

PARFOCALITÀ e PARCENTRALITÀ nello STEREOMICROSCOPIO

Avendo illustrato a suo tempo i principi generali della microscopia stereoscopica (vedi nello stesso sito il manuale: “Problemi Tecnici della Microscopia Ottica”, Cap. 29), osserviamo ora con qualche esempio pratico come i vari costruttori affrontano il problema della parfocalità e della parcentralità, problemi che, nel caso della stereoscopia, sono più complessi del solito. Studieremo anche qualche possibilità di intervento in sede di riparazione.

Cominciamo col definire i termini, ignorando per semplicità i problemi legati alla sostituzione del tubo, di accessori intermedi o degli oculari.

- Parfocalità è la capacità di un microscopio di mantenere un fuoco accettabile durante le normali operazioni, in particolare durante il cambiamento d’ingrandimento, comunque effettuato, o dopo la sostituzione dell’obiettivo (nel caso di supporti o slitte individuali), o dopo la sostituzione del revolver, del tubo, e simili.

Poiché una tenuta perfetta è impossibile, si deve esigere almeno che, dopo aver cambiato l’ingrandimento, l’immagine rimanga abbastanza nitida da poter capire, al minimo ritocco di micrometrica, da che parte bisogna andare. Evitare insomma di agire a casaccio sulla messa a fuoco.

Nel microscopio “**normale**” (“biologico”), la parfocalità è legata essenzialmente all’obiettivo (vedi l’art. n° 18: “Come controllare ed intervenire ...”) od al suo supporto, in minor misura al revolver. Su questo problema, come detto nell’articolo appena citato, l’utilizzatore ha qualche possibilità d’intervento.

Esiste un’esigenza di “parfocalità” anche fra le immagini dei due oculari, ma ciò, in un “biologico”, non può dipendere che dal tubo e dai suoi parametri ottici e meccanici (supposto che i due oculari siano identici, cosa non sempre garantita!). Nello stereoscopico, le cose si complicano, come vedremo.

- Parcentratura o parcentralità è la capacità di un microscopio di mantenere il centro del campo immagine all’interno del nuovo campo dopo aver cambiato l’ingrandimento. Ciò affinché l’osservatore possa riportare subito l’oggetto interessante in centro al nuovo campo e non debba andarlo a cercare a caso in tutte le direzioni, fuori del campo visivo.

In un “biologico”, la parcentratura dipende soprattutto dal revolver o dalla slitta porta-obiettivi e l’utente non ha molte possibilità di modifica, a meno che il costruttore non abbia predisposto un revolver a fori centrabili o slitte singole con propri sistemi individuali di centratura (vedi le “schede tecniche” n° 8 e 9, in questo sito).

Esiste un’esigenza di parcentratura anche fra i due o tre oculari di un tubo¹ bi- o tri-oculare (un punto centrale in uno degli oculari deve essere al centro anche per gli altri), ma anche questo, in un biologico, non dipende dall’obiettivo o dal revolver, ma da altri meccanismi, in particolare dal posizionamento dei prismi o specchi presenti nel tubo, dal posizionamento delle bocche porta-oculari, ecc.

Gli stessi problemi nascono da meccanismi in parte diversi nel microscopio “stereo”. Ma, prima di procedere, occorre distinguere fra i due schemi di funzionamento.

¹ Chiameremo “**tubo**” il sistema composto da un involucro che contiene gli eventuali prismi o specchi e lenti intermedie, il meccanismo per la regolazione della distanza pupillare, ecc. e fa da sostegno ad uno o più oculari; tale sistema si interpone fra il revolver e gli oculari medesimi.

Chiameremo invece “**boccola**” il semplice cilindro cavo che porta un oculare e l’eventuale vite che ne regola l’altezza. La boccola od una coppia di bocche costituiscono la parte superiore del “tubo” appena definito.

Schema “secondo Greenough”, ad obbiettivi indipendenti.

PARFOCALITÀ

— La parfocalità fra le immagini dei due oculari presuppone identità nei parametri geometrici dei due canali (focali, distanze, ecc.). In genere è però possibile regolare l'altezza (la distanza dall'obiettivo) di almeno uno degli oculari e quindi regolare il fuoco dell'immagine visibile in esso. Prendendo come riferimento la boccola (vedi la nota 1) ad oculare fisso (o una delle boccole se entrambe regolabili, ruotata con la ghiera di regolazione in posizione “zero”), si varia l'altezza dell'altro oculare fino ad ottenere la parfocalità.

Ma qui si presenta un problema, specifico degli stereomicroscopi: se il miglior fuoco, come appare all'osservatore, non è quello ideale in entrambi i canali, l'utente può ottenere la focalizzazione che gli appare corretta regolando una od entrambe le boccole porta-oculari, ma con una posizione assiale scorretta dell'oggetto, e questo porta ad un decentramento trasversale dell'immagine, in direzione opposta nei due canali. Non ci ripetiamo su questo punto essendo esso trattato nel cap. 29.4.1 del manuale sopra citato, ma basta un difetto di metropia sferica (miopia o ipermetropia) dell'osservatore o una errata regolazione delle boccole porta-oculare o un inavvertito “effetto del tubo” per creare uno spostamento relativo delle due immagini ed una difficoltà di fusione a livello psichico: “si vede doppio”.

Se, avendo messo in atto tutte le avvertenze descritte nel manuale citato, rimane uno sdoppiamento laterale fra le due immagini, può esservi un errore di focalizzazione od un cattivo allineamento intrinseco in uno od entrambi i canali. Può riguardare il posizionamento dei prismi o specchi all'interno dei canali o la focalizzazione di uno o di entrambi gli obbiettivi.

In genere, gli obbiettivi di un sistema Greenough sono montati a coppie su un unico supporto e la loro struttura può consentire una focalizzazione separata di ognuno dei due (figg. 1, 2 e 3).

Se la focalizzazione dei singoli obbiettivi non basta, si può ritoccare la posizione dei prismi o specchi all'interno del tubo; per questa manovra occorre essere molto cauti e procedere per tentativi, poiché essa influisce anche sulla centratura. La varietà delle soluzioni adottate dai vari costruttori impedisce di definire regole generali.

Fig. 1 — Due coppie di obbiettivi di un classico stereo sec. Greenough (Meopta, mod. G 11 P).

Poiché il primo membro di ogni obiettivo (F, in alto in figura) è su montatura a vite, è possibile una focalizzazione indipendente di esso, che andrà poi fissato con una goccia di vernice.

“VC” sono le viti di centratura (vedi oltre).



— La parfocalità fra i vari obbiettivi (o piuttosto fra le varie coppie di obbiettivi).

Se si è trovato il modo di focalizzare separatamente i singoli obbiettivi, sarà in genere possibile focalizzare le coppie in modo che siano parfocali fra loro. Si tenga sempre d'occhio la centratura reciproca in direzione orizzontale delle due immagini. Non è difficile, nel lodevole intento di rendere parfocali fra loro i due canali e parfocali fra loro le varie coppie di obbiettivi, allontanarsi dalla condizione di fuoco ideale e provocare lo sdoppiamento d'immagine di cui si è parlato sopra.

Fig. 2 – Queste sono due coppie di un Euromex ST. Anche qui, il membro frontale è su montatura a vite ed è prevista una vitina laterale (F) per bloccarlo nella sua posizione.

Ogni obiettivo è poi centrabile separatamente da tre grani (VC), che sono accessibili dall'esterno.

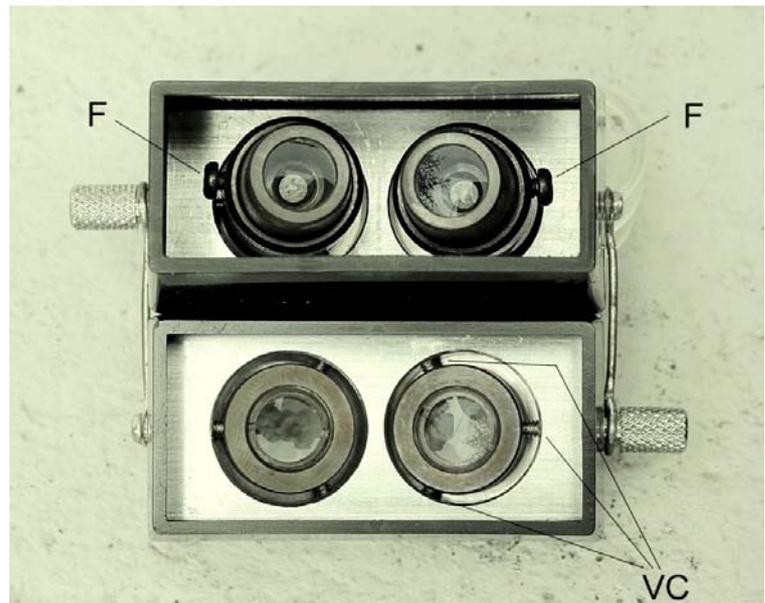
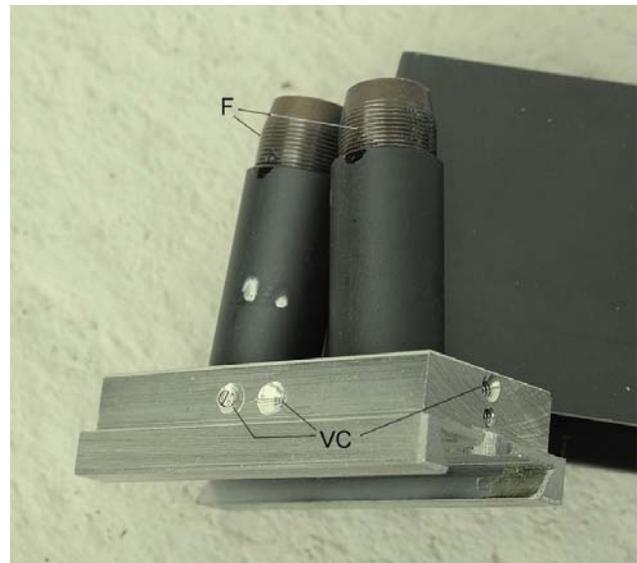


Fig. 3 – Ancora una coppia Euromex; il membro frontale è chiaramente avvitabile su un barilotto generale, e quindi è foceggiabile (F indica la filettatura). Sono visibili le gocce di vernice nera che il costruttore ha applicato per il fissaggio nella posizione corretta.

In questi casi, l'utente può intervenire con facilità.

In VC è visibile l'accesso ai grani di centratura dei singoli obiettivi (vedi la foto precedente).



Se poi lo stereo-microscopio è del tipo “zoom”, tutto è più difficile poiché l'intervento sui singoli membri dell'obiettivo non è sempre possibile e comunque può provocare un'alterazione nella curva di variazione dell'ingrandimento (fig. 4).

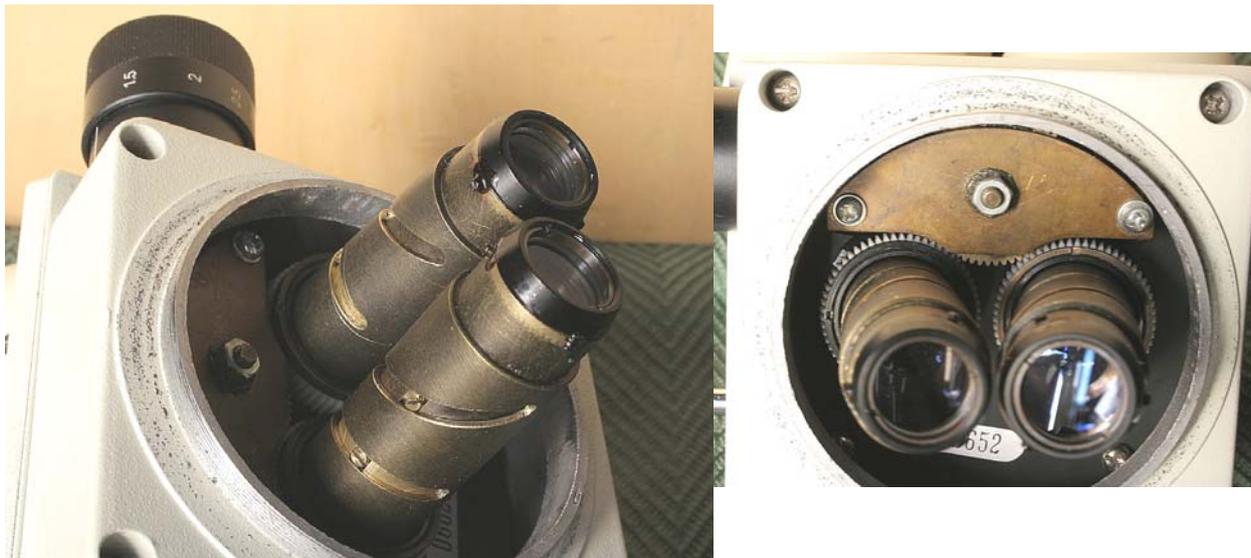
Fig. 4 – La coppia convergente degli obiettivi di un sistema Greenough a zoom. Difficilmente si potranno focalizzare singolarmente i due obiettivi, ma sono presenti i grani di centratura (VC), anch'essi fissati da una goccia di vernice.

Lo strumento è distribuito dalla ditta Ottica Turi di Pistoia.



Nelle due figure seguenti è visibile il sistema della doppia camma che muove simultaneamente e non linearmente due dei vari membri dell'obiettivo zoom, nonché il sistema

d'ingranaggi che consentono la rotazione simultanea delle due camme.



Figg. 5 e 6

Su questo strumento, di ottima fattura, come su altri analoghi, può capitare un ulteriore problema:

— Parfocalità nella corsa dello zoom.

Il miglior fuoco deve rimanere apprezzabilmente costante durante la variazione dell'ingrandimento, per tutta la corsa prevista. Ma la posizione del fuoco è molto sensibile alla lunghezza del tubo, cioè all'altezza dell'oculare, quindi alla regolazione delle "boccole".

Proprio nel caso dello strumento illustrato dalle figg. da 4 a 8 è stato necessario un robusto intervento, che può essere utile descrivere perché applicabile ad altri modelli analoghi.

Inizialmente, lo zoom non era parfocale: passando dall'ingrandimento minimo al massimo la messa a fuoco globale variava di circa 4 mm, cosa intollerabile in un buon strumento.

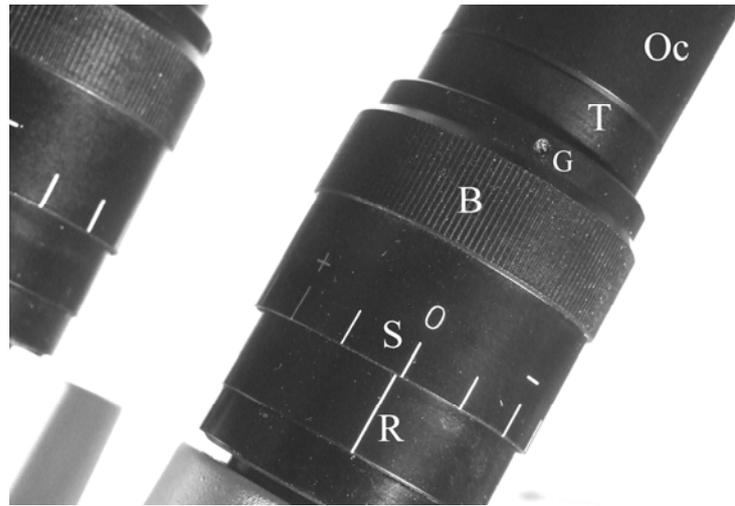
Rimedio: focalizzare su un oggetto piano a forte contrasto (per es. un cartoncino stampato) con uno dei due oculari; poi ruotare la ghiera B della stessa boccola (fig. 7 ed 8) di una tacca alla volta (parliamo delle tacche della scala S) ed ogni volta far percorrere allo zoom l'intera corsa. Prima o poi, si troverà una posizione della ghiera B tale da assicurare la parfocalità (cioè la conservazione del fuoco).

Ripetere la procedura per l'altro oculare.

Fig. 7



Fig. 8



Fatto questo, senza più ruotare la ghiera B, allentare i tre grani (G in fig. 8, usare un cacciavite da orologiaio con lama da 1,6 mm) che fissano la ghiera B alla boccola porta-oculare T. Facendo ben attenzione a non ruotare più la boccola T, inizialmente solidale con B, far girare la ghiera B finché la posizione “0” della scala S coincide col riferimento R. Stringere di nuovo i tre grani G.

D’ora in poi, con le ghiera in posizione 0, la parfocalità dovrebbe essere garantita, per lo meno se chi ha eseguito la correzione è “emmetrope” (senza difetti di convergenza nell’occhio). Se un altro osservatore, con miopia o ipermetropia, usa lo stesso strumento, potrà correggere la posizione delle boccole, ma più istintivamente sarà portato a variare il fuoco ed allora la parfocalità andrebbe perduta; a meno che tale osservatore non indossi gli occhiali “per lontano”.

Per finire, esiste un altro modo di focalizzare separatamente i due canali di uno stereo.

Se lo schema generale prevede obiettivi “a (seconda) coniugata infinita”, e quindi è presente una coppia di “lenti di tubo”, la focalizzazione della lente di un canale, facile se il suo barilotto è montato a vite, porta ad una variazione del fuoco di quel canale. Ciò vale sia nel caso del sistema Greenough che nel sistema CMO (ad obiettivo comune). Ne ripareremo.

Se il tubo è trioculare, come nel caso dello strumento appena illustrato, occorre garantire un’altra prestazione:

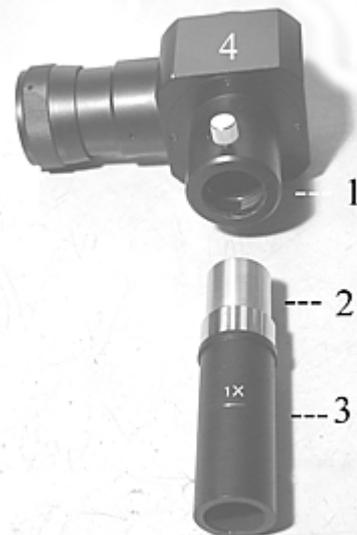
— La parfocalità fra i due oculari “visione” e quello “foto”.

Ciò vale nel caso, come quello qui illustrato, che nel canale verticale sia previsto un oculare che consente di fotografare con qualunque fotocamera munita del normale obiettivo di ripresa o con una microcamera *ad hoc*, come si vede in fig. 9.

Fig. 9

Nel caso dello stereo trioculare di cui stiamo parlando, il cannocchiale di puntamento per la fotografia (quello in alto a sinistra in fig. 9) è **parfocale** cogli oculari se il proiettivo di corredo, quello marcato “2,5 ×”, è infilato nel tubo verticale mobile (2 e 3) e quest’ultimo è inserito nel tubo verticale fisso (F, fig. 10) in modo che la scritta “1 ×” sporga di 1 - 2 mm dall’orlo del tubo fisso (ancora fig. 10).

In queste condizioni, è possibile sostituire il proiettivo con un normale oculare (del diametro standard di 23,2 mm; va bene un 10 ×) e **ciò rende possibile l’osservazione ad un secondo osservatore** che stia in piedi, mentre il primo osservatore può stare seduto e guardare nell’oculare inclinato destro. Questa possibilità è preziosa nell’insegnamento e va sottolineata

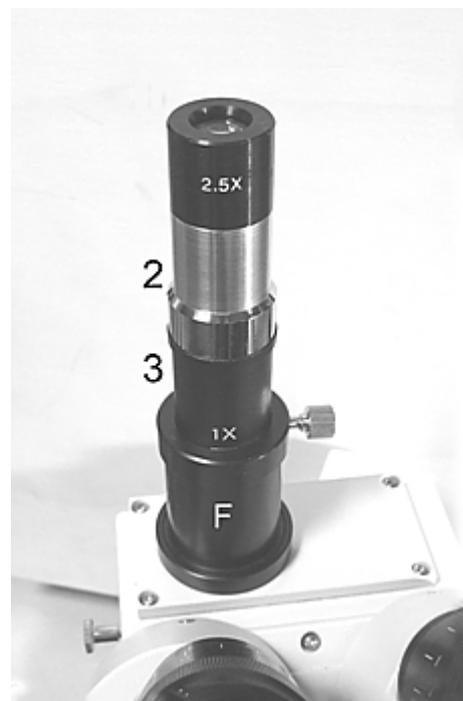


presso gli insegnanti.

Per quanto riguarda la fotografia con fotocamere digitali o telecamere, la faccenda si complica, specialmente se la fotocamera è dotata di zoom: occorre un oculare speciale “a pupilla alta”, che può essere auto-costruito. Tale oculare andrà posto nel tubo verticale, dopo aver smontato la microcamera (vedi l’articolo n° 13: “Fotomicrografia al microscopio ...”, in questo sito).

Fig. 10

Tornando allora al problema della parfocalità fra i due oculari visione ed il terzo oculare per la foto, in caso di difetto occorrerà studiare la struttura meccanica dello strumento. I migliori costruttori prevedono un terzo tubo a lunghezza variabile, come nel caso della fig. 10: vedi la vite sporgente sulla destra, che serve a bloccare le due parti del tubo fra loro, dopo averne variato la posizione reciproca. Altrimenti si ricorrerà a piccoli spessori, anelli distanziali, ecc.



PARCENTRALITÀ o Parcentratura

— La parcentratura fra i due oculari

Se si trova un difetto riguardo questa centratura relativa (i due campi visuali devono essere congruenti, con una tolleranza di 1/50 o 1/100 del diametro del campo), si tratterà in genere di un errore meccanico.

In un microscopio biologico, un errore di centratura relativa fra i due oculari non può dipendere che dal tubo poiché il fascio che converge nell’immagine intermedia è inizialmente unico.

In uno stereoscopico, invece, tutte le parti dello strumento possono dare un tale errore. Ma la posizione (in direzione trasversale) dell’immagine finale dipende soprattutto dall’obbiettivo poiché esso, se ingrandisce l’immagine dell’oggetto, ingrandisce anche l’effetto dei propri errori di centratura. Pertanto conviene cominciare l’intervento proprio da esso.

Nelle figure da 1 a 4 sono appunto indicati con VC le tre vitine senza testa (“grani”) che spingono sulla base dell’intero obbiettivo (figg. 1 – 3) o dell’elemento frontale di esso (fig. 4) in modo da muoverlo in direzione perpendicolare all’asse ottico. Di solito, la loro regolazione risolve qualunque problema di centratura fra i due oculari.

Se vi è un terzo tubo per la fotografia, occorre che esso dia un’immagine corrispondente a quella visuale per evitare che la foto risulti spostata rispetto a quanto l’utente vedeva negli oculari. Se il terzo tubo è portato da una flangia o un piastrino fissati con viti (vedi la figura qui sopra), si potrà sfruttare il gioco delle viti.

— La parcentratura fra le varie coppie di obbiettivi

Se è possibile centrare un obbiettivo singolo rispetto al compagno della stessa coppia, collo stesso mezzo si potranno centrare tutte le coppie fra loro. Si prenderà come riferimento quella coppia che sta “al centro”, nella posizione mediana, rispetto alle altre coppie. Su quella si centreranno le altre, un obbiettivo alla volta..

— La parcentratura dello zoom

Qui le cose si fanno più grigie. Oltre alla centratura reciproca fra i due canali, si richiede anche che, per tutta la corsa dello zoom, il centro del campo visuale rimanga dov’è.

Una variazione di questa centratura può dipendere da un gioco nel movimento delle parti mobili del sistema ottico o, più spesso, da un cattivo orientamento dell’asse meccanico, cioè della direzione secondo cui scorrono i membri mobili dell’obbiettivo.

In certi strumenti (Zeiss Jena, mod. Citoval, ad es.), questo movimento è guidato da aste che,

ad un'estremità, sono inserite in un foro eccentrico ricavato in un cilindretto girevole. Ruotando il cilindretto, si varia l'orientamento dell'asta e quindi della direzione di movimento dello zoom.

In assenza di una simile raffinatezza, si può cercare di variare l'orientamento del barilotto generale del singolo obiettivo zoom interponendo sottili spessori da qualche parte della superficie di appoggio di quel barilotto.

Schema CMO (ad obiettivo unico)

Come è noto, nello schema CMO vi è un unico obiettivo (Ob nella fig. 11), l'oggetto è nel suo fuoco e, per ogni punto del piano oggetto, emerge dall'obiettivo un diverso fascio "parallelo" (= coniugato all'infinito). La superficie utile dell'obiettivo è però coperta da un qualche diaframma con due grossi fori, diametralmente disposti (fig. 12).

Fig. 12 – Vista ideale in pianta dell'obiettivo comune di un sistema CMO. Il pallino grigio in centro indica l'asse ottico dell'obiettivo comune; le due crocette indicano l'asse ottico dei due canali.

(Da catalogo Zeiss, Oberkochen, RFT, G 40 – 705)

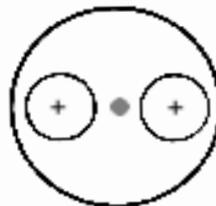
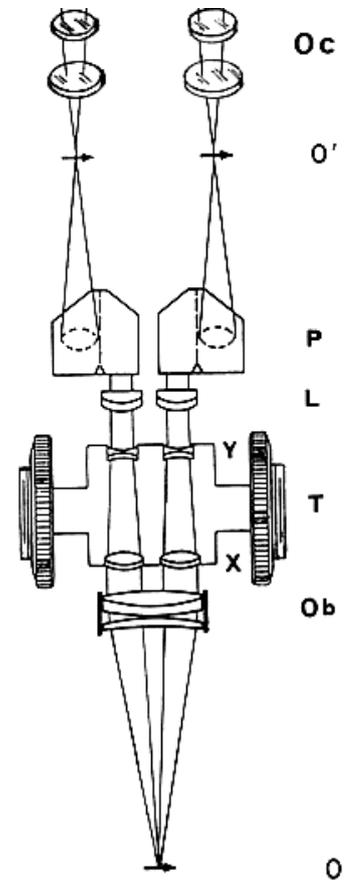


Fig. 11



In questo modo, ognuno dei due canali utilizza una diversa regione circolare periferica dell'obiettivo comune; in gergo: "lavora fuori asse", con tutte le conseguenze del caso: aberrazioni extra-assiali, ecc. (vedi il manuale citato all'inizio).

Questa soluzione dunque produce immagini affette da qualche aberrazione (astigmatismo, coma e cromatica laterale (CVD)), ma offre altri vantaggi (messa a fuoco totale di un oggetto piano perpendicolare all'asse, ecc.).

In particolare, lo schema CMO è comodo per il costruttore: infatti i due obiettivi presenti nello schema di Greenough sono sostituiti da due porzioni della stessa lente. Questo elimina di colpo tutti i problemi legati alla parcentralità ed alla parfocalità dei due obiettivi: fanno parte della stessa lente e, se non vi sono verificati errori nella lavorazione di essa, il sistema non richiede (e non permette) alcuna correzione. E ciò semplifica il lavoro anche per la manutenzione. Questo è forse il motivo principale della diffusione del sistema CMO.

— Parfocalità e parcentralità fra i due oculari

Supponiamo di trovarci in presenza del modello più comune di stereo microscopio CMO: quello che presenta, sui lati del "corpo" centrale, una grossa manopola con sei posizioni, corrispondenti a diversi ingrandimenti (tranne due che producono lo stesso ingrandimento poiché con esse il sistema "galileiano" intermedio è escluso).

Si veda in proposito la fig. 13.

Fig. 13

Si smonti il tubo bioculare. Si guardi dall'alto nel "corpo" centrale e si osservi il tamburo cilindrico ad asse orizzontale che porta i sistemi intermedi per il cambiamento dell'ingrandimento (fig. 14; vedi anche X e Y in fig. 11).



Può darsi che il tamburo sia protetto da uno schermo forato, ma questo si smonta facilmente.

Ora si ruoti il tamburo in modo da vedere un foro vuoto; è la posizione corrispondente ad un ingrandimento intermedio.

Bene. In queste condizioni, il sistema ottico si riduce al CMO ed al tubo. Qualunque differenza di centratura o focalizzazione fra i due canali non può dipendere che dal tubo o dagli oculari.

A questo punto, come per i sistemi Greenough, si può tentare di spostare uno dei prismi in uno od in entrambi i canali, oppure di spostare una od entrambe le “boccole” porta-oculari, il tutto sfruttando il gioco delle viti, interponendo sottili spessori da uno dei lati di un qualche prisma, ecc.

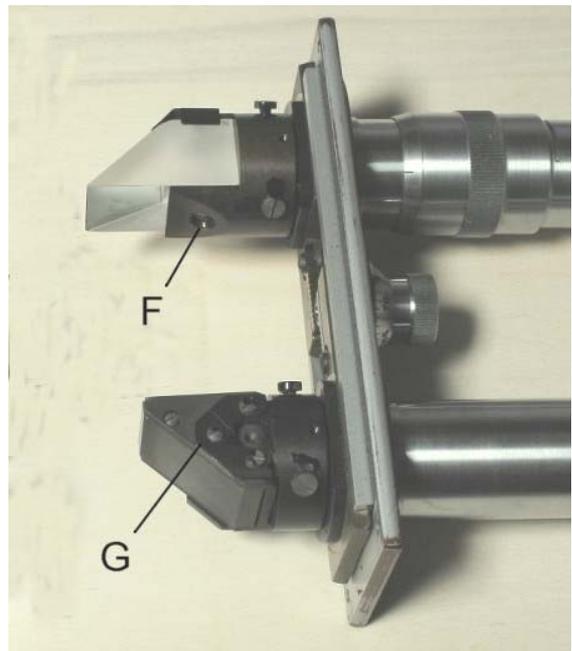
Bisognerà capire bene come sono fissate quelle parti: a volte con gocce di tenacissimo adesivo, magari attraverso appositi fori nella montatura (F in fig. 15), oppure con grani (G nella stessa figura), ecc. Occorre anche individuare bene le superfici su cui appoggiano i prismi, e che costituiscono il loro riferimento geometrico.

Fig. 15 — Questo tubo proviene in realtà da un microscopio biologico, ma mostra bene due dei principali metodi di fissaggio dei prismi.

Si ricordi anche che lo spostamento dei prismi influisce non solo sulla centratura, ma anche sul cammino ottico e quindi sulla focalizzazione di quel canale. Occorre procedere per approssimazioni successive, tenendo d’occhio simultaneamente entrambi i parametri.



Fig. 14



— Parfocalità fra le varie posizioni del cambiatore d’ingrandimento

Ora si possono inserire, uno alla volta, i sistemi “galileiani” che modificano l’ingrandimento di base dell’obbiettivo. Come è noto, un cannocchiale ingrandisce se si guarda dall’oculare, ma impiccolisce se si guarda dall’obbiettivo. Sfruttando questo principio, di solito i costruttori si servono del menzionato tamburo per utilizzare ogni galileiano sia da un verso che dall’altro. Con due galileiani si ottengono quattro diversi ingrandimenti, più quello dovuto all’ingrandimento del solo obbiettivo (foro vuoto del tamburo).

Bene. Se tutto funziona con l’esclusione dei galileiani, un difetto di parfocalità o centratura fra i due canali in corrispondenza degli altri ingrandimenti dipende solo da essi.

Per la focalizzazione dei galileiani, si può in genere muovere assialmente l’obbiettivo (è la lente più grande, convergente) poiché essa è montata su un barilotto filettato, come si vede bene nella fig. 16, che è un dettaglio della 14. Si vede anche, sull’orlo dei due barilotti, la coppia delle tacche da usare per ruotarli (freccette bianche).



Fig. 16

— Parcentratura fra le varie posizioni del cambiatore d'ingrandimento

Per la centratura indipendente di ognuno dei due canali, si ruoti di 180° il tamburo, in modo da far affiorare le lenti divergenti, le più piccole, che rappresentano l'oculare del sistema galileiano. Tali lenti sono di solito montate, ognuna su una flangia, fissata da due o tre viti; allentando queste viti e sfruttando il loro gioco rispetto ai fori nella flangia, è possibile centrare una alla volta le lenti e con esse l'intero galileiano corrispondente. Si veda la fig. 17.

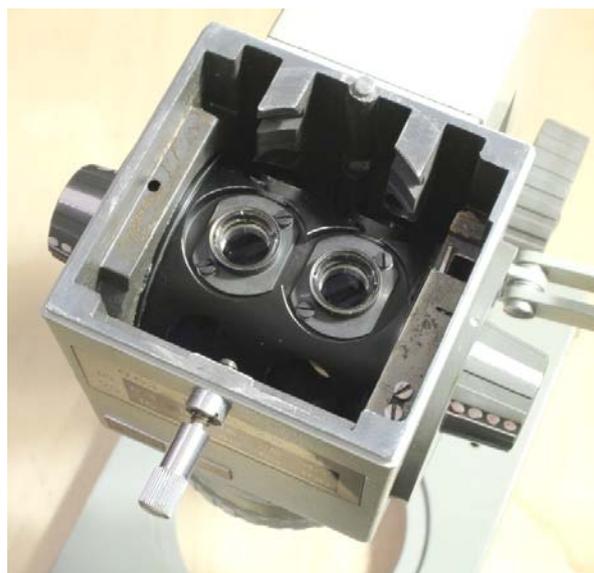


Fig. 17

Nel (raro) caso di un sistema CMO a zoom, si può ripetere quanto detto per il sistema Greenough a zoom, ma in questo caso sarà difficile operare col solo obiettivo + tubo, cioè smontare lo zoom, ed allora è difficile discriminare dov'è il difetto di centratura.

A differenza dei sistemi Greenough, i sistemi CMO operano quasi sempre con obiettivi “a seconda coniugata infinita” e pertanto, alla base del tubo, si trova una coppia di “lenti di tubo” debolmente convergenti. In queste condizioni, il tubo è costruito in modo da mettere a fuoco un fascio “parallelo”, quale è prodotto dall'obiettivo principale anche con l'interposizione del sistema galileiano (che è afocale e cioè prevede oggetto ed immagine finale a distanza infinita).

Detto ciò, è chiaro che il tubo stesso funziona come un cannocchiale “kepleriano”, cioè ad oculare convergente: l'obiettivo è dato dalla lente di tubo e l'oculare convergente dall'oculare del microscopio. Ne consegue che, smontando il tubo di un microscopio CMO e puntandolo verso un panorama, esso si comporterà come un debole cannocchiale, con pochi ingrandimenti; l'immagine sarà diritta poiché il tubo dello stereomicroscopio contiene i prismi raddrizzanti.



Fig. 18 – In nero, le montature delle due lenti di tubo.

Se si dispone opportunamente il tubo su un supporto fisso, e si guarda su un oggetto lontano, almeno un centinaio di metri, si potrà allora controllare parfocalità e parcentratura dei due canali anche in assenza del microscopio, come si fa con un binocolo.

Un difetto di parcentratura andrà trattato modificando la posizione dei prismi e/o degli oculari, come detto sopra.

Un difetto di parfocalità potrà essere corretto avvitando o svitando una od entrambe le lenti di tubo, ma si ricordi che almeno una delle boccole porta-oculari è regolabile e quindi sarà bene metterla con la ghiera in posizione “0”, salvo le riserve viste sopra e comunque controllando alla fine la centratura in direzione trasversale fra i due canali.

Altri controlli sono possibili in uno stereo-microscopio, per es. assicurare la perpendicolarità dell'asse ottico (o della bisettrice fra i due assi ottici) rispetto al piano d'appoggio della base; ma ciò non rientra nello scopo di questo articolo e comunque richiede l'uso di un collimatore che difficilmente si troverà in commercio e quindi andrà costruito *ad hoc*.