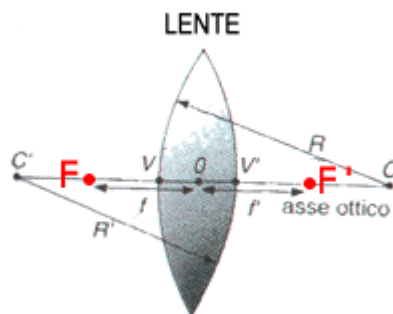


7 – Ottica e schermi

Le lenti

Le lenti sono corpi omogenei trasparenti costituiti da due superfici curve oppure una curva e una piana; di solito si utilizzano sistemi di lenti con superfici sferiche, attraverso cui la luce viene rifratta. Gli elementi che caratterizzano una lente sono:

- i centri di curvatura delle sfere che formano le sue superfici (C, C')
- i raggi di curvatura di tali sfere (R, R')
- l'asse ottico, ovvero la linea ideale congiungente i centri di curvatura
- i vertici, in cui l'asse ottico incontra le superfici della lente (V, V')
- il centro ottico, attraverso cui i raggi non subiscono deviazioni (O)
- i fuochi, in cui le immagini risultano nitide, ovvero a fuoco (F, F')
- le distanze focali (f, f')



Le lenti possono essere: convergenti o divergenti.

Le lenti convergenti, più sottili ai bordi che al centro, fanno sì che il fascio di raggi che le attraversa incida in un punto, posto sull'asse ottico, detto fuoco; nelle lenti divergenti, più sottili al centro che ai bordi, il processo è inverso.

In un proiettore le lenti sono convergenti e l'immagine sullo schermo apparirà capovolta, con la parte destra e sinistra invertite: questo è il motivo per cui la pellicola va messa in macchina con l'immagine capovolta, la lente provvederà a riprodurre l'immagine dritta sullo schermo.

La relazione fondamentale dell'ottica, chiamata "equazione del costruttore di lenti" è la seguente:

$$1/f = 1/p + 1/q$$

dove, f è la distanza focale,

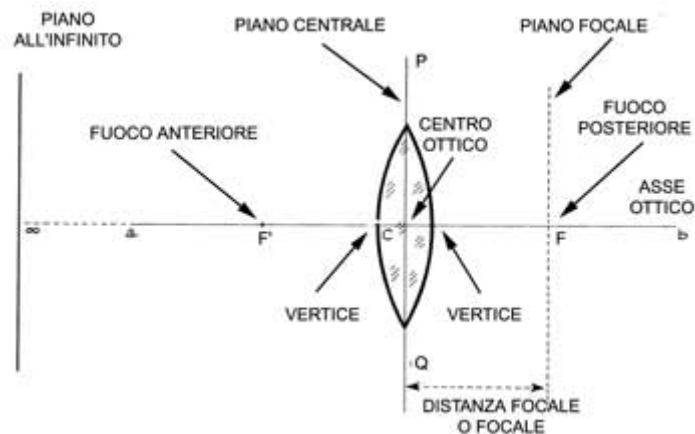
p posizione dei punti oggetto

q posizione dell'immagine

L'asse ottico e gli obiettivi

L'obiettivo è un sistema ottico centrato formato da una o più lenti in successione. Le proprietà di una lente o un obiettivo vengono considerate alla stessa stregua, e possono riferirsi ad uno schema ottico ideale, rappresentato in figura. È un sistema lenticolare teorico; nella realtà andrebbero fatte maggiori distinzioni.

Possiamo comunque pensare che non vi sia una sostanziale differenza tra le caratteristiche di lenti o obiettivi di macchine fotografiche, proiettori, telecamere o cineprese, e descriverli tutti riferendosi allo schema illustrato.



Le caratteristiche del sistema ottico ideale che ci interessano sono:

- L'asse ottico, cioè la retta che congiunge i centri di curvatura delle superfici limite della o delle lenti. Negli obiettivi di più comune uso, tutti i centri di curvatura delle lenti che li compongono sono allineati sull'asse ottico. La caratteristica dell'asse ottico consiste nel fatto che tutti i raggi che attraversano le lenti secondo questo asse non vengono né deviati né spostati. Invece tutti i raggi diversi da esso vengono deviati (rifratti).
- Centro ottico: se un sistema ottico centrato è simmetrico rispetto a un punto, questo è il centro ottico del sistema, e in un obiettivo esso si trova sempre sull'asse ottico. Il centro ottico è caratterizzato da due importanti proprietà: 1) ogni raggio luminoso che passa attraverso esso non viene né deviato né spostato; 2) ogni raggio luminoso, il cui raggio rifratto passa per esso, non viene deviato ma solo spostato.
- Fuochi, o meglio fuochi principali, o punti focali principali, o ancora focali, i due punti dell'asse ottico in cui convergono i raggi che giungono sull'obiettivo parallelamente all'asse ottico. Ogni sistema ottico presenta due fuochi, uno anteriore e uno posteriore. Le caratteristiche dei fuochi consistono nel fatto che i raggi che passano per uno di essi emergono dall'obiettivo parallelamente all'asse ottico.
- Focale, o distanza focale, è la distanza che passa dal centro ottico ed uno dei due fuochi. Si considerano perciò una distanza focale anteriore o una distanza focale posteriore in riferimento a ciascuno dei due fuochi. Nel caso di lenti simmetriche, le due distanze focali sono uguali.

Nelle macchine fotografiche e nelle cineprese, la focale è riferita al fuoco posteriore, perchè l'immagine a fuoco deve cadere sulla pellicola da impressionare; nei proiettori cinematografici la focale è riferita al fuoco anteriore, perchè l'immagine deve risultare a fuoco sullo schermo dove avviene la proiezione di un'immagine ingrandita dall'obiettivo. La distanza focale di un obiettivo è una qualità fissa e invariabile che dipende dalle sue qualità strutturali, tuttavia nella pratica vengono realizzati obiettivi a focale variabile.

La distanza focale determina le dimensioni dell'immagine a parità di distanza e grandezza del soggetto. Negli obiettivi per proiettori cinematografici, con un obiettivo di focale 100 mm si otterrà un'immagine proiettata grande la metà rispetto a un obiettivo 50 mm. L'inverso avviene nelle macchine fotografiche e nei sistemi di ripresa basati sul fuoco posteriore, laddove, per esempio, con un obiettivo di focale 50 mm si ottiene un'immagine grande il doppio rispetto a un obiettivo 25 mm.

Vedremo come varie grandezze legate ai vari formati di proiezione, alle misure dello schermo, alla distanza tra questo e la cabina di proiezione entrino in gioco nel calcolo degli obiettivi da utilizzare per realizzare un formato di proiezione corretto.

Anche il sistema lanterna/specchio/lampada, costituendo loro stessi un sistema ottico, devono trovarsi perfettamente in asse con l'obiettivo. L'asse ottico perciò sarà comune ai due sistemi.

I formati di proiezione

Per formato di proiezione si intende la forma del rettangolo del film proiettato sullo schermo, ovvero, più tecnicamente il rapporto tra la base e l'altezza del rettangolo. Questa proporzione deve corrispondere al rapporto tra i lati del fotogramma sulla pellicola, in quanto deriva da un suo ingrandimento -ovvero una sua *proiezione*-. Lo stesso rapporto deve caratterizzare il formato del mascherino, sorta di ferretto con fori rettangolari inseribile nello sportello di proiezione davanti al fotogramma, che si utilizza per un determinato formato di proiezione.

Esistono diversi formati di proiezione ancora in uso, e non soltanto due, ("normale" e "scope") come spesso si pensa. Ciascun formato deve essere proiettato con il mascherino corrispondente ed obiettivi adeguati, che devono essere pensati in rapporto alla distanza dallo schermo (vedi capitolo obiettivi).

Il mascherino deve delimitare esattamente il fotogramma da proiettare, ed esistono mascherini multipli per diversi formati, incastonati su un specie di carrello per rendere più agevole e veloce la commutazione da un formato all'altro.

La slitta o carrello porta mascherini può scorrere avanti o indietro rispetto alla pellicola e al quadruccio di proiezione, consentendo un cambio preciso grazie anche a delle tacche che costituiscono dei fermi di posizione.

IL RAPPORTO DI PROIEZIONE

Qualsiasi sia la dimensione del fotogramma sulla pellicola, esso verrà proiettato sullo schermo e ingrandito un certo numero di volte; è evidente che ciò che deve cambiare è soltanto la dimensione e non la forma degli oggetti rappresentati,

ovvero il rapporto spaziale degli elementi tra loro (a parte il caso particolare dei formati *anamorfici*, che vedremo poi). Un fotogramma quadrato dovrà risultare tale anche sullo schermo, cioè la forma che delimita la proiezione dovrà risultare quadrata anch'essa; si dice che il formato ha un rapporto di 1:1 per significare che il lato orizzontale è lungo una volta l'altezza del lato verticale. Se il fotogramma di partenza è rettangolare, il rapporto numerico esprime precisamente la corrispondenza di forme che il rettangolo deve conservare in proiezione: per esempio il formato 1.66:1 è un qualsiasi rettangolo, grande quanto vogliamo, in cui la lunghezza del lato di base sia 1,66 volte la sua altezza.

I FORMATI "MUTO" E "ACADEMY"

Non capita spesso di utilizzare i formati "Muto" (1.33:1) e "Academy" (1.37:1), tranne che nelle cineteche e nei cineclub. Ma sarebbe un errore ignorarli. Nei primi anni della nascita del cinema lo schermo aveva dimensioni di circa 4 o 5 metri di base e il rapporto fra larghezza e altezza era pari a 4/3 (1.33:1), lo stesso rapporto più comunemente utilizzato oggi nei programmi televisivi. Nel periodo del cinema muto, cioè fino agli anni '30, il fotogramma veniva ingrandito circa 170 volte. Durante gli anni '30, con l'avvento del sonoro, la presenza della colonna sonora sulla pellicola causò la riduzione dello spazio disponibile per l'immagine; il formato che ne derivò assunse il rapporto di 1.37:1, con ingrandimento sullo schermo di circa 190 volte (attualmente gli ingrandimenti assumono valori molto superiori a quelli citati per le più vaste dimensioni degli schermi -fino a 25/30 metri- il che è reso possibile dalla granulazione estremamente fine delle mulsioni attuali).

Il formato 4/3 (1.33:1), come del resto il 1.37:1 corrispondente al campo visivo dell'occhio umano, rivela una precisa scelta artistica (di taglio e inquadratura) del regista. Nella pratica della proiezione, questi formati devono essere resi utilizzando mascherini appropriati.

I FORMATI PANORAMICI

I formati panoramici si dicono tali perchè presentano un maggiore sviluppo nel senso della lunghezza. In Europa il rapporto panoramico 166:1 fu largamente impiegato, mentre Stati Uniti e Regno Unito privilegiavano il rapporto 1.85:1. Il formato panoramico nacque col preciso scopo di creare una maggiore interazione fra spettatore e finzione cinematografica, da momento che l'immagine prodotta oltrepassa i limiti del campo visivo. Si offre così la possibilità, allo spettatore, di selezionare, secondo i propri criteri, i particolari della scena su cui concentrare lo sguardo e l'attenzione. I formati panoramici sono facilmente riconoscibili, all'occhio esperto, dal maggiore spessore dell'interlinea: se ne desume che l'interlinea del formato 1.85:1 sia più spessa di quella del formato 1.66:1. Recentemente si sono diffuse pellicole stampate su cui è stata impressa un'immagine in formato Academy piena, sebbene il corretto formato di proiezione da utilizzare sia 1.85:1; attenzione ad apporre il mascherino appropriato, per evitare, come spesso avviene, di rivelare microfoni ed altre apparecchiature di scena fondamentali in fase di ripresa. Fare dunque molta attenzione ad eventuali indicazioni riportate sulle scatole del film!

IL FORMATO CINEMASCOPE

Anche il formato cinemascope risponde alla esigenza di allargare la proiezione in senso orizzontale per motivi di ordine estetico. Nel 1953 fu proposto dalla 20th Century Fox questo nuovo procedimento di cinema panoramico e stereofonico, con la presentazione, al Teatro Roxy di New York, del film "La Tunica", su schermo di metri 19,80 x 7,60. Da lì ebbe inizio l'affermazione di questo standard tuttora in uso. Il primo nome pensato per questa tecnica fu "Anamorphoscope" per via dell'esigenza di una lente anamorfica sia in fase di ripresa sia in proiezione. In fase di ripresa si utilizza un obiettivo anamorfico che comprime l'immagine su pellicola 35 mm, mentre in fase di proiezione si utilizza un obiettivo ugualmente anamorfico che decomprime l'immagine riportandola al suo aspetto naturale.

Nota bene: il fotogramma sulla pellicola coincide con un formato di grandezza simile al muto, ma le immagini stampate appaiono deformate, o meglio, allungate in senso verticale. Sullo schermo si ottiene, invece, un'immagine raddoppiata solo sul piano orizzontale, restituendole le proporzioni originali. Il formato del fotogramma ha un rapporto di 1.17:1, che in proiezione diventa 2.35:1.

Il calcolo degli obiettivi

Per ottenere la migliore proiezione possibile, per ciascun formato di proiezione (cinemascope, 1.66:1, 1.85:1, 1.37:1...), quando si installa un proiettore, bisogna innanzitutto considerare quale di esse sarà privilegiata in rapporto allo schermo scelto. Se infatti il formato Cinemascope è più largo e schiacciato, mentre 1.66:1 è più "quadrato", ne consegue che possiamo scegliere tra:

privilegiare il formato Scope, in modo che la proiezione di questo formato occupi l'intero schermo perfettamente a filo coi suoi margini. Per conseguenza, la proiezione, per esempio, del formato 1.85:1 non occuperà l'intera area dello schermo, ma rimarranno due zone nere ai lati mentre soltanto l'altezza verrà sfruttata per intero anche da questo formato. Viceversa, privilegiando uno schermo centrato su un formato panoramico, come 1.85:1, il formato Cinemascope si adatterà in larghezza ai margini dello schermo, lasciando scoperte due fasce nere sopra e sotto la proiezione.

La scelta dell'obiettivo non può, dunque, non considerare alcune variabili. Esiste una formula matematica che, mettendo in relazione i vari fattori, può essere utilizzata per calcolare qual'è l'obiettivo giusto da utilizzare. I calcoli matematici vanno eseguiti per ciascun formato, perchè per ognuno di essi occorrerà un obiettivo con caratteristiche diverse. Gli elementi in gioco sono:

- F = lunghezza focale dell'obiettivo (in mm.)
- D = distanza di proiezione tra obiettivo e schermo (m.)
- L = larghezza dello schermo (m.)
- H = altezza dello schermo (m.)
- b = lato di base quadrucchio (mm.)
- a = altezza quadrucchio (mm.)

La focalità dell'obiettivo da utilizzare si ricava dal seguente calcolo:

$$F = \frac{D \times a}{H} \quad \text{da cui si ricava l'altezza dello schermo:} \quad H = \frac{D \times a}{F}$$

oppure:

$$F = \frac{D \times b}{L} \quad \text{da cui si ricava la lunghezza dello schermo:} \quad L = \frac{D \times b}{F}$$

Per dimensionare perfettamente l'immagine sullo schermo, e per allineare i vari formati delineati dal mascherino di proiezione, viene utilizzata una pellicola speciale denominata RP- 40 appartenente allo Standard SMPTE, cioè una serie di parametri dettati da uno staff tecnico che si occupa di stabilire una uniformità per gli standard internazionali, per quanto riguarda cinema e televisione. In figura vediamo la griglia di riferimento del RP - 40 in relazione ai vari formati cinematografici attualmente in uso.

Gli schermi cinematografici

Lo schermo è una componente importante nella resa qualitativa della proiezione cinematografica, perchè da esso dipende la brillantezza di luci e colori dell'immagine proiettata, resa perfettamente proporzionale al mascherino di proiezione. Gli schermi odierni sono pensati per accogliere ogni formato come richiesto dalle diverse tecniche oggi in uso nella cinematografia (cinemascope, panoramico etc.), conservando per ciascuno la resa qualitativa in termini di luci e colori.

La qualità dello schermo è soprattutto data dalla sua capacità di riflettere la luce, il che dipende dal materiale utilizzato. Tale rendimento dipende da vari fattori, il più importante dei quali è un coefficiente detto *rendimento luminoso*, cioè il rapporto tra flusso luminoso ricevuto e quello rinviato. Uno schermo bianco opaco costituisce una superficie perfettamente diffondente, e il suo rendimento è il rapporto tra illuminamento e luminanza, laddove la luminanza è proprio la capacità dello schermo di riflettere o assorbire la luce (diffusione). Un proiettore dotato di una lampada potente, e quindi di un elevato flusso luminoso (illuminamento) nulla può se lo schermo assorbe una notevole quantità della luce ricevuta per una scarsa qualità costruttiva o per sporcizia. La corretta visione dell'immagine è correlata all'angolo di proiezione e alla lunghezza focale dell'obiettivo utilizzato. A parità di inclinazione, la distorsione diminuisce al crescere della lunghezza focale, alla quale corrisponde una minore dimensione del quadro proiettato. La qualità dello schermo, soprattutto se di grandi dimensioni, è anche dovuta alla maggiore o minore visibilità delle "giunture"; gli schermi infatti, non sono fatti di un'unico telo, bensì con un'insieme di bande giuntate tra loro. Gli schermi possono, inoltre, essere piatti o curvi; con formati di proiezione particolari, il che è anche vero per il Cinemascope, la particolare conformazione degli obiettivi fa sì che la migliore definizione dell'immagine venga a formarsi su una superficie incurvata. Per questo motivo esiste una considerevole differenza di fuoco, nel formato cinemascope proiettato su di uno schermo piano, tra il centro e i lati dell'immagine. Gli schermi presentano, infine, una superficie bucherellata per permettere la migliore resa del sonoro cinematografico. Nella cinematografia professionale, e comunque nella maggior parte dei cinema, gli altoparlanti principali, soprattutto quelli per il "parlato", si trovano dietro lo schermo.

Il materiale di cui è fatto lo schermo possiede un certo potere di attenuazione alle varie frequenze del suono. Per rendere gli schermi transonori, cioè ben attraversabili dal suono con il migliore rendimento possibile, si fabbricano schermi coperti di piccoli fori. La disposizione, la forma e il numero dei fori sono studiati negli schermi di migliore qualità: i fori devono essere circolari, con un diametro di circa 1 mm, disposti a distanza regolare, distanti 5 mm l'uno

dall'altro. La trama che formano questi fori dovrebbe risultare praticamente impercettibile da una certa distanza, ma certo, nelle sale piccole, o nelle prime file, i fori si vedono e disturbano...

Illuminamento: è la grandezza fotometrica, che indica la quantità di luce ricevuta, misurata in lux, e risulta dal rapporto tra flusso luminoso ricevuto, misurato in lumen, e la superficie su cui esso si applica, misurato in metri quadri.

Se lo schermo è poco illuminato, la visione risulta faticosa per il fatto che le immagini appaiono grigie, piatte, e le parti nere mancano di contrasto. Ne risulta un affaticamento della vista perchè l'occhio è costantemente in movimento, alla ricerca dei punti più nitidi e percepibili dell'immagine. Anche un'illuminamento eccessivo rende la visione faticosa, perchè anche in questo caso la percezione di certi dettagli e contrasti viene attenuata dall'eccessiva brillantezza, e inoltre la grana dell'emulsione può apparire più evidente.

L'apparecchio col quale si realizza la misurazione dell'illuminamento ricevuto dallo schermo si chiama luxometro, e dev'essere realizzato con una curva di sensibilità simile a quella dell'occhio. L'unità di misura del luxometro è detta "foot-lambert".

Il luxometro è dotato di una cellula fotoelettrica che, durante la misurazione, deve essere posta vicino allo schermo, rivolta verso il proiettore; quest'ultimo deve proiettare luce senza pellicola, con il motore avviato a velocità normale, e il suo asse di proiezione deve essere rivolto verso il centro dello schermo. Le diverse zone della superficie ricevono luce di diversa intensità luminosa, perchè si trovano a distanza variabile dal centro dell'obiettivo. Gli standard americani fissano un valore ottimale medio di illuminamento a 16 foot-lambert, con un minimo di 14 alla periferia ed un massimo di 18 al centro dello schermo.

La luminanza dello schermo dipende da: intensità e superficie della sorgente luminosa, dai sistemi ottici usati (specchio e obiettivi), dalla distanza dal proiettore, dalle sue dimensioni, dall'angolo di proiezione e dal suo potere di diffusione; quest'ultima caratteristica è la più specifica, in relazione allo schermo, e la tratteremo supponendo che le altre siano costanti e prossime ai massimi livelli.

La misurazione della luminanza è difficile da realizzare nella pratica, anche perchè richiede strumentazioni particolari e non facilmente reperibili; controlli di tipo relativo riguardo a questo valore possono venire eseguiti misurando la brillantezza.

Schermi adatti, con buoni valori di luminanza, usati nei cinema con proiezioni al pubblico, sono realizzati in plastica color bianco matto, con un alto coefficiente di diffusione (80/85%) il che permette una buona visione anche agli spettatori posti nelle zone laterali.
