

## IL CONTRIBUTO COMETARIO ALLA LUCE ZODIACALE ED ALL'AIRGLOW

Nota di MASSIMO FRACASSINI - LAURA E. PASINETTI (\*)  
(*Osservatorio Astronomico di Merate - Centro di Astrofisica del C.N.R.*)

**RIASSUNTO.** — Gli Autori, passate in rassegna le teorie e i dati sperimentali sul contributo cometario alla nube zodiacale, ne deducono che è possibile stabilire una correlazione fra attività cometaria (numero  $N$  delle comete comparse ogni anno e loro grandezza assoluta complessiva,  $\Sigma H_{10}$ ), variazioni della L.Z. e dell'Airglow nell'area della L.Z.

Essi concludono che osservazioni sistematiche della attività cometaria e della L.Z. potrebbero chiarire i seguenti problemi: la permanenza della materia cometaria nello spazio interplanetario, l'importanza delle zone di iniezione, l'influenza sulle variazioni dell'Airglow osservate nell'area della L.Z. .

**ABSTRACT.** — The Authors, after a review of the theories and the experimental data of the cometary contribution to the zodiacal cloud, deduce that it is possible to correlate the cometary activity (the number  $N$  of comets appeared every year and their total absolute magnitude  $\Sigma H_{10}$ ) with the variations of the Z.L. (brightness, elongation) and of the Airglow emissions.

The Authors conclude that systematic observations of the cometary activity and of the Z.L., may enlighten the following problems: the permanence of the cometary matter in the planetary space, the influence of the local matter injections and the consequences on the Airglow emissions observed in the Z.L. area.

In una nota precedente <sup>(1)</sup> sono stati sottolineati alcuni aspetti singolari del problema delle variazioni di brillantezza della L. Z. e delle emissioni dello Airglow nella L. Z.. In particolare è stata rilevata la possibilità di collegare tali fenomeni con il ciclo solare, pur rimanendo delle perplessità per quanto riguarda le variazioni delle emissioni dell'Airglow nell'area della L. Z. [<sup>(1)</sup> p. 202].

Con la presente ci proponiamo di illustrare il contributo cometario

---

(\*) Ricevuto il 9 dicembre 1965.

ai fenomeni sopradetti confermando, anche sotto tale aspetto, una connessione con il ciclo solare.

## 1. TEORIA DEL CONTRIBUTO COMETARIO ALLA NUBE ZODIACALE.

Whipple <sup>(2)</sup> ha studiato a fondo un modello di nube zodiacale in cui parte del materiale meteoritico cade sul Sole o viene assorbito dai processi che vedremo, parte viene nuovamente apportato dalla disintegrazione continua delle comete.

Secondo tale A. circa 30 tonnellate al secondo, di tutto il materiale meteoritico apportato continuamente nelle tipiche orbite cometarie e trascinato verso il Sole dall'effetto Poynting-Robertson, vengono assorbite per la maggior parte dall'azione dei seguenti processi: *a*) vento interstellare, *b*) perturbazioni casuali di Giove, *c*) barriera perturbazionale di Giove, *d*) distruzione per collisione.

Si è trovato che i processi *b*) e *d*) sono i più importanti. Ad essi va inoltre aggiunta la radiazione corpuscolare del Sole, che può simulare (ma in modo più intenso) l'effetto Poynting-Robertson, tendendo però anche a distruggere le particelle di materia interplanetaria.

Poichè, come è stato dimostrato da van de Hulst <sup>(3)</sup> e Allen <sup>(4)</sup>, la L. Z. e la corona F provengono dalla diffusione e diffrazione della luce solare da parte della materia interplanetaria concentrata intorno al piano dell'eclittica, tale materia dovrà venire continuamente o sporadicamente rimpiazzata.

Sorgenti di tale materia si possono individuare: *a*) nel mezzo interstellare, per cattura solare, *b*) nel gas interplanetario, per condensazione, *c*) nella zona asteroidale, per frammentazione collisionale, *d*) nelle comete, per eiezione e disintegrazione.

Il tipo di sorgente *a*) non è mai stato osservato, mentre quello *b*) presenta serie difficoltà teoriche; il tipo *c*) è stato studiato da Piotrowski <sup>(5)</sup> che l'ha trovato adeguato, mentre quello *d*), studiato da Whipple, oltre a risultare valido può spiegare, come vedremo, alcune particolarità delle variazioni della L. Z..

Ogni modello di cometa capace di produrre materiale meteoritico può essere preso in considerazione come sorgente di materia zodiacale; fra questi quello elaborato da Whipple <sup>(6,7)</sup>, con il nucleo costituito di piccole particelle minerali immerse in un conglomerato di sostanze volatili ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2N_2$ ) solidificate, alla temperatura dello spazio interplanetario (30 °K), consente di stabilire delle relazioni quantitative fra le comete e la L. Z..

Una cometa di questo tipo perde una massa di materiale meteoritico, ogni secondo, data dalla relazione

$$M = \frac{R_c^2 \beta E}{4 n r^2 (1 - \beta) H}$$

dove  $R_c$  è il raggio del nucleo (considerato sferico) contenente la frazione  $\beta$  (della sua massa) di materiale meteoritico non volatile e  $1 - \beta$  di « ghiacci » aventi un calore di sublimazione  $H$  (ergs/grammo);  $1/n$  è il coefficiente di conducibilità del calore solare per i « ghiacci » considerati,  $E$  l'energia totale irradiata dal Sole ogni secondo ed  $r$  la distanza eliocentrica (in cm). Tale perdita di massa deve poi essere integrata su tutte le comete comparse: considerando il numero medio annuo delle comete comparse dal 1801 al 1879 e la grandezza assoluta di 45 comete, derivata da Bobrovnikoff<sup>(8)</sup>, Whipple ha calcolato che il loro contributo è equivalente a quello di un ritorno annuale della cometa di Halley, come si presentò nel 1910, pari a circa 30 ton. di materiale meteoritico al secondo: questo materiale, abbandonato lungo le orbite cometarie, dovrebbe dare una idea approssimata della loro distribuzione attuale. Un calcolo sul contributo gassoso delle comete porta a un valore dell'ordine di 100 tonnellate al secondo.

Vari fattori, tuttavia, richiedono di correggere i valori ottenuti sopra prima di confrontarli con la perdita e il guadagno di massa da parte della nube zodiacale: *a*) Giove perturba il moto di tutte le particelle, eliminandone una gran parte, *b*) non è ancora conosciuta la distribuzione delle dimensioni delle particelle eiettate dalle comete, *c*) il vento interstellare influisce sul moto delle particelle, *d*) la radiazione corpuscolare del Sole può intensificare l'effetto Poynting-Robertson sulle particelle tendendo anche a distruggerle, *e*) le collisioni fra le particelle della materia zodiacale possono essere distruttive.

Una valutazione dettagliata di questi fattori è stata fatta da Whipple<sup>(2)</sup> e ad essa ci riferiamo per maggiori chiarimenti.

## 2. LA EVOLUZIONE DELLE COMETE E I MECCANISMI DELLA LORO DISINTEGRAZIONE

È noto che quando le comete si avvicinano al Sole entro le 10 U. A. cominciano ad espellere considerevoli quantità di gas e polvere, diminuendo gradualmente di brillantezza assoluta, nei ritorni successivi, fino a divenire invisibili.

Informazioni interessanti sulla origine e la evoluzione delle comete si possono ottenere da una analisi della distribuzione degli inversi dei se-

miassi maggiori delle loro orbite ( $1/a$ ); questo parametro è strettamente connesso con la energia orbitale (che per unità di massa risulta eguale a  $-1/2a$ ) originale della cometa e con i cambiamenti da essa subiti per effetto delle perturbazioni planetarie e dei successivi passaggi al perielio.

Una tabella di queste distribuzioni è stata compilata da Oort <sup>(9)</sup> il quale ne ha dedotto che le comete distribuite intorno ai valori maggiori di  $1/a$  (quelle a corto periodo) finiscono per scomparire dopo un certo numero di passaggi al perielio [<sup>(10)</sup> p. 669]. Ciò è stato osservato nei passaggi successivi di tali comete e sottolineato nella vasta rassegna di Vsekhsvyatskii <sup>(11)</sup>. Basandosi sulla tabella di Oort, Whipple [<sup>(2)</sup> p. 764] ha tentato di calcolare il contributo medio cometario alla nube zodiacale considerando i valori della probabilità che le particelle espulse dalle comete possano raggiungere distanze afeliche inferiori a quella perielica di Giove (= 4.94 U. A., ritenuta come limite per la nube zodiacale): egli dimostra che tali valori approssimano grossolanamente la percentuale di luce solare diffusa dalla massa perduta dalle comete e quindi anche il loro contributo effettivo alla nube zodiacale. Dalle sue considerazioni risulta che la massima probabilità e il massimo contributo si verifica per particelle aventi il raggio compreso fra  $10^{-5}$  e  $10^{-4}$  cm, e semiasse maggiore compreso fra  $0.01 < 1/a < 0.1$  (sia per orbite dirette che retrograde); ammesso, però, che nessuna ulteriore perdita avvenga fra le particelle dopo che hanno raggiunto la distanza afelica di 4.95 U. A..

Più recentemente lo stesso A. <sup>(12)</sup> ha prospettato la possibilità di calcolare la distribuzione delle vite medie cometarie dalla distribuzione osservata dei valori di  $1/a$ .

Un'altra fonte di informazioni sull'attività fisica delle comete è data dalla loro magnitudine totale, che viene usualmente espressa con la relazione

$$H = H_0 + 5 \log \Delta + 2.5n \log r$$

dedotta da Orlov <sup>(13)</sup>, dalla formula di Holetschek <sup>(14)</sup>; in essa  $r$  è la distanza eliocentrica e  $\Delta$  quella geocentrica della cometa (in U. A.);  $H_0$ , la cosiddetta grandezza assoluta, è la grandezza della cometa per  $r = \Delta = 1$  U.A..

Il fattore  $n$  può assumere valori compresi fra 2 e 6, ma nella maggior parte dei casi osservati  $n = 4$ . Secondo Beyer <sup>(15)</sup>, che ha effettuato numerose misure di grandezze visuali di comete, l'indice  $n$  è più piccolo per le comete con coda visibile ad occhio nudo che per quelle dotate di testa arrotondata, senza coda. Ciò dovrebbe indicare che le comete del primo tipo ( $n$  minori) sono relativamente più ricche di polvere che di gas, mentre quelle del secondo tipo ( $n$  maggiori) più ricche di gas che di polvere.

Per tener conto anche del diverso andamento di  $n$  per i vari tipi di comete, Vsekhsvyatskii <sup>(16)</sup> ha proposto una formula a tre parametri che sem-

bra più adeguata di quella riportata sopra, specialmente allorchè la cometa si avvicina al Sole.

È poi interessante rilevare che le comete nuove si distinguono per le proprietà fisiche direttamente osservabili; confrontate con le altre decrescono in brillantezza apparente più lentamente, con l'aumentare della loro distanza dal Sole; inoltre, come è stato trovato da Oort e Schmidt (<sup>17</sup>), i loro spettri mostrano un continuo eccezionalmente forte rispetto alle bande di emissione: ciò sembra indicare che l'invecchiamento avviene con un processo di disintegrazione più marcato per la componente polverosa che per quella gassosa.

I meccanismi responsabili della espulsione della polvere cometaria sono tutt'ora in discussione: fra questi v'è quello di un intenso effetto radiometrico, proposto recentemente da Dauvillier (<sup>18</sup>), per spiegare gli alti valori dei rapporti fra forza repulsiva e attrazione gravitazionale osservati nelle comete con coda rettilinea.

Le cause più importanti della disgregazione delle comete attualmente considerate sono: *a*) l'azione delle correnti corpuscolari solari, *b*) l'interazione con la materia interplanetaria.

Secondo Dobrovolskij (<sup>19</sup>) l'azione *a*) può produrre la disintegrazione dello strato superficiale dei nuclei cometari mediante i seguenti meccanismi: 1) disgregazione elettrostatica per elettrizzazione del nucleo; 2) distruzione meccanica, 3) distruzione termica, 4) intervento di reazioni chimiche.

La stessa causa *a*) può poi interagire con i costituenti gassosi della atmosfera cometaria mediante i meccanismi seguenti: 5) diffusione elastica dei protoni attraverso le molecole neutre del gas cometario, 6) diffusione anelastica, con trasformazione dell'energia cinetica, relativa all'urto, in altre forme (eccitazione, dissociazione, ionizzazione ecc.).

I meccanismi più importanti sono il 2) e 3), mentre per quanto riguarda l'azione *b*) è stato rilevato che le collisioni a velocità cosmiche, fra micrometeoriti e corpi solidi del sistema solare, possono produrre la distruzione dei reticoli cristallini di quest'ultimi e la esplosione con evaporazione di tali « microproiettili ».

Secondo Sekanina (<sup>20</sup>) se le velocità di impatto nelle collisioni fra meteoriti e nuclei cometari sono dell'ordine di 10 km/sec, si ha la completa evaporazione del meteorite e la parziale evaporazione di una zona superficiale del nucleo cometario; in tale regione si forma un microcratere da cui si espande del gas (dalle sostanze volatili): le particelle appena espulse si ricondensano immediatamente. Le dimensioni di queste particelle sono parecchie volte maggiori di quelle molecolari ( $10^{-5}$  cm).

Infine, circa l'entità dei processi *a*) e *b*), si deve rilevare che gli effetti prodotti dal primo sono  $10^4$  volte più intensi di quelli prodotti dal secondo.

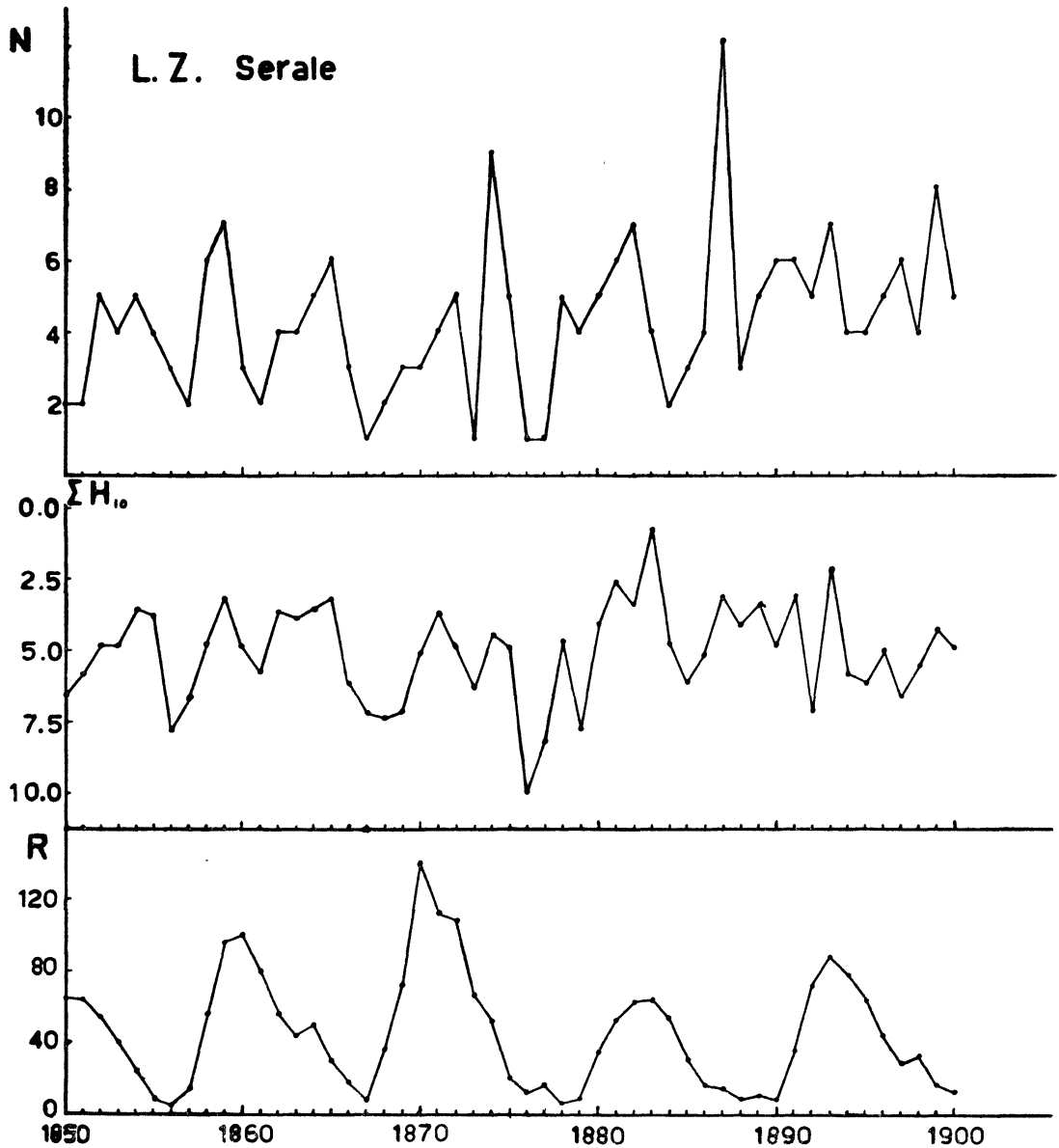


Fig. 1

Il risultato dei processi descritti sopra è che durante il moto di una cometa intorno al Sole la sua atmosfera attraversa tre stadi di sviluppo: il primo caratterizzato dalla azione delle forze esterne (collisione della cometa con gli sciami di micrometeoriti o con le correnti protoniche solari); il secondo che ha inizio con la evaporazione intensa del gas dal nucleo cometario, a causa delle forze interne della cometa, e termina quando la chioma raggiunge le dimensioni previste dalla teoria meccanica; il terzo caratterizzato da una specie di atmosfera « satura ».

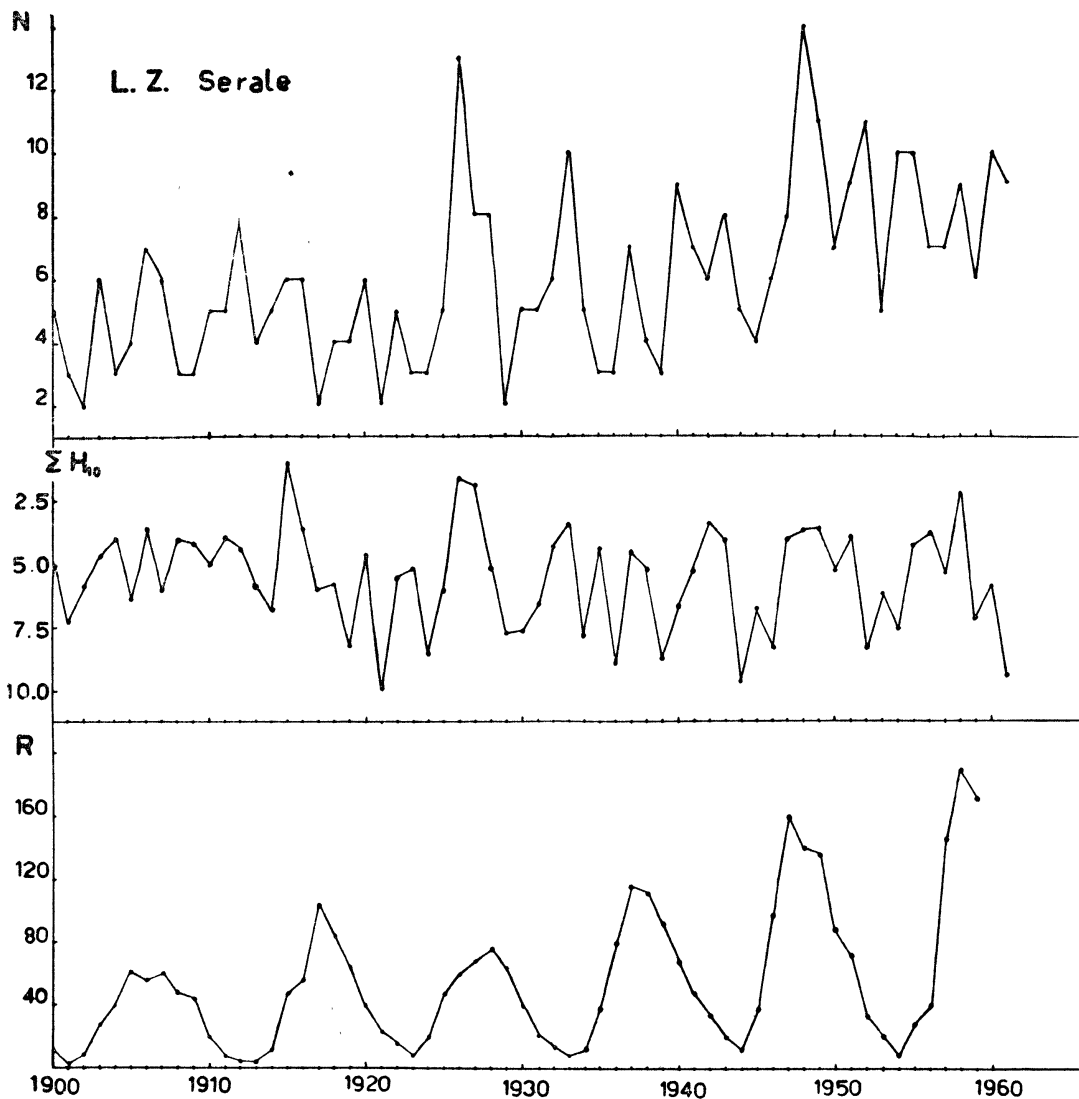


Fig. 1 bis

Il primo stadio si verifica a distanze eliocentriche relativamente grandi e con variazioni del diametro della chioma piuttosto piccole: tuttavia questi mutamenti determinano una variazione di concentrazione della polvere nello spazio interplanetario o nei dintorni delle correnti corpuscolari (i dati di osservazione sono però incerti).

Il secondo stadio è caratterizzato da un rapido aumento delle dimensioni della chioma gassosa, rilevabile fotometricamente e in stretta relazione con le formule per le magnitudini viste più sopra.

Il terzo stadio, infine, avviene dopo la « saturazione » della atmosfera cometaria, le cui dimensioni finiscono per rimanere stazionarie o diminuire con l'approssimarsi al perielio.

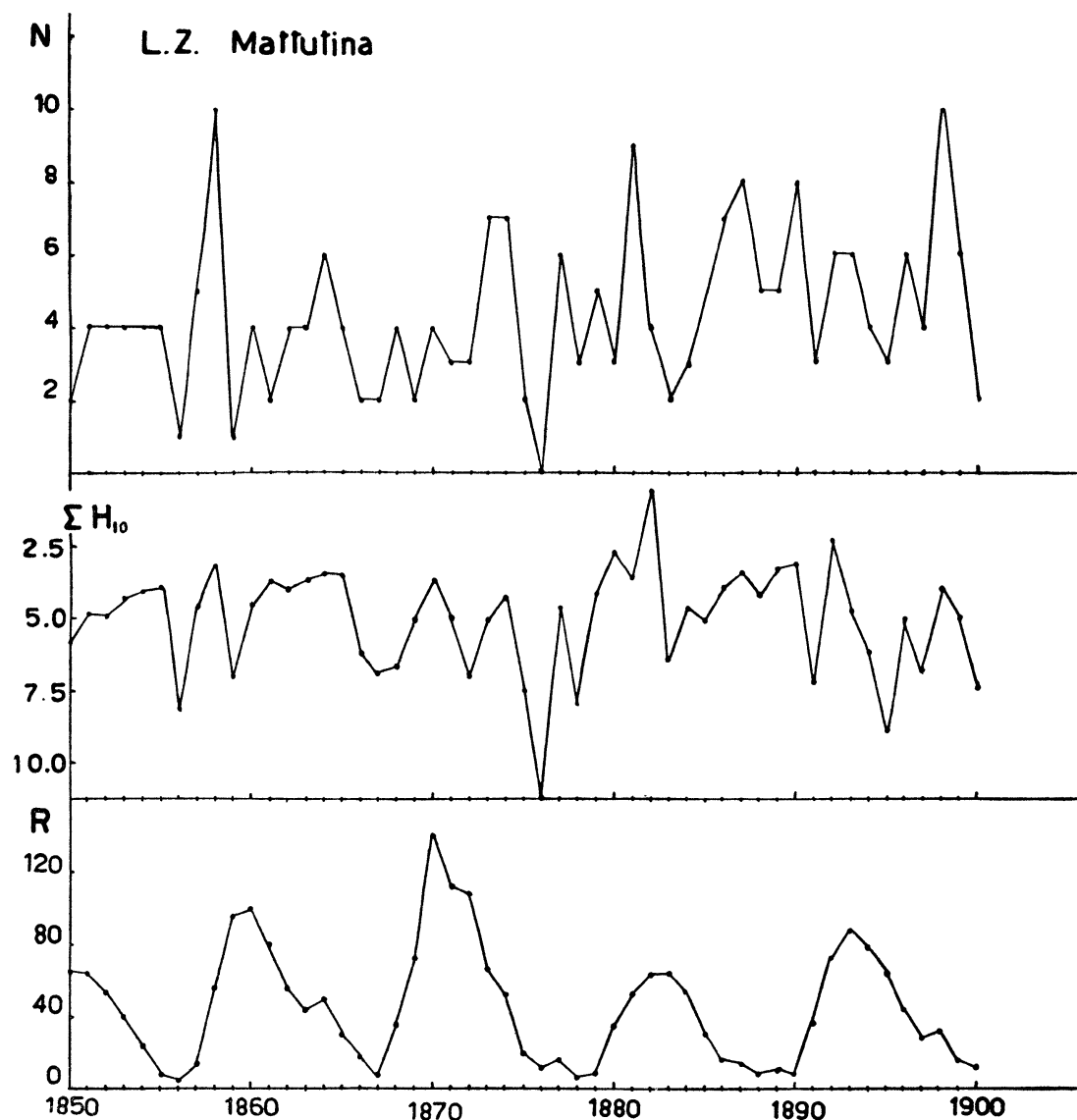


Fig. 2

### 3. IL CONTRIBUTO COMETARIO ALLE VARIAZIONI DELLA L.Z.:

#### DATI DI OSSERVAZIONE.

Una idea dell'apporto cometario alla nube zodiacale e delle corrispondenti variazioni annuali della L. Z. può aversi considerando il numero e la brillantezza totale delle comete apparse ogni anno. A tale scopo gli scriventi hanno costruito i grafici riportati nelle figure 1, 1 bis e 2, 2 bis, che rappresentano il numero  $N$  e la grandezza assoluta complessiva  $\Sigma H_{10}$  (\*) delle comete apparse ogni anno dal 1850 al 1960.

(\*)  $H_{10}$  è la grandezza assoluta ottenuta ponendo nella formula di HOLETSCHEK  $r = \Delta = 1$  U.A. ed  $n = 4$ .



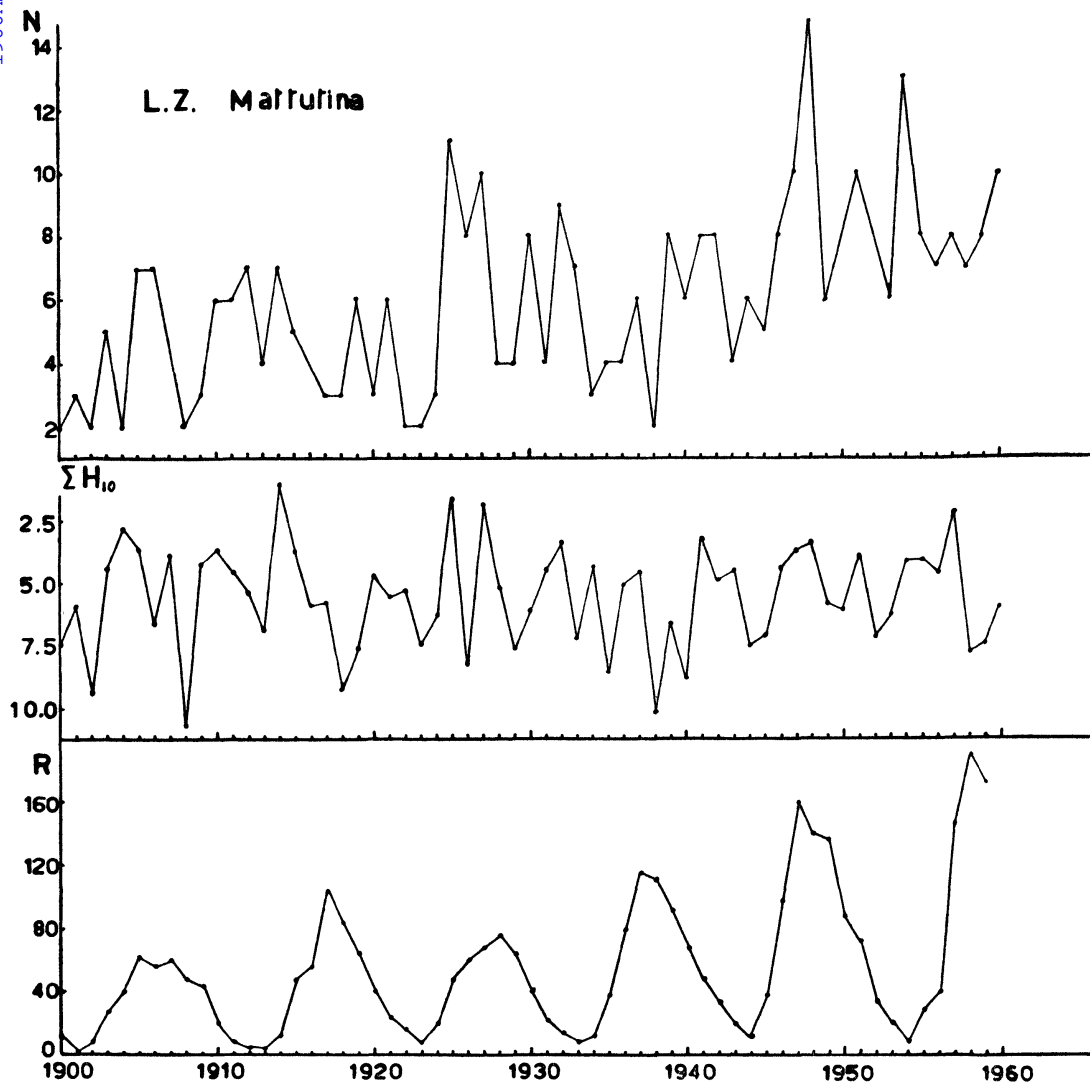


Fig. 2 bis

Nelle figure 1, 1 bis, tali dati sono stati calcolati per le epoche di osservabilità della L. Z. serale di ogni anno e abbracciano il periodo dall'1 aprile dell'anno precedente al 31 marzo dell'anno dichiarato; nelle figure 2, 2 bis, i dati sono stati calcolati per le epoche di osservabilità della L. Z. mattutina di ogni anno, dall'1 ottobre dell'anno precedente al 30 settembre dell'anno dichiarato. I dati relativi all'intervallo 1850-1956 sono stati dedotti dal catalogo di Vsekhsvyatskii <sup>(11)</sup>; quelli dal 1957 al 1960 da una pubblicazione dello stesso A. <sup>(21)</sup>. Per confronto, sotto ogni grafico, è stata riportata la curva dei numeri di Wolf, R, relativa ai cicli solari dal 1850 al 1960.

Per i valori di  $N$  dedotti dal catalogo citato si deve osservare che essi potrebbero risultare inferiori alla realtà. Secondo Hruska <sup>(22)</sup>, infatti, la probabilità di scoprire una cometa più brillante della 13<sup>m</sup>, prima o dopo il suo passaggio al perielio, aumenta con la distanza perielica; nel periodo 1850-1960 considerato da noi, le comete aventi una grandezza eguale o inferiore alla 13<sup>m</sup> rappresentano il 3.6% del numero complessivo, mentre la distanza perielica annua media è dell'ordine di 1.5 U. A., cui corrisponde secondo tale A. una probabilità del 53%.

Inoltre, secondo Link <sup>(23)</sup> il numero medio di comete scoperte ogni anno e riportate nei vari cataloghi dipende dal concorso dei fattori seguenti: *a)* il fattore cosmico  $k$ : numero reale delle comete avvicinate alla Terra ogni anno; *b)* il fattore climatico  $C$ : condizioni atmosferiche, dipendenti in particolare dal numero annuo delle notti limpide; *c)* il fattore sociale  $c_0$ : attività astronomica e livello generale di civiltà del luogo di osservazione.

Dato il numero  $k$  di comete realmente apparse ogni anno, solo la frazione  $C < 1$  sarà osservabile; del numero  $kC$  solo la frazione  $c_0$  sarà veramente osservata, per cui il numero  $N = k c_0 C$  sarà realmente osservato e tramandato ai posteri.

Tuttavia, come vedremo più avanti, il maggior contributo alla nube zodiacale sembra sia dato dalle comete più vistose, per cui possiamo concludere che il grafico di  $N$  dà un'idea attendibile della correlazione fra numero delle comete apparse e apporto annuo di materia interplanetaria.

Maggiore significato fisico, per quanto detto al paragrafo 2., ha invece il grafico delle grandezze assolute complessive ( $\Sigma H_{10}$ ) delle comete apparse ogni anno: rimanendo però valide, anche per questi valori, le considerazioni di attendibilità fatte più sopra.

Guardando tali grafici appaiono subito evidenti dei massimi intorno agli anni 1882, 1927 e 1948: le osservazioni della L.Z. effettuate da Searle <sup>(24)</sup> nel 1882, riportate da Burns <sup>(25)</sup> per il 1926-27 e da Housman <sup>(26)</sup> per il 1947-48, nonché le osservazioni di Karimov <sup>(27)</sup> e Karyagina <sup>(28)</sup> ancora per il 1947-48, sembrano rivelare appunto dei massimi di elongazione ed intensità.

Ma indicazioni di correlazioni più evidenti si possono avere confrontando i nostri grafici con quello ottenuto da Thom <sup>(29)</sup> per gli eccessi di elongazione della L.Z., dal 1830 al 1930.

Questo A., vagliando più di tremila osservazioni visuali effettuate da vari osservatori a partire dal 1688, ha cercato di stabilire una correlazione fra le variazioni della L.Z. e i cicli di attività solare. A tale scopo ha messo in grafico gli eccessi di elongazione del cono zodiacale, ottenuti con medie pesate quinquennali, rispetto alla elongazione media dell'intero periodo 1840-1930 [<sup>(29)</sup> p. 108].

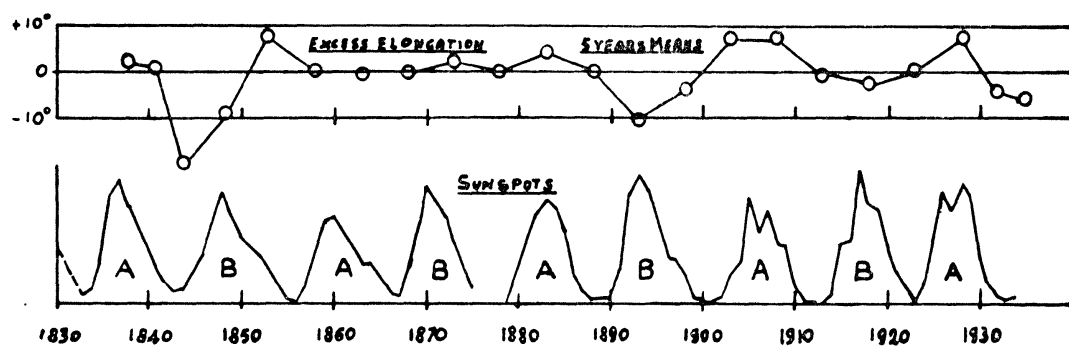


Fig. 3

Riguardo l'attendibilità e il significato di tale grafico osserveremo che, mentre una stima visuale precisa delle variazioni di intensità della L.Z. appare piuttosto difficile [Ingham <sup>(30)</sup>], una valutazione visuale delle variazioni di elongazione del cono zodiacale (specialmente se effettuate sempre dallo stesso osservatore, alle stesse epoche e nella stessa località) appare senz'altro attendibile: ed essa può costituire un indice abbastanza significativo dell'aumento o diminuzione della materia presente nella nube zodiacale.

Un esame di questo grafico mostra (v. fig. 3) dei *massimi* negli eccessi di elongazione durante i quinquenni intorno agli anni 1853, 1883, 1903-1908, 1927; dei *minimi* durante i quinquenni intorno agli anni 1848, 1892, 1918; ed infine nessun eccesso di elongazione (cono zodiacale stazionario) nel decennio 1857-1868.

Relativamente agli stessi periodi si possono dedurre dal catalogo di Vsekhsvyatskii <sup>(11)</sup> i seguenti dati sull'attività cometaria:

— *Periodo 1851-1855* per il *massimo* eccesso di elongazione del 1853 —

Grandi comete (visibili ad occhio nudo): 1853 II,  $H_{10} = 6.0$ ,  $q = 0.909$ ; 1853 III,  $H_{10} = 4.8$ ,  $q = 0.307$ ; 1853 IV,  $H_{10} = 7.0$ ,  $q = 0.173$ ; 1854 II,  $H_{10} = 7.0$ ,  $q = 0.277$ . — ( $H_{10}$  = grandezza assoluta,  $q$  = distanza perielica).

Comete a corto periodo ( $P < 10$  anni): cinque.

— *Periodo 1881-1885* per il *massimo* del 1883 —

Grandi comete: 1881 III,  $H_{10} = 4.1$ ,  $q = 0.734$ ; 1881 IV,  $H_{10} = 6.3$ ,  $q = 0.634$ ; 1882 I,  $H_{10} = 4.1$ ,  $q = 0.061$ ; 1882 II,  $H_{10} = 0.8$ ,  $q = 0.008$ .

Comete a corto periodo: sei.

— *Periodo 1900-1910* per il *massimo* dal 1903 al 1908 —

Grandi comete: 1901 I,  $H_{10} = 5.9$ ,  $q = 0.245$ ; 1907 IV,  $H_{10} = 4.0$ ,

$q = 0.512$ ; 1910 I,  $H_{10} = 5.0$ ,  $q = 0.129$ ; 1910 II (Halley),  $H_{10} = 4.6$ ,  
 $q = 0.587$ .

Comete a corto periodo: diciannove.

— *Periodo 1925-1929 per il massimo del 1927* —

Grandi comete: 1925 III,  $H_{10} = 4.6$ ,  $q = 1.633$ ; 1927 IX,  $H_{10} = 5.2$ ,  
 $q = 0.176$ . —

Comete a corto periodo: diciannove.

— *Periodo 1846-1850 per il minimo del 1848* —

Grandi comete: 1847 I,  $H_{10} = 6.8$ ,  $q = 0.043$ ; 1847 VI,  $H_{10} = 7.3$ ,  
 $q = 0.329$ .

Comete a corto periodo: tre.

— *Periodo 1891-1894 per il minimo del 1892* —

Grandi comete: 1892 I,  $H_{10} = 3.2$ ,  $q = 1.027$ ; 1893 II,  $H_{10} = 6.6$ ,  
 $q = 0.675$ .

Comete a corto periodo: undici.

— *Periodo 1916-1920 per il minimo del 1918* —

Grandi comete: 1917 I,  $H_{10} = 7.3$ ,  $q = 0.190$ .

Comete periodiche: dieci.

— *Periodo 1855-1870 senza eccesso, stazionario dal 1857 al 1868* —

Grandi comete: 1857 V,  $H_{10} = 4.9$ ,  $q = 0.563$ ; 1858 VI,  $H_{10} = 3.3$ ,  
 $q = 0.578$ ; 1860 III,  $H_{10} = 5.8$ ,  $q = 0.293$ ; 1861 I,  $H_{10} = 3.9$ ,  $q = 0.022$ ;  
 1862 III,  $H_{10} = 4.0$ ,  $q = 0.963$ ; 1863 III,  $H_{10} = 6.8$ ,  $q = 0.629$ ; 1865 I,  
 $H_{10} = 3.8$ ,  $q = 0.026$ .

Comete a corto periodo: sedici.

I dati sull'attività cometaria riportati sopra, relativi ai massimi di eccesso di elongazione della L. Z. del 1853, 1883, e ai minimi del 1848, 1918, sembrano indicare il maggior contributo delle comete con coda polverosa alla nube zodiacale (v. paragrafo 2.); mentre il massimo assoluto del 1853 (v. grafico di Thom) sembra dovuto alla presenza di tre grandi comete consecutive proprio nell'anno 1853. I massimi del periodo 1903-1908 e 1927 sembrano invece favoriti anche dal grande numero di comete a corto periodo: queste infatti, essendo esposte per la loro intera « esistenza » ai vari processi di disintegrazione, possono contribuire egualmente, se in gran numero, alla nube zodiacale [v. paragrafo 2., Sekanina <sup>(28)</sup> p. 128, Vsekhsvyatskii <sup>(11)</sup> p. 41-45].

La minore evidenza per il minimo del 1892 in cui compare un numero

di comete (grandi e a corto periodo) quasi eguale a quello del massimo del 1927, può essere giustificata osservando che nel grafico di Thom questo minimo è simultaneo a un massimo di attività solare (v. paragrafo 1.) e segue il periodo stazionario del 1857-1868 e il massimo relativo del 1883. Un ragionamento analogo deve farsi, sempre osservando il grafico di Thom, per il minimo relativo del 1918 che segue il periodo di massimo del 1903-1908.

Una constatazione interessante deriva infine dal periodo stazionario del 1855-1870; calcolando il valore complessivo medio della grandezza delle comete apparse annualmente in tale periodo, si ha

$$\overline{\Sigma H_{10}} \text{ (annuo)} = 4.0 \text{ ,}$$

cioè la grandezza assoluta della cometa di Halley, osservata nel suo passaggio del 1910: ciò sembra confermare la valutazione media dell'apporto cometario annuale, necessario per mantenere stazionaria la nube zodiacale, proposta da Whipple (v. paragrafo 1.).

Da tutte le osservazioni e conclusioni effettuate più sopra appare evidente l'importanza di uno studio sistematico, accurato, della L. Z. allo scopo di determinare le variazioni qualitative e quantitative; da tale studio possono venire delle informazioni riguardanti due quesiti, appena delineati nella nostra esposizione:

1.) la durata della permanenza della materia cometaria abbandonata, nello spazio interplanetario.

2.) l'importanza delle zone di «iniezione» della materia cometaria (interne ed esterne all'orbita terrestre) per le variazioni di brillantezza e di elongazione della L. Z..

A tale scopo sarà interessante effettuare osservazioni della L. Z. nella prossima primavera (marzo 1966), successivamente al passaggio della grande cometa 1965 f (Ikeya-Seki), e confrontarle con quelle dell'anno precedente.

Infine ci preme sottolineare che, dal confronto dei nostri grafici di  $N$  e  $\Sigma H_{10}$  con quelli sottostanti relativi ai numeri  $R$ , appaiono manifeste delle correlazioni fra attività cometaria (frequenza e grandezza assoluta complessiva, annue, delle comete) e ciclo di attività solare (numero delle macchie solari). Ciò è già stato accuratamente studiato in un'ampia ricerca statistica da Sekanina <sup>(31)</sup>: tale A., servendosi dei dati riportati nel catalogo di Vsekh-svyatskii, ha potuto rilevare che la curva dei valori  $N$  presenta una doppia onda, mentre quella degli  $H_{10}$  una singola onda, durante ogni ciclo solare. Secondo tale A. la prima correlazione potrebbe essere un indice della nuvolosità del cielo notturno [v. anche Link <sup>(23)</sup> p. 49], mentre la seconda appare più probabilmente un indice della attività solare (influenza diretta sui processi interni cometarii).

Anche sotto tale aspetto, dunque, rimane confermato l'interesse di scoprire eventuali correlazioni fra le variazioni della L. Z. e il ciclo solare, come già sottolineammo in una nostra nota precedente <sup>(1)</sup>: la periodicità di tali correlazioni potrebbe indicare quali dei due parametri,  $N$  o  $\Sigma H_{10}$ , può essere assunto come indice più significativo del contributo cometario alla L. Z..

Prima di chiudere questo paragrafo ci sembra opportuno richiamare l'attenzione su un fenomeno osservato da Dauvillier, molto indicativo sulla intima relazione fra attività solare, variazioni di brillantezza della L. Z. e delle comete. Il 25 e 26 febbraio 1943 comparve al meridiano centrale del sole un gruppo notevole di macchie; il 27 fu osservata a Zagabria un'aurora boreale e il 28 la cometa 1943 I (Whipple-Fedtke), che era passata al perielio il 6 dello stesso mese, ebbe un improvviso e vivo aumento di brillantezza. La sera del 1 marzo Dauvillier [<sup>(18)</sup> p. 139] osservò al Pic du Midi un improvviso aumento di splendore nella L. Z.. Sebbene tali coincidenze non siano molto frequenti, sarà tuttavia interessante ripetere le osservazioni della L. Z. e delle comete allorchè esse si verificano. Non è da escludere, infatti, che un fenomeno dello stesso genere sia avvenuto il 7-8 luglio 1958 allorchè, a seguito di una intensa tempesta magnetica, Ingham <sup>(30)</sup> poté osservare a Chakaltaya un aumento di brillantezza su tutta la L. Z.: l'anno prima si era verificato il passaggio al perielio di due grandi comete, la 1957 III (Arend-Roland) e 1957 V (Mrkos). Mentre nessun fenomeno del genere fu osservato da Peterson <sup>(32)</sup> dopo la tempesta magnetica del 28 novembre 1959, anno in cui non avvennero passaggi di grandi comete al perielio.

#### 4. EMISSIONI DI TIPO AIRGLOW NELLE ATMOSFERE COMETARIE E LORO MECCANISMI.

Uno dei punti ancora molto discussi è quello del rinforzo delle righe di emissione dell' Airglow, allorchè vengono osservate nella direzione della L. Z. In una precedente nota <sup>(1)</sup> si è rilevato come alcune osservazioni <sup>(33, 27, 28, 34)</sup> sembrerebbero convalidare l'ipotesi che l'emissione di tali righe è rinforzata nella L. Z. durante i massimi dell'attività solare. Sembra tuttavia poco chiaro perchè tale rinforzo si troverebbe solo nell'area della L. Z. Una spiegazione di questo fenomeno si può forse avere considerando l'apporto cometario alla nube zodiacale.

Solo in tempi abbastanza recenti è stato dimostrato da Swings e Greenstein <sup>(35)</sup> che le righe proibite dell'ossigeno neutro presenti negli spettri cometari, sono da attribuirsi alla cometa stessa e non all'Airglow come si pensava in precedenza. La loro identificazione è stata alquanto difficile

non solo per la presenza delle emissioni atmosferiche, ma anche per quelle della molecola dell' $\text{NH}_2$  che si trovano nella regione delle righe rosse, e del  $\text{C}_2$  nella regione della riga verde. Anche Deutsch e Houziaux <sup>(36)</sup> con misure precise della lunghezza d'onda, hanno confermato l'identificazione delle righe dell'ossigeno negli spettri cometari (Cometa Wilson 1961), tuttavia è difficile, sulla base delle lunghezze d'onda, attribuire con precisione le emissioni all'ossigeno, potendo essere sovrapposta anche quella dell' $\text{NH}_2$ . Si ricorre quindi a considerazioni sulla localizzazione ed estensione delle emissioni nella testa e nella coda e sul loro gradiente di intensità. Ad es. nella regione dei 6300 Å, l'emissione dell'[OI] si estende dalla testa alla coda a distanze molto più grandi di quelle dell' $\text{NH}_2$ .

Oltre alle righe proibite dell'ossigeno sono state osservate anche le D del sodio che compaiono di solito per distanze eliocentriche della cometa minori di 0.7 U. A., le righe del Fe e Ni identificate da Copeland e Lohse <sup>(37)</sup> nella cometa Wells 1882 I, alla distanza eliocentrica di 0.1 U. A.; per distanze di tale ordine di grandezza le righe Na D sono sempre molto forti.

Le osservazioni sulle righe proibite dell'ossigeno sono ancora assai scarse; sembra che le intensità relative delle due transizioni [OI]<sub>32</sub> e [OI]<sub>21</sub> varino entro certi limiti ed in modo irregolare, talvolta sono quasi di pari intensità (come nella cometa 1947 XII per  $r = 0.59$  e 1948 IV per  $r = 0.667$ ). Altre volte si è trovato il doppietto rosso più forte della riga verde (cometa Mrkos 1957 d, 1948 XI, 1941 I, 1956 h) e in certi casi, invece, la 5577 è più intensa di quelle rosse [cometa 1948 I per  $r = 0.8 - 1.3$  e 1941 VIII, Swings <sup>(38)</sup>].

Un problema particolarmente complesso è quello dei meccanismi di eccitazione delle righe proibite dell'OI. Infatti, mentre le più forti bande di emissione molecolare appartengono a sistemi di risonanza (o quasi risonanza) degli emettitori, e la loro origine si suppone dovuta a eccitazione di fluorescenza da parte della luce solare [Schwarzschild e Kron <sup>(39)</sup>], sembra invece che l'eccitazione di fluorescenza per le transizioni dell'ossigeno atomico sia molto improbabile.

Secondo Wurm [<sup>(10)</sup> p. 586-587] le molecole di gas presenti nelle teste cometarie, a un dato istante, si diffondono e vengono completamente rinnovate dopo circa tre giorni; per comete come quella di Halley o di Brooks (1911) questo ciclo dovrebbe ripetersi almeno venti volte, vicino al perielio, durante ogni ritorno.

Lo stesso A. basandosi su un paragone con l'abbondanza del  $\text{C}_2$  ha calcolato la quantità totale di atomi di ossigeno necessaria a spiegare l'intensità osservata delle righe, nella ipotesi della eccitazione per fluorescenza da parte del continuo solare: essa dovrebbe ammontare a circa  $10^{42}$  atomi ( $10^{19}$  gr), in ogni passaggio al perielio. Si hanno solo stime approssimate

della massa totale di una cometa; ma il valore precedente è sicuramente vicino al limite superiore stimato per quelle più luminose. È quindi estremamente improbabile che vi sia una sorgente sufficiente di ossigeno per spiegare la comparsa delle righe in seguito a fluorescenza.

Fra gli altri possibili processi di eccitazione è stato considerato anche quello di un getto corpuscolare molle proveniente dal sole. [(<sup>10</sup>) p. 587]. I corpuscoli veloci ( $10^8$  cm/sec) devono essere esclusi, perchè solamente i livelli di bassa energia dell'atomo vengono eccitati e perchè non è stata osservata alcuna ionizzazione dovuta ad un simile getto. Secondo Swings (<sup>40</sup>) non solo il meccanismo per fluorescenza ma anche quello per collisione da parte di elettroni o protoni non può interpretare le osservazioni. Tuttavia tale A. si astiene da una discussione teorica approfondita sui meccanismi di eccitazione dell'[OI] e sulle loro conseguenze, essendo necessario, prima, un esame più dettagliato degli spettri cometari già esistenti..

Secondo lo stesso A., se l'emissione dell'[OI] risulta dalla fotodissociazione di composti contenenti l'ossigeno, si può determinare la quantità minima di materia sublimata necessaria per interpretare le osservazioni; questa è dell'ordine di  $10^{30}$  molecole per secondo, ovvero circa 100 tonnellate al secondo: supponendo che il nucleo abbia un raggio di 10 km e una densità superficiale di 0.1, a  $r = 1$  U. A. lo strato sublimato risulterà di mt. 2.5 al mese. Tali stime sono naturalmente molto imprecise, ma indicano che non si può escludere un decremento rapido del diametro dei nuclei cometari.

Mentre la conoscenza degli spettri cometari, nel dominio spettrale accessibile al suolo, è a tutt'oggi soddisfacente, altrettanto non si può dire del problema relativo al meccanismo di eccitazione dell'[OI], alle determinazioni quantitative di abbondanza ed all'interpretazione del continuo.

Infine, si è constatato che (<sup>41, 42</sup>) la polvere e gli atomi di sodio contenuti nella cometa Mrkos (1957 d) venivano eiettati più fortemente dalla parte irradiata del nucleo; la polvere spariva gradualmente ad una distanza fra i 3000 e gli 8000 km, da tale parte, ma possedeva un bordo ben definito a circa 3000 km dal nucleo, dalla parte della coda. Le righe del Na I raggiungevano la loro intensità massima a 2000 km dal nucleo, nella direzione del Sole, quindi diminuivano in intensità e sparivano a circa 12.000 km, dalla stessa parte.

Dalla parte della coda, al contrario, l'emissione D presentava un gradiente di intensità relativamente debole, a partire da circa 4000 km dal nucleo e su una lastra di Monte Wilson venne osservata fino oltre i 50.000 km.

La distribuzione dell'[OI] assomiglia a quella del Na I: esso si estende entro la coda fino a circa 50.000 km. Altre osservazioni interessanti (<sup>43</sup>), sul doppietto D e la 6300 dell'[OI], sono state fatte nella cometa Wilson-



1966MNSAI...37..267F

Hubbard (1961 d) osservata con dispersione di 50 A/mm all'Osservatorio di Haute Provence, per  $r = 0.425$  dopo il passaggio al perielio. La velocità radiale elevata era sufficiente a spostare le righe di Fraunhofer del Na al di fuori delle lunghezze d'onda eccitatrici, il che spiega la fortissima intensità dell'emissione D cometaria.

La stessa cometa è stata osservata a Monte Wilson nello stesso giorno, con una dispersione di 60 A/mm <sup>(44)</sup>: il doppietto D e la 6300 dell'[OI] erano due volte più intense dalla parte della coda che dalla parte del Sole; inoltre nella zona più debole erano nettamente inclinate verso le lunghezze d'onda maggiori, indicando un gradiente di velocità di circa 1 km per secondo di arco.

5. EMISSIONI DELL'AIRGLOW E DELLE COMETE NELL'AREA DELLA L.Z.:  
DATI DI OSSERVAZIONE.

In base alle considerazioni riportate sopra abbiamo confrontato le osservazioni sulle righe di emissione (dell'ossigeno e del sodio) dell'Airglow e delle atmosfere cometarie, nell'area della L. Z.. A questo proposito si devono distinguere due casi: I) la cometa passa proprio nelle vicinanze della nube zodiacale, alla epoca delle osservazioni di quest'ultima; II) si sono avuti dei passaggi cometari intorno alle date di osservazione della L. Z., per cui può essersi verificato un certo apporto alla nube zodiacale di emettitori efficienti.

Ricordiamo che il rinforzo delle righe di emissione dell'Airglow nella area della L. Z. è stato trovato da Karimov <sup>(33)</sup> nel 1947-1948 ed ancora nel 1956 <sup>(27)</sup>, da Karyagina <sup>(28)</sup> nel 1956; da Divari <sup>(34)</sup> nel 1957 in una sola osservazione (25 ottobre) ma attribuito alle variazioni di intensità dell'Airglow lungo un parallelo di latitudine.

Nella tabella I si sono riportati alcuni elementi relativi alle comete, con righe di emissione OI a 5577 A e 6300-6360 A, comparse intorno alle date di osservazione di Karimov trascritte qui sotto:

— 1947: 15-17 novembre.

— 1948: 4-6 febbraio, 5-9 marzo, 10-13 ottobre, 2-8 novembre, 11-13 novembre.

TABELLA I

Nome	T	q	H <sub>10</sub>	P	λ <sub>π</sub>	Coda	Distanze Elioc.
1947 XII	Dic. 2.587	0.110	6.0	Iperbole	144 <sup>o</sup> .3	xx	r = 0.59
1948 I	Feb. 16.433	0.748	6.5	—	278 .3	x	r = 0.8-1.3(+)
1948 IV	Mag. 15.906	0.208	8.4	—	162 .6	xx	r = 0.667
1948 XI	Ott. 27.429	0.135	5.5	171000	318 .8	xx	r = 0.8-1.1(—)

$T$  = istante passaggio al perielio,  $q$  = distanza perielica,  $H_{10}$  = grandezza assoluta <sup>(11)</sup>,  $P$  = periodo,  $\lambda_{\pi}$  = longitudine del perielio; xx coda visibile ad occhio nudo, x coda telescopica, r distanza eliocentrica, (+) riga verde + forte righe rosse, (—) righe rosse + forti riga verde.

Tenendo presente anche la longitudine del Sole per quelle date, si è constatato che le comete 1948 I e 1948 XI passavano nell'area della L. Z. proprio nei giorni corrispondenti alle osservazioni del 4-6 febbraio e 2-8 novembre 1948; mentre la 1947 XII e la 1948 IV si trovavano in prossimità dell'area della L. Z. in giorni successivi alle osservazioni del 15-17 novembre e 5-9 marzo. Questi due gruppi di osservazioni, sembrerebbero dunque adattarsi ai due casi considerati in precedenza.

Per quel che riguarda il 1956, le osservazioni vennero eseguite nei giorni: 7-10 marzo (Karimov), 7-14 marzo (Karyagina).

Appartengono a questo periodo le due comete passate successivamente al perielio: 1956 II ( $T$  = Apr. 5.572), 1956 III ( $T$  = Apr. 13.613).

Anche questo gruppo di osservazioni potrebbe rientrare nel caso II). Dobbiamo però ricordare che per queste due comete non si trovano nella letteratura dati di rilievi spettrografici e conseguentemente notizie sulla presenza delle emissioni caratteristiche dell'ossigeno e del sodio.

Dalla figura 1 bis si può rilevare che in questo periodo si hanno dei valori alti di  $N$  e  $\Sigma H_{10}$ , il che potrebbe essere indice di un maggiore apporto di emettitori. D'altra parte, allo stato attuale delle conoscenze sui meccanismi delle emissioni cometarie, non è possibile sapere se tutte le comete che hanno contribuito a questi alti valori di  $N$  e  $\Sigma H_{10}$  possedevano degli emettitori, e in caso affermativo se questi erano nelle condizioni adatte alla emissione.

Attualmente a Liegi [Swings <sup>(45)</sup>] si sta appunto compiendo una revisione di tutti gli spettri cometari che presentano emissioni [OI]; un tale studio fornirà certamente ulteriori chiarimenti anche per il nostro problema.

Nel 1957 Divari ha trovato il 25 ottobre un rinforzo della riga verde nella regione della L. Z. Nello stesso anno si deve segnalare il passaggio delle comete: 1957 III ( $T$  = Apr. 8.031, con grande coda) che presentava il doppietto rosso più forte della riga verde; 1957 V ( $T$  = Ago. 1.438, con grande coda) anch'essa con doppietto rosso più forte della riga verde; Encke 1957 VIII ( $T$  = Ott. 19.845, telescopica). Quest'ultima nel suo passaggio del 1947 (1947 XI) rivelò la riga verde più intensa del doppietto rosso [Swings <sup>(38)</sup> p. 167]. Si deve aggiungere però che Divari, nelle altre osservazioni dello stesso anno, non ha trovato alcun rinforzo delle emissioni nell'area della L. Z.

L'assenza di tale rinforzo è stata anche rilevata da Roach et al. <sup>(46)</sup> nelle osservazioni del 1952 (18-20 novembre, 14-15 dicembre); dalla figura 2

bis si rileva che questa data si trova intorno a valori minimi di  $N$  e  $\Sigma H_{10}$ : naturalmente valgono anche per questo caso le riserve avanzate più sopra.

In base alle considerazioni precedenti appare evidente la necessità di effettuare osservazioni sistematiche (annuali) delle righe di emissione dell'Airglow nella L. Z., da correlare con l'analoga attività cometaria: queste potranno eventualmente decidere la validità o meno dei casi I) e II) descritti all'inizio di questo paragrafo.

Per quanto riguarda eventuali correlazioni fra questi fenomeni e il ciclo solare, secondo Remy-Battiau (47) non esisterebbe alcuna correlazione tra i fenomeni solari (flares intensi, macchie) o terrestri (indici geomagnetici, aurore) e la presenza o le intensità relative delle righe cometarie dell'[OI].

### CONCLUSIONI.

Nei paragrafi precedenti abbiamo passato in rassegna le teorie e i dati sperimentali a favore del contributo cometario alla L. Z.; gli scriventi hanno poi riportato alcuni dati di osservazione che sembrano mettere in evidenza delle correlazioni fra l'attività cometaria e le variazioni della L. Z. e delle emissioni dell'Airglow nella L. Z. Da tale rassegna gli scriventi concludono che con osservazioni sistematiche annuali della L. Z., correlate con l'attività cometaria, è possibile verificare sperimentalmente l'apporto quantitativo e qualitativo cometario alla L. Z. e avere delle informazioni sui seguenti fenomeni:

1 - La durata della permanenza della materia cometaria abbandonata, nello spazio interplanetario.

2 - L'importanza delle zone di iniezione della materia cometaria (interne od esterne all'orbita terrestre) agli effetti delle variazioni di brillantezza e di elongazione della L. Z.

3 - La realtà e l'importanza dell'apporto di materiale cometario, (dovuto alla presenza della cometa o all'abbandono di materia da parte di essa) in relazione alle variazioni delle emissioni dell'Airglow nell'area della L. Z., osservate da alcuni A. A.

### BIBLIOGRAFIA

- (1) M. FRACASSINI - L. E. PASINETTI, *Remarks and hypothesis about the variations of the Z.L. brightness and of the airglow emissions*, Mem. SAIt, XXXVI (1965), p. 199.
- (2) F. L. WHIPPLE, *A comet model III. The Zodiacal Light*, Ap. J., 121 (1955), p. 750.
- (3) H. C. VAN DE HULST, *Zodiacal light in the solar corona*, Ap. J., 105 (1947), p. 471.
- (4) C. W. ALLEN, *The spectrum of the corona at the eclipse of 1940, october 1*, M. N. of the R. A.S., 106 (1947), p. 137.

- (<sup>5</sup>) S. L. PIOTROWSKI, *The collisions of asteroids*, Acta Astr. Ser. A, 5 (1954), p. 115.
- (<sup>6</sup>) F. L. WHIPPLE, *A comet model I. The acceleration of comet Encke*, Ap. J., 111 (1950), p. 375.
- (<sup>7</sup>) F. L. WHIPPLE, *A comet model II. Physical relations for comets and meteors*, Ap. J., 113 (1951), p. 464.
- (<sup>8</sup>) N. T. BOBROVNIKOFF, *Investigations of the Brightness of Comets - Part II*, Contr. Perkins Obs., (1942), n. 16.
- (<sup>9</sup>) J. H. OORT, *The structure of the cloud of comets surrounding the solar system, and a hypothesis concerning its origin*, B.A.N., 11 (1950), p. 91.
- (<sup>10</sup>) G. P. KUIPER - B. M. MIDDLEHURST, *The Moon, Meteorites and Comets*, The Solar System IV - University of Chicago Press, Chicago, 1963.
- (<sup>11</sup>) S. K. VSEKHSVYATSKII, *Physical characteristics of comets*, p. 45 Mosca 1958 - Traduzione dal russo effettuata dall'I.P.S.T. (Programma Israelita per le Traduzioni Scientifiche), editore S. Monson, Gerusalemme 1964.
- (<sup>12</sup>) F. L. WHIPPLE, *On the distribution of semimajor axes among comet orbits*. A. J., 67 (1962), p. 1.
- (<sup>13</sup>) S. V. ORLOV, *L'éclat des comètes 1908 III et 1910 a*, A. N., 189 (1911), p. 1.
- (<sup>14</sup>) J. HOLETSCHEK, *Ueber die Berechnung von Cometenhelligkeiten insbesondere für periodische Cometen*, A. N., 135 (1893), p. 377.
- (<sup>15</sup>) A. BEER, *Vistas in Astronomy*, vol. II, p. 949, Pergamon Press, London 1956.
- (<sup>16</sup>) S. K. VSEKHSVYATSKII, *On the variation of comet's brightness*, Circolari dell'Osservatorio di Pulkovo, 22-23 (1937), p. 25.
- (<sup>17</sup>) J. H. OORT - M. SCHMIDT, *Differences between new and old comets*, B.A.N., 11 (1951), p. 259.
- (<sup>18</sup>) A. DAUVILLIER, *La poussière cosmique*, p. 124, Masson et Cie Ed. - Paris 1961.
- (<sup>19</sup>) O. V. DOBROVLSKIJ, *Les processus non stationnaires dans les comètes et l'activité solaire*, p. 170, Traduit du russe par G. Guigay - Marseille 1964 Trudi Acad. Nauk SSR Tadjik (Stalinabad) Tomo VIII (1961).
- (<sup>20</sup>) Z. SEKANINA, *Some problems of cometary physics investigated on the basis of photometric data*, Acta Universitatis Carolinae - Mathematica et Physica, 2 (1962) p. 25-133.
- (<sup>21</sup>) S. K. VSEKHSVYATSKII, *Le comete nel periodo dell'anno internazionale del Sole calmo. (in russo)* Comitato Geofisico Interdipartimentale - Accademia di Scienze dell'URSS, Mosca 1964.
- (<sup>22</sup>) A. HRUSKA, *The real number of comets passing through perihelion per year*, B.A.C., VIII (1957), p. 176.
- (<sup>23</sup>) F. LINK, *Variations du climat et de l'activité solaire dans les quatre derniers millénaires*, Rozpravy CSAV - R 66 (1956), p. 46.
- (<sup>24</sup>) A. SEARLE, *The Zodiacal Light*, Annales of the Harvard College Obs., 19 (1889), part 2.
- (<sup>25</sup>) G. I. BURNS, *Aurorae and Zodiacal Light Section 1926-1927*, J.B.A.A., 38 (1927), p. 28.
- (<sup>26</sup>) H. B. HOUSMAN, *Aurorae and Zodiacal Light Section 1947*, J.B.A.A., 58 (1948), p. 93.
- (<sup>27</sup>) M. G. KARIMOV, *Rafforzamento delle righe di emissione del cielo notturno nella L.Z.*, Note dell'Istituto di Astrofisica dell'Accademia di Scienze dell'USSR Kaz., 5 (1957), p. 120.
- (<sup>28</sup>) Z. V. KARYAGINA, *Esperienze spettrofotometriche sul rafforzamento della riga 5577 A nella L.Z.*, Note dell'Istituto di Astrofisica dell'Accademia di Scienze dell'USSR Kaz., 5 (1957), p. 110.
- (<sup>29</sup>) A. THOM, *The Zodiacal Light*, J.B.A.A., 49 (1939), p. 103.
- (<sup>30</sup>) M. F. INGHAM, *Observations of the Zodiacal Light from a very high altitude station*, M.N. of the R.A.S., 122 (1961), p. 146.
- (<sup>31</sup>) Z. SEKANINA, *Changes of cometary characteristics as related to the changes of solar activity*, B. A.C., 11 (1960), p. 94.
- (<sup>32</sup>) A. W. PETERSON, *Three-color photometry of the Zodiacal Light*, Ap. J., 133 (1961), p. 673.

- (33) M. G. KARIMOV, *Studio sulle proprietà spettrali della Luce Zodiacale*, Giornale Astronomico Russo, A. J., 27 (1950), p. 97.
- (34) N. B. DIVARI - A. S. ASAAD, *On the emission of the green line of the night sky in Zodiacal Light*, Soviet Astronomy, AJ, 3 (1959), p. 320.
- (35) P. SWINGS - J. L. GREENSTEIN, *Présence des raies interdites de l'oxygène dans les spectres cométaires*, C.R., 246 (1958), p. 511.
- (36) A. DEUTSCH - L. HOUZIAUX, *Paper presented at Berkeley IAU*, California 1961.
- (37) R. COPELAND - J. G. LOHSE, *Spectroscopic observations of Comets III. and IV., 1881, Comet I., 1882 and the great comet of 1882*, COPERNICUS, 2 (1882), p. 225.
- (38) P. SWINGS, *Comportement des raies interdites de l'oxygène dans les comètes*, Ann. d'Ap., 25 (1962), p. 165.
- (39) K. SCHWARZSCHILD-E. KRON, *On the distribution of brightness in the tail of Halley's comet*, Ap. J., 34 (1911), p. 342.
- (40) P. SWINGS, *Quelques progres recents en physique cometaire*, Astrophysica Norvegica, 9 (1964), p. 171.
- (41) J. L. GREENSTEIN, *High resolution spectra of comet MRKOS (1957 d)*, Ap. J., 128 (1958), p. 106.
- (42) J. L. GREENSTEIN-C. ARPIGNY, *The visual region of the spectrum of comet MRKOS (1957 d) at high resolution*, Ap. J., 135 (1962), p. 892.
- (43) J. DUFAY-A. BARANNE, *Le spectre de la comète Wilson-Hubbard (1961 d)*, Ann. d'Ap., 25 (1962), p. 301.
- (44) A. DEUTSCH, *Transactions of the IAU*, XI B, (1961), p. 232.
- (45) P. SWINGS, *Cometary Spectra*, The Q. J. of R.A.S., 6 (1965), p. 46.
- (46) F. E. ROACH-H.B. PETTIT-E. TANDBERG HANSEN-D.N. DAVIS, *Observations of the Zodiacal Light*, Ap. J., 119 (1954), p. 253.
- (47) L. REMY-BATTIAU, *Comportement des raies interdites de l'oxygène dans les comètes*, Ann. d'Ap., 25 (1962), p. 171.

