

16 Gennaio 2007

Corso di Laurea in Informatica Multimediale
Facoltà di Scienze MMFFNN
Università di Verona

La percezione del contrasto

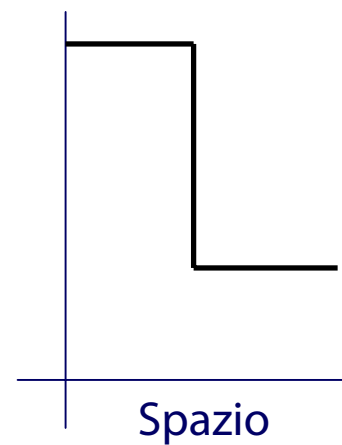
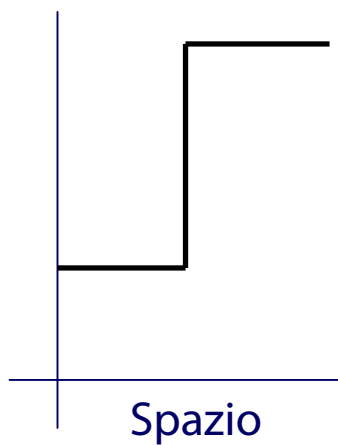
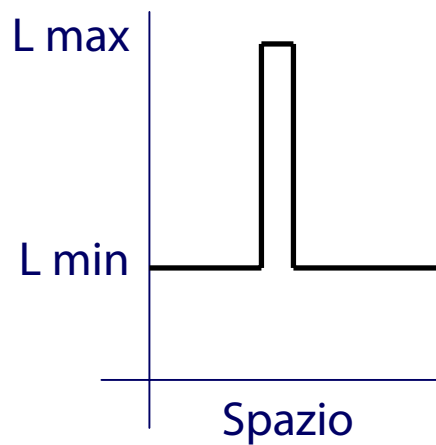
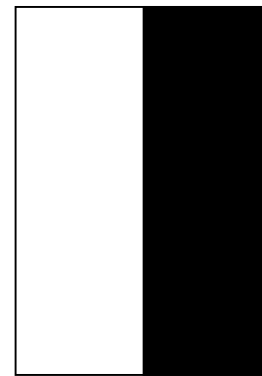
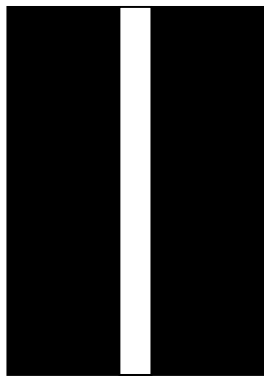
Chiara Della Libera

DSNV Università di Verona
Sezione di Fisiologia Umana
tel. 045 802 7198
chiara.dellalibera@medicina.univr.it

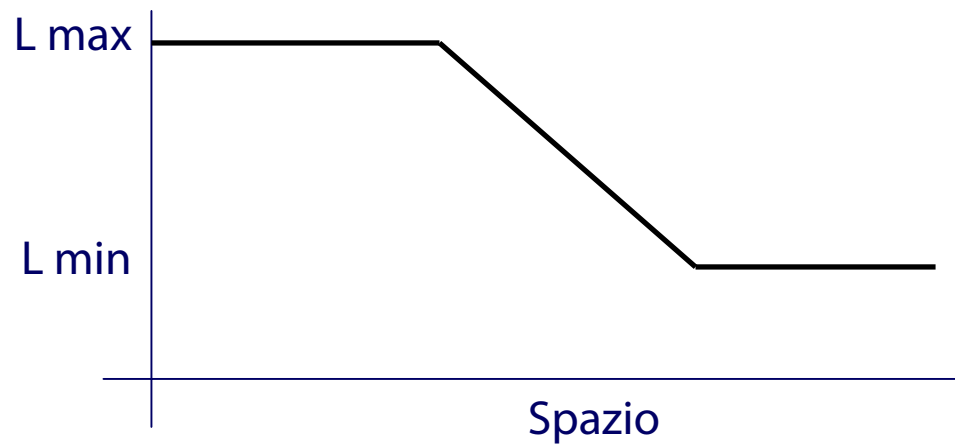
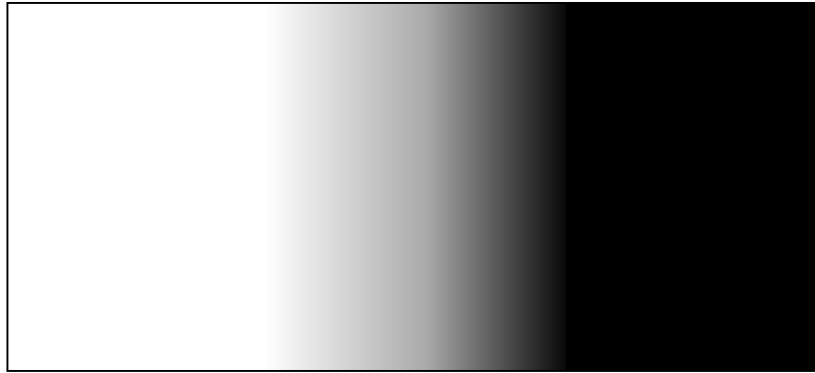
Il contrasto

- E' la componente più semplice ed essenziale per la definizione della struttura della scena visiva.
- Consiste in una variazione di intensità luminosa (*luminanza*) fra zone adiacenti della scena visiva.

Le distribuzioni di luminanza (i)



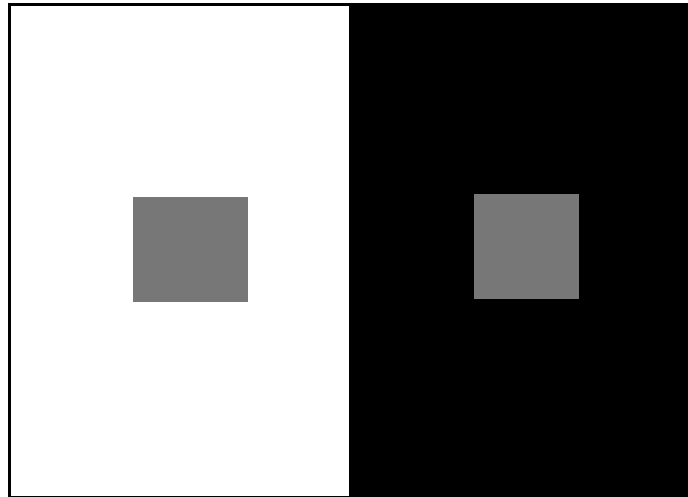
Le distribuzioni di luminanza (ii)



Contrasto e *filling-in*

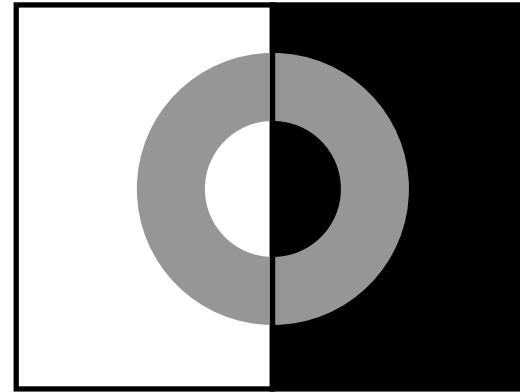
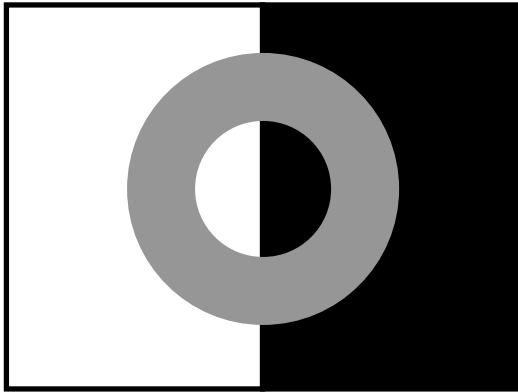
- I neuroni visivi sono poco sensibili alla presenza di superfici omogenee.
- Il contrasto è necessario per stabilire dove finisce un oggetto e ne inizia un altro.
- Il contrasto permette il rilevamento di bordi, o *edges*.
- La zona compresa fra due bordi viene percepita come appartenente ad una superficie uniforme, lo spazio “vuoto” viene *riempito*.

Il contrasto simultaneo



Dimostra come la *luminanza percepita* in una zona del campo visivo non corrisponde alla luminanza assoluta ma dipende dalla luminanza delle regioni vicine.

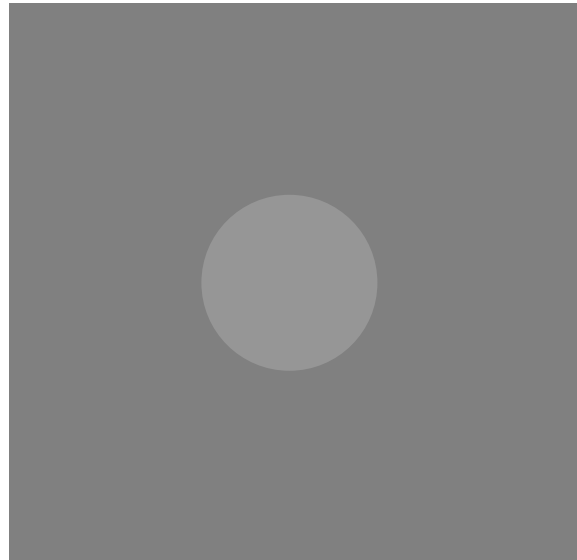
Contorni e superfici



- La presenza di un bordo fra le due metà dell'anello grigio causa una differenza nella luminanza percepita.
- Emerge l'effetto di contrasto simultaneo, che era assente quando l'anello era percepito come un oggetto unico.
- La percezione della luminanza di una superficie è influenzata dal contrasto osservato ai bordi della superficie stessa.

Studiare la percezione del contrasto

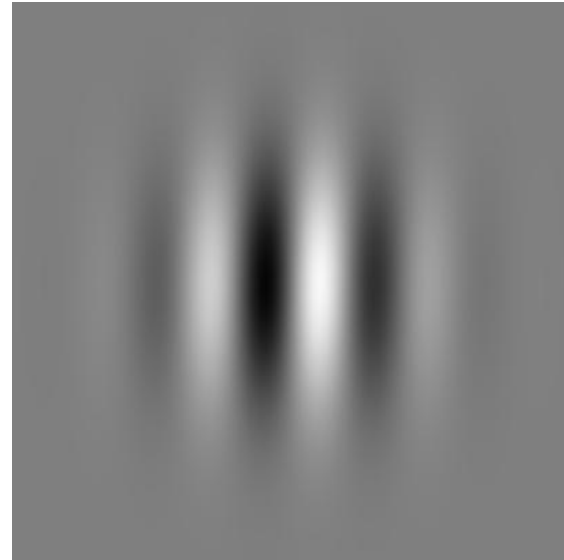
Gli stimoli usati possono essere delle 'macchie', che rispetto allo sfondo consistono in un aumento o un decremento di luminanza.



Il contrasto è originato dalla *differenza* fra la luminanza delle due superfici.

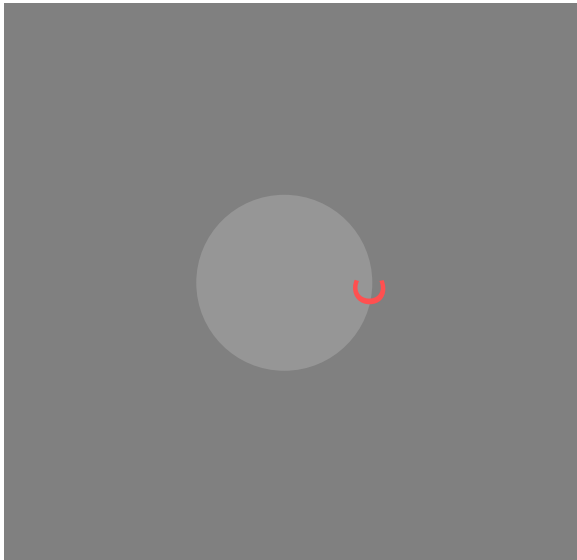
Studiare la percezione del contrasto

Più spesso si usano stimoli detti 'reticoli', o *gratings*, che consistono in variazioni di luminanza distribuite secondo un particolare orientamento.

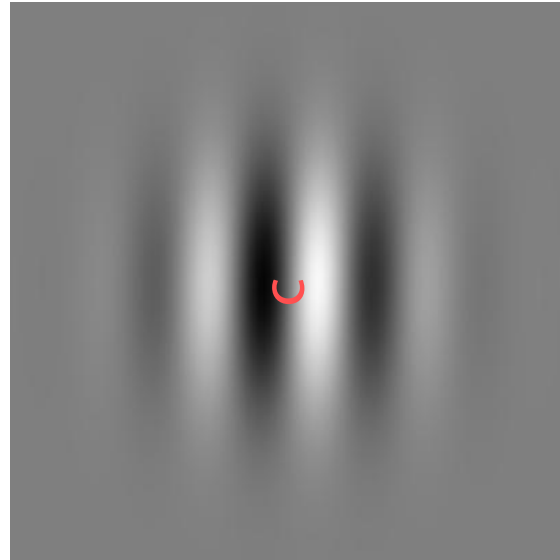


Il contrasto si calcola in base alla differenza fra la luminanza media delle bande alternate.

Studiare la percezione del contrasto



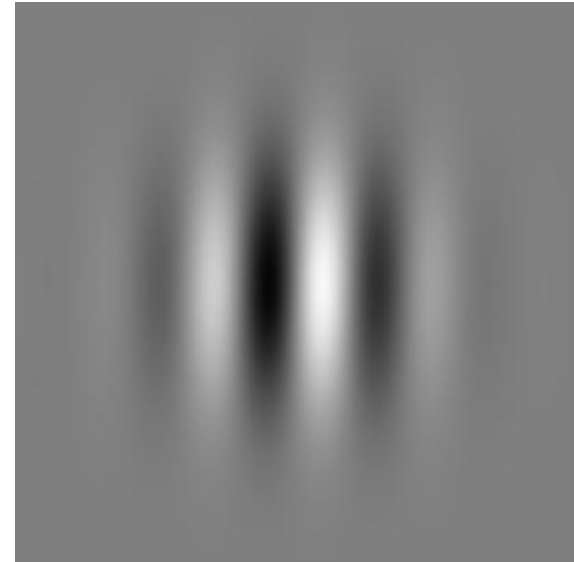
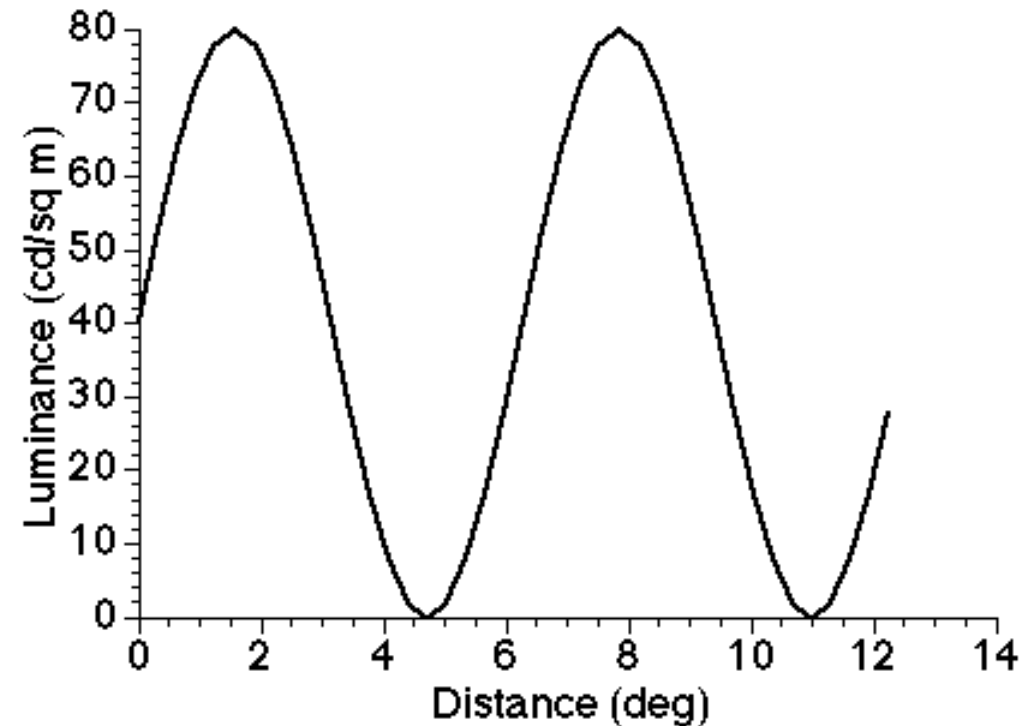
$$\text{Contrasto} = \frac{\Delta L}{L_{sfondo}}$$



$$\text{Contrasto} = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

Il **contrasto** di solito si esprime come una percentuale, che indica il divario fra i livelli massimi e minimi di luminanza presenti nello stimolo (o fra lo stimolo e lo sfondo).

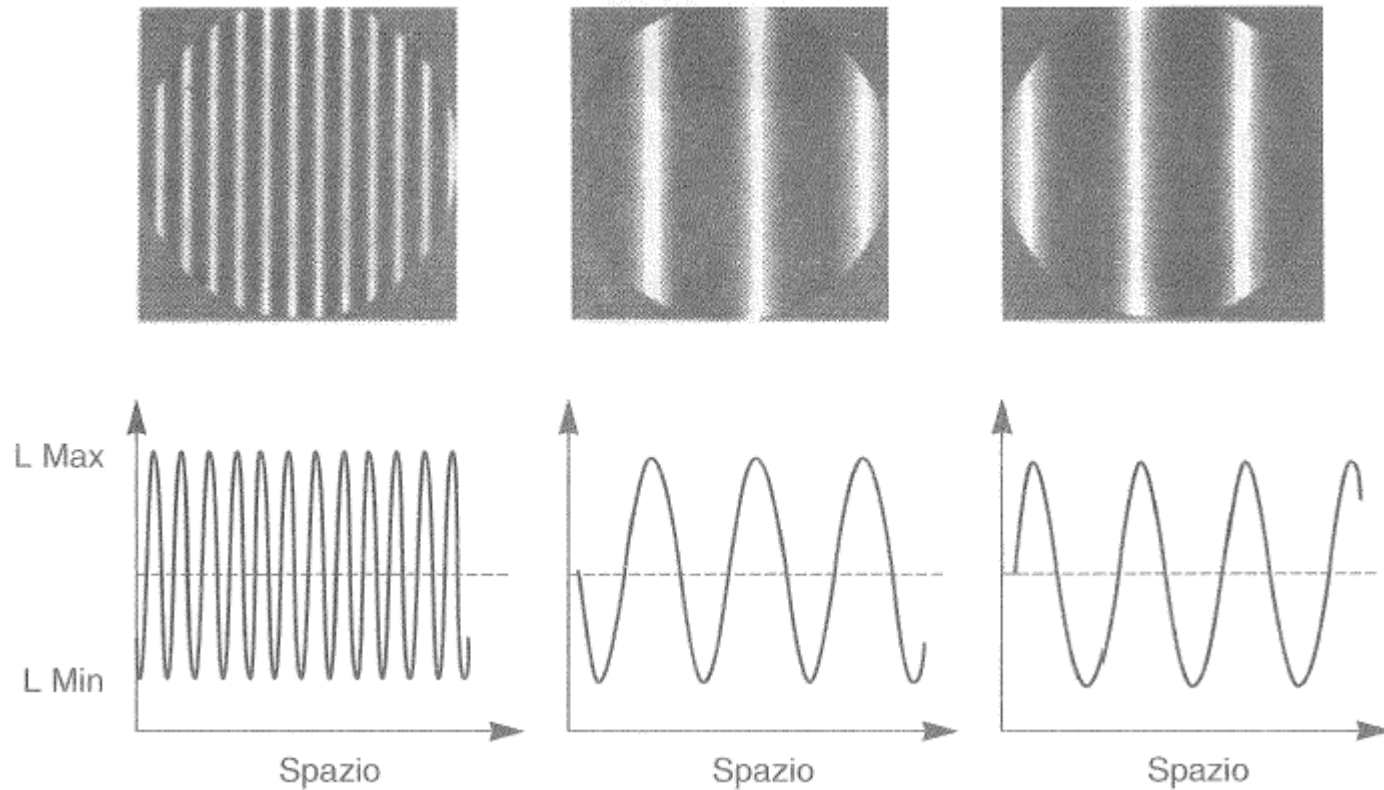
Descrizione degli stimoli



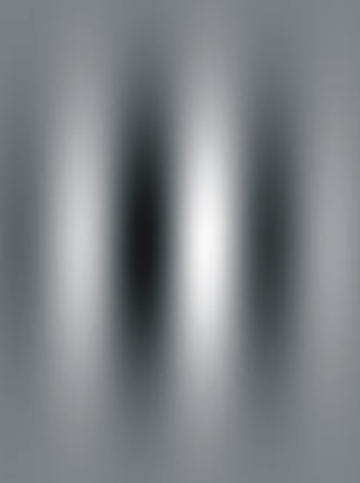
La luminanza è distribuita nei reticoli con un profilo sinusoidale.

Questi stimoli sono descritti come reticoli di n cicli per grado.

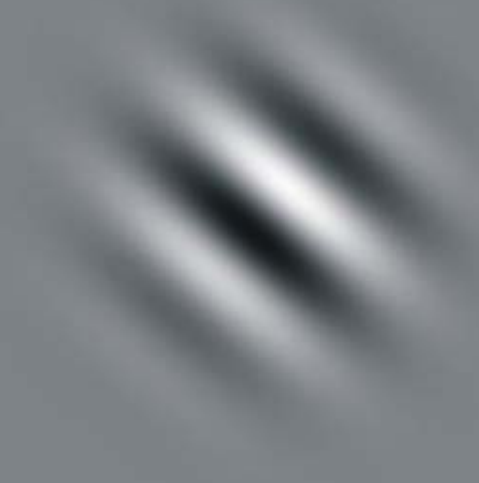
Descrizione degli stimoli: frequenza e fase



Descrizione degli stimoli: orientamento

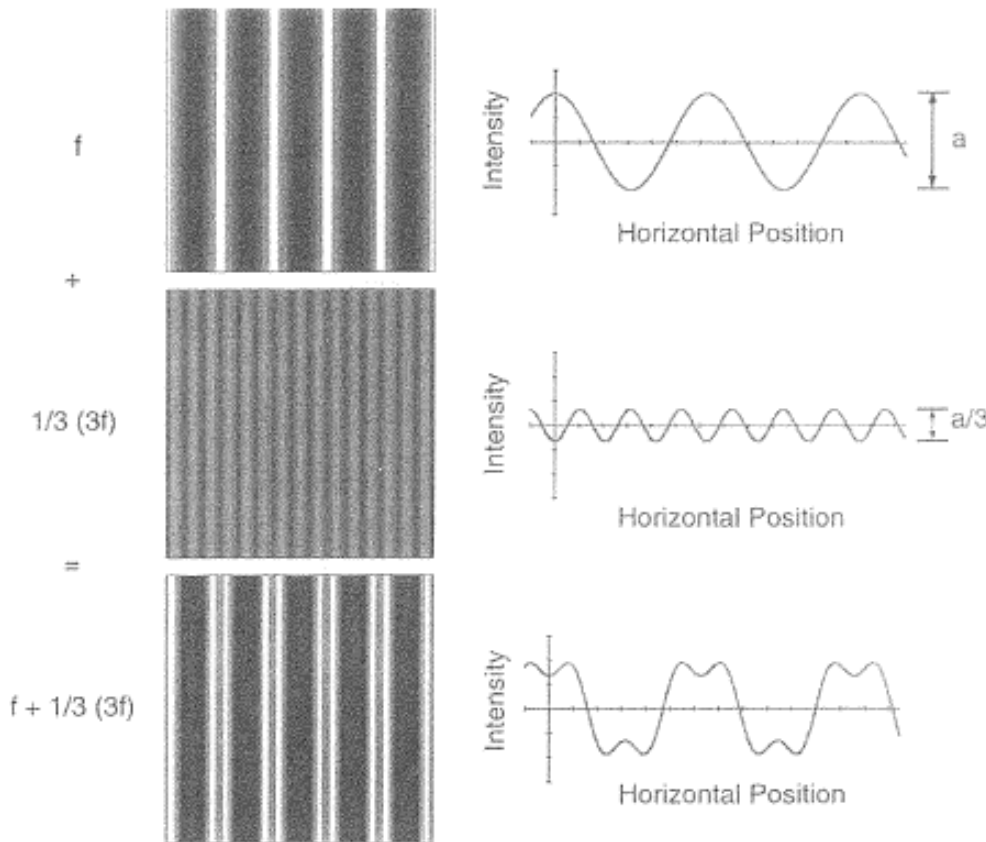


Orientamento di 0°
Verticale



Orientamento di 50°
Rotazione antioraria
dall'asse verticale

Il reticolo come stimolo ideale?



^A I reticoli possono essere analizzati con le serie di Fourier.

^B Anche in stimoli molto complessi si possono individuare le componenti sinusoidi.

Il reticolo come stimolo ideale?



Stimolo originale



Informazioni in
bassa frequenza



Informazioni in
alta frequenza

Qualsiasi stimolo visivo bidimensionale può essere ridotto a combinazioni di sinusoidi.

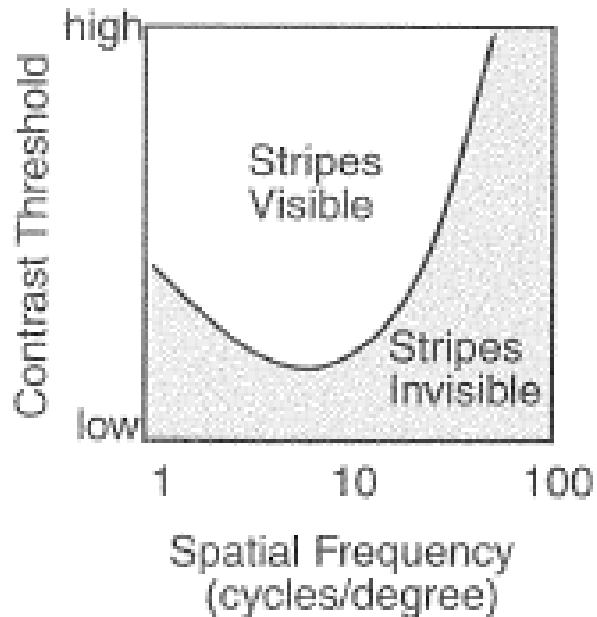
Il sistema visivo è lineare

- Il sistema visivo elabora le immagini complesse secondo l'analisi di frequenza, riducendole alle componenti elementari.
- Se si conosce la risposta del sistema visivo a stimoli molto semplici (come le sinusoidi) è possibile prevedere come verrà elaborato uno stimolo più complesso.
- Ciò è vero solo se il sistema a cui si fa riferimento è *lineare*, ovvero se la risposta ad uno stimolo complesso è uguale alla somma delle risposte agli stimoli semplici che lo compongono.

La sensibilità al contrasto

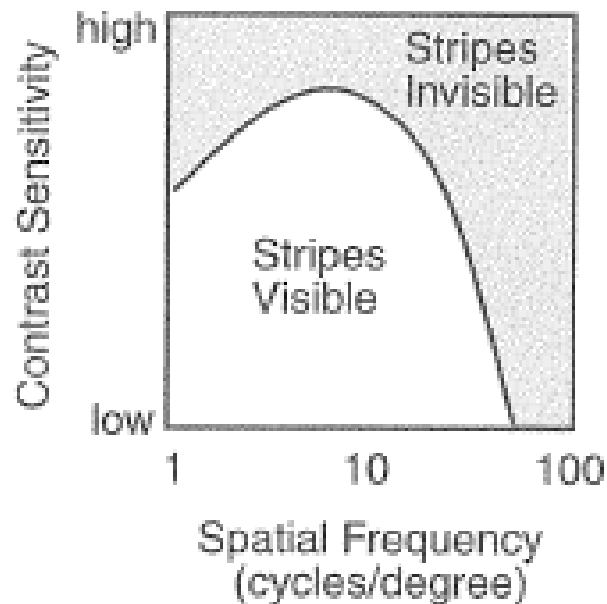
- E' possibile ottenere una *funzione di trasferimento*, che descrive come uno stimolo sinusoidale di una data frequenza viene elaborato dal sistema.
- Questa funzione è conosciuta come la *curva di sensibilità al contrasto*, in funzione della frequenza spaziale degli stimoli.
- La capacità di rilevare la presenza di contrasto cambia in funzione della frequenza spaziale degli stimoli usati.
- Maggiore è la frequenza spaziale dei reticoli, e più alto sarà il contrasto minimo percepito.

Soglia e sensibilità al contrasto



A. THRESHOLD

Contrasto minimo al quale si rileva la presenza di un reticolo rispetto allo sfondo.

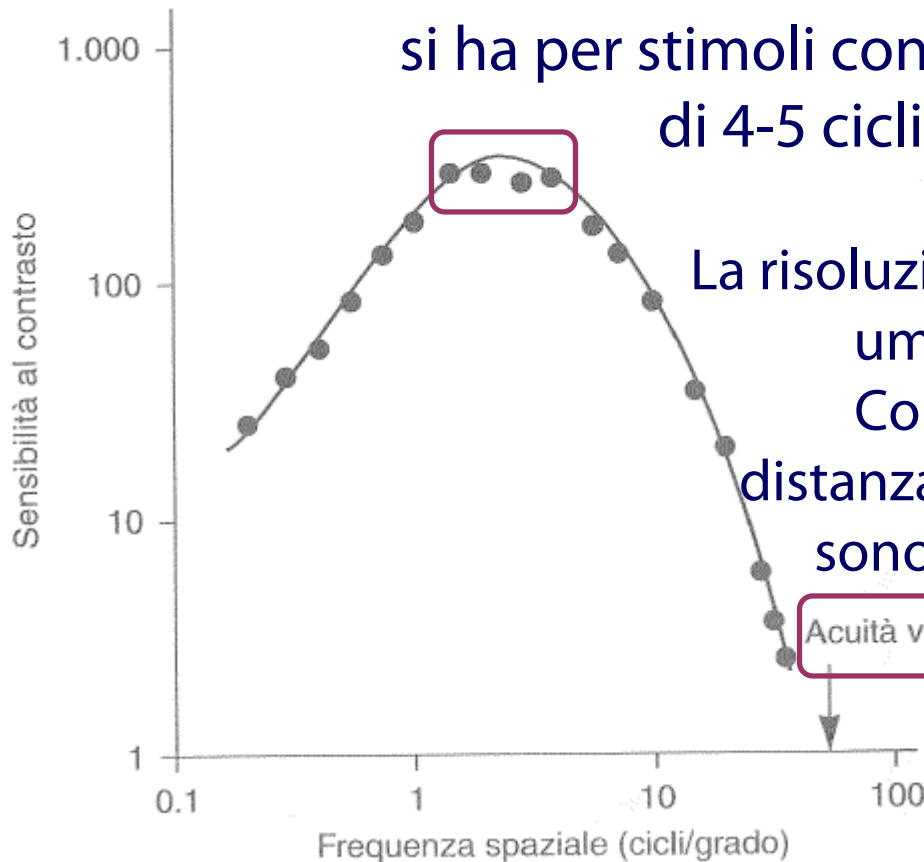


B. SENSITIVITY

Il reciproco della soglia al contrasto è la *sensibilità al contrasto*.

La curva di sensibilità al contrasto

La massima sensibilità al contrasto si ha per stimoli con frequenza di 4-5 cicli per grado.

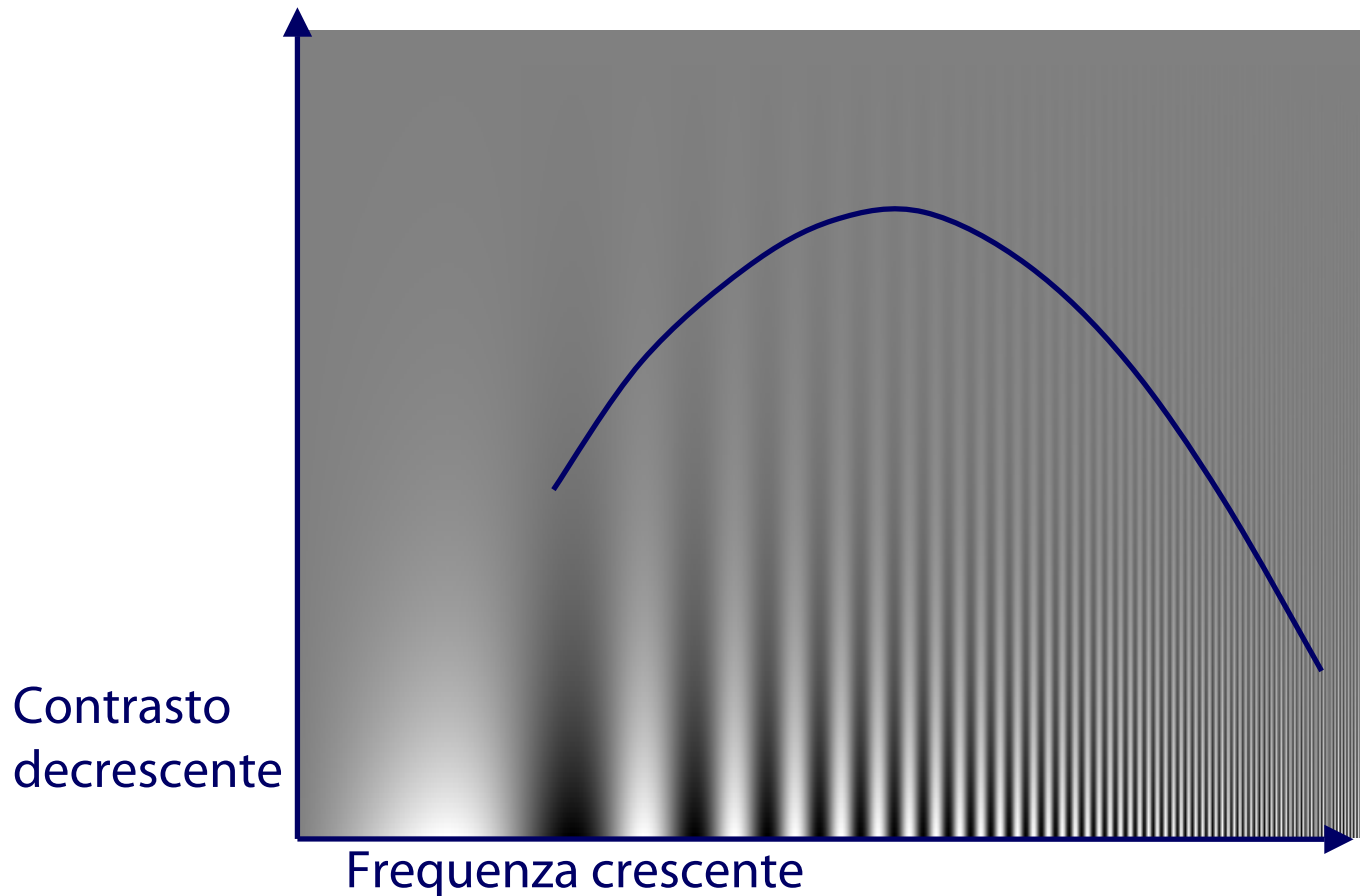


La risoluzione massima dell'occhio umano è detta acuità visiva. Corrisponde alla più piccola distanza posta fra due punti, che sono percepiti distintamente.

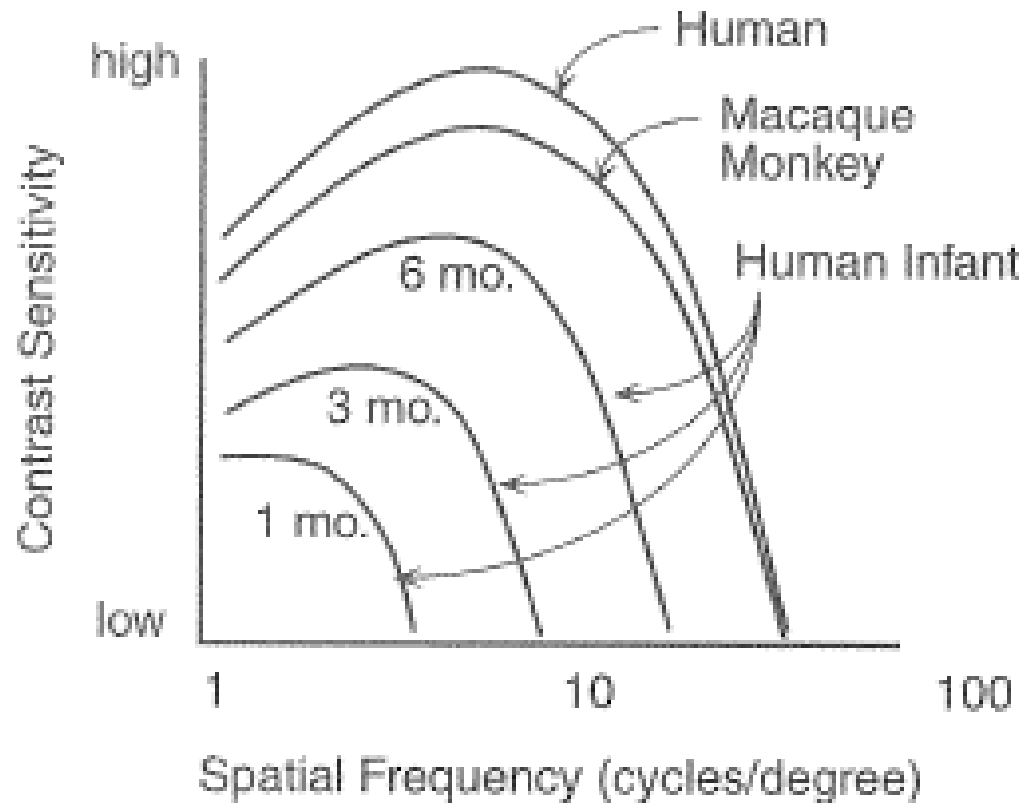
Acuità visiva

In questo caso l'acuità visiva corrisponde a 40-50 cicli/grado. Reticoli a frequenza maggiore sono percepiti come superfici omogenee.

Qual è la vostra curva di sensibilità al contrasto?



Sensibilità a confronto

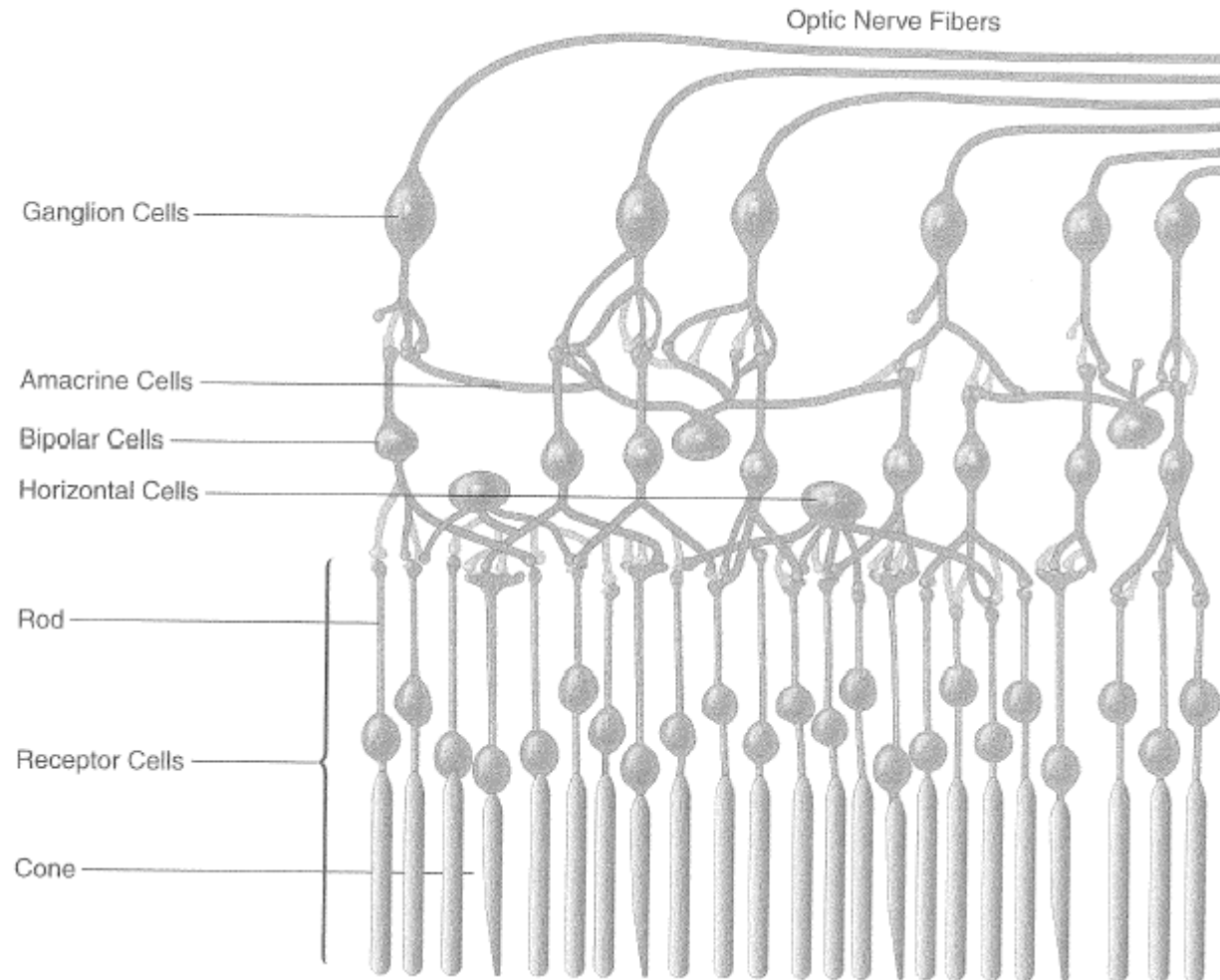


C. COMPARATIVE SENSITIVITY

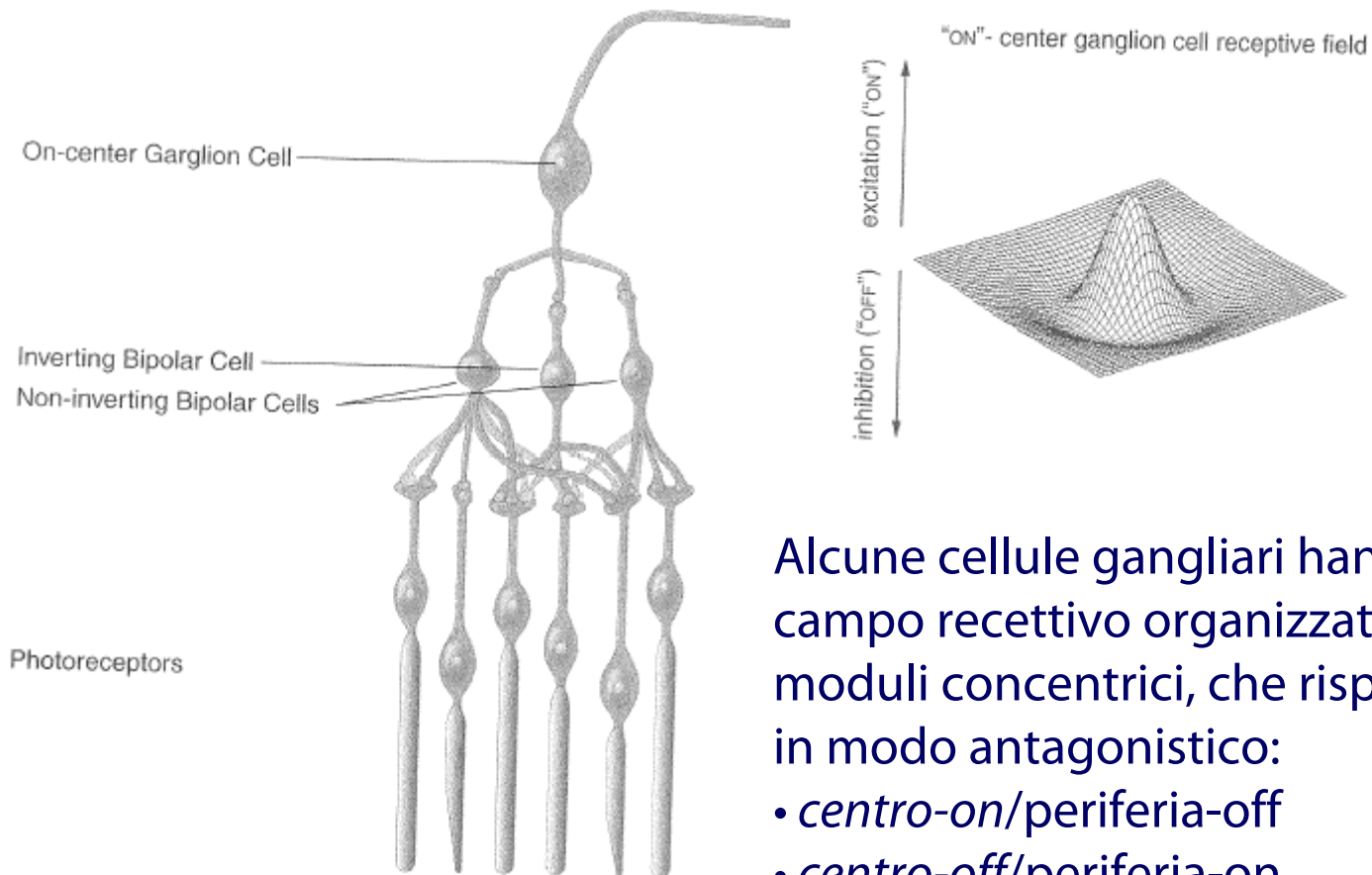
Le basi nervose della visione del contrasto

1. Cellule *centro-on* e *centro-off*, permettono il rilevamento precoce delle *disomogeneità* nel campo visivo.
2. Esistono dei canali di sensibilità al contrasto, che rilevano il contrasto intorno a frequenze preferenziali.

1. Le cellule gangliari nella retina



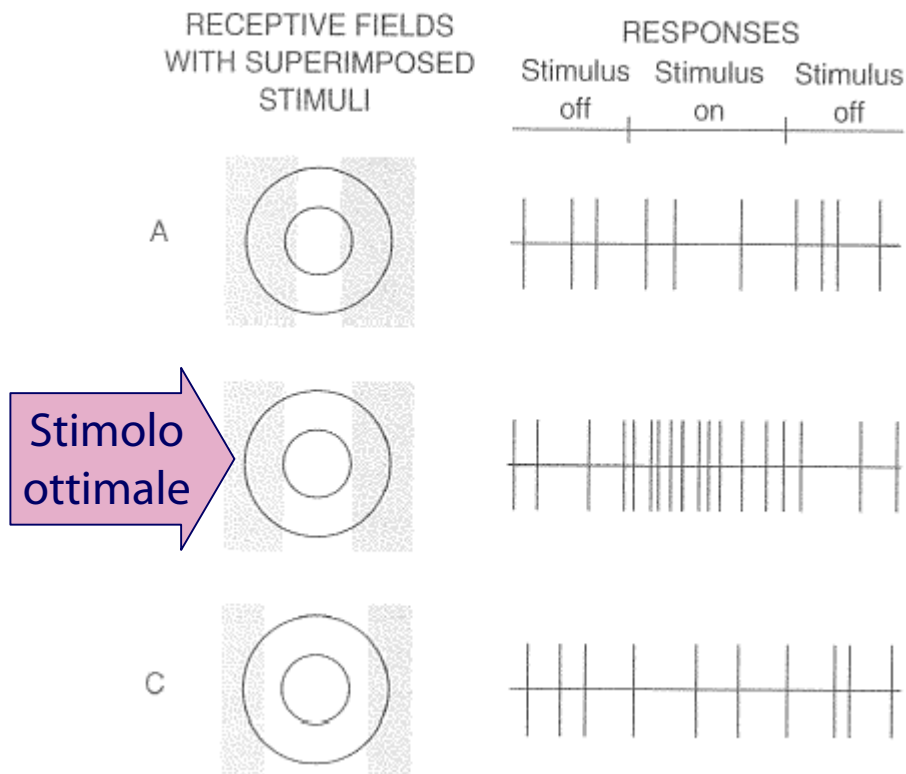
Cellule gangliari *centro-on*



Alcune cellule gangliari hanno un campo recettivo organizzato in moduli concentrici, che rispondono in modo antagonistico:

- *centro-on/periferia-off*
- *centro-off/periferia-on*

Cellule gangliari *centro-on*



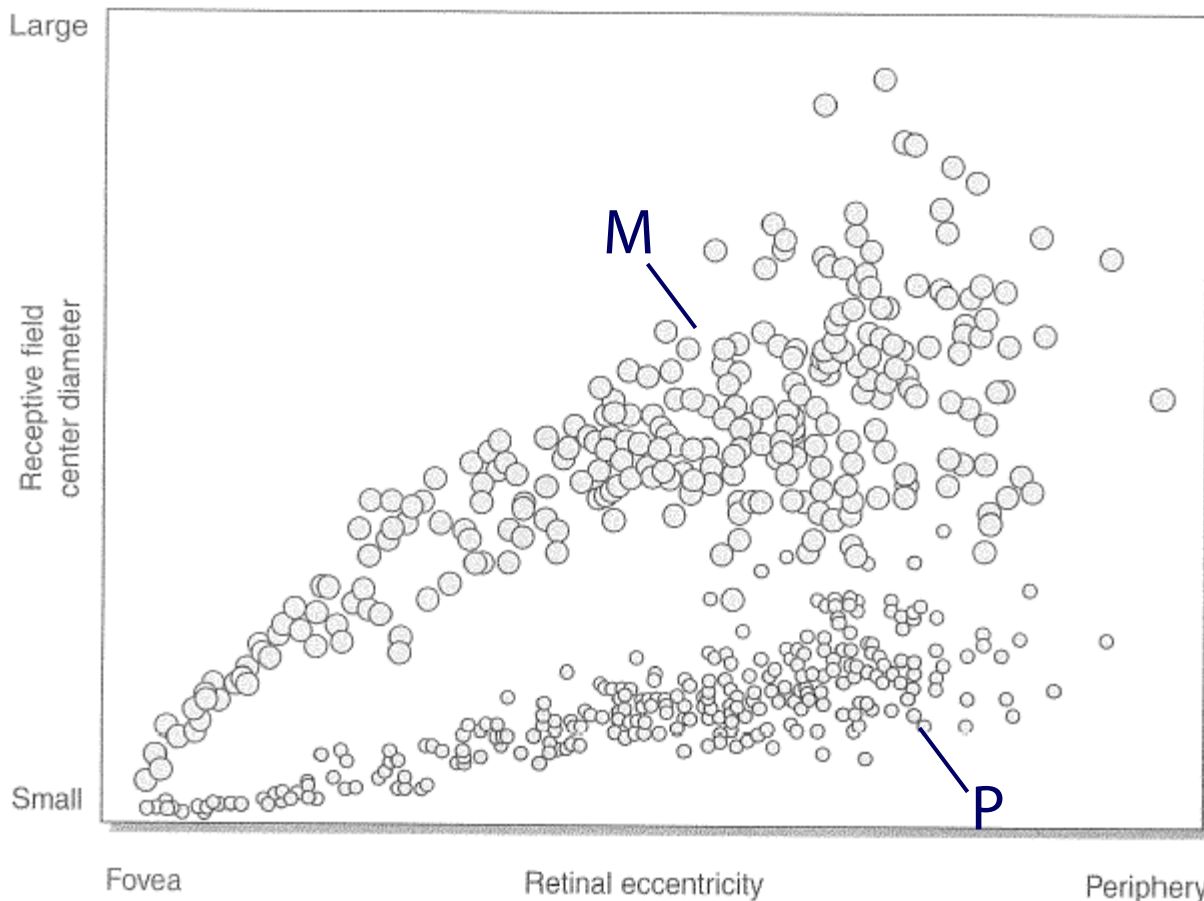
Solo gli stimoli che occupano completamente il centro della cellula on daranno origine ad una risposta eccitatoria. Già nelle cellule gangliari avviene una *discriminazione* degli stimoli visivi basata sulla loro dimensione.

Dimensione = Frequenza spaziale !

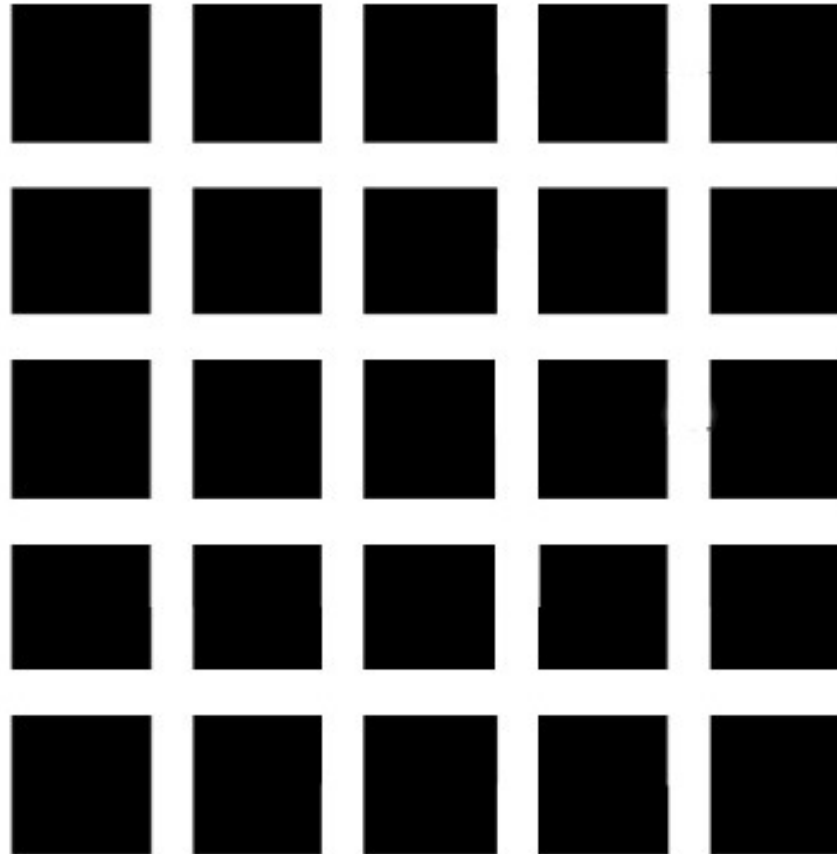
Variabilità nelle dimensioni del campo recettivo delle cellule gangliari

Più una cellula è lontana dalla fovea, maggiore è la dimensione del suo campo recettivo.

Esiste però una certa variabilità anche fra i campi recettivi di cellule che si trovano nella stessa zona retinica.



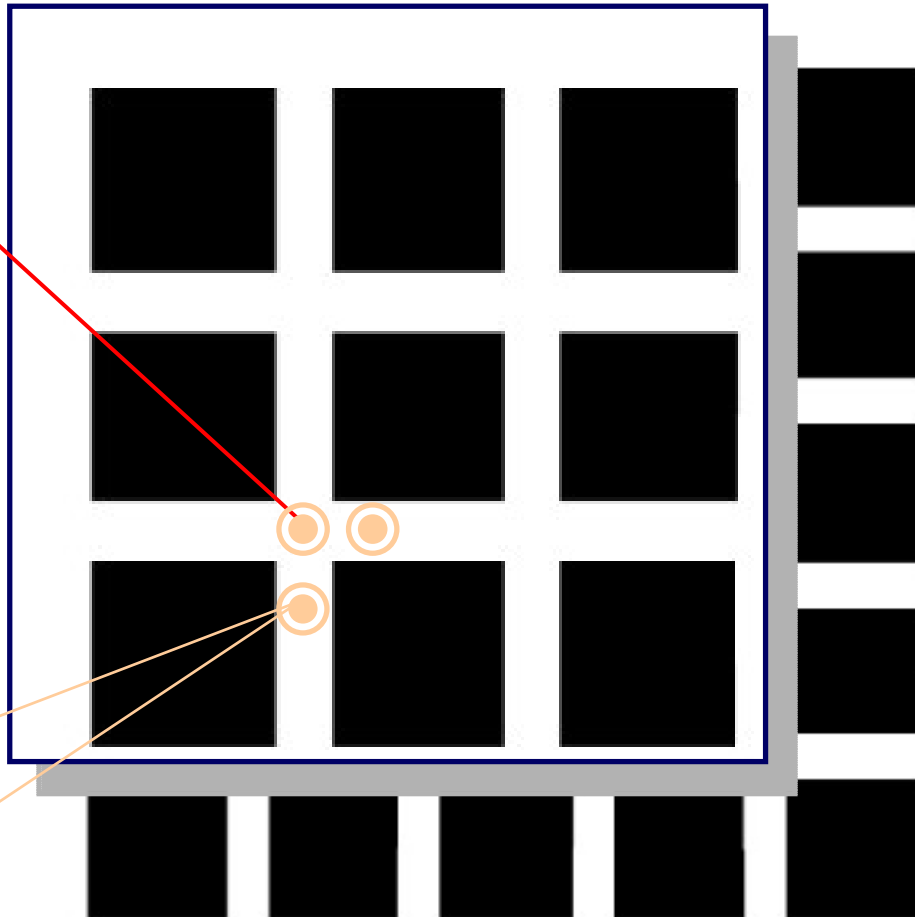
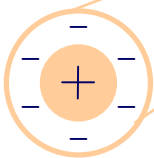
Una dimostrazione: la griglia di Hermann



Una possibile spiegazione

fissazione

In assenza di contrasto, queste cellule gangliari *centro-on* (vicine alla fovea e con un campo recettivo molto piccolo) daranno risposte scarse. La stimolazione è omogenea fra centro e periferia.



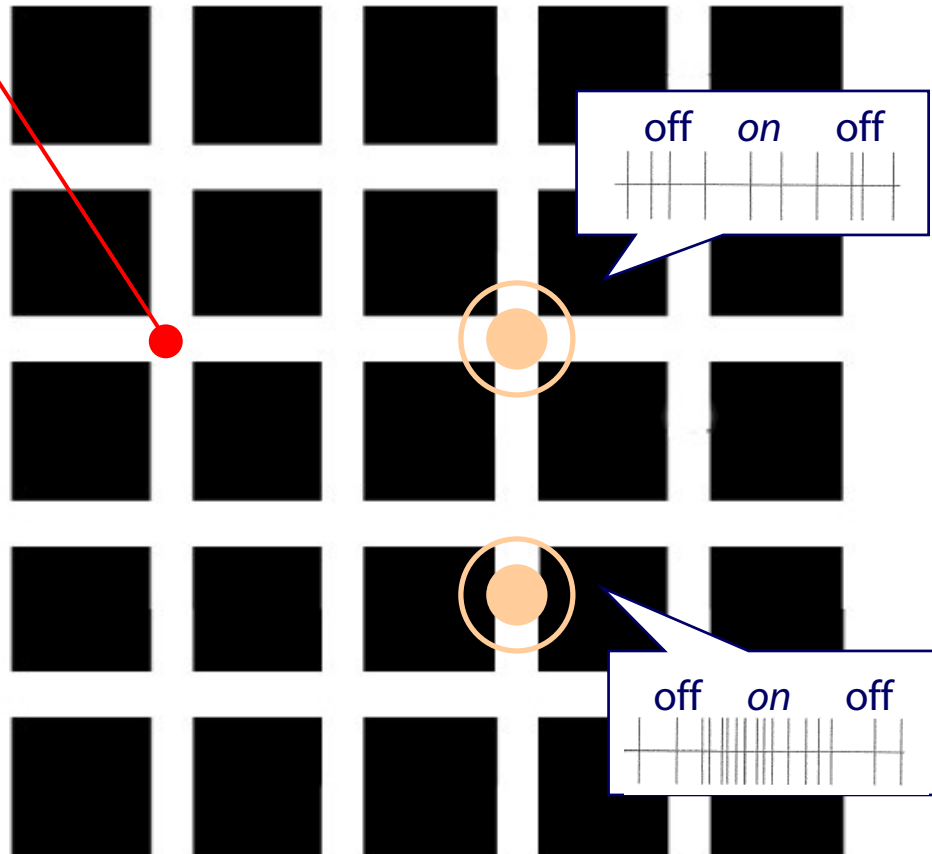
Una possibile spiegazione

fissazione

Le cellule più lontane dalla fovea avranno un campo recettivo più grande.

Fra queste, solo quelle con il centro-on coincidente con lo spazio fra i lati dei quadrati risponderanno in modo marcato.

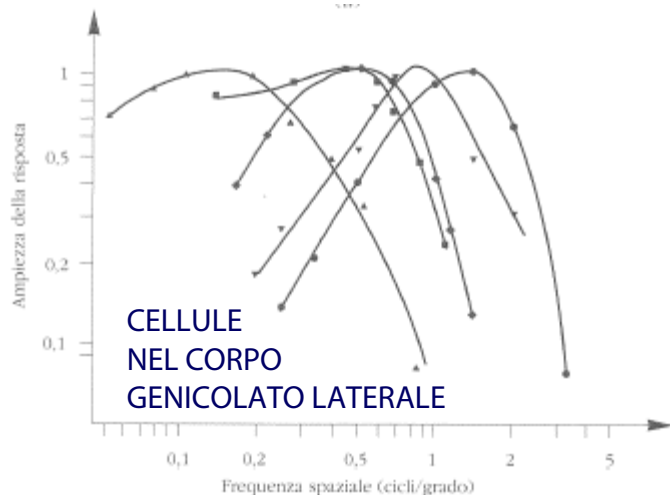
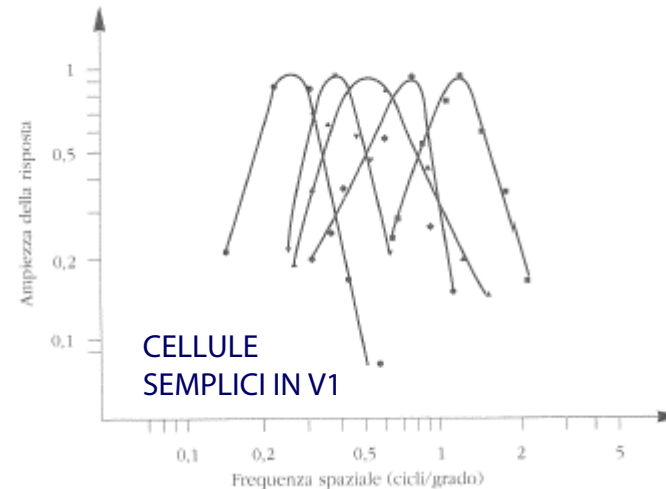
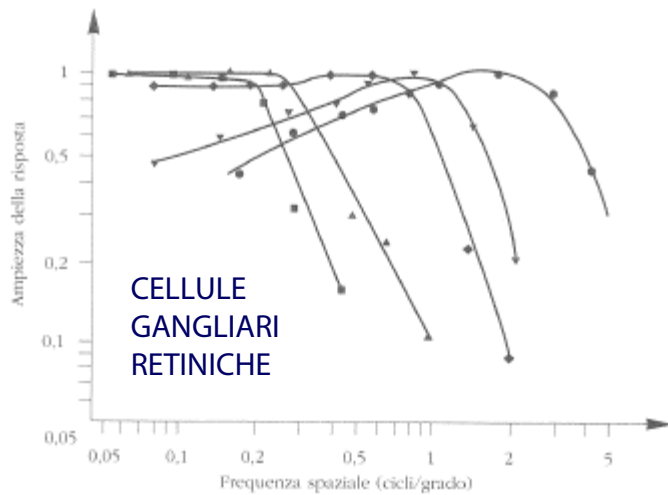
Di conseguenza, questi spazi verranno percepiti come *più chiari*.



2. I canali di sensibilità al contrasto

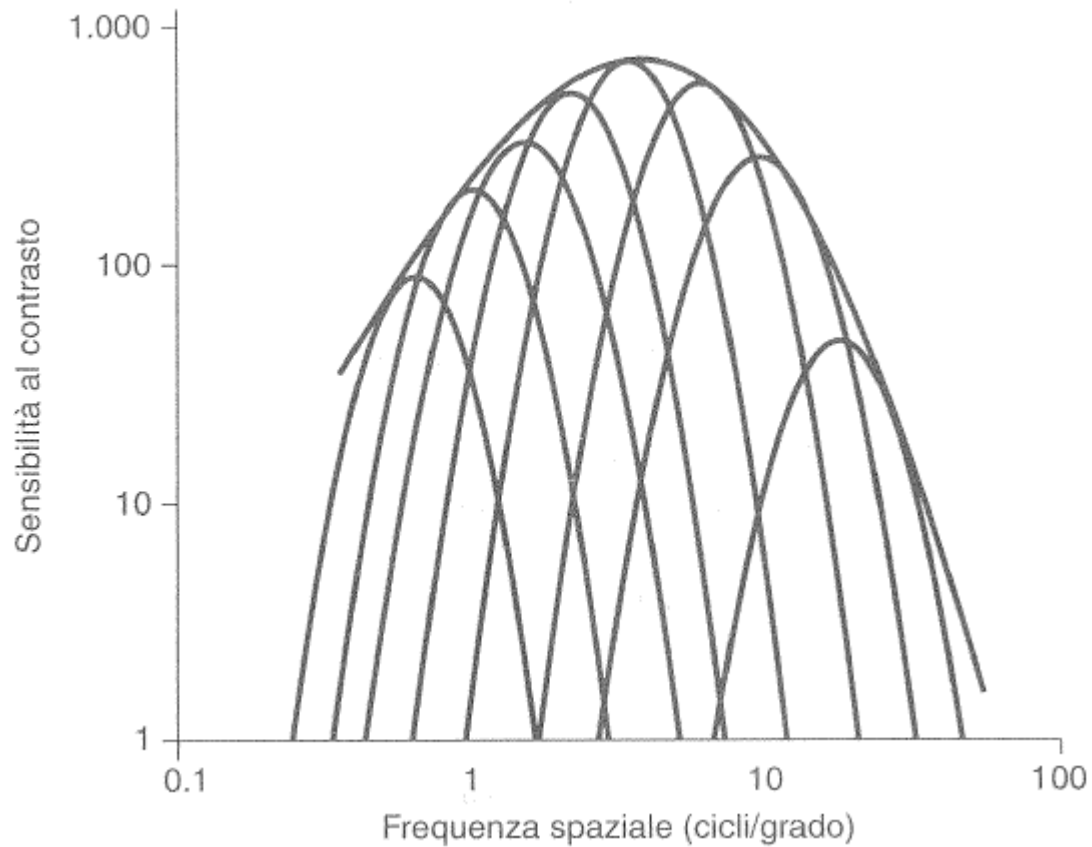
- Le funzioni di sensibilità al contrasto delle cellule gangliari retiniche e di quelle nel corpo genicolato laterale presentano un *picco* di massima sensibilità al livello di specifiche frequenze spaziali.
- Cellule diverse sono massimamente sensibili a intervalli di frequenza diversi.
- Nel sistema visivo si possono osservare dei *canali* di elaborazione formati da singole unità sensibili a proprietà simili dell'immagine (lo stesso intervallo di frequenze spaziali).

Sensibilità al contrasto nella retina, nel CGL e nella corteccia visiva

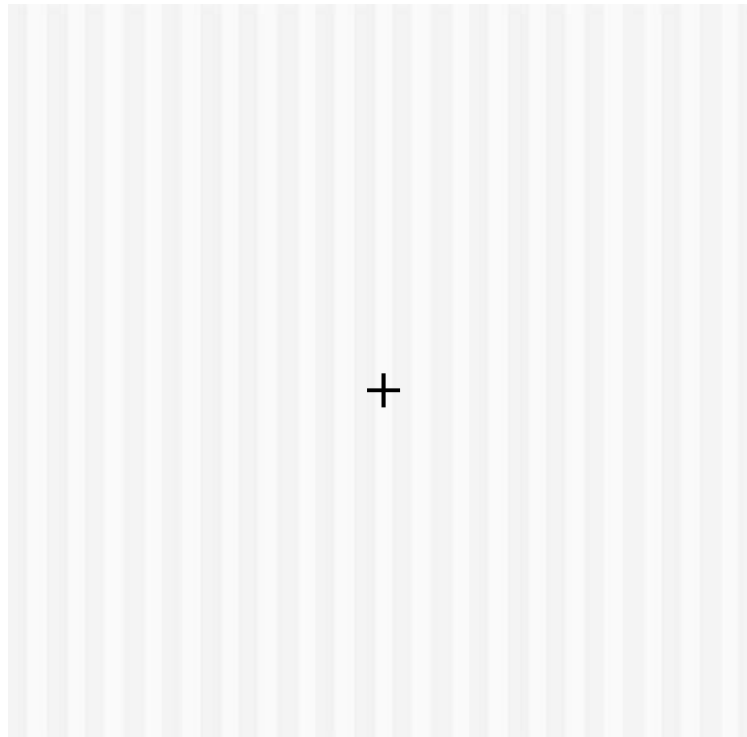


La selettività per frequenze spaziali diverse aumenta dalla periferia alla corteccia. Nelle cellule corticali prevalgono filtri stretti, più adatti a produrre un'analisi di frequenza. Unità di analisi diverse sono specializzate per l'elaborazione di diverse frequenze spaziali.

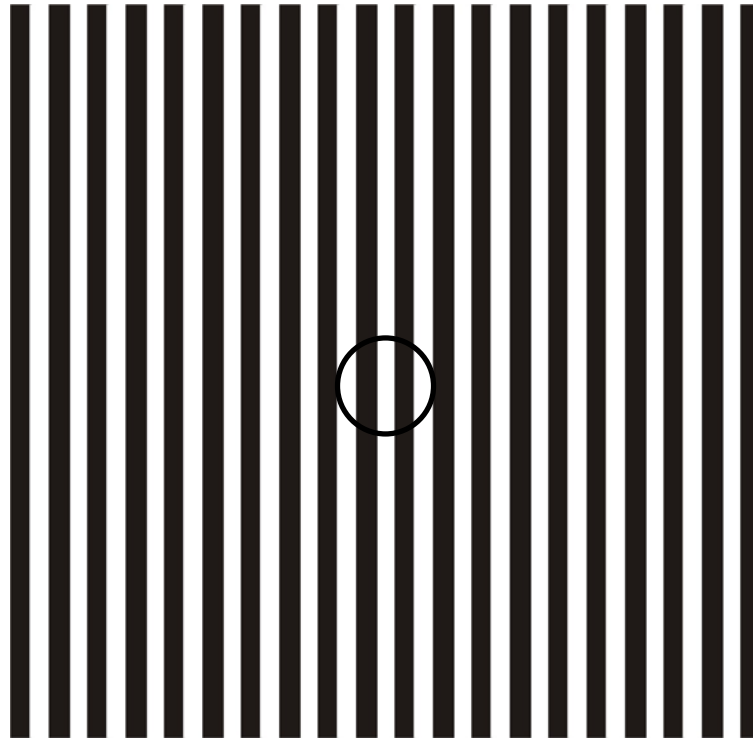
L'origine della curva di sensibilità al contrasto



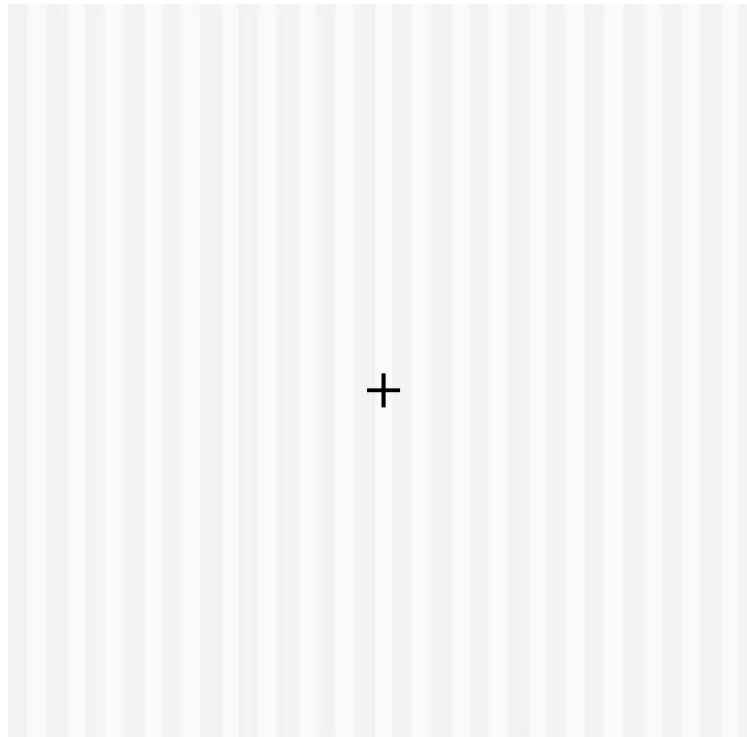
Indipendenza dei canali (test)



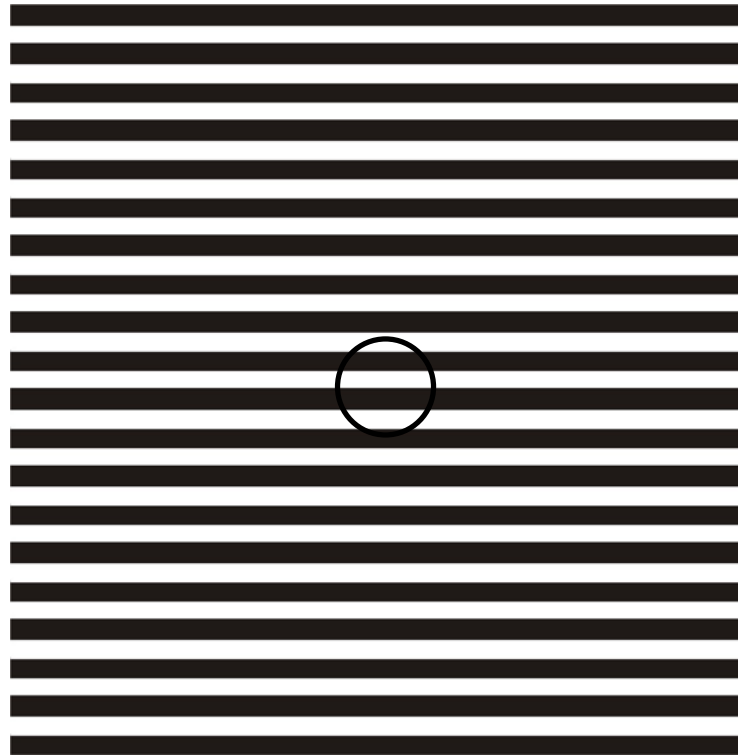
Indipendenza dei canali (i)



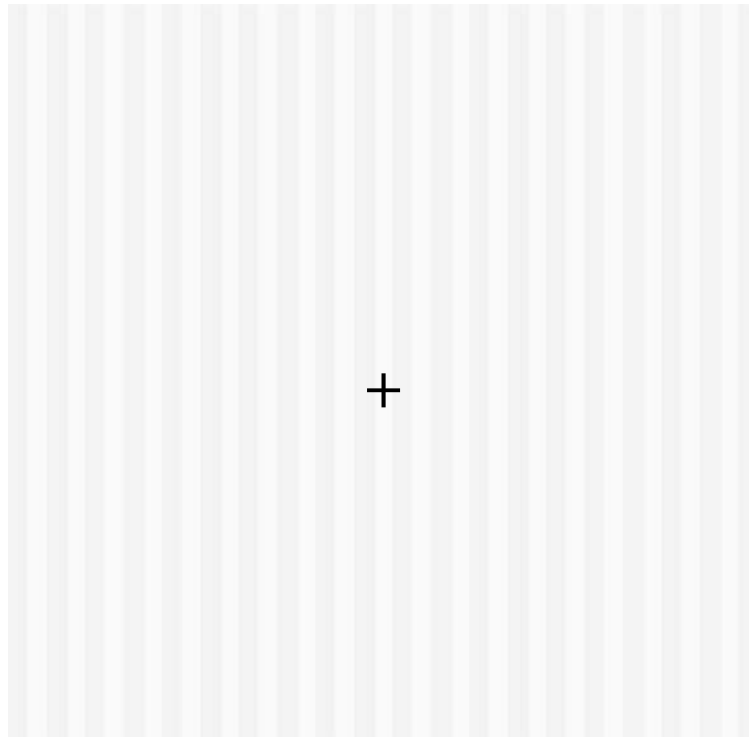
Indipendenza dei canali (i)



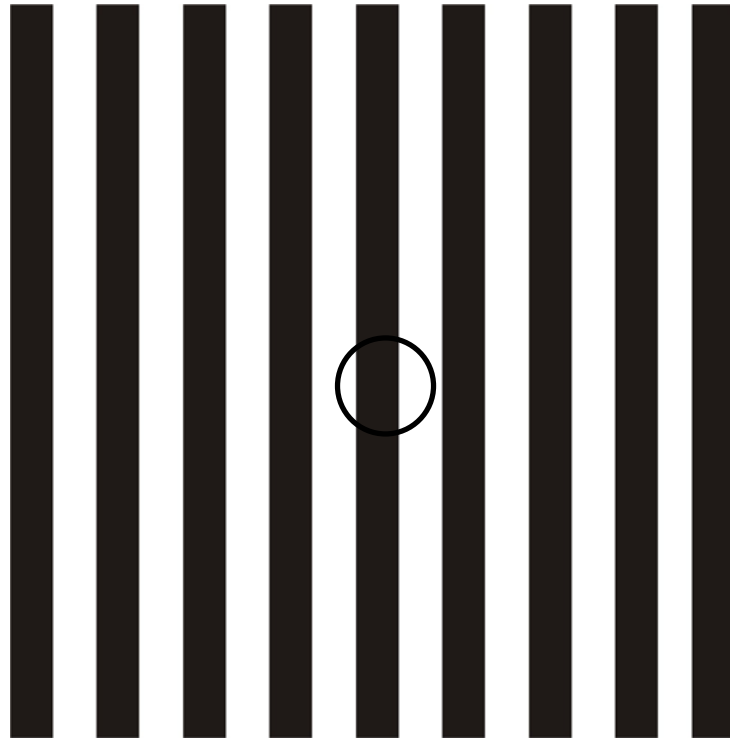
Indipendenza dei canali (ii)



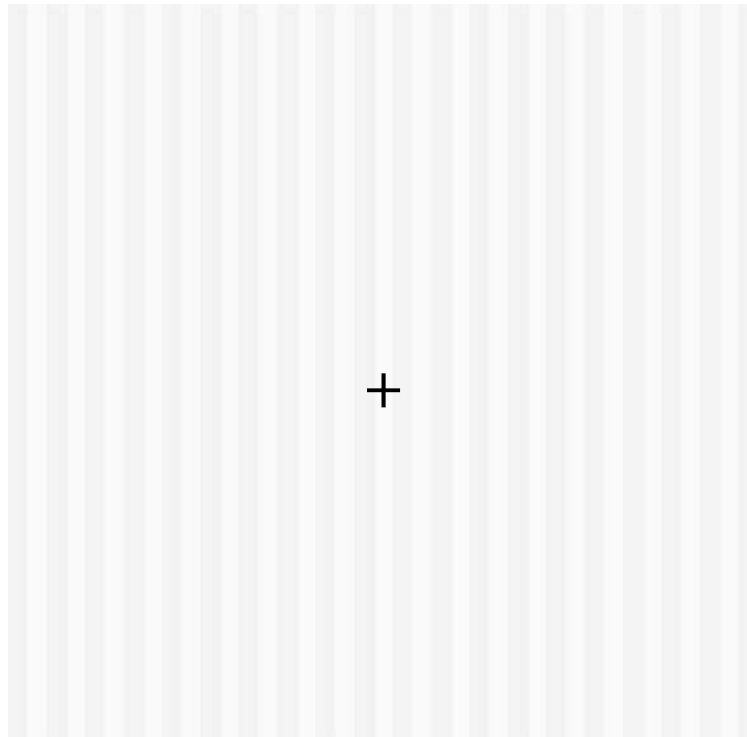
Indipendenza dei canali (ii)



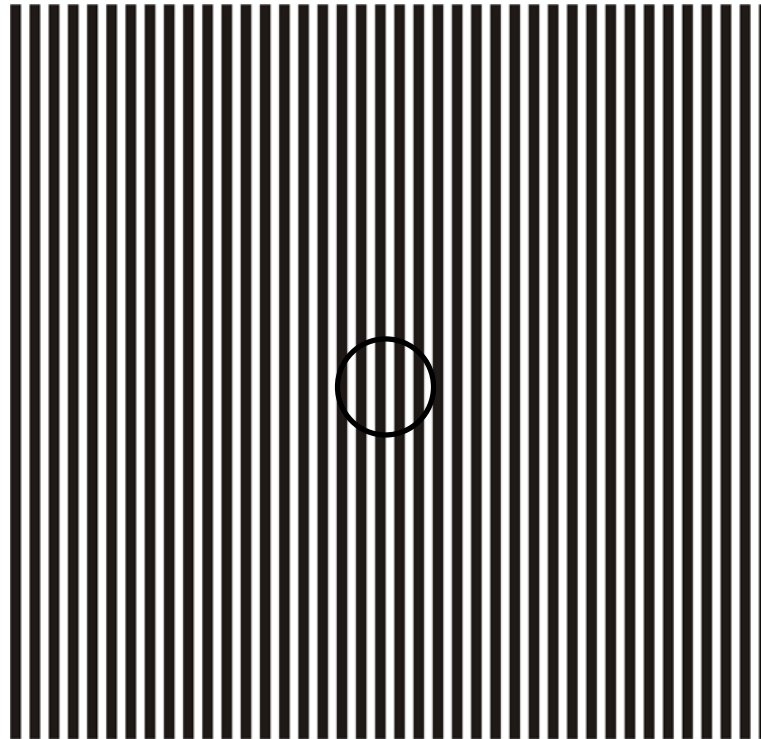
Indipendenza dei canali (iii)



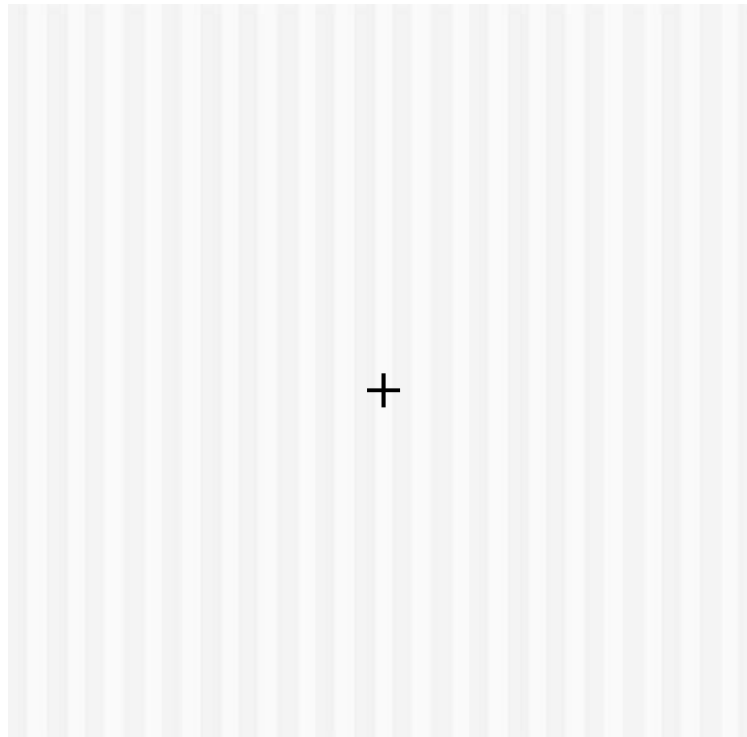
Indipendenza dei canali (iii)



Indipendenza dei canali (iv)



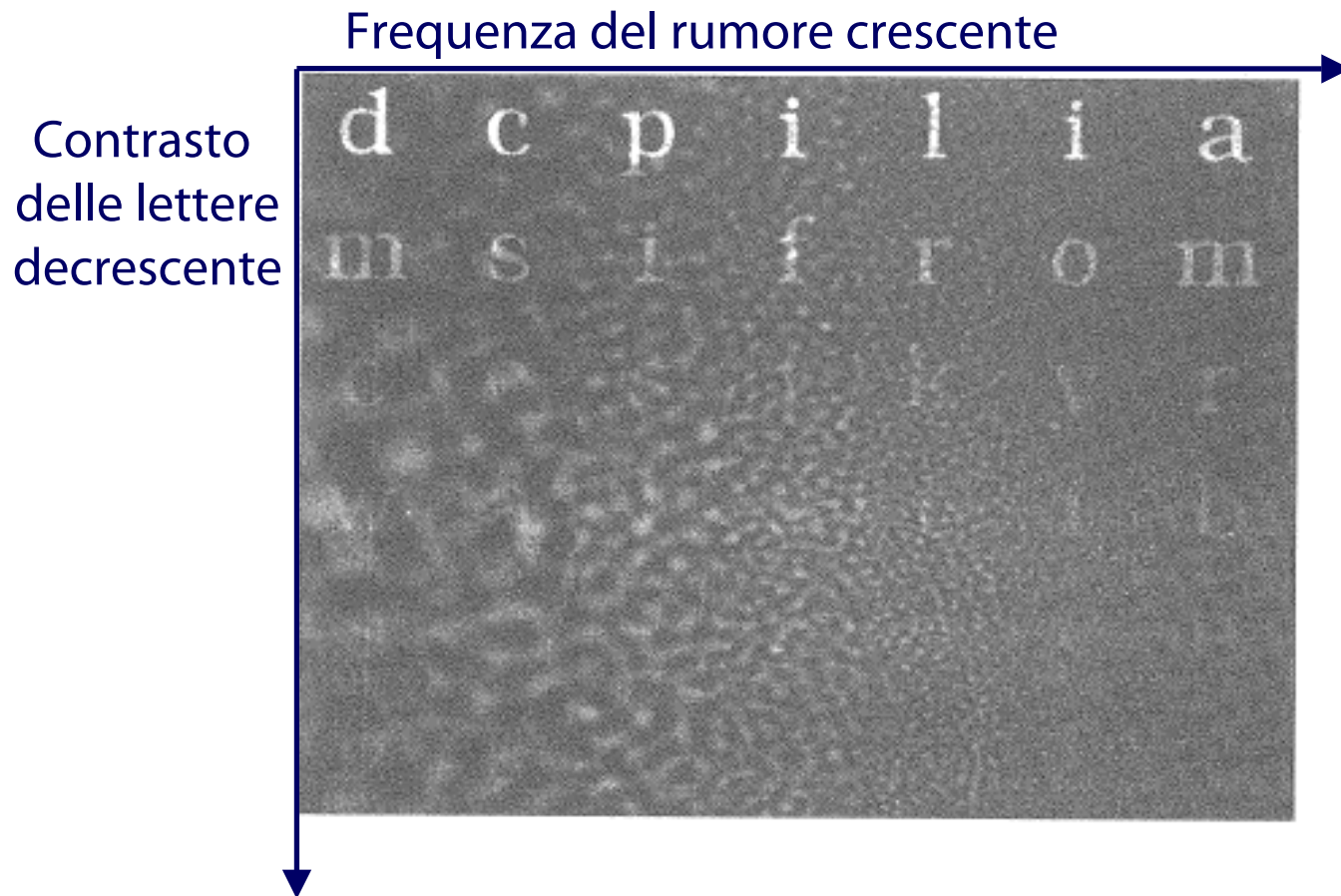
Indipendenza dei canali (iv)



L'adattamento

- L'osservazione prolungata di una stessa immagine determina una riduzione dell'attività ad essa collegata.
- La stimolazione prolungata di un canale per la frequenza spaziale ne riduce l'attività. Per questo motivo un contrasto minore di uguale frequenza non viene percepito immediatamente dopo l'adattamento.

Il mascheramento



Il mascheramento

- L'esposizione simultanea di informazioni con la stessa frequenza spaziale può impedire una normale percezione degli stimoli presentati.
- Stimoli come le lettere alfabetiche possono essere mascherate da un rumore dalla frequenza spaziale di circa 3 cicli/lettera.
- Anche la percezione di stimoli di forma più complessa, come le lettere, sono mediate dalla semplice detezione del contrasto...