

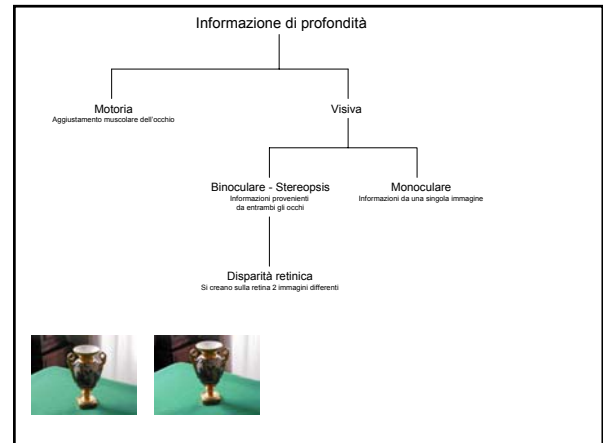
## Visualizzazione in 3D

Alessandro Rizzi

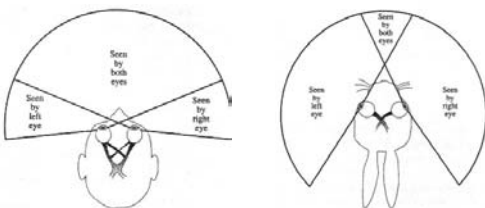
## Punti

- Come si forma la sensazione di profondità
- Strumenti e metodi per ricreare la sensazione di profondità

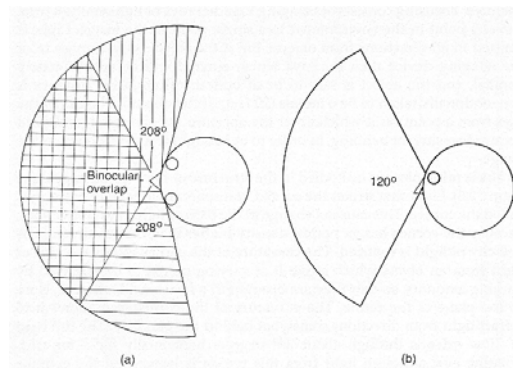
## Come si forma la sensazione di profondità



## Visione bioculare



## Il campo visivo



### Shape from stereo

Distanza interoculare di circa 65 mm;

L'informazione di tridimensionalità deriva dal confronto delle disparità fra le due proiezioni prospettiche.

### Accorgimenti

Per simulare visione umana si usa  $b = 65$  mm

Per migliorare la precisione si può aumentare  $b$ , ma :

- un aumento eccessivo accresce inclinazione assi ottici e riduce il numero di punti coniugati (immagini molto dissimili)
- aumentano le distorsioni prospettiche

### Geometria della visione stereo - 2

$P_s, P_d$  punti coniugati;

$C_s, C_d$  centri di proiezione;

$X_s, X_d$  distanze dei punti coniugati dai centri di proiezione sul piano immagine;

$f$  distanza focale;

$X_s - X_d$  è la disparità fra le due proiezioni.

### Calcolo della disparità

Triangoli simili:

sinistra  $PMC_s$  e  $P_sLC_s$

$$\frac{x}{z} = \frac{x_s}{f}$$

destra:  $PNC_d$  e  $P_dRC_d$

$$\frac{x-b}{z} = \frac{x_d}{f}$$

$$z = \frac{bf}{x_s - x_d}$$

### Ricerca punti coniugati

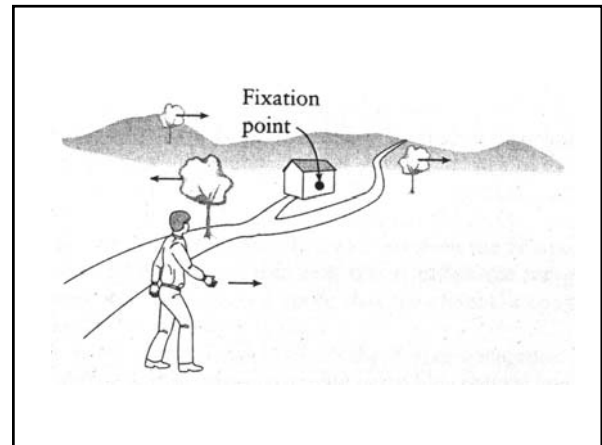
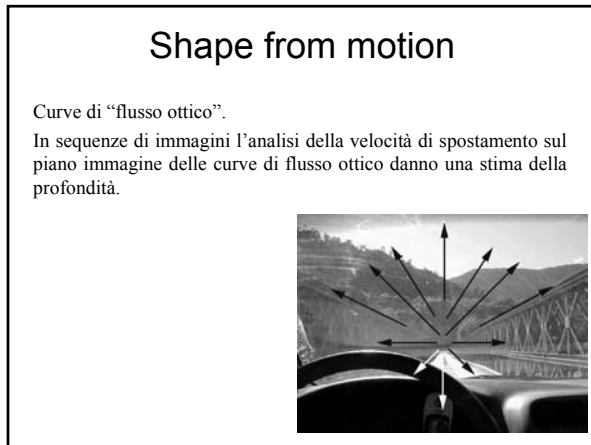
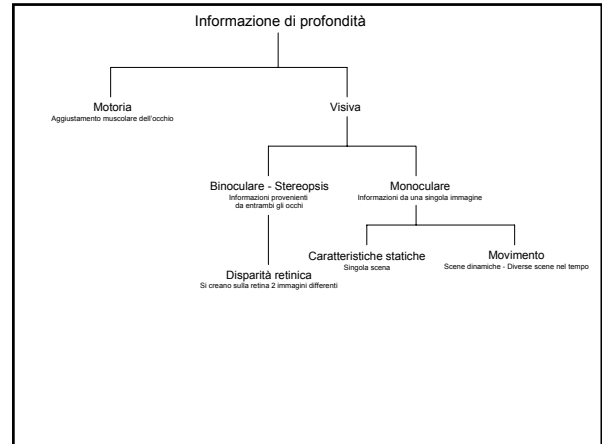
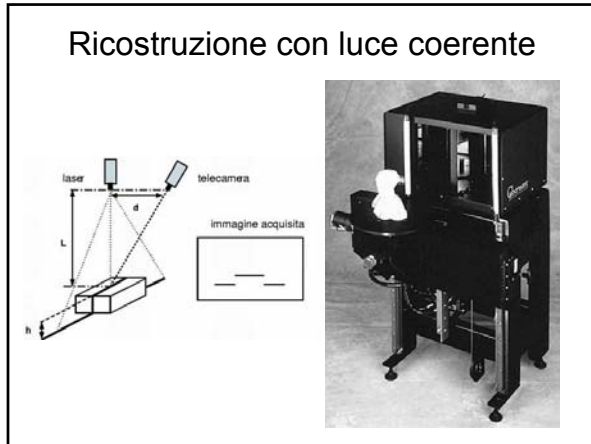
Una volta generate le due proiezioni è necessario

- individuare "punti interessanti": isolati, di confine, vertici, spigoli, ...
- ricercare il corrispondente punto interessante sull'altra immagine;
- ricerca in un vicinato: si cerca la corrispondenza tra una regione e la corrispondente regione nell'altra immagine vedendola come intorno del pixel del punto isolato;
- si applica una misura di correlazione (errore minimo)

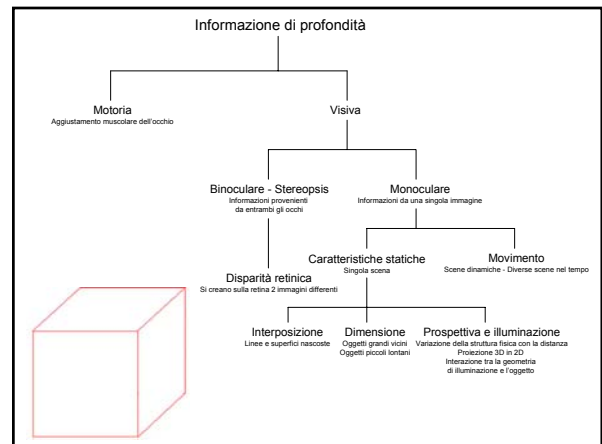
### Restrizione epipolare

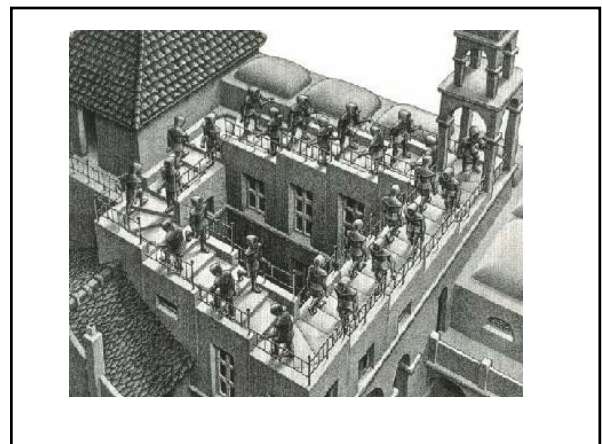
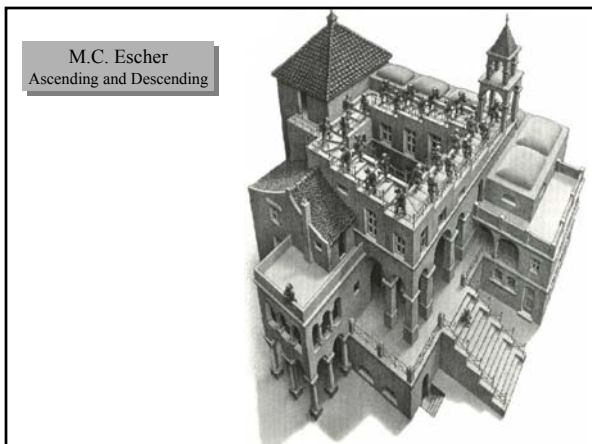
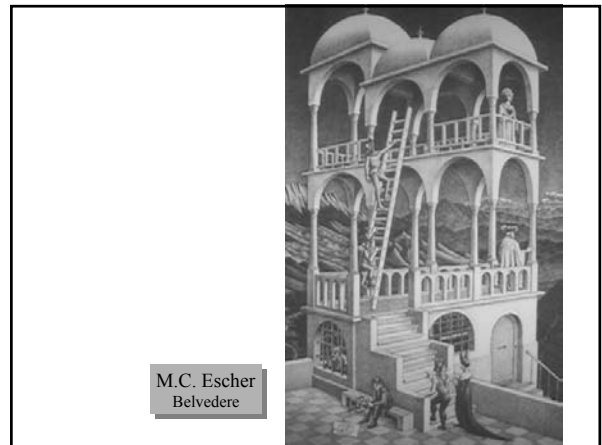
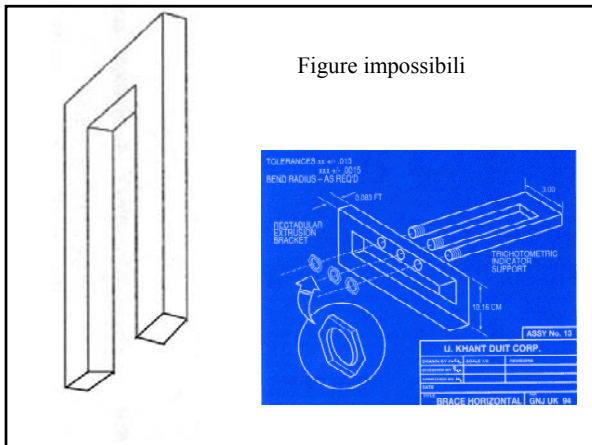
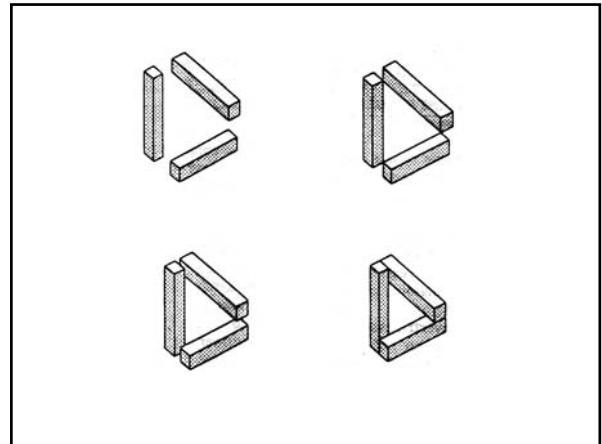
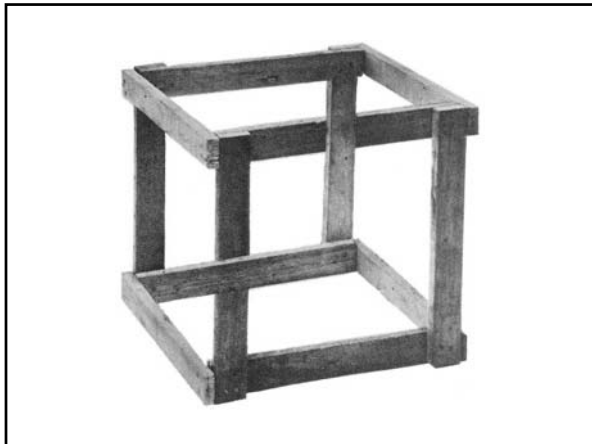
I punti coniugati sono sulla retta epipolare.

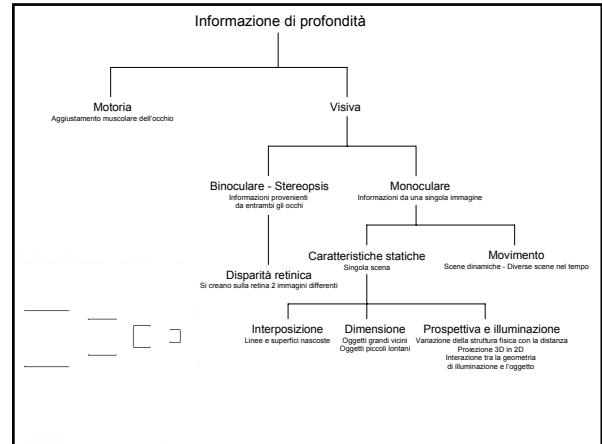
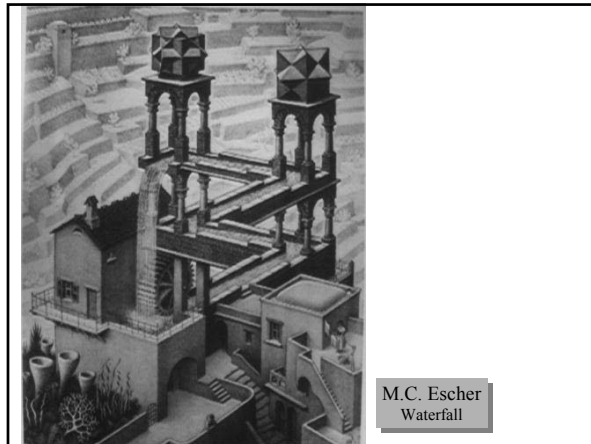
Si limita la ricerca di corrispondenza su pixel lungo la retta epipolare.



- Optical flow
- Motion Field



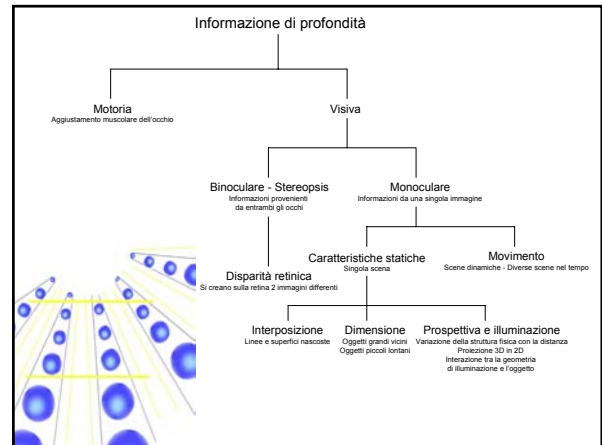




### Shape from shading

Si basa su superfici lambertiane.  
Le variazioni di grigio si interpretano come orientamento della faccia;

È un metodo valido per oggetti semplici su sfondi uniformi.

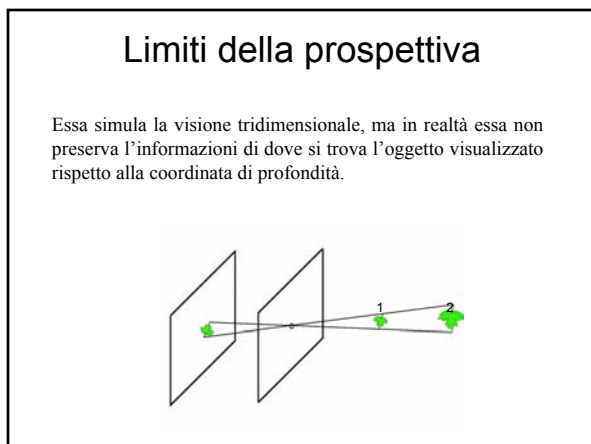
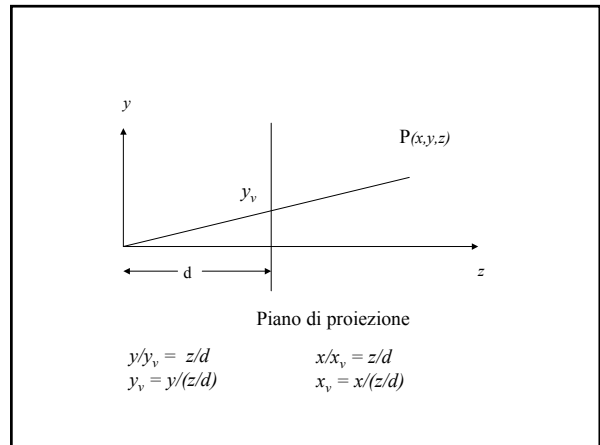
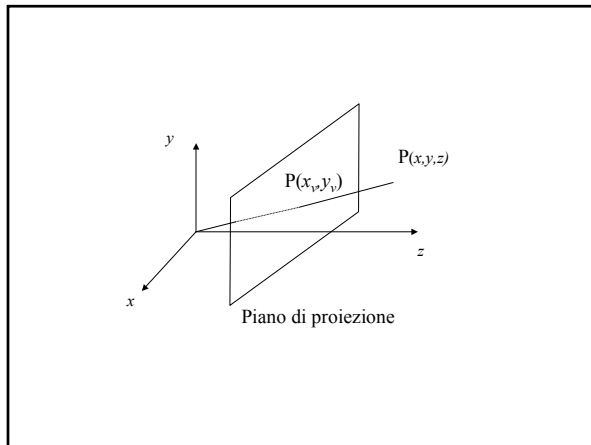
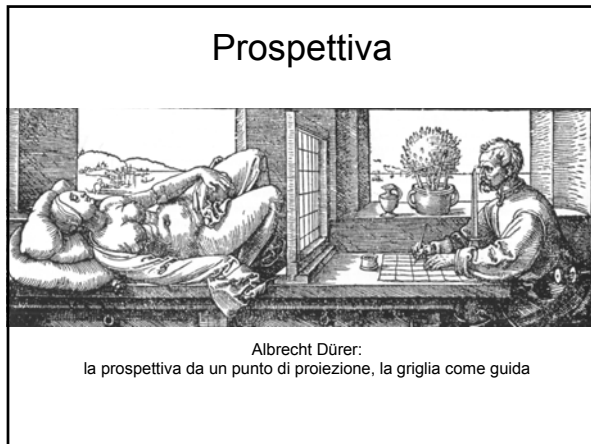


### Prospettiva

(a) (b) (c)

Leonardo da Vinci  
Madonna dell'incarnazione - 1478-80  
Olio su legno, 62 x 47,5 cm  
Alte Pinakothek, Munich

Leonardo da Vinci  
La Vergine, il bambino e S. Anna - 1510  
Olio su legno, 168,5 x 130 cm  
Musée du Louvre, Paris



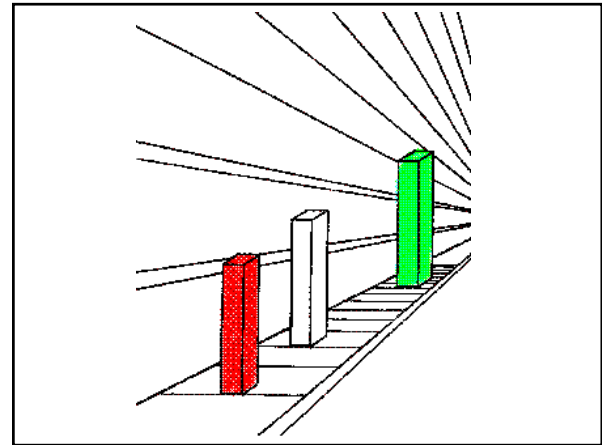
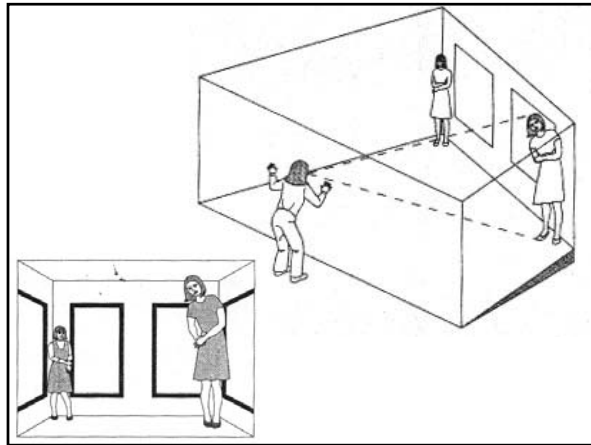
### Limiti della prospettiva - 2

La prospettiva non preserva

- parallelismo;
- distanza;
- aree;
- rapporti.

Invece preserva:

- colinearità;
- tangenza;
- intersezioni.



### Illusione di Hering

La figura è composta da due rette parallele verticali e da un fascio di rette

La percezione del parallelismo delle linee verticali è però compromessa dal fascio di rette che le intersecano



### Profondità e Completamento

Pur essendo figure molto simili, l'illusione che anche l'immagine di sinistra sia un cubo è compromessa dalla chiusura dei segmenti "tagliati".

**FIGURE 18.31**  
The nave of Chartres Cathedral rendered with ray-traced form factors. Reprinted, by permission, from Wallace et al. in *Computer Graphics (Proc. Siggraph '89)*, fig. 14, p. 323.

### Ricostruire la profondità

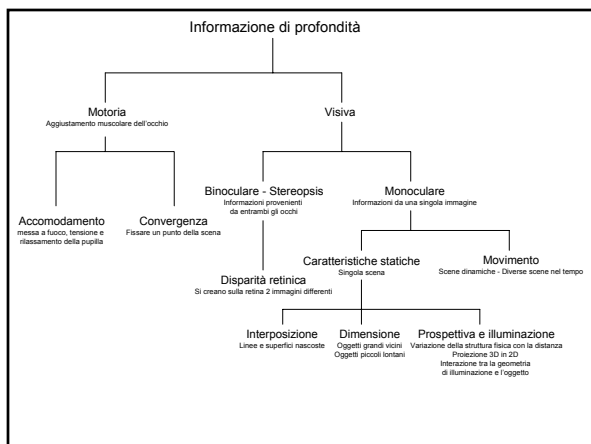
Solo se abbiamo informazioni aggiuntive è possibile ricostruire un particolare oggetto a partire dalla prospettiva.

In particolare, se conosciamo la distanza  $d$  dal piano di proiezione possiamo ricostruire la profondità. Si parla di "costruzione legittima"

$$z = y \cdot \frac{d}{Y}$$

### La faccia nascosta della luna

Per una ricostruzione precisa è necessario possedere la vista della scena secondo prospettive differenti. Il numero minimo di viste è 4, corrispondenti ai numeri di facce di un tetraedo.

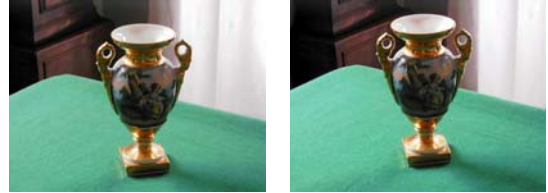


### Stereogrammi

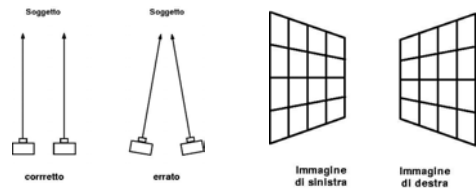
### Strumenti e metodi per ricreare la sensazione di profondità



### Stereopsis: stereo coppia

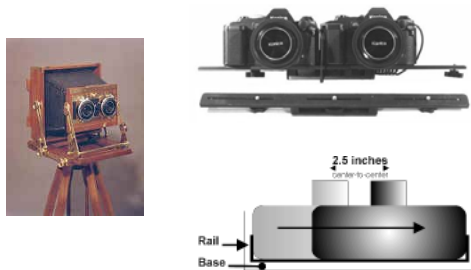


### Acquisizione di una stereocoppia



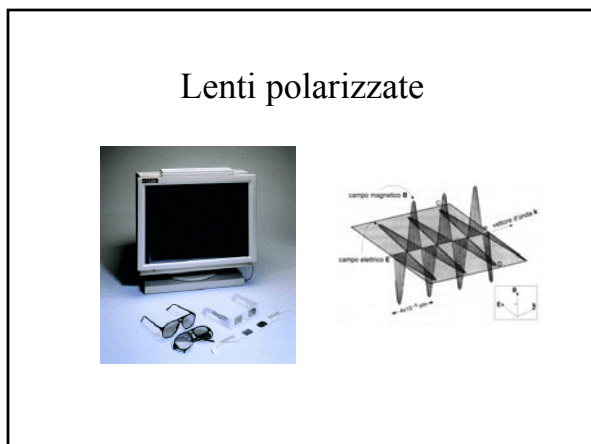
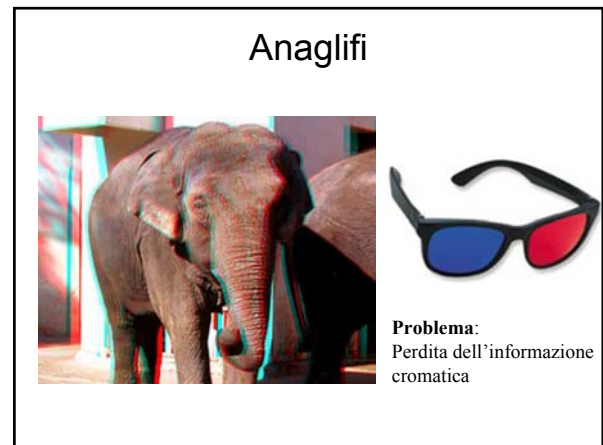
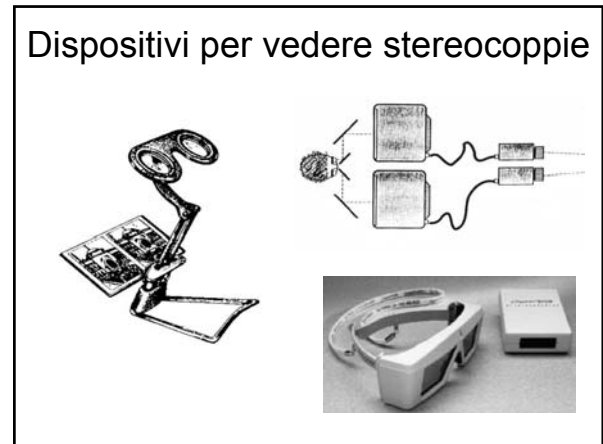
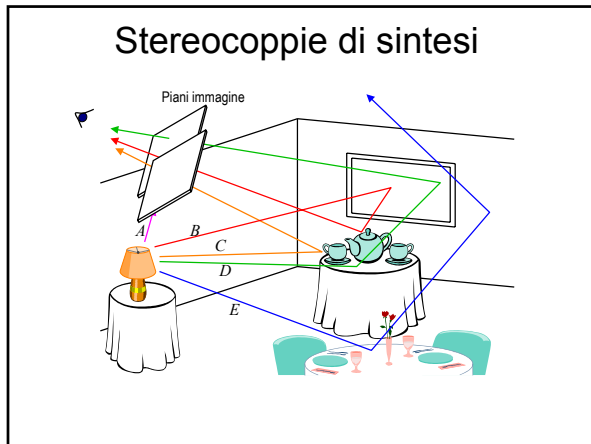
Vanno acquisite in modo parallelo per evitare problemi di convergenza

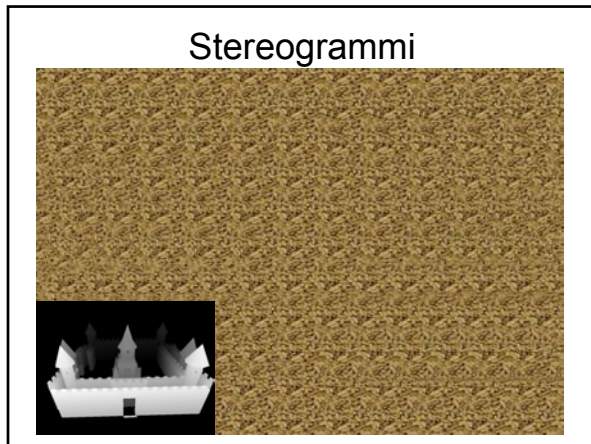
### Stereofotografia



### Macchine fotografiche stereo







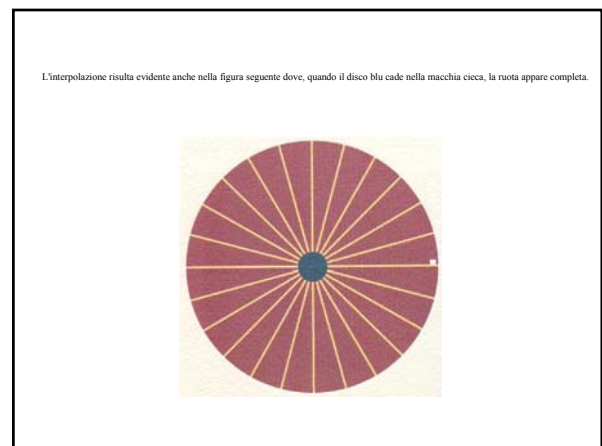
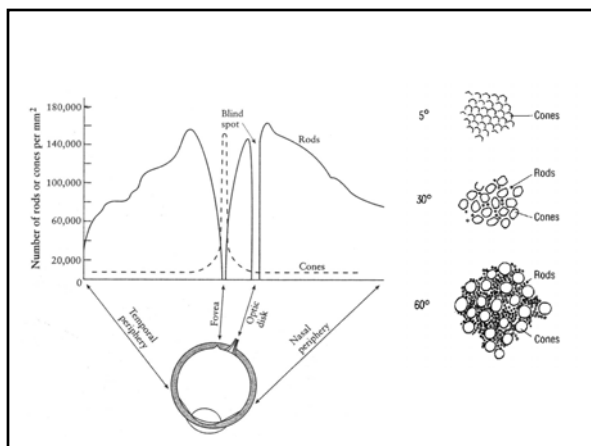
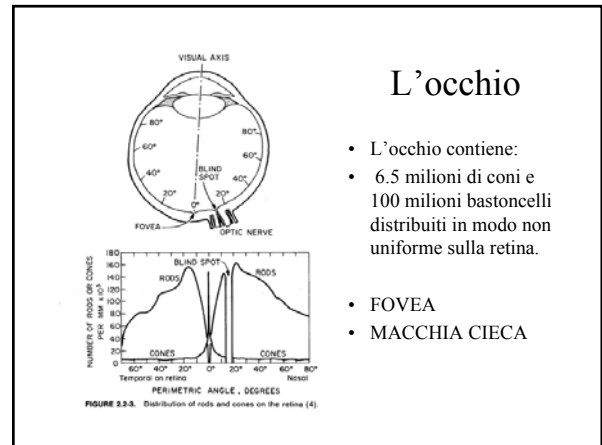
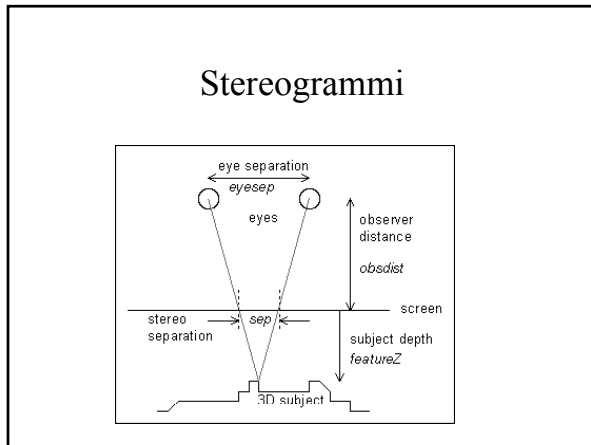
### Stereogrammi

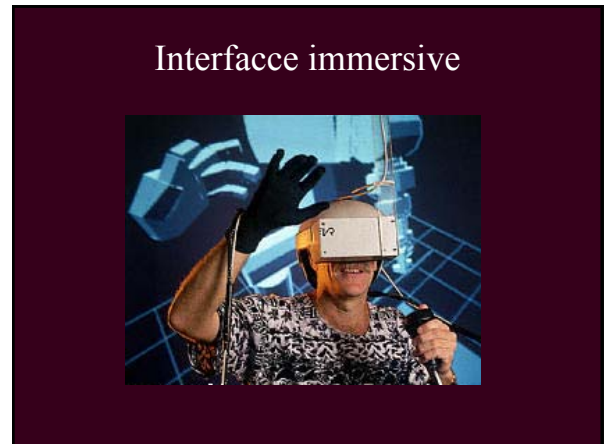
Generazione di una "depth map"

I pixel chiari sono i più vicini

Ogni pixel della depth map ha due corrispondenti nel random dot pattern o nello structured pattern

La distanza tra due configurazioni nel pattern corrisponde al livello di grigio e quindi alla profondità





### Interfacce immersive: esempi

- Simulatori
  - simulatori di volo
  - auto
  - moto
  - ...
- Adventure games
- Realtà virtuale

### Realtà Virtuale

- Caschetti
- DOME
- Proiettori su retina

