

LA PROPAGAZIONE F2 – TEORIA E MECCANISMI PROPAGATIVI A 50 MHz

Lavoro presentato da IW1AZJ Silvio al Convegno Annuale del SIX Italia, Firenze 2003



LA PROPAGAZIONE F2 – TEORIA E MECCANISMI PROPAGATIVI A 50 MHz

Silvio Rua' IW1AZJ

Introduzione

Questo mio contributo si articola in due parti: la prima, è in parte ricavata dalla traduzione autorizzata del lavoro presentato alla 34th Conference of the Central States VHF Society, Winniperg 2000 da J.R. Kennedy K6MIO/KH6 del Gemini Observatory di Hilo, Hawaii, al quale vanno i miei ringraziamenti ; la seconda, è una disamina critica degli "strumenti" di previsione della propagazione correntemente impiegati dalla comunità radio amatoriale.

Il ciclo solare 23 ha ormai raggiunto il suo minimo e l'attività DX in 6 metri si riduce ai tre-quattro mesi estivi quando, grazie all' ES a salto multiplo, e' ancora possibile lavorare stazioni al di là dell'Atlantico.

Il ciclo solare 24, secondo le ipotesi dei vari istituti scientifici di ricerca, probabilmente anticiperà la sua comparsa: e' allora tempo di approfondire i meccanismi della propagazione F2 per poter cogliere nel prossimo futuro il massimo delle soddisfazioni offerte dalla "magic band".

F2 e sei metri

La propagazione word-wide in F2 è oggetto di particolare interesse per l'attività in 6 metri. Sfortunatamente, allo stato attuale è ancora molto difficile prevedere con certezza quando la banda sarà aperta: il layer F2 è come un puzzle costituito da alcuni pezzi conosciuti e compresi, ed altri che rimangono tuttora ignoti.

Per capire (anche se in modo imperfetto) quando la banda si può aprire, è importante conoscere perché la banda si apre.

Una breve discussione di come il segnale si propaga nella ionosfera è essenziale per focalizzare tre elementi base della propagazione F2, quale:

- la "quantità" di ionizzazione presente;
- l'angolo di attacco del segnale verso la ionosfera;
- la presenza di piccole o grandi irregolarità nella ionizzazione

La ionosfera e il sole

L'atmosfera della terra si estende per circa 1000 km, con densità progressivamente crescente verso la superficie terrestre (metà della sua massa è compresa nei primi 6 km).

Il sole irradia l'atmosfera a partire dagli strati "alti" con radiazione di diversa lunghezza d'onda (ultravioletti, X-ray, radiazione cosmica), interagendo nei vari livelli con un processo di ionizzazione. Quale lunghezza d'onda è assorbita da uno specifico livello è determinata dalla densità di particelle di quel livello, e dalla sua composizione chimica.

I fotoni sono assorbiti quando sono il risultato di una collisione con un atomo o una molecola. Spesso questa collisione ha sufficiente energia da sottrarre uno o più elettroni dalla struttura molecolare del livello interessato. Il processo libera ioni con carica positiva e negativa: sono questi ultimi (elettroni liberi) che rivestono un ruolo determinante nel meccanismo della propagazione radio.

Dato che differenti lunghezze d'onda della radiazione solare sono assorbite a differenti quote, ogni livello è caratterizzato da una specifica "soglia" di ionizzazione.

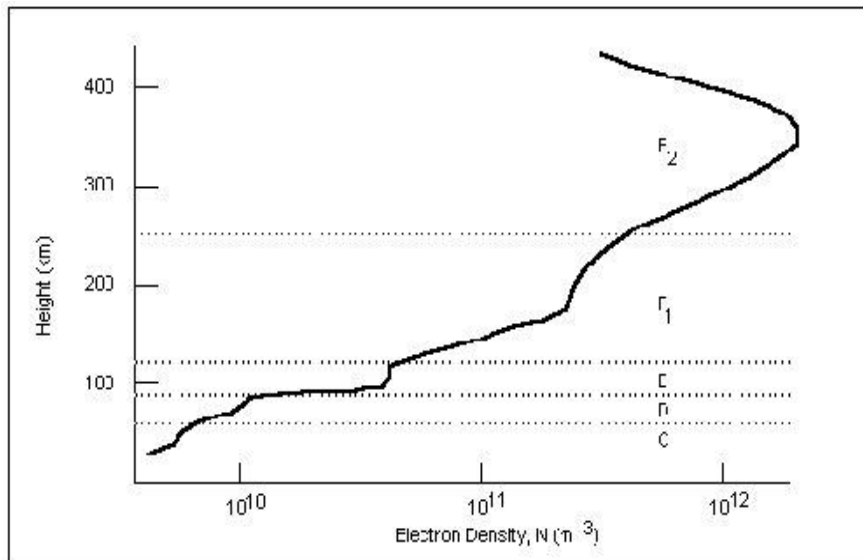


Fig.1 - Il grafico riporta la densità diurna degli elettroni in funzione dell'altezza dal suolo, suddivisa nei diversi strati C, D, E, F1, F2

La radiazione solare nello spettro dell'ultravioletto estremo (EUV), è la fonte principale di ionizzazione dello strato F2, che si estende tipicamente tra i 250 e i 400 km dal suolo.

Layer (km)	Height (e/m3)	Density Radiation	Ionising
C	30 - 60	5×10^{10}	Cosmic Rays
D	60 - 90	1×10^{10}	Hard X-rays
E	90 - 120	8×10^{10}	Soft X-rays
F1	120 - 250	5×10^{11}	Extreme Ultraviolet
F2	250 - 500	3×10^{12}	Extreme Ultraviolet

Fig. 2 - La tabella riporta le caratteristiche di ogni strato, con la sorgente principale di ionizzazione

La propagazione ionosferica delle onde radio

Quando un'onda radio raggiunge la ionosfera, il campo elettrico dell'onda forza gli elettroni liberi di quello strato ad una oscillazione alla stessa frequenza dell'onda.

A questo punto, possono succedere due cose:

- se negli strati più bassi dell'atmosfera il numero totale di particelle è così alto che gli elettroni in oscillazione collidono con le stesse immediatamente (ovvero, in meno di un ciclo d'onda) l'energia dell'onda che ha determinato l'oscillazione degli elettroni si tramuta in calore e in definitiva, viene dispersa (ovvero, l'onda radio è assorbita dallo strato).
- se viceversa, la frequenza di collisione all'interno dello strato è significativamente inferiore alla frequenza radio e, se la densità degli elettroni in oscillazione è maggiore di un dato valore critico, l'intera "nuvola" di elettroni si comporta come un riflettore statico.

Occorre però notare che nella maggior parte dei casi si raggiunge una condizione intermedia: se la densità di elettroni non supera il valore critico (skip value), una parte dell'onda viene assorbita e anzichè una riflessione discontinua si avrà una graduale rifrazione del segnale radio verso terra.

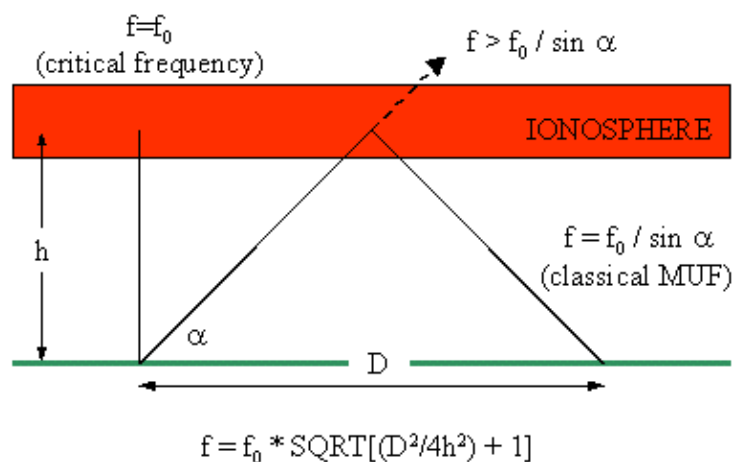
Anche quando la densità critica non è raggiunta e l'onda attraversa lo strato e si disperde nello spazio, una piccola frazione dell'onda è reirradiata verso terra. Tralasciando altri effetti, considerando la sola densità degli elettroni possiamo determinare analiticamente la frequenza critica f_c (o f_0), ovvero la frequenza di un'onda radio trasmessa verticalmente verso la ionosfera e riflessa indietro verso terra

$$f_c = \sqrt{\frac{Ne^2}{4\pi^2 \epsilon_0 m}} = \sqrt{N} \times (9 \times 10^6); \quad \text{in MHz}$$

N = il numero che esprime la densità di elettroni liberi
 e = la carica degli elettroni
 ϵ_0 = la permittività nello spazio libero
 m = massa dell'elettrone

Ad eccezione di N gli altri parametri sono costanti note, ovvero, la frequenza critica di uno strato è direttamente proporzionale alla densità degli elettroni liberi presenti.

Il caso precedente prende in esame un'onda che colpisce la ionosfera verticalmente, ovvero con un angolo di attacco pari a 90° . Più in generale, perché si abbia uno skip, la massima frequenza utilizzabile (MUF) che verrà rifratta è determinata sia dalla densità degli elettroni che dall'angolo con il quale l'onda colpisce lo strato. Se il segnale è inviato verso l'orizzonte (ovvero con angolo di radiazione pari a 0°), per la curvatura della superficie terrestre l'onda colpirà la ionosfera con un angolo di attacco tra 10° e 20° . La MUF può essere calcolata quindi come:



$$F_{max} = f_0 / \sin \alpha = f_0 * 1 / \sin \alpha$$

La cosecante dell'angolo ($1/\sin \alpha$) è definito M factor, che assumendo la ionosfera una sfera perfetta, vale per lo strato F2 circa 3,4

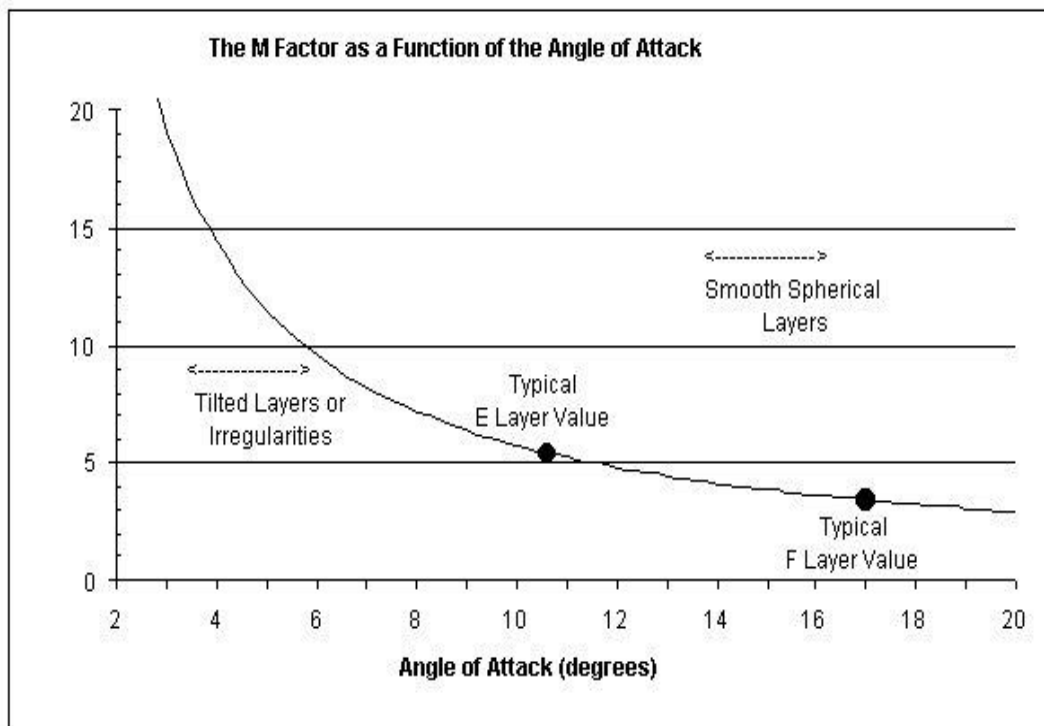


Fig. 3 - M varia con l'angolo di attacco. Gli strati più bassi realizzano angoli più piccoli, fattori M maggiori e MUF più alte, per medesima quantità di ionizzazione.

La propagazione F2

La densità di ionizzazione di uno strato dipende sostanzialmente dall'ammontare della radiazione solare che produce gli ioni (elettroni liberi) meno la perdita di ioni dovuta alla ricattura degli elettroni da parte degli ioni positivi.

La frequenza e il meccanismo di questo processo varia largamente tra strato e strato.

Per differenza di densità degli atomi e molecole allo stato neutro, nello strato F il meccanismo di ricattura degli ioni è molto più lento, ragion per cui, anche nelle ore notturne lo strato può essere sufficientemente ionizzato da consentire lo skip.

Altro importante effetto nella produzione di ioni è l'angolo con il quale il sole illumina la ionosfera. Quando i raggi arrivano con un ampio angolo rispetto la verticale, l'energia è distribuita su una maggiore area e quindi, la densità di ionizzazione è minore (max a mezzogiorno, min al sorgere e al tramonto del sole).

Anche le stagioni ovviamente influiscono sulla quantità di ionizzazione: nei mesi invernali il sole produce meno ionizzazione che non in quelli estivi.

Lo strato F2 ha però una particolarità non presente negli altri strati, chiamata winter anomaly. Anche se la produzione giornaliera di ioni è maggiore, in estate lo strato è oggetto di modifica molecolare, che causa un aumento della perdita di elettroni per ricombinazione allo stato neutro.

Tale perdita è significativamente maggiore dell'incremento di produzione di ioni dovuto ai mesi estivi, conseguentemente, la densità diurna di elettroni dello strato F2 nella stagione invernale è maggiore della densità del periodo estivo.

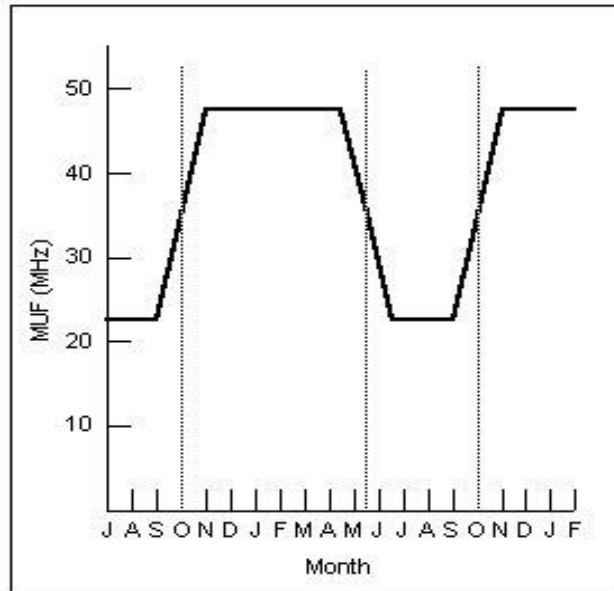


Fig 4 - Variazione mensile della MUF nell'emisfero nord, determinato dalla "winter anomaly". Il valore della MUF è giornalmente mediato, rilevato a latitudini medie, in prossimità del massimo solare.

La winter anomaly gioca un altro ruolo importante. Se è inverno in un emisfero, nell'emisfero opposto sarà estate. In queste condizioni saranno assolutamente poco probabili path nord-sud con doppio salto. Dato però che MUF inizia a salire a ottobre (50% del max) e scende (del 50%) a maggio, si verificano sovrapposizioni delle MUF dei due emisferi in autunno e in primavera, determinando condizioni ottimali di propagazione multialto sulla direttrice nord/sud del pianeta.

La winter anomaly ha inoltre altri effetti. Abbiamo notato tutti che durante aperture a doppio salto sulla direttrice nord-sud verso l'Africa australe non si ascoltano stazioni poste alla fine del primo salto. La causa è la "bolla" ionosferica equatoriale conosciuta come equatorial anomaly.

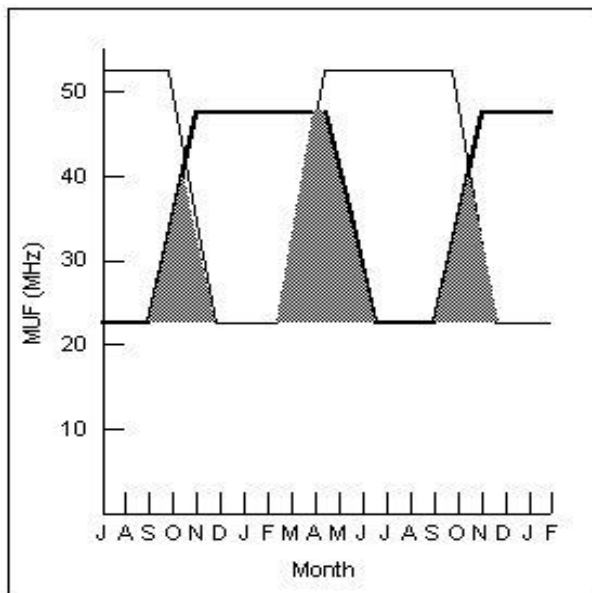


Fig 5 - Sovrapposizione delle MUF nord e sud, modificata dall'effetto della anomalia magnetica equatoriale. L'area ombreggiata indica i periodi maggiormente favorevoli alle medie latitudini per salti multipli transequatoriali sulla direttrice nord/sud.

Intorno a $\pm 20^\circ$ dall'equatore geomagnetico, prevalentemente nel pomeriggio e nelle prime ore serali, si forma un rigonfiamento esterno dello strato F2 determinato da elettroni "pompati" verso l'alto dallo strato E e F inferiore.

Semplificando, i due punti di deformazione determinano un angolo di attacco più piccolo, un M factor maggiore e una MUF più alta, a parità di ionizzazione. L'onda non viene rifratta verso terra ma viene piegata a sufficienza da attraversare l'equatore sino a colpire l'altro punto dello strato deviato.

Questo salto, definito chordal hop, trova una condizione analoga che produce una rifrazione con un angolo sufficiente a determinare la ricaduta a terra del segnale. Rispetto ad un doppio salto, non essendoci ricaduta intermedia verso terra (con conseguente doppio assorbimento dello strato D), il path è a bassa attenuazione. Usualmente le migliori condizioni si determinano quando che la "bolla" è equamente illuminata dalla radiazione solare. Ciò si verifica attorno agli equinozi di autunno e primavera quando il sole si trova sopra l'equatore.

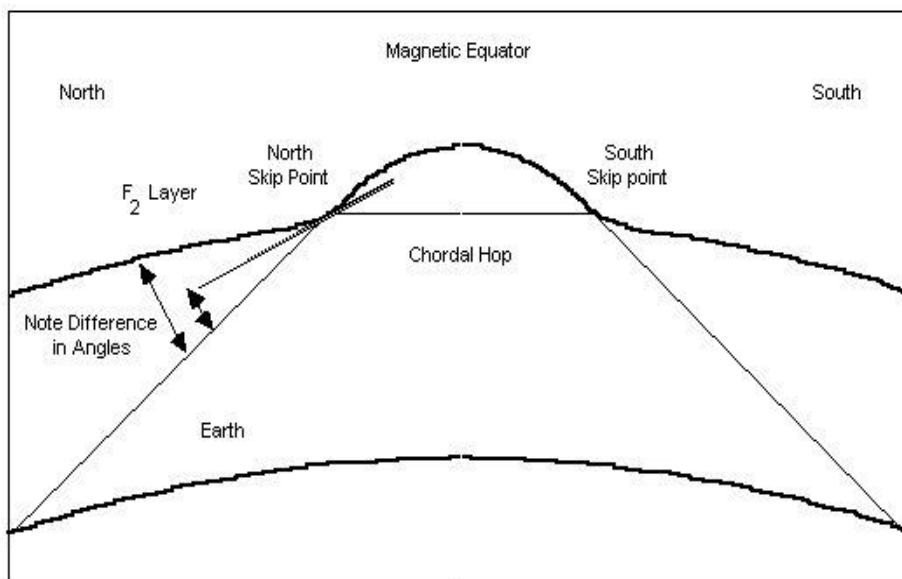


Fig. 6 - Uno schema di salto transequatoriale (chordal hops) determinato dai punti di deformazione nord e sud dello strato F2 (south e north skip points). Questi due punti si trovano all'incirca a 20° nord e 20° sud dell'Equatore geomagnetico.

Il ciclo solare

Per ragioni tutt'ora sconosciute il campo magnetico del sole inverte la polarità ogni 11 anni circa. Questo fenomeno è accompagnato da un ciclo di attività solare che raggiunge il max con la stessa periodicità.

Questo picco, abbastanza ampio, ha significativi effetti sulla ionosfera per 3-4 anni.

Un'altra significativa variazione del flusso solare è determinata dalla rotazione del sole sul suo asse ogni 27 giorni. Dato che la sorgente di emissione è di norma delimitata in un'area ben specifica, ne consegue che quando un lato è attivo, l'altro è in relativo stato di quiete.

L'analisi degli ultimi cicli consente oggi di prevedere, con buona approssimazione, l'evoluzione del flusso solare a lungo termine, ma non fenomeni di breve durata o di significativa magnitudine.

I periodi di max dell'attività solare influenzano significativamente la propagazione F2, anche se indici di flusso solare a 10.7 cm molto alti, per brevi periodi, non garantiscono sicure condizioni di propagazione.

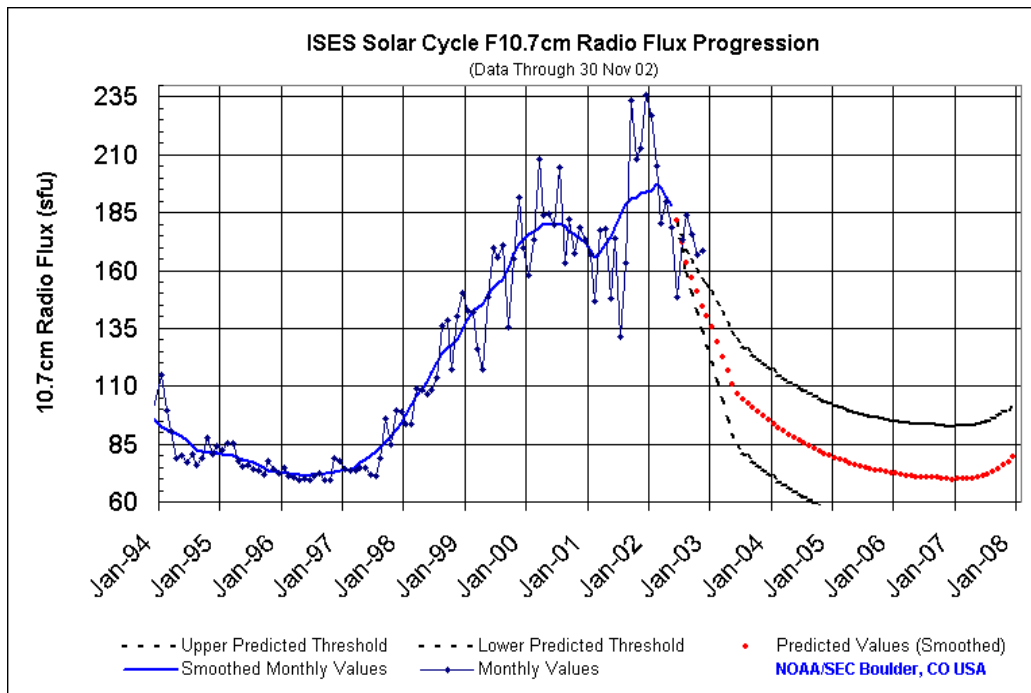


Fig. 7 - Progressione del flusso solare a 10.7 cm, per il ciclo 23 corrente

Long Path

L'anomalia equatoriale gioca un ruolo importante anche nella propagazione long-path.

Se al termine del chordal hop equatoriale il punto di skip produce un angolo di riflessione molto piccolo (e.g. superficiale) il segnale si propaga senza ricadute per chordal hop multipli sino a raggiungere l'altro emisfero. Se qui trova la medesima condizione equatoriale, al punto di skip terminale il segnale ricade a terra, realizzando path improponibili per propagazione a salti multipli.

Nel corso del 2002 questa condizione si è verificata per tre volte a Torino, con aperture LP verso l'Oceania, il 15 marzo con KH6SX (579), il 17 marzo con V73AT (599) e il 29 marzo con WH6O, NH7RO, K6MIO/KH6(!), KH7R.

Significativo è il fatto che in concomitanza dei QSO non si sono ascoltati gli usuali ZS, V5, ecc. in TEP, né si hanno avute condizioni di propagazione per skip multipli verso l'est asiatico. Il long path non sempre richiede il rigonfiamento equatoriale (bulge) per propagare il segnale. Ogni condizione che determina una deformazione dello strato F nel punto di attacco può produrre lo stesso effetto, anche se con probabilità molto minore.

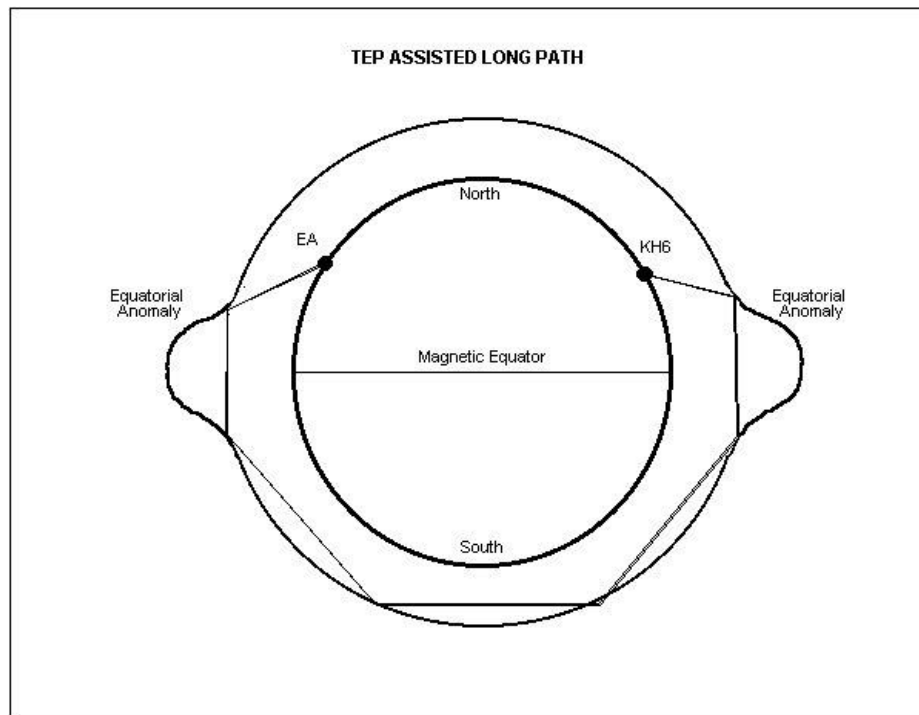


Fig. 10 - La deformazione F2 nell'area equatoriale può diventare lo strumento, se l'angolo d'attacco è ottimale, per riflessioni multiple "chordal hops" tali da coprire lunghe distanze, con percorso long path e attenuazioni minime.

Gray Line

Da quanto esposto precedentemente è chiara l'importanza delle deformazioni dello strato F2 come supporto di propagazione a lunga distanza. Un'altra causa di "deviazione" dello strato (filded layer) è semplicemente il sorgere e il tramontare del sole, influenti entrambi sull'ammontare della ionizzazione. Sulle aree al crepuscolo le due zone, una in ombra l'altra illuminata, presentano sostanziali differenze di ionizzazione, non ancora "persa" sul lato in ombra, in crescita sul lato illuminato. L'effetto determina la formazione di due punti di deformazione dello strato, punti che ruotano giornalmente attorno alla terra.

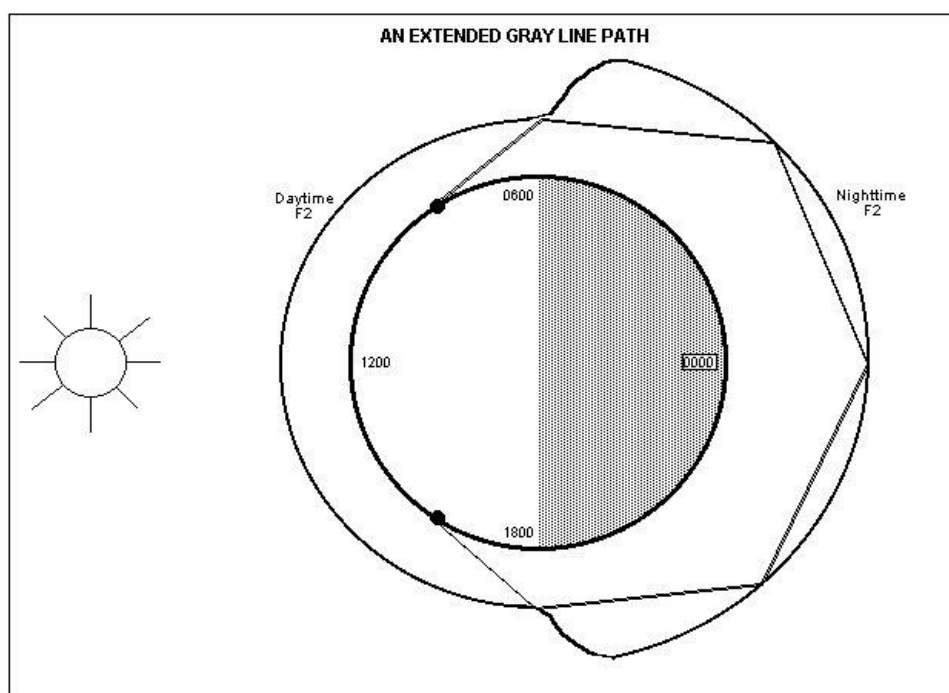


Fig. 11 - La figura illustra un possibile percorso long path con salti (hops) multipli incidenti sullo strato F2 in ombra. Il segnale è "lanciato" e ritorna sullo stesso emisfero grazie alle irregolarità determinate dalla Gray Line (linea virtuale dell'alba e tramonto del sole)

K6MIO riferisce di ripetuti collegamenti tra Hawaii e Sud Africa per Gray Line path, tipicamente attorno alle 08.00 z (fig. 13), sfruttando contestualmente condizioni di TEP. Allo stato attuale non ho riscontri di condizioni analoghe alle nostre latitudini, anche se varrebbe la pena di approfondire l'indagine.

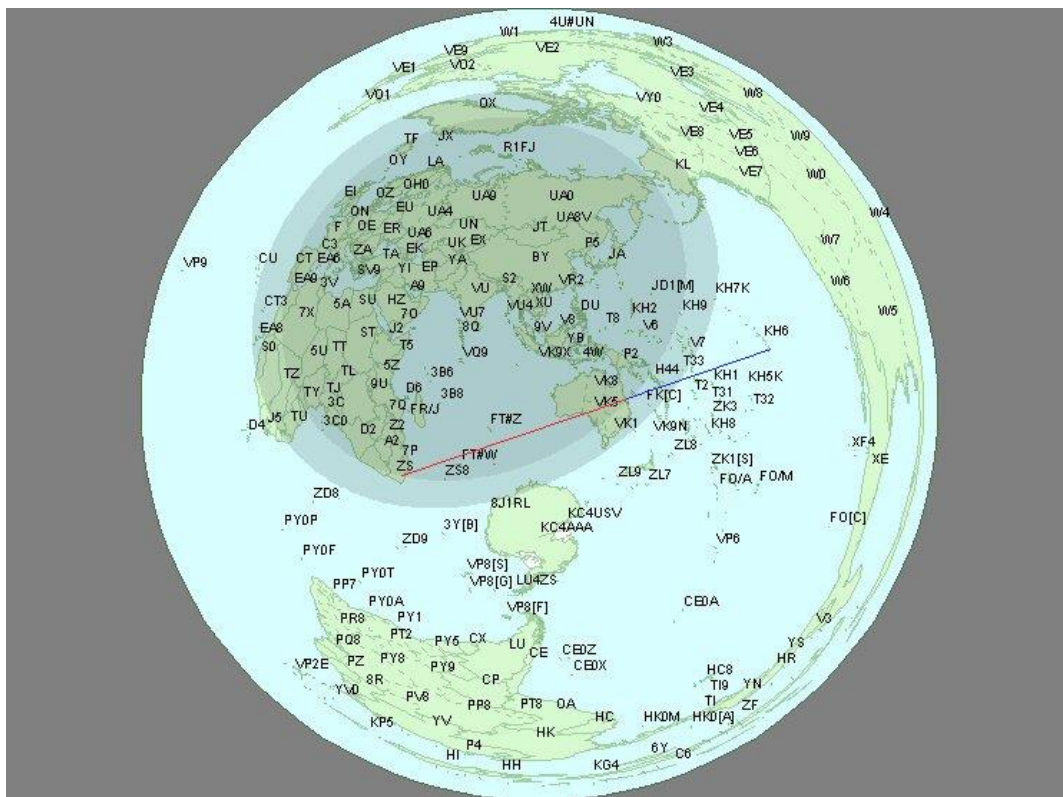


Fig. 12 - Path composito QSO's KH6-ZS: la prima tratta sfrutta il chordal hop TEP tra Hawaii e Australia dove trova condizioni Gray Line sino al Sud Africa

Iono scatter

Oltre ai casi esaminati precedentemente vi sono irregolarità di piccola scala che possono produrre interessanti condizioni, in particolare se presenti in grande numero. Nelle condizioni trattate si è preso in considerazione riflessioni determinate da una singola superficie riflettente di grossa dimensione. Lo scatter ionosferico si differenzia in quanto determinato da superfici relativamente piccole, ma numerose. Ciascuna superficie può essere considerata come una "bolla" di gas ionizzato con dimensioni variabili da pochi metri a centinaia di chilometri. Quando l'onda radio colpisce la bolla, la superficie sferica fa rimbalzare l'onda in tutte le direzioni (da qui il termine "scatter"). La differente distanza delle bolle dalla sorgente trasmittente propaga segnali con fase diversa, causando una ricezione del segnale affetta da distorsione per path multipli. Le regioni geografiche ove il fenomeno è più comune sono i tropici e le aree prossime ai poli magnetici. In effetti, ai tropici il fenomeno è intimamente associato alla anomalia equatoriale, causa del "rigonfiamento" già discusso. In prossimità dei poli, il max dello scattering è diurno, agli equinozi e sembra aumentare durante il max solare. Lo scatter polare è normalmente acquisibile solo alle alte latitudini (>50°) nord e sud.

Altri modi "mixed"

La discussione si è focalizzata sullo strato F2, ma oltre la solita combinazione ionizzazione-angolo di attacco-irregolarità, vi possono essere altre vie che consentono di raggiungere lo strato F. Ad esempio, se la ionizzazione F2 non è sufficiente a supportare un angolo adeguato per un salto, il parziale ripiegamento dell'onda causato da una ionizzazione parziale dello strato E può "correggere" l'angolo di attacco sullo strato F tale da determinare un salto altrimenti impossibile. Un'altra possibilità è l'allungamento di un path di due o più salti F2 causato da una riflessione intermedia da ionizzazione dello strato E.

PARTE II

Gli strumenti di previsione

Come si è visto, la ionosfera è un sistema fisico complesso e la propagazione F2 è il risultato di una combinazione di fattori. La presenza di condizioni di sole attivo non è elemento sufficiente, ma unicamente uno degli indicatori probabilistici degni di attenzione.

Internet e la rete Packet rendono oggi accessibili dati cosiddetti di "previsione" basati sugli indici solari e sullo stato di ionizzazione dei layers, quali:

- gli indici Fo, ricavati dalle Ionosonde
- gli indici di flusso solare (SFU o SFI) e di campo geomagnetico
- le mappe MUF

Sovente oggetto di false interpretazioni o aspettative, questi dati devono essere comunque letti in modo critico.

Gli indici foF2

Gli indici Fo sono ricavati da sistemi definiti Ionosonde [3], normalmente gestiti da organi Governativi o Accademici preposti allo studio della Ionosfera terrestre, con prevalente distribuzione in Europa, Nord America, Australia e Giappone.

Funzione delle ionosonde è determinare la concentrazione di elettroni dei vari strati dell'atmosfera e, conseguentemente, il relativo indice di rifrazione. Trasmettendo un determinato range di frequenze e misurando il tempo che impiega ogni singola frequenza ad essere riflessa è possibile stimare analiticamente la concentrazione e l'altezza di ogni layer ionizzato.

La ionosonda trasmette uno sweep di frequenza tra 0.1 e 30 MHz. All'aumentare della frequenza, ogni onda è rifratta in modo minore dalla ionizzazione del layer attraversato, sino al raggiungimento del layer che, per concentrazione di ionizzazione, la riflette a terra. Appena l'onda raggiunge il punto di riflessione, la sua velocità di gruppo si approssima a zero, aumentando in tempo di propagazione del segnale, funzione approssimata dell'altezza. La frequenza alla quale l'onda inizia ad essere riflessa dal layer ionizzato è definita frequenza critica (critical frequency) di quel layer, o Fo

Lowell Digisonde

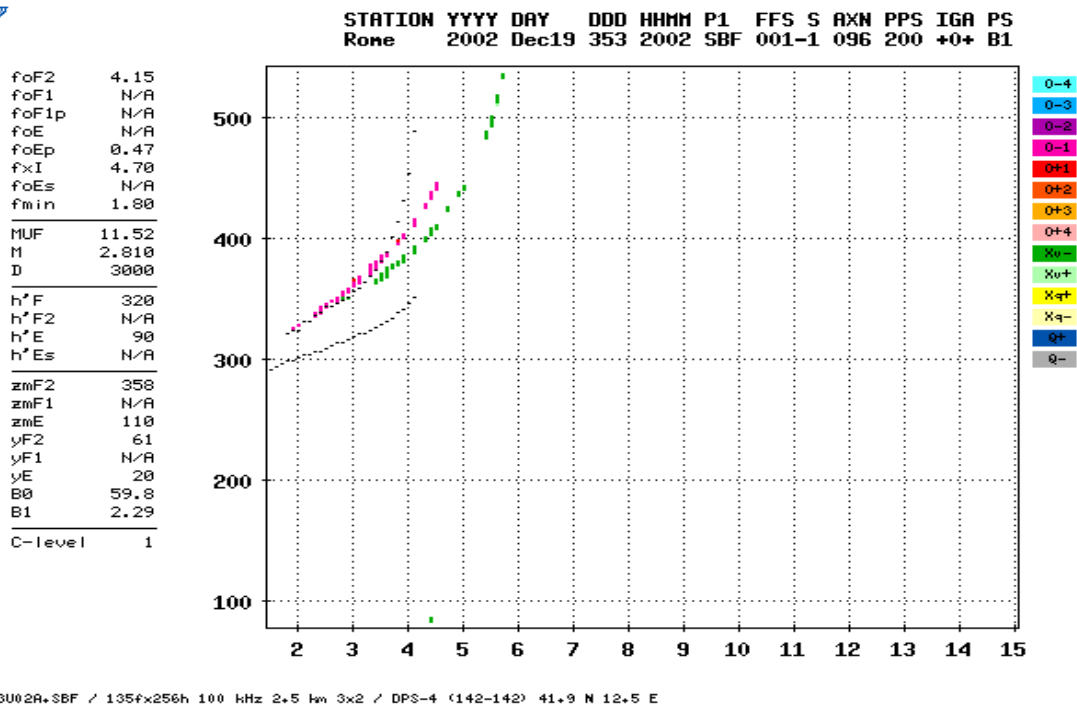


Fig. 12 - Ionogramma ricavato della Ionosonda dell'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma

Un noto OM olandese [4] frequentemente pubblica con enfasi sulla rete packet, warning di f0F2 rilevati dalle poche ionosonde europee (JN61, JP99, KM18, ecc.) che rendono pubblici i dati real-time sulla rete Internet [5].

Ai fini amatoriali, i dati f0F2 presi singolarmente sono di limitato interesse perché danno informazioni di ionizzazione F2 limitatamente alla località della ionosonda, area non sempre acquisibile con angolo di attacco adeguato (troppo vicino o troppo distante dal QTH). Per poter disporre di uno strumento utile di previsione necessiterebbe:

- una maggiore distribuzione di ionosonde, con copertura planetaria o perlomeno nelle aree di maggiore interesse
- l'accesso ad una quantità significativa di dati in tempo reale, tali da poter correlare l'esistenza di aree di ionizzazione contigue o influenti per propagazione a doppio salto, ecc.

In ogni caso, i dati foF2 sono più significativi ai fini della propagazione F2, che non il flusso od il numero delle macchie solari.

A titolo di esempio ho riportato nella figura 13 la collocazione delle ionosonde europee di interesse per il mio QTH. Dalla mappa si può notare che prossime o sulla linea dei 2000 km (skip F2/2) da Torino non vi sono ionosonde, se non verso la Scandinavia, direzione peraltro poco interessante ai fini DX per singolo salto (mare del Nord e isole Svalbard) o estremamente improbabile per doppio salto. Poiché la ionosonda rileva condizioni di ionizzazione solo sulla sua verticale non è possibile determinare l'estensione dell'area ionizzata, e quindi, se la condizione è estesa sino alla distanza ottimale.

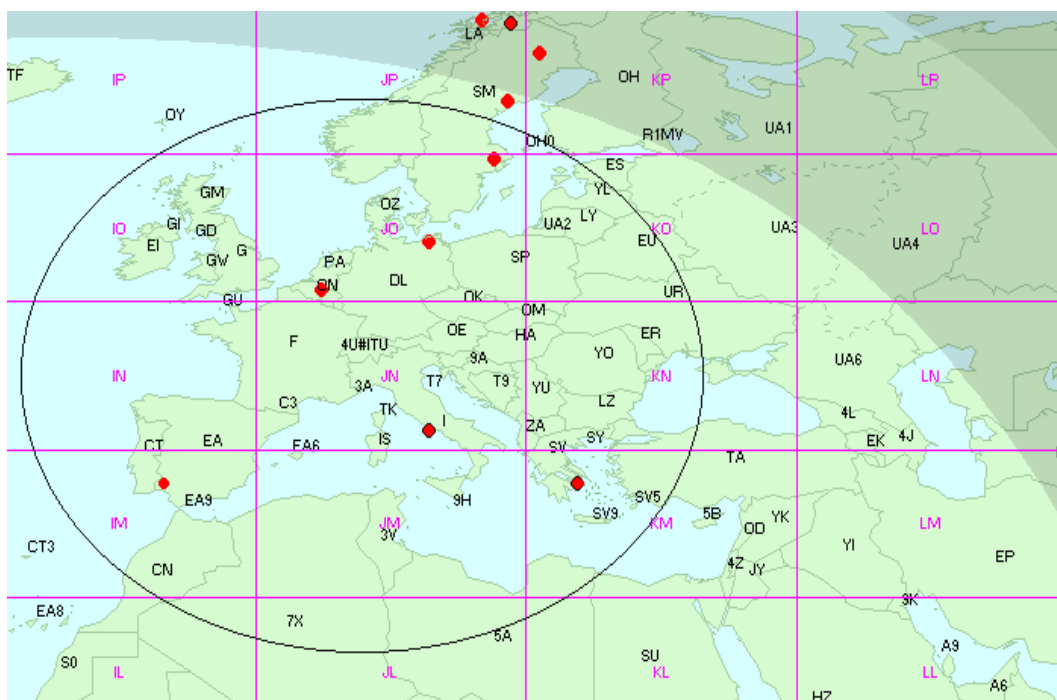


Fig. 13 – Mappa delle ionosonde europee; la linea continua indica la distanza di 2000 km

Al sito: <http://www.ips.gov.au/images> HF sono disponibili mappe f0F2, da interpretare come strumenti probabilistici (data la scarsa distribuzione delle ionosonde, i dati intermedi sono ovviamente interpolati)

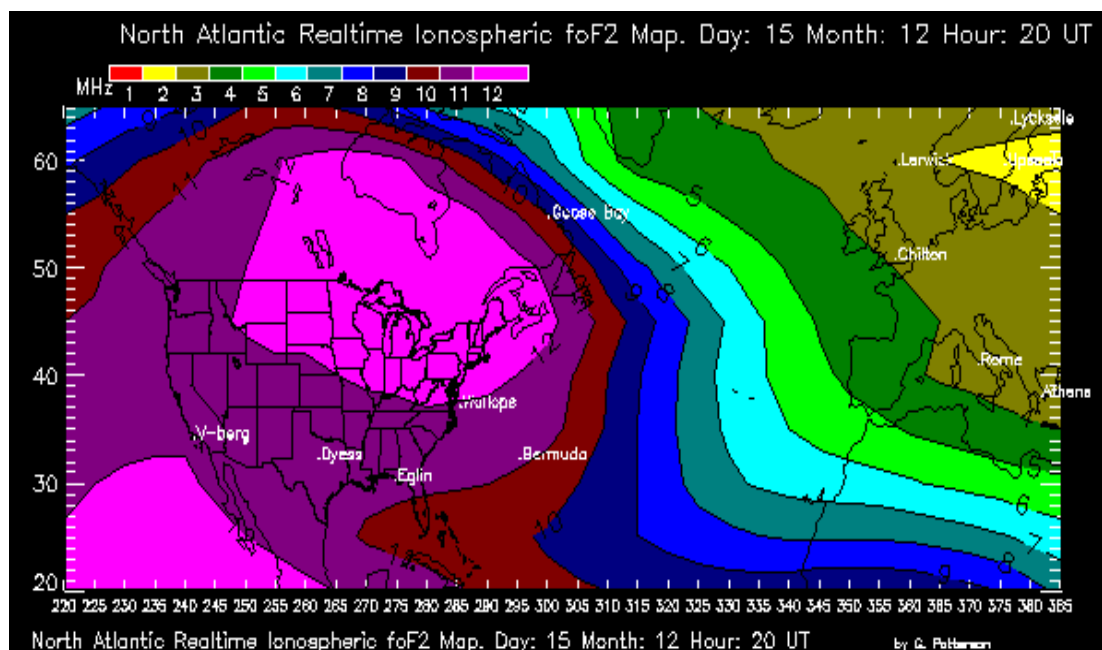


Fig. 14 - Mappa FoF2 Nord America - Ovest Europa

I dati relativi all'attività solare

La sorgente di informazione più nota è la stazione WWV che trasmette ogni tre ore i dati di Flusso solare e di condizioni del Campo Geomagnetico. Queste informazioni sono peraltro ripetute sulla rete Packet, a cura di vari OM's JA3QGI, DK0WCY, ecc.

Date	Hour	SFI	A	K	Forecast	Logger
16-Dec-2002	09	203	6	1	R=217 No storms=>No storms	<JA3QGI>
16-Dec-2002	06	203	6	2	R=217 No storms=>No storms	<JA3QGI>
16-Dec-2002	03	203	6	1	R=217 No storms=>No storms	<JA3QGI>
16-Dec-2002	00	203	6	2	R=214 No storms=>No storms	<JA3QGI>
15-Dec-2002	21	203	7	1	R=214 No storms=>No storms	<JA3QGI>

IW1AZJ de IK1ZNW-6 16-Dec-2002 1047Z >

SFI (SFU) = Solar Flux Unit a 10.7 cm (2800 MHz) rilevata dal Radiotelescopio di Penticton, Canada.

A index = indice giornaliero dell'attività geomagnetica derivata dalla media di 8 indici K registrati a Boulder

K index = l'indice è il risultato della misura rilevata dal magnetometro di Table Mountain Observatory di Boulder, Colorado, comparata con condizioni di campo magnetico "tranquillo"; la scala è da 1 a 9 (max) ed ha valore locale.

I dati relativi all'attività solare, e in particolare, l'indice di flusso SFI sono stati interpretati per anni come significativi indicatori di ionizzazione dello strato F2, e conseguentemente, di condizioni di propagazione DX.

Chi ha praticato la banda dei 6 m da lungo tempo sa che tale affermazione non corrisponde a verità [6]: con indice SFI uguale o maggiore di 200 spesso la banda è completamente chiusa, o ancora, la banda si apre per F2 con indici relativamente bassi (7/12/2002 VR2DXA, XV9DT con SFI=147).

Il motivo sostanziale è da ricercarsi nella diversa lunghezza d'onda della radiazione solare: SFI è rilevato nella banda dei 10.7 cm mentre la radiazione UV responsabile della ionizzazione F2 ha lunghezza d'onda all'incirca di 0,03 mm. Dato che la distribuzione spettrale del flusso solare varia rapidamente e in modo imprevedibile, è dimostrato come il flusso a 2800 MHz possa essere costante mentre il flusso UV cambia, e viceversa (normalmente è così nel max del ciclo solare; vi è

maggiore correlazione nel min del ciclo). Sfortunatamente, l'atmosfera terrestre è totalmente opaca agli UV, e la misura in questo spettro può essere effettuata solo da satelliti. Maggiormente correlabile è il flusso nello spettro X, dato non ritrasmesso da WWV, ma disponibile sul sito NOAA [7].

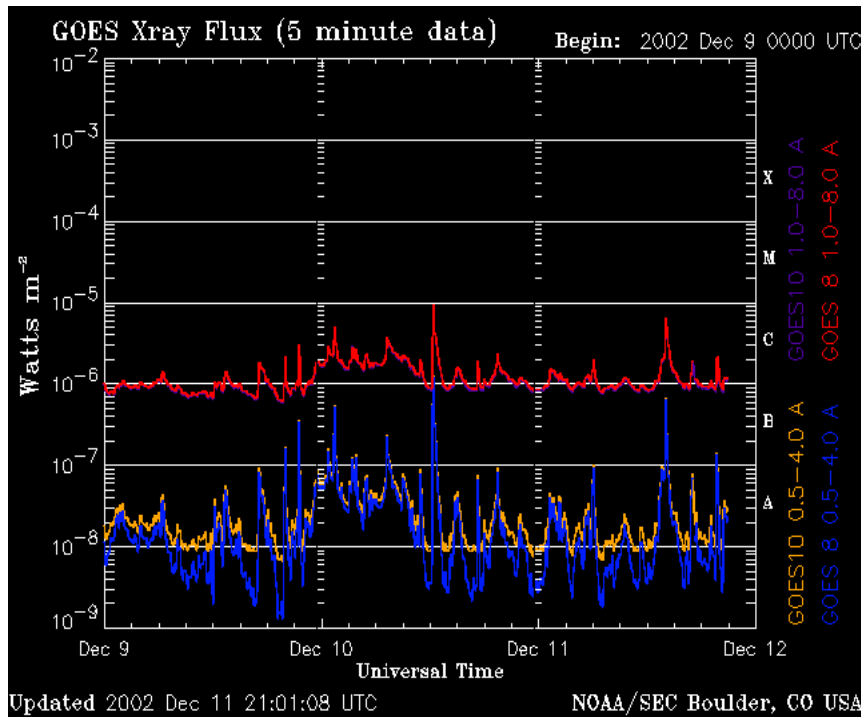


Fig. 16 - Flusso solare nello spettro X rilevato dai satelliti GOES

Mappe MUF

Abbiamo visto precedentemente come la MUF sia determinabile analiticamente a partire dal dato FoF2 (ionizzazione) e dal "M factor". Ricordiamo ancora come quest'ultimo parametro è funzione dell'altezza della ionizzazione (nota o stimata) e dalla distanza del path.

$$M = 1/\sin \alpha = \text{SQR}(D^2/4H^2 + 1)$$

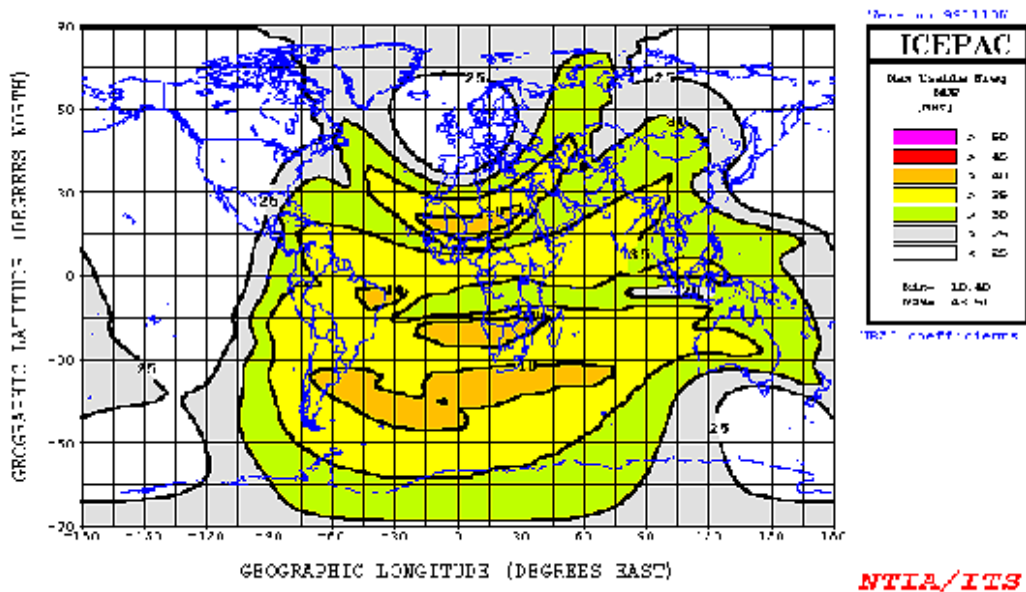


Fig. 18 - Mappa MUF ricavata con modello computerizzato ICEPAC

Le mappe MUF disponibili oggi su Internet sono ricavate da modelli computerizzati statistici, basati su dati storici (vari indici solari, giorno, anno, ciclo solare, ecc.) per distanze di path tipici per HF. Ad esempio, la mappa più nota, Near Real-time MUF Map, è calcolata per path di 3000 km, distanza inferiore a quella tipica della propagazione F2 [8]. Un altro modello noto è quello ICEPAC; per entrambi il software relativo è disponibile sui siti relativi [9],[10].

Conclusioni

La presenza di propagazione F2 è il risultato di differenti fenomeni, che insieme, producono l'ottimale combinazione di ionizzazione e angolo di attacco.

La radiazione solare nello spettro del UV è la principale causa, ma l'influenza del ciclo solare, del ciclo diurno, della rotazione solare, dei flares e della anomalia equatoriale sono altrettanto determinanti.

Così, quando la banda si può aprire? Per analogia si può pensare la propagazione F2 come una slot-machine, dove alcune ruote non sono completamente casuali, altre sono sconosciute. Oggi possiamo dire semplicemente che alle medie latitudini i periodi favorevoli sono:

- per path nello stesso emisfero nord o sud, nelle ore diurne, nei mesi tra novembre e maggio, nel max solare, probabilmente nelle 2 settimane del ciclo solare a 27 gg., più altri fattori sconosciuti.
- per path transequatoriali, nelle ore diurne, nei mesi ottobre-novembre e marzo-aprile, nel max solare, probabilmente nelle 2 settimane del ciclo solare a 27 gg., più altri fattori sconosciuti.

Al di là di questi suggerimenti, è peraltro chiaro che un'apertura F2 può verificarsi in ogni tempo, anche come risultato di un flare al min del ciclo solare; altre aperture si sono verificate in passato senza alcuna delle condizioni elencate.

Referenze

- [1] K6MIO/KH6 - 50 MHz F2 Propagation Mechanisms, <http://www.uksmg.org/f2propagationmech.htm>
- [2] The classification of X-ray solar flares, <http://www.SpaceWeather.com/glossary/flareclasses.html>
- [3] Basic Ionosonde theory, http://www.wdc.rl.ac.uk/ionosondes/ionosonde_basics.html
- [4] WEB page PA1SIX, <http://www.qsl.net/pa1six>
- [5] Digisonde Station List, <http://ulcar.uml.edu/framesn.htm>
- [6] NI6E/KH6 - Comment on the irrelevance of WWV numbers to 6m F2 propagation, <http://www.uksmg.org/shel.htm>
- [7] Sito NOAA, <http://www.maj.com/sun/noaa.html>
- [8] K6MIO/KH6 - More on 50 MHz F2 propagation - pag. 4, <http://www.uksmg.org/moreon50megF2prop.htm>
- [9] Near Real-time MUF map, <http://www.spacew.com/www/realtime.html>
- [10] ICEPAC model map, http://elbert.its.bldrdoc.gov/pc_hf/ice_gen