

# Meteor Scatter con WSJT

Doc. n. 234.3420 data pubblicazione: Luglio 2012 by F.Egano, ik3xtv

## Introduzione

I collegamenti via riflessione meteorica (meteor scatter) sono possibili grazie alla riflessione dovuta agli elettroni liberi prodotti dal processo di ionizzazione che avviene per attrito nell'atmosfera terrestre dalle parte delle meteoriti che entrano ad altissima velocità. Questo fenomeno avviene soprattutto all'altezza della regione E, ad una quota approssimativamente attorno ai 100 Km. A queste quote la ionosfera è già sufficientemente densa. Il volume della traccia ionizzata è relativamente piccolo, indicativamente una scia del diametro di qualche decina di centimetri. In questa scia però la densità di elettroni liberi è talmente elevata che un treno d'onde VHF-UHF indirizzato verso la traccia subisce una riflessione non speculare (scatter) in grado di supportare collegamenti a lunga distanza, anche fino a 2000 chilometri, una distanza determinata dall'altezza della zona di riflessione, dalla frequenza utilizzata e ovviamente dalla curvatura della terra. La ricombinazione ioni-elettroni liberi è molto rapida pertanto la durata della riflessione e quindi del segnale ha un decadimento di tipo esponenziale (vedi fig.3), inoltre, siccome la riflessione non è uniforme, il segnale risulta notevolmente distorto.

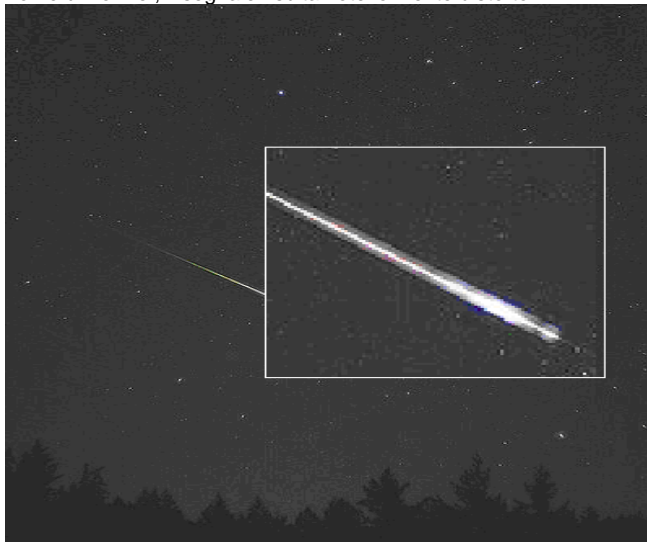


IMAGE CREDIT: A meteor during the peak of the 2009 Leonid Meteor Shower. The photograph shows the meteor, afterglow, and wake as distinct components. Autore: Navicore - source: Wikipedia Creative Commons Attribution

## Composizione atomica delle Meteoriti

La composizione atomica dei meteoriti che entrano nell'atmosfera terrestre, è raffigurata nella tabella in basso. Gli elementi metallici dominanti sono il ferro, il Magnesio, il Nichel e l'Alluminio. I meteoriti possono essere sostanzialmente di due tipi: meteoriti ferrosi oppure meteoriti rocciosi (Iron meteorite, Stony meteorite).

Typical Composition:

Iron Meteorite	Stony meteorite
Iron 91 %	Oxygen 36%
Nickel 8.5%	Iron 26%
Cobalt 0.6%	Silicon 18%
	Magnesium 14%
	Aluminum 1,5%
	Nickel 1,4%
	Calcium 1,3%

Source: Encyclopaedia Britannica

L'evaporazione nell'atmosfera dipende dalla composizione chimica, dalla velocità e dall'angolo di entrata. Un meteorite più veloce con un angolo obliquo subisce la forza più grande.

I meteoriti ferrosi o metallici in genere, resistono meglio alla pressione dinamica rispetto a quelli rocciosi e si disintegrano a quote più basse di circa 10 - 12 chilometri, dove l'atmosfera diventa più densa. Si stima che quotidianamente entri nell'atmosfera qualche tonnellata di materiale meteorico, formato da elementi di varie dimensioni, da qualche cm. di diametro a polvere cosmica.

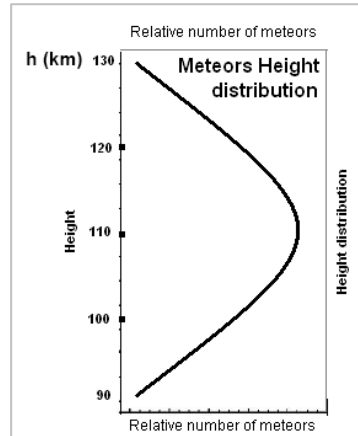
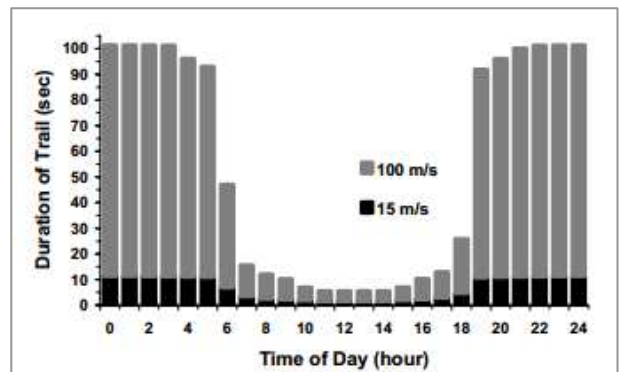


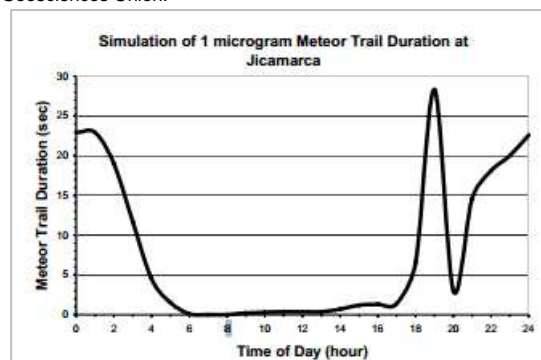
Fig.1 La distribuzione meteorica in altezza è approssimativamente Gaussiana come raffigurato dal grafico. La linea tratteggiata rappresenta una stima della distribuzione in altezza delle tracce meteoriche. Vedi note (1) per ulteriori indicazioni. (Fonte: ITU Recommendation ITU-R P.843-1)

## Velocità e durata della scia meteorica

Le Scie meteoriche notturne presentano una durata maggiore rispetto a quelle diurne, questo perché la densità di elettroni è al suo minimo durante la notte e di conseguenza anche la velocità media della meteora rallenta ad una velocità tale che produce una scia meteorica più persistente. La densità elettronica N nella ionosfera e la velocità dei venti in quota hanno una forte influenza sulla durata della scia ionizzata.



Effect of the diurnal variation of ionospheric electron density on a 0.01 mg meteor's non-specular trail duration, in seconds for two drifts speeds (15 m/s and 100 m/s). This figure shows the differences in equatorial meteor observations (100 m/s) and midlatitude observations (15 m/s). The model run was for a 0.01 mg meteoroid at a velocity of 50 km/s with an atomic composition of 30 AMU Credits:Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.



Simulated non-specular trail durations produced by 1 microgram meteoroids as a function of time of day. This simulation uses; the diurnal electron density of the ionosphere, zonal drift speed, and the meteor velocity cycle to predict non-specular trail duration at Jicamarca. The electron density of the ionosphere has a very apparent effect on duration, during the daytime the predicted trail duration is 1–2 s. The electron density has the strongest effect on non-specular trail duration. During the evening and into night time when the electron density becomes less dense, zonal drift speed plays a major role in determining trail duration. Zonal drift speed's effect on trail duration is most easily seen between 18:00 and 20:00 h. During this period there is a large jump in trail duration from a 3 s duration up to a 27 s and back down again during the prereversal enhancement Credits:Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.

### Variazioni nel flusso meteorico

Il flusso di meteoriti che quotidianamente entra nell'atmosfera non e' costante. Esso varia a seconda delle ore del giorno, e della stagione oltre che da anno ad anno. Queste variazioni sono indicate nei due grafici seguenti, che mostrano le variazioni giornaliere ed annuali tipiche.

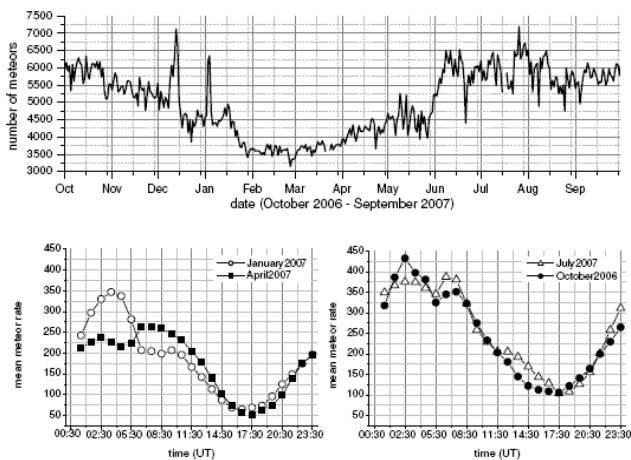


Fig.2: Differenti distribuzioni del flusso meteorico, annuale e giornaliero Misurate dal radar di Collm – Germania (51,3°N -13 °E) Credit Published by Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union - Ann. Geophys., 27, 2555–2563, 2009

### Dati sul flusso di meteoriti

Prendiamo come riferimento la figura 2. Le curve sono basate su un conteggio medio sul lungo periodo per parecchi mesi quando non sono attivi i principali sciami meteorici Il numero totale di tracce meteoriche dipende dall'ora del giorno e dal mese dell'anno. Ogni giorno, il maggior numero di meteore si ha durante la mattina presto e diminuisce sensibilmente alla sera verso il tramonto. Nel corso della mattinata la terra ruota verso il sole, mentre la maggior parte delle meteore si allontana dal sole. Il risultato è che durante questo movimento la terra tende a raccogliere le meteore. Alla sera la terra ruota allontanandosi dal sole e quindi solo quelle meteore che riescono a sorpassare la terra possono creare delle scie sfruttabili, questo processo e' noto come variazione diurna. Al mattino abbiamo un tasso di scie meteoriche circa 3 volte maggiore che alla sera. La variazione stagionale: Lo studio sistematico sul flusso meteorico ha dimostrato che esiste una significativa variazione stagionale nell'input meteorico in entrambi gli emisferi settentrionale e meridionale, con un flusso circa 6 volte superiore durante i mesi estivi. Ciò è dovuto all'inclinazione di 23 ° dell'asse di rotazione terrestre. Durante l'estate locale, l'emisfero in questione è allineato in modo più diretto con il piano dell'orbita della Terra e quindi è meglio allineato con la direzione della velocità orbitale della Terra, questo consente una maggiore capacità di raccolta di meteoriti nel movimento di rotazione attorno al sole.

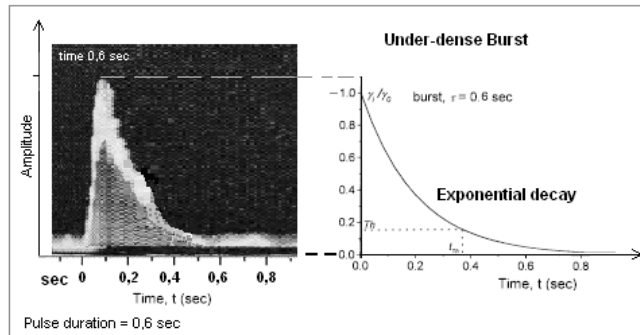
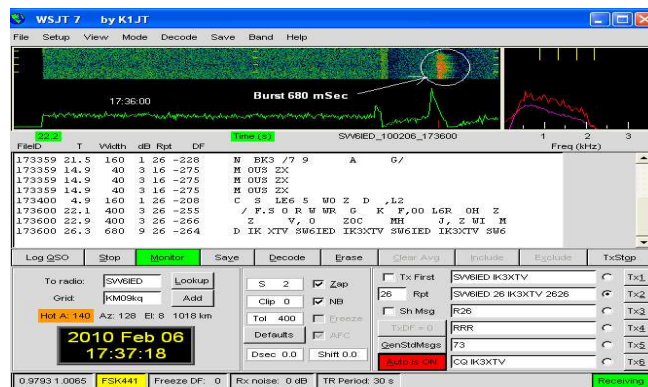


Fig.3 Un esempio dello spettro del segnale e il decadimento esponenziale dell'ampiezza. Si hanno due tipi fondamentali di echi meteorici, a seconda che la concentrazione lineare degli elettroni nella traccia riflettente sia maggiore o minore di un certo valore limite. Quando la densità elettronica della traccia è minore di circa  $2,4 \cdot 10^{14}$  el/m, la riflessione da origine ad un eco ipodenso, nel caso in cui q sia maggiore di tale valore si forma un eco iperdenso. Tuttavia, la durata degli echi è molto varia e dipende fortemente dalla lunghezza d'onda impiegata e dall'altezza del punto di riflessione.

### Modalità FSK441 di WSJT

FSK441, è stato introdotto nel 2001 come modalità di comunicazione contenuta all'interno del pacchetto software WSJT di Joe Taylor, K1JT (premio nobel per la Fisica nel 1993 per i suoi studi sulle Pulsar) è stato progettato per supportare i collegamenti per riflessione sulle scie meteoriche. FSK441 si basa su un complesso algoritmo matematico derivato dalla trasformata di Fourier FSK441 impiega una multi-frequency shift keying utilizzando quattro toni, ad una velocità di trasferimento dati di 441 baud.



Grazie all'impiego di un codice di caratteri all'interno del protocollo, e' auto sincronizzante e non richiede uno specifico tono di sincronismo. FSK441 prevede un periodo di trasmissione di 30 sec e un periodo di ricezione di altri 30 secondi. La precisione e l'affidabilità di questo metodo e' tale che consente collegamenti meteor scatter anche a stazioni qrp: circa 100 watts ed una singola antenna Yagi possono essere sufficienti, soprattutto nei periodi di sciami meteorici più intensi. Fig.4 Estratto di un qso meteor scatter con WSJT in modo FSK441 sulla gamma dei 2 metri. Viene evidenziata una riflessione di 680 msec. Che contiene gli indicativi delle due stazioni.

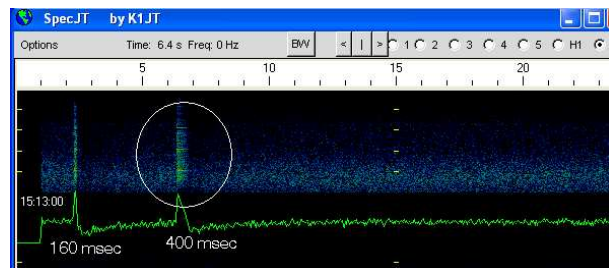


Fig.5 Esempio di due riflessioni ravvicinate di 160 msec , e 400 msec rispettivamente. In genere sono sufficienti per decodificare l'intero messaggio con indicativi dei corrispondenti e rapporto di ricezione.

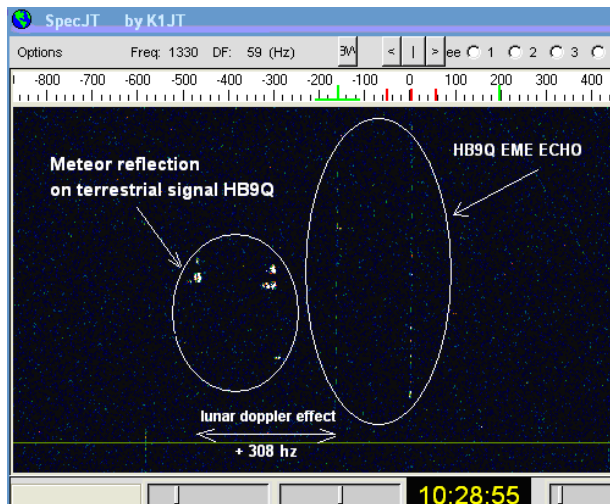


Fig.6 La figura mostra delle riflessioni meteoriche sul segnale di HB9Q che cercava collegamenti EME, si vede anche l'eco Luna spostato di circa 300 hz più in alto per l'effetto doppler. Frequenza 144 MHz. (Archivio Ik3xtv)

#### Software

Il pacchetto software WSJT e i relativi manuali (anche in lingua Italiana) si possono scaricare dal sito di K1JT al seguente indirizzo: <http://physics.princeton.edu/pulsar/K1JT/>

#### Indicazioni guida

Indicazioni importanti e dati tecnici sono stati tratti dal documento ufficiale della ITU: ITU Recommendation ITU-R P.843-1 (ITU Radiocommunication Assembly)

#### Note:

1- Dispersione del materiale meteorico in funzione della dimensione e della velocità iniziale di entrata riferito a meteoriti ferrose. La quota di inizio evaporazione dipende dalla velocità di entrata e dal raggio del meteorite.

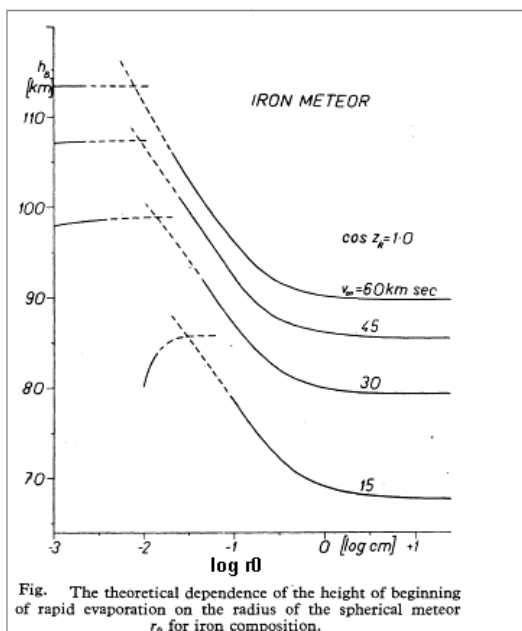


Fig.7: Courtesy: SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS) (Cepelcha, Z. & Padevčv, T. Astronomical Institute of Czechoslovakia)

#### References

- Meteor Scatter A Newly-Discovered means for Extended-Range Communication (QST April 1953 by Oswald G. Villard, JR-W6QYT and Allen M. Peterson-W6POH)
- Radio Propagation Laboratory, Stanford University, Stanford, Calif. Wikipedia
- Development of MBC System using software modem by Khaled Mahmud, Kaiji Mukumoto and Akida Fukuda
- Encyclopedia Britannica.
- Semidiurnal tidal signature in sporadic E occurrence rates derived from GPS radio occultation measurements at higher midlatitudes C. Arras, C. Jacobi, and J. Wickert
- Diurnal variation of non-specular meteor trails (J. Hinrichs L. P. Dyrud and J. Urbina Center for Remote Sensing, Inc., Fairfax, VA, USA
- Communications and Space, Sciences Laboratory, Pennsylvania State University, University Park, PA, USA)

Flavio Egano, ik3xtv email: [ik3xtv@gmail.com](mailto:ik3xtv@gmail.com)