

Riprendere Venere

di Daniele Gasparri

Venere è sempre avvolto da una fitta coltre di nubi che impedisce ogni osservazione della sua superficie alle lunghezze d'onda accessibili agli strumenti amatoriali. Tuttavia, la dinamica della sua atmosfera è piuttosto interessante e ancora oggetto di studi approfonditi da parte della comunità astronomica. In queste pagine proporrò la tecnica ed i risultati ottenibili nel vicino ultravioletto (UV, 365 nm) e vicino infrarosso (IR, 1000nm = 1 micron)

Introduzione

Lo sviluppo di camere di ripresa planetarie e di filtri selettivi accessibili anche agli amatori, ha aperto finalmente il campo all'osservazione dell'atmosfera di Venere, pianeta, fino a qualche anno fa, le cui caratteristiche erano completamente inaccessibili a qualunque strumentazione amatoriale.

La caratteristica principale e rilevabile con strumentazione amatoriale è la spessa coltre di nubi che nasconde completamente la sua superficie, le cui sommità si trovano ad altezze di circa 80 Km sul livello medio superficiale. La loro struttura non è di facile osservazione, anche se non mancano occasioni in cui anche visualmente, senza l'aiuto di alcun filtro, utilizzando piccoli strumenti amatoriali, sono state osservate diverse macrostrutture; le più frequenti sono le brillanti calotte polari, più raramente delle luminose strutture equatoriali. L'evanescenza e la non oggettività dell'osservazione visuale non hanno potuto dare un peso scientifico a queste sporadiche osservazioni.

Le strutture nuvolose, almeno quelle a larga scala, diventano visibili utilizzando apparati di ripresa digitali e filtri centrati sulle bande del vicino UV (365nm) e del vicino IR (circa 1 micron). Recentemente inoltre, grazie alla notevole dinamica delle camere di ripresa planetarie, è stato dimostrato che deboli strutture sono rilevabili anche lungo tutto lo spettro visibile (Pellier 2007). Nonostante questo, noi ci concentreremo sulla banda UV e su quella del vicino IR.

Cosa riprendere

Venere è forse il pianeta che più riserva sorprese e spunti di studio all'astrofilo e alla comunità scientifica, cambiando di aspetto rapidamente e presentando dettagli unici, che differiscono in funzione della lunghezza d'onda alla quale si lavora.

Oltre alla ripresa in luce visibile che non mostra quasi mai alcun dettaglio, ed è quindi fine a se stessa, lavorando ad altre lunghezze d'onda si possono mettere in mostra aspetti inediti ed unici di questo mondo:

- 1) **Riprese nel vicino ultravioletto**, centrate sulla lunghezza d'onda di 365nm. Questa è la banda d'osservazione più "famosa", nella quale Venere mostra i sistemi nuvolosi in rapida rotazione (circa 4 giorni all'equatore) ad una quota di circa 80 Km. Non è ancora ben chiaro il fenomeno alla base della visibilità di tali dettagli; in particolare molto si discute ancora sulla presenza e composizione dei cosiddetti assorbitori UV. Possiamo identificare due tipi di strutture: quelle principali, a larga scala, formate da singole nubi o da sistemi di nubi, che si possono estendere fino all'intero diametro del pianeta, affiancate da microstrutture, in analogia alla struttura dei sistemi nuvolosi terrestri. Le microstrutture che si possono rivelare sono quindi da associarsi alle macrostrutture presenti e non a singole nubi o sistemi nuvolosi indipendenti.
- 2) **Riprese in infrarosso (800-1100nm)**. Questa è una banda di osservazione relativamente nuova, che si è sviluppata tra gli astrofili solamente da pochi anni. A queste lunghezze d'onda sono visibili sistemi nuvolosi a quote minori, generalmente a 60 Km, con periodo di rotazione attorno ai 5 giorni (all'equatore).
- 3) **Riprese in infrarosso dell'emisfero non illuminato**, quando il pianeta è in fase sottile. Come ha dimostrato Pellier (2004) è possibile con strumentazione amatoriale mettere in mostra l'emissione termica del pianeta, dovuta all'elevatissima temperatura uniforme su tutto il globo.

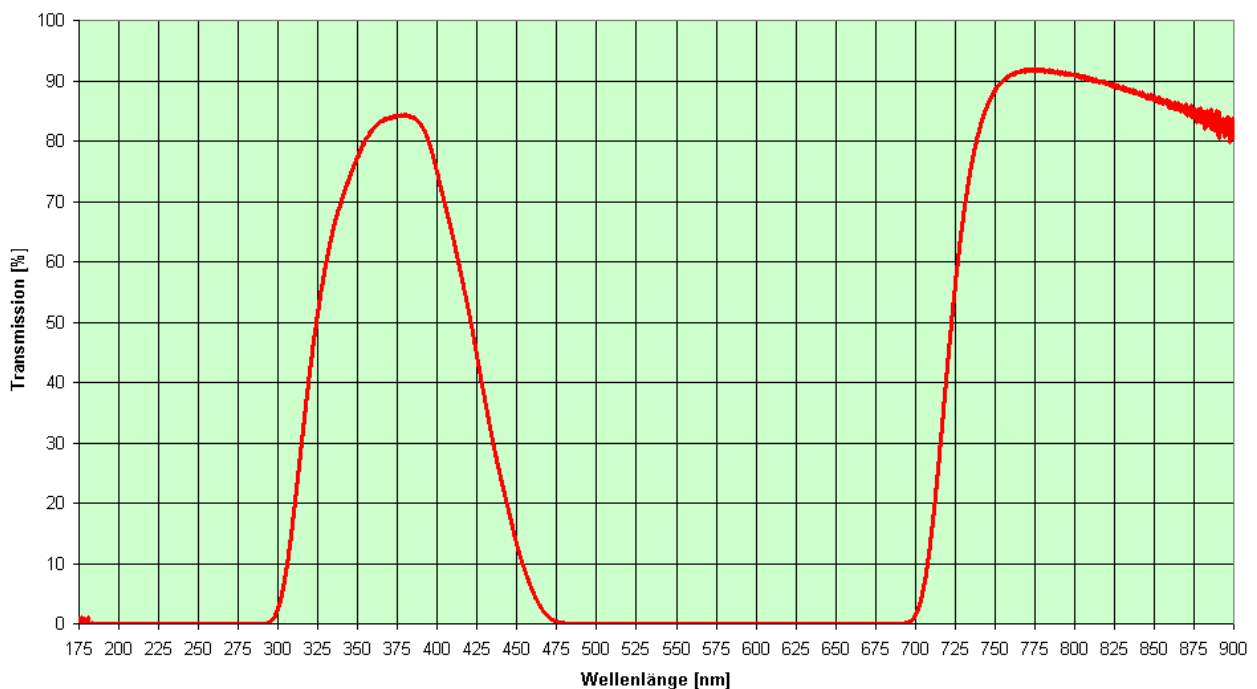
Quando il pianeta mostra una fase inferiore al 20%, è possibile mettere in mostra questa emissione utilizzando un filtro da 1000nm ed effettuando riprese profonde con il cielo ancora scuro. L'emissione termica è l'unica informazione diretta che ci giunge dalla superficie. Non è raro imbattersi in macchie scure, probabilmente zone montuose poste a temperature inferiori.

Difficoltà in UV

E' noto che questa è la banda di osservazione che permette di osservare con maggiore contrasto la struttura delle nubi venusiane.

Le osservazioni amatoriali possono essere condotte utilizzando sia filtri UV, magari fotometrici, oppure altri meno selettivi che lascino passare la banda UV e quella blu-violetta. Sotto questo punto di vista, un filtro particolarmente utile è sicuramente il filtro violetto W.47 abbinato ad un taglia infrarosso che non tagli anche la banda UV del filtro

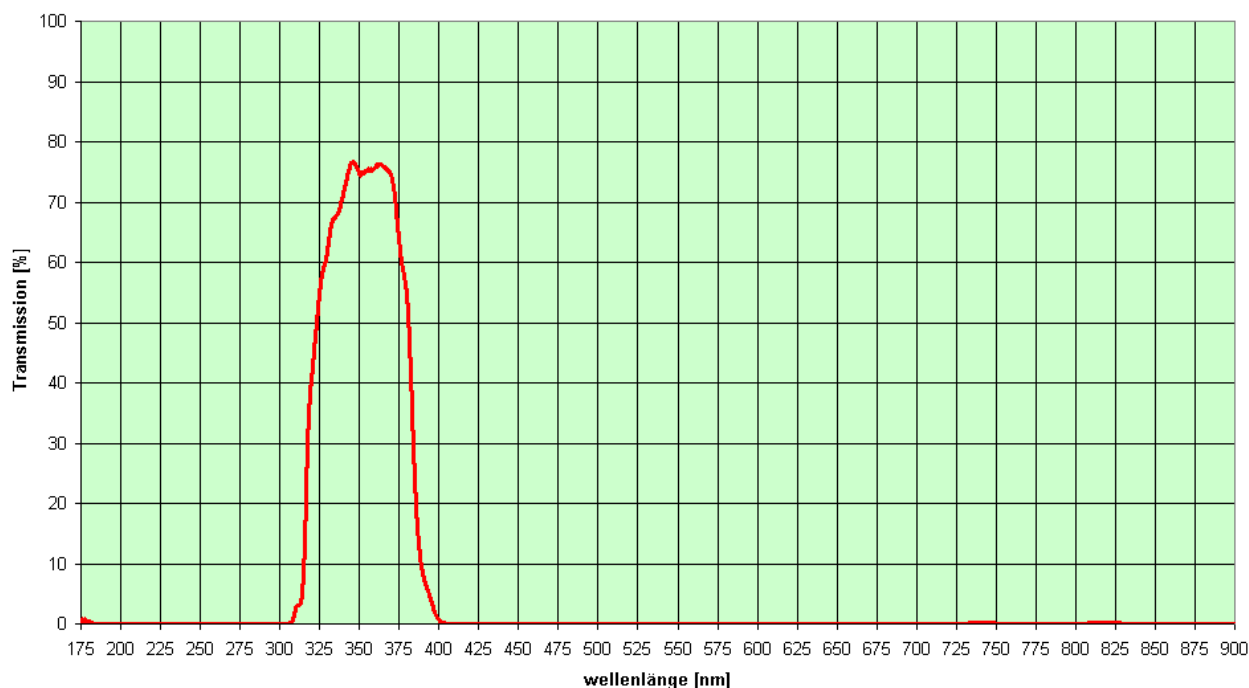
MEADE Series 4000 Filter No.47 violet



Curva di trasmissione del filtro violetto W.47, utile per riprendere le nubi di Venere con camere non particolarmente sensibili, quali le webcam o strumenti dal piccolo diametro. Il contrasto delle nubi è solamente leggermente inferiore rispetto al filtro UV. Il W.47 deve essere utilizzato con un filtro che blocca la sua notevole trasmissione in infrarosso.

I risultati migliori in termini di contrasto si ottengono tuttavia utilizzando un filtro UV, con banda FWHM di circa 70nm e picco centrato sui 350-360nm

Baader U

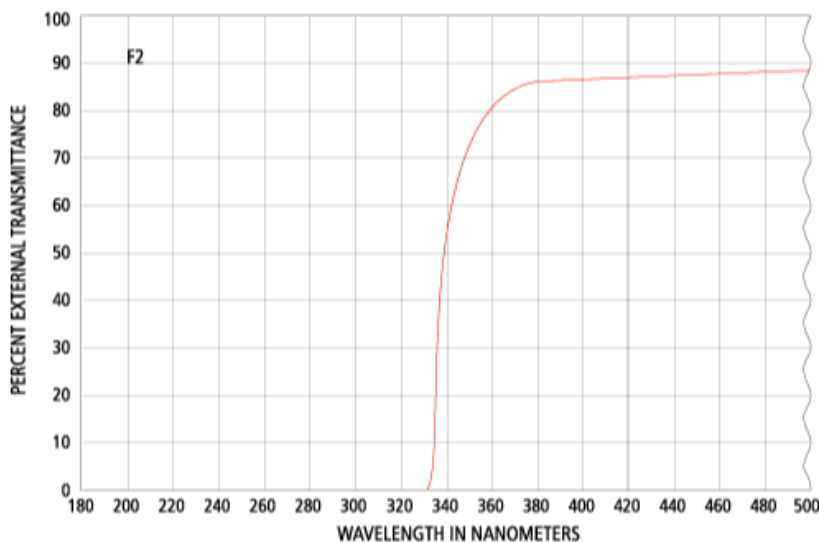


Curva di trasmissione di un tipico filtro UV (Baader U). Questi filtri devono essere utilizzati solamente in accoppiata a camere planetarie molto sensibili o camere CCD astronomiche. Nessuna speranza con le webcam e tantomeno nell'osservazione visuale.

Con strumentazione amatoriale non è facile utilizzare tali filtri, soprattutto l'UV, per quattro principali problemi:

- 1) poca sensibilità dei sensori CCD, soprattutto quelli di fascia economica (webcam) a queste lunghezze d'onda e conseguente bassissimo rapporto S/N
- 2) Assorbimento e scattering di luce UV da parte dell'atmosfera
- 3) Opacità di alcune superfici ottiche, in particolare delle lenti amatoriali e dei trattamenti antiriflesso delle ottiche (specchi e lenti). Questo è uno dei maggiori problemi, che limita e a volte disturba la (poca) luce che giunge attraverso tali filtri.

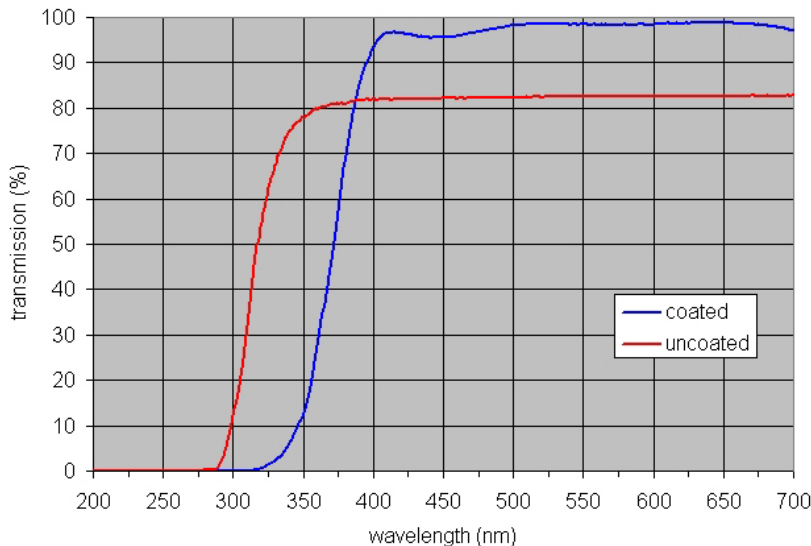
Una tipica curva di trasmissione di un vetro flint senza trattamento antiriflessi, costituente di almeno una lente nei rifrattori e molto utilizzato in accessori come oculari e lenti (barlow, riduttori, correttori...) è mostrata nella pagina seguente.



Trasmissione tipica di un vetro di tipo crown di quelli che costituiscono gli obiettivi di rifrattori o le lenti di oculari e barlow. Dato il forte assorbimento in UV è consigliabile evitare il più possibile la presenza di questo tipo di vetro nel fascio ottico

Il vetro di tipo crown, maggiormente utilizzato per specchi e lenti (e lastre correttive dei catadiottrici) non presenterebbe un assorbimento molto dannoso in UV, se non fosse per il trattamento antiriflessi al quale viene sottoposto, il cui assorbimento (per un trattamento standard) è dato orientativamente dalla seguente curva:

BK7 glass - AR coated and uncoated



Il vetro BK7 detto comunemente flint ha una trasparenza migliore del crown ma i moderni trattamenti antiriflessi la riducono molto nelle regioni ultraviolette.

Trattamenti più specifici come quelli ultimamente proposti dalle case Meade e Celestron, possono essere ancora più dannosi.

- 4) aberrazione sferica prodotta da una generica superficie rifrangente (lenti di obiettivi, oculari, lenti di barlow) amatoriale, corretta per le regioni del visibile ma non per quelle UV (e IR). Questo è un problema serio che può ridurre di molto la risoluzione raggiungibile, e al quale si può porre (parzialmente) rimedio utilizzando accessori apocromatici con 3 elementi, meglio se 4, magari progettati proprio per lavorare agli estremi dello spettro accessibile agli strumenti amatoriali.

Tutti questi problemi producono un'immagine piuttosto scura in UV, con basso rapporto S/N, e con una risoluzione non eccezionale.

Se il problema delle aberrazioni assiali dei sistemi di lenti può non essere così dannoso, data la notevole estensione angolare delle strutture maggiori, lo è sicuramente la perdita di luce che obbliga ad utilizzare sensori sensibili, preferibilmente CCD di alta qualità, la cui risposta è ancora buona nella finestra UV.

Le vie per ottenere dei risultati validi sono essenzialmente due:

- 1) utilizzare strumenti a specchio e un filtro tipo il W47, abbinato ad un buon IR cut: sotto queste condizioni è possibile utilizzare diametri piccoli, dagli 11 cm in poi e anche qualche webcam
- 2) impiegare strumenti a specchio o catadiottrici da 20 cm in su uniti ad un filtro UV e una camera CCD appositamente progettata per applicazioni astronomiche.

In ogni caso è necessario limitare l'uso di lenti e scegliere solo quelle apocromatiche: evitate in generale i rifrattori. Uno strumento adatto a questo tipo di riprese è un riflettore newton di lunga focale, poco ostruito, sui cui specchi non siano stati applicati trattamenti antiriflessi.

Difficoltà in IR

Le riprese nel vicino infrarosso sono più semplici di quelle in ultravioletto.

E' importante, tuttavia, evitare l'utilizzo dei classici filtri passa-infrarosso con banda passante a partire dai 700nm, piuttosto impiegarne di più "spinti", almeno a partire dagli 800nm. Il contrasto delle nubi e l'emissione termica si manifestano evidenti a lunghezze d'onda maggiori, intorno ai 1000nm, cioè 1 micron, al limite della banda di sensibilità dei sensori CCD. Questa è una limitazione fisica

del silicio di cui sono costituiti i pixel di ogni sensore: quando i fotoni hanno lunghezze d'onda superiori a 1100-1200 nm essi sono troppo poco energetici per strappare gli elettroni dal reticolo cristallino del silicio, rendendo, di fatto, il sensore cieco.

Tutte le superfici ottiche sono piuttosto trasparenti a queste lunghezze d'onda, per questo non si verificano le perdite di luce proprie dell'UV. Piuttosto occorre stare attenti alla perdita di risoluzione, che proviene dalle stesse leggi dell'ottica e alla comparsa di eventuali aberrazioni proprie dei sistemi contenenti elementi rifrattivi (lenti degli obiettivi, ma anche e soprattutto delle lenti di barlow o degli oculari utilizzati per aumentare la focale).

E' consigliabile evitare la proiezione dell'oculare, a meno che non si tratti di un accessorio dalla qualità provata anche nell'infrarosso; meglio affidarsi a delle lenti di barlow apocromatiche, cioè formate da almeno 3 elementi ottici. Il filtro che restituisce i risultati migliori è un passa-infrarosso da 1000nm, come lo Schott RG1000

Quando riprendere

Per riprendere i dettagli atmosferici occorre che il pianeta sia prospetticamente lontano dal Sole di almeno 20°, con una fase non inferiore al 20-30%. I periodi migliori si hanno a cavallo delle massime elongazioni, circa 2 mesi prima ed 1 mese dopo.

Non sempre si hanno delle condizioni favorevoli per riprendere agevolmente il pianeta una volta tramontato il Sole (o poco prima del sorgere). Le moderne camere di ripresa con elevata dinamica consentono di ottenere riprese in ultravioletto con sufficiente contrasto anche di giorno. E' questo probabilmente il momento migliore, soprattutto quando, come in questo periodo, il pianeta ha una declinazione piuttosto negativa e si trova già molto basso quando il Sole è tramontato.

Nell'infrarosso la ripresa diurna è semplicissima, poiché la diffusione della luce (Rayleigh) a queste lunghezze d'onda è modesta e minore anche di un fattore 40 rispetto alla ripresa in UV*.

I momenti migliori, quanto a seeing, si hanno poco prima del tramonto del Sole e si protraggono per circa 30-60 minuti. In queste particolari circostanze, soprattutto nei periodi invernali e primaverili, si ha una forte attenuazione delle masse d'aria in risalita dal terreno a causa dell'irraggiamento solare; il risultato è un abbattimento notevole della turbolenza di origine locale soprattutto in ultravioletto.

Le condizioni di turbolenza e trasparenza dipendono criticamente dalla posizione degli osservatori, per questo è impossibile dare indicazioni precise. In linea di massima, le riprese in infrarosso possono essere condotte sempre, perché meno sensibili alla turbolenza e alla diffusione della luce solare; quelle in UV dovrebbero essere condotte poco prima del tramonto del Sole, quando ancora il pianeta ha un'altezza sufficiente.

La tecnica di ripresa ed elaborazione

Se utilizzare filtri violetti, quindi non troppo limitanti quanto a luce disponibile, la tecnica da seguire è sostanzialmente identica a tutti gli altri pianeti, tranne, forse, per la focale.

Il seeing è in effetti quasi sempre il fattore limitante quanto a risoluzione raggiungibile, soprattutto a queste corte lunghezze d'onda alle quali il suo effetto nocivo è particolarmente evidente. Non troverete quasi mai conveniente spingervi con le tipiche focali planetarie.

Se si utilizzano filtri ultravioletti, o per le riprese in infrarosso, si dovranno abbandonare le classiche webcam ed utilizzare camere planetarie sensibili, capaci di lunghe esposizioni, oppure le classiche camere CCD per le riprese degli oggetti del cielo profondo. In effetti questa è una situazione nella quale queste ultime si rivelano piuttosto utili, anzi, indispensabili per raggiungere risoluzioni e contrasti ottimi, che nessuna camera planetaria è in grado di restituire, se non altro per la dinamica generalmente ridotta rispetto ai 16 bit delle CCD.

* La luce solare è diffusa da 2 sorgenti: il pulviscolo atmosferico agisce ugualmente per ogni lunghezza d'onda; le molecole di gas invece, presentano il fenomeno della diffusione di Rayleigh inversamente proporzionale alla quarta potenza della lunghezza d'onda. Questo significa che lavorando nell'UV (350nm) e in Infrarosso (900nm) l'efficienza della diffusione a queste ultime è circa 40 volte inferiore.

La ripresa delle nubi, in IR o UV prosegue allo stesso modo di quella classica, eccetto l'esposizione, che generalmente ha durata di circa 1-2 secondi. La bassa velocità di rotazione dei sistemi nuvolosi consente una finestra di ripresa di circa 20-30 minuti, più che sufficiente per raccogliere almeno 300-400 singole esposizioni da analizzare e sommare.

La ripresa dell'emisfero non illuminato deve essere fatta rigorosamente con il cielo scuro e a focali basse, con rapporti non oltre f10. Le dimensioni generose, che sempre accompagnano il pianeta in fasi inferiori al 20%, fanno sì che l'immagine restituita abbia sufficienti dimensioni lineari. In questo caso si può tollerare una bassa altezza del pianeta sull'orizzonte, anche di pochi gradi, dato che la risoluzione raggiungibile non è un fattore di primaria importanza. Il cielo scuro è necessario per poter raggiungere la profondità necessaria, orientativamente intorno alla magnitudine superficiale $9\text{mag} / \text{arcsec}^2$, generalmente ottenibile con esposizioni di qualche secondo a f10. Il numero di immagini da sommare è limitato solamente dal breve intervallo di tempo prima che il cielo si faccia chiaro o il pianeta tramonti. Generalmente, dopo aver ottenuto l'immagine grezza, non si effettua alcuna elaborazione se non la regolazione dei livelli di luminosità ed una leggera enfaticizzazione di macrodettagli per evidenziare eventuali strutture a grande scala.

L'elaborazione delle immagini in UV e IR è simile, con l'unica differenza che il contrasto in queste ultime è generalmente minore rispetto all'UV.

Non esiste, naturalmente, una tecnica universale, ma i consigli sono i seguenti:

- applicare all'immagine RAW un filtro gaussiano di raggio 1,5-2. Data la scarsità di dettagli fini, lavorando con focali che rispettino comunque il criterio di Nyquist*, il filtro gaussiano elimina gran parte del rumore ad alte frequenze, restituendo un maggiore contrasto degli eventuali dettagli, che non vengono in alcun modo intaccati.
- Applicare un coefficiente moltiplicativo per evitare la probabile saturazione dell'immagine in fase di elaborazione. Chi utilizza IRIS troverà utile un fattore di 0,4-0,5.
- Applicare maschere sfocate a grande raggio (4-5) o, molto meglio, dei filtri wavelet, molto più efficienti. Chi utilizza IRIS troverà perfetto il Wavelet N.3 (medium). Generalmente i dettagli hanno proprio l'estensione lineare che compete a questo livello. Applicate la massima intensità e, se necessario applicatelo di nuovo. Se i dettagli sono presenti li dovreste vedere. Gli altri livelli non sono molto utili, se non il N.2, ma a piccole dosi
- Per enfaticizzare maggiormente i dettagli troverete utile applicare una leggera deconvoluzione. Generalmente preferisco Maxim DI, applicando l'algoritmo Lucy-Rishardson con una PSF gaussiana di raggio compreso tra 2 e 3 e al massimo una decina di iterazioni.

A questo punto la vostra immagine è pronta. Per un lavoro più accurato, consiglio di avere a disposizione almeno due immagini distanziate di almeno 30 minuti, per operare un confronto in merito ai dettagli visibili ed escludere completamente l'eventuale presenza di artefatti da elaborazione, molto frequenti quando si lavora al limite del rumore elettronico, come in questi casi.

I risultati

E' molto difficile arrivare al limite di diffrazione nelle riprese ultraviolette, sia perché il pianeta è generalmente privo di strutture a piccola scala, sia perché la turbolenza e le lunghe esposizioni necessarie impediscono di fatto di scendere sotto 1". Nell'infrarosso il valore raggiungibile è pressoché lo stesso, ma non a causa del seeing. Bisogna tenere presente, infatti, che il potere risolutivo è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda alla quale si lavora. Generalmente si utilizza il criterio di Rayleigh: $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$; in ogni caso, a prescindere dal valore assoluto, la dipendenza dalla lunghezza d'onda è reale ed inevitabile.

* Il criterio di Nyquist, applicato alle riprese astronomiche, afferma che il più piccolo dettaglio potenzialmente catturabile debba cadere su almeno due pixel del proprio sensore digitale. Questo significa operare con rapporti focale intorno a f20-25 per pixel da 5,6 micron

Lavorando con filtri passa-infrarosso da 900-1000nm, i migliori quanto a contrasto, il potere risolutivo di ogni strumento è generalmente dimezzato (senza considerare eventuali aberrazioni!) rispetto al visibile.

Questo significa che uno strumento da 20 cm sarà impossibilitato a scendere sotto il secondo d'arco. Data la vicinanza del pianeta, la risoluzione reale delle strutture visibili è di poche centinaia di Km, molto buona per condurre uno studio efficiente della dinamica atmosferica.

Il contributo degli astrofili è fondamentale, poiché i grandi telescopi professionali non possono puntare a così piccole distanze dal Sole, rinunciando spesso alla ripresa e studio del pianeta, che viene portato avanti in questi mesi dalla sonda Venus Express, in orbita attorno Venere.

La stessa ESA, l'agenzia spaziale europea, ha avviato nel 2006 un programma di monitoraggio condotto con strumentazione amatoriale, da affiancare ai dati provenienti dalla loro sonda.

Conclusione

La sensibilità delle camere planetarie e la tecnica utilizzata dagli amatori formano un connubio estremamente potente nello studio efficiente di questo pianeta, come mai è stato possibile in passato. Ai tempi delle riprese su pellicola, solamente i più grandi telescopi del mondo erano in grado di percepire qualche tenue sfumatura alle lunghezze d'onda ultraviolette.

Nell'infrarosso, invece, nessuna pellicola era in grado di fornire i risultati che oggi si ottengono con un telescopio di soli 15 centimetri.

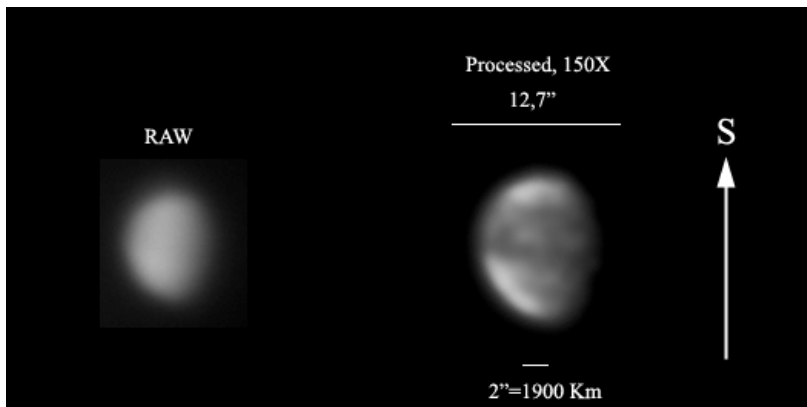
Uno strumento da 20-25 centimetri si rivela la scelta migliore quanto a dettagli visibili e turbolenza atmosferica, consentendo uno studio prolungato nel tempo ad una risoluzione praticamente unica al mondo per ogni telescopio, escludendo rare immagini di qualche telescopio professionale (generalmente l'Hubble).

Se si segue il pianeta per una rotazione atmosferica intera, con una fase superiore al 60%, è possibile costruire delle mappe atmosferiche estremamente interessanti, che consentono di studiare più in dettaglio le strutture nuvolose, la loro estensione, il loro contrasto e la periodicità (eventuale) con le quali si ripetono.

Se avete un telescopio riflettore, o un catadiottrico, ed una camera planetaria o CCD sensibile, riprendete questo interessantissimo pianeta, di notte ma anche e soprattutto di giorno. La struttura nuvolosa, rapidamente variabile nel tempo è unica nel sistema solare.

Finalmente, dopo essere stato fuori portata per decenni, Venere non è più un mistero per gli astrofili, che anzi hanno l'occasione unica di studiarlo, nell'infrarosso e nell'ultravioletto, in modo molto più approfondito rispetto ai grandi strumenti professionali. Davvero una bella soddisfazione e un bell'aiuto all'intera ricerca astronomica!

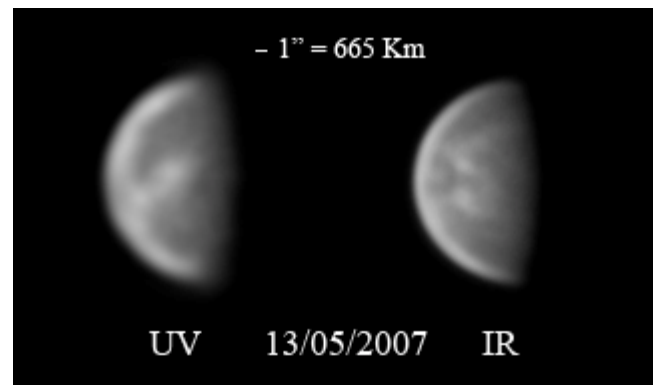
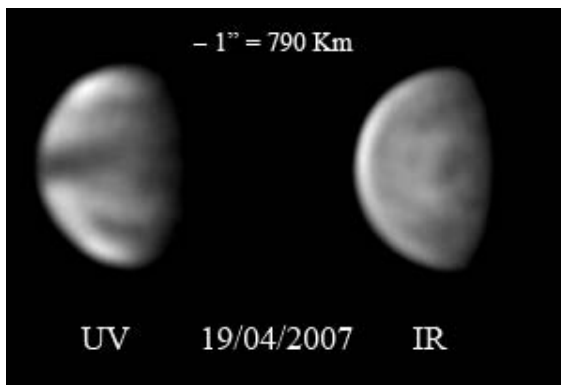
Gallery



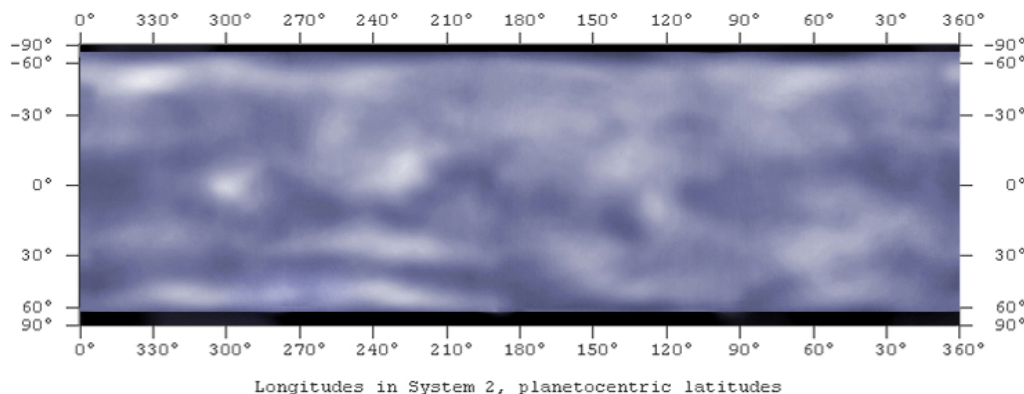
Ripresa nel vicino UV in pieno giorno. Telescopio SCT 235mm @ f35 e camera CCD SBIG ST-7XME. Utilizzando il filtro Baader U delle prime serie occorre inserire anche un efficiente taglia infrarossi.



Venere il 13 maggio 2007. Composizione RGB, dove nel canale R è stata inserita una ripresa in IR (1 micron), nel canale B una ripresa in UV, e nel canale G una media tra l'IR e l'UV.



Confronto tra riprese in Ultravioletto (UV) ed infrarosso (IR). I sistemi nuvolosi sono molto diversi, così come il periodo di rotazione, maggiore di circa 1 giorno nell'IR. Questo significa che a queste lunghezze d'onda sono visibili strutture a quote più basse. Lo studio continuativo del pianeta a queste lunghezze d'onda è estremamente utile agli astronomi.



Mappa UV dell'atmosfera di Venere composta a partire da 4 riprese in gironi consecutivi alle lunghezze d'onda del vicino Ultravioletto. La mappa si riferisce alla rotazione del 20-23 Aprile 2007. Le nubi in UV ruotano all'equatore in circa 4 giorni.



Catturare la debole emissione termica del pianeta è una delle riprese planetarie più difficili in assoluto, poiché è necessario operare con un cielo scurissimo, una camera CCD, un pianeta in fase estremamente sottile ed un filtro IR da 1 micron. L'emissione termica è l'unica informazione che ci giunge direttamente dalla superficie estremamente calda del pianeta. Spesso sono visibili chiaroscuri dovuti a rilievi o grandi catene montuose. Seguire il pianeta a queste lunghezze d'onda per più giorni consecutivi aiuta a capire meglio questo lato ancora abbastanza oscuro.