

I principali difetti delle riprese digitali

di Daniele Gasparri

Le riprese con sensori digitali, dalle webcam alle camere CCD, possono offrire risultati splendidi e relativamente facili; tuttavia ottenere ottime immagini può essere più difficile del previsto a causa di difetti più o meno evidenti che affliggono questo tipo di sensori e che vanno identificati e corretti.

Tutti i sensori di ripresa, accoppiati alla strumentazione amatoriale, soffrono di difetti/disturbi che contribuiscono a rendere meno bella o scientificamente poco utile un'immagine. Non importa se il vostro scopo è fare fotometria di altissima precisione o imaging estetico: per ottenere il massimo dalla propria strumentazione è necessario eliminare a priori o cercare di correggere tutti i difetti tipici delle riprese digitali, che sono più numerosi e dannosi di quanto si possa pensare. Spesso, come vedremo nelle seguenti pagine, i classici frame di calibrazione (Dark, Flat e, solo in casi particolari, anche Bias) non sono sufficienti, ma sempre necessari, e per questo, tranne nel caso di riprese planetarie, vanno sempre ripresi.

Con l'aiuto di immagini di esempio andiamo ad analizzare, i principali difetti che si riscontrano nelle riprese digitali e i metodi per eliminarli o ridurli. Conoscere ed evitare questi disturbi è il primo importante passo per ottenere immagini eccellenti.

Seeing, sfocatura e guida:

Descrizione: sono i tipici errori dei principianti e per questo è meglio analizzarli insieme all'inizio, poiché sono i più facili da individuare e risolvere. Solo successivamente possiamo andare a vedere difetti di "ordine superiore".

Il cattivo seeing e la sfocatura producono effetti molto simili: l'immagine risulta impastata, priva di dettagli e profondità, con diametri stellari di generose dimensioni. Se si lavora con focali non oltre un metro e pixel maggiori di 10 micron, la perdita di dettagli è da imputare quasi esclusivamente ad una cattiva messa a fuoco, molto comune nei telescopi economici che non possiedono un focheggiatore dalla precisione sufficiente.

Il cattivo seeing si manifesta spesso operando con strumenti con focale oltre un metro e pixel minori di 10 micron. Nelle riprese profonde senza filtri, occorre considerare altri aspetti meno noti, come la rifrazione atmosferica differenziale e l'assorbimento atmosferico, entrambi evidenti quando si riprendono oggetti bassi sull'orizzonte, restituendo immagini poco profonde e allungate nel senso nord-sud (o con code colorate, nel caso di sensori a colori).

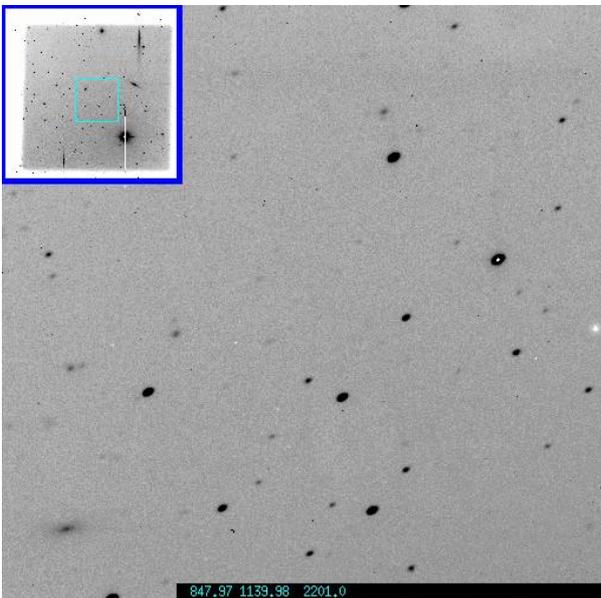
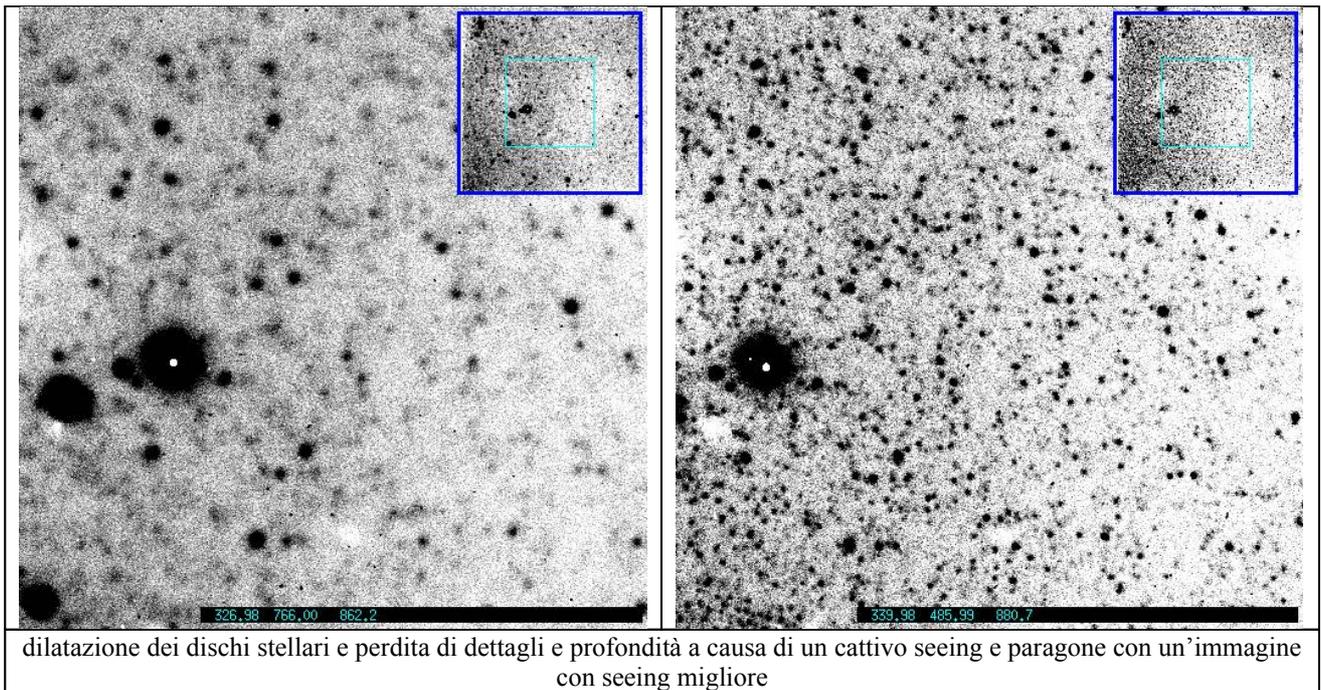


Immagine stellare dilatata a causa di una sfocatura. Un cattivo fuoco può mettere in luce anche altre aberrazioni extra-assiali di solito non visibili, come l'astigmatismo



Soluzione: Se si tratta di un problema di messa a fuoco, occorre prestare molta attenzione a questa determinante fase, aiutandosi con un'attenta lettura del contatore analogico-digitale e non avere alcuna fretta: tale procedura può richiedere qualche minuto.

Per il cattivo seeing, purtroppo non ci sono soluzioni, ma qualche trucco per limitarne i danni: utilizzare un campionamento non oltre gli 1.5-2 secondi d'arco/pixel, utilizzare, se possibile filtri rossi/infrarossi, meno sensibili alla turbolenza, riprendere quando l'oggetto si trova in meridiano.

Guida:

Descrizione: Per pose maggiori di qualche decina di secondi, occorre un sistema di guida, che però non sempre è efficace con le montature amatoriali e non è banale da configurare. Se tutte le pose vi appaiono allungate lungo un asse della montatura (generalmente è quello di ascensione retta), allora avete un problema di guida. Le montature commerciali cinesi non sono in grado di inseguire correttamente oltre focali di 1.5 metri a prescindere dal sensore di ripresa e dalla guida, che comunque deve essere configurata in modo corretto. Più raramente può succedere che l'immagine risulti sdoppiata; in questo caso siamo di fronte ad un errore del sistema di guida, a causa della focale troppo lunga o di un colpo di vento o della perdita della stella di guida a causa del passaggio di alcune nubi.

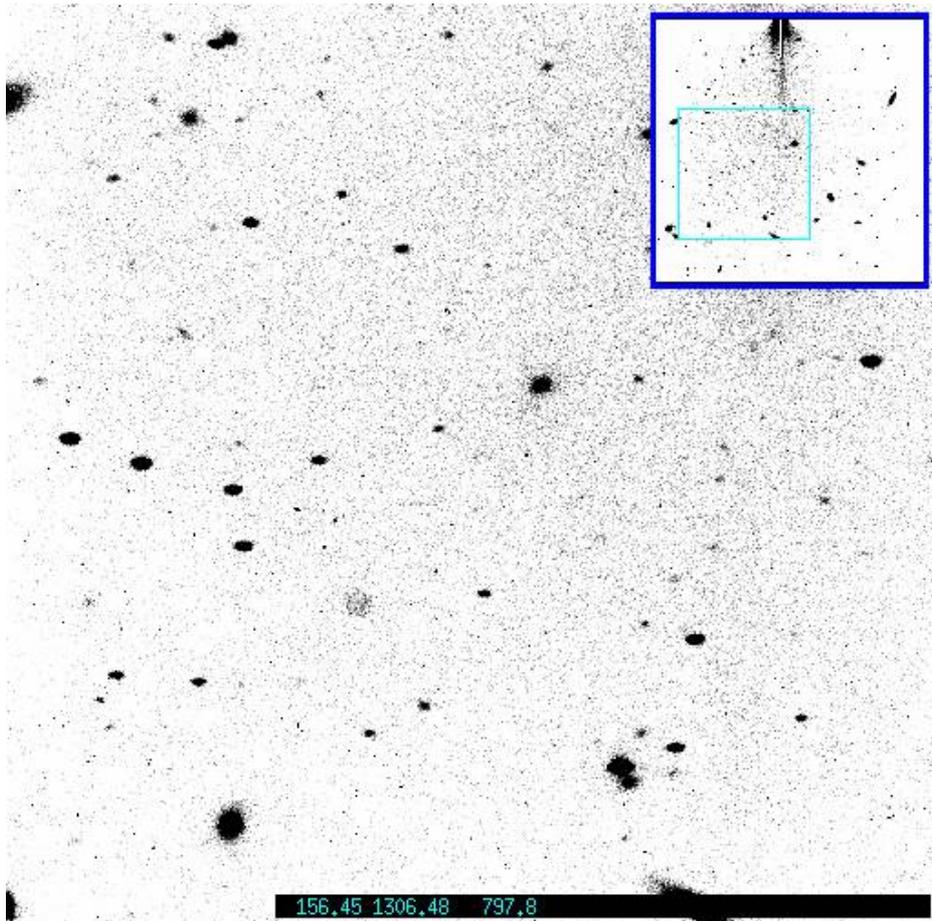


immagine che raffigura un problema di guida: le stelle appaiono come segmenti nella direzione del moto in ascensione retta della montatura.

Soluzione: prima di tutto occorre fare un perfetto stazionamento della montatura; spesso la precisione offerta dai cannocchiali polari non è sufficiente ed occorre applicare il cosiddetto metodo bigourdan. Successivamente si deve bilanciare in modo perfetto il telescopio e, solo dopo questa fase, si passa alla calibrazione della guida: inserimento delle coordinate del campo di ripresa, uso di una velocità di correzione non troppo alta né troppo bassa (orientativamente tale che si abbia uno spostamento compreso tra 10 e 30 pixel al minuto), e scelta di una stella di guida non saturata ma non troppo debole.

Rotazione di campo:

Descrizione: le immagini (o la somma finale), nonostante una guida perfetta, appaiono come brevi tratti di circonferenza di lunghezza diversa a seconda della posizione nel campo del sensore. Se per la guida si utilizza una stella posta in prossimità al centro del campo inquadrato dal CCD di ripresa, si ha una rotazione attorno ad essa.

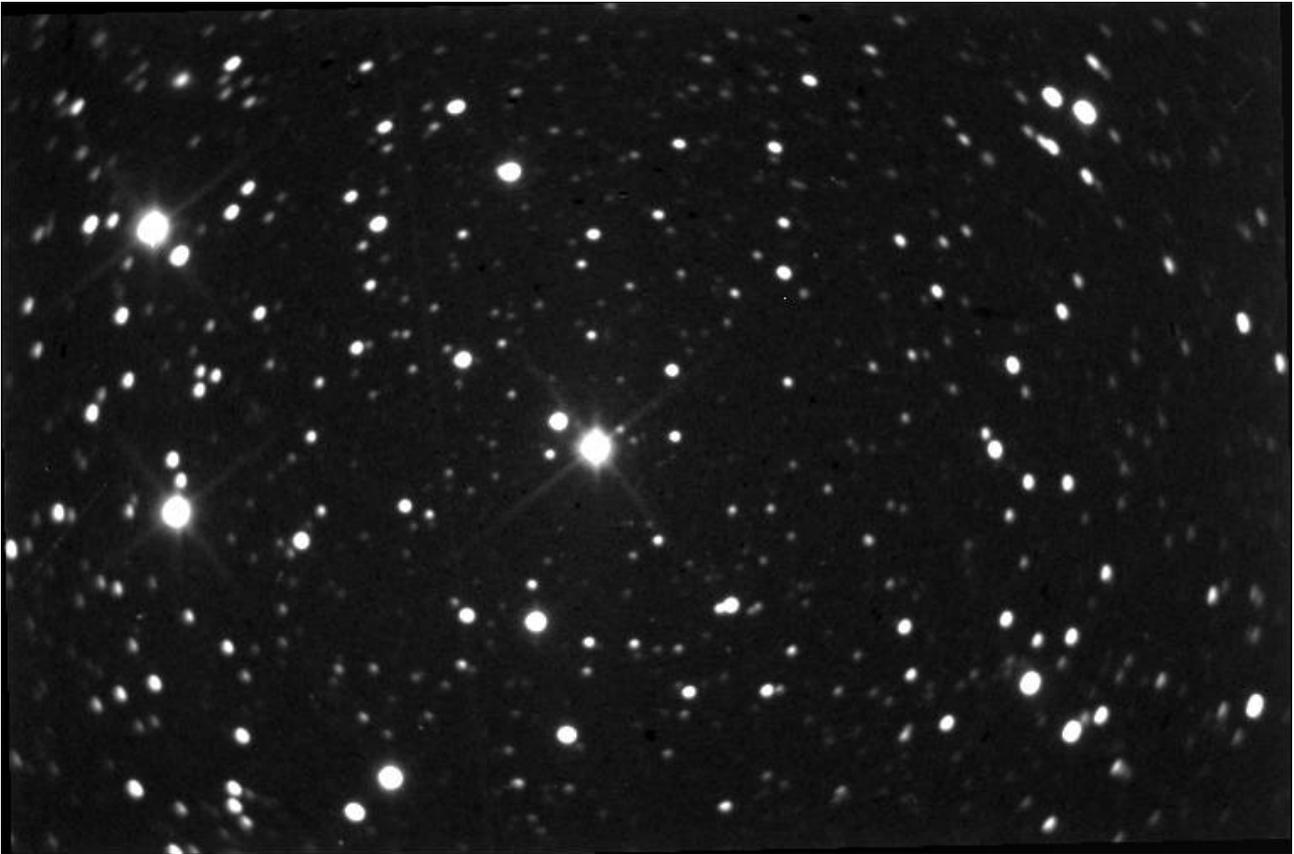


Immagine con posa totale di 3 ore con vistosa rotazione di campo, nonostante un allineamento al polo con cannocchiale polare. Per pose lunghe è indispensabile stazionare con il metodo della deriva (notate anche gli spikes di diffrazione, molto pronunciati attorno alle stelle più brillanti)

Soluzione: la rotazione di campo si può eliminare totalmente, ma non è facile. Ci sono 2 modi per farlo:

- 1) Se si ha un set di immagini da sommare, le cui singole pose non presentano questo effetto, si può agire via software con un allineamento a 2 stelle, che prende in esame e corregge perfettamente la rotazione di campo presente, e spesso evidente, tra la prima e l'ultima posa.
- 2) Se la rotazione è visibile sulla singola esposizione allora non si può intervenire via software ma occorre effettuare un allineamento migliore al polo, con il metodo della deriva. Basta infatti un errore di stazionamento di mezzo grado per avere una rotazione di campo apprezzabile anche con pochi minuti di posa, con focali telescopiche.

Vignettatura:

Descrizione: La quasi totalità degli strumenti commerciali soffre di questo difetto che si manifesta come un calo di luce verso i bordi dell'immagine, in particolare gli SCT, se usati in accoppiata a riduttori di focale. L'effetto è tanto maggiore quanto maggiore è l'estensione del sensore CCD.

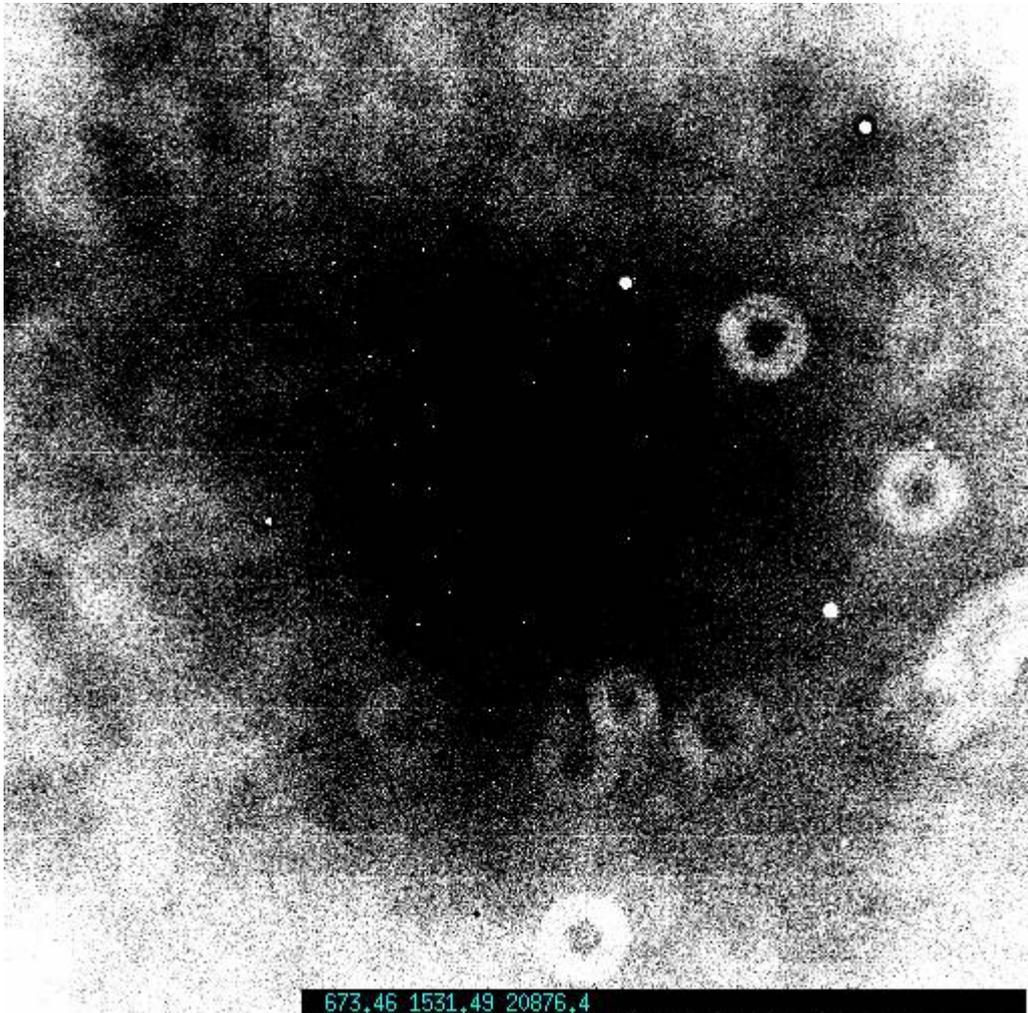


Tipica ripresa al fuoco di uno SCT con riduttore di focale: la perdita di luce ai bordi è ben visibile. Se essa non è totale basta un buon flat field per correggerla

Soluzione: Per prevenire il problema ci sono diversi metodi: usare sensori piccoli o telescopi che non vignettino (ma molto costosi); per chi usa gli SCT evitare riduttori di focale troppo spinti e ridurre al minimo la distanza tra sensore e riduttore (il tiraggio): l'importante è evitare in fase di ripresa la perdita totale di luce ai bordi. Se si ha questa accortezza, basta applicare un buon flat field.

Polvere sul sensore e/o sui filtri:

Descrizione: è un problema molto comune soprattutto nelle digicam e nelle webcam e si manifesta con la comparsa di punti scuri o anelli. Spesso essi si depositano sulla superficie del sensore, più raramente sul filtro eventualmente utilizzato.

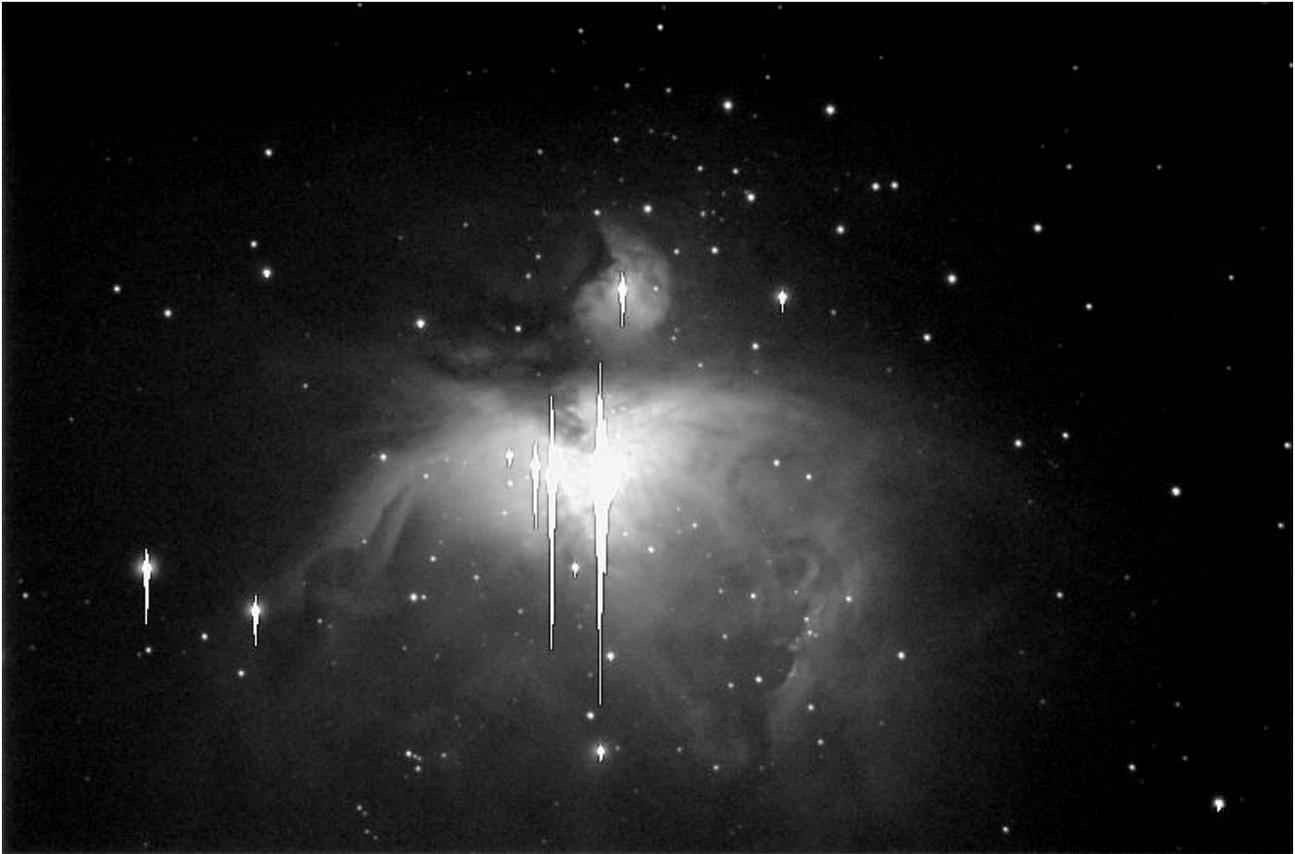


Effetto della presenza di granelli di polvere sul sensore (punti luminosi) e sul filtro utilizzato (anelli). E' sempre bene pulire le superfici ottiche, soprattutto i filtri.

Soluzione: E' sempre meglio prevenire, pulendo le finestre ottiche e gli eventuali filtri. In caso di residui, se essi si trovano sulla finestra ottica o sul sensore e non bloccano totalmente la luce in arrivo, un flat field corregge il problema, tranne nelle riprese webcam, le quali non possono essere corrette in modo efficiente. Nel caso più grave in cui la polvere si trovi sui filtri, un buon flat può non essere sufficiente poiché essa tende a spostarsi nel corso della notte.

Blooming:

Descrizione: comparsa di righe verticali saturate in prossimità delle stelle più brillanti. Ogni sensore digitale ha un limite alla carica che può raccogliere; oltre tale limite, se non vi sono speciali accorgimenti nell'architettura del CCD, la carica può straripare dal pixel che la contiene, allo stesso modo di un fiume in piena, ed andare ad occupare altri pixel, producendo l'effetto blooming.



Tipica immagine affetta da blooming: in questo caso è l'intera regione centrale di M42 ad aver causato questo marcato effetto, impossibile da correggere via software. Le zone interessate hanno perso completamente l'informazione contenuta e non c'è modo di recuperarla.

Soluzione: se il vostro sensore è anti blooming, attivate e impostate il massimo rate di antiblooming. Se non lo è, occorre limitare l'effetto riducendo il tempo di esposizione o porre fuori campo le stelle più brillanti. Una volta comparso, l'informazione contenuta nei pixel interessati è completamente persa e non si può recuperare in alcun modo. Nel caso di blooming contenuto e di imaging estetico, si può intervenire in fase di elaborazione ma i risultati non saranno comunque troppo soddisfacenti.

Deriva o salto delle stelle durante la nottata:

Descrizione: Quando si utilizza un sistema di guida esterno allo strumento principale (telescopio di guida), spesso capita che le stesse immagini di un oggetto abbiano un leggero moto di deriva nel corso della notte, nonostante la guida perfetta e sempre attiva; più raramente può succedere che una stessa immagine appaia sdoppiata o elongata. Questo effetto non deve confondersi con la rotazione di campo, ma è da imputare a due fattori che agiscono spesso insieme:

- flessioni tra il telescopio di guida e quello di ripresa
- spostamento dello specchio primario durante la notte, se uno dei due strumenti è composto da specchi.

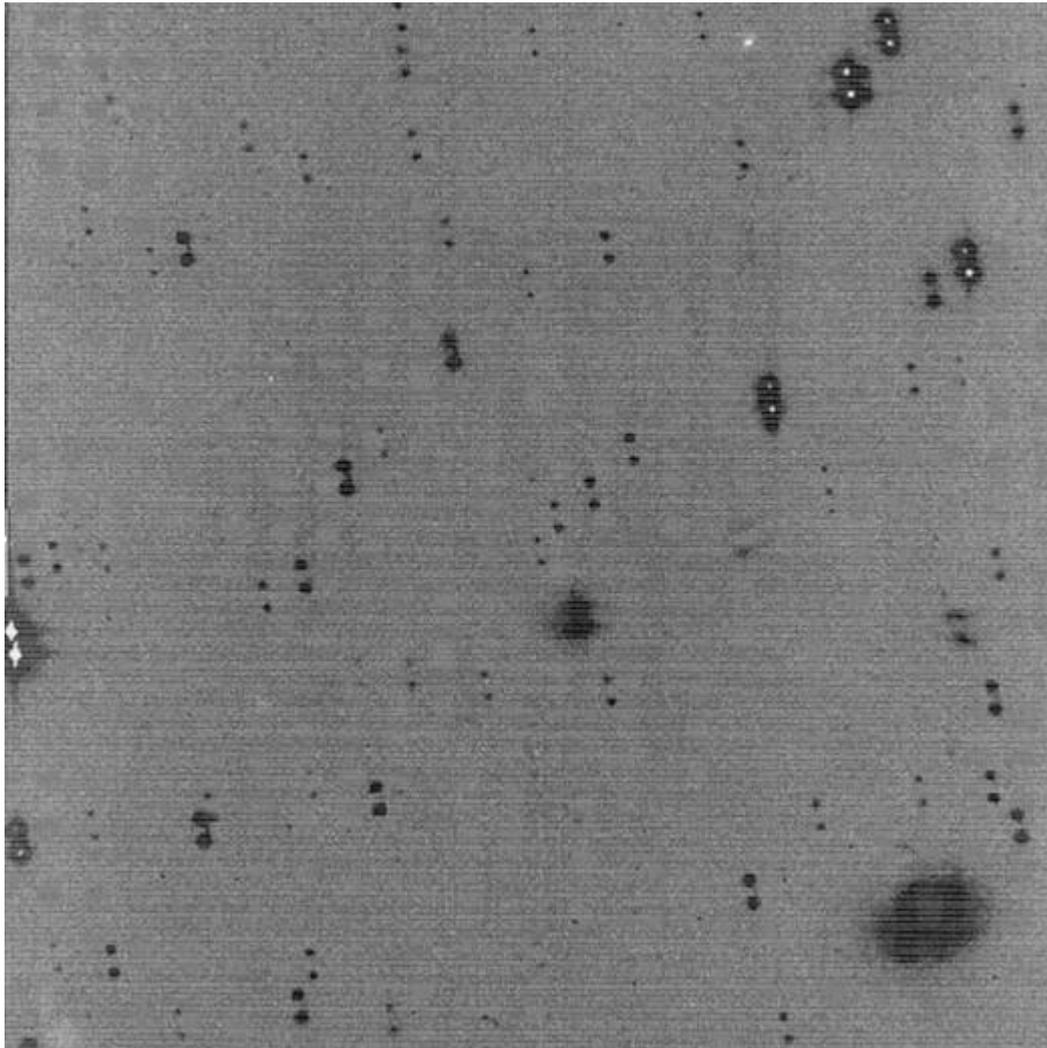
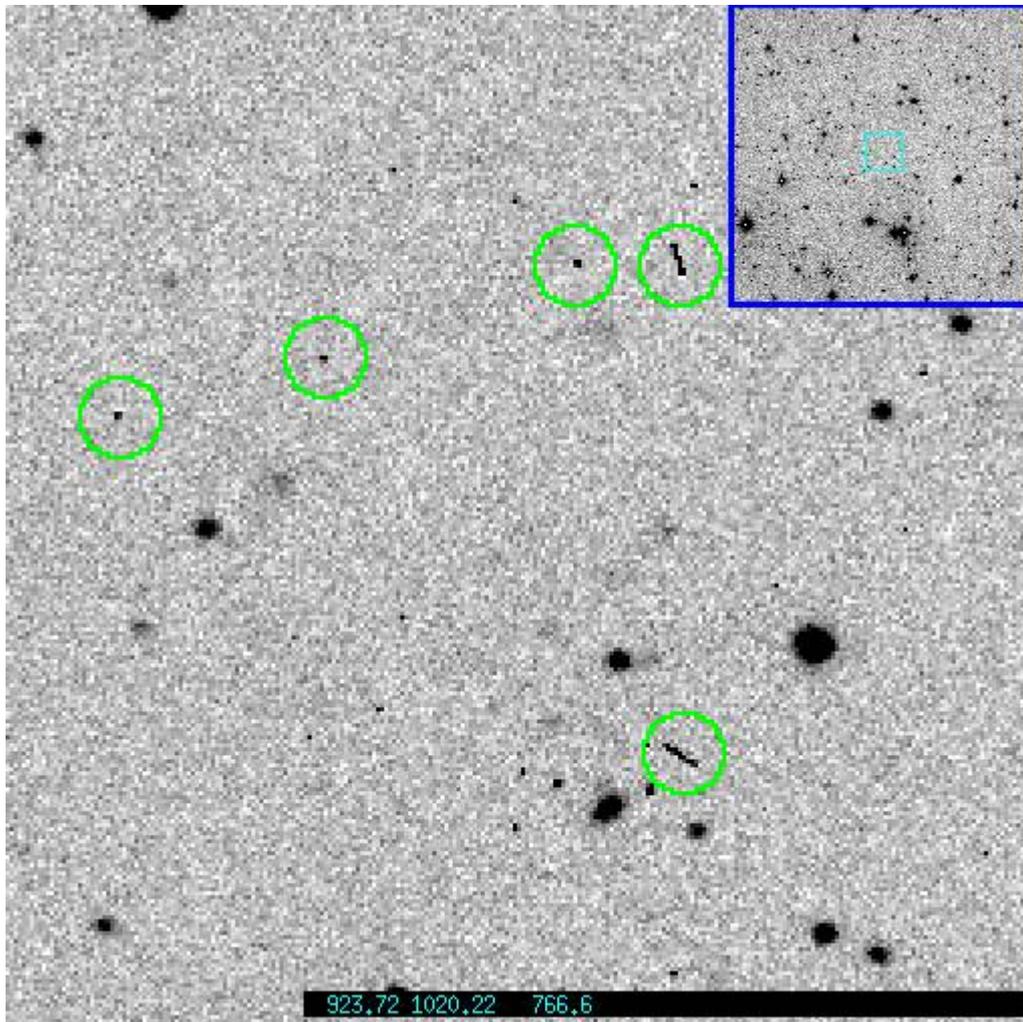


Immagine sdoppiata, nonostante la guida, esterna allo strumento principale, sia stata perfetta; questo effetto è stato causato dal movimento dello specchio primario del telescopio di ripresa e/o di guida, durante la posa, o da una flessione improvvisa del sistema.

Soluzione: il problema non riguarda i sensori di ripresa e di guida ma gli strumenti ottici e i loro collegamenti: per chi utilizza telescopi Newton, occorre bloccare lo specchio primario nella sua cella; in generale occorre controllare che il collegamento tra telescopio di guida e di ripresa sia il più stabile possibile. Il problema si risolve se si utilizza lo stesso strumento per la ripresa e la guida.

Raggi cosmici, aerei, satelliti:

Descrizione: Si tratta in tutti i casi di oggetti indesiderati che spesso rovinano un'immagine. I raggi cosmici sono particelle molto energetiche di origine extraterrestre che colpiscono il sensore e che provocano la comparsa di punti o brevi linee. La presenza di aerei e satelliti è molto più invasiva.

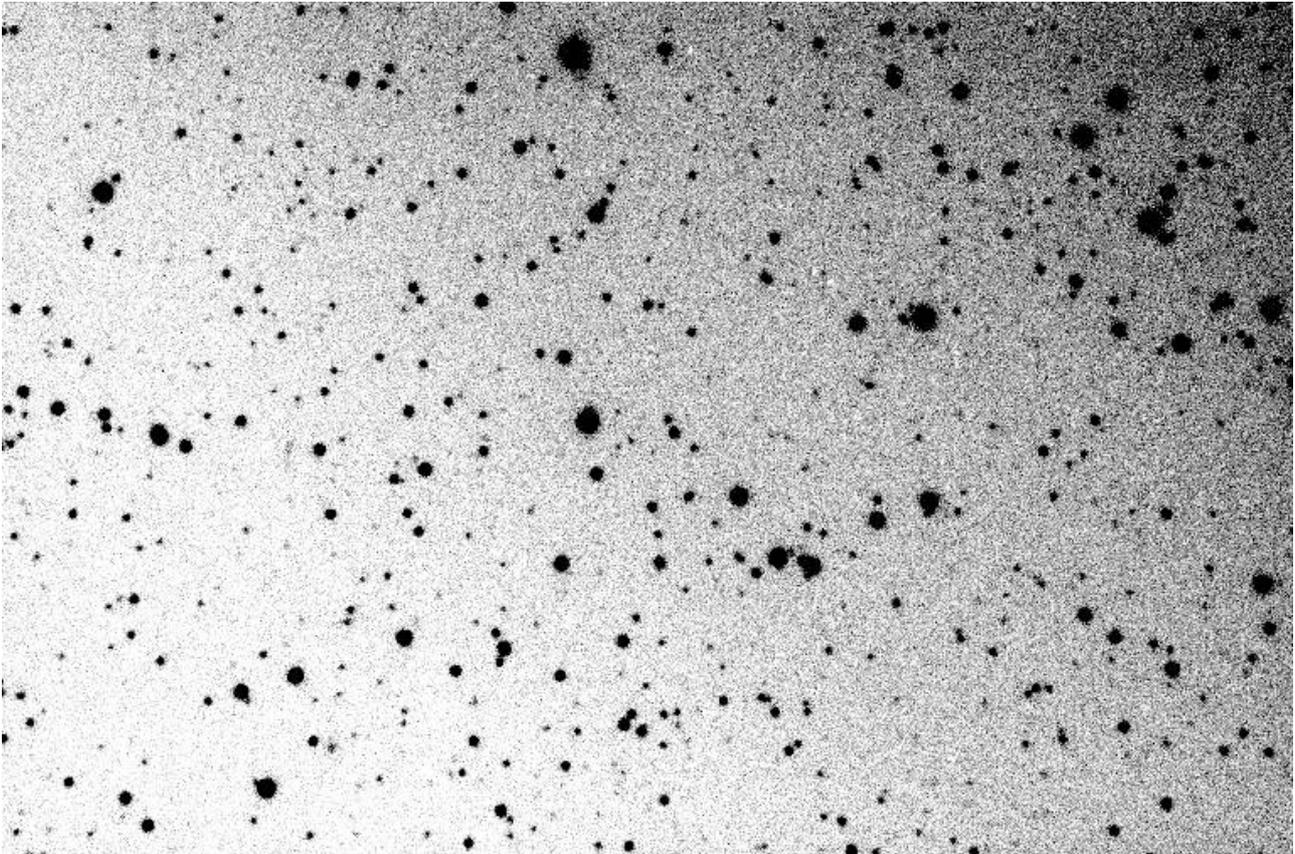


Tracce di raggi cosmici, simili a stelle o a piccoli segmenti luminosi, sono molto frequenti nelle lunghe pose

Soluzione: I raggi cosmici sono sempre presenti nelle lunghe pose e campi larghi, ma sono facilmente eliminabili in fase di elaborazione: basta avere un set di riprese da sommare con il metodo della mediana invece che con la solita media aritmetica. Per quanto riguarda aerei e satelliti, non sempre tale funzione è utile a causa della loro invasività: in questi casi è spesso necessario scartare l'immagine.

Gradienti luminosi residui:

Descrizione: Presenza di gradienti di luminosità residui dopo l'applicazione di un flat field, variabili nel corso delle riprese, dovuti quasi sempre alle condizioni del cielo (presenza di luna, inquinamento luminoso o velature del cielo) o locali (luci parassite che entrano nello strumento). Se la loro forma non cambia muovendo il telescopio o ruotando la camera, la causa è probabilmente di natura elettronica.

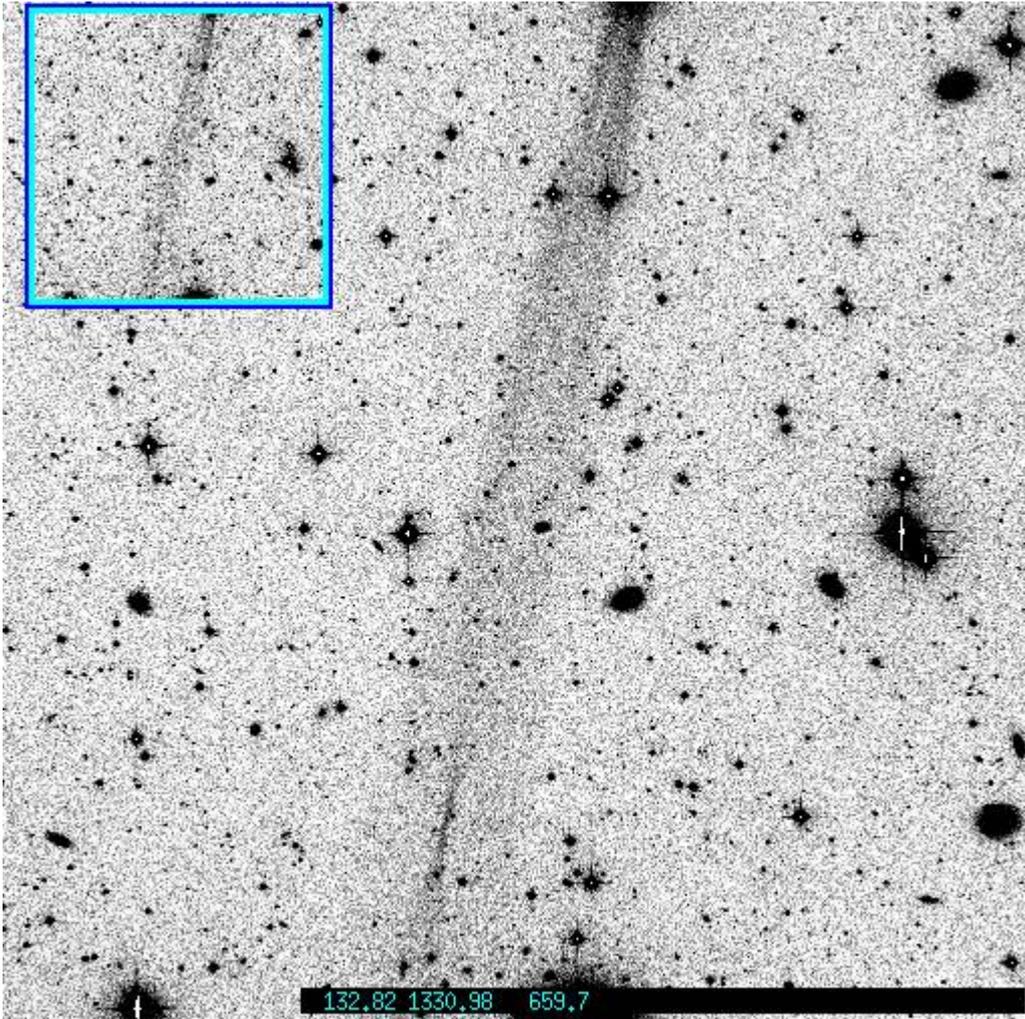


Tipica immagine calibrata correttamente ma che mostra gradienti residui dovuti, in questo caso, alla presenza della Luna distante oltre 90° : un'immagine simile si produce quando si riprende da luoghi con forte inquinamento luminoso. Se il gradiente è regolare e persiste su un lato dell'immagine, il problema è in una non perfetta calibrazione.

Soluzione: Purtroppo non vi sono soluzioni efficienti. Sicuramente in fase di ripresa occorre evitare di riprendere troppo in basso sull'orizzonte, vicino alla Luna e in generale da siti osservativi con elevato inquinamento luminoso. In alternativa l'uso di filtri a banda stretta (ad esempio H-alpha) può aiutare molto. Se le riprese non hanno scopi scientifici e solamente dopo aver corretto vignettatura e rumore elettronico rispettivamente con flat field e dark frame, si può usare la funzione "rimuovi gradiente" presente in tutti i software di elaborazione delle immagini. Se la natura è elettronica, occorre fare attenzione alle immagini di calibrazione, in particolare ai dark frame che devono essere ripresi alla stessa temperatura e con la stessa durata dell'immagine di luce. Per risolvere il problema ci sono due vie: la prima, migliore, è quella di riprendere i dark frame corretti, mentre la seconda, è quella di porvi rimedio applicandovi un bias frame (non necessario quando si sottraggono dei dark frame corretti).

Riflessi e spikes di diffrazione:

Descrizione: Presenza di immagini fantasma, spesso dalla forma stellare, più raramente dalla forma strana, dovute a particolari riflessioni degli elementi ottici del telescopio, soprattutto in prossimità di oggetti particolarmente brillanti. Alcuni riflessi si presentano davvero strani, specialmente nei sistemi catadiottrici molto aperti (Schmidt-Newton o Schmidt-Cassegrain con riduttore): la loro forma dipende dall'elemento ottico che produce il riflesso (lastra correttrice, filtri, lenti di barlow). Anche gli spikes di diffrazione, in campi affollati, possono creare molti problemi, nascondendo dettagli.

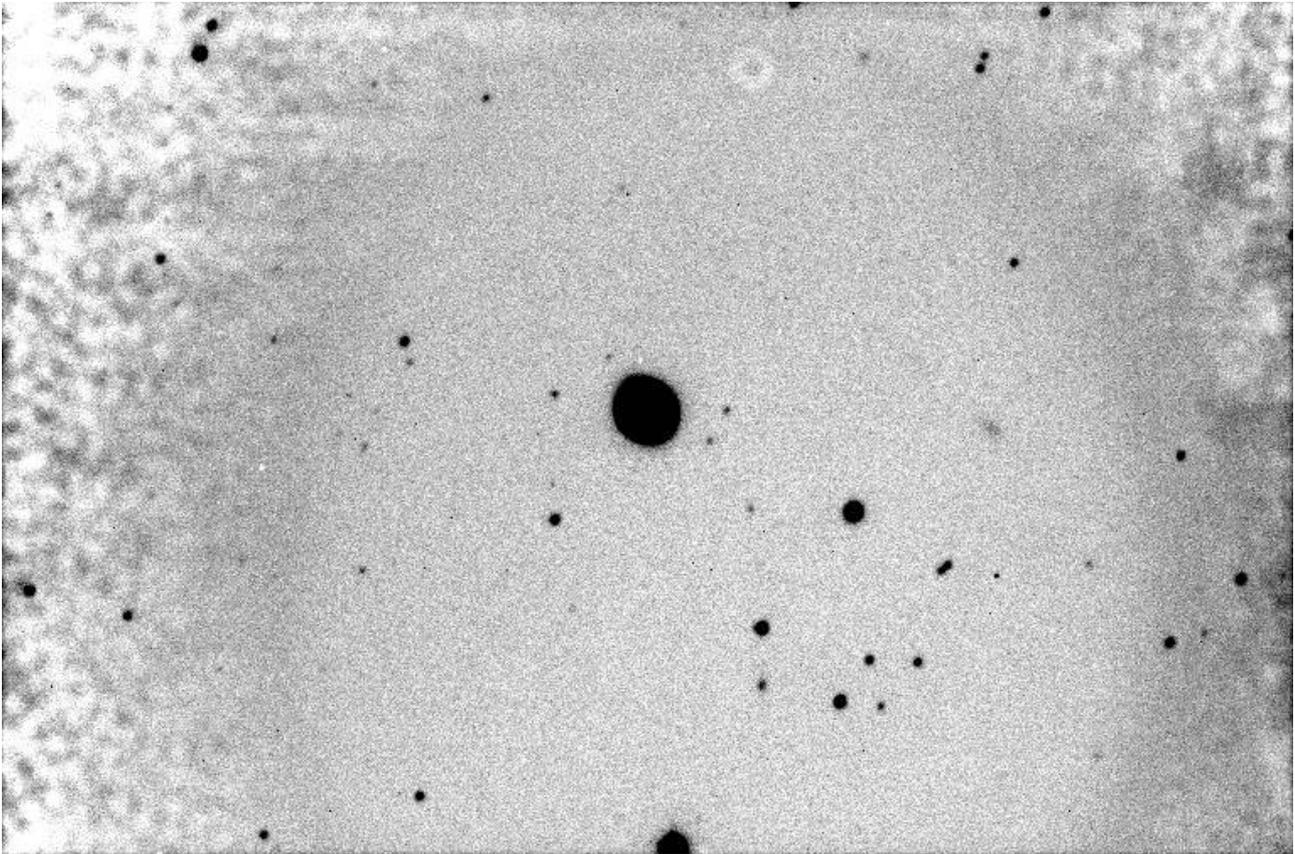


Questo oggetto peculiare è in realtà un riflesso di una stella fuori campo; nei sistemi catadiottrici, a causa della lastra correttrice, tali riflessi possono assumere forme piuttosto strane,

Soluzione: Non vi sono soluzioni in fase di elaborazione, anzi, spesso è molto difficile riconoscere il riflesso che a volte può essere scambiato per un (nuovo) oggetto reale. Basta muovere leggermente il telescopio o ruotare la camera di ripresa e la natura illusoria sarà svelata. In generale evitate riprese profonde in zone prossime a forti sorgenti luminose o l'inserimento di troppe lenti aggiuntive nel sistema, (filtri in serie o lenti di barlow): minori sono gli elementi ottici nel percorso, minore sarà la probabilità di riflessi. Nel caso di spikes prodotti dal sostegno dello specchio secondario, non vi è altra soluzione se non quella di ridurre la durata della posa.

Ghiaccio:

Descrizione: Presenza di righe-filamenti, a volte una vera e propria trama su tutta l'immagine, a causa della presenza di ghiaccio a seguito del raffreddamento del sensore. Questo difetto affligge solamente le camere CCD raffreddate e può essere veramente nocivo. Si presenta con maggiore frequenza quando si lavora in ambienti umidi.



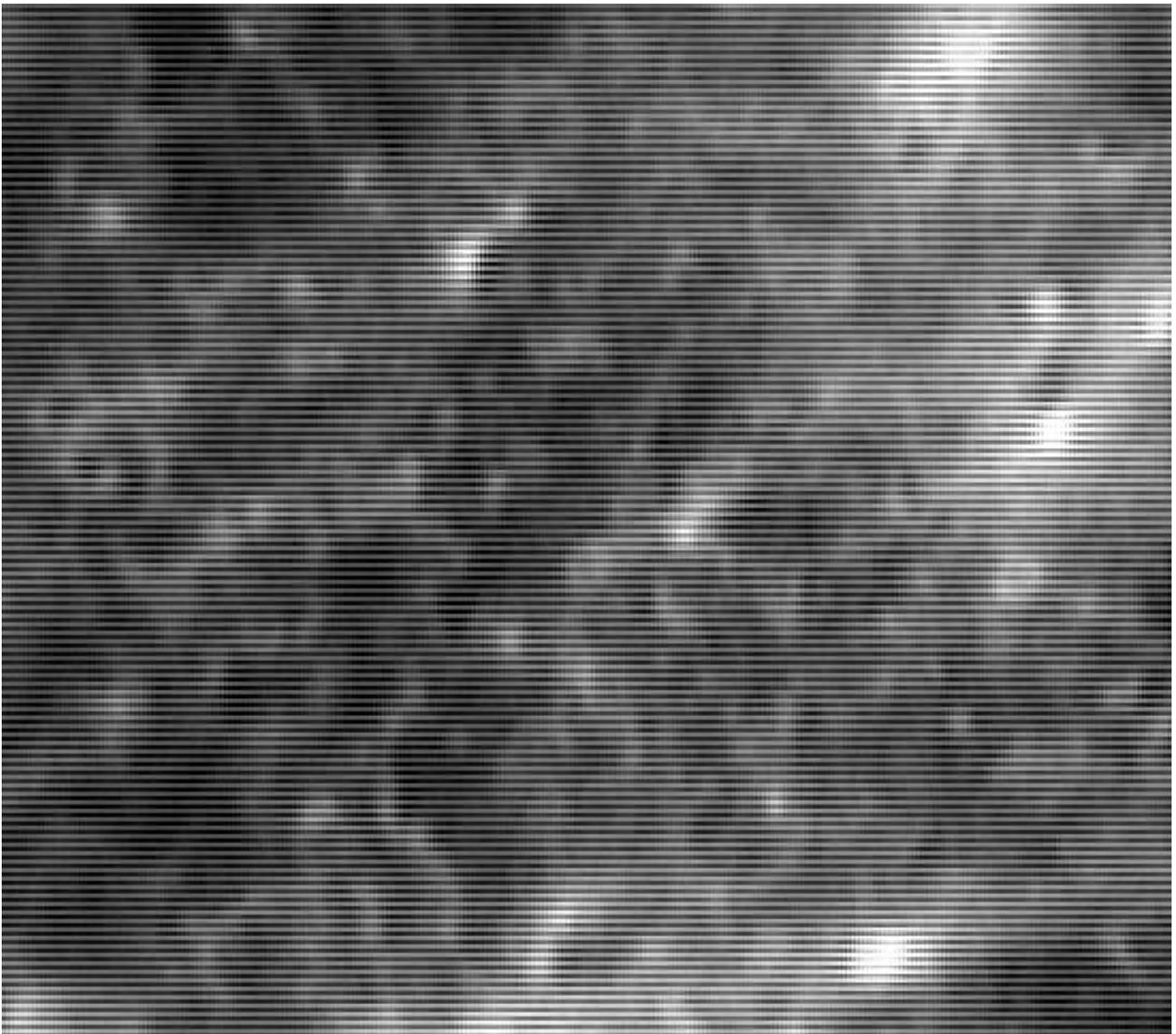
Presenza di uno strato di ghiaccio sul sensore, un ST-7 in questo caso, dovuto ad un ambiente molto umido e all'esaurimento del dissecante all'interno: occorre rigenerarlo o sostituirlo e tenere la camera CCD in un luogo asciutto quando non la si usa.

Soluzione: Di solito, per prevenire la formazione di ghiaccio, le camere CCD commerciali possiedono una finestra ottica al riparo dall'umidità esterna spesso accompagnata da dissecante. Non sempre però questo basta per prevenire la formazione di ghiaccio: il dissecante perde la sua funzione con il passare del tempo (soprattutto in ambienti umidi) e va ricaricato o sostituito. Nell'attesa, si può operare a temperature superiori allo zero (ma c'è il rischio condensa) o raffreddare la camera 1-2 ore prima del suo utilizzo, tempo generalmente sufficiente a far sparire ogni residuo. In ogni caso, riporre la camera CCD in un ambiente asciutto dopo l'uso.

Righe orizzontali e/o pattern regolari:

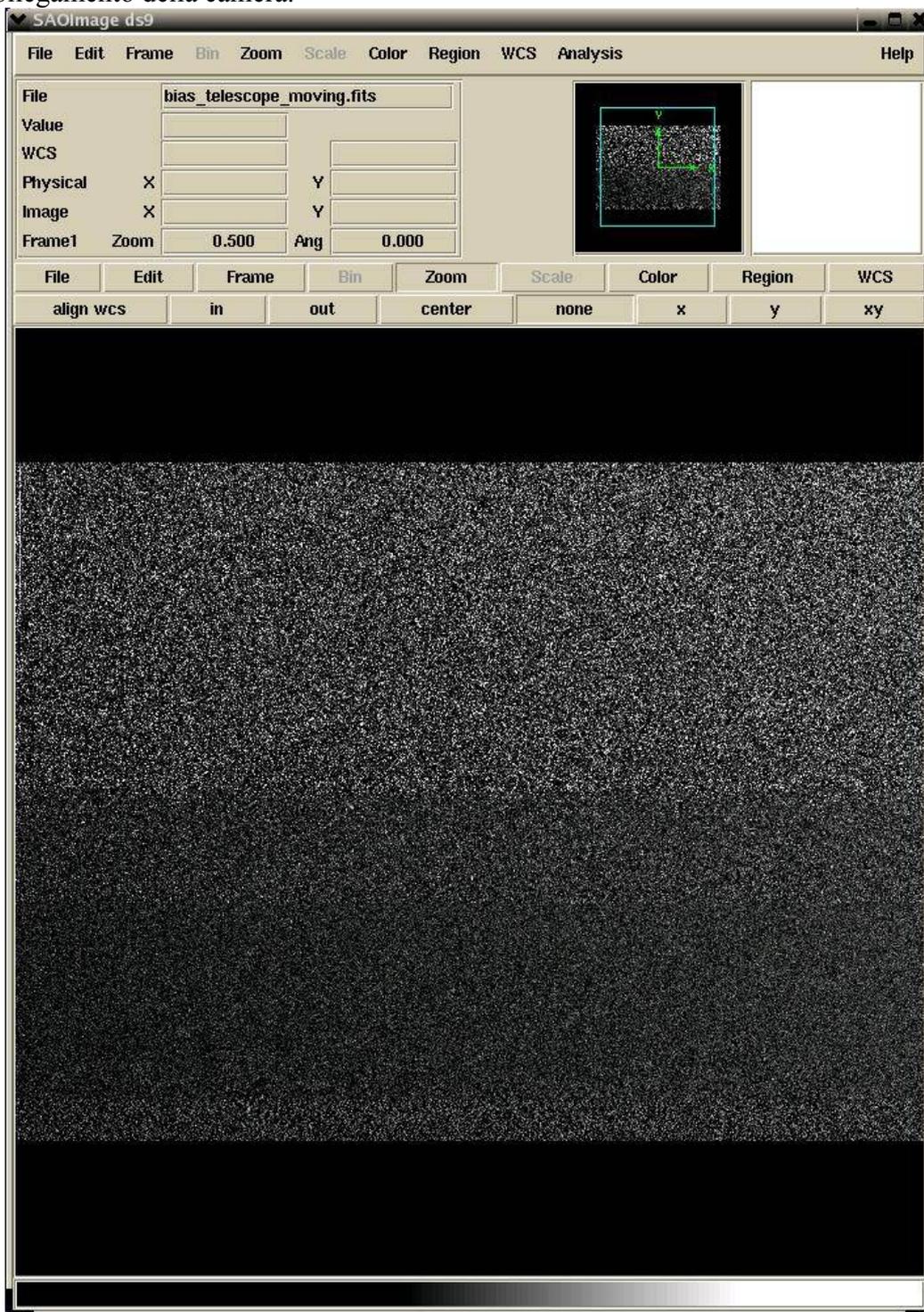
Descrizione: Si tratta di righe o trame dipendenti dall'architettura del sensore CCD, dall'ambiente in cui si trova e dal collegamento al computer. In questa categoria possiamo inserire:

- **righe regolari e orizzontali dovute alla griglia di filtri di bayer:** questo difetto riguarda solamente i sensori a colori e si manifesta evidente soprattutto nelle riprese webcam con molto segnale e poco rumore e può comprometterne l'estetica (ma non la risoluzione). La soluzione fortunatamente è semplice, almeno per quanto riguarda le webcam: applicare un filtro gaussiano di raggio circa 1 prima di qualsiasi altra elaborazione, oppure, in alternativa, ridimensionare l'immagine al 50%. La risoluzione reale resterà invariata perché essa, a causa della presenza della matrice di bayer, è la metà di quella nominale del sensore. In questo modo le righe, che sono dovute al ricampionamento da parte del firmware della camera, scompaiono totalmente, e la qualità non ne è affatto pregiudicata.



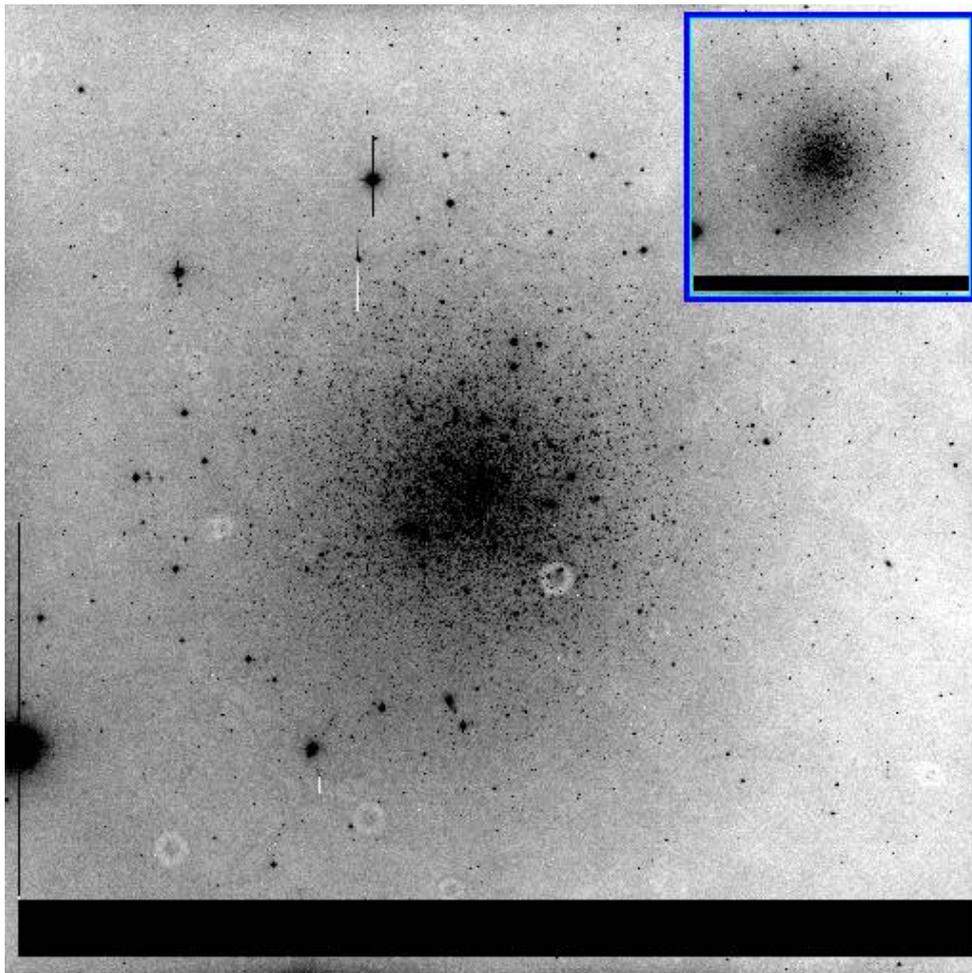
In questa immagine grezza della luna si nota molto bene la griglia di filtri bayer della webcam, dovuta al non perfetto ricampionamento da parte del firmware del sensore. In realtà, nonostante lo spiacevole effetto estetico, non si ha alcuna perdita di risoluzione e il problema è facile da risolvere.

- **presenza di bande scure, non sempre orizzontali, qualche volta variabili nel tempo:** si tratta molto spesso di un disturbo del segnale da parte dell'ambiente circostante, come ad esempio la presenza di reti wireless, di cavi dell'alta tensione, di ripetitori per telefoni cellulari, ma anche del rumore elettromagnetico prodotto dai motori della montatura, ai quali i sensori CCD per astronomia sono particolarmente sensibili, visibile in riprese con poco segnale e nei frame di calibrazione. Se le sorgenti di rumore non variano nel corso della notte, si può correggere tutto con un buon flat field; in ogni caso è meglio prevenire, limitando le sorgenti che possono interferire, e schermare il più possibile i cavi di collegamento della camera.



Bande scure, più visibili nei frame di calibrazione, come i bias, dovuti ad interferenze esterne di origine elettromagnetica, variabili a seguito dello spostamento del telescopio.

- **Righe o piccole porzioni in cui non sembra esserci segnale o vere e proprie divisioni dell'immagine:** sono problemi non troppo rari con sensori CCD, soprattutto quelli con collegamenti usb e molti pixel, ma anche da parte di reflex digitali. Nei casi più lievi il difetto si manifesta con la comparsa di piccole righe, dell'ordine di qualche pixel, prive di segnale, mentre nel peggiore si può notare un taglio netto e uno sfasamento dell'intera immagine: si tratta di un problema di lettura del sensore CCD, molto spesso, fortunatamente, colpa della scheda di memoria o del computer e dei collegamenti, piuttosto che della camera stessa. Il maggiore imputato è la porta usb del PC, soprattutto se a bassa velocità e se vi sono collegate altre periferiche che richiedono molta banda, più raramente può essere un problema software o di scrittura dell'immagine sulla scheda di memoria delle digicam.

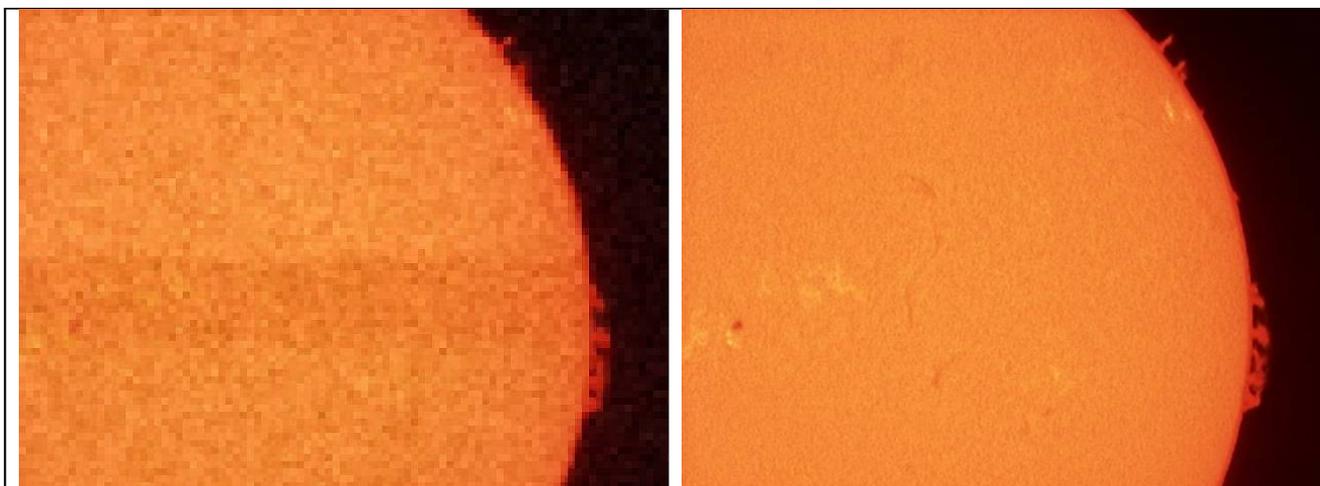


Tipica immagine affetta da read out error, cioè da un errore di lettura del sensore, problema causato principalmente dalla porta usb del computer, dai driver o dalla scheda di memoria delle digicam.

La soluzione comunque esiste ed è abbastanza semplice: scollegare altre periferiche o provare a cambiare porta (potrebbe esserci un malfunzionamento); se il problema persiste, provare a reinstallare i driver della camera CCD; se non si risolve, provare il collegamento ad un altro computer. Nelle reflex digitali, provare a formattare la scheda di memoria o ad eliminare eventuali impurità sui collegamenti. Questo solamente nel caso di immagini continuamente rovinare, altrimenti un errore di lettura sporadico non deve destare preoccupazione, anche se, spesso, l'immagine ottenuta è comunque da buttare.

Aumento eccessivo del rumore:

Descrizione: è un caso limite di come i disturbi elettromagnetici possano interferire pesantemente con l'elettronica non schermata di sensori non costruiti appositamente per l'astronomia e di scarsa qualità, come le webcam. In presenza di disturbi esterni, tipici delle città, l'immagine può deteriorarsi in modo impressionante, con la comparsa di rumore e righe di interferenza inaccettabili.



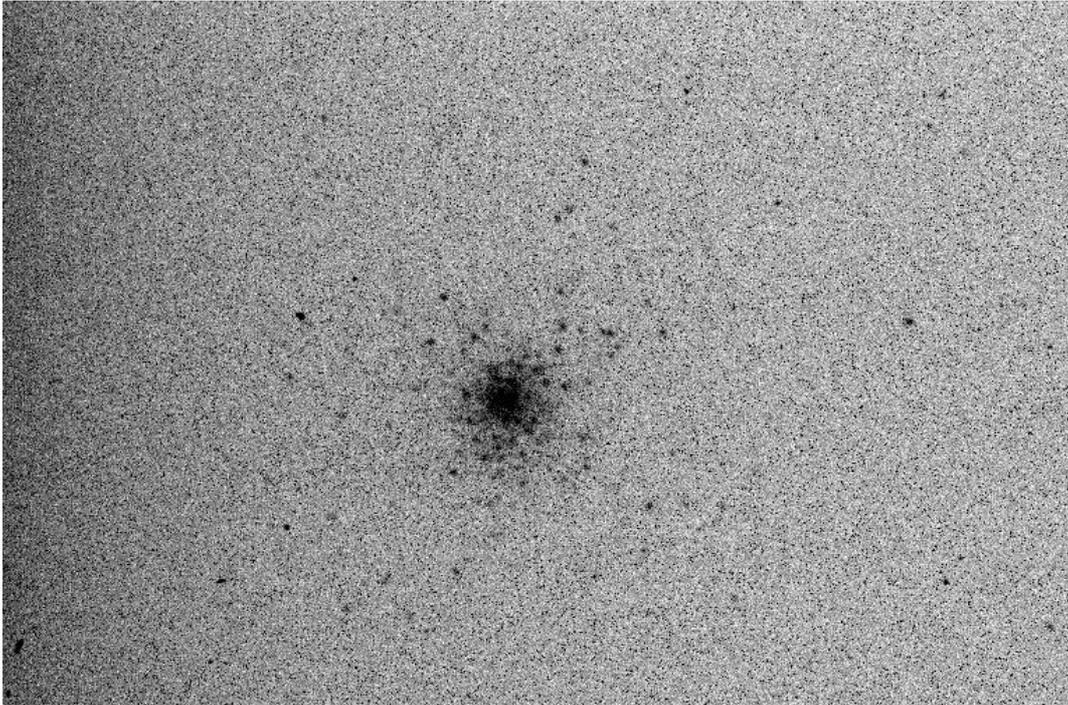
Ecco come si presenta un'immagine webcam affetta da disturbi esterni: il rumore è notevole, così come la presenza di una banda scura orizzontale: collegando il cavo al tubo metallico del telescopio o alla terra, il disturbo scompare

Soluzione: esistono vari rimedi, più o meno efficaci; l'ideale sarebbe quello di evitare l'esposizione del sensore a tali disturbi, ma anche la schermatura, ai fini del risultato finale, è molto efficace. Dalle mie esperienze, il problema si risolve totalmente semplicemente ponendo a contatto il cavo della webcam al suolo o al tubo del telescopio.

Immagini residue:

Descrizione: Quasi tutti i sensori CCD per astronomia, se contengono molta carica (e quindi hanno raccolto molta luce) non riescono a trasferirla tutta durante il processo di lettura del CCD, con la conseguenza che nei pixel interessati resta un po' di segnale accumulato dalla precedente immagine. In generale l'entità è molto contenuta ma può essere molto dannosa in fotometria e nell'imaging, soprattutto quando si riprendono frame di calibrazione subito dopo la ripresa delle immagini.

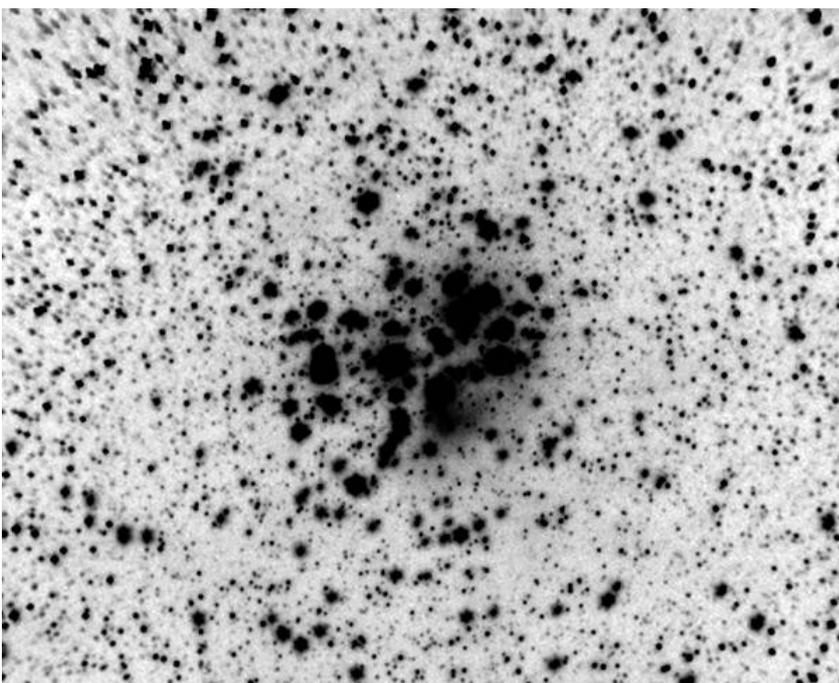
Soluzione: per lavori scientifici occorre che l'oggetto ripreso sia al di sotto della soglia di comparsa dell'immagine residua; questo in generale si verifica lavorando non oltre il 70% della full well capacity del CCD. Per lavori di imaging, tale limite può essere superato, ma occorre non riprendere frame di calibrazione o spostarsi su un oggetto molto più debole subito dopo aver esposto l'immagine. La carica residua, dopo qualche lettura del CCD, scompare rapidamente quindi è bene far fare qualche "giro a vuoto" al vostro sensore prima di muovere il telescopio o acquisire frame di calibrazione.



Questo è un dark frame di 300 secondi ripreso con una camera ST-7XME nel quale compare però l'immagine residua dell'ammasso M15 ripreso pochi minuti prima.

Aberrazioni introdotte dalla non assialità del sensore e dell'asse ottico o da scollimazione:

Descrizione: comparsa di aberrazioni extra assiali, in particolare coma, in prossimità dei bordi del campo, in modo asimmetrico. Nonostante tutti gli strumenti abbiano aberrazioni extra assiali intrinseche alla loro configurazione ottica, il problema in questo caso risiede nella non ortogonalità tra il sensore di ripresa e l'asse ottico, che introduce delle aberrazioni asimmetriche rispetto al centro del campo e/o alla non perfetta collimazione del telescopio

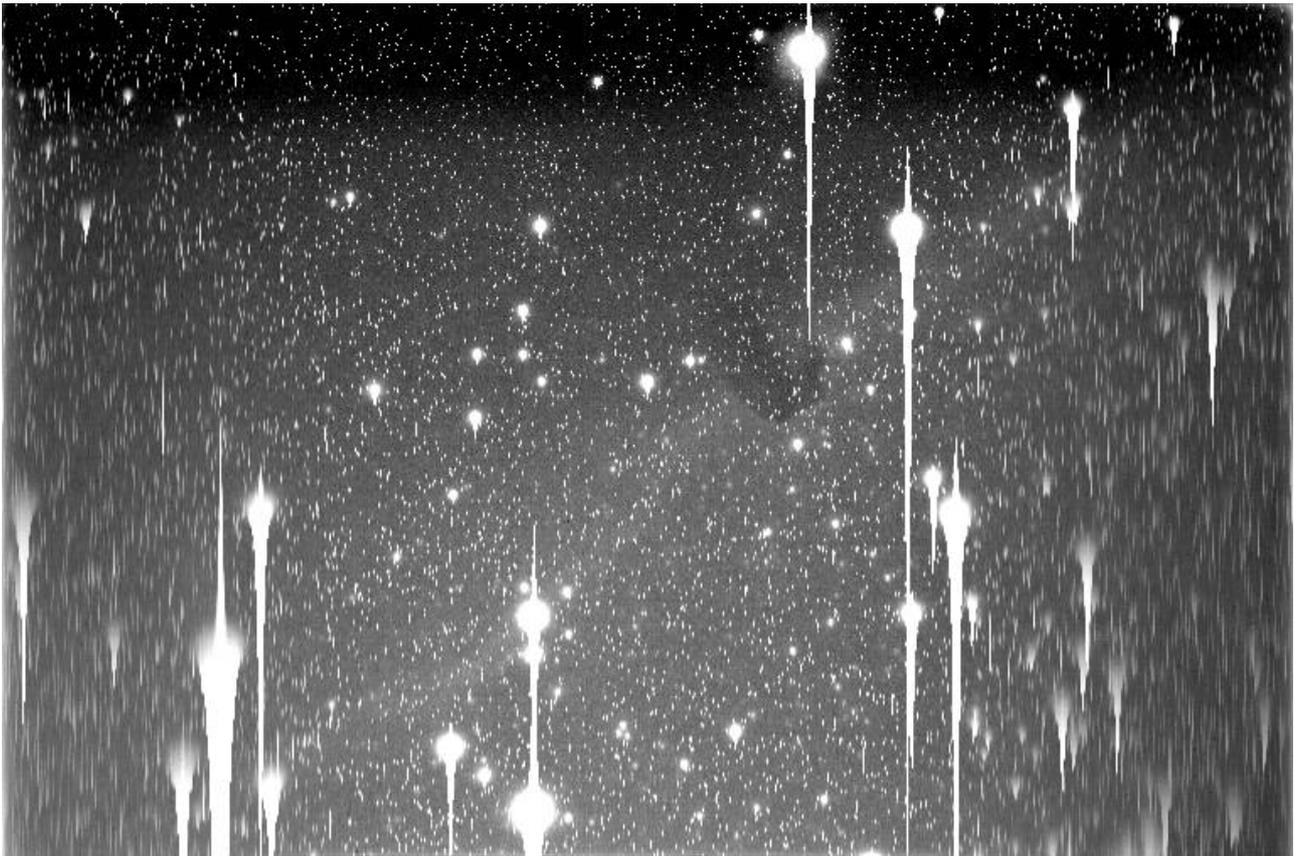


Presenza di aberrazioni (coma in questo caso) asimmetriche rispetto al centro: in questi casi il piano del sensore non è ortogonale all'asse ottico, probabilmente a causa del focheggiatore o di flessioni nel collegamento tra camera CCD e telescopio.

Soluzione: Curare molto bene il collegamento tra camera di ripresa e telescopio e controllare l'ortogonalità del focheggiatore, soprattutto se si tratta di telescopi Newton di fascia economica bassa, oltre alla collimazione dello strumento.

Strani gradienti verticali, righe e deformazione del campo:

Descrizione: Questo tipo di artefatti non è da imputare all'elettronica del CCD ma alle condizioni di ripresa. Siano infatti di fronte a zone dell'immagine in cui il CCD è saturato, benché non lo sia il contatore analogico digitale. Tali situazioni sono tipiche di immagini a lunga posa sotto cieli molto inquinati o di flat field ripresi con un cielo troppo chiaro.

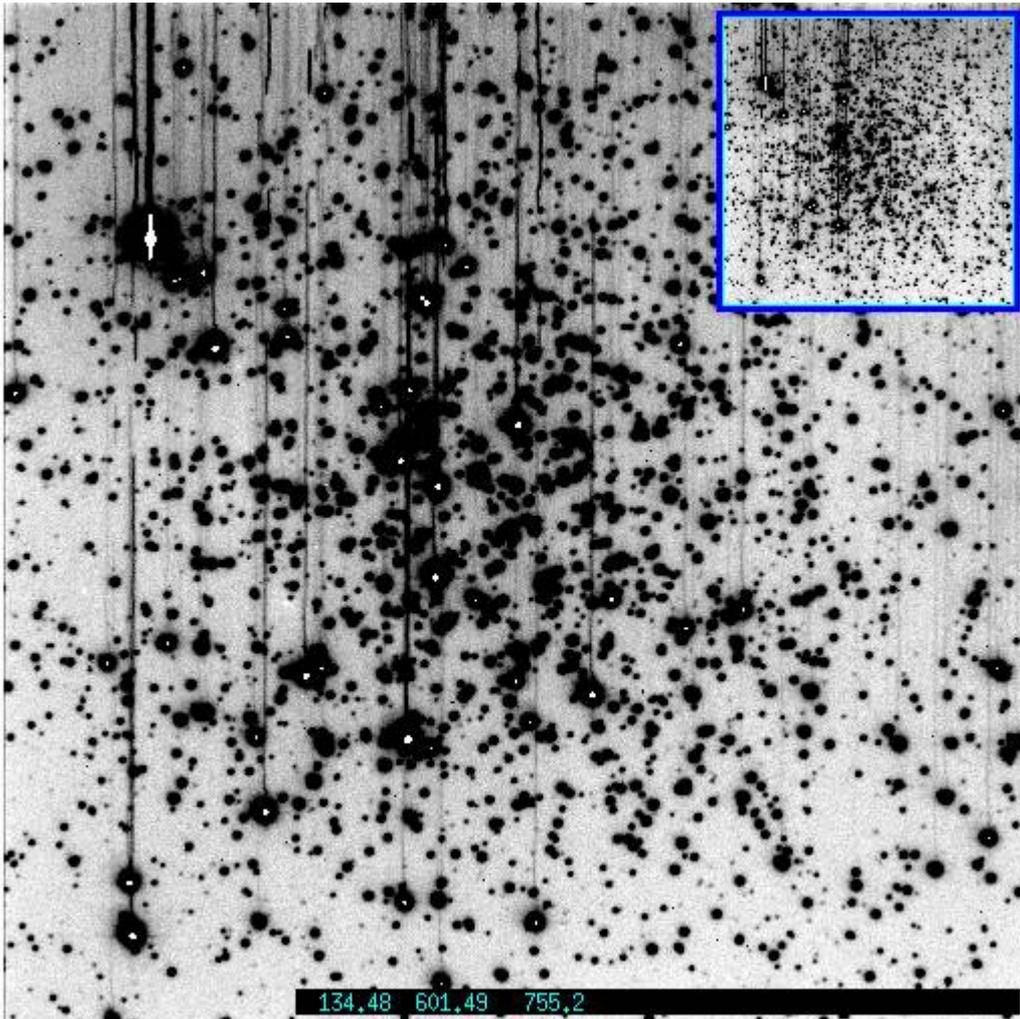


Tipica immagine in cui gran parte del campo inquadrato ha saturato il sensore CCD benché non ancora il contatore analogico digitale (ADU). Questa situazione è tipica di camere CCD e pose notevolmente sovraesposte, unite a condizioni di cielo non particolarmente buone (presenza di forte inquinamento luminoso. Purtroppo un'posa genere è totalmente da buttare.

Soluzione: anche se il contatore non è saturato, lo sono diverse zone del sensore CCD e possono comparire linee, gradienti, zone scure, deformazioni e strani effetti nelle stelle. Occorre fare sempre attenzione e non lavorare mai quando molte zone di cielo arrivano vicine al limite di saturazione del contatore analogico/digitale; orientativamente questo significa non avere mai un fondo cielo oltre l'85-90% del limite di saturazione.

Immagini luminose strisciate:

in qualche caso, utilizzando tempi rapidi e riprendendo oggetti molto luminosi, si possono avere delle deboli strisciate nel senso in cui avviene la lettura del sensore da parte dell'elettronica. Queste sono da imputare alla sua natura o alla mancanza o malfunzionamento dell'otturatore: durante il processo di lettura del CCD esso resta esposto alla luce e vengono prodotte delle immagini strisciate. Questo effetto è evidente nelle riprese webcam sovraesposte o nei sensori CCD di tipo full frame transfert privi di otturatore.



Le stelle più brillanti mostrano una scia lungo la direzione di lettura del sensore; questo può essere dovuto ad un cattivo funzionamento dell'otturatore, ma in certi sensori, privi di otturatore, e in immagini con pose molto brevi e molto luminose, può essere un effetto normale.

Soluzione: in sensori con otturatore questo effetto è da imputare ad un suo malfunzionamento, spesso generato da sbalzi di corrente o da un errore del software di gestione della camera CCD; nel caso delle webcam esso compare in pose sovraesposte e basta ridurre il guadagno o il tempo di esposizione, mentre nel caso di CCD full frame transfert privi di otturatore meccanico, esso è intrinseco al loro funzionamento e si presenta tipicamente in immagini planetarie dalla posa breve: un aumento dell'esposizione (senza saturare il CCD!) riduce molto questo effetto anche se non lo elimina completamente.