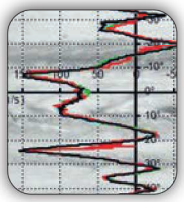
Giove: un nuovo profilo del vento

Jupiter: a new wind profile



Abstract

On September 2012, 19-20, the Hubble Space Telescope observed Jupiter for almost 24 hours, its longest observing session ever of the giant planet. Many images were taken in infrared and ultraviolet channels. We used these images to produce several planispheres and to determine a Zonal Wind Profile, compared with previous ones derived from Voyager 1 and 2, the Hubble Space Telescope itself and the Cassini spacecraft.

Marco Vedovato
vedovato.marco@gmail.com
Sezione Pianeti UAI

Gianluigi Adamoli
giadamol@tin.it

Paolo Tanga
Paolo.Tanga@oca.eu
Sezione Pianeti UAI

Abbreviazioni e convenzioni usate nel testo

- HST: *Hubble Space Telescope*
- ZWP: *Zonal Wind Profile*, profilo zonale dei venti, rispetto al Sistema III di longitudine
- Latitudine: da intendersi come planetografica (ß")
- Velocità (u) in m/s: in direzione est-ovest, relativa al Sistema III, positiva se prograda (verso longitudine decrescente), negativa se retrograda (verso longitudine crescente)

Introduzione

Nei giorni 19-20 settembre 2012, il Telescopio Spaziale Hubble ha raccolto una sequenza di decine e decine di immagini di Giove, distribuite con continuità nell'arco di quasi 24 ore e di 14 orbite di HST. Certamente la più lunga sessione osservativa da parte dell'HST per quanto riguarda il gigante gassoso. Le foto sono state acquisite nell'ultravioletto a 275 nm e nel rosso a 763 nm (figura 1; qui e in seguito il sud è in alto). Il progetto, coordinato dal *team* dell'astronomo Glenn Schneider (*Steward Observatory*, *University of Arizona*, USA), aveva uno scopo puramente fotometrico: il 20 settembre, da Giove, era infatti osservabile un transito di Venere sul disco del Sole. L'analisi dei risultati è tutt'ora in corso, per tentare di rilevare la tenue diminuzione di luminosità di Giove, e di individuare un flebile cambiamento di colore, ricavabile per confronto tra una banda spettrale e l'altra, dovuto al filtraggio della luce solare attraverso l'atmosfera di Venere.

La Sezione Pianeti UAI, tramite il Direttore Paolo Tanga (collaboratore al progetto di G. Schneider) è stata coinvolta nella ricerca, per un ulterio-

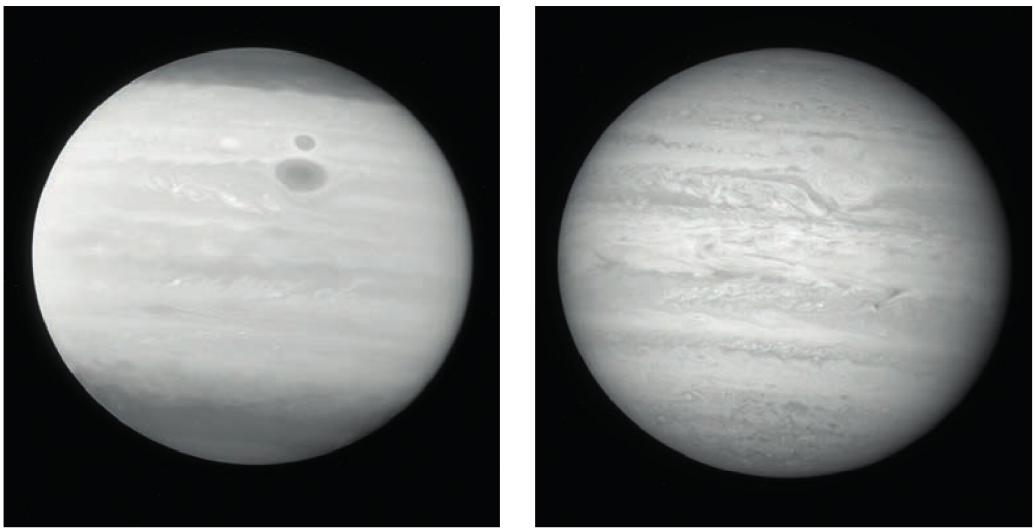


Figura 1. *A sinistra un'immagine nell'ultravioletto, a destra nel rosso. La Grande Macchia Rossa (GRS) è quasi al meridiano centrale.*

re possibile sfruttamento delle immagini al di fuori dell'indagine principale. Dopo uno scambio di *email* con Schneider, abbiamo ottenuto un *account* sul server della NASA dove scaricare i file (di dimensioni non indifferenti) e caricare i risultati delle nostre elaborazioni, compreso un video in altissima risoluzione di una rotazione di Giove. Nel frattempo abbiamo constatato come le immagini fornite dall'HST presentassero distorsioni ottiche che la NASA deve correggere con un specifico *software* (MultiDrizzle [1]). Ripulite infine le immagini dalle aberrazioni ottiche, è stato possibile procedere con la nostra analisi.

Si è realizzata una serie di planisferi ad altissima risoluzione (esempi in figura 2) con immagini non alterate da alcun tipo di elaborazione (come maschere sfocate, *wavelet* ecc.), sia nel R, sia nell'UV; inoltre, poiché le immagini coprono con continuità tutte le longitudini nel corso di due rotazioni consecutive del pianeta, è stato possibile determinare, con il *software* WinJUPOS [2], un profilo della velocità dei venti in funzione della latitudine (*Zonal Wind Profile*, o ZWP), entro quattro diversi settori di longitudine, con un metodo di correlazione matematica delle variazioni di albedo presenti lungo ciascuna latitudine. La correlazione è stata eseguita mettendo a confronto coppie di immagini delle stesse regioni, acquisite a distanza di una rotazione.

Nel sito della Sezione Pianeti UAI è stata creata una pagina speciale contenente tutti i planisferi prodotti e il video [3].

Elaborazione dei dati

Il *software* WinJUPOS, abitualmente utilizzato dagli autori per misurare le immagini amatoriali di Giove e preparare rapporti osservativi, contiene numerosi potenti algoritmi per l'analisi dei dati: è possibile produrre grafici tempo-longitudine per determinare la deriva, ad ogni latitudine, dei vari dettagli dell'atmosfera visibile di Giove e ricavare l'equazione interpolante, elaborare planisferi, calcolare il profilo zonale dei venti ecc. Proprio quest'ultima opzione è stata

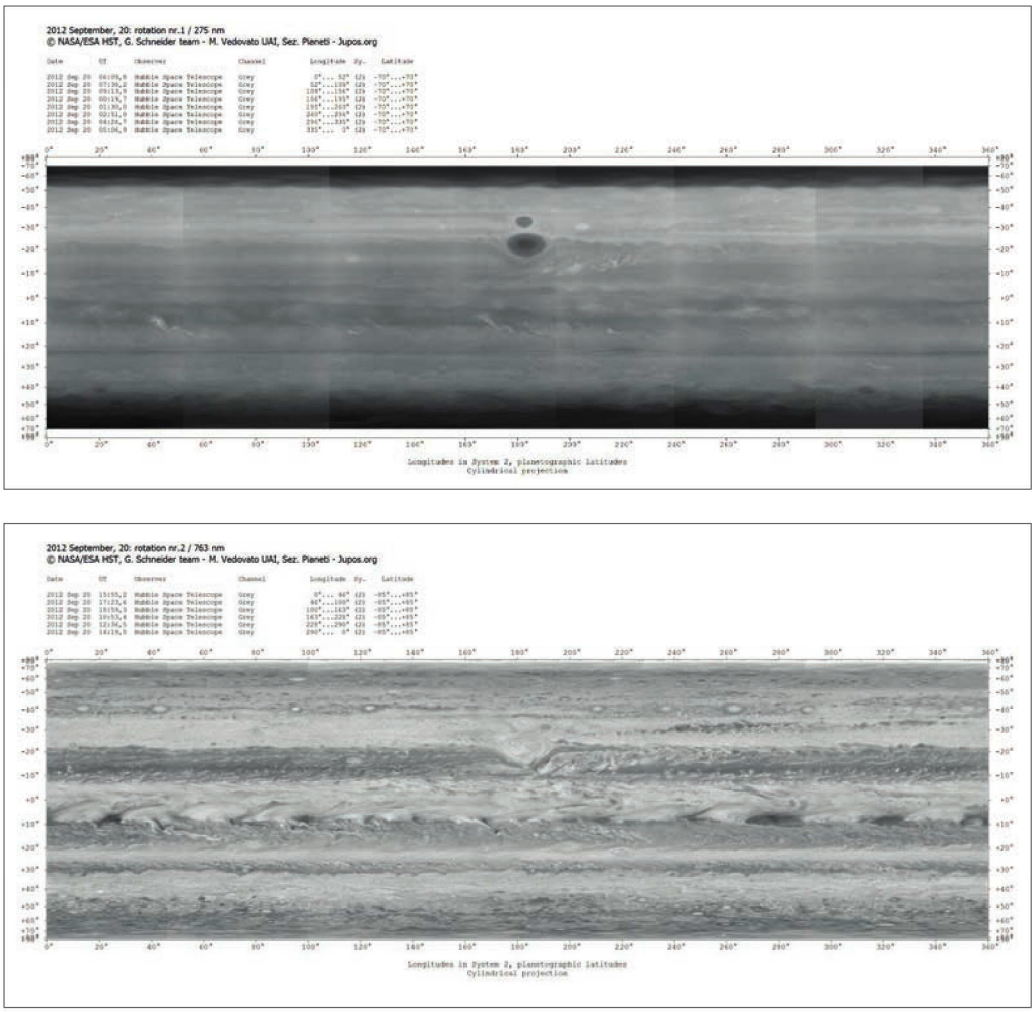


Figura 2. *Planisferi nell'ultravioletto (in alto) e nel rosso. Si noti come la GRS sia scura nell'UV e chiara nel R.*

sfruttata nella nostra analisi.

Innanzitutto, è necessario preparare mappe, separate da almeno una rotazione di Giove (per dare tempo ai vari dettagli di spostarsi), racchiuse nell'intervallo di longitudine che si intende indagare; ogni latitudine viene poi sezionata con una retta esploratrice per ricavare un profilo di albedo (intensità). L'algoritmo calcola quale spostamento in longitudine tra le due curve (figura 3) ne realizza una sovrapposizione ottimale; essendo nota la distanza temporale che separa le mappe, si ricava la velocità angolare (da cui le velocità in termini di metri al secondo).

Si è deciso di ricavare lo ZWP in quattro settori del pianeta, per evidenziare eventuali differenze della velocità dei venti in funzione della longitudine; sono state impiegate le immagini nel rosso, banda in cui i dettagli atmosferici presentano la massima evidenza. I settori (figura 4) sono definiti dai seguenti intervalli:

Settore	Intervallo Longitudini L3	Note
1	11° - 119°	
2	90° - 185°	
3	182° - 271°	settore con GRS
4	253° - 354°	

In figura 5 è riportata, a titolo di esempio, una mappa utilizzata per il calcolo dello ZWP nel terzo settore.

Risultati dell'analisi

Gli ZWP ottenuti sono illustrati nella figura 6, avendo in ascissa la velocità u (m/s) e in ordinata la latitudine. In figura 7, per immediato confronto, sono stati sovrapposti i quattro grafici, aggiungendo come sfondo una mappa parziale di Giove; sono chiaramente definiti i picchi delle veloci correnti a getto (*jet*). La nomenclatura dei *jet* e delle correnti lente è riportata nella figura 8 [4].

Il profilo complessivo, ottenuto considerando tutti i punti accumulati nei diversi settori, è mostrato in figura 9 (in cui però è stata posta in ascissa la latitudine, in ordinata le velocità); in molti tratti le diverse curve si sovrappongono, in altri vi sono differenze sensibili.

Si è stimata l'incertezza delle misure calibrando più volte la maschera di misura di WinJUPOS su una medesima immagine e misurando ripetutamente gli stessi dettagli; si è ottenuto un andamento della deviazione standard delle misure (σ) in latitudine, in funzione della latitudine stessa (figura 10).

Si può confrontare nella figura 11 il nostro ZWP (complessivo) rispetto a quelli ottenuti tramite l'HST negli anni '90 [6] e la sonda Cassini nel 2000 [7].

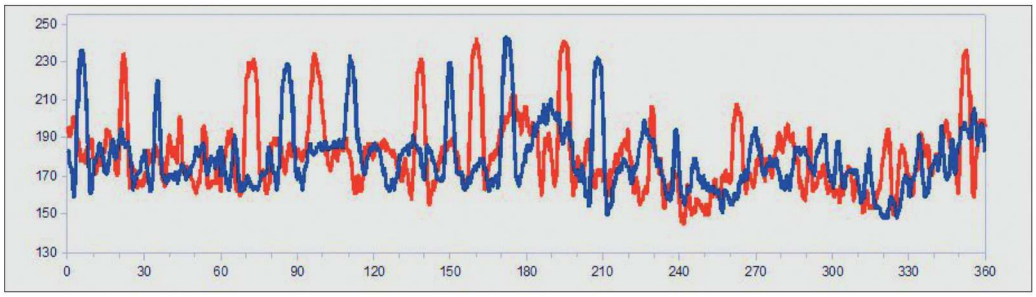


Figura 3. *Illustrazione dell'algoritmo utilizzato da WinJUPOS per il calcolo dello ZWP. Il programma ricerca la sovrapposizione ottimale dei due profili di albedo, misurati lungo una determinata latitudine, ottenuti a distanza di almeno una rotazione di Giove.*

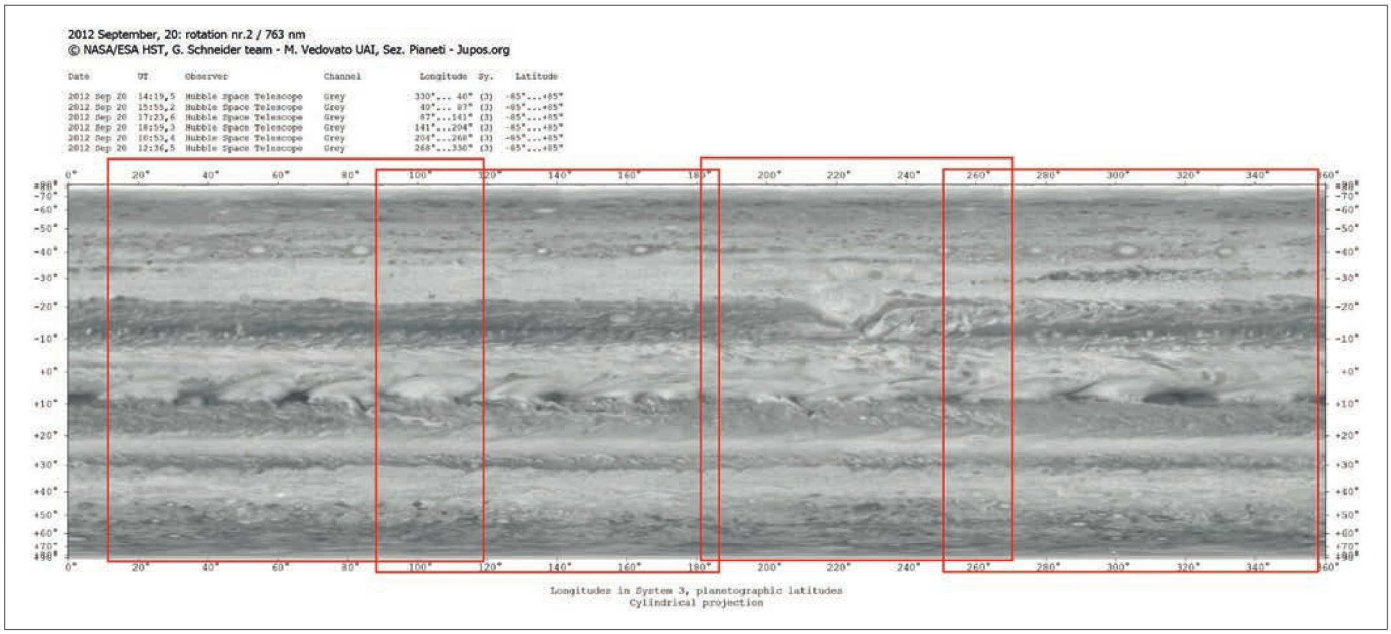


Figura 4. *I quattro settori in cui è stato suddiviso il planisfero di Giove per ricavarne i rispettivi ZWP.*

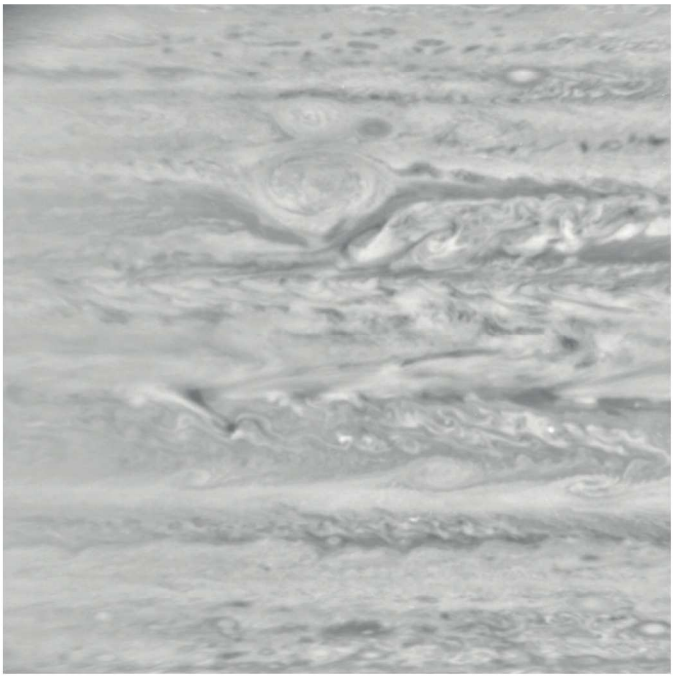


Figura 5. Mappa parziale utilizzata per determinare lo ZWP nel terzo settore di longitudine.

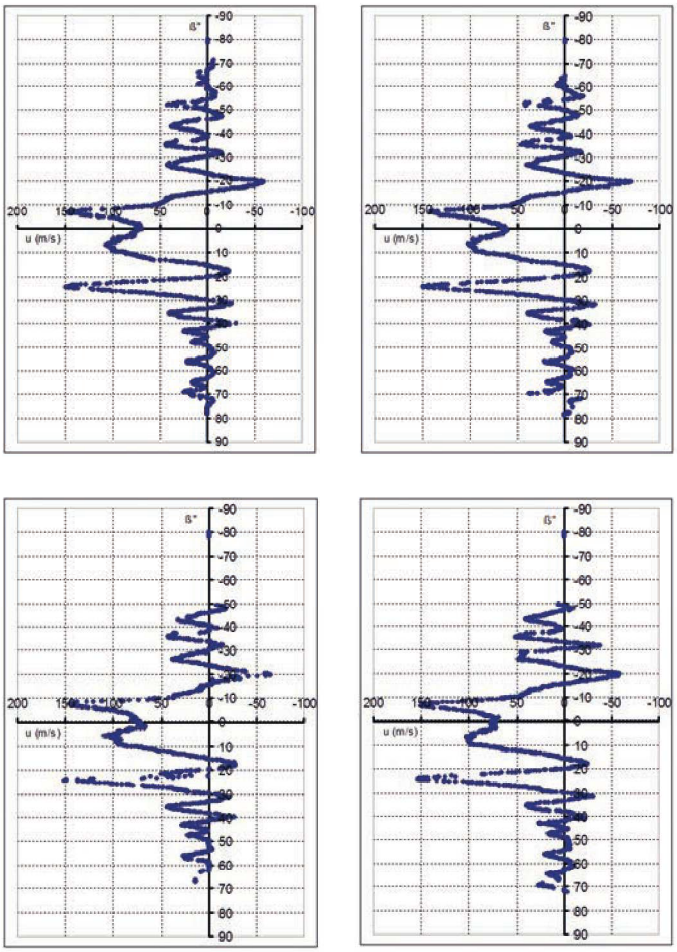


Figura 6. Andamento dello ZWP in ciascuno dei quattro settori.

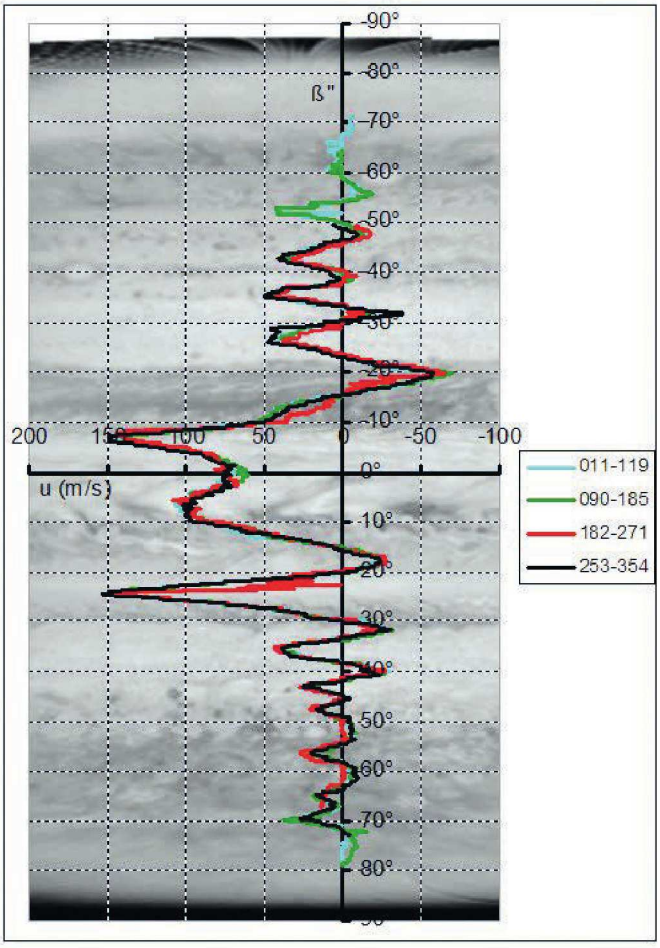


Figura 7. Sovrapposizione dei profili dei quattro settori; l'immagine di sfondo facilita l'identificazione dei confini tra le bande e le zone, marcati da veloci correnti a getto (jet).

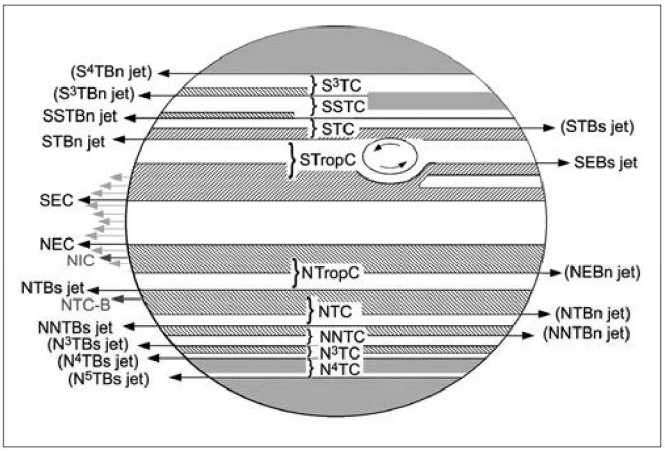


Figura 8. Nomenclatura dei jet utilizzata nella letteratura internazionale.

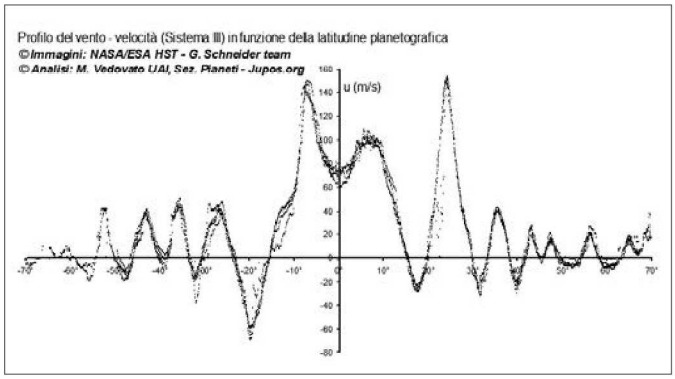


Figura 9. Profilo complessivo dello ZWP sovrapponendo tutti i punti determinati nell'analisi.

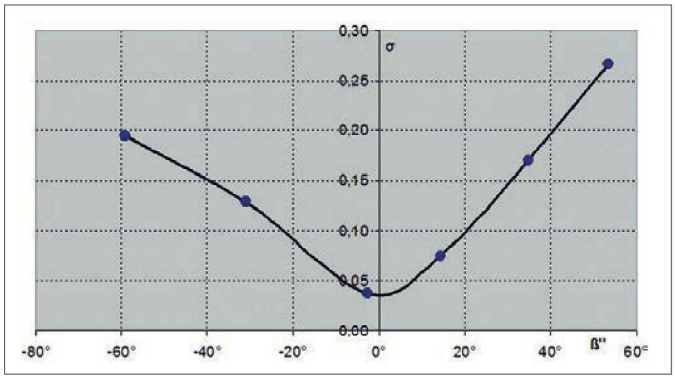


Figura 10. Andamento della deviazione standard in latitudine sulla posizione dei dettagli in funzione della latitudine stessa.

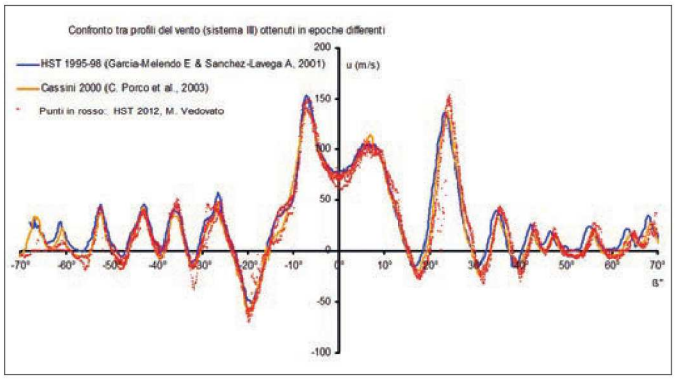


Figura 11. Sovrapposizione dello ZWP da noi ricavato a quello determinato da precedenti osservazioni di HST e della sonda Cassini.

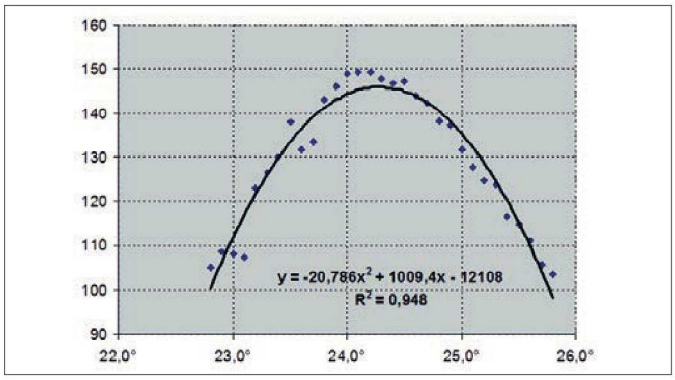


Figura 12. Esempio di determinazione di un massimo di velocità. Nel caso raffigurato si tratta del jet NTBs nel terzo settore (latitudine in ascissa, velocità del vento in ordinata).

Si è quindi analizzato il nostro ZWP, settore per settore e picco per picco, tramite interpolazione statistica dei punti a ridosso di ciascun picco, generalmente con polinomi di 2°grado (parabole). Un esempio di tale analisi è mostrato nella figura 12, relativamente al picco di velocità del *jet* NTBs nel secondo settore (L_3 = 90°-185°); R^2 è il coefficiente di correlazione, idealmente unitario per una correlazione perfetta. Ripetendo l'analisi dello stesso *jet* negli altri tre settori, si trova che la velocità di picco del *jet* varia leggermente a seconda della longitudine: i risultati sono presentati in tabella 1 e, in forma grafica, in figura 13, dove la barra d'errore è la deviazione standard nella misura dei massimi di velocità.

Le velocità di picco di tutti i *jet* (media fra i quattro settori) sono riportate nella tabella 2, dove i nostri risultati sono confrontati con quelli ottenuti dalle sonde Voyager 1 e 2 nel 1979 [5], dall'HST nel 1995-98 e dalla Cassini nel 2000.

Commento dei risultati

I risultati della nostra analisi sono in accordo a grandi linee con quelli ottenuti in passato, e dimostrano la stabilità nei decenni del sistema di correnti che governa la meteorologia di Giove. Alcuni *jet* presentano comunque leggere ma significative variazioni di velocità. Inoltre, il nostro lavoro è l'unico che mette in risalto casi di variazione in funzione della longitudine.

Tabella 1

Jet NTBs				
Longitudine L3	**settore**	**Latitudine picco velocità**	**u (m/s)**	**σ (m/s)**
11-119	1	24,3°	145,5	3,3
090-185	2	24,3°	146,1	3,5
182-271	3	24,4°	147,1	4,6
253-354	4	24,4°	153,6	1,8

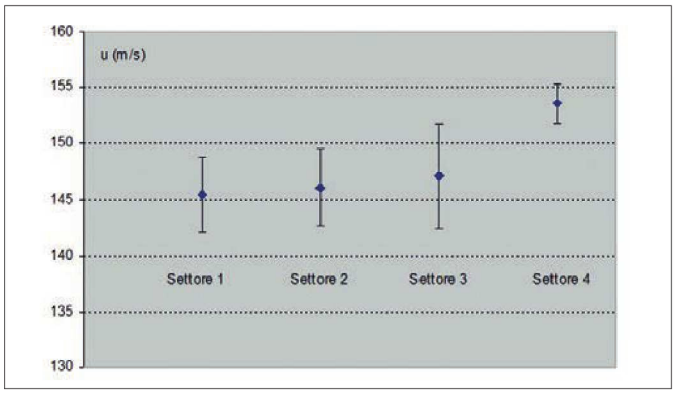


Figura 13. Valori del picco di velocità del jet NTBs nei quattro settori; la barra d'errore è la deviazione standard.

	Voyager 1979		HST 1995-98		Cassini 2000		HST 2012		
Jet	ß"	u	ß"	u	ß"	u	ß"	u	
peak	lat.	(m/s)	lat.	(m/s)	lat.	(m/s)	lat.	(m/s)	Note all'analisi 2012
S6TBn					-66.8	34			
S5TBn					-60.8	22			
S4TBs			-56.5	-1					
S4TBn	-53.4	36	-52.4	45	-52.4	38	-52.2	41	rilevato solo su parte del pianeta
S3TBs (*)			-47.8	-6			-47.6	-14	
S3TBn	-43.6	42	-42.9	46	-43.0	43	-42.9	38	
SSTBs (*)			-39.1	-2			-38.8	-1	anomalia locale in un tratto di longitudine
SSTBn	-36.5	32	-36.0	40	-35.8	34	-35.5	45	
STBs	-32.6	-21	-32.2	-12	-32.0	-16	-32.0	-15	velocità sensibilmente diversa (-35 m/s) in sett. limitato, ove la STB è cospicua e irregolare
STBn	-29 / -27	44	-26.4	54	-26.7	48	-26.5	40	indefinito in latitudine (largo ~3°) nel tratto ove la STB è cospicua, ma velocità comparabile
SEBs	-20,0	-57	-19.2	-50	-19.7	-62	-19.6	-63	velocità massima nel settore a est della GRS
SEBn	-7,0	128	-7.0	153	-7.1	137	-7.0	146	variazioni di latitudine e velocità in funzione della posizione della (supposta) SED
NEBs	+5 / +8	103	6.6	105	6.8	114	+5 / +8	104	massimo largo, piatto, irregolare
NEBn	17.6	-24	16.5	-15	17.1	-20	17.7	-25	
NTBs	23.8	163	23.4	134	23.9	136	24.3	150	solo 5 mesi dopo un outbreak della NTB
NTBn	31.6	-32	30.6	-14	31.0	-25	31.6	-28	variazione di velocità in longitudine
NNTBs	35.6	34	34.8	40	34.9	32	35.5	40	
NNTBn	39.5	-15	38.7	-16	39.1	-15	40.1	-23	
N3TBs	43.0	22	42.3	26	42.8	19	43.1	24	
N3TBn (*)			44.3	5			45.5	-1	
N4TBs	48.2	28	46.5	19	47.1	14	47.6	16	
N4TBn (*)			51.6	0			52.7	-6	minimo di velocità dal profilo incerto, valori solo indicativi
N5TBs	56.6	14	55.2	24	55.9	20	56.2	23	
N5TBn (*)			?	1			62.2	-8	rilevato solo su parte del pianeta
N6TBs			63.3	22	64.1	18	65.0	17	rilevato solo su parte del pianeta
N6TBn (*)			65.3	5			66.8	3	rilevato solo su parte del pianeta
N7TBs			68.2	34	68.7	28	(69)	(21)	picco incerto, rilevato solo in un breve tratto di longitudine

Tabella 2 *(*) in genere considerati, piuttosto che vere correnti a getto, semplici minimi di velocità fra jet attigui (progradi)*

Ad esempio, i due *jet* che fiancheggiano la STB (STBs e STBn) presentano una struttura peculiare in corrispondenza del tratto cospicuo e irregolare della fascia (attualmente l'unico di una certa prominenza), che nelle nostre immagini si trova nel settore 4. Qui il *jet* STBs assume velocità molto maggiore (in senso retrogrado); in sua corrispondenza, il *jet* STBn ha un massimo piatto, molto largo in latitudine (mentre negli altri settori questo picco di velocità è ben definito).

Si evidenzia un massimo di velocità (retrograda) del *jet* SEBs nel settore 2, che precede la longitudine della GRS. Può essere legato al fatto che qui spesso si osservano piccole macchie che corrono verso la GRS stessa, per venire infine catturate e distrutte entro la sua 'baia'.

Anche il bordo equatoriale della SEB è molto interessante. Studi recenti [8] dimostrano che la velocità delle macchie lungo il *jet* in questione (SEBn) in alcuni periodi è modulata dal-

la presenza di una struttura, poco appariscente nel visibile, ma estesa e importante, detta *S. Equatorial Disturbance* (SED). Si tratta di un vortice che si muove lungo il bordo della fascia, molto più lentamente degli altri dettagli, e induce su di essi un gradiente di velocità, tale per cui essa è minima per macchie vicine alla SED (andando verso est), e sale a mano a mano che ci si allontana, fino a toccare valori massimi, dopo un giro del pianeta, immediatamente a ovest della perturbazione. Ora, l'ultima SED era scomparsa nel 2010, e negli anni seguenti la velocità del *jet* si era livellata lungo il pianeta; ma recenti analisi di J. Rogers (BAA) su dati JUPOS [9] mostra la nascita probabile di una nuova SED localizzata, all'epoca della nostra analisi, a cavallo fra i settori 2 e 3. I dati indicano un minimo di velocità nel settore 2, e un massimo nel settore 4, compatibili con la presenza di un nuovo gradiente longitudinale, indotto da questa SED.

Fra i parametri in ragionevole accordo con quelli rilevati nelle indagini precedenti, vi sono quelli del velocissimo *jet* NTBs; da notare che ciò avviene nonostante le nostre misure si riferiscano ad appena 5 mesi dopo l'insorgere di un'eruzione (*outbreak*) della NTB.

Nella tabella 2 si specifica che alcuni *jet* non sono stati misurati sull'intero pianeta; in alcuni settori abbiamo dati incerti, con picco non localizzabile. Si tratta di correnti ad alta latitudine, la più parte retrograde, alcune neppure citate in indagini precedenti (Voyager e Cassini). Riportiamo per completezza queste nostre misure, consapevoli dell'opinione diffusa che, nel caso di molti *jet* retrogradi di alta latitudine, non si tratti di vere e proprie correnti a getto, come sono sicuramente tutti quelli progradi, ma piuttosto di blandi minimi di velocità intermedie.

Bibliografia

[1] *http://stsdas.stsci.edu/multidrizzle/*
[2] JUPOS - *Database for Object Positions on Jupiter*; http://jupos.org
[3] *http://pianeti.uai.it/index.php/Jupiter:_maps_from_HST_2012_September_20*
[4] Rogers J. H.: *The Giant Planet Jupiter* (capitolo 3), Cambridge University Press (1995)
[5] Limaye S. S.: *Jupiter: New estimates of the mean zonal flow at the cloud level*, Icarus, **65**, pp. 335-352 (1986)
[6] García-Melendo E., Sánchez-Lavega A.: *A study of the stability of the jovian zonal winds from HST images: 1995-2000*, Icarus, **152**, pp. 316-330 (2001)
[7] Porco C.C. *et al.*: *Cassini imaging of Jupiter's atmosphere, satellites and rings,* Science, **299**, pp. 1541-1547 (2003)
[8] Simon-Miller A.A., Rogers J.H. et al. *Icarus*, **218**, pp. 817-830 (2012)
[9] *http://britastro.org/jupiter/2012-13reports.htm*

VETRERIA PELLINO
DIVISIONE INQUINAMENTO LUMINOSO

Soluzioni economiche alle problematiche dell'inquinamento luminoso

La nostra Società, con sede in Ferentino (FR), è stata la prima in Italia a ideare la soluzione pratica ed economica per il retrofit dei corpi illuminanti per il rispetto dei criteri imposti dalle normative regionali sull'inquinamento luminoso. I kit di modifica, che non incidono sulla parte elettrica, sono stati sottoposti al parere tecnico dell'Osservatorio Astronomico di Campo Catino e rispondono ai seguenti criteri: 1) estrema economicità; 2) facilità d'installazione; 3) affidabilità e durata nel tempo.

VETRI PIANI TEMPERATI
Installati da numerosi comuni e insediamenti industriali italiani per la trasformazione dei lampioni a coppa sporgente in sistemi full-cut-off con emissione di 0 cd/klm a 90°.

CALOTTE PLASTICHE SCHERMANTI E RIFLETTENTI
Versione da 30 cm per globi trasparenti. Sono prodotte dalla COMERA di Frosinone, di cui siamo distributore unico. Riducono la dispersione di flusso luminoso delle sfere di oltre 10 volte. S'installano in pochi minuti e sono inalterabili nel tempo. Realizzate su specifiche tecniche dell'Osservatorio Astronomico di Campo Catino.

* ora disponibili le calotte anche in versione da 250 mm

Oltre 30 anni di esperienza
VETRERIA PELLINO

COMERA

Vetreria Pellino Via Casilina, 245 – tel 0775/244584 - fax 240212
03013 – Ferentino (FR) – vetreria.pellino@libero.it – www.vetreriapellino.com www.comera.it