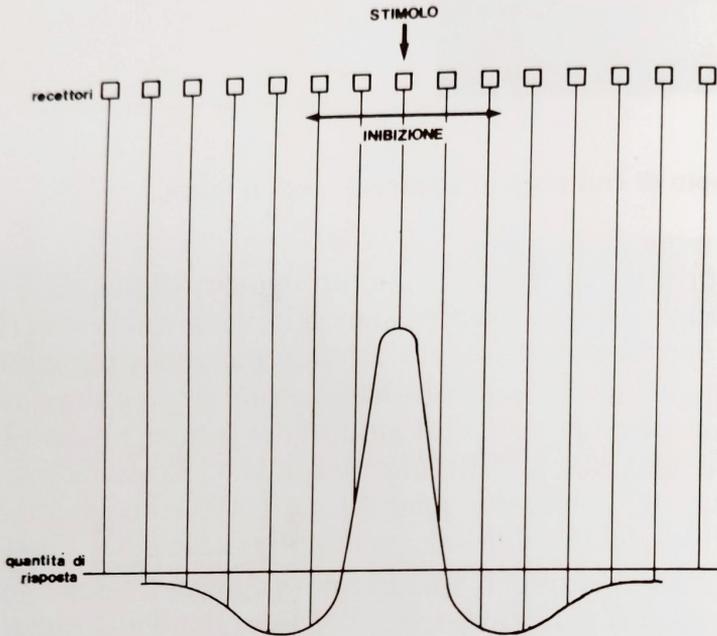


Fig. 15 - Rappresentazione schematica del fenomeno della inibizione laterale. In alto: lo stimolo luminoso ed i recettori: l'inibizione, rappresentata dalle frecce orizzontali, diminuisce con la distanza. In basso: ampiezza delle risposte date dai recettori.

Esaminiamo un po' da vicino il punto (6), che è di grande importanza per ogni modello dei processi percettivi che veda in questi, più che un meccanismo computazionale, fenomeni di campo.

Nel caso illustrato dalla figura 16, in alto si vede un anello grigio adagiato per metà su un campo bianco, e per metà su un campo nero: la sua chiarezza è passabilmente uniforme, in aperto dissidio con la spiegazione fisiologica, appena ricordata, del contrasto in termini di inibi-

zione laterale. Ma non appena l'anello viene in qualche modo spezzato (figura 16 al centro, e in basso), si instaura di nuovo il contrasto di chiarezza, al modo solito. Anche quella che è una proprietà del tutto, cioè l'unità della figura, ha il suo effetto sull'intensità, e addirittura sull'esistenza stessa, del contrasto.

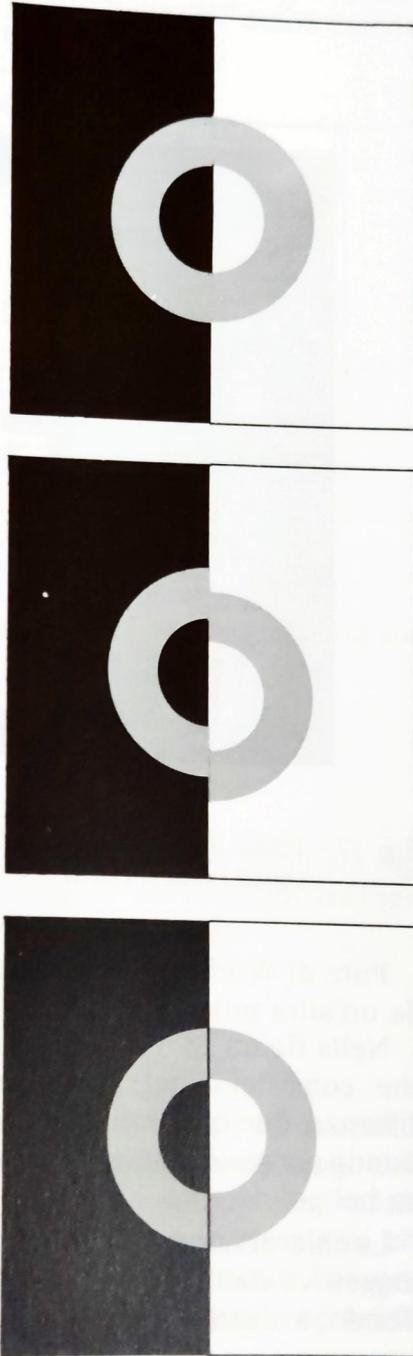


Fig. 16 - Anello di Benussi-Koffka (Koffka, 1915): influenza di proprietà figurali sul contrasto (vedi il testo).

Nel caso illustrato dalla figura 17, che è di Wolff (1935), si vede come nel contrasto di chiarezza abbia importanza anche l'articolazione figura-sfondo. La superficie grigia di sinistra, che appare come un volto visto di profilo, e quindi come "figura", appare abbastanza più scura dell'identica (in quanto a riflettanza) superficie grigia di destra, che viceversa appare come "sfondo".

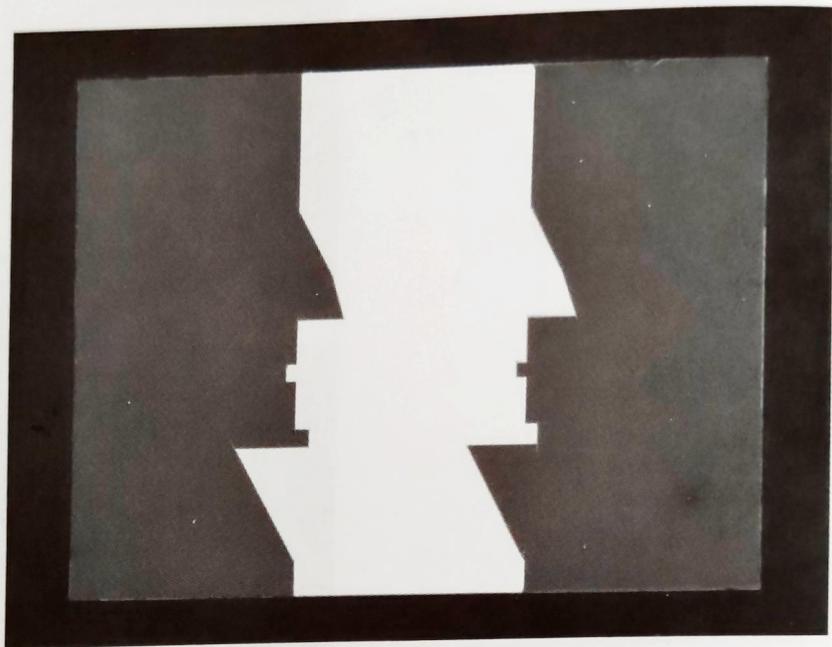


Fig. 17 - Profili di Wolff (1935): influenza dell'articolazione figura-sfondo sul contrasto (vedi il testo).

Pure di Wolff (1933) è l'osservazione che il contrasto dipende anche da un'altra proprietà figurale, l' "appartenenza".

Nella figura 18 è schematicamente illustrato l'esperimento di Wolff, che consisteva nel presentare all'osservatore, posto ad una certa distanza, due quadrati grigi eguali ( $g'$  e  $g''$ , nella figura) davanti ad uno sfondo per metà bianco e per metà nero (B ed N, nella figura), ma staccati un bel po' da esso.

La chiarezza percepita dei quadrati grigi dipendeva dall'impostazione soggettiva dell'osservatore: se essi venivano visti come staccati dallo sfondo, avevano una chiarezza fenomenica eguale; se invece venivano

visti come a contatto dello sfondo, presentavano la consueta disegualianza prevista dalle leggi del contrasto. L'esperimento era naturalmente organizzato in modo che entrambe le impostazioni soggettive fossero assumibili, con l'osservatore ad una distanza opportuna.

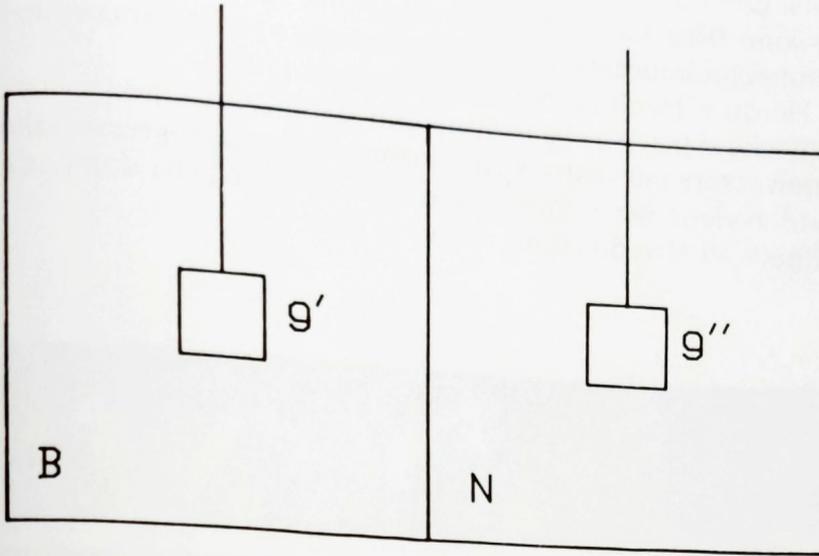


Fig. 18 - Esperimento di Wolff (1933) influenza della "appartenenza" sul contrasto (vedi il testo).

In conclusione, sul contrasto di chiarezza influiscono proprietà figurali (unità, figura-sfondo, appartenenza), le quali non rientrano tra i semplici meccanismi fisiologici accertabili al livello retinico.

## 10. Immagini stabilizzate

Si dicono *stabilizzate* quelle immagini che, per mezzo di un artificio qualsiasi, vengono proiettate in continuazione nello stesso luogo della retina. Il problema tecnico è quello di compensare esattamente i rapidi e rapidissimi movimenti dell'occhio (nistagmo, saccade, eccetera) che, com'è noto, non è mai in quiete. Quando lo scopo è raggiunto, l'osservatore non può sfuggire all'immagine, né guardarne i dettagli, né passare

ad altro: essa si muove solidalmente con l'occhio.

Qualcosa di simile accade quando, guardando il cielo sereno, ci accorgiamo della presenza di imperfezioni nel campo visivo periferico, dovute a impurità depositate sulla cornea (di solito, goccioline di liquido). Non appena si gira l'occhio per osservarle meglio, queste sfuggono, proprio perchè sono fisse sull'occhio e si muovono con esso.

Le immagini stabilizzate sono state indagate per la prima volta da Pritchard, Heron e Hebb (1960) e da Pritchard (1961).

Quello che si trovò è che le immagini stabilizzate tendono a svanire - cioè a non essere più viste - e che la cancellazione progressiva delle loro parti non avviene per frammenti casuali, ma per parti dotate di senso. Nella figura 19 si vede come vanno le cose.



Fig. 19 - Decomposizione e cancellazione graduale delle immagini stabilizzate (da Pritchard, 1961). All'estrema sinistra le situazioni stimolo; sulla destra gli esiti percettivi (vedi il testo).

Nella prima fila della figura 19 si vede come un volto sparisca per unità significative: o la nuca, o il mento, o la fronte. Nella terza fila si vede come un monogramma venga privato gradualmente di molte delle sue

parti, ma in modo tale che le parti restanti abbiano ancora un significato (o H, o B, o 3 o 4). Le immagini stabilizzate non si decompongono a chiazze, come accadrebbe ad un tappeto di fotorecettori che per affaticamento vadano casualmente fuori uso: le linee, per esempio, spariscono interi.

Si è perciò pensato che il progressivo e sensato decadimento delle immagini stabilizzate non sia un caso di disintegrazione spontanea, ma rifletta i modi in cui il sistema visivo codifica lo stimolo. Alcuni (per esempio, Neisser 1967) ritengono che il fenomeno delle immagini stabilizzate avvalori l'ipotesi secondo cui a parti distinte delle figure corrispondono distinti gruppi di cellule del sistema nervoso (dato che cessano di funzionare tutte insieme), ed avvalora anche l'ipotesi che la percezione visiva avvenga per analisi, riconoscimento e composizione di caratteristiche. Non più quindi sensazioni di punti colorati che vengono elaborate a livello centrale, ma percezione di caratteristiche già formate - come linee, angoli, curve - che vengono impiegate nella costruzione della figura totale.

Il fenomeno delle immagini stabilizzate fa giustizia della credenza comune che, per vedere le cose bene, sia necessario tenere lo sguardo il più possibile fisso. Paradossalmente, la nitidezza e la ricchezza di dettagli delle immagini è assicurata proprio dai continui movimenti dell'occhio, che impediscono agli stimoli di cadere sempre sugli stessi recettori, affaticandoli e mettendoli fuori uso.

## 11. Immagini consecutive

L'esposizione a stimoli visivi in condizioni di immobilità dell'occhio conduce al formarsi di *immagini consecutive*. Le immagini consecutive sono visibili se, dopo l'esposizione, lo sguardo viene portato su uno sfondo omogeneo. Esse riproducono esattamente (per lo più) la forma dello stimolo; la loro grandezza dipende dalla distanza dello sfondo sul quale vengono "proiettate": più lontano è lo sfondo, più grandi esse appaiono.

Un semplice dispositivo per l'osservazione delle immagini consecutive è preparato nella figura 20. Si guardi il triangolo nero tenendo gli occhi fermi sul punto bianco, per almeno 40 sec. Si sposti poi lo sguardo sul campo bianco adiacente, tenendolo possibilmente sul punto nero. Dopo qualche secondo apparirà l'immagine consecutiva del triangolo nero, di forma e di grandezza identica all'originale, e di colore bianco brillante, più chiaro della pagina. Sollevando lo sguardo verso le pareti o

il soffitto si vedrà ancora l'immagine consecutiva, sempre della stessa forma e dello stesso colore, ma assai più grande.

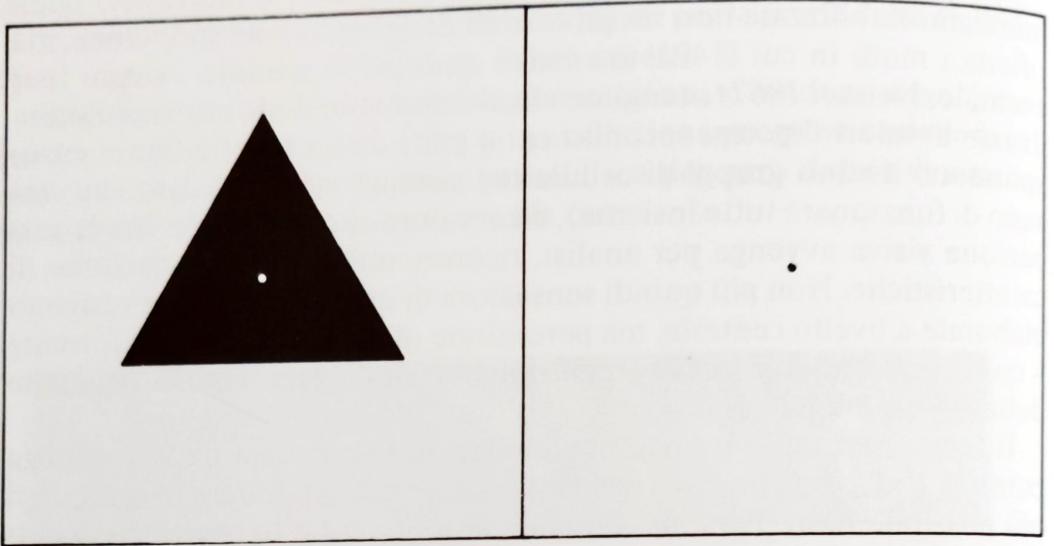


Fig. 20 - Dispositivo per l'osservazione delle immagini consecutive (vedi il testo).

Per quanto riguarda il colore delle immagini consecutive, si hanno due casi: se la fissazione dello stimolo è durata a lungo - come nel caso suggerito - il colore è quello "complementare" (il rosso dà il verde, il verde dà il rosso, il giallo dà il blu, il blu dà il giallo, il bianco dà il nero, il nero dà il bianco), e si parla di immagine consecutiva *negativa* (o complementare); se invece la fissazione dello stimolo è durata pochi secondi, e lo stimolo è molto luminoso, il colore è lo stesso, e si parla di immagine consecutiva *positiva* (od omocromatica).

Le immagini consecutive sono ritenute di origine retinica, nel senso che esse sarebbero il risultato dell'affaticamento dei fotorecettori. Le prove sarebbero nell'eguaglianza di forma e nella proporzionalità tra la loro grandezza e la distanza dello sfondo sul quale sono proiettate. Il loro colore (complementare o identico) serve a formulare ipotesi sul funzionamento dei fotorecettori (teoria quadricromatica di Hering, 1920, ammodernata da Jameson e Hurvich, 1955) e dei neuroni ad essi immediatamente collegati.

Non poche perplessità gravano sull'ipotesi retinica delle immagini consecutive, se si devono considerare i fenomeni che accadono quando le figure di cui si vuol ottenere le immagini sono incomplete o ambigue (vedi la figura 21).

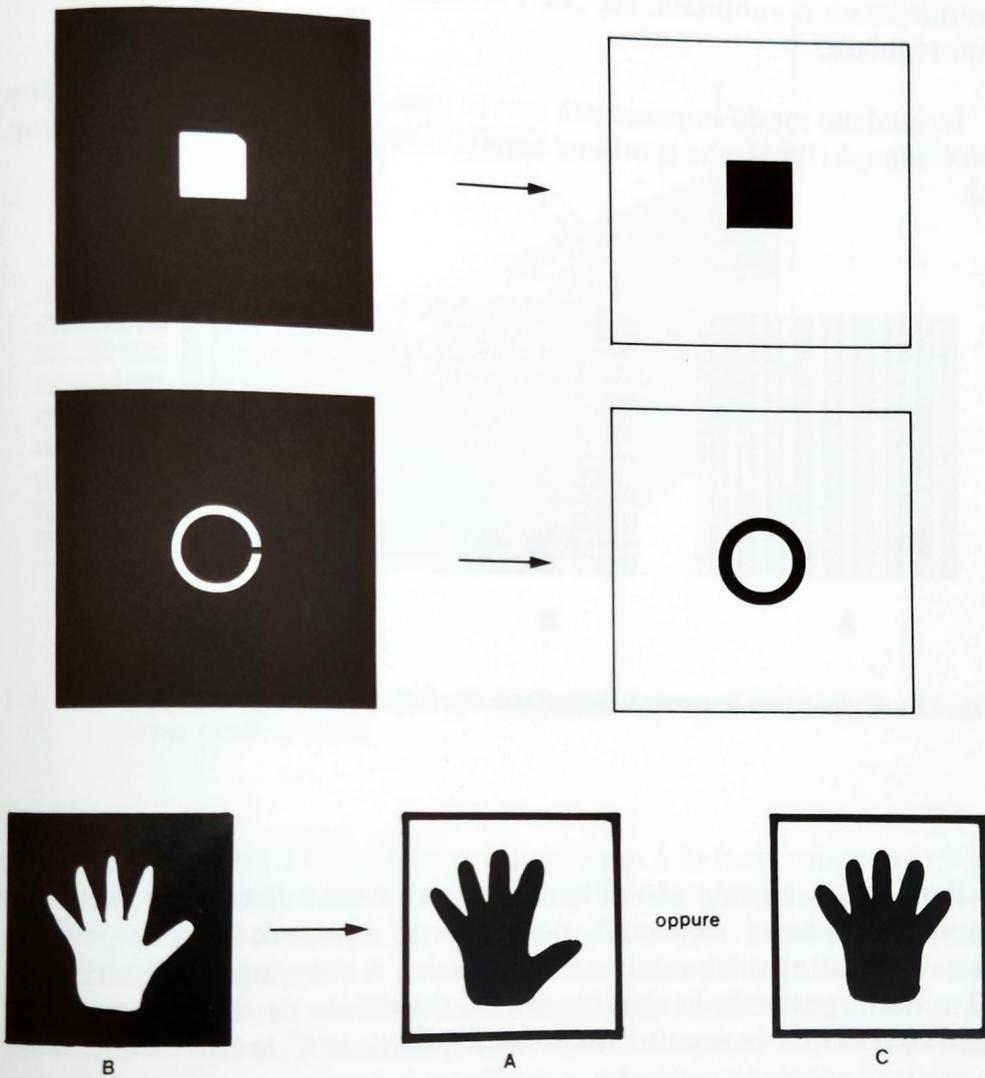


Fig. 21 - Immagini consecutive di figure incomplete o ambigue. A sinistra lo stimolo, a destra il rendimento percettivo.

La prolungata esposizione ad un quadrato cui manca un vertice conduce alla visione di un quadrato intero; una corona circolare con lacuna (anello di Landolt) viene vista consecutivamente come completa. La figura C, che è di Brunswik (1935), e che raffigura vagamente una mano, dà per immagini consecutive tanto una figura che presenta più accentuata la differenza tra l'elemento di destra e gli altri quattro, assomigliando così di più ad una mano, sia una figura in cui quella differenza è minimizzata o annullata, col che l'immagine è meno significativa, ma più regolare.

In qualche modo imparentato con le immagini consecutive è l'effetto McCollough (1965), che si ottiene con il dispositivo illustrato nella figura 22.

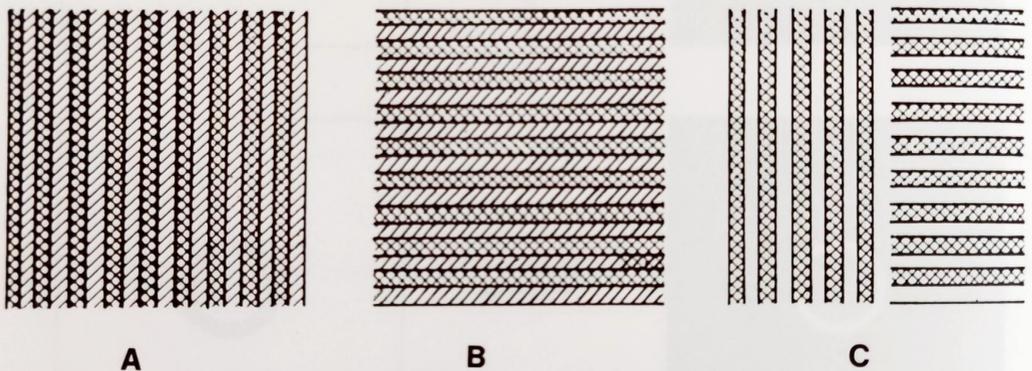


Fig. 22 - Dispositivo per ottenere l'effetto McCollough (1965, vedi il testo).

Il pattern A è composto di barre verticali nere e rosse; il pattern B è composto di barre orizzontali, nere e verdi; il pattern C è composto di barre verticali ed orizzontali, nere e bianche. A e B vengono fissati per 5-10 minuti, spostando lo sguardo alternativamente da A a B e viceversa, ogni 10 sec circa. In seguito, osservando il pattern C, le barre bianche tra le verticali appaiono verdastre, e quelle tra le barre orizzontali rossastre.

Non esiste una sicura spiegazione dell'effetto McCollough. Ma anche esso lascia intendere che la teoria delle immagini consecutive, come effetti di processi locali aventi luogo sulla retina, non è sostenibile fino in fondo.

Anche l'effetto Benham (1894) viene attribuito agli stessi processi che danno luogo alle immagini consecutive (Campenhausen, 1968). Esso si ottiene con il dispositivo illustrato nella figura 23.

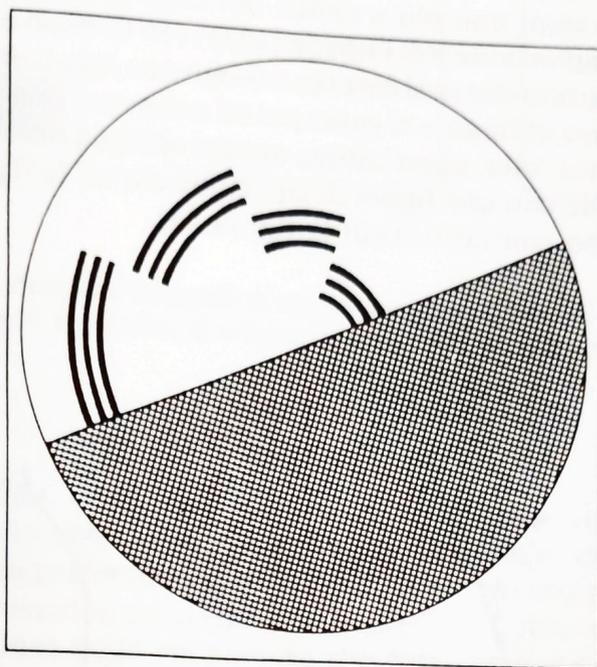


Fig. 23 - Dispositivo per ottenere l'effetto Benham (1894). Il disco è in lenta rotazione (vedi il testo).

Il disco di figura 23 viene osservato mentre è in lenta rotazione (5-15 giri al sec.); metà di esso è grigio e metà bianco: su quest'ultima metà sono disegnati dei settori di corona circolare neri. L'osservatore può notare il formarsi di pallidi colori nella vicinanza dei segni neri; la rotazione oraria produce anelli di colore rosso all'interno, e blu all'esterno, mentre la rotazione antioraria produce anelli di colore blu all'interno e rosso all'esterno.

La spiegazione dell'effetto Benham, non ancora raggiunta in modo soddisfacente (vedi anche Jameson, 1972), è resa difficile per il fatto che alle caratteristiche cromatiche del dispositivo vanno aggiunte le caratteristiche temporali e cinetiche della stimolazione.

## 12. Effetti consecutivi figurali

L'influenza che la stimolazione appena cessata può avere sulla percezione è dimostrata dai cosiddetti *effetti consecutivi figurali*. Si ottengono con la stessa procedura impiegata per le immagini consecutive e consistono in distorsioni non più a carico del colore, ma della figura.

La prima osservazione è di Gibson (1933) e di Gibson e Radner (1937), i quali constatarono che se si osserva a lungo una *figura di ispezione* costituita da una linea obliqua, e si passa poi ad osservare una *figura test* costituita da una linea retta, quest'ultima appare obliqua nel senso contrario. Lo stesso accade con una figura di ispezione curva: la figura test appare curvata in senso contrario (vedi la figura 24).

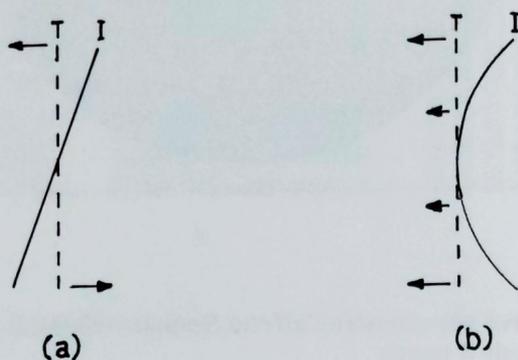


Fig. 24 - Effetti consecutivi figurali di spostamento e di curvatura. I = figura di ispezione; T = figura test (da Gibson, 1933 e da Gibson e Radner, 1937; vedi il testo).

Le osservazioni più note sono tuttavia quelle di Köhler e Wallach (1941), vedi la figura 25. Il soggetto è invitato a fissare nel punto X il disegno che porta le figure di ispezione, i tre rettangoli neri. Dopo un'osservazione prolungata viene invitato a fissare il punto X del disegno che porta la figura test. Quello che il soggetto vede è un aumento della distanza verticale tra i quadratini di sinistra.

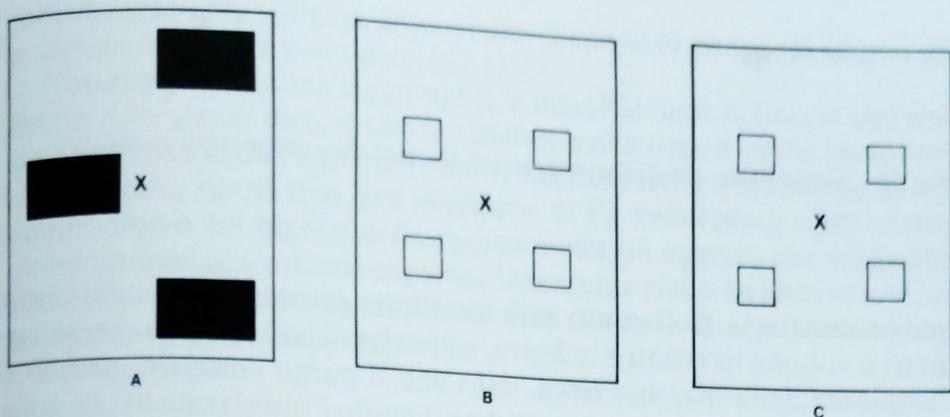


Fig. 25 - Effetti consecutivi figurali di spostamento (da Köhler e Wallach, 1941). A = figura di ispezione; B = figura test; C = rendimento percettivo (vedi il testo).

Di questi effetti consecutivi figurali si sono date varie spiegazioni. Quella di Gibson chiama in causa processi psicologici di “normalizzazione” degli oggetti obliqui o distorti, che persisterebbero anche durante l’osservazione della figura test; quella di Köhler e Wallach l’aumentata resistenza delle vie nervose che sono state percorse dalle correnti generate dalle figure di ispezione; quella di Ganz (1966) il perturbamento prodotto, durante l’osservazione della figura test, di una immagine consecutiva della figura di ispezione.

### 13. Completamento percettivo nella macchia cieca

Com’è noto, sulla retina nasale dell’occhio, in corrispondenza dell’innesto del nervo ottico, esiste una zona totalmente priva di fotorecettori: la *macchia cieca*. Essa si trova a circa  $15^\circ$  dalla fovea, e le sue dimensioni sono enormi, rispetto alla fovea medesima:  $7.5^\circ \times 5^\circ$ , contro  $30'$ . È detta “cieca” perché gli stimoli proiettati su di essa non danno luogo a percezione. La macchia cieca può essere agevolmente osservata utilizzando il disegno di figura 26.

Si sistemi il volume in modo da portare la pagina su un piano fronto-parallelo rispetto all’occhio sinistro, e si metta l’occhio davanti alla X ad una distanza di circa 25 cm. Si copra ora l’occhio destro e si fissi con



Fig. 26 - Dispositivo per l'osservazione della macchia cieca (vedi il testo).

quello sinistro la X. Il punto sarà invisibile: spostando di pochi centimetri il volume in avanti e indietro, ed anche di lato, si potrà constatare l'ampiezza della macchia cieca, dato che il punto compare quando è proiettato sui fotorecettori, e scompare quando è indirizzato in una zona priva di fotorecettori.

L'esistenza della macchia cieca costituisce un non piccolo problema per le teorie della visione, perché noi non osserviamo *mai*, in corrispondenza della macchia cieca, un "buco" nel campo visivo. Se dovesse valere la regola secondo cui c'è corrispondenza tra ogni punto dello spazio esterno e ogni punto proiettivamente corrispondente sulla retina, sulla sinistra del campo visivo dell'occhio sinistro dovrebbe trovarsi un'enorme lacuna, di forma ellittica, con l'asse maggiore verticale pari a 12.5 volte il diametro della luna, e con l'asse orizzontale pari a 8.3 diametri lunari (una identica lacuna ci sarebbe alla destra dell'occhio destro). Il fatto è che la lacuna non si vede, e quindi bisogna spiegare come essa venga "riempita", dato che essa è riempita di materiale omogeneo al resto del campo: se guardiamo un foglio bianco viene riempita di bianco, se guardiamo una foresta viene riempita di alberi, se guardiamo una folla viene riempita di gente.

Abbastanza curiosamente, il fenomeno del "completamento" del campo visivo per l'area interessata dalla macchia cieca, è oggetto di poca o nulla attenzione. Esso è impiegato soltanto dagli psicologi gestaltisti, a dimostrazione dell'assunto secondo cui ciò che succede in un punto del campo visivo è il risultato dell'interazione di forze che percorrono il campo visivo intero. Si guardi infatti alla figura 27 che segue: con il

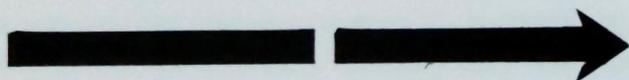


Fig. 27 - Dispositivo per l'osservazione del completamento percettivo nella macchia cieca (vedi il testo).

metodo usato per la figura precedente, si cerchi di portare la lacuna esistente nella freccia nella macchia cieca.

Non appena la lacuna raggiungerà la macchia cieca, la freccia sarà vista intera. Ciò che si dice, è che il sistema percettivo, avendo preso nota dell'esistenza di due barre nere allineate, fuori della macchia cieca (esse si proiettano su un arco ben maggiore di  $5^\circ$ ), provvede a completare il campo visivo col bianco della pagina e con un oggetto che viene supposto attraversare orizzontalmente la macchia cieca. In altre parole, ciò che è al di fuori della macchia determina ciò che esiste nel campo visivo in corrispondenza della macchia.

#### 14. Le costanze

Gli oggetti percepiti mantengono inalterate le loro caratteristiche malgrado lo stimolo prossimale, che è la causa immediata della loro percezione, cambi: a questo fatto si dà il nome di *fenomeno della costanza*. Per esempio, una persona che sta a 4 m da noi non appare più piccola della stessa persona quando sta a 2 m da noi, anche se l'immagine proiettata sulla retina da 4 m è la metà di quella proiettata da 2 m (vedi la figura 28).

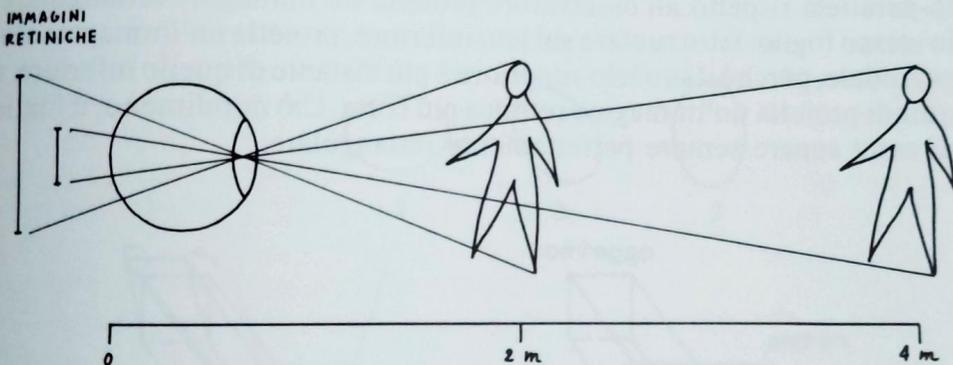


Fig. 28 - Una persona che sta a 4 m di distanza proietta sulla retina un'immagine che è la metà di quella che proietta da 2 m di distanza. Ciò nonostante, la persona appare della medesima statura (fenomeno della costanza di grandezza).

Esistono diversi tipi di costanze, una per ciascuna delle caratteristiche visibili degli oggetti.

La *costanza di grandezza* è quella che abbiamo appena considerato nell'esempio e nella figura 28, e si definisce come la tendenza degli oggetti fenomenici a mantenere inalterate le loro dimensioni, malgrado le variazioni di distanza dall'osservatore producano variazioni nell'angolo visivo che sottendono, e quindi variazioni della stimolazione prossimale (l'immagine retinica).

Il fenomeno della costanza di grandezza non si manifesta per tutte le distanze dall'osservatore: un treno visto correre da lontano sembra un giocattolo; la luna in cielo non sembra avere le sue reali dimensioni; le persone che camminano sulla via, viste dagli ultimi piani di un alto edificio sembrano formiche. Alla perdita di costanza di grandezza degli oggetti si dà il nome di *sottocostanza*. Se però un osservatore viene richiesto di valutare le dimensioni di un oggetto distante da lui, le stime aumentano con l'aumentare della distanza (vedi, per esempio, Gilinsky 1955); a questo fenomeno si dà il nome di *sovracostanza*.

La *costanza di forma* si definisce come la tendenza degli oggetti fenomenici a mantenere inalterata la loro forma, malgrado le variazioni di posizione, rispetto all'osservatore, producano variazioni nella stimolazione prossimale, cioè nella forma dell'immagine retinica. Come si vede nella figura 29 che segue, un foglio di carta tenuto ritto in posizione fronto-parallela rispetto all'osservatore proietta un'immagine rettangolare; lo stesso foglio, fatto ruotare sul lato inferiore, proietta un'immagine trapezoidale, perché il suo lato superiore è più distante di quello inferiore, e quindi proietta un'immagine retinica più corta. Ciò nondimeno, il foglio di carta appare sempre perfettamente rettangolare.

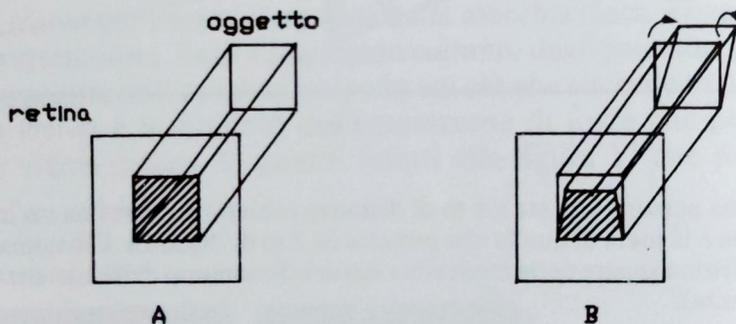


Fig. 29 - A: un foglio di carta rettangolare, tenuto su un piano fronto-parallelo rispetto all'osservatore, proietta sulla retina un'immagine rettangolare. B: lo stesso foglio di carta, se inclinato, proietta un'immagine trapezoidale. Ciò nondimeno, il foglio appare sempre rettangolare (fenomeno della costanza di forma).

La *costanza di colore* si definisce come la tendenza degli oggetti fenomenici a mantenere inalterato il loro colore, malgrado le variazioni di illuminazione modifichino sensibilmente la stimolazione prossimale, cioè la quantità e la qualità di luce incidente sulla retina. Un foglio di carta bianco resta bianco anche quando viene portato in un punto dove l'illuminazione è minore; per contro, un foglio di carta grigio resta grigio anche quando viene portato in un punto dove l'illuminazione è maggiore. Si può fare in modo che un oggetto grigio rifletta più luce di un oggetto bianco, e ciò nondimeno appaia più scuro. Analogamente, gli oggetti colorati non mutano tinta con il variare del tipo di illuminazione: una foglia appare dello stesso verde sia alla luce bianca solare che alla luce giallastra delle lampade ad incandescenza.

La *costanza di orientazione* si definisce come la tendenza degli oggetti fenomenici a mantenere inalterato il proprio orientamento nello spazio visivo, malgrado le variazioni della stimolazione prossimale a livello della retina siano quelle proprie di un cambiamento di orientamento. Tutti gli oggetti che si deformano presentano questa caratteristica. Si veda per esempio la figura 30, che illustra schematicamente la rotazione di un'ellisse. Dopo alcuni secondi, in cui si vede effettivamente ruotare la figura, questa diventa stabilmente orientata - cioè ferma sul posto - ed il

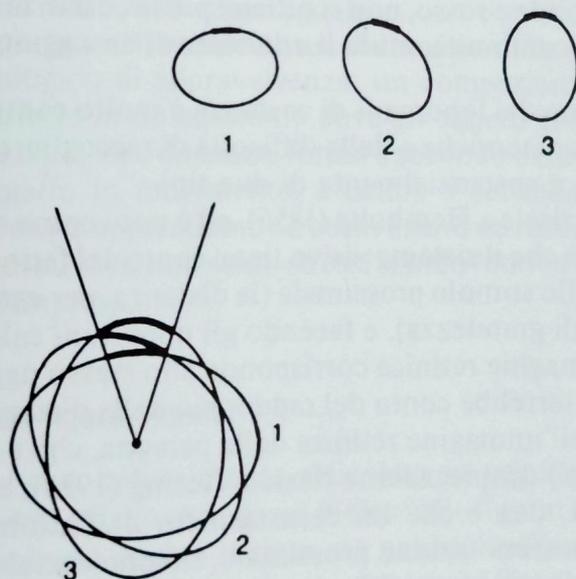


Fig. 30 - Rotazione di un'ellisse che viene vista come la deformazione continua di un cerchio orientato in modo costante (da Musatti, 1924; vedi il testo).

movimento viene visto come la continua distorsione di un cerchio che rimane stabilmente orientato.

Come si può vedere nella figura, la distorsione risulta da un abbassarsi ed alzarsi di linee presenti in una data zona (nell'angolo formato dalle due rette), poiché in quella zona le parti dell'ellisse appaiono in posizioni differenti (da Musatti, 1924; per maggiori dettagli vedi Vicario, 1988, figura 53).

Ai fenomeni di costanza può essere assimilata la *permanenza di continuità* (Michotte, 1962), che altrimenti potrebbe definirsi come *costanza di identità*. È il fenomeno che si verifica quando un oggetto mantiene la sua identità malgrado la stimolazione prossimale subisca cambiamenti di forma, di grandezza e di colore. È il caso di una nuvola che cambia aspetto, di un pallone che si gonfia, di una sbarra che si arroventa. L'oggetto fenomenico continua ad essere se stesso se i cambiamenti non sono eccessivi: proiettando su uno schermo prima un disco, e poi un ellisse, si vede una *trasformazione*; parimenti accade se il disco viene rimpiazzato con uno più grande, poiché si vede il disco ingrandirsi o avvicinarsi; eguale esito si ha rimpiazzando il disco con un altro simile in tutto, ma di colore diverso, poiché si vede il disco permanere, anche se con il colore cambiato.

L'oggetto perde però la sua identità se viene contemporaneamente alterato in più aspetti: se si proietta prima un disco piccolo e bianco, e poi un quadrato grande e rosso, non si ottiene più la costanza di identità o la permanenza di continuità, ma la *sostituzione* di un oggetto con un altro.

La spiegazione dei fenomeni di costanza è molto complessa, a causa delle implicazioni teoriche e della difficoltà di raccogliere dati probanti. La spiegazione è sostanzialmente di due tipi.

Il primo tipo risale a Helmholtz (1856), ed è noto come *teoria computazionale*. L'idea è che il sistema visivo tiene conto del fattore che produce le variazioni dello stimolo prossimale (la distanza, per esempio, nel caso della costanza di grandezza), e facendo gli opportuni calcoli riconoscerebbe che l'immagine retinica corrisponde allo stesso oggetto. Nel caso della figura 28, terrebbe conto del raddoppio della distanza per valutare la grandezza dell'immagine retinica della persona, che è ridotta a metà.

Il secondo tipo di spiegazione risale a Hering (1920), ed è noto come *teoria diretta*. L'idea è che un certo aspetto dell'informazione, nella variazione della stimolazione prossimale, rimane costante, ed è questo aspetto che il sistema percettivo coglie. Per capire di che si tratta, si guardi la figura 31, dove si vedono dei dischi neri, palesemente eguali e disposti a distanze diverse dall'osservatore.

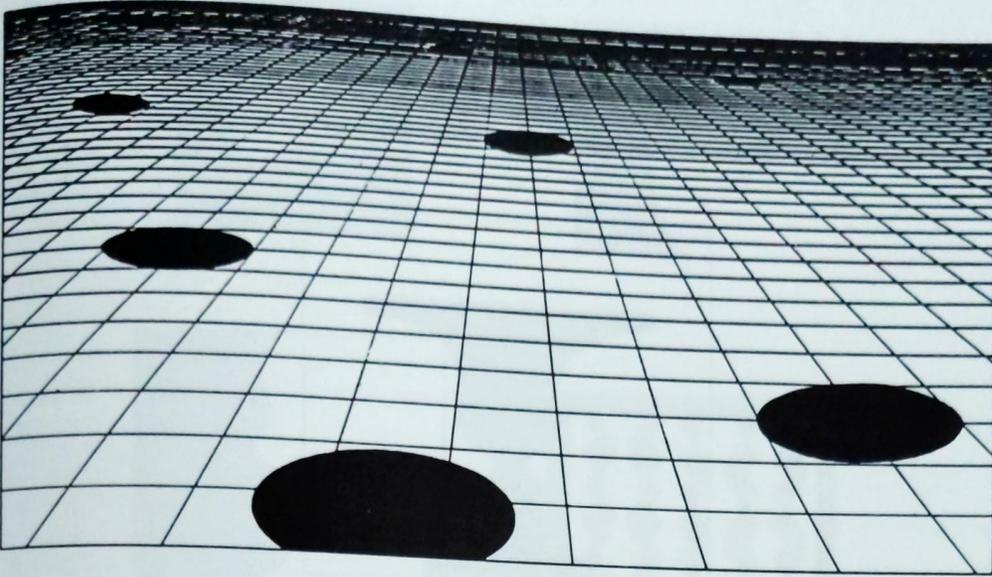


Fig. 31 - Esempificazione della *teoria diretta* della costanza di grandezza.

In questo caso, la variazione della stimolazione prossimale consiste nel fatto che gli oggetti neri proiettano sulla retina immagini diverse; l'aspetto dell'informazione che rimane costante è che ogni disco copre due riquadri dello sfondo. Il sistema percettivo coglie questo aspetto, e pertanto i dischi sono visti come eguali.

Non è inopportuno ricordare che il fenomeno delle costanze ha un alto valore biologico di sopravvivenza: un comportamento efficiente sarebbe impossibile in un ambiente dove gli oggetti cambiano dimensioni a seconda della loro distanza, forma a secondo della loro posizione rispetto al soggetto in movimento, e colore a seconda dell'illuminazione. Quando noi ci apprestiamo ad attraversare un ruscello, cerchiamo di mettere i piedi su sassi ben saldi: se essi si muovono in continuazione, rinunciamo all'impresa.

## 15. Il fenomeno figura-sfondo

Il campo visivo è naturalmente articolato in oggetti che risaltano, come *figure*, su uno *sfondo* che "passa dietro" alle figure: un quadro sulla parete, una montagna contro il cielo, un veicolo sull'autostrada, eccetera. L'esame della stimolazione prossimale non offre alcun indizio per decidere quale parte del campo debba strutturarsi come figura, e quale altra come sfondo, né spiega perché lo sfondo sia presente anche in

quelle zone del campo - dietro le figure - cui non corrisponde alcuna stimolazione prossimale. Questi due fatti emergono bene nella visione di una nota figura, qui sotto riprodotta.



Fig. 32 - La coppa e i profili (da Rubin, 1921).

Siccome noi possiamo vedere alternativamente la coppa, oppure i profili, questo significa che nella stimolazione prossimale non ci sono le cause dell'organizzarsi come figura di una certa parte del campo. Non è difficile poi notare che la coppa sta su uno sfondo bianco ed i profili stanno su uno sfondo nero: nell'un caso, come nell'altro, è presente lo sfondo anche dove non c'è stimolazione prossimale adeguata. Nel caso della coppa, lo sfondo bianco si protende dietro e sotto la figura nera, mentre per la parte "nascosta" dello sfondo non c'è stimolazione retinica.

Lo studio del fenomeno figura-sfondo, iniziato con Rubin e proseguito poi con un'intera legione di ricercatori, ha portato alle seguenti conclusioni:

- (a) tendono ad essere viste come figura quelle parti del campo che sono isolate e circoscritte (vedi la figura 33A), che sono convesse (vedi la figura 33B), che sono più chiare (vedi la figura 33C), che sono simmetriche (vedi la figura 33D), che sono più regolari (vedi la figura 33E), che sono orientate nelle direzioni privilegiate dello spazio, l'orizzontale e la verticale (vedi la figura 33F); altre condizioni più particolari sono indicate in Metzger (1975, pp. 25-62);

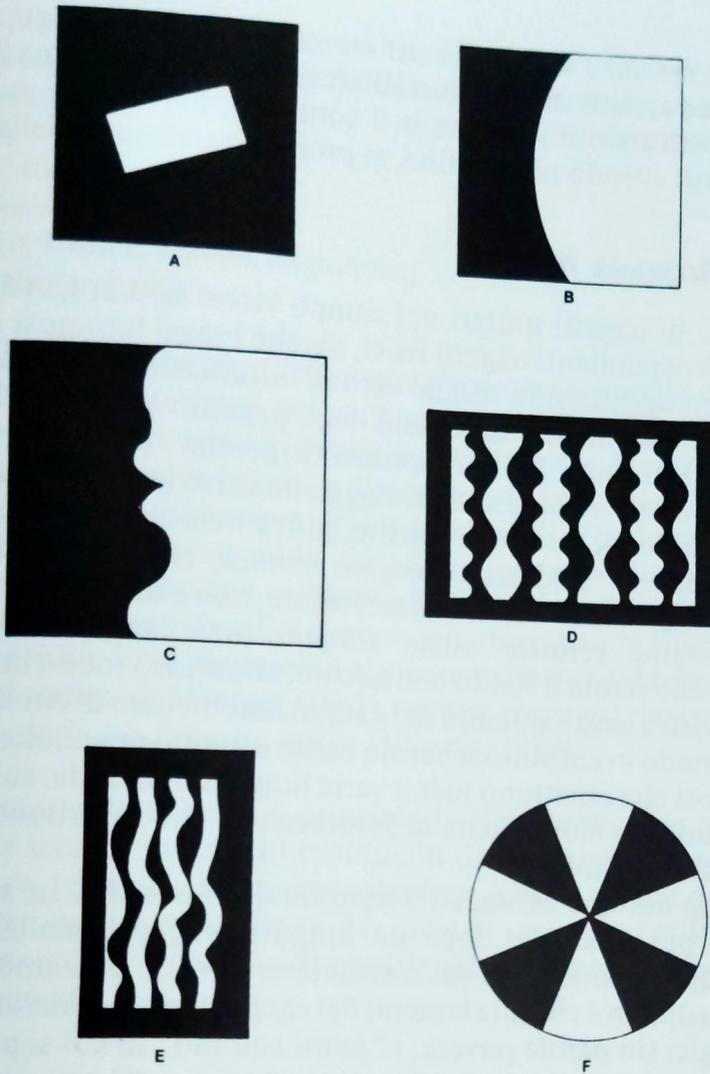


Fig. 33 - Condizioni dell'articolazione figura-sfondo. A: viene visto un rettangolo bianco su sfondo nero, e non un quadrato nero con un buco che lascia intravedere uno sfondo bianco, perché la superficie bianca è isolata e circoscritta; B: viene vista come figura la superficie bianca, piuttosto che quella nera, perché la prima è convessa, e la seconda concava (da Rubin, 1921); C: viene vista una bocca semichiusa a destra, anziché una bocca semiaperta a destra, perché a destra la superficie è bianca (da Kanizsa e Gerbino, 1976); D: sono viste come figure le superfici bianche, anziché quelle nere, perché le prime sono simmetriche, e le seconde no (da Kanizsa, 1975); E: sono viste come figure le superfici bianche, anziché quelle nere, perché le prime sono a larghezza costante, e le seconde no (da Morinaga, 1941); F: viene vista una croce di Malta bianca su sfondo nero, anziché nera su sfondo bianco, perché i bracci della croce bianca sono orientati nelle direzioni privilegiate dello spazio - orizzontale e verticale - e quelli della croce nera no (da Rubin, 1921).

- (b) esiste una *funzione unilaterale dei margini*: il confine che sta tra due diverse aree appartiene soltanto all'area che si realizza come figura, e di essa costituisce il margine o il contorno; per questo motivo lo sfondo, non avendo più confine, si protende al di sotto della figura.

## 16. L'organizzazione figurale

L'esistenza di oggetti unitari nel campo visivo non si giustifica con quella dei corrispondenti oggetti fisici, perché i raggi luminosi riflessi o emanati da un oggetto non recano alcuna informazione sulla reciproca appartenenza. Parimenti, l'unitarietà degli oggetti visibili non si giustifica con i processi fisiologici corrispondenti, perché – per quanto se ne sa – i segnali generati dai fotorecettori viaggiano verso la corteccia ciascuno per conto proprio. A questo proposito, giova ricordare che l'esistenza, nell'occhio, della cosiddetta *immagine retinica*, che riproduce otticamente la scena presente davanti l'osservatore, non è una spiegazione del fatto: l'immagine retinica esiste soltanto nel campo fenomenico dell'oculista che scruta il fondo dell'occhio, allo stesso modo in cui l'immagine televisiva esiste soltanto nel campo fenomenico di chi la guarda. Allo stesso modo in cui sullo schermo esiste soltanto una molteplicità di punti luminosi che emettono luce a varie lunghezze d'onda, sulla retina esiste soltanto una molteplicità di fotorecettori che assorbono luce su varie lunghezze d'onda.

Il problema dunque esiste, ed è noto fin dall'antichità. La soluzione attualmente più accettata, dopo un lungo travaglio speculativo e di ricerche, è quella formulata da Wertheimer (1923). Brevemente, essa consiste nel supporre che gli elementi del campo visivo, generati dai processi fisiologici (in parole povere, i "punti colorati" in cui si può scomporre lo stimolo prossimale, quello che ha luogo sulla retina) si aggregano spontaneamente formando unità articolate e gerarchizzate: gli oggetti che noi vediamo sulla scena visiva.

Wertheimer ha elencato i principi secondo i quali avviene tale aggregazione, che perciò vengono detti *principi di Wertheimer*, o principi dell'organizzazione sensoriale, od anche *leggi della Gestalt* (il termine tedesco "Gestalt" significa appunto "entità autoorganizzata", anche se spesso viene tradotto con "forma" o con "configurazione").

Il numero dei principi di Wertheimer varia a seconda delle trattazioni degli autori: io adatterò l'elenco di Metzger (1966), che mi pare il più completo. Secondo tale elenco i principi sono dieci:

- (1) somiglianza, o della minore disomogeneità;
- (2) vicinanza, o della maggiore densità;

- (3) destino comune;
- (4) continuità di direzione, o della curva passante;
- (5) chiusura;
- (6) divisione senza resti;
- (7) impostazione soggettiva;
- (8) impostazione oggettiva;
- (9) buona forma, o della gravidanza;
- (10) esperienza passata.

I principi di Wertheimer dell'organizzazione sensoriale valgono non soltanto per il campo visivo, ma per tutte le modalità percettive, ed anche per i processi di memoria e di pensiero. In più, essi valgono non soltanto per l'organizzazione di oggetti e di scene statiche, ma anche per l'organizzazione di eventi (cambiamenti e movimenti) che hanno luogo nel tempo. Poiché in questa sede mi vado limitando alla percezione di oggetti e di scene statiche, passerò alla formulazione soltanto di quei principi che non sono specifici degli eventi, rimandando il lettore desideroso di approfondire l'argomento al già citato lavoro di Metzger (1966), o ad un altro saggio di Metzger (1963), oppure ancora al riassunto che dell'intera materia ho fatto io stesso (Vicario, 1988).

Per comprendere bene i principi di Wertheimer, le regole cioè secondo le quali gli elementi costituenti il campo visivo tendono a formare figure, cose, oggetti, forme, eccetera, è bene partire da una situazione come quella della figura 34, dove si constata l'esistenza di un campo omogeneo (l'insieme di punti), nel quale non si riesce a distinguere alcunché.

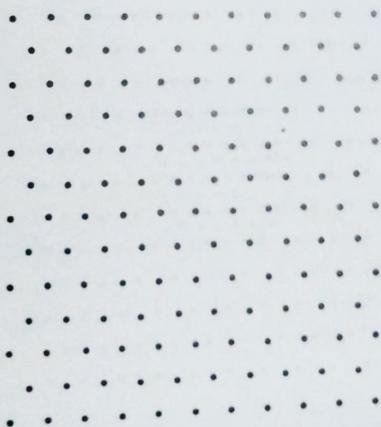


Fig. 34 - Nel campo omogeneo non si hanno raggruppamenti (da Vicario, 1975).

È sufficiente tuttavia cambiare in modo uniforme l'aspetto di taluni elementi del campo, perché immediatamente si formi un oggetto, o una figura: gli elementi si sono raggruppati in virtù della loro *somiglianza* (vedi la figura 35).

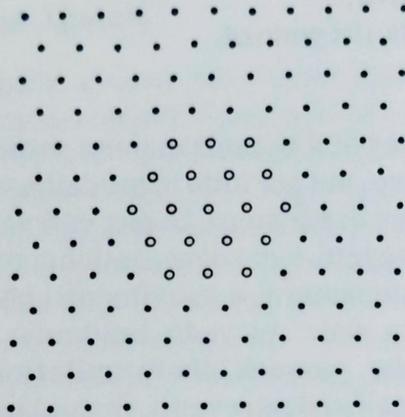


Fig. 35 - Al centro del campo si forma un oggetto in virtù del *principio della somiglianza* (da Vicario, 1975).

Ma anche una diminuzione delle distanze tra gli elementi, che si traduce in una loro maggiore densità, ha lo stesso risultato: tendono a formare una unità gli elementi che sono tra loro *più vicini* (vedi la figura 36).

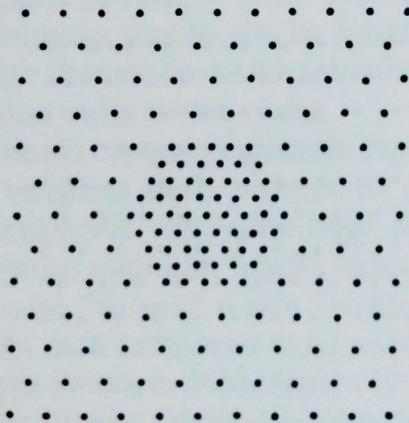


Fig. 36 - Al centro del campo si forma un oggetto in virtù del *principio della vicinanza* (da Vicario, 1975).

Prendiamo ora in considerazione la figura 37, nella quale si vedono quattro semirette -  $w$ ,  $x$ ,  $y$ , e  $z$  - che si incontrano in un solo punto. Queste rette potrebbero aggregarsi in tutti i modi possibili (per esempio  $w$  con  $y$  ed  $y$  con  $z$ , oppure  $x$  con  $y$  e  $w$  con  $z$ ), ma di fatto noi non vediamo nemmeno le quattro semirette: vediamo due sole semirette che si incrociano, situazione è stata scelta quella in cui gli elementi del campo sono in *continuità di direzione*.

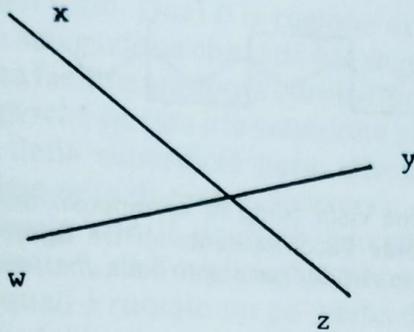


Fig. 37 - Si vede preferibilmente l'incrocio tra le linee  $(x + z)$  e  $(w + y)$ , anziché tra le linee risultanti da altri accoppiamenti, in virtù del principio della *continuità di direzione*.

Esaminiamo ora la figura 38, che presenta una fila di semicerchi. Essi potrebbero organizzarsi in due modi: dalla parte della convessità (formano così tre "X"), oppure dalla parte della concavità (formando così tre "O"). Poiché di fatto si vedono tre "O", e poiché la differenza tra le "X" e le "O" è che le prime sono forme "aperte", mentre le seconde sono forme "chiuse", si dice che l'aggregazione visibile, in tre "O", è avvenuta in virtù del *principio della chiusura*.

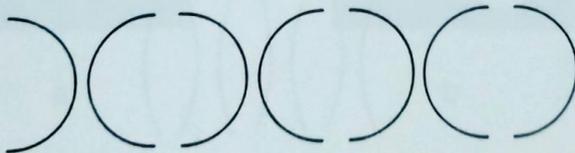


Fig. 38 - L'insieme dei semicerchi viene visto come una serie di cerchi (anche se incompleti), anziché come una serie di semicerchi accoppiati ad "X", in virtù del *principio della chiusura* (da Kanizsa, 1980).

La situazione della figura 39 può essere vista in due modi: (a) come la sovrapposizione di una senoide ad una greca, oppure (b) come tre figure piane chiuse, con quattro appendici lineari, due per lato. Poiché di fatto la situazione viene preferibilmente descritta come due linee che si intersecano, e poiché questa soluzione percettiva permette di non avere “resti” (le quattro appendici che non vengono prese in considerazione, se ci sforziamo di vedere le tre superfici chiuse), l’organizzazione realizzata nel campo viene attribuita al *principio della divisione senza resti*.

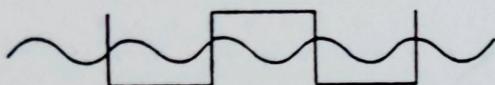


Fig. 39 - La situazione viene vista come la sovrapposizione di un’onda ad una greca, anziché come l’accostamento di tre figure chiuse con quattro appendici lineari, in virtù del principio della *divisione senza resti* (da Metzger, 1966).

Gli elementi che vediamo nella figura 40 possono organizzarsi in due modi: (a) come bastoni con due rigonfiamenti alle estremità, oppure (b) come bastoni con un solo rigonfiamento al centro. Poiché il vedere l’una cosa o l’altra si alterna con grande facilità, a seconda della nostra volontà (e magari a seconda di qualche espediente pratico, come il cominciare ad esplorare la figura da sinistra o da destra), e poiché nessuna delle due

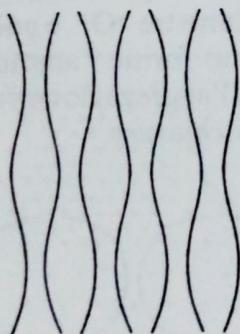


Fig. 40 - Si realizzano con eguale facilità due configurazioni: “tre bastoni con un rigonfiamento” oppure “tre bastoni con due rigonfiamenti”. La soluzione percettiva dipende dalla *impostazione soggettiva* (da Metzger, 1966).

configurazioni risultanti sembra prevalere sull'altra (come nei casi delle figure 37 e 38), si dice che la realizzazione di una certa configurazione, piuttosto che dell'altra, avviene in virtù del *principio dell'impostazione soggettiva*.

I due disegni che si vedono nella figura 41 non presentano differenze, in linea di principio: sono entrambi delle "cornici" nere sovrapposte al bianco della pagina. Ma mentre il disegno di sinistra viene facilmente visto come una cornice, ed il bianco all'interno della cornice è quello della pagina, il disegno di destra viene più facilmente visto come un quadrato bianco sovrapposto ad un quadrato nero, che a sua volta è sovrapposto alla pagina del testo. Qual è la ragione della differenza tra le due configurazioni? La spiegazione che si dà è la seguente. La superficie nera di sinistra si realizza facilmente come cornice, ed il bianco che si vede è il bianco del foglio, perché questa è la soluzione più economica e migliore data la regolarità della superficie nera, che ha sempre la stessa larghezza. La superficie nera di destra, viceversa, non ha sempre la stessa larghezza: se si vuole che il risultato percettivo abbia una "buona forma", sia "pregnante", sia "migliore", è necessario che si vedano due quadrati, uno dei quali è ruotato un po' verso destra. In questo caso, il bianco non è quello del foglio, ma quello del quadrato superiore, che sta sopra un quadrato nero, intero: la soluzione percettiva non contiene più le irregolarità della cornice, ma due oggetti (i quadrati) regolari. Questo in virtù del *principio della buona forma e della pregnanza*.

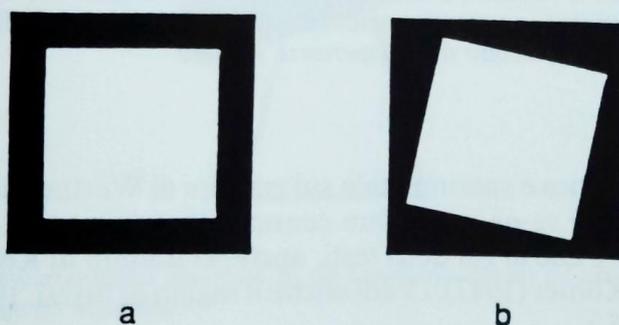


Fig. 41 - In virtù del principio della *buona forma*, o della *pregnanza*, in *a* il quadrato bianco va a fare parte dello sfondo, in *b* si costituisce come oggetto (vedi il testo). (Da Bozzi, 1975.)

Anche la figura 42 è formata da due gruppi di elementi, tra i quali non ci sono differenze di principio: entrambi sono gruppi di tre linee spezzate. Ma mentre il primo gruppo continua ad essere un insieme di linee, per quanto a lungo lo si osservi, il secondo gruppo si trasforma all'improvviso in una "E": l'evidenza della lettera è tale che si formano perfino dei contorni anomali più chiari là dove ci dovrebbero essere gli altri elementi a completarla. Poiché nessun'altra spiegazione sembra possibile, per questa unificazione dei tre elementi, Wertheimer la attribuisce all'*esperienza passata*, cioè alle innumerevoli E a stampa che abbiamo avuto occasione di vedere.

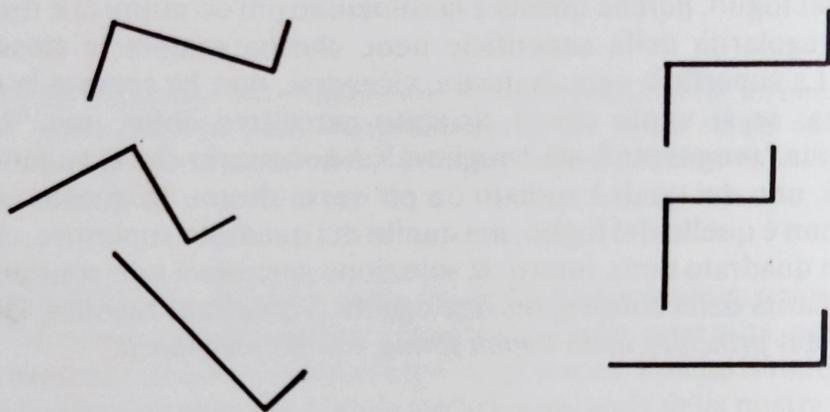


Fig. 42 - A sinistra si vedono tre linee spezzate; a destra si vede una lettera dell'alfabeto, spesso con contorni anomali più chiari dello sfondo. Il fatto è spiegato con il principio della *esperienza passata*.

L'indagine teorica e sperimentale sui principi di Wertheimer è troppo ampia, perché qui se ne possa fare cenno: rimando pertanto il lettore interessato, oltre che ai già detti testi, anche al trattato di Koffka (1935) ed al saggio di Köhler (1947). (Vedi anche il saggio di Bozzi, 1969 e il mio lavoro del 1975.)

Fra l'altro, spesso si parla dei principi di Wertheimer come di *fattori di unificazione*, cioè come forze concrete che potrebbero trovare una corrispondenza in fatti fisiologici osservabili.

## 17. Completamento amodale

Gli oggetti presenti nel campo percettivo visivo tendono a completarsi dietro ad altri oggetti che li occultano parzialmente (*effetto schermo*). Il termine "amodale" sta a significare che la presenza delle parti occultate si realizza senza che sia attivato alcun "modo" della percezione (nel nostro caso, il sistema fisiologico deputato alla visione). Alle parti presenti "amodalmente" non corrisponde alcuna stimolazione distale (riguardante la sorgente fisica) né alcuna stimolazione prossimale (riguardante i processi che avvengono sulla retina). Il nostro mondo visivo è popolato di oggetti "interi", ma se si osserva bene, rarissimi sono quelli che esibiscono tutte le loro parti: i mobili nascondono parti delle pareti e del pavimento, le case nascondono parti di altre case, i parapetti nascondono parti di persone, e così avanti.

Nella figura 43 si vede un triangolo a tratto parzialmente occultato da una banda nera, ma è facile capire che il triangolo come tale non esiste nella stimolazione (esistono, invece, un triangolo e un quadrilatero, oltre al rettangolo nero), e che esso si è *completato amodalmente* "dietro" la banda nera. Per le parti nascoste, ma tuttavia presenti, non esiste corrispettivo fisico o fisiologico.

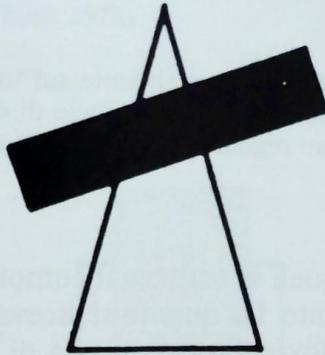


Fig. 43 - Completamento amodale di un triangolo dietro ad una barra nera che funge da schermo.

Viene subito da pensare che il completamento amodale degli oggetti fenomenici sia una conseguenza delle ripetute esperienze che noi abbiamo di oggetti interi. Le indagini compiute a questo proposito (vedi,

per esempio, Michotte Thinès e Crabbè, 1963) smentiscono questa spiegazione del senso comune, perché ci sono casi in cui il completamento avviene in aperto contrasto con l'esperienza. Nella figura 44 si vedono un triangolo, un triangolo cui mancano parti nei lati maggiori, ed un altro "triangolo" con i lati maggiori intrecciati. Se si pone sulla figura una matita, in modo da occultare contemporaneamente parte del triangolo di sinistra, la lacuna di quello centrale, e l'incrocio di quello di destra, si vedono tre triangoli perfettamente uguali dietro la matita, e tutti uguali a quello di sinistra. Le nostre "esperienze" e le nostre "conoscenze" a proposito della lacuna di quello centrale, e dell'intreccio di quello di destra, nulla hanno potuto contro la tendenza del triangolo a completarsi in modo assolutamente "regolare".

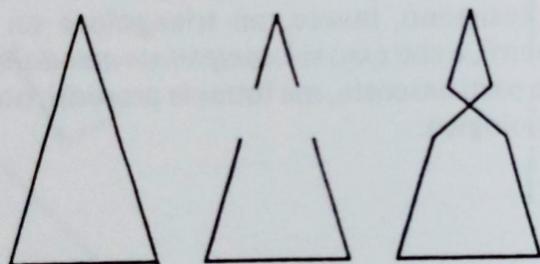


Fig. 44 - Ponendo una matita orizzontalmente sui tre triangoli all'altezza della lacuna di quello centrale e dell'incrocio di quello di destra, tutt'e tre i triangoli appaiono regolari come quello di sinistra (modificata da Michotte, 1963).

Le leggi secondo le quali si realizza il completamento amodale non sono ancora state accertate. Da quanto si diceva poco fa, la "regolarità" della figura risultante dovrebbe essere una di queste leggi, ma non è sempre così. Come si vede nella figura 45, se ad un esagono regolare si occultano i vertici con dei triangoli, la figura risultante è un poligono distorto.

Quello che si sa per certo è invece che gli oggetti sottoposti a parziale schermatura subiscono un rimpicciolimento, come si può vedere nella figura 46. I tre quadrilateri sono uguali, ma mentre quelli privi di schermo appaiono come quadrati, quello che si completa amodalmente dietro lo schermo appare come un rettangolo verticale.

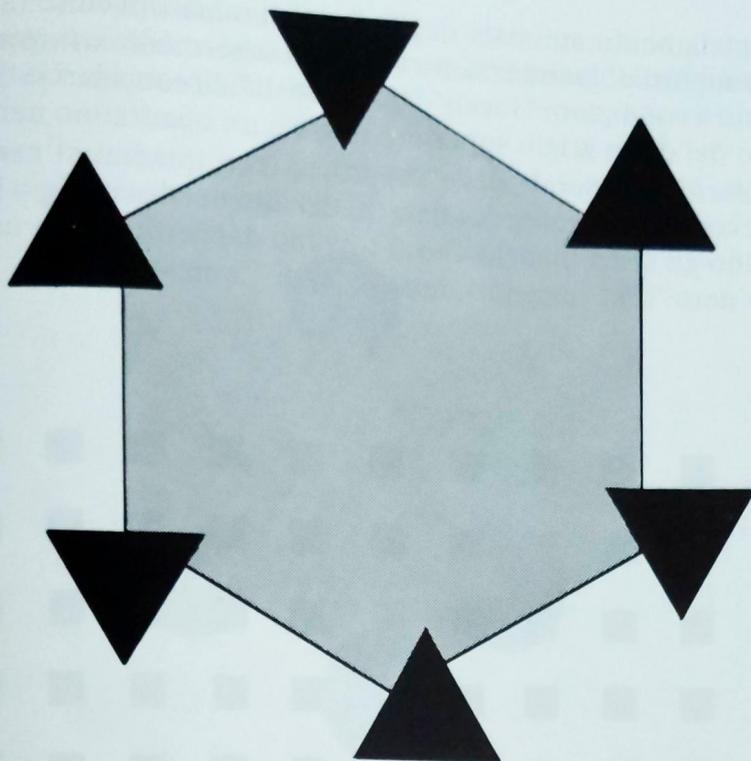


Fig. 45 - Contrariamente all'ipotesi della regolarità, l'occultamento dei vertici di un esagono realmente regolare conduce alla visione di un poligono distorto (da Gerbino, 1978).

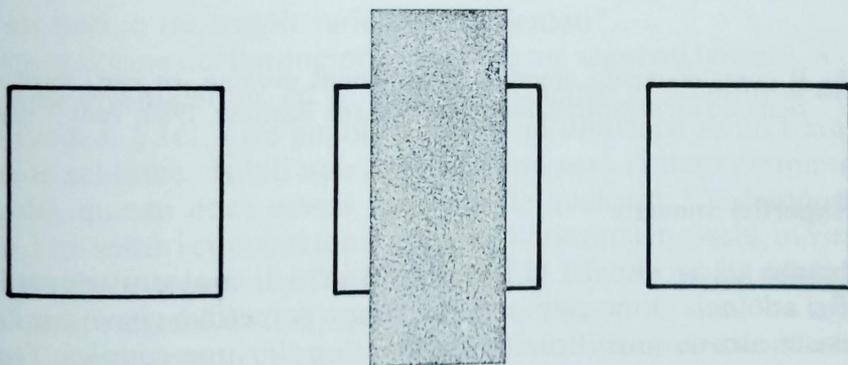


Fig. 46 - "Restringimento" degli oggetti che si completano amodalmente (da Kanizsa, 1980).

Il completamento amodale degli sfondi sembra obbedire (a volte, e per certi rapporti di grandezza tra l'oggetto schermante e la grana dello sfondo) più a condizioni "locali" che "globali". Si consideri la figura 47: al di sotto del disco grigio superiore non c'è un quadratino nero, come l'organizzazione generale della superficie (con quadratini neri) lascerebbe prevedere, ma una croce nera; al di sotto del disco grigio inferiore non ci sono gli spazi bianchi che si trovano dappertutto, ma un grosso quadrato nero. (Per maggiori dettagli, vedi Kanizsa, 1980.)

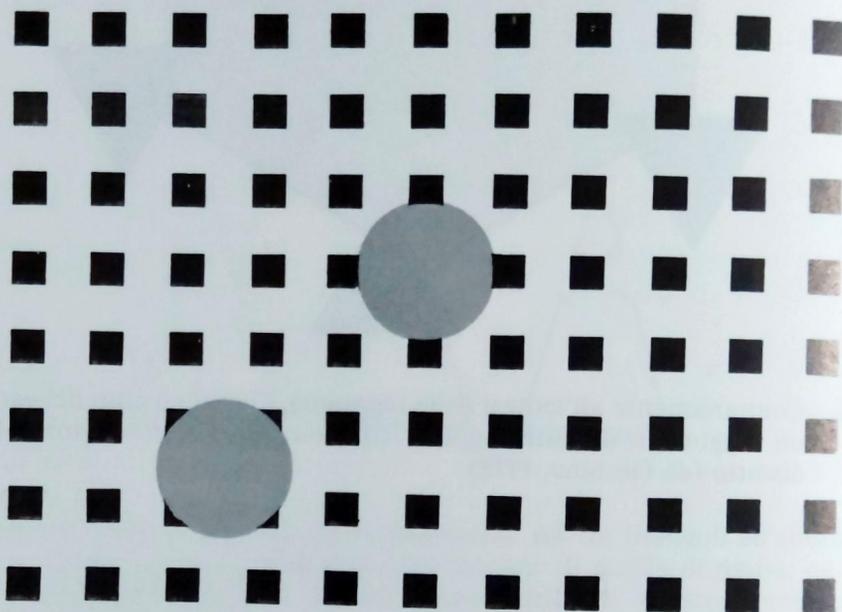


Fig. 47 - Il completamento amodale degli sfondi avviene, in certi casi, senza riguardo all'organizzazione generale (da Kanizsa, 1980; vedi il testo).

## 18. Superfici anomale

Abbiamo già accennato, al § 8, all'esistenza di contorni anomali e di superfici anomale: sono elementi del campo percettivo visivo per i quali non esiste alcuna giustificazione nella stimolazione retinica. Questo significa che viene visto un contorno od una superficie in un punto del campo cui non corrisponde una differenza di luce erogata (dallo stimolo fisico distale) o una differenza nella luce assorbita (al livello della stimo-

lazione prossimale, cioè sulla retina).

L'esempio tipico di superficie anomala è il cosiddetto "triangolo di Kanizsa", qui riportato alla figura 48.

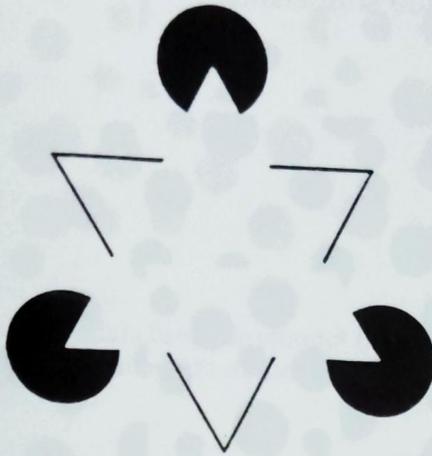


Fig. 48 - Esempio tipico di superficie anomala: il "triangolo di Kanizsa" (1955).

La descrizione di ciò che si vede nella figura 48 comporta la menzione di "un triangolo molto bianco, sovrapposto ad un triangolo disegnato a tratto; il primo nasconde parzialmente anche tre dischi neri". La descrizione dello stimolo distale, cioè di quanto effettivamente si trova sulla pagina del libro, comporta invece unicamente la menzione di "tre settori circolari neri, e tre angoli variamente orientati".

La spiegazione del fenomeno si usa dare nei seguenti termini. A causa della loro orientazione, ed in virtù del principio di continuità di direzione (vedi il § 16), i tre angoli tendono ad unificarsi in un triangolo; poiché le sei linee visibili non costituiscono però l'intero perimetro del triangolo, questo deve essere nascosto da qualcosa. Contemporaneamente, i tre settori circolari tendono a regolarizzarsi in dischi, in virtù del principio della pregnanza (vedi sempre il § 16); per poter essere però completati, i dischi necessitano di essere coperti da qualche oggetto. Poiché l'unico oggetto che può soddisfare tutte queste tensioni esistenti nel campo percettivo è un triangolo, questo si realizza, anche se in maniera anomala, portando al completamento amodale del triangolo a tratto e dei tre dischi neri. La realizzazione della superficie anomala esige però che

questa si differenzi in qualche modo dallo sfondo, e pertanto il triangolo risulta di un bianco che è più chiaro di quello della pagina del libro.

Il completamento decide anche se la superficie anomala debba apparire come figura (è il caso del triangolo), o come sfondo. Nelle figure 49 e 50 si vedono gli esempi. Nella figura 49 si realizza un quadrato che sta su un rettangolo; nella figura 50 è il rettangolo ad avere un buco, dal quale si può scorgere uno sfondo sottostante.

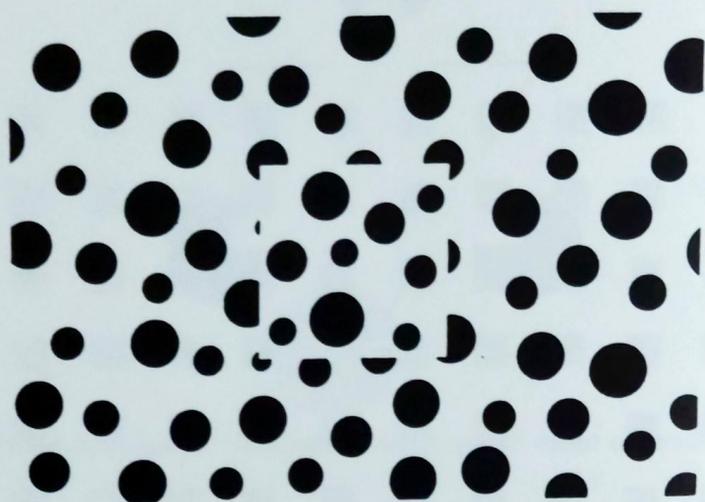


Fig. 49 - La superficie anomala è un quadrato che appare come figura su uno sfondo, che è un rettangolo (da Kanizsa, 1980).

Da notare il diverso valore di chiarezza delle due superfici anomale delle figure 49 e 50. Il quadrato che si vede come figura è più chiaro di quello che si vede come sfondo, anche se la quantità di nero presente nell'uno e nell'altro quadrato (cioè la superficie cumulativa dei dischi neri) è la stessa, annullando ogni possibile effetto di assimilazione di chiarezza (vedi il § 9).

Le superfici anomale non sono frutto dell'impostazione soggettiva o dell'immaginazione: esse esercitano sugli altri elementi del campo le stesse influenze che eserciterebbero superfici normali, quelle corrispondenti ad una stimolazione reale. Nella figura 51 si vede come il triangolo anomalo faccia apparire più lunga la linea verticale di sinistra, e comparativamente più corta la linea verticale di destra, esattamente come prevede l'illusione detta di Ponzo (vedi il § 23).

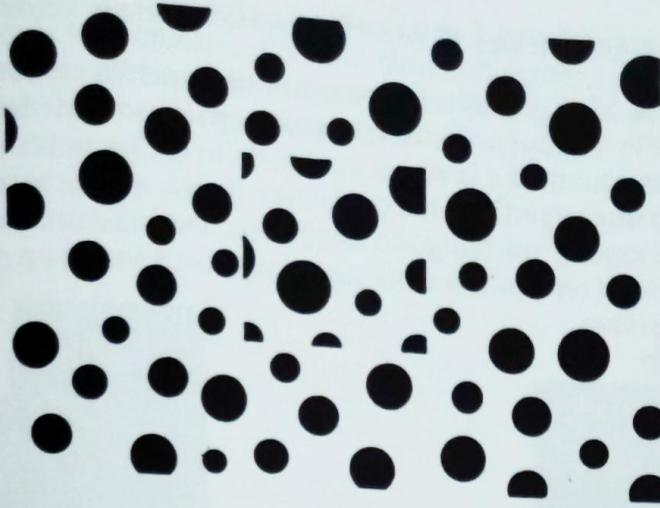


Fig. 50 - La superficie anomala funge da sfondo: figura è il rettangolo, che sembra possedere un buco quadrato da cui si può scorgere lo sfondo sottostante (da Kanizsa, 1980).



Fig. 51 - I margini anomali della superficie anomala producono la cosiddetta "illusione di Ponzo" (da Farnè, 1968).

### 19. Scissione fenomenica di superfici cromaticamente omogenee

Nella figura 52 si vedono due esempi di superfici cromaticamente omogenee. Per ciascuna di esse, infatti, ogni punto della superficie riflette la stessa quantità e la stessa qualità di luce. Ciascuna di esse non è però soltanto una superficie, ma anche una figura, ed alla seconda corrisponde la visione di un poligono irregolare. Per ciascuna di esse possiamo dire che ad ogni punto della superficie corrisponde un punto della figura, e viceversa.



Fig. 52 - Esempi di superfici cromaticamente omogenee. A ciascuna superficie corrisponde una figura visibile.

Nella figura 53 si vedono invece due esempi di figure cromaticamente omogenee per le quali non si può dire di vedere una sola figura per ciascuna di esse. Per la superficie di sinistra, infatti, si è incerti se qualificarla come una figura unica (un ottagono irregolare a simmetria bilaterale, con asse disposto in direzione 045), oppure come un insieme di due figure (due quadrati di cui uno copre parzialmente l'altro). Per la superficie di destra, in aggiunta, l'incertezza cede a volte alla persuasione di trovarsi di fronte a due figure (un rettangolo ed un triangolo) parzialmente sovrapposte.

Nel caso in cui si vedano due figure, si ha la *scissione fenomenica di superfici cromaticamente omogenee*. Quando si ha la scissione si ha anche diversa localizzazione nello spazio: una figura sta davanti e l'altra sta dietro. La figura che sta davanti si vede ovviamente completa in tutte le sue parti, anche se il suo margine non è in ogni luogo evidente: nella zona di sovrapposizione esso è più immaginato o rappresentato, che

realmente veduto. La figura che sta dietro è egualmente completa dal punto di vista fenomenico, dato che essa non sembra terminare al confine della figura che la ricopre, ma sembra insinuarsi al di sotto, come è previsto dal fenomeno del completamento amodale.

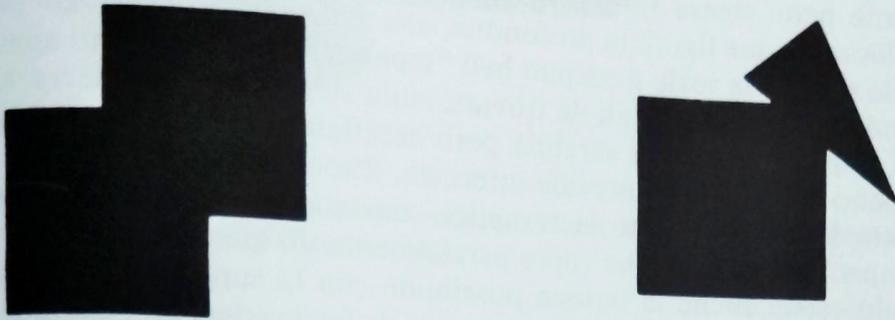


Fig. 53 - Esempi di superfici cromaticamente omogenee con inizio di scissione in più figure contemporaneamente visibili (vedi il testo).

Nel caso in cui si vedano due figure, si verifica anche il fenomeno della *doppia rappresentazione*: ogni punto della superficie cromaticamente omogenea, nel luogo ove le due figure sembrano sovrapporsi, “rappresenta” due punti delle figure realizzatesi, e cioè un punto di quella che sta sopra ed un punto di quella che sta sotto. Questo significa che, mentre nella superficie fisica che costituisce lo stimolo distale, e nella superficie retinica che costituisce lo stimolo prossimale, abbiamo un solo punto, nello spazio visivo corrispondente a tale punto abbiamo invece due punti fenomenici, uno per ciascuna delle figure che si sovrappongono in quel luogo.

La spiegazione che comunemente si dà della scissione fenomenica di superfici cromaticamente omogenee è la seguente. Per superfici compatte e ben bilanciate, come quelle della figura 52, esiste un solo centro fenomenico, e non esistono tensioni tali da compromettere la figura unitaria risultante. Per figure non compatte o sbilanciate come quelle di figura 53, viceversa, esistono più centri fenomenici, e quindi tensioni che non permettono il costituirsi di un oggetto unitario. Si realizzano pertanto due (o più, secondo i casi) oggetti visivi che, obbedendo al princi-

pio della gravidanza, tendono a completarsi anche in quelle parti che non sono direttamente osservabili (o perché non possiedono margini cui corrisponda una variazione della stimolazione - questo vale per la figura che sta davanti - o perché mancano addirittura di talune parti - e questo vale per la figura che sta dietro). Ma la stimolazione è quella che è: non potendosi creare discontinuità nella superficie nera compatta (per esempio, margini anomali), e non potendosi vedere due cose contemporaneamente nello stesso luogo, il sistema percettivo ricorre all'artificio di dislocare le due figure in profondità, una sull'altra, cosicché ogni punto della superficie reale nera può ben "rappresentare" due punti appartenenti alle due figure, tali da trovarsi sulla stessa linea di osservazione.

La spiegazione non sarebbe però accettabile se non fosse chiarito almeno un punto di notevole interesse. Ritorniamo per un istante alla figura 53, ed operiamo la semplice constatazione che si vede quasi sempre un triangolo che copre parzialmente un quadrato: questo malgrado esista anche la teorica possibilità che la superficie cromaticamente omogenea si scinda in modo tale da farci vedere un quadrato che copre parzialmente un triangolo, come si vede nella figura 54.

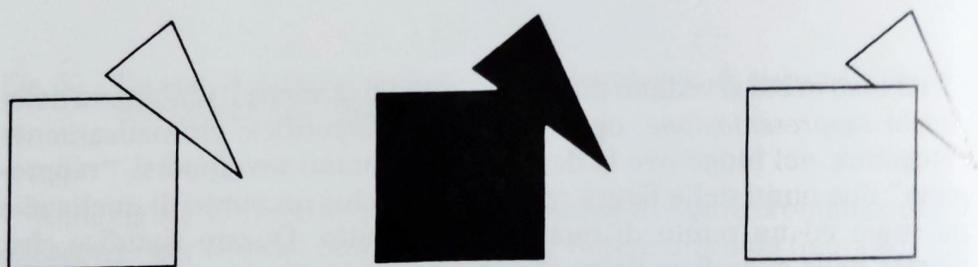


Fig. 54 - La superficie cromaticamente omogenea (in centro) potrebbe scindersi sia realizzando un triangolo che copre un quadrato (come a sinistra), sia realizzando un quadrato che copre un triangolo (come a destra).

In altre parole, il problema sta nel capire quale delle due figure deve collocarsi davanti, e quale dietro, e perché. Al problema ha dato una soluzione accettabile Petter (1956), facendo un ragionamento per il quale conviene esaminare la figura 55.

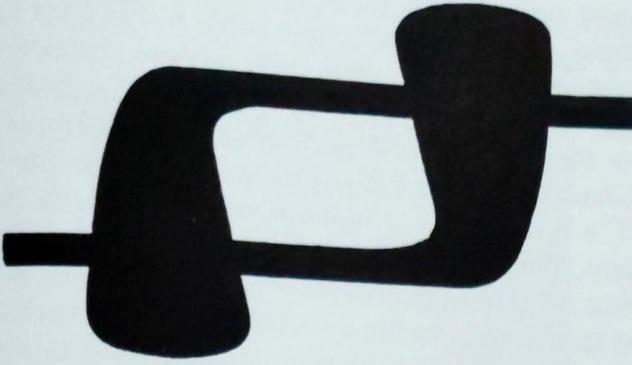


Fig. 55 - Superficie cromaticamente omogenea che si articola in due figure, come due mazze da golf sovrapposte.

Vi si vedono due figure nere, come due mazze da golf, disposte orizzontalmente in modo tale che la faccia dell'una vada a coprire il bastone dell'altra. È praticamente impossibile vederle in modo diverso, cioè con i bastoni che passano davanti alle facce, anche se l'omogeneità della superficie nera permetterebbe entrambe le due soluzioni percettive. Petter spiega la cosa nel modo che si vede schematizzato nella figura 56, dove sono indicati con una linea continua i contorni della superficie omogenea, e con una linea tratteggiata i contorni delle figure che possono realizzarsi in entrambe le versioni - quella con le facce davanti i bastoni e quella con le facce dietro i bastoni (lo schema si riferisce al solo lato sinistro della figura 55).

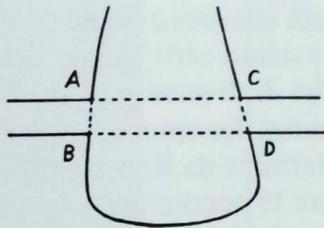


Fig. 56 - Spiegazione data da Petter (1956) al fenomeno di stratificazione conseguente alla scissione di superfici cromaticamente omogenee.

Come si vede nella figura 56, la versione "facce avanti" implica il crearsi di margini quasi percettivi tra i punti A e B e tra i punti C e D, necessari per il completamento delle facce davanti i bastoni. La versione "bastoni avanti" implica invece il crearsi di margini quasi percettivi tra i punti A e C e tra i punti B e D, necessari per il completamento dei bastoni. Ma i margini A--B e C--D sono sensibilmente più corti dei margini A--C e B--D: se noi supponiamo, come parecchi altri indizi lasciano pensare, che la formazione di figure nel campo obbedisca alla regola del minor dispendio di energia (vedi Koffka 1935, p. 107), la versione "facce avanti" è nettamente favorita rispetto alla versione "bastoni avanti" a causa della minor lunghezza dei margini quasi percettivi da creare, e così si spiega perché il sistema percettivo realizzi preferibilmente od esclusivamente quella.

## 20. Trasparenza

La trasparenza è una proprietà fenomenica di certe superfici, e non è affatto connessa con la trasparenza fisica, cioè con la proprietà che certi corpi hanno di lasciar passare le radiazioni visibili. Se, per esempio, noi guardiamo uno specchio d'acqua riducendo il campo visivo a meno di 1°, con l'aiuto di un cartone che reca un piccolo foro circolare, non vediamo la trasparenza dell'acqua, ma soltanto una macchiolina grigia ed opaca; ancora, se noi poniamo una lastrina di vetro su un cartone che ha contorni identici a quelli della lastrina, vediamo soltanto un vetro del colore dello sfondo; infine, se noi poniamo la stessa lastrina su un cartone più ampio, ma curando che vengano eliminati certi aspetti dello stimolo (differenze di livello tra la superficie della lastrina e quella del cartone; riflessi di luce sulla lastrina), vediamo soltanto due superfici di colore differente. Per contro, si ottiene di veder trasparenti superfici che non lo sono affatto, come mostra la figura 57, dove la banda nera diventa trasparente quando è sovrapposta alla croce bianca. Poiché l'effetto ha luogo sulla pagina del libro, noi siamo certi che ivi non ci sono corpi trasparenti, ma soltanto superfici di diversa chiarezza accostate tra loro.

Lo studio della trasparenza fenomenica, iniziato da Fuchs (1923) e praticamente condotto a termine da Kanizsa (1955) e da Metelli (1974), ha permesso di identificare le condizioni in cui le superfici sono viste come trasparenti. Va innanzitutto osservato che al fine di ottenere una percezione di trasparenza, nel campo visivo devono essere presenti almeno quattro superfici, due delle quali devono unificarsi in un solo oggetto. Nella figura 58 si vede un caso di trasparenza fenomenica più

semplice di quello di figura 57, in cui le quattro superfici sono  $A, P, Q$  e  $B$ , e le due superfici che formano un unico oggetto sono  $P$  e  $Q$ .

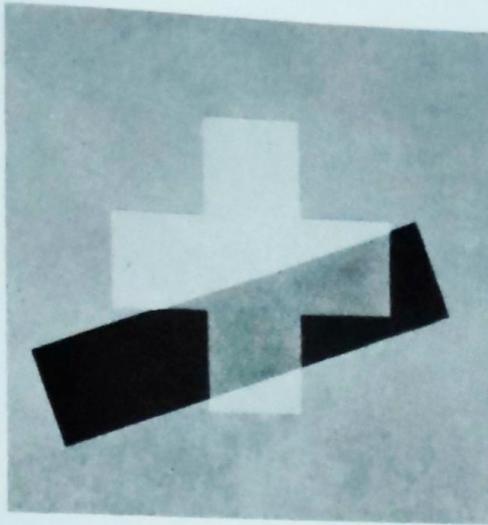


Fig. 57 - Esempio di trasparenza fenomenica senza trasparenza fisica (da Metzger, 1975).

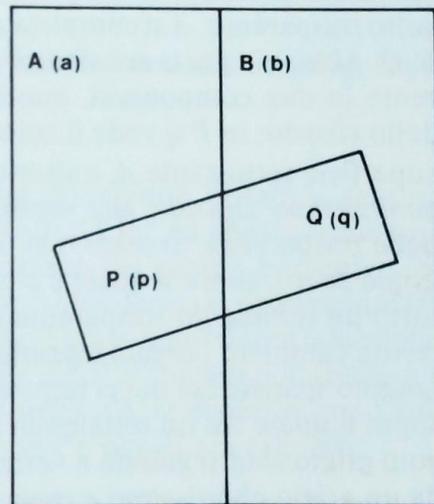
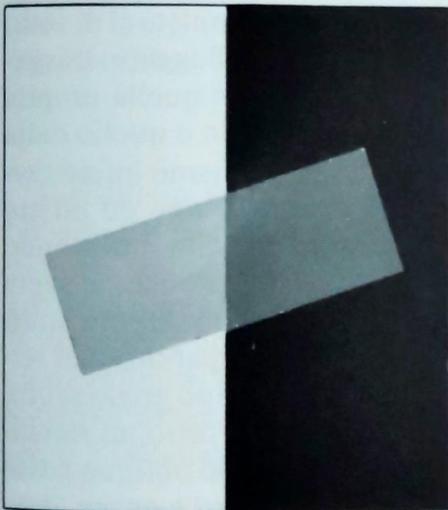


Fig. 58 - A sinistra: un caso di trasparenza fenomenica. A destra: le quattro superfici di cui è composta la situazione ( $A, P, Q, B$ ) e le riflettanze di tali superfici ( $a, p, q, b$ ). (Vedi oltre, nel testo.)

Ciò premesso, si ha trasparenza fenomenica se la disposizione e le caratteristiche delle superfici soddisfano a tre tipi di condizioni:

- (a) condizioni *topologiche*: ciascuna delle due superfici che si unificano a formare la superficie trasparente deve essere a contatto con *una sola* delle altre due superfici; nel caso della figura 58,  $P$  è a contatto soltanto con  $A$ , e  $Q$  soltanto con  $B$ ;
- (b) condizioni *figurali*: le due superfici che si unificano a formare la superficie trasparente devono venire percepite come un'unica figura; nel caso della figura 58,  $P$  e  $Q$  formano un rettangolo, ma è sufficiente ridurre a pochissimo il confine che  $P$  e  $Q$  hanno in comune (ottenendo qualcosa come una farfalla), perché  $P$  e  $Q$  vengano viste come due figure indipendenti e *non trasparenti*;
- (c) condizioni *cromatiche*: la differenza tra  $p$  (la riflettanza di  $P$ ) e  $q$  (la riflettanza di  $Q$ ) deve essere minore della differenza tra  $a$  (la riflettanza di  $A$ ) e  $b$  (la riflettanza di  $B$ ); se  $p > q$ , allora deve essere  $a > b$ .

Non potendo riportare qui le dimostrazioni di tutte le condizioni, rimando il lettore al lavoro di Metelli (1974), o al riassunto che ne ha fatto Kanizsa (1980).

L'importante è capire che il fenomeno della trasparenza in campo visivo è il risultato della convergenza di numerosi effetti particolari. Abbiamo anzitutto il *completamento* delle superfici sottostanti all'oggetto trasparente:  $A$  si completa al di sotto di  $P$ , e  $B$  si completa al di sotto di  $Q$ . Abbiamo poi la *scissione fenomenica* del colore dell'oggetto trasparente in due componenti, quella propria dell'oggetto e quella propria dello sfondo: in  $P$  si vede il colore proprio del rettangolo e quello della superficie sottostante  $A$ , e altrettanto succede in  $Q$ . Abbiamo infine l'*organizzazione figurale*, che sembra ad un tempo condizione ed effetto della trasparenza. Si osservi la figura 59: vi si vede di solito uno sfondo grigio scuro, sopra il quale c'è un oggetto rettangolare a buchi, e sopra tutto un rettangolo trasparente di un grigio assai chiaro. È però sufficiente cambiare l'organizzazione figurale perché la trasparenza del rettangolo sparisca: se noi ci impostiamo a vedere uno sfondo grigio scuro, sopra il quale c'è un rettangolo grigio obliquo, e sopra tutto un rettangolo grigio chiaro grande e verticale, il rettangolo piccolo obliquo passa da un grigio chiarissimo e trasparente ad un grigio scuro e opaco, dato che è intravisto sullo sfondo quasi nero attraverso i buchi del rettangolo grigio chiaro verticale.

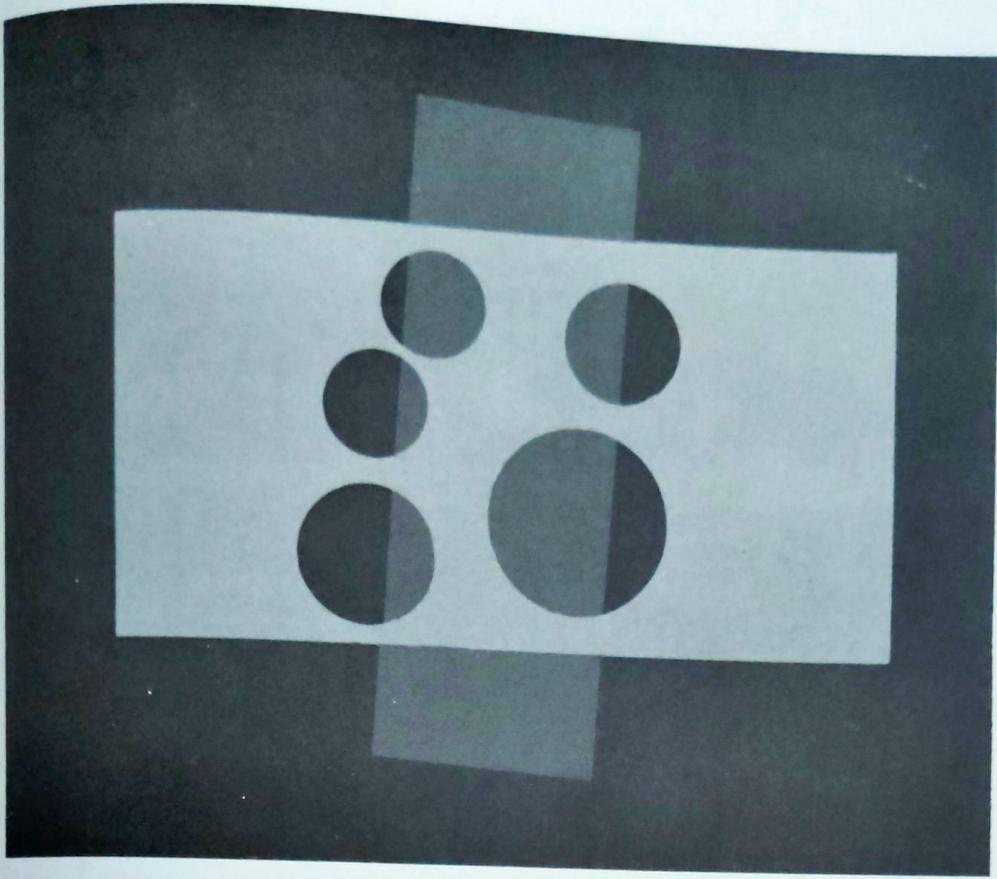


Fig. 59 - Effetti dell'organizzazione figurale sulla trasparenza (da Kanizsa, 1955).

Il risultato di tutte queste complesse interazioni di fattori sembra obbedire al principio della pregnanza (vedi il § 16), ed appare come una radicale semplificazione e razionalizzazione del campo percettivo. Si guardi la figura 60, che riproduce la figura 57 togliendo le connessioni fra le superfici, e perciò replicando quella che è presumibilmente la stimolazione retinica: la trasparenza non c'è più, e noi ci troviamo di fronte a 6 superfici irregolari. Se invece la trasparenza c'è, le superfici sono soltanto 3 (sfondo, croce, banda trasparente), e per di più regolari.

Con opportuni accorgimenti è possibile rendere trasparenti anche le superfici anomale (per queste, vedi il § 18). Nella figura 61, che è di Kanizsa (1980), ci sono due file verticali di dischi, in parte bianchi ed in parte grigi. L'allineamento dei margini tra le superfici bianche e le super-

fici grigie fa sì che si realizzi una banda verticale grigia (probabilmente per induzione), trasparente, la quale oscura quelle parti dei dischi bianchi che si trova a coprire.

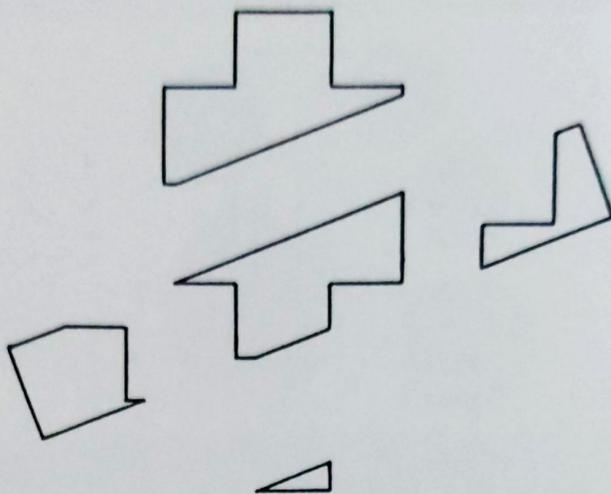


Fig. 60 - Scomposizione della figura 57 nelle superfici che la costituiscono (vedi il testo).

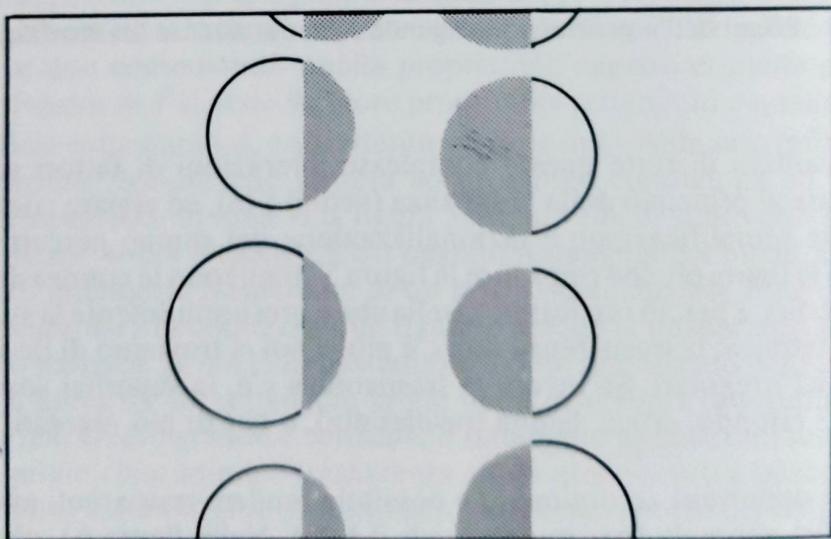


Fig. 61 - Superficie anomala trasparente (da Kanizsa, 1980). (Vedi il testo).

La trasparenza può essere ottenuta anche senza superfici viste come tali, e cioè con disegni a tratto. Nella figura 62, che è di Bozzi (1975), l'impressione è di star osservando un oggetto (una specie di telaio) attraverso un mezzo non perfettamente trasparente, quasi lattiginoso.

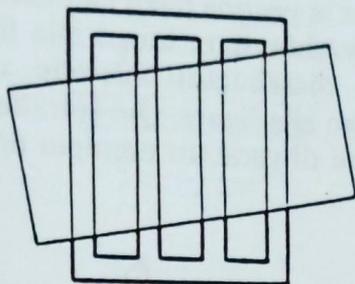


Fig. 62 - Superficie non perfettamente trasparente (da Bozzi, 1975). (Vedi il testo.)

Connessi con il generale problema della trasparenza fenomenica, e cioè con la semplificazione del campo percettivo in virtù del principio della pregnanza, sembrano anche i due esempi di Bozzi (1975) riportati nella figura 63, che riguardano la visione della *deformazione* e la visione della *rifrazione*. Tanto nel primo caso, come nel secondo, le irregolarità dell'oggetto sottostante sono messe a carico del mezzo trasparente, che viene visto come "ondulato" (nella deformazione) o come "di grande spessore" (nella rifrazione).

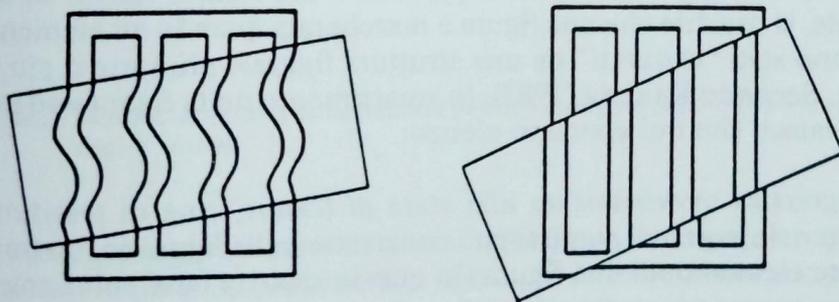


Fig. 63 - Superfici deformanti (a sinistra) e superfici rifrangenti (a destra), da Bozzi (1975). (Vedi il testo).

## 21. Mascheramento

In campo visivo si parla di mascheramento quando la percezione di una figura o di un oggetto è resa difficile o impossibile per la presenza di altri elementi nel campo. Il mascheramento viene detto *simultaneo* se nel campo sono presenti sia la figura mascherata che gli elementi mascheranti; *proattivo* se la visione degli elementi mascheranti precede la stimolazione che dovrebbe dare luogo alla figura; *retroattivo* se la visione degli elementi mascheranti succede alla stimolazione che avrebbe dovuto dar luogo alla figura. Qui si tratterà del solo mascheramento simultaneo, di cui si vede un esempio nella figura 64.

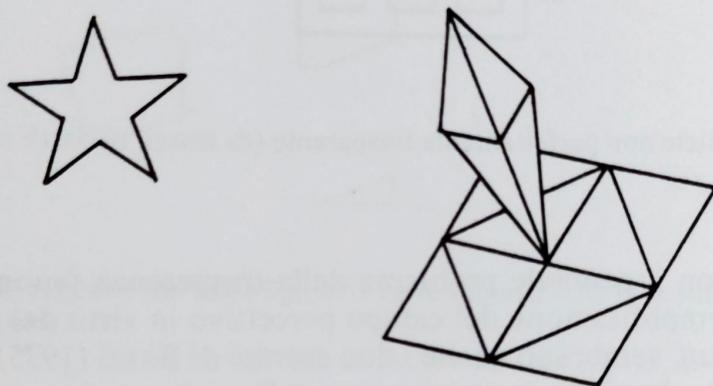


Fig. 64 - Esempio di mascheramento simultaneo (da Metzger, 1975). La figura di sinistra "esiste" nella figura di destra, ma è pressoché invisibile).

La spiegazione del fenomeno del mascheramento simultaneo è assai complessa ed incerta, perché costituzionalmente connessa con il problema della formazione di unità percettive nel campo visivo. In linea generale, si usa dire che una figura è mascherata quando gli elementi di essa sono stati "catturati" da una struttura figurale più forte o più pregnante. Secondo Kanizsa (1982), lo smarrimento della figura può avere molte cause, che qui appresso elenco:

- (a) *progressivo avvicinamento allo stato di texture*, cioè di tessitura, o materiale, o grana: come si può constatare nella figura 65, un importante elemento di una figura (in questo caso, la base del triangolo) cessa progressivamente di esistere fenomenicamente perché da elemento della figura diventa elemento della tessitura (in questo caso,

la serie di parallele orizzontali). Il triangolo come tale non esiste più, e resta soltanto un angolo;

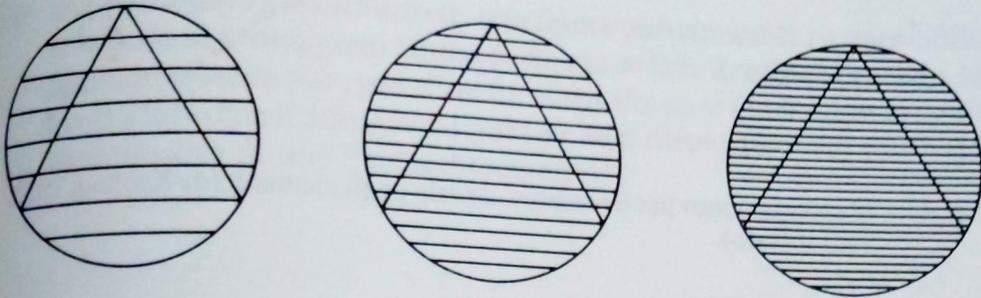


Fig. 65 - Mascheramento per progressivo avvicinamento allo stadio di texture (da Galli e Zama, 1931, vedi il testo).

(b) *iterazione periodica degli elementi*: nella figura 66 si vede la cifra 4 sulla sinistra, ed un disegno sulla destra in cui la cifra 4 non è più visibile, perchè i suoi elementi sono stati regolarmente replicati;

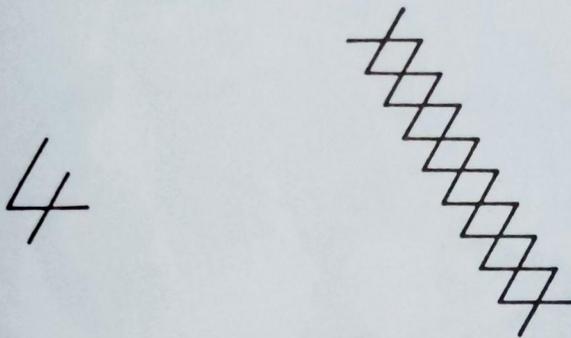


Fig. 66 - Mascheramento per iterazione periodica degli elementi (da Vicario, 1982; vedi il testo).

(c) *iterazione casuale degli elementi*: nella figura 67 si vede un quadrato formato da quattro punti, che non è più fenomenicamente presente nei due disegni a lato, a causa della moltiplicazione - anche disordinata - dei suoi elementi;

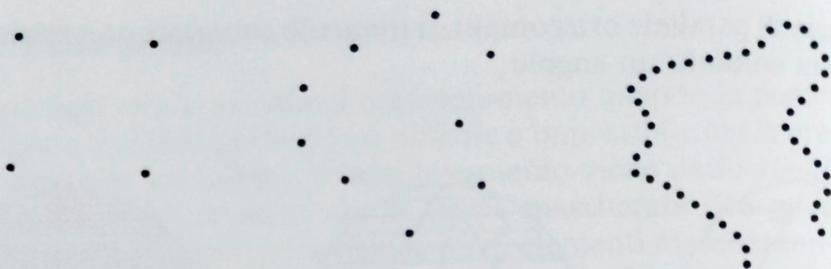


Fig. 67 - Mascheramento per iterazione casuale degli elementi (da Kanizsa, 1982; vedi il testo).

(d) *manipolazione dell'articolazione figura-sfondo*: nella figura 68 si vede un disegno nel quale si dice siano "nascosti" dieci visi. La difficoltà



Fig. 68 - Mascheramento per manipolazione dell'articolazione figura-sfondo (da Pastore, 1971; vedi il testo).

di percepirli sta nel fatto che i contorni dei loro profili sono margini delle superfici nere, che si costituiscono come figure, e non delle superfici bianche, che si costituiscono come sfondi;

- (e) *smembramento per sottrazione*: una figura può rimanere riconoscibile se ad essa si sottraggono talune parti, ma se la sottrazione procede, la figura non viene più vista. Con un certo sforzo si può ricuperarla - si provi a farlo con il disegno di figura 69, ed il ritrovamento di essa ha la caratteristica di uno "smascheramento";



Fig. 69 - Mascheramento per sottrazione di porzioni della figura (da Porter, 1954; vedi il testo).

- (f) *smembramento per aggiunta*: è quanto si verifica già nella figura 64, dove la stella non è più vista a causa delle linee aggiunte. È la tecnica usata da Gottschaldt (1926), e riesce a patto che gli elementi aggiunti vadano a formare, insieme con quelli della figura mascherata, figure altamente pregnanti, come si vede nella figura 70.

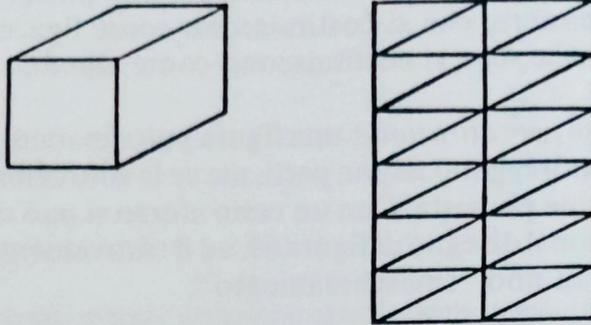


Fig. 70 - Mascheramento per aggiunta di elementi (da Gottschaldt, 1926; vedi il testo).

Per quanto riguarda le modalità del recupero della figura nascosta, il mascheramento può essere di tre tipi:

- (g) la figura, una volta mascherata, è *irricuperabile*. Come si vede nella figura 71, il triangolo a punti può essere “immaginato” o “pensato” come esistente nella superficie punteggiata, ma mai realmente “visto”;

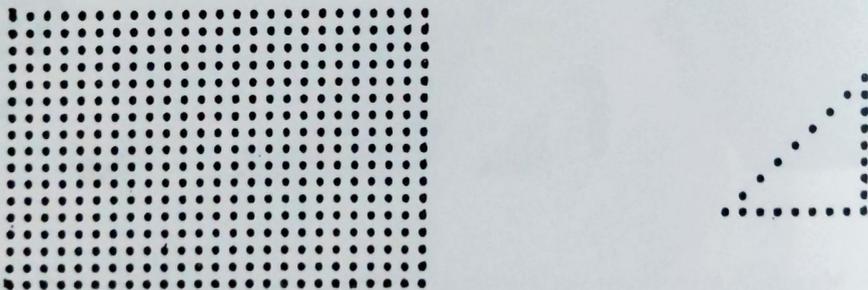


Fig. 71 - Esempio di mascheramento con figura irricuperabile (da Vicario, 1982; vedi il testo).

- (h) la figura, una volta mascherata, è di quando in quando *ricuperabile*, con un effetto di “va-e-vieni” che è tipico delle figure ambigue (vedi il § 24, più avanti nel testo).

Come si vede nella figura 72, l'esagono di sinistra, dopo essere stato rintracciato nel disegno di destra, può essere "perso", ma altrettanto della figura 70;

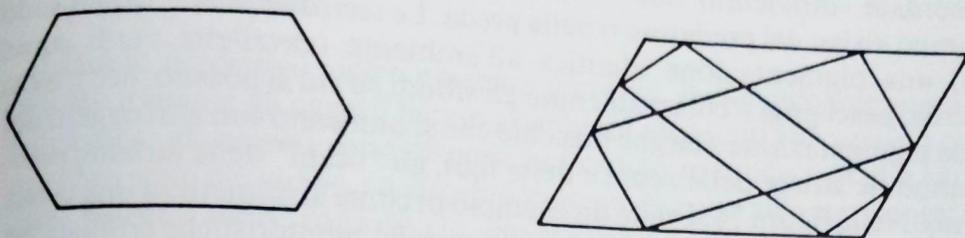


Fig. 72 - Esempio di mascheramento con figura di quando in quando recuperabile (da Gottschaldt, 1926; vedi il testo).

- (i) la figura, una volta rintracciata, *non può più essere persa*. Alla prima occhiata, il disegno di figura 73 appare come una lisca di pesce, ma non appena si scopre che in esso c'è nascosta la parola "numi", questa parola non può più fare a meno di essere vista, e la figura continua ad essere nettamente divisa nella parte superiore - quella che forma la parola - e nella parte speculare inferiore. L'effetto è così forte che l'espedito utilizzato per il mascheramento, una volta accertato, non può più essere impiegato in figure simili.

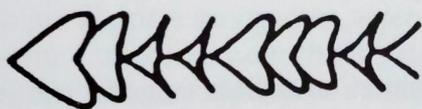


Fig. 73 - Esempio di mascheramento con figura che, una volta rintracciata, non può più essere mascherata (da Kanizsa, 1982).

Vale la pena di osservare che il fenomeno del mascheramento è un fatto percettivo in poco o in nulla dipendente da processi mentali superiori, come la memoria delle esperienze passate, le aspettative o i ragio-

namenti. Esso è condiviso da tutte le specie animali, che esibiscono livree atte sia a mascherare gli individui ai predatori (*mimetismo animale*), che a rendere invisibili i predatori alle loro potenziali vittime. Le pelli degli animali, le squame dei pesci, le ali delle farfalle sono pigmentate in modi che replicano in maggiore o minore misura le regole qui ricordate, ottenendo che l'individuo sparisca fenomenicamente dal campo visivo del predatore o della preda. Le tecniche più ricorrenti sono (a) una pigmentazione identica all'ambiente (cavallette verdi come l'erba, pesci grigi e chiazzati come gli sfondi su cui si posano, ecc.), e (b) una pigmentazione a larghe macchie che si unificano con altri oggetti del campo (le strisce delle zebre e delle tigri, gli "occhi" delle farfalle, eccetera). Nella figura 74 si vede un esempio di come si mimetizza una cicala sulla corteccia di un pino, per imitazione delle caratteristiche cromatiche e di tessitura delle scaglie della corteccia.

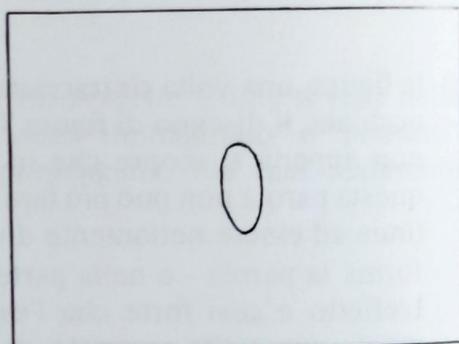


Fig. 74 - Esempio di mimetismo animale: a sinistra una cicala posata sulla corteccia di un pino; a destra un disegno che permette di individuarla.

Le stesse regole dianzi enunciate valgono per il *mimetismo militare*. Per esempio, gli aerei per impiego tattico vengono dipinti di chiaro sotto la fusoliera e le ali, cosicché non vengono scorti da terra confondendosi con l'azzurro del cielo, e vengono dipinti a pezzature nere, marrone e verdi sopra la fusoliera e le ali, cosicché non vengono scorti dagli intercettori provenienti dall'alto, confondendosi con le caratteristiche del terreno.

Per quanto riguarda il ruolo dell'esperienza passata nei fenomeni di mascheramento, già Gottschaldt (1926) ha dimostrato che la ripetuta esposizione a figure stimolo non favorisce il rintracciarle nelle figure test

in cui sono "nascoste". La figura 70 è appunto una di quelle usate da Gottschaldt: i soggetti sperimentali, benché avessero visto più volte il parallelepipedo di sinistra, non si accorgevano che esso era "contenuto" nel disegno di destra.

## 22. Terza dimensione

Il campo percettivo visivo presenta parti più vicine all'osservatore e parti più lontane; gli oggetti hanno grandezze apparenti che variano con la distanza; gli oggetti sono disposti nel campo in modo tale che certe loro parti sono più vicine, ed altre più lontane, rispetto all'osservatore: in altre parole, sono corposi; lo spazio visivo ha una dimensione "sagittale", cioè in allontanamento rispetto all'osservatore. Tutti questi fatti hanno per denominatore comune la *terza dimensione*.

L'esistenza fenomenica della terza dimensione viene tradizionalmente spiegata secondo la dottrina di Helmholtz (1856): il sistema percettivo coglie nella stimolazione taluni indizi, e inferisce, o calcola, la profondità alla quale si trovano parti della scena, oggetti e parti di oggetti; il confronto tra le diverse profondità alle quali si trovano gli elementi del campo visivo produce le esperienze di grandezza relativa, di distanza, di inclinazione, di elongazione in tutte le direzioni dello spazio, eccetera. Gli indizi sono di due tipi: binoculari e monoculari.

Sono indizi *binoculari*:

- (a) la *disparazione* retinica: poiché gli occhi sono due, e situati a 6-7 cm l'uno dall'altro, le due immagini retiniche di uno stesso oggetto sono lievemente differenti. L'immagine sinistra contiene più elementi della parte sinistra dell'oggetto, e l'immagine destra più elementi della parte destra dell'oggetto. Secondo le regole della geometria proiettiva, quanto più vicino è un oggetto, tanto più le immagini retiniche sono disperate. La teoria vuole che il sistema percettivo tenga conto dell'entità della disparazione, e ne deduca la distanza dell'oggetto;
- (b) la *convergenza* binoculare: poiché la visione migliore si ha quando lo stimolo visivo cade nella fovea, gli occhi ruotano su se stessi fin tanto che l'immagine dell'oggetto cade nella fovea di entrambi gli occhi. Secondo le regole della geometria proiettiva, la convergenza è piccolissima o nulla quando si fissa un oggetto lontano, ed aumenta con l'avvicinarsi dell'oggetto. La teoria vuole che il sistema percettivo tenga conto dello sforzo esercitato dai muscoli oculomotori (o della

posizione degli occhi) per portare l'immagine dell'oggetto nelle due fovee, e ne deduca la distanza dell'oggetto.

È noto tuttavia che noi abbiamo efficaci percezioni di distanza, inclinazione, eccetera, anche utilizzando un solo occhio. Devono quindi esserci anche indizi *monoculari*, che attualmente sono stati identificati come segue:

- (c) l'*accomodamento*: poiché la visione migliore si ha quando l'immagine retinica nella fovea è messa perfettamente a fuoco, alcuni muscoli oculari provvedono a variare la convessità del cristallino per ottenere questa messa a fuoco. Seguendo le regole dell'ottica, la curvatura del cristallino è piccola per gli oggetti lontani, e grande per gli oggetti vicini. La teoria vuole che il sistema percettivo tenga conto degli sforzi esercitati dai muscoli per ottenere la desiderata curvatura del cristallino, e ne deduca la distanza dell'oggetto;
- (d) la *prospettiva lineare*: gli elementi lineari degli oggetti e delle scene, sull'immagine retinica, convergono verso un punto situato sull'orizzonte. Il sistema percettivo sembra tener conto delle distanze tra i vari elementi della scena e quel punto, deducendone le distanze relative dall'osservatore (vedi la figura 75);



Fig. 75 - Indizi monoculari di profondità: la prospettiva lineare (vedi il testo).

- (e) la *prospettiva aerea*: poiché l'aria non è perfettamente trasparente, con l'aumentare della distanza tra gli oggetti e l'osservatore, il colore degli oggetti diventa sempre più opaco ed il loro contorno sempre più sfumato. Il sistema percettivo sembra tener conto di questi gradienti cromatici e di precisione, deducendone le distanze relative degli oggetti dall'osservatore;
- (f) il *gradiente tissurale*: quando la scena è composta di elementi della stessa grandezza fisica, disposti sul terreno o su un'altra superficie orizzontale, le immagini retiniche degli elementi diventano progressivamente più piccole man mano che la distanza degli elementi aumenta. Il sistema percettivo sembra fare un'ipotesi di eguale grandezza per tutti gli elementi, e dedurne quindi che quelli apparentemente più piccoli sono in realtà i più lontani, realizzando l'abbattimento nella terza dimensione delle superfici che mostrano un graduale rimpicciolimento della loro tessitura (vedi la figura 76, ma anche la figura 31);



Fig. 76 - Indizi monoculari di profondità: il gradiente tissurale (da Metzger, 1975; vedi il testo).

- (g) *l'elevazione*: secondo le regole della prospettiva, per il nostro ambiente abituale, gli oggetti situati più in alto nel campo visivo sono anche quelli che sono più lontani dall'osservatore. Come si vede nella figura 77, l'albero che sta sopra l'orizzonte sembra più lontano di quello che sta sotto l'orizzonte. Da notare che, poiché le immagini retiniche sono eguali, l'albero veduto come più lontano sembra anche più grande;

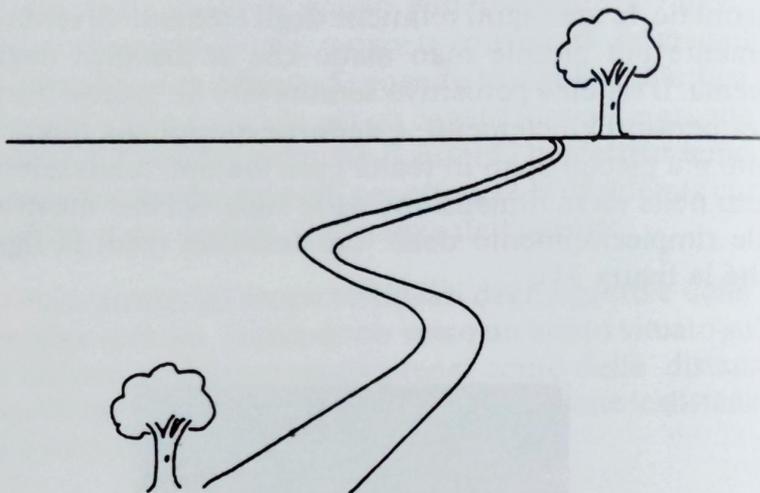


Fig. 77 - Indizi monoculari di profondità: l'elevazione (vedi il testo).

- (h) *l'interposizione*: come abbiamo già osservato nei §§ 17 e 19, gli oggetti che appaiono incompleti tendono a realizzare amodalmente le loro parti mancanti dietro altri oggetti che assumono il ruolo di schermo. Gli oggetti già completi modalmente sono visti *davanti* a quelli che si completano amodalmente *dietro*. Il sistema percettivo sembra tener conto di questo fatto, traducendolo in distanze dall'osservatore degli oggetti considerati (vedi la figura 78);
- (i) *l'ombreggiatura*: le differenze di chiarezza tra le superfici omogenee di un oggetto, o il gradiente di chiarezza e di colore che si può constatare sulla medesima superficie, sono pure indizi di tridimensionalità; lo stesso vale per le scene (vedi la figura 79). C'è però da notare che si tratta di indizi ambigui, perché non determinano la posizione delle superfici inclinate, in assenza di altri indizi sulla provenienza dell'il-

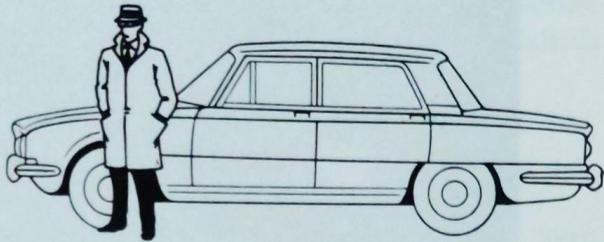
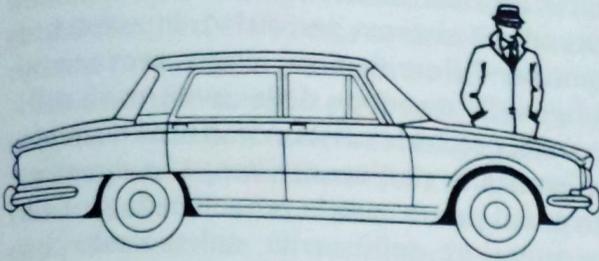


Fig. 78 - Indizi monoculari di profondità: l'interposizione (vedi il testo).

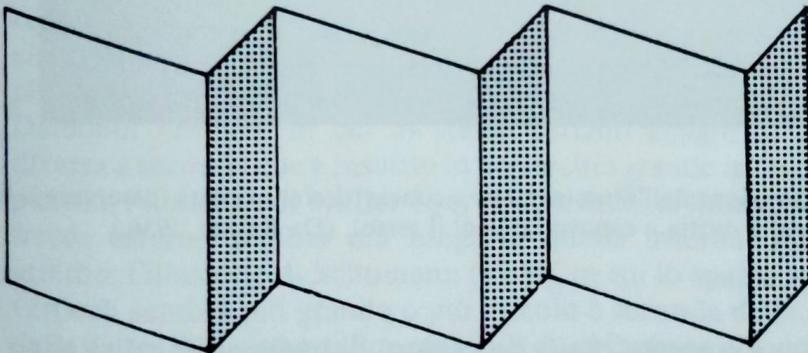


Fig. 79 - Indizi monoculari di profondità: l'ombreggiatura (vedi il testo).

luminazione. Esiste tuttavia un curioso effetto, qui illustrato nella figura 80, dal quale appare che il sistema percettivo, in assenza di ulteriori informazioni, postula l'illuminazione come proveniente dall'alto, a sinistra. Nella figura 80 si vedono delle cavità, ma è sufficiente capovolgere la fotografia perchè le cavità si trasformino in protuberanze. Ciò che resta invariato, nell'operazione, è la direzione dalla quale proviene la luce: nel primo caso la provenienza dall'alto genera ombre nella parte superiore delle cavità; nel secondo caso genera ombre nella parte inferiore delle protuberanze. Tutto avviene secondo logica, oppure secondo una istruzione ereditata filogeneticamente.

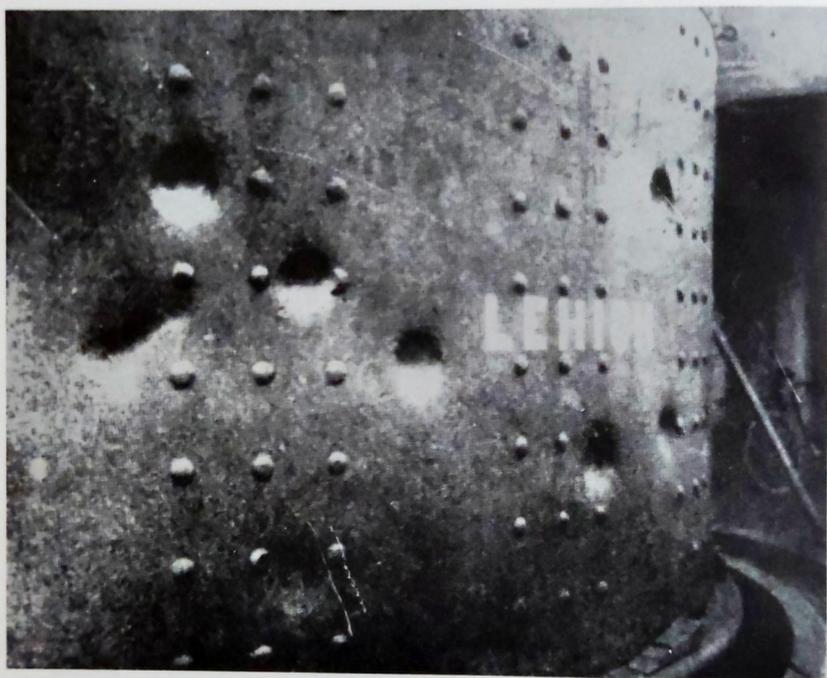


Fig. 80 - Direzione dell'illuminazione e concavità o convessità (osservare la fotografia dritta e capovolta; vedi il testo). (Da Ramul, 1936.)

È opinione corrente che le percezioni di tridimensionalità siano un effetto dell'apprendimento e dell'adattamento all'ambiente fisico, ma almeno un famoso esperimento (Metzger, 1930) sembra dimostrare il contrario, e cioè che la percezione dello spazio è costituzionalmente tri-

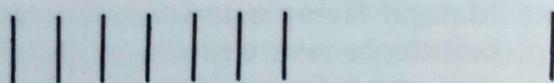
dimensionale. Metzger faceva osservare monocolarmente ai suoi soggetti una superficie sferica cava, costruita ed illuminata in modo tale che ciascun punto della retina fosse stimolato dalla stessa quantità di luce.

La dottrina empirista prevede che in tali condizioni l'osservatore debba avere la percezione di una superficie piana priva di qualsiasi indizio che permetta di valutarne la distanza; la percezione effettiva è viceversa quella di una nebbia dotata di spessore che, con l'aumentare dell'illuminazione, si trasforma in una superficie sferica cava, posta ad una distanza determinata, che è per lo più il doppio della distanza reale intercorrente tra l'occhio dell'osservatore e la cavità sperimentale. Un campo totale con stimolazione omogenea (*Ganzfeld*), dunque, produce una percezione di tridimensionalità che non si appoggia ad alcuno degli indizi precedentemente elencati: è per questo motivo che i gestaltisti, capovolgendo la dottrina helmoltziana della visione, affermano che il modo più naturale di percepire è quello a tre dimensioni, e che la visione di superfici bidimensionali è l'eccezione, realizzantesi per l'intervento di ingenti forze di organizzazione sensoriale (Koffka, 1935).

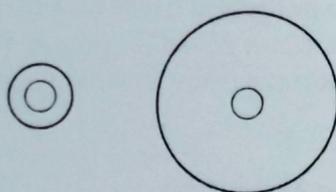
### 23. Illusioni ottico-geometriche

Si dicono *illusioni ottico-geometriche* quei semplici disegni, fatti soprattutto di linee, che ingannano l'osservatore sulle caratteristiche dei loro elementi (grandezza, distanza, direzione, numero, e simili). Osservate e descritte fin dalla metà dell'800, sono ormai molte, con un numero sterminato di varianti. Di esse si può dare soltanto una grossolana classificazione, perché resistono a qualsiasi tentativo di spiegazione.

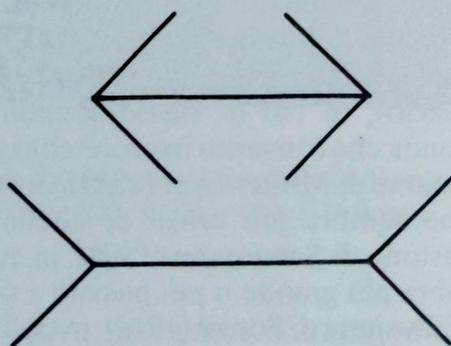
A. *Illusioni di grandezza*. Nella figura 81 sono illustrate 6 fra le più celebri illusioni che comportano distorsioni nella grandezza degli elementi. Abbiamo l'illusione di Oppel (1855), in cui lo spazio riempito di verticali sembra più grande dello spazio vuoto; l'illusione di Delboeuf (1865b), in cui lo stesso cerchio appare di grandezza diversa a seconda che è inserito in un cerchio grande od in un cerchio piccolo; l'illusione di Müller-Lyer (1889), in cui la linea inserita tra le frecce esterne sembra più lunga di quella inserita tra le frecce interne; l'illusione di Schumann (1900), in cui lo spazio tra le barre verticali sembra più grande o più piccolo a seconda della larghezza delle barre; l'illusione di Ponzo (1912), in cui la linea più vicina al vertice dell'angolo sembra più lunga di quella che ne è lontana; l'illusione di Sander (1926), in cui la diagonale del parallelogrammo grande sembra più lunga di quella del parallelogrammo piccolo.



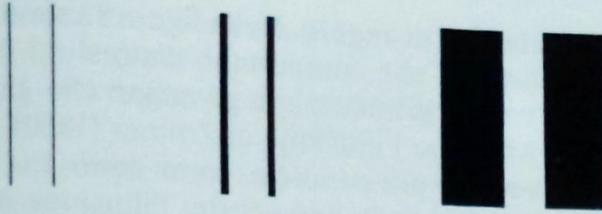
A



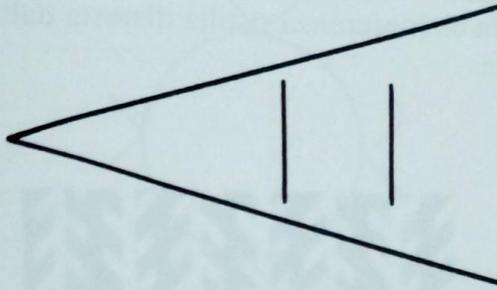
B



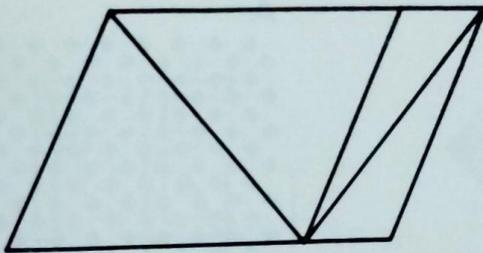
C



D



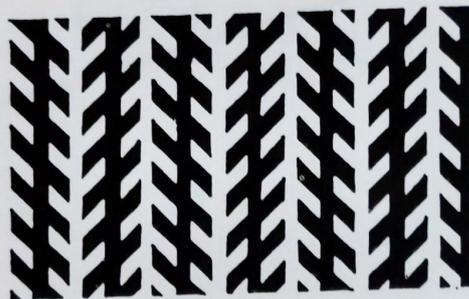
E



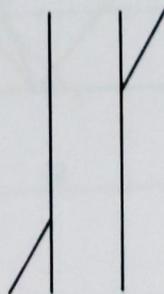
F

Fig. 81 - Illusioni ottico-geometriche di grandezza. A - Opper (1855); B - Delboeuf (1865 b); C - Müller-Lyer (1889); D - Schumann (1900); E - Ponzo (1912); F - Sander (1926). (Vedi il testo.)

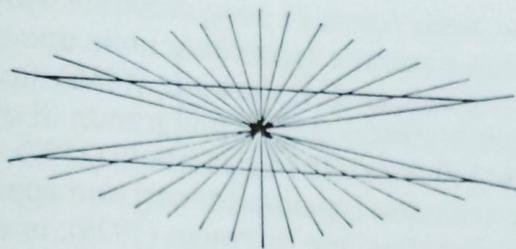
B. *Illusioni di direzione* (o di angoli). Nella figura 82 sono illustrate 6 fra le più celebri illusioni che comportano distorsioni nella direzione degli elementi o nella grandezza degli angoli che gli elementi formano tra loro. Abbiamo l'illusione di Zöllner (1860), in cui le linee lunghe non si vedono più parallele, come sono, ma convergenti e divergenti in accordo con le linee corte; l'illusione di Poggendorff (descritta da Zöllner, 1862), in cui le due linee oblique non giacciono più sulla stessa retta, ma una troppo in alto, o l'altra troppo in basso; l'illusione di Hering (1861), in cui non si riconosce più la rettilineità delle due orizzontali; l'illusione di Lipps (1897), in cui la circonferenza risulta distorta là dove incontra gli angoli; l'illusione di Fraser (1908), in cui l'obliquità delle piccole linee viene assunta anche dalle lettere dell'alfabeto che esse formano; l'illusione di Ehrenstein (1925), in cui la circonferenza risulta distorta dalla raggiata in cui si viene a trovare.



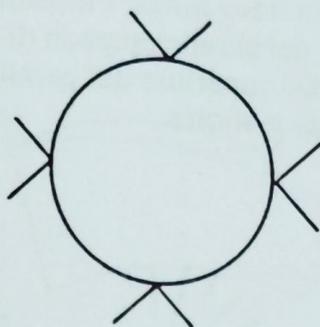
A



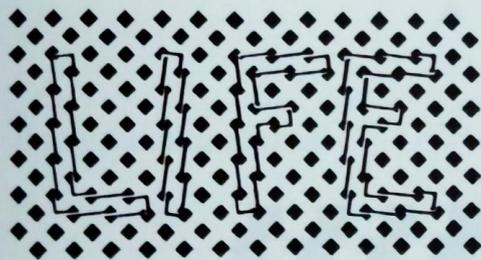
B



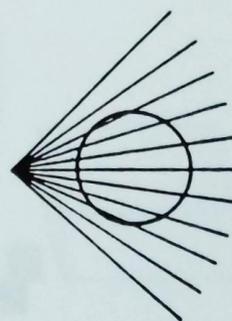
C



D



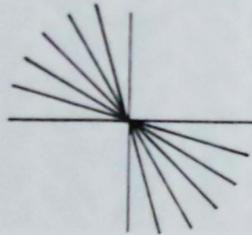
E



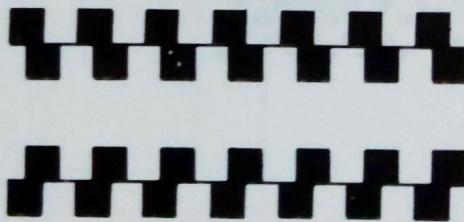
F

Fig. 82 - Illusioni ottico-geometriche di direzione (o di angoli): A - Zöllner (1860); B - Poggendorff (Zöllner, 1860); C - Hering (1861); D - Lipps (1897); E - Fraser (1908); F - Ehrenstein (1925). (Vedi il testo.)

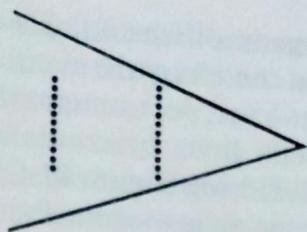
- C. *Illusioni diverse.* Nella figura 83 sono illustrate 6 illusioni ottico-geometriche che non rientrano facilmente nelle due categorie già indicate. Abbiamo l'illusione di Helmholtz (1856), in cui l'angolo retto che contiene più bisettrici appare più grande di quello che non ne contiene affatto; l'illusione di Münsterberg (1897), in cui le due rette orizzontali che separano i quadratini neri non appaiono né rette, né orizzontali; un'altra illusione di Ponzo (1928), in cui la fila di punti più vicina al vertice dell'angolo sembra più lunga, ma anche contenere più punti di quella lontana dal vertice; l'illusione di Jastrow (1891), in cui la figura che sta sotto sembra più grande di quella che sta sopra; una illusione che io stesso ho descritto (Vicario, 1971), in cui le lineette che stanno sulla linea corta sembrano più rade di quelle che stanno sulla linea lunga; l'illusione di Shepard (1981), in cui la faccia superiore del parallelepipedo di sinistra è perfettamente congruente con la faccia superiore del parallelepipedo di destra, ma sembra assai più lunga e stretta.



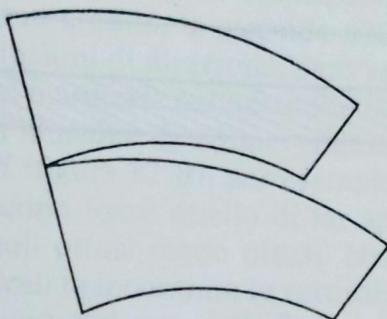
A



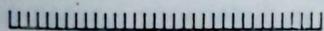
B



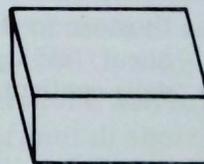
C



D



E



F

Fig. 83 - Altre illusioni: A - Helmholtz (1856); B - Münsterberg (1897); C - Ponzo (1928); D - Jastrow (1891); E - Vicario (1971); F - Shepard (1981).

Nelle illusioni ottico-geometriche è facile distinguere quella che è la parte *inducente* da quella che è la parte in cui la deformazione è *indotta*. Nel dispositivo di Müller-Lyer, per esempio (figura 81 C), è chiaro che la lunghezza apparente della linea orizzontale dipende dal verso delle frecce; nel dispositivo di Hering (figura 82 C), è chiaro che le due orizzontali appaiono deformate dalla raggera. Esistono tuttavia anche casi in cui non è possibile capire quale sia la parte inducente e quale quella indotta, oppure casi in cui c'è *autoinduzione* della deformazione (vedi la figura 84).

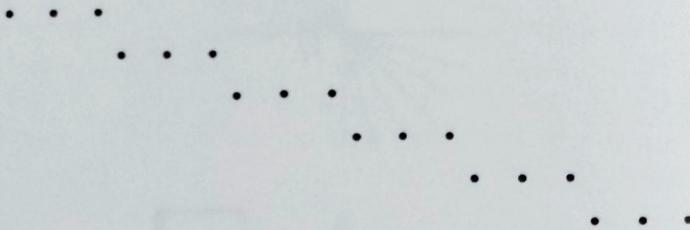
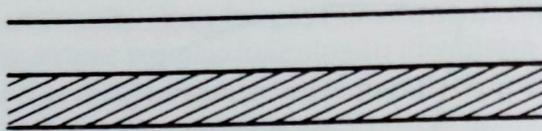


Fig. 84 - Illusione in cui non è facile stabilire quale sia la parte inducente (Delboeuf, 1865 a), sopra; sotto, illusione in cui la distorsione è autoindotta dalla configurazione (Vicario, 1978).

Nella figura 84, in alto, si vede una bella illusione di Delboeuf (1856 a) mai riportata dalla letteratura: la parte inducente è senza dubbio la serie di linee oblique, ma non è chiaro quale sia la parte indotta, perché a volte è la linea superiore a sembrare "spostata" rispetto alla barra rigata, a volte sembra che sia la barra rigata che "si sposta" rispetto alla linea. In basso si vede una serie di triplette di punti che non appaiono parallele tra loro: quelle centrali sembrano ruotate in senso antiorario, rispetto alle

triplette più alta e più bassa. In questa illusione (Vicario, 1978) non c'è distinzione tra parte inducente e parte indotta: la configurazione si auto-deforma senza causa apparente.

Per quanto riguarda la spiegazione delle illusioni ottico-geometriche, c'è da dire in generale che talune di esse appaiono governate dal principio del *contrasto*, ed altre dal principio di *assimilazione*. Nell'illusione di Delboeuf (1856b, vedi la figura 81 B), appare evidente che il cerchio interno di sinistra sembra più grande del cerchio interno di destra per *contrasto*: sembra più grande ciò che è inserito in un contesto più piccolo. Nell'illusione di Sander (1926, figura 81 F), invece, la diagonale di sinistra appare più grande di quella di destra per *assimilazione*: la prima sta nel parallelogrammo grande, la seconda nel parallelogrammo piccolo. Nel caso delle illusioni di direzione, pare valere soltanto il principio del *contrasto*, che si manifesta nella cosiddetta tendenza alla *rettificazione degli angoli*: nell'illusione di Zöllner (figura 82 A), come anche in quella di Poggendorff (figura 82 B), per esempio, certe linee vengono deviate come se lo scopo fosse quello di far apparire gli angoli acuti meno acuti e gli angoli ottusi meno ottusi. Nel caso della Zöllner la deviazione delle verticali fa incontrare le verticali con le piccole trasversali ad angoli meno acuti; nel caso della Poggendorff, il fatto che il segmento superiore non si trovi sulla continuazione di quello inferiore viene attribuito alla rotazione di entrambi i segmenti in senso orario, che facendo perno sui punti in cui si congiungono alle due verticali, incontrano le medesime ad angoli maggiori.

Esistono naturalmente altre spiegazioni delle illusioni ottico-geometriche, molto sofisticate ed anche un po' astruse, ma sono altrettanto numerose e contraddittorie quanto i diversi tipi di illusioni. Alcune chiamano in causa processi fisiologici a livello retinico (per esempio, Chiang 1968); altre la rappresentazione dello spazio, delle distanze e delle grandezze (per esempio, Gregory 1968); altre ancora "fenomeni di campo" non meglio specificati (per esempio, Yakorzynski, 1963); altre infine suppongono che le illusioni nascano da una elaborazione dell'informazione visiva che avviene per stadi diversi, con contributi di aberrazione diversi per ciascuno stadio (per esempio, Coren e Girgus, 1978). Mentre rimando chi ha interesse a questo argomento ad un testo specifico (almeno inizialmente, Robinson 1972), ricordo che tutte queste teorie sono applicabili soltanto al genere di illusioni sulle quali le teorie medesime sono cresciute, e non sono applicabili ad altre illusioni. È diffusa la sensazione che chi riuscirà a spiegare le illusioni ottico-geometriche avrà la chiave interpretativa dell'intera percezione visiva.

## 24. Figure ambigue, reversibili, impossibili

Si dicono *ambigue* quelle figure che, dopo un certo tempo di ispezione e spontaneamente, oppure anche immediatamente ma con un atto di volontà, mutano aspetto. La più celebre di tutte le figure ambigue è senz'altro quella di Boring (1930), che viene riprodotta qui sotto al numero 85.



Fig. 85 - Esempio di *figura ambigua* (da Boring, 1930; vedi il testo).

La stimolazione di figura 85 dà di solito luogo alla visione di una giovane donna, vista di tre quarti dal dietro, con il naso appena visibile ed una fettuccia nera intorno al collo. Ma dopo un po' di tempo - od anche subito, se il soggetto è opportunamente guidato - la visione si trasforma: la visione è quella di una donna anziana, che ha per naso lo zigomo ed il mento della giovane, per occhio l'orecchio di quella, e per bocca la fettuccia nera.

Il fatto rimarchevole di questa e di tutte le figure ambigue, è che gli stessi stimoli danno luogo a percezioni diverse, che si alternano sponta-

neamente o a volontà (dove il concetto di *multistabilità* percettiva, vedi Attneave 1971).

Per lungo tempo la spiegazione delle figure reversibili è stata quella della *saziatura* (Köhler, 1940) o dell'*affaticamento neurale* (Hebb, 1966). Secondo tale spiegazione, il processo nervoso correlato con una delle due possibili organizzazioni sensoriali tenderebbe ad esaurirsi per saziazione o affaticamento, predisponendo il sistema percettivo a qualche processo nervoso alternativo; corollario di tale teoria sarebbe che, col prolungarsi dell'osservazione, l'alternanza diverrebbe sempre più rapida. La ripetizione degli esperimenti classici di Carlson (1953), Hochberg (1950) e Howard (1961), non ha dato risultati favorevoli alla teoria, e pertanto attualmente il fenomeno delle figure ambigue è ancora in attesa di spiegazione (vedi Rock, 1986).

Si dicono *reversibili* quelle figure che, dopo un certo tempo di ispezione e spontanemente, oppure anche immediatamente ma con un atto di volontà, mutano orientamento nello spazio visivo. La più celebre di tutte le figure reversibili è senz'altro il "cubo di Necker", che qui viene riprodotto al numero 86.

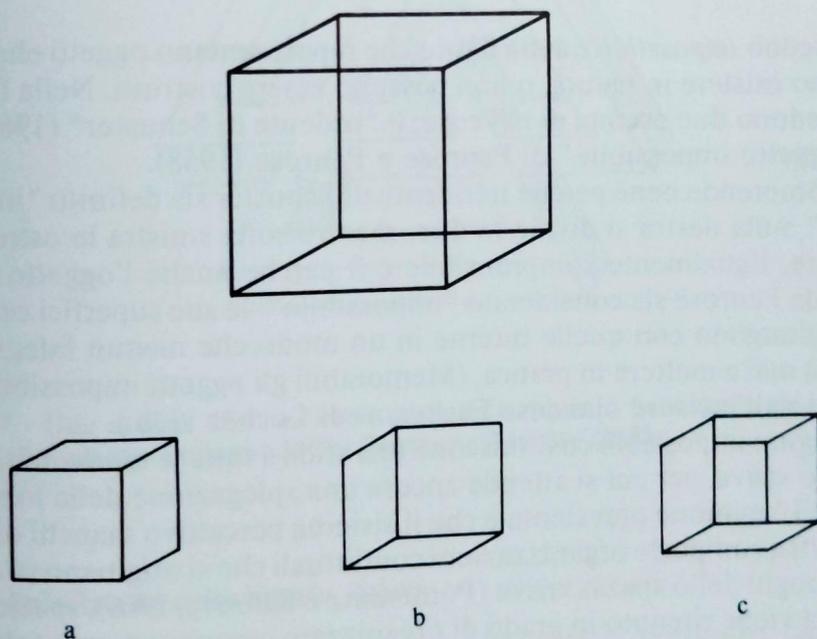


Fig. 86 - Esempio di *figura reversibile*: il cubo di Necker. Sotto: i diversi modi in cui può essere visto orientato il cubo.

La stimolazione di figura 86 dà di solito luogo alla visione di un cubo "trasparente" come se fosse appoggiato su un tavolo, e cioè nel modo che nella figura è indicato con (a). Ma spontaneamente, o con un atto di volontà, lo si può vedere anche come appeso al soffitto, e cioè nel modo indicato con (b).

È possibile anche un terzo modo, che nella figura è indicato con (c), e cioè come se il cubo fosse una scatola posata sul pavimento, di cui si può vedere l'interno dall'alto.

La discussione intorno a figure reversibili come il cubo di Necker, tuttavia, non vertono intorno al fatto che esse vengono viste come orientate in modi diversi, ma al fatto che esse non sono mai viste come in effetti sono, e cioè come figure piatte disegnate su un foglio. La spiegazione che più comunemente si dà di questa tridimensionalità apparente si rifà al principio della pregnanza (vedi il §16): il sistema percettivo preferirebbe elaborare l'immagine di un oggetto tridimensionale, ma regolare (il cubo), anziché quella di un oggetto bidimensionale, ma assai meno regolare (un esagono con delle linee interne la cui funzione non è chiara).

La reversibilità non è una proprietà di figure disegnate su un foglio di carta. Cubi di Necker realmente tridimensionali, fatti di filo di ferro sottile e nero, sono altrettanto "reversibili" che quelli disegnati.

Si dicono *impossibili* quelle figure che rappresentano oggetti che non possono esistere in natura, o non possono essere costruiti. Nella figura 87 si vedono due esempi di tali cose: il "tridente di Schuster" (1964) ed un "oggetto impossibile" di Penrose e Penrose (1958).

Si comprende bene perché il tridente di Schuster sia definito "impossibile": sulla destra si divide in due, mentre sulla sinistra le estremità sono tre. Egualmente comprensibile è il perché anche l'oggetto disegnato da Penrose sia considerato "impossibile": le sue superfici esterne si congiungono con quelle interne in un modo che nessun falegname riuscirà mai a mettere in pratica. (Memorabili gli oggetti impossibili raffigurati dall'incisore olandese Escher; vedi Locher 1978.)

Le figure impossibili costituiscono una sfida a tutte le teorie della percezione visiva, per cui si attende ancora una spiegazione della loro esistenza. L'opinione prevalente è che il sistema percettivo manchi di processi atti a comporre organizzazioni conflittuali che si originano in differenti luoghi dello spazio visivo (Pomerantz e Kubovy, 1986), specie se il sistema viene ritenuto in grado di organizzare compiutamente soltanto ciò che sta nel fuoco dell'attenzione (Hochberg 1968, 1978). Un'opinione alternativa è quella di Kennedy (1988), secondo cui le figure impossibili sarebbero arbitrari collegamenti di elementi di per sé sensati (spigoli,

vertici, superfici, eccetera), allo stesso modo in cui si possono collegare in maniera arbitraria parole incompatibili in frasi senza senso compiuto.

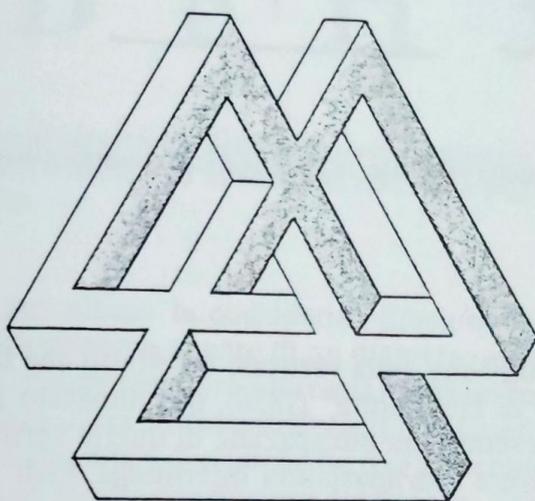
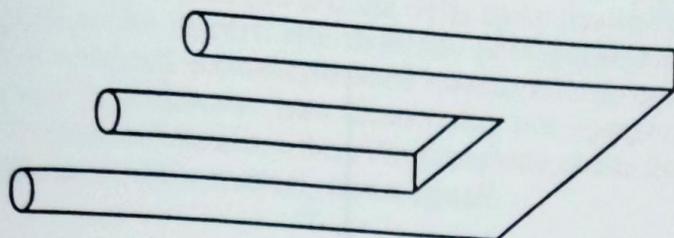


Fig. 87 - Due esempi di *figure impossibili*: il “tridente di Schuster” (1964) ed un “oggetto impossibile” di Penrose e Penrose (1958).

## 25. Anisotropia dello spazio visivo

Per molti indizi lo spazio visivo sembra essere *anisotropo*, cioè non eguale in tutte le direzioni. Infatti oggetti eguali hanno grandezze diverse a seconda della loro posizione in questo spazio visivo.

Il primo indizio è costituito dalla cosiddetta "illusione della verticale", che è illustrata nella figura 88. Le due linee sono di eguale lunghezza fisica, ma quella disposta verticalmente sembra più lunga di quella disposta orizzontalmente.

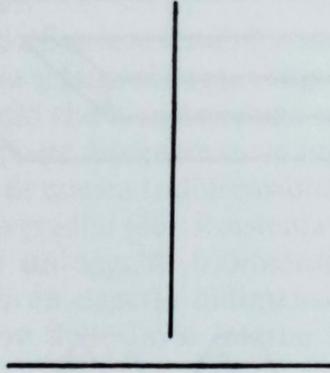


Fig. 88 - Illusione della verticale: la linea verticale sembra più lunga di quella orizzontale.

Omologo all'illusione della verticale è l'effetto che si nota nel cosiddetto "quadrato di Helmholtz" (1856), qui illustrato alla figura 89: le linee orizzontali sembrano più spaziate di quelle verticali. (Linee oblique sembrano avere una spaziatura intermedia, vedi Vicario 1971.)

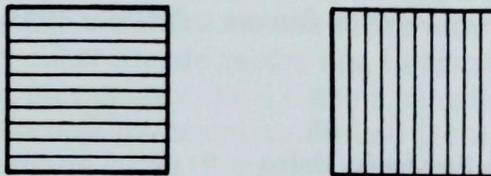


Fig. 89 - Quadrato di Helmholtz (1856): le linee orizzontali sembrano più spaziate che quelle verticali.

Si guardi ora alla figura 90, dove sono allineati alcuni caratteri alfanumerici a simmetria più o meno bilaterale, nel senso che la parte superiore è eguale (o eguale, ma invertita) a quella inferiore. Le due metà appaiono effettivamente eguali, ma è sufficiente capovolgere la figura per accorgersi che esse sono molto differenti, nel senso che la parte (normalmente) alta è di parecchio più piccola della parte (normalmente) bassa. Questo significa che le parti alte risultano percettivamente ingrandite: stampatori e tipografi conoscono bene questo effetto, tant'è vero che i caratteri sono volutamente non simmetrici, per compensare l'effetto percettivo di ingrandimento, e dare l'impressione che le due metà, superiore ed inferiore, dei caratteri, siano eguali.

S B 8 H 3 E

Fig. 90 - Esempio di anisotropia dello spazio visivo. Stimare le grandezze relative delle parti superiori ed inferiori dei caratteri a pagina diritta ed a pagina capovolta.

Ricordiamo per ultima la cosiddetta "illusione della luna". Com'è noto, la luna all'orizzonte appare di un diametro almeno doppio che la luna allo zenith, mentre essa proietta sulla retina un'immagine che è praticamente la stessa (circa  $30''$ ) in entrambe le condizioni. Questa illusione è stata oggetto di dispute e di ricerche fin dall'antichità, e le indagini non sono approdate ad alcuna conclusione accettabile. Tra le diverse ipotesi, c'è anche quella secondo cui la grandezza apparente degli oggetti dipende dalla loro posizione rispetto alla direzione dello sguardo. In questo senso lo spazio sarebbe anisotropo, nel senso che gli oggetti giacenti nel campo visivo risulterebbero dilatati, e dilatati maggiormente quelli che si trovano nella metà superiore di esso.

## 26. Teorie della percezione

Dicevamo, nel primo paragrafo, che la percezione è quel processo attraverso il quale le informazioni raccolte dagli organi di senso sono

organizzate in oggetti, eventi o situazioni dotati di significato per il soggetto. Il problema è *come* avvenga tutto ciò, ed in materia esistono parecchie teorie. In questo ultimo paragrafo nominerò soltanto tali teorie, poiché l'esame decentemente approfondito di una qualsiasi di esse necessiterebbe di un intero corso di lezioni.

A. *Il punto di vista strutturalista.* Lo strutturalismo non è una vera e propria teoria, ma un modo di concepire i fatti percettivi assai comune nell'ottocento, e sempre meno condiviso nel novecento. Secondo gli strutturalisti, l'organizzazione percettiva è il risultato lineare della concatenazione dei messaggi sensoriali: "il tutto è la somma delle sue parti". Le sensazioni lasciano tracce durevoli, dette immagini mnestiche, che entrano in gioco quando si ripresentano sensazioni eguali a quelle che le hanno generate. Tutti gli effetti non lineari che si riscontrano nei processi percettivi (le illusioni ottico-geometriche, per esempio) sono conseguenze dell'interazione delle sensazioni con le immagini mnestiche. Gli strutturalisti danno perciò grande importanza all'apprendimento nella spiegazione dei fatti percettivi. Il metodo principe della psicologia strutturalistica è l'*introspezione*. Si tratta dell'analisi compiuta da osservatori altamente addestrati sulle proprie percezioni, con lo scopo di separare il genuino contenuto sensoriale dagli apporti dell'esperienza passata, delle aspettative e del ragionamento. Lo strutturalista che fa dell'introspezione non può dire: "Vedo un foglio di carta bianco e rettangolare, posto su un panno verde", ma deve dire: "Vedo una superficie trapezoidale bianca circondata da una superficie verde; per esperienza *so* che la prima è rettangolare ed è un foglio di carta, e che la superficie verde è un panno che sta anche al di sotto del foglio di carta".

Gli esponenti principali della corrente strutturalistica sono stati Wilhelm Wundt (1832-1920) in Germania, ed il suo allievo Edward Bradford Titchener (1867-1927) negli USA. La miglior descrizione del punto di vista strutturalista, in fatto di percezione, si ha negli scritti dei gestaltisti, per esempio di Köhler (1947).

B. *La teoria della Gestalt.* Secondo i gestaltisti, la percezione non è soltanto l'accumulo delle proprietà delle singole sensazioni. Il loro motto è: "Il tutto è differente dalla somma delle singole parti". Per capire questa affermazione, si guardi la figura 91, dove ci sono quattro punti disposti a quadrato.

Mettendo un dito su uno qualsiasi dei punti, e cioè togliendo 1/4 della costellazione di stimoli, quello che si vede non sono i 3/4 di un quadrato, ma una figura nuova, un triangolo: questo dimostra la non

additività delle sensazioni e delle relative parti. Le parti si integrano mutuamente ed autonomamente in virtù di principi o forze che abbiamo già ampiamente descritto al § 16, in obbedienza al principio più generale della pregnanza, o al cosiddetto *principio di minimo*: l'organizzazione risultante è la migliore possibile, compatibilmente con le condizioni di stimolazione e con il minimo dispendio di energia. (Un esempio di applicazione del principio di minimo in fisica si ha nella bolla di sapone: essa ha una forma sferica, perché quella della sfera è la forma che consente di racchiudere il maggior volume con la minima superficie.)

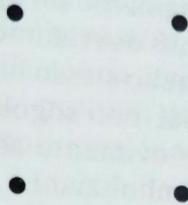


Fig. 91 - Quattro punti disposti a quadrato, per la dimostrazione della non sommatività delle parti nel costituirsi del tutto.

Il metodo principe della psicologia gestaltista è quello della *dimostrazione*, appoggiato ad un accuratissima analisi fenomenologica. Come già abbiamo visto nel § 16, si parte da costellazioni di stimoli che potrebbero organizzarsi in molti modi, per le ragioni più varie (compresa l'esperienza passata), e si dimostra che soltanto una organizzazione si realizza, quella che ubbidisce ai principi di unificazione di Wertheimer, ed in generale al principio della pregnanza.

Gli esponenti principali della scuola gestaltista sono stati: Max Wertheimer (1886-1943) in Germania; Kurt Koffka (1886-1941), Wolfgang Köhler (1887-1967) e Kurt Lewin (1890-1947) in Germania e negli U.S.A.; Wolfgang Metzger (1899-1977) in Germania e Fabio Metelli (1907-1987) in Italia.

- C. *Il punto di vista helmholtziano*. Gli helmoltziani condividono con gli strutturalisti l'opinione che le singole sensazioni sono alla base dei processi percettivi, e che le immagini mnestiche hanno un loro ruolo

nell'organizzazione dell'esperienza attuale. Ritengono però che tale organizzazione non sia frutto di una mera concatenazione, ma obbedisca ad un *principio di probabilità*: gli elementi sensoriali si organizzano in modo da formare l'oggetto o l'evento la cui esistenza nell'ambiente è più probabile, compatibilmente con gli elementi dati dalle sensazioni. A questo modo, l'esistenza del "triangolo di Kanizsa" (vedi la figura 48) viene spiegata dicendo che un triangolo è il più probabile oggetto che può produrre, per sovrapposizione, le amputazioni che si notano negli altri elementi esistenti nel campo. Secondo gli helmholtziani, i processi che provvedono alla costruzione degli oggetti e degli eventi sono una sorta di *inferenze inconscie* o di calcoli che il sistema percettivo fa su tutti i dati in suo possesso. Quando, per esempio, noi seguiamo un oggetto in movimento muovendo gli occhi ed il capo, noi dovremmo vederlo fermo, perché la sua immagine cade sempre nello stesso luogo della retina: il sistema percettivo tiene però conto dei moti angolari degli occhi e del capo, li "cancella", e attribuisce il movimento all'oggetto.

Il metodo principe degli helmholtziani è quello sperimentale tradizionale, ereditato dalla psicofisica, applicato - per esempio - all'influenza dei processi di apprendimento nell'utilizzazione degli indizi forniti dalla stimolazione. I risultati servono a formulare ipotesi sui probabili processi di inferenza che hanno luogo all'interno del sistema percettivo.

Caposcuola dell'indirizzo teorico qui sunteggiato è naturalmente Hermann von Helmholtz (1821-1894), uno dei più grandi scienziati dell'ottocento. Il punto di vista helmholtziano si avvale però dei contributi di molti contemporanei, come Hebb (1949), Brunswik (1956), Gregory (1974) e Hochberg (1978). La cosiddetta "psicologia cognitivista", tanto in voga oggigiorno, è una filiazione dell'indirizzo teorico helmholtziano.

- D. *La prospettiva ecologica*. Alcuni psicologi non condividono affatto il presupposto di strutturalisti, gestaltisti ed helmholtziani, che cioè le sensazioni elementari siano il punto di partenza delle percezioni, e che la teoria della percezione debba individuare il modo in cui esse si organizzano. Tali psicologi sono sostenitori di una teoria della *percezione diretta*, secondo la quale il sistema percettivo coglie un'organizzazione che esiste già nello stimolo ambientale (dove l'aggettivo "ecologica"). Il nostro sistema percettivo ha soltanto bisogno di essere "sintonizzato" su quelle che sono le caratteristiche strutturali invarianti dello stimolo ("affordances"), e si limita a "raccolgere l'informazione" ("pick up the information") contenuta nello stimolo

medesimo.

L'idea, già formulata da Hering (1920), è stata sviluppata da Gibson (un allievo americano di Koffka: 1950, 1966, 1979), che l'ha elevata a rango di teoria abbastanza articolata. Per capire di che si tratta, si provi a guardare la figura 31. Non c'è bisogno di alcun ragionamento inconscio, per capire che le zone nere sono dei dischi della medesima grandezza disposti su una superficie inclinata nella terza dimensione: è sufficiente che il sistema percettivo tenga conto del gradiente della tessitura circostante, il quale determina la forma, la grandezza e la distanza degli oggetti posti su di esso.

La teoria della percezione diretta è condivisa soltanto da un ristretto numero di psicologi. Tutti gli altri continuano a credere che il contributo dell'osservatore all'organizzazione percettiva sia un dato di fatto ineliminabile (vedi Pomerantz e Kubovy, 1986). In un certo senso, i sostenitori della teoria della percezione diretta portano "fuori" del soggetto quei processi di organizzazione che gestaltisti ed helmoltziani ritengono aver luogo "dentro" il soggetto (vedi Vicario, 1988).

Le teorie della percezione oggi correnti non si limitano alle quattro sopra nominate. Ce ne sono almeno altre due, di importanti: la *teoria dell'elaborazione dell'informazione* (vedi, per esempio, Attneave 1955) e la *teoria dell'informazione strutturale* (vedi, per esempio, Leeuwenberg 1978).

Già la loro formulazione, però, va al di là degli scopi dei presenti appunti, che intendono solamente fornire una sommaria immagine dello stato delle cose nel campo della percezione visiva. Il quadro è quello che si diceva all'inizio: le teorie sono molte, ma ciascuna di esse spiega efficacemente soltanto una parte dei fatti noti.

## Indice delle illustrazioni

1. Lo spettro delle radiazioni visibili	p.	76
2. Struttura fisiologica del sistema visivo	p.	78
3. Struttura dell'occhio	p.	80
4. Struttura della retina	p.	81
5. Doppio cono dei colori	p.	84
6. Il contorno	p.	85
7. Bande di Mach	p.	86
8. Fenomeno di Koffka	p.	87
9. Effetto del gradiente del contorno	p.	87
10. Contorno anomalo	p.	88
11. Superficie anomala	p.	89
12. Illusione di Delboeuf	p.	89
13. Assimilazione di chiarezza	p.	90
14. Contrasto di chiarezza	p.	91
15. Schema dell'inibizione laterale	p.	92
16. Anello di Benussi-Koffka	p.	93
17. Profili di Wolff	p.	94
18. Esperimento di Wolff	p.	95
19. Decomposizione delle immagini stabilizzate	p.	96
20. Dispositivo per le immagini consecutive	p.	98
21. Regolarizzazione di immagini consecutive	p.	99
22. Dispositivo per l'effetto McCollough	p.	100
23. Dispositivo per l'effetto Benham	p.	101
24. Effetti consecutivi figurali: Gibson	p.	102
25. Effetti consecutivi figurali: Köhler e Wallach	p.	103
26. Dispositivo per l'osservazione della macchia cieca	p.	104
27. Completamento percettivo nella macchia cieca	p.	104
28. Costanza di grandezza	p.	105
29. Costanza di forma	p.	106
30. Costanza di orientamento	p.	107
31. Apprezzamento diretto della costanza di grandezza	p.	109
32. La coppa e i profili di Rubin	p.	110
33. Condizioni dell'articolazione figura-sfondo	p.	111

34. Campo omogeneo		
35. Principio della somiglianza	p.	113
36. Principio della vicinanza	p.	114
37.	p.	114
38. Principio della chiusura	p.	115
39. Principio della divisione senza resti	p.	115
40. Principio della impostazione soggettiva	p.	116
41. Principio della pregnanza	p.	116
42. Principio della esperienza passata	p.	117
43. Completamento amodale di un triangolo	p.	118
44. Completamento amodale di tre triangoli	p.	119
45. Figura di Gerbino	p.	120
46. Restringimento percettivo	p.	121
47. Completamento amodale dello sfondo	p.	121
48. Triangolo di Kanizsa	p.	122
49. Superficie anomala come figura	p.	123
50. Superficie anomala come sfondo	p.	124
51. Superficie anomala e illusione di Ponzo	p.	125
52. Superfici cromaticamente omogenee	p.	125
53. Inizio di scissione fenomenica in superfici cromaticamente omogenee	p.	126
54. Alternative nella scissione fenomenica di superfici cromaticamente omogenee	p.	127
55. Figura delle mazze da golf	p.	128
56. Legge di Petter	p.	129
57. Esempio di trasparenza fenomenica	p.	129
58. Schema di Metelli dalla trasparenza fenomenica	p.	131
59. Effetti dell'organizzazione figurale sulla trasparenza	p.	131
60. Scomposizione della figura 57	p.	133
61. Superficie anomala trasparente	p.	134
62. Superficie non perfettamente trasparente	p.	134
63. Superfici deformanti e superfici rifrangenti	p.	135
64. Esempio di mascheramento simultaneo	p.	135
65. Mascheramento per tessitura	p.	136
66. Mascheramento per iterazione periodica	p.	137
67. Mascheramento per iterazione casuale	p.	137
68. Mascheramento per manipolazione figura-sfondo	p.	138

69. Mascheramento per sottrazioni	p.	139
70. Mascheramento per aggiunte	p.	140
71. Mascheramento con figura irrecuperabile	p.	140
72. Mascheramento con figura recuperabile	p.	141
73. Mascheramento con figura non più eliminabile	p.	141
74. Esempio di mimetismo animale	p.	142
75. La prospettiva lineare come indizio di profondità	p.	144
76. Il gradiente tissurale come indizio di profondità	p.	145
77. L'elevazione come indizio di profondità	p.	146
78. L'interposizione come indizio di profondità	p.	147
79. L'ombreggiatura come indizio di profondità	p.	147
80. La direzione dell'illuminazione come indizio di convessità o concavità	p.	148
81. Illusioni ottico-geometriche di grandezza	p.	150-151
82. Illusioni ottico-geometriche di direzione	p.	152-153
83. Altre illusioni ottico-geometriche	p.	154-155
84. Induzione incerta ed autoinduzione nelle illusioni	p.	156
85. Esempio di figura ambigua	p.	158
86. Esempio di figura reversibile	p.	159
87. Due esempi di figure impossibili	p.	161
88. Illusione della verticale	p.	162
89. Quadrato di Helmholtz	p.	162
90. Esempio di anisotropia dello spazio visivo	p.	163
91. Quattro punti disposti a quadrato	p.	165

## Bibliografia

- ATTNEAVE, F. (1955). Symmetry, information and memory for patterns. *American Journal of Psychology*, LXVIII, 209-222.
- ATTNEAVE, F. (1971). Multistability in perception. *Scientific American*, CCXXV, 62-71.
- BAUMGARDT, E. (1972). Threshold quantal problems. Sta in: Jameson, D., Hurvich, L. M. (eds.), *Handbook of sensory Physiology*, vol. VII, 4. Springer, New York.
- BENARY, W. Beobachtungen zu einem Experiment über Helligkeitskontrast. *Psychologische Forschung*, IV, 131-142.
- BENHAM, C. E. (1894). Notes. *Nature*, LI, 113-114.
- BOFF, K., KAUFMAN, L., THOMAS, J. P. (1986). *Handbook of perception and human performance*. Volume I: Sensory processes and Perception. Volume II: Cognitive processes and Performance. Wiley, New York.
- BORING, E. G. (1930). A new ambiguous figure. *American Journal of Psychology*, XLII, 444-445.
- BOZZI, P. (1975). Osservazioni su alcuni casi di trasparenza fenomenica realizzabili con disegni a tratto. Sta in: Flores d'Arcais, G. B. (ed.), *Studies in perception, Festschrift for Fabio Metelli*, Martello-Giunti, Milano, pp. 88-110.
- BRUNSWIK, E. (1935). *Experimentelle Psychologie in Demonstrationen*. Berlin.
- BRUNSWIK, E. (1956). *Perception and the representative design of psychological experiments*. University of California Press, Berkeley.
- CAMPENHAUSEN, C. von (1968). Über die Farben der Benhamschen Scheibe. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*, LX, 351-374.
- CARLSON, V. R. (1953). Satiation in a reversible figure. *Journal of experimental Psychology*, XLV, 442-448.
- COREN, S., GIRGUS, J. S. (1978). *Seeing is deceiving: the psychology of visual illusions*. LEA, Hillsdale N. J.
- DE BENI, R. (1988). Sta in: Vicario, G. B. (ed.) *Psicologia sperimentale*. CLEUP, Padova.
- DELBOEUF, M. J. (1865). Note sur certaines illusions d'optique. *Bulletin de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique*, XXXIV, II série, 19, 195-216.
- DELBOEUF, M. J. (1865). Seconde note sur de nouvelles illusions d'optique. *Bulletin de l'Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique*. XXXIV, II série, 20, 70-97.
- EHRENSTEIN, W. (1925). Versuche über die Beziehungen zwischen Bewegungs- und Gestaltwahrnehmung. *Zeitschrift für Psychologie*, XCV, 305-352.
- FARNÈ, M. (1968). Alcune osservazioni con linee virtuali e margini quasi percettivi, *Bollettino della Società Italiana di Biologia sperimentale*, XLIV, 1613-1616.
- FRASER, J. (1908). A new visual illusion of direction. *British Journal of Psychology*, II, 307-320.
- FUCHS, W. (1923). Experimentelle Untersuchungen über das simultane Hintereinandersehen auf der selben Sehrichtung. *Zeitschrift für Psychologie*, XCI, 145-235.
- GALLI, A., ZAMA, A. (1931). Untersuchungen über die Wahrnehmung geometrischen Figuren die ganz oder teilweise von anderen gemetrischen Figuren verdeckt sind. *Zeitschrift für Psychologie*, CXXIII, 308-348.
- GANZ, L. (1966). Mechanism of the figural after-effects. *Psychological Review*, LXXIII, 128-150.
- GERBINO, W. (1978). Some observations on the formation of angles in amodal completion. *Italian Journal of Psychology*, V, 85-100.
- GERBINO, W. (1983). *La percezione*. Il Mulino, Bologna.

- GIBSON, J. J. (1933). Adaptation, after-effect and contrast in the perception of curved lines. *Journal of experimental Psychology*, XVI, 1-31.
- GIBSON, J. J. (1950). *The perception of the visual world*. Houghton Mifflin, Boston.
- GIBSON, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Houghton Mifflin, Boston.
- GIBSON, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin, Boston.
- GIBSON, J. J., RADNER, M. (1937). Adaption, after-effect and contrast in the perception of tilted lines: I and II. *Journal of experimental Psychology*, XX, 553-569.
- GILINSKY, A. S. (1955). The effect of attitude on the perception of size. *American Journal of Psychology*, LXVIII, 173-192.
- GOTTSCHALDT, K. (1926). Über den Einfluss der Erfahrung auf die Wahrnehmung von Figuren. *Psychologische Forschung*, VIII, 1-87.
- GREGORY, R. L. (1968). Visual illusions. *Scientific American*, CCXIX, 66-76.
- GREGORY, R. L. (1974). Choosing a paradigm for perception. Sta in: Carterette, E. C., Friedman, M. P. (eds.), *Handbook of perception*, vol. I: Historical and philosophical roots of perception. Academic Press, New York.
- HABER, R. N., HABER, R. B. (1964). Eidetic imagery: I Frequency. *Perceptual and motor skills*, XIX, 131-138.
- HEBB, D. O. (1949). *Organization of behavior*. Wiley, New York.
- HEBB, D. O. (1966). *A textbook of Psychology*. Saunders, Philadelphia.
- HELMHOLTZ, H. von (1856). *Handbuch der physiologischen Optik*. Voss, Leipzig.
- HERING, E. (1861). *Beiträge zur Psychologie*, vol. I. Engelmann, Leipzig.
- HERING, E. (1920). *Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn*. Springer, Leipzig.
- HOCHBERG, J. (1950). Figure-ground reversal as a function of visual satiation. *Journal of experimental Psychology*, XL, 682-686.
- HOCHBERG, J. (1978). *Perception*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- HOWARD I. P. (1961). An investigation of a satiation process in the reversible perspective of revolving skeletal shapes. *Quarterly Journal of experimental Psychology*, XIII, 19-33.
- JAMESON, D., HURVICH, L. M. (1955). Some quantitative aspects of an opponent-colors theory. *Journal of the Optical Society of America*, XLV, 546-552.
- JASTROW, J. (1891). A study of Zöllner's figures and other related illusions. *American Journal of Psychology*, IV, 381-398.
- JUDD, D. B. (1951). Basic correlates of the visual stimulus. Sta in: Stevens, S. S. (ed.), *Handbook of experimental Psychology*, Wiley, New York.
- KANIZSA, G. (1954). Il gradiente marginale come fattore dell'aspetto fenomenico dei colori. *Archivio di Psicologia, Neurologia e Psichiatria*, XV, 251-264.
- KANIZSA, G. (1955a). Condizioni ed effetti della trasparenza fenomenica, *Rivista di Psicologia*, XLIX, 1, 3-19.
- KANIZSA, G. (1955b). Margini quasi-percettivi in campi con stimolazione omogenea. *Rivista di Psicologia*, XLIX, 3, 7-30.
- KANIZSA, G. (1975a). Contrasto. Voce del *Dizionario di Psicologia*, a cura di Arnold W. Eysenck H. J. e Meili, R., Edizioni Paoline, Roma.
- KANIZSA, G. (1975b). Percezione del colore. Sta in : Arnold W., Eysenck, H. J., Meili, R. (eds.), *Dizionario di Psicologia*, Edizioni Paoline, Roma.
- KANIZSA, G. (1975). The role of regularity in perceptual organization. Sta in: Flores D'Arcais, G. B. (ed.), *Studies in perception, Festschrift for Fabio Metelli*. Martello-Giunti, Milano.
- KANIZSA, G., GERBINO, W. (1976). Convexity and symmetry in figure-ground organization. Sta in: Henle, M. (ed.), *Vision and artifact*, Springer, New York.

- KANIZSA, G. (1980). *Grammatica del vedere*. Il Mulino, Bologna.
- KANIZSA, G. (1982). È mascherato solo ciò che può essere smascherato. Sta in: Kanizsa, G., Vicario, G. B., *Sul mascheramento visivo*. Report n. 57 dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Padova, Padova.
- KENNEDY, J. M. (1988). *La percezione pittorica*. Cortina, Padova.
- KOFFKA, K. (1915). Zur Grundlegung der Wahrnehmungspsychologie. Eine Auseinandersetzung mit Vittorio Benussi. *Zeitschrift für Psychologie*, LXXIII, 11-90.
- KOFFKA, K. (1923). Über Feldbegrenzung und Felderfüllung. *Psychologische Forschung*, 176-203.
- KOFFKA, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology*, Routledge & Kegan, London. Traduzione italiana: *Principi di psicologia della forma*, Boringhieri, Milano 1971.
- KÖHLER, W. (1940). *Dynamics in Psychology*. Liveright, New York. Traduzione italiana: *Principi dinamici in psicologia*, Giunti, Firenze 19.
- KÖHLER, W., WALLACH, H. (1944). Figural after-effects: an investigation of visual processes. *Proceedings of the American Philosophical Association*, LXXXVIII, 269-357.
- KÖHLER, W. (1947). *Gestalt Psychology*, Liveright, New York. Traduzione italiana: *Psicologia della Gestalt*, Boringhieri, Milano 1971.
- KOSSLYN, S. M. (1980). *Image and mind*. Harvard University Press, Cambridge (Mass.).
- LEEUWENBERG, E. L. J. (1978). Quantification of certain visual pattern properties: saliency, transparency, similarity. Sta in: Leeuweberg, E. L. J., Buffart, H. F. J. M., *Formal theories of visual perception*. Wiley, New York.
- LIPPS, Th. (1897). *Raumaesthetik und geometrisch-optische Täuschungen*. Barth, Leipzig.
- LOCHER, J. L. (1978). *Il mondo di Escher*. Garzanti, Milano.
- MARIGONDA, E. (1968). V. Sta in: Kanizsa, G., Vicario, G. B. (eds.). Università degli Studi di Trieste, Trieste.
- MASIN, S. C. (1988, in stampa). *Analisi del mondo reale*. Liviana, Padova.
- MCCULLOUGH, C. (1965). Color adaption of edge-detectors in the human visual system. *Science*, CIL, 1115-1116.
- METELLI, F. (1974). The perception of transparency. *Scientific American*, CCXXX, 90-98.
- METZGER, W. (1930). Optische Untersuchungen am Ganzfeld, II: Zur Phänomenologie des homogenen Ganzfelds. *Psychologische Forschung*, XIII, 6-29.
- METZGER, W. (1963). *Psychologie*. Steinkopff, Darmstadt. Traduzione italiana: *I fondamenti della Psicologia della Gestalt*, Giunti-Barbèra, Firenze.
- METZGER, W. (1966). Figural Wahrnehmung. Sta in: Metzger, W. (ed.), *Wahrnehmung und Bewusstsein*, Hogrefe, Göttingen.
- METZGER, W. (1975) *Gesetze des Sehens*. Kramer, Frankfurt am Main.
- MICHOTTE, A. et alii (1962). *Causalité, permanence et réalité phénoménales*. Béatrice-Nauwelaerts, Paris.
- MICHOTTE, A., THINÈS, G., CRABBÉ, G. (1963). *Les complements amodaux des structures perceptives*. Béatrice-Nauwelaerts, Paris.
- MORINAGA, S. (1941). Beobachtungen über Grundlagen und Wirkungen anschaulich gleichmässiger Breite. *Archiv für die gesamte Psychologie*, CX, 310-348.
- MUSATTI, C. L. (1924). Sui fenomeni stereocinetici. *Archivio italiano di Psicologia*, III, 105-120.
- MÜLLER-LYER, F. C. (1889). Optische Urteilstäuschungen. *Dubois-Reymond Archive für Anatomie und Physiologie* (suppl. Band), 263-27
- MÜNSTERBERG, H. (1897). Die verschobere Schachbrettfigur. *Zeitschrift für Psychologie*, XV, 184-188.
- NEISSER, U. (1967). *Cognitive Psychology*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs (N. J., USA). Traduzione italiana: *Psicologia cognitivista*, Martello-Giunti, Milano 1976.
- OPPEL, J. J. (1855). Über geometrisch-optische Täuschungen. *Jahresberichte phys. Ver. Frankfurt*, 37-47.

- PASTORE, N. (1971). *Selective History of Theories of Visual Perception*, Oxford University Press, New York.
- PENFIELD, W. (1958). Some mechanism of consciousness discovered during electrical stimulation of the brain. *Proceedings of the Neural Academy of Sciences*, XLIV, 51-66.
- PENROSE, L., PENROSE, R. (1958). Impossible objects: a special type of visual illusion. *British Journal of Psychology*.
- PETTER, G. (1956). Nuove ricerche sperimentali sulla totalizzazione percettiva. *Rivista di Psicologia*, L, 213-227.
- POMERANTZ, J. R., KUBOVY, M. (1986). Theoretical approaches to perceptual organization. Sta in: Boff, K. R., Kaufman, L., Thomas, J. P. (eds.), *Handbook of perception and human performance*, vol. II: Cognitive processes and performance, Wiley, New York, pp. 36.1-36.46.
- PONZO, M. (1912). Rapports de contraste angulaire et l'appréciation de grandeur des astres à l'horizon. *Archivio italiano di Biologia*, LVIII, 327-329.
- PONZO, M. (1928). Illusioni negli apprezzamenti di collettività. *Archivio italiano di Psicologia*, VI, 1-37.
- PORTER, P. B. (1954). Another puzzle-picture. *American Journal of Psychology*, LXVII, 550-551.
- PRITCHARD, R. M., HERON, W., HEBB, D. O. (1960). Visual perception approached by the method of stabilized images. *Canadian Journal of Psychology*, XIV, 67-77.
- PRITCHARD, R. M. (1961). Stabilized images on the retina. *Scientific American*, CCIV, 72-78.
- RAMUL, K. (1936). *Psychologische Schulversuche*. Barth, Leipzig.
- ROBINSON, J. O. (1972). *The Psychology of visual Illusion*. Hutchinson University, London.
- ROCK, I. (1986). The description and analysis of object and event perception. Sta in: Boff, K. R., Kaufman, L., Thomas, J. P. (eds.), *Handbook of perception and human performance*, vol. II: Cognitive processes and performance, Wiley, New York, pp. 33.1-33.71.
- RUBIN, E. (1921). *Visuell wahrgenommene Figuren*. Glydendals, Copenhagen.
- SANDER, F. (1926). Optische Täuschungen und Psychologie. *Neue Psychologische Studien*, I, 159-166.
- SCHUMANN, F. (1900). Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmung. *Zeitschrift für Psychologie*, XXIII, 1-32, XXIV, 1-33.
- SCHUSTER, D. H. (1964). A new ambiguous figure: a three-stick clevis. *American Journal of Psychology*, LVXXVII, 673.
- SHEPARD, R. (1981). Psychophysical complementarity. Sta in: Kubovy, M., Pomerantz, J. (eds.), *Perceptual organization*. Erlbaum, Hillsdale (N. J.).
- SHEPARD, R. N. (1978). The mental image. *American Psychologist*, XXXIII, 125-137.
- VICARIO, G. B. (1971). Un caso di diradamento apparente in campo visivo. *Archivio di Psicologia, Neurologia e Psichiatria*, XXXII, 515-542.
- VICARIO, G. B. (1975). Some observations on Gestalt principles of organization. Sta in: Flores D'Arcais, G. B. (ed.), *Studies in perception, Festschrift for Fabio Metelli*, Martello-Giunti, Milano.
- VICARIO, G. B. (1978). Another optical-geometrical illusion. *Perception*, VII, 225-228.
- VICARIO, G. B. (1982). Sul mascheramento visivo. Sta in: Kanizsa, G., Vicario, G. B., *Sul mascheramento visivo*. Report n. 57 dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Padova, Padova, pp. 1-22.
- VICARIO, G. B. (1988a). La presenza della filosofia nella scienza. Sta in: Trentini, G., Vigna, C. (eds.), *La qualità dell'uomo; filosofi e psicologi a confronto*. Angeli, Milano.
- VICARIO, G. B. (1988b). Nota del traduttore a: Kennedy, J. M., *La percezione pittorica*. Cortina, Padova.

- VICARIO, G. B. (1988c). *Psicologia generale*. CLEUP, Padova.
- WERTHEIMER, M. (1923). Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt. *Psychologische Forschung*, IV, 301-350.
- WERTHEIMER, M. (1965). *Il pensiero produttivo*. Giunti, Firenze.
- WOLFF, W. (1933). Über die kontrasterregende Wirkung der transformierten Farben. *Psychologische Forschung*, XVIII, 90-97.
- WOLFF, W. (1935). Induzierte Helligkeitsveränderung. *Psychologische Forschung*, XX.
- YAKORZYNSKI, G. K. (1963). Brain dynamism as reflected in illusions. *Genetic Psychology Monographs*, LXVIII, 3-47.
- YOUNG, T. (1802). On the theory of light and colours. *Philosophical Transactions of London*, XCII, 12-48.
- ZÖLLNER, F. (1860). Über eine neue Art von Pseudoskopie und ihre Beziehungen zu den von Plateau und Opper beschriebene Bewegungsphänomenen. *Ann. Phys. Chem.*, CLXXXVI, 500-523.
- ZÖLLNER, F. (1862). Über eine neue Art anorthoskopischer Zerrbilder. *Ann. Phys.*, CXVII, 477-484.