

Aldo Ferruggia, Pier Giuseppe Barbero

FOLIA



I

"La scienza è come un uomo bendato che in una stanza buia cerca di afferrare un gatto nero". K. Popper

Definizione di Selenocromatica

'Complesso di metodiche amatoriali di *remote sensing* che partendo dal colore della crosta lo correlano alle disponibili conoscenze scientifiche col fine ultimo della comprensione della Luna.

Metodi

La presente trattazione vuole essere la prima di una serie di pubblicazioni che rappresentano la naturale continuazione del percorso teorico e sperimentale della Selenocromatica già a sommi capi tracciato nel precedente articolo curato da me e da amici del GAWH. Come anticipato dalla citazione popperiana, si esporranno alcune considerazioni di tipo epistemologico capaci di indirizzare metodi, misure ed esperimenti. E prendendo spunto proprio dalla metafora del più famoso filosofo della scienza, chi si occupa di Selenocromatica non è un uomo completamente cieco ma un uomo con una visione confusa e cangiante perchè anche i suoi occhi possono essere sostituiti. Anche il gatto, l'oggetto della ricerca, che nel nostro caso è colorato, è normalmente confuso in mezzo ad altri oggetti emettenti luce abbagliante, così come i colori della Luna sono soverchiati da una grande quantità di radiazione che, interagendo con l'atmosfera terrestre che la diffonde, ne provoca un sostanziale "appiattimento" verso il bianco, cioè verso la somma di tutti i colori. Abbiamo quindi un gatto che emette luce colorata, in mezzo ad altri oggetti che a loro volta emettono luce sostanzialmente bianca. La stessa stanza (i gradienti di luminosità della Luna), essendo abbagliante, disturba la visione del gatto colorato che solo a fatica viene percepito. Ma non solo. Chi osserva, si accorge che gli oggetti ed il gatto non emettono luce di tonalità fissa: essa infatti varia in base alla posizione reciproca tra osservatore, osservati e stanza. Ma i problemi per il cercatore di gatti colorati non sono finiti. Egli infatti non capisce se i colori che percepisce provengono dal gatto, dagli occhi di turno o dagli occhiali che indossa. Sì, perchè è obbligato a metterli quando cerca il gatto colorato ma chi li ha costruiti potrebbe averli dotati di aberrazioni che generano o cancellano colore.

A questo punto appare salutare abbandonare l'asfissiante metafora introduttiva, metafora che ci ha comunque illustrato buona parte delle difficoltà che ci troviamo ad affrontare. Ed è proprio il numero e la consistenza di queste difficoltà a suggerire di procedere senza un metodo preciso. Meglio, il metodo è proprio non averne uno. Questo significa che si sarà liberi di investigare in ogni direzione e che i risultati sul campo suggeriranno, grazie all'istinto, all'intuizione, od alla cattiva digestione, soluzioni si spera originali. Intendiamoci, un tale modo di procedere non è farina del sacco di chi scrive, ma è ispirata all'approccio libero da condizionamenti sostenuto da Paul Feyerabend. Un campo di ricerca

astronomico tanto anarchico come quello della Selenocromatica non può che essere affrontato almeno preliminarmente in maniera anarchica, approdando a metodologie più "ortodosse" nel momento in cui vengano acquisite conoscenze più salde.

Terminiamo questa introduzione spiegando che lo sfondo nero che si è deciso di adottare, seppure alla lunga fastidioso per la lettura, appare il più adatto per la percezione dei più fini gradienti cromatici. Si anticipa pure che alcune immagini potranno non essere esteticamente apprezzabili, avendo il presente lavoro come principale target il cromatismo lunare.

Non solo LRO

Nel precedente articolo si era usato come punto di riferimento cromatico quello della sonda LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter, lancio 2009). Si ricorda in questa sede che le immagini della LRO sono riprese dalle seguenti ottiche: due NACs (Narrow Angle Cameras) ad alta risoluzione (max 50 cm alla quota orbitale nominale di 50 km) per immagini pancromatiche con ampiezza di 2,9°; una WAC (Wide Angle Camera) per regioni più ampie (60°, con risoluzione max 75 metri alla quota orbitale nominale di 50 km) attraverso sette filtri corrispondenti alle seguenti lunghezze d'onda:

- filtro 1 – 321 nm
- filtro 2 – 360 nm
- filtro 3 – 415 nm
- filtro 4 – 566 nm
- filtro 5 – 604 nm
- filtro 6 – 643 nm
- filtro 7 – 689 nm

Le immagini a colori in tre bande sono realizzate con colori codificati corrispondenti alle lunghezze d'onda 321 nm per il blu, 415 nm per il verde e 689 nm per il rosso.

Ma appare oggi opportuno aggiungere a tale galleria di immagini anche quelle della sonda Galileo che fotografò per la NASA nel 1992 buona parte della superficie lunare utilizzando tre filtri fotografici¹. I suoi mosaici a colori hanno permesso di confermare molti dati ottenuti da terra e di allungare l'elenco di reperi affidabili. Ciononostante si sottolinea anche per la sonda Galileo la difficoltà a rendere omogeneamente i colori lunari, soprattutto nelle aree nei pressi dell'orizzonte lunare che per effetto prospettico vengono schiacciate. Ne è un esempio la differente resa della zona del cratere Goldsmith ripreso "di taglio" ed in zenitale (Fig.1 e 2). La selenocromatica, come prevedibile, è più semplice se si riprende "di faccia" la superficie lunare.

1: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/look-nasas-stunning-false-color-mosaic-lunar-images-180978386/>

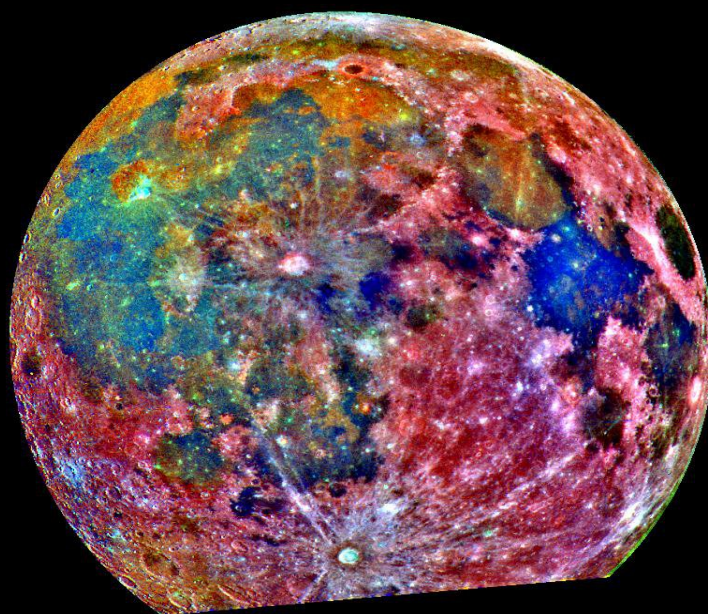


Fig. 1: Immagine a colori esagerati ottenuta nel 1992 dalla sonda Galileo della NASA, quando si trovava a 422.000 dalla Luna.

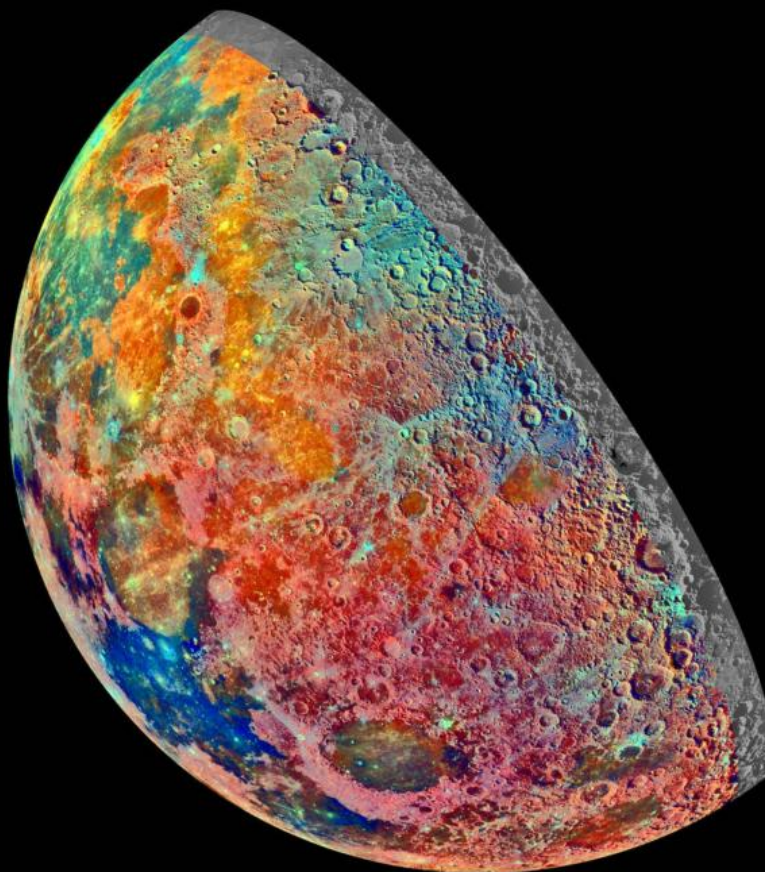


Fig. 2: Immagine a colori esagerati ottenuta dalla sonda Galileo, in avvicinamento al polo nord lunare

Cromianze da IRcut e coppie di filtri visuali

Serafino Vinco ha ottenuto cromianze (esaltazioni cromatiche di immagini a colori) senza filtri, in C(DVF) (Cromiance from Double Visual Filters #25 e #47) e con l'utilizzo di filtri IRcut da una zona a scarso gradiente cromatico ma con aree sicuramente celesti (Descartes). Il sandwich visuale rosso-viola resiste bene alla saturazione, è avaro di colore e taglia in particolare il celeste/azzurro. Esso quindi rischia di creare chiari artefatti (necessaria rigorosa CCE – Esaltazione Cromatica Controllata) proprio in tale tonalità convertendo il celeste in giallo come la coppia viola-giallo #12 e #47 .

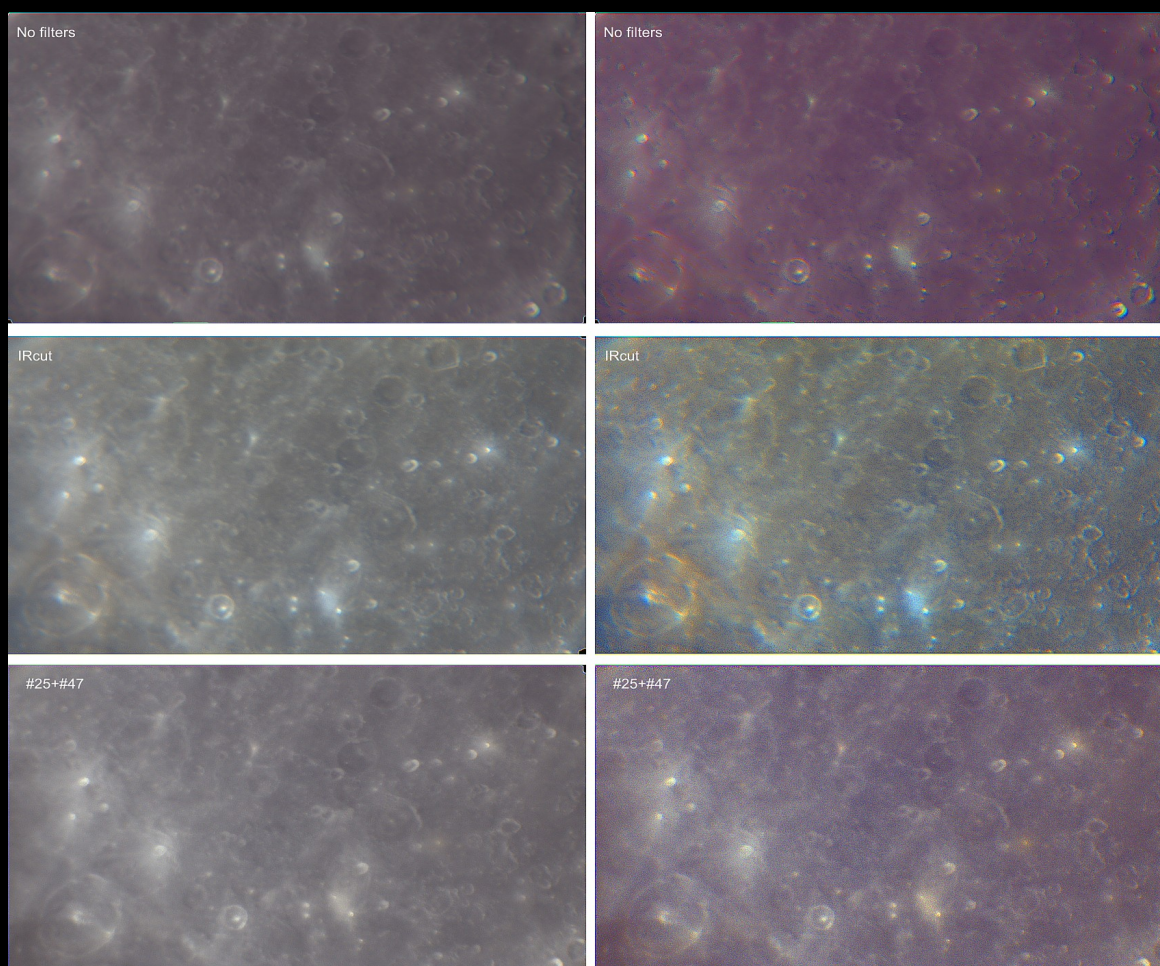


Fig. 3: Immagini dell'area di Theophilus - Descartes di Serafino Vinco (C8+ ASI 385 MC). Le immagini sono ruotate di 180° rispetto alla realtà e quindi il nord è in basso e l'est è a sinistra; la colonna a destra rappresenta le immagini sovrasaturate

Le acquisizioni della fig. 3 sono state ottenute senza macro di esaltazione cromatica. Il test suggerisce che l'immagine senza filtri "annega" nell'eccesso del colore di fondo i colori meno rappresentati. Ma siamo sicuri che non si tratti di un artefatto prodotto dall'utilizzo di comandi diversi su diverse riprese?

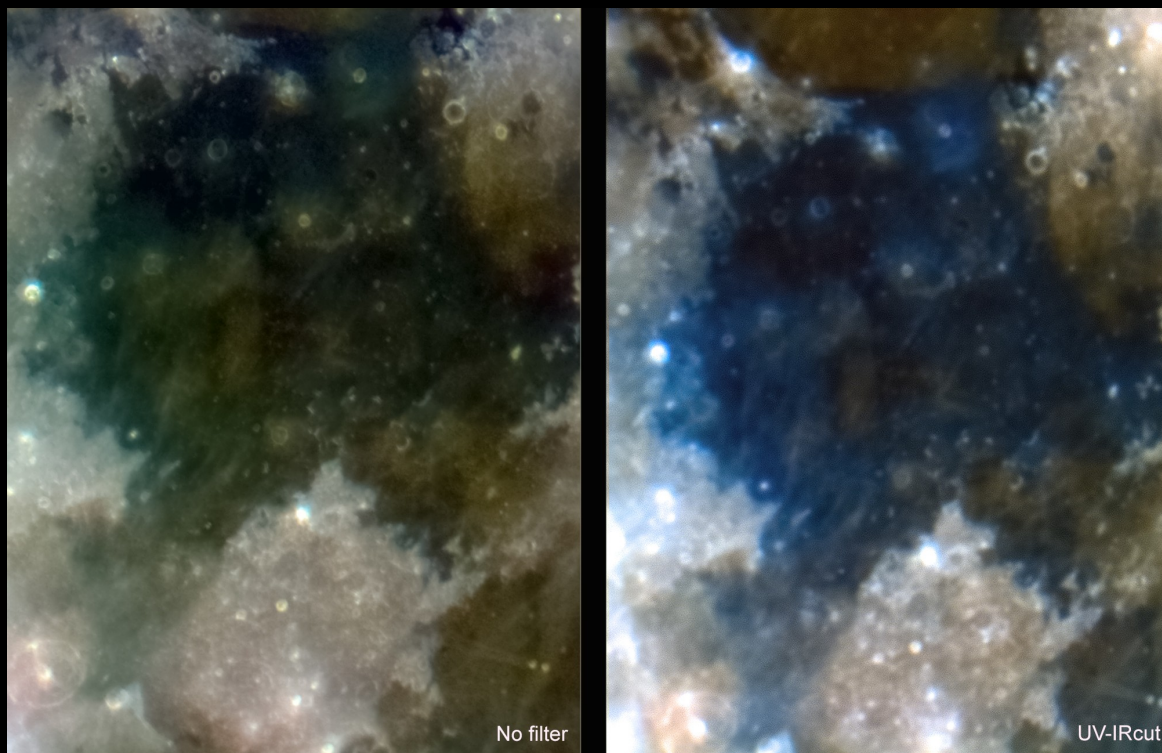


Fig. 4: Contrasto fra immagini di Mare Tranquillitatis senza e con UV-IRcut acquisite con C8 a F/5 con ASI 224MC; CCE di A. Ferruggia con Macro 1.0, CL90 e OSCC; tralasciando il maggior dettaglio di quella senza filtro (a sx) a causa di un seeing migliore, si noti il maggior bilanciamento e pulizia dei colori dell'immagine di destra

Per ripondere si sono messe a confronto i risultati i risultati di due riprese, con e senza UV-IRcut, elaborati con le stesse macro; l'immagine senza filtri risente della sovrapposizione di colori dello spettro visibile a quelli generati dalla risposta giallastra della camera al vicino infrarosso, col risultato di una addizione di giallo al blu/azzurro con risultante verde (buona parte di Mare Tranquillitatis) e di ingiallimento di alcuni crateri più chiari e/o rispettivi aloni (Plinius, Dawes, Gardner, Ross, Isidorus D, Carrel, Dionysius). L'altra immagine invece dimostra che l'**utilizzo di filtro IRcut** restituisce colori più 'puri' perchè elimina la risposta nell'IR, restituendo solo lo spettro visibile e **va quindi fortemente consigliato** nel pre-processo delle cromianze delle Immagini Selenocromatiche (Si).

Riferimenti cromatici

Dopo un periodo iniziale in cui per la valutazione sull'attendibilità di un'immagine a colori della crosta lunare ci si basava su 'criteri' e 'reperi' a loro volta suddivisi in saldi forti e deboli, in Selenocromatica ormai ci si affida **solo alle formazioni** cromatiche riportate **nell'Atlante** dei Reperi e **considerati tutti**, salvo diversa indicazione, come reperi **saldi** (score 3). Per il computo del punteggio selenocromatico si veda Folia III.

Il celeste lunare

Il celeste lunare sembra essere reale, cioè sul suolo lunare vengono reperite formazioni le cui rocce tendono a tale colore, comunque quasi completamente tagliato in tecnica LC(DVF). L'ipotesi che fossero dovute ad una resa aberrante di zone ad elevata albedo è risultata errata dall'analisi di una immagine dell'astrofilo Andrew McCarthy che nella primavera del 2020 ha creato un mosaico con 12 immagini del terminatore lunare²: Sono così risultate evidenti aree inequivocabilmente celesti acquisite quando certo non presentavano albedo assoluta elevata, al terminatore appunto. Circa poi l'ipotesi che alle cuspidi ci fossero aree erroneamente rese col celeste questa è sconfessata, almeno per il polo nord lunare, dalla sonda Galileo che nel 1992 ha fotografato nel visibile la Luna da un punto di vista valido ai nostri scopi. Infine l'analisi comparata di dati ottenuti dal GAWH da terra e quelli ottenuti dallo spazio dalla camera WAC della sonda LRO (che in buona parte "taglia" tale colore) e Galileo³ confermano la tonalità di molte delle formazioni cromatiche preliminarmente rilevate come celesti. Si apre quindi per queste aree, quasi sempre aloni di crateri, la discussione sulla loro reale natura. Due sono le principali: la prima è che il colore derivi dalla loro età, cioè da strati esposti giovani, quindi non sottoposti per un tempo sufficiente all'ambiente cosmico per uniformarsi cromaticamente al resto della superficie lunare. C'è poi l'ipotesi che si tratti della produzione per pressione e calore di cristalli azzurri nelle rocce espulse con l'impatto. I fenomeni peraltro non si escludono vicendevolmente. In ogni caso, al di là della loro effettiva natura, sono formazioni per noi interessanti per la possibilità di utilizzarle nelle "triadi" cromatiche. Infatti, la loro relativa frequenza sulla crosta ne fa ottime candidate a servire da contrapposto albedico alle più scure aree ricche di ossidi di Ferro (ad es. Nubium Pony) ed alle aree scure bluastre ricche di Titanio (ad es. Mare Tranquillitatis ed il bordo sud-est del Serenitatis).

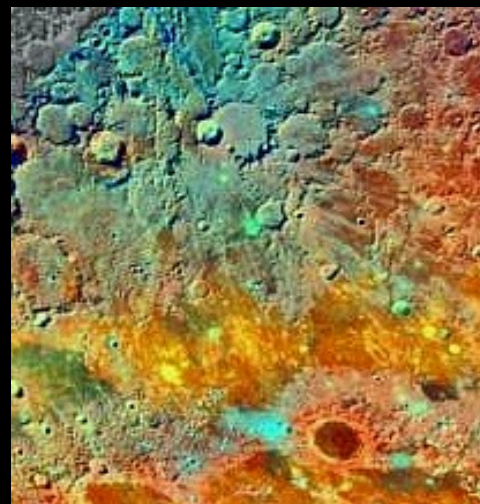


Fig. 5: Area circumpolare col cratere Goldsmith (in alto) e di Plato (in basso a dx); particolare da foto NASA a colori esagerati (sonda Galileo)



Fig. 6: Area di Plato con tecnica LC(DVF)+C (vedi oltre) di A. Ferruggia; le aree azzurre di Bliss (con crateri ad ovest) e Plato J sono reperi "forti"

2: <https://petapixel.com/2020/04/18/this-backyard-moon-photo-was-made-by-combining-shots-from-every-phase/>

3: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA00131.jpg>

'Gemmae', 'triadi' e software

Le formazioni chiamate col termine latino '*Gemmae*' ('gemme' in italiano) sono Azure Haloed Craters, *spots* azzurri dall'alto gradiente cromatico rispetto alle strutture cicostanti. Le più famose sono *Gemma Nubium*, *Gemma Nectaris*, *Gemma Censorini* e *Gemma Riphaei*. E particolarmente utili per la standardizzazione del colore della crosta lunare potrebbero risultare anche i grandi gradienti cromatici che si possono rilevare in triadi di grosse formazioni colorate, dati di partenza per la creazione di software in grado di leggere l'informazione catturata dalla camera per bilanciarla e correggerla: dopo aver sovrasaturato l'immagine e riconosciuto la triade, grazie a tale triangolazione cromatica il software potrebbe non solo lavorare *live*, elaborando un'immagine selenocromatica "dal vivo", cioè utile a mostrare a monitor "in diretta" i minerali lunari, ma potrebbe anche guidare l'acquisizione di una sequenza fotografica che non necessiterà di una postproduzione laboriosa. Si approderebbe così ad uno *standard in pre-processo*.

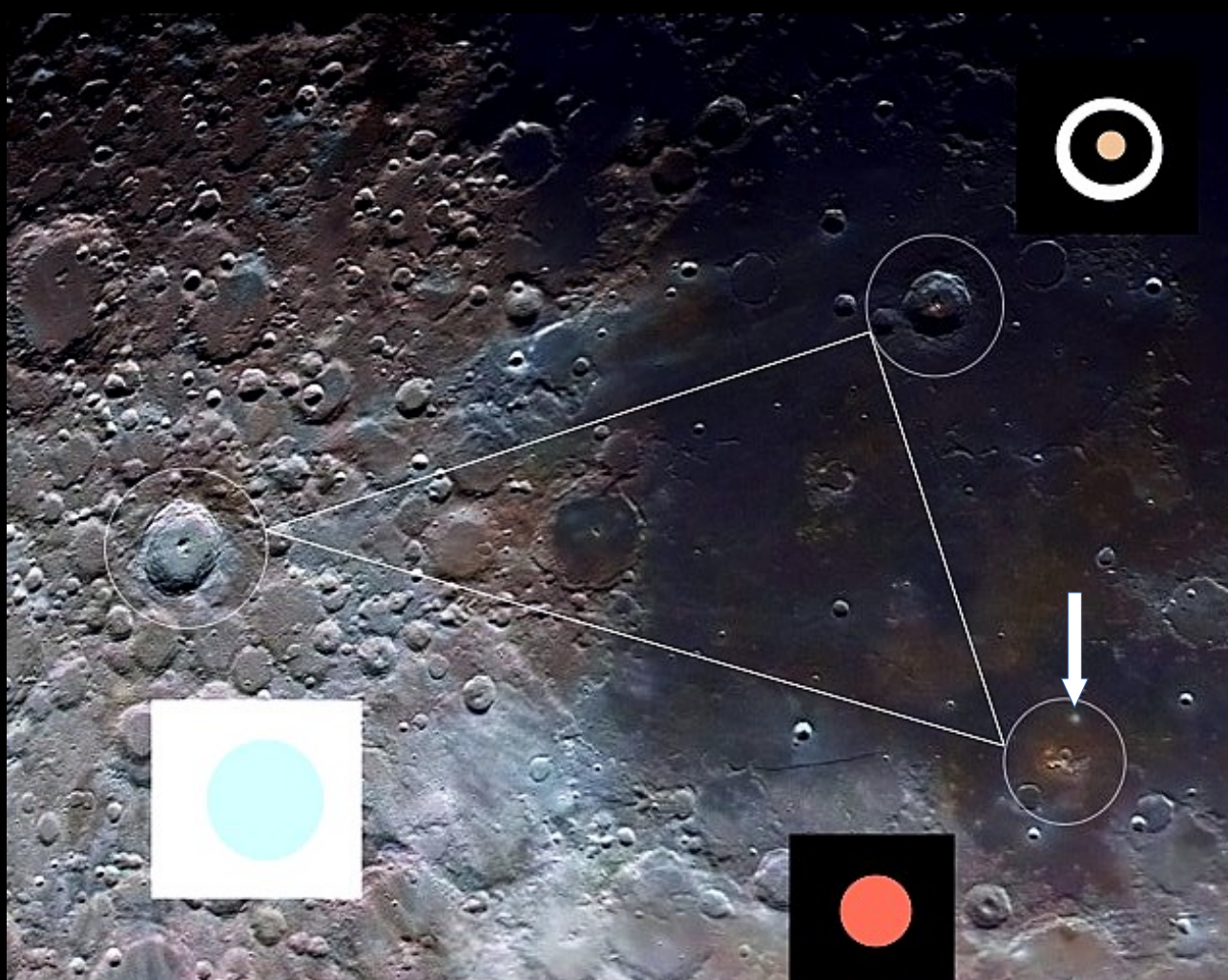


Fig. 7: Prima proposta di "triade" cromatica: a sinistra (Sud)Tycho in celeste, in basso (Est) Lassell, arancione in campo scuro aperto ed in alto Bullialdus giallo-arancio in campo scuro centrato. Immagine di A. Ferruggia con L(DVF)+C, vedi sotto). "The Nubium Pony" potrebbe implementare la "triade". La freccia indica Lassell D, 'Gemma Nubium', qui non perfettamente apprezzabile per via della penombra

Risoluzione e colore

Le luminanze (L) utilizzate per l'analisi selenocromatica dovrebbero preferibilmente, ma non necessariamente, essere caratterizzate da alta risoluzione in modo da evidenziare anche piccole aree in cui i colori siano differenti dalle regioni circostanti e possibilmente determinare a quali dettagli superficiali siano attribuibili tali colori.

Vari sono i fattori che concorrono al conseguimento di tale alta risoluzione, alcuni gestibili quali strumentazione, tecnica di ripresa, elaborazione dell'immagine, e altri al di fuori del controllo dell'astrofilo, principalmente il *seeing*.

In questo contesto può essere interessante determinare per via diretta la risoluzione raggiunta nelle immagini ottenute, sia per un utile confronto con riprese delle medesime zone effettuate in tempi/con telescopi differenti oppure da altri astrofili, sia per valutare in termini assoluti la qualità di ripresa.

Il metodo consiste nell'individuare il più piccolo cratere visibile e stimarne la sua dimensione lineare. Poiché le attuali tecnologie a disposizione dell'astrofilo permettono di risolvere minuti particolari dei quali non sono normalmente disponibili stime del loro diametro occorre effettuare una misurazione ed applicare una semplice proporzione rispetto a crateri dei quali siano note le dimensioni. E' possibile infatti reperire immagini di alcune zone del nostro satellite che hanno già quotati numerosi piccoli crateri. In tal modo, come detto, sarà possibile determinare per confronto diretto la grandezza del più piccolo particolare presente su una nostra ripresa inferendo tale valore tramite il rapporto tra dimensioni dei crateri.

Nel caso in cui vi sia il dubbio che una piccola macchia sia effettivamente un cratere o piuttosto un difetto di immagine (pixel caldo, eccesso di elaborazione ecc.) può essere utile affidarsi alle riprese ad altissima risoluzione delle sonde Lunar Orbiter degli anni pre-Apollo o, più recentemente, dell'LRO: in tal modo ogni dubbio può essere oggettivamente fugato.

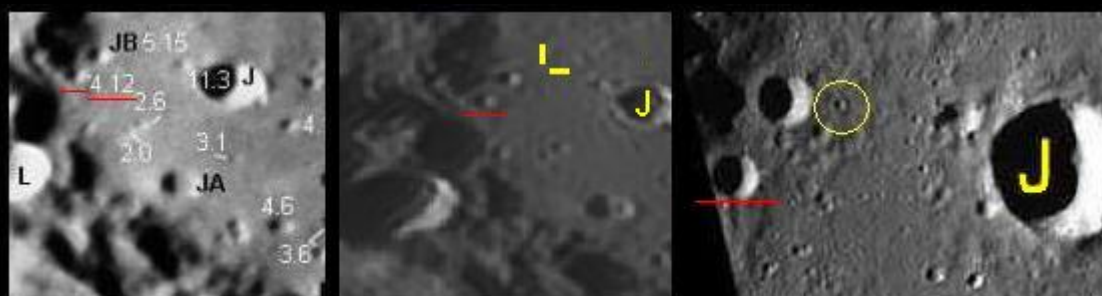


Fig. 8: Area nord-ovest di Clavius

Qui si propone un esempio di calcolo sulla zona nord ovest di Clavius (fig. 8): da sinistra l'immagine quotata nella quale non è visibile il cratere più piccolo rilevato nella ripresa centrale di Serafino Vinco e indicato con i due tratti gialli: a destra l'immagine da LRO in cui è visibile il particolare (cerchio giallo). Il cratere indicato con la riga rossa ha una dimensione di 4,12 km: misurando con una riga direttamente sullo schermo del PC tale dettaglio e quello di cui si ricerca la misura si ottiene un rapporto di 1/3,75: da ciò si ricava un diametro reale di 1,1 km per il craterino ($4,12 / 3,75 = 1,099$).

Si forniscono sotto come riferimento immagini di cinque aree della Luna con misurazioni di crateri (in successione il Cratere Clavius, Mare Nectaris, Mare Humorum, il cratere Plato e Ptolemaeus).



Fig. 9: Il cratere Clavius



Fig. 10: Il cratere Ptolemaeus



Fig. 11: Mare Nectaris ed il cratere Fracastorius

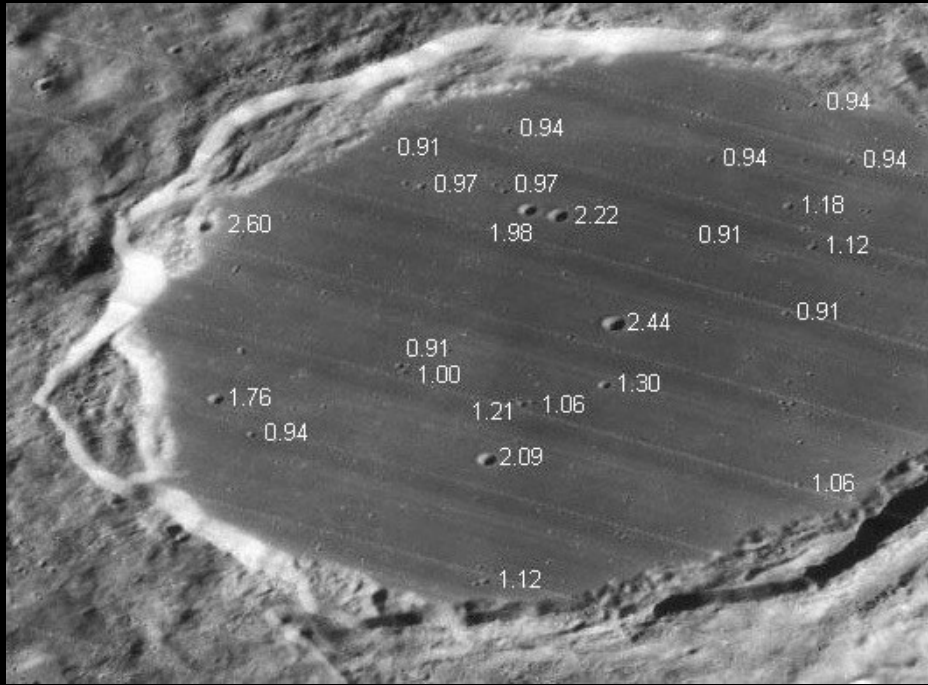


Fig. 12: Il cratere Plato



Fig. 13: Mare Humorum

Lo stacking

Uno dei fattori che impattano fortemente sulla qualità delle luminanze è lo 'stacking', la somma intelligente dei frames in cui è diviso un filmato di acquisizione planetaria in 'lucky imaging'. Il programma più utilizzato dal nostro gruppo per allineamento e somma è Autostakkert!.

L'applicazione mostra all'astrofilo un 'Quality Graph', una stima della qualità di ogni singolo frame rispetto ad uno di qualità definita intermedia. A partire da questo grafico, secondo istruzioni dell'autore, l'astrofilo dovrebbe decidere la percentuale di file da utilizzare per creare l'immagine finale, secondo l'idea che tale numero dovrebbe corrispondere all'incirca al numero di frames che superano il valore di 50%, cioè dovrebbe utilizzare solo le migliori.



Ebbene, con un QG come quello del test della figura 10 dovremmo staccare intorno al 25% del totale dei frames. Nel test si è staccato il 30% ma il risultato è stato

Fig. 14: QG con linea verde(qualità) che incontra il valore di 50% intorno al 25% del totale

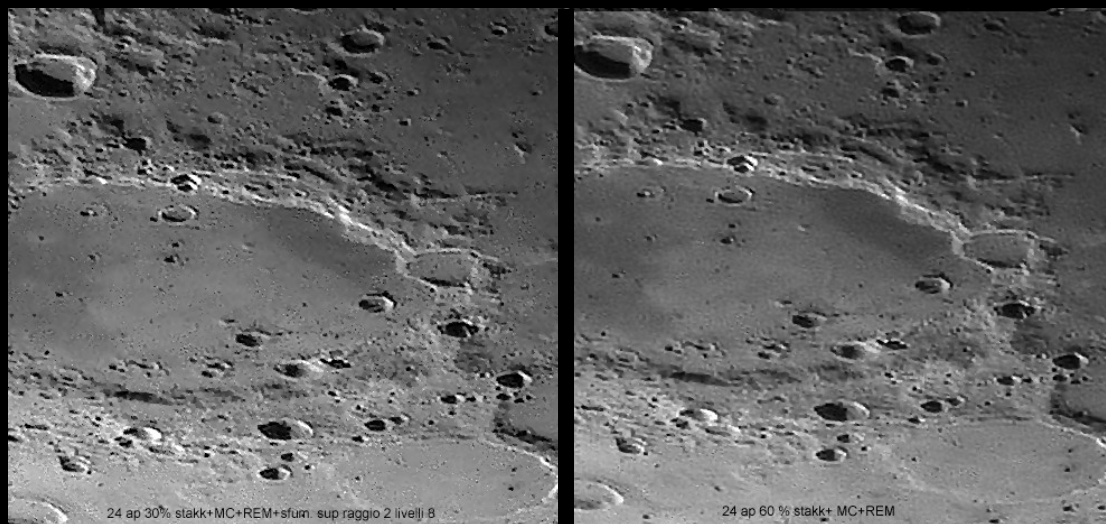


Fig. 15: a sinistra il risultato di stacking 30% compostprocesso in PS con Maschera di Contrasto+Riduzione Effetto Mosso+sfumatura superficiale, a destra stacking 60%+ Maschera di Contrasto+Riduzione Effetto Mosso, Ripresa di A. Ferruggia

confrontato col risultato di una percentuale di frames doppia (60%): in maniera inattesa le due immagini sono comparabili (lo stack a 60% avrebbe dovuto essere di parecchio inferiore), anche se per la sinistra è stato necessario uno strumento in più di Photoshop per 'ammorbidire' la sua grana. L'immagine a destra (stacking 60%) risulta infatti più morbida e godibile, priva del 'graining' (pixelaggio artefatto ancora riscontrabile soprattutto nei crateri Schikard e Vargentin) e con 'ringing' (doppi bordi dei crateri) calmierato. Le immagini da pochi frames sono meno ricche di dati, più granulose e di conseguenza presentano facilmente artefatti nel caso in cui vengano sottoposte a successivi trattamenti per aumentarne la nitidezza. **Il QG non esprime la qualità assoluta** dei frames di una sequenza ma, più probabilmente, la stabilità nel tempo della stessa. Di più, in generale appare **svantaggioso fare stacking sotto il 50%** e, in caso di valori di QG al di sotto del 50% si possono ottenere immagini dai dettagli maggiormente esaltabili da % di stacking almeno del 20% superiori.

Tali conclusioni sono certamente influenzate da altri fattori, quali il numero di *Alignment Points* (Ap) usato od i settaggi dei *wavelets* scelti in Registax per creare nitidezza. L'utilizzo ad esempio di 'celle di allineamento' più grandi (ad es. 24 o 48 Ap) rende le immagini più 'morbide' ma questo potenzialmente a scapito del limite di nitidezza massima ottenibile. E pure l'utilizzo di *wavelets* di Registax meno aggressivi per scongiurare *graining* e *ringing* produrrà minor dettaglio da poter successivamente evidenziare. In ogni caso quindi ci pare consigliabile ottenere da subito un'immagine che abbonda di dati sì, ma che siano successivamente migliorabili senza generare artefatti. Si sottolinea che una 'bella' luminanza è frutto di un sapiente **equilibrio tra fattori che esaltano il dettaglio** (basso stacking, basso numero di Ap, alti *score* nei wavelet di Registax o simili) e **fattori che lo rendono più delicato e progressivo** (alto stacking, alto numero di Ap, bassi *score* nei wavelet di Registax o simili). Una tale luminanza potrà reggere ulteriori migliorie in programmi evoluti di grafica come Photoshop, per un risultato finale ricco ed armonico.

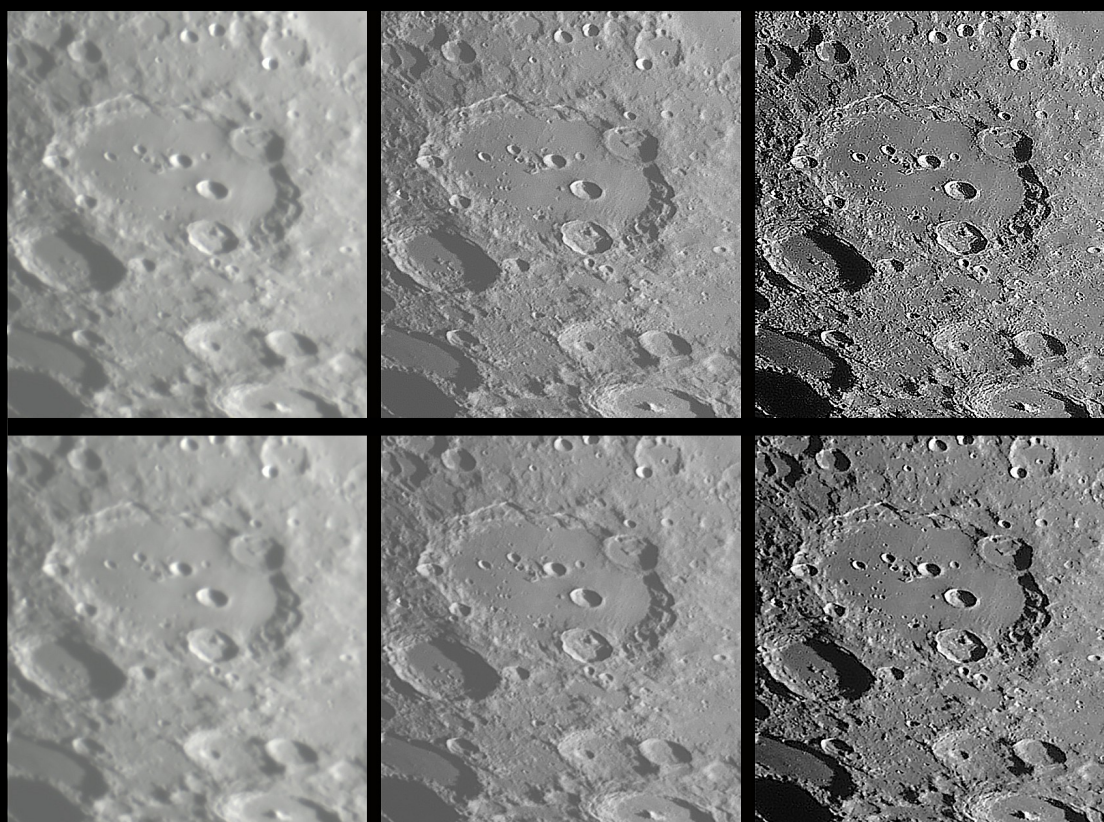


Fig. 16: in alto a sinistra luminanza grezza ottenuta in Autostakkert! con Ap 16 e 30% di stacking; al centro in alto il risultato del passaggio in Registax con wavelet 1 a 50 e sharpen 0.120; a destra passaggio in Photoshop con Maschera di Contrasto, Riduzione Effetto Mosso e bilanciamento luci/ombre. in basso a sinistra luminanza grezza ottenuta in Autostakkert! con Ap 16 e 70% di stacking; al centro in basso il risultato del passaggio in Registax con wavelet 1 a 50 e sharpen 0.120; a destra in basso passaggio in Photoshop con Maschera di Contrasto, Riduzione Effetto Mosso e bilanciamento luci/ombre. Si notino la granulosità della luminanza finale della serie in alto con la comparsa di numerosi artefatti sui bordi dei crateri. Nell'originale sono visibili strutture dal diametro ben sotto i 2 Km. Ripresa di A. Ferruggia