

LUCI E OMBRE DI UNA PROPAGAZIONE DI CONFINE

Fabrizio Magrone

E' capitato a tutti di leggere sui bollettini segnalazioni di stazioni interessanti sulle bande tropicali e di aver provato ad ascoltarle all'orario indicato; a volte però il risultato è stato negativo. E' frustrante non riuscire a sentire emittenti che qualcuno sembra ricevere con apparente facilità: il ricevitore è all'altezza, l'antenna anche, ma sembra che sfugga qualcosa. In alcuni casi il trucco sta nell'attenta valutazione della propagazione. Analizziamo quindi empiricamente la propagazione dei segnali in banda tropicale (60, 90 e 120 metri), in particolar modo da Indonesia, Papua, Australia e Oceania all'alba locale.

Sassi contro la ionosfera

La descrizione classica della propagazione sulle gamme tropicali, che abbiamo letto fino alla noia un po' dappertutto, richiede che l'intero percorso del segnale radio sia immerso nell'oscurità. Se appena un raggio di sole ne illuminasse un chilometro, la propagazione morirebbe istantaneamente, come fosse un vampiro. In realtà questo modello è comodo a scopo didattico (spiega chiaramente perché non possiamo sentire una stazione indonesiana a mezzogiorno), ma non è esatto. Se fosse esatto, dovremmo aspettarci di sentire ad esempio la papuana NBC su 4890 kHz subito dopo il nostro tramonto: essendo ancora notte in Papua Nuova Guinea, il nostro tramonto immerge l'intera tratta nell'oscurità e NBC dovrebbe saltar subito fuori. Invece questo di solito non succede, anche se in teoria sembrerebbe non solo possibile, ma persino normale.

Il modello classico va corretto così: la propagazione è aperta quando *la tratta tra il primo e l'ultimo punto di rifrazione ionosferica del segnale* è immersa nell'oscurità. La differenza è fondamentale, almeno per il DX. Una doverosa precisazione: questa non è una scoperta mia; cercando bene e leggendo attentamente, la descrizione corretta si trova, solo che la letteratura hobbistica più corrente spesso la ignora.

Quello che in particolare ho notato nel tempo è che, nel momento in cui il percorso del segnale è illuminato dal sole nel suo tratto iniziale (lato est, per intenderci), non solo la propagazione non inizia a calare progressivamente fino a chiudersi, ma al contrario ha un picco temporaneo, talvolta di intensità sorprendente. Gli anglosassoni parlano di *sunrise enhancement*, "intensificazione da alba".

Il segnale dall'antenna trasmittente viene emesso in varie direzioni e soprattutto con varie angolazioni rispetto al suolo. A noi interessa la parte di segnale irradiata nella nostra direzione (naturalmente) e con basso angolo di incidenza, cioè quella che parte raso terra e si stacca con minimo angolo dalla superficie terrestre. Il segnale deve rimbalzare contro la ionosfera, no? E' come il classico sasso piatto lanciato in acqua: per farlo rimbalzare più volte il trucco sta nel lanciarlo quasi parallelo all'acqua (minimo angolo di incidenza), mentre se lo facciamo cadere a perpendicolo (massimo angolo di incidenza) va subito a fondo. L'onda radio si comporta allo stesso modo: più arriva di striscio sulla ionosfera e meglio rimbalza.

Modelli a confronto

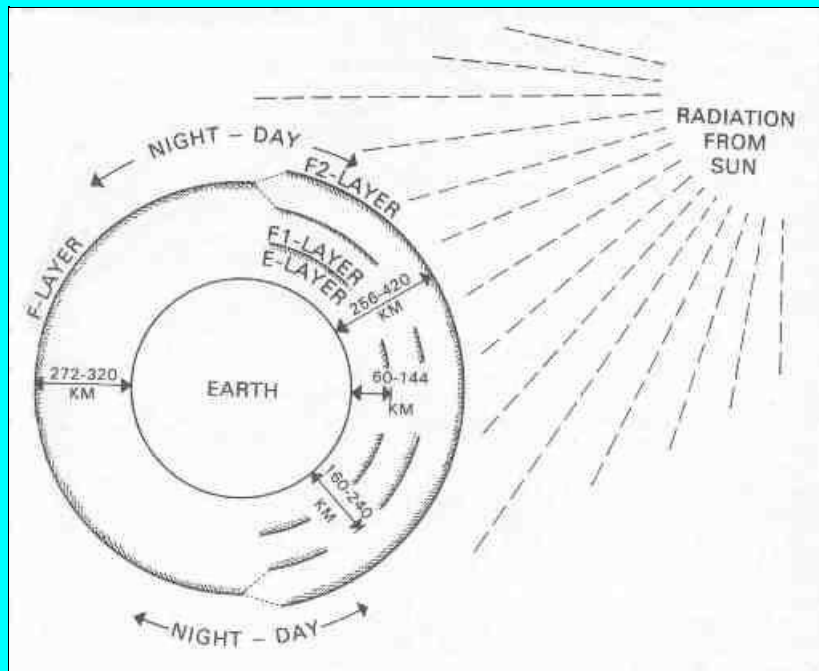


Figura 1. Schema degli strati ionosferici negli emisferi diurno e notturno. Disegno non in scala. Nell'illustrazione manca lo strato D, che è immediatamente sottostante allo strato E.

Facciamo chiarezza sui termini. Nella **figura 1** è riportato lo schema semplificato e non in scala degli strati ionosferici principali; si nota che nell'emisfero illuminato dal sole lo strato F è diviso in due strati distinti, F1 e F2, al di sotto dei quali ci sono lo strato E e, non visibile nella figura, lo strato D; nell'emisfero notturno gli strati F1 e F2 si fondono in un unico strato F, mentre D e E scompaiono. Il segnale (quello che parte basso basso verso di noi) si solleva progressivamente fino a raggiungere la ionosfera, e precisamente lo strato F (per il momento non sottilizziamo su F, F1 e F2). Il punto in cui tocca la ionosfera si chiama *primo punto di rifrazione ionosferica* e sta a circa 2000 km dall'antenna. Il gradiente di densità ionica dello strato F fa sì che il segnale devii progressivamente verso il basso: il segnale si rifrange. Una semplificazione comune del fenomeno è che il segnale "rimbalza" contro la ionosfera, come se fosse una palla da biliardo contro la sponda, ma in realtà si incurva progressivamente verso il basso man mano che avanza nello strato F, interagendone con gli ioni perde energia e si indebolisce.

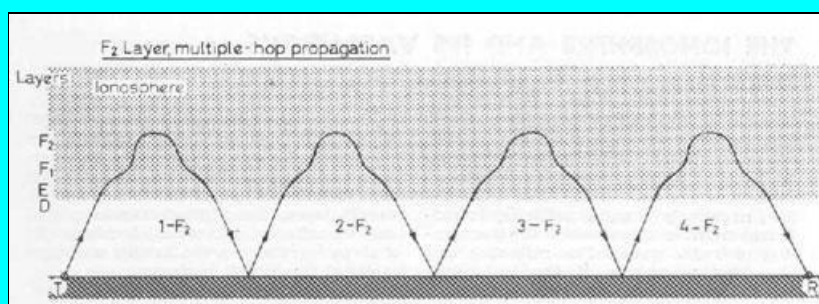


Figura 2. Il modello di propagazione classico a rimbalzi multipli tra terra e ionosfera.

Torniamo al modello classico, schematizzato in **figura 2**. Il segnale rimbalza verso il basso (o viene rifratto verso il basso se vogliamo essere più precisi), torna verso terra e la raggiunge dopo altri 2000 km, qui rimbalza di nuovo verso la ionosfera, poi di nuovo verso terra, eccetera, finché questa pallina da ping pong elettromagnetica raggiunge il nostro ricevitore. L'ultimo punto in cui il segnale rimbalza contro la ionosfera, prima di raggiungere la nostra antenna, si chiama *ultimo punto di rifrazione ionosferica*. Tra il primo e l'ultimo ce ne sta un certo numero, legato alla lunghezza della tratta e quindi al numero di salti. Peccato che a ogni rimbalzo il segnale perda energia... Il fatto è che i calcoli mostrano che dopo un paio di questi rimbalzi terra-aria il segnale non c'è più: a 4000 km a rimbalzo (2000 fino alla ionosfera e altri 2000 fino a terra) fa 8000 km e non bastano per arrivare dalla Papua fino a noi, soprattutto con l'intensità che talvolta osserviamo. E allora?

E allora il modello classico è da correggere. Almeno quando si parla di lunghe tratte e di segnali DX, il percorso del segnale è diverso: arriva alla ionosfera e viene rifratto un po', quel tanto che basta perché una parte del segnale "strisci lungo la ionosfera". La cosa importante è che non tocca proprio terra e quindi non ne subisce l'assorbimento. Immaginatevi il segnale che scorre nella ionosfera: l'assorbimento c'è, ma molto minore che nel modello classico. Questa modalità di propagazione, schematizzata in **figura 3**, si chiama *chordal hop* ("hop" significa "salto"; "chordal" indica che il segnale segue un percorso identificabile con la corda di un cerchio). Da vari punti della ionosfera una parte del segnale viene deviata verso terra e noi riceviamo la parte deviata verso di noi.

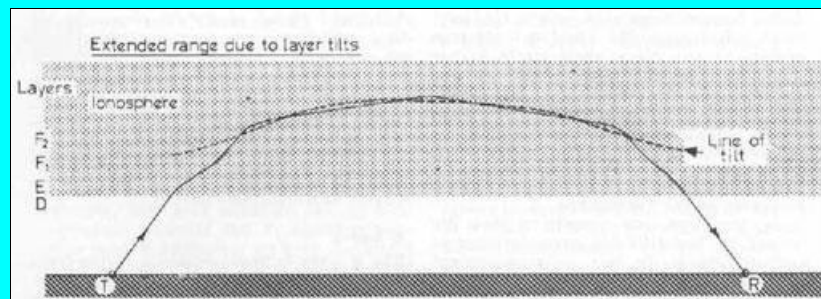


Figura 3. Il modello di propagazione a modalità cordale: un unico balzo a lunga distanza. Si notino i ridotti angoli di incidenza del segnale.

Angoli di incidenza

Ricapitoliamo. Il segnale lascia l'antenna, si solleva progressivamente fino a incontrare la ionosfera a 2000 km di distanza, viene rifratto, scorre lungo la ionosfera subendo una ulteriore progressiva rifrazione; infine una parte del segnale viene rifratta quel tanto che basta a piegarsi verso terra e raggiungere noi. Se tutti gli angoli sono ottimali, cioè minimi (ricordiamo l'esempio del sasso), i punti di rifrazione sono solo due: il primo a 2000 km dal trasmettitore e il secondo e ultimo a 2000 km dal ricevitore. In mezzo c'è una tratta con assorbimento minimo: questo giustifica non solo che il segnale arrivi (cosa che non succederebbe con tutti i rimbalzi del modello classico), ma che arrivi talvolta con sorprendente intensità. Meno interazioni subisce con la ionosfera, più è forte: ricordiamoci che la ionosfera è indispensabile per la rifrazione del segnale, che altrimenti si perderebbe nello spazio, ma il prezzo da pagare è la perdita di energia a ogni interazione.

Perché questo bel gioco funzioni è necessario che gli angoli di incidenza siano assolutamente minimi. In questo modo basta una piccola rifrazione per incanalare il segnale nel modo giusto. Piccola rifrazione significa ridotta interazione con lo strato ionizzato, nessun rimbalzo intermedio verso terra e quindi minore indebolimento.

Il possibile ruolo degli strati D e E

A questo punto mi sono chiesto se c'è correlazione tra questo modello teorico e l'osservazione che subito dopo l'alba sul trasmettitore il segnale, invece di indebolirsi, va incontro a un picco. Secondo me c'è, anche se non ho trovato molto in letteratura. La mia è una spiegazione puramente teorica, poiché non ho né la competenza tecnica né le attrezzature per giungere a una eventuale conferma sperimentale.

Il mio ragionamento è questo. Quando il sole sorge, illumina prima le zone più elevate (come i picchi delle montagne e gli strati ionosferici più alti) e poi progressivamente le zone più basse (la pianura e gli strati ionosferici più bassi). Quindi lo strato F viene illuminato per primo e ricomincia a ionizzarsi, assumendo le caratteristiche adatte alla rifrazione ottimale dei segnali. Successivamente, intanto che lo strato F è già pronto al suo lavoro, vengono illuminati gli strati ionosferici D e E, che stanno più in basso. Gli strati D e E giocano normalmente contro di noi, perché *assorbono* i segnali in gamma tropicale (e in onde medie), impedendo loro di raggiungere lo strato F e di propagarsi a lunga distanza. In pratica, gli strati D e E bene ionizzati significano propagazione chiusa. D e E però non si ionizzano di botto, ma progressivamente: attraversano perciò una fase in cui la concentrazione ionica non è sufficiente a bloccare i segnali, ma è comunque in grado di rifrangerli. Rifrangerli progressivamente verso il basso: questo è importante.

Ricapitoliamo ancora una volta. Il segnale parte raso terra e si solleva progressivamente. Incontra lo strato D ancora poco ionizzato, che lo indebolisce solo leggermente e lo rifrange, riducendone l'angolo di incidenza. Prosegue e incontra lo strato E solo parzialmente ionizzato, che di nuovo lo indebolisce leggermente e lo rifrange, riducendone ancora di più l'angolo di incidenza. Infine arriva allo strato F, già ionizzato a puntino, con un angolo di incidenza che più ridotto non si può, ottimale per l'inserimento nel flipper ionosferico che lo porterà fino a noi con modalità cordale a basso assorbimento (**figura 3**). Tutto questo richiede un po' di tempo per raggiungere le ionizzazioni necessarie e infatti il picco inizia qualche minuto dopo l'alba sul trasmettitore. Poi la ionizzazione aumenta progressivamente ma, fino a quando non supera un livello critico, il rapporto assorbimento/rifrazione resta ottimale: il picco di segnale si mantiene stabile per un periodo variabile tra 10-15 minuti (condizioni non particolarmente favorevoli) e 40-50 minuti (condizioni veramente fantastiche, seppure rare, che si accompagnano a segnali eccellenti). Infine il livello di ionizzazione supera il livello critico che fa prevalere l'assorbimento e la propagazione inesorabilmente si chiude. Fine della seduta di ascolto.

Quando il sole arriva a illuminare la zona situata a circa 2000 km dal trasmettitore (la zona del primo punto di rifrazione del segnale a livello dello strato F), la propagazione si chiude. Magari si è già chiusa prima, se le condizioni non sono favorevoli, ma con certezza assoluta non va oltre. Qualcosa si è rotto in quei primi 2000 chilometri critici e non tornerà se non 24 ore dopo.

Il momento magico

Morale della favola: per cercare di beccare il segnalino DX da Papua, Indonesia, Pacifico e Australia in banda tropicale, il momento magico è quello che segue immediatamente l'alba locale sul trasmettitore. Non che prima, con tutta la tratta immersa nell'oscurità, non si senta niente, però in quel momento si osserva spesso un picco che, data la frequente bassa potenza delle stazioni DX, fa la differenza tra sentire una portante o un debole bisbiglio e ascoltare un programma di cui si capiscono i dettagli. La propagazione cordale a basso assorbimento si innesca solo quando si verificano le ben precise condizioni che abbiamo analizzato: né prima, quando le condizioni non sono ancora ottimali, né dopo, quando il percorso è completamente chiuso.

Come si fa a sapere quand'è il momento magico? Lo strumento indispensabile è [Geoclock](#). Io lo uso da ormai molti anni e lo ritengo un software insostituibile per fare DX con cognizione di causa, capendo i meccanismi che stanno alla base della propagazione DX a lunga distanza. Il programma è shareware. Esistono altri programmi simili, come [DX Atlas](#) e [Xplanet](#), mentre gli appassionati di più vecchia data ricorderanno la DX Edge (**figura 4**), un piccolo regolo di plastica che svolge, in modo meno dettagliato, le stesse funzioni; ma Geoclock, a mio parere, è il programma più utile e versatile per il DXer.

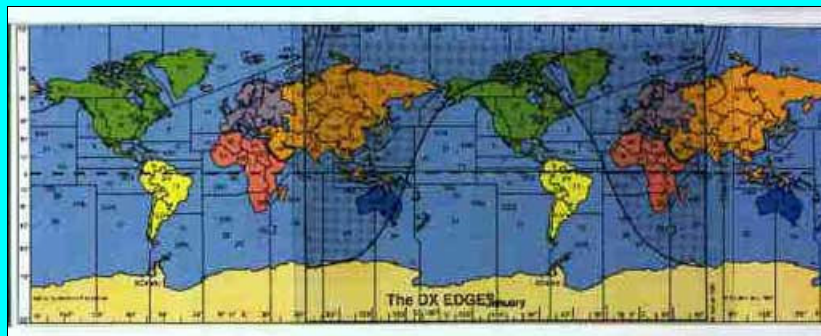


Figura 4. La DX Edge.

Nella versione gratuita il programma ha un piccolo numero di mappe, che già consentono di capire a grandi linee come funziona il meccanismo che abbiamo descritto. Su una mappa mondiale si può vedere l'andamento dell'alba e del tramonto in tempo reale. Se il programma è registrato (soldi spesi bene, lo garantisco), si possono usare mappe molto più dettagliate, che possono essere personalizzate inserendo le località dei trasmettitori. I dati personalizzati si possono anche scambiare: io ti do i miei dell'Oceania e tu mi dai i tuoi dell'America meridionale. Il programma mostra la situazione in tempo reale, ma in un attimo si può vedere com'è la situazione a qualsiasi ora di qualsiasi giorno di qualsiasi mese: questo è utilissimo per valutare a tavolino i periodi più favorevoli per una certa stazione o per vedere com'era la situazione al momento di un ascolto pubblicato su un bollettino.

Il momento giusto per NBC 4890, per esempio, è pochi minuti dopo che la linea del *terminatore* (la linea dell'alba e del tramonto; del sorgere del sole in questo caso) ha superato Port Moresby e quindi il trasmettitore vede il sole, e dura potenzialmente fino a quando la luce del sole ha illuminato tutti i primi 2000 km della tratta. La versione registrata di Geoclock consente di misurare le distanze a schermo. Nelle serate buone è divertente vedere la linea

dell'alba che scorre verso ovest e contemporaneamente sentire le stazioni che appaiono e scompaiono progressivamente a seconda della loro posizione geografica!

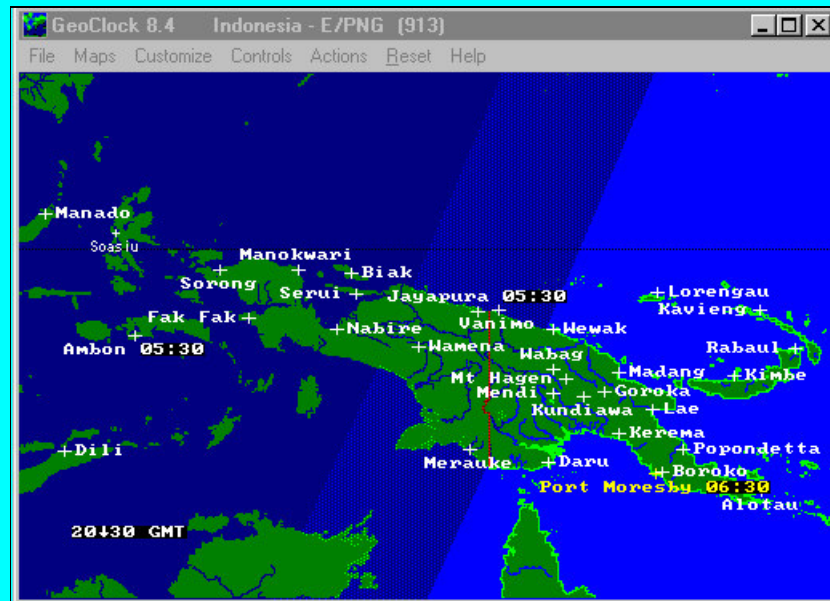


Figura 5. L'alba sulla Papua Nuova Guinea vista su una mappa dettagliata e personalizzata di Geoclock.

Nella **figura 5** si vede la situazione alle 2030 UTC del 19 gennaio. A est Port Moresby è già illuminata dal sole, che sta sorgendo sulla zona intermedia (evidenziata come striscia ombreggiata), mentre la parte più occidentale della regione è ancora in condizioni notturne. La propagazione in questo momento è ben aperta da Port Moresby. Col passare dei minuti l'apertura si sposterà verso le zone più a ovest (a sinistra in figura), mentre i segnali più orientali man mano si indeboliranno fino a sparire.

Se in una lista vedete segnalato un ascolto del giorno prima, la situazione sarà ancora praticamente immodificata e si potrà tentare l'ascolto allo stesso orario (parlo degli ascolti effettuati nella fascia oraria descritta); se l'ascolto invece è su un bollettino e ha uno o due mesi di ritardo, sarà inutile provarlo all'orario segnalato ma sarà facile stabilire qual è l'orario corrente in cui tentare. Se l'ascolto è esattamente di un anno prima, di nuovo l'orario sarà quello giusto; quindi i bollettini vecchi prima o poi tornano buoni. Con Geoclock è subito evidente che, a seconda del periodo dell'anno, l'orario di alba e tramonto e l'inclinazione del terminatore sono molto diversi: ecco perché molti ascolti hanno andamento stagionale!

Ovviamente non è detto che l'ascolto sia possibile, perché c'è tutta una serie di fattori che possono rendere favorevoli o sfavorevoli le condizioni generali di propagazione; ma sicuramente il tentativo sarà fatto in un momento in cui le probabilità di azzeccare il segnale al suo massimo sono quelle migliori in assoluto.

Ma quanti sono i momenti magici?

Fin qui abbiamo analizzato la situazione all'alba locale nelle zone a est rispetto a noi. Il discorso vale però in modo speculare al tramonto locale nelle

zone a ovest: ad esempio la propagazione si apre dalle zone in cui il sole sta per tramontare in Sud America, quando l'Italia è in piena notte. Il fenomeno è noto come *sunset enhancement*, "intensificazione da tramonto".

Altri due momenti interessantissimi si verificano all'alba e al tramonto da noi. In autunno è tipico, nel tardo pomeriggio, alle ultime luci del nostro giorno (ma non quando il sole è già tramontato!), ascoltare le stazioni indonesiane che trasmettono durante la loro notte. E intorno alla nostra alba i DXer più mattinieri assisteranno a buone aperture verso ovest: ad esempio i segnali in onde medie americani hanno un picco al nostro sorgere del sole.

Abbiamo quindi quattro intensificazioni: da alba sul trasmettitore, da alba sul ricevitore, da tramonto sul trasmettitore e da tramonto sul ricevitore.

Non basta. Ricordate che la propagazione è aperta quando il primo e l'ultimo punto di rifrazione del segnale non sono ancora illuminati? In precisi momenti dell'anno, solo in precise zone del globo, l'intensificazione da alba in una zona coincide con l'intensificazione da tramonto in un'altra. Stazioni molto lontane, come Vanuatu, sono ricevibili solo in queste circostanze. Intorno agli equinozi di primavera e autunno, quando il sole sta per tramontare su Vanuatu, che è ancora illuminata, l'alba è da poco spuntata sull'Italia, che è già illuminata. I due momenti magici si fondono e, se gli dei della propagazione sono favorevoli, si avrà una breve finestra di qualche minuto in cui l'esotico segnale del Pacifico allietterà le nostre orecchie, in barba al modello classico che inorridisce di fronte all'illuminazione delle tratte iniziale e finale del segnale; in realtà i punti di rifrazione sono ancora al buio e questo fa la differenza. Qui è fondamentale una precisa pianificazione dell'ascolto, perché la finestra è davvero minuscola. In qualsiasi altro periodo dell'anno l'ascolto è impossibile!

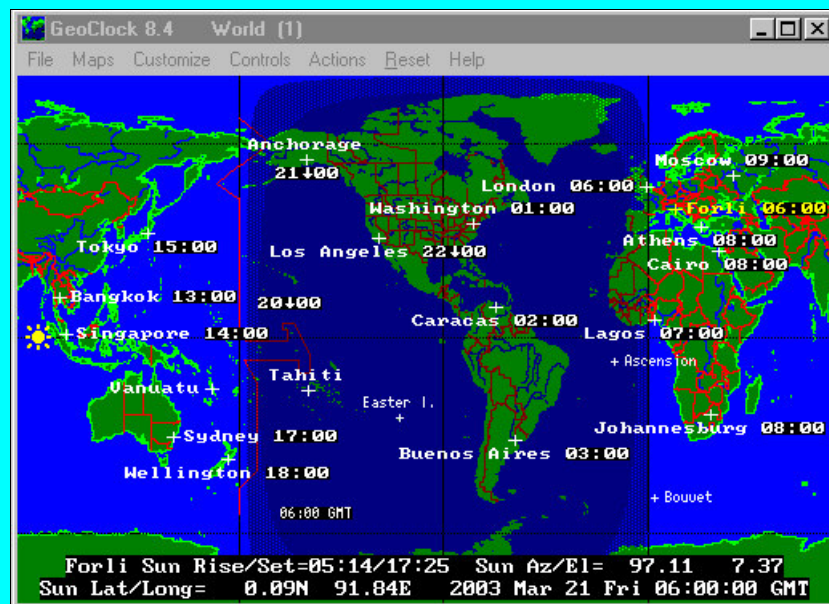


Figura 6. La linea alba-tramonto alle 0600 UTC del 21 marzo. In questo momento è potenzialmente aperta la propagazione per via lunga tra Vanuatu e l'Italia.

La situazione è illustrata in **figura 6**. Intorno alle 0600 UTC del 21 marzo (equinozio di primavera) il sole è da poco sorto sull'Italia e non è ancora tramontato su Vanuatu. Gli angoli di incidenza del segnale sono ottimali sia nella tratta iniziale sia in quella finale, permettendo l'ascolto anche se il percorso non è totalmente al buio (anzi: proprio per questo motivo). Un

particolare molto interessante: il percorso sarebbe più breve attraverso l'emisfero illuminato del globo, ma il segnale si propaga lungo quello (parzialmente) notturno, anche se è più lungo, perché incontra condizioni ottimali. Si parla di *propagazione long path* ("long path" significa "via lunga"), una modalità molto particolare che, se sussistono tutte le condizioni necessarie, consente ascolti altrimenti impossibili.

Esiste un'ultima circostanza particolare: quando sia il trasmettitore sia il ricevitore sono *all'interno del terminatore* (fascia ombreggiata di Geoclock). In pratica, mentre il sole è sul punto di sorgere in una zona, è sul punto di tramontare nell'altra. Il segnale radio quindi si propaga esattamente lungo il terminatore: si parla di *grayline propagation* ("grayline" è la parola inglese per "terminatore"). In teoria dovrebbe essere la quadratura del cerchio, il momento più magico in assoluto. In realtà la mia esperienza non è mai stata particolarmente positiva: ci ho provato a lungo, ma non ho mai ottenuto risultati entusiasmanti, se non una modesta accentuazione dei segnali hawaiani. La situazione è illustrata in **figura 7**.

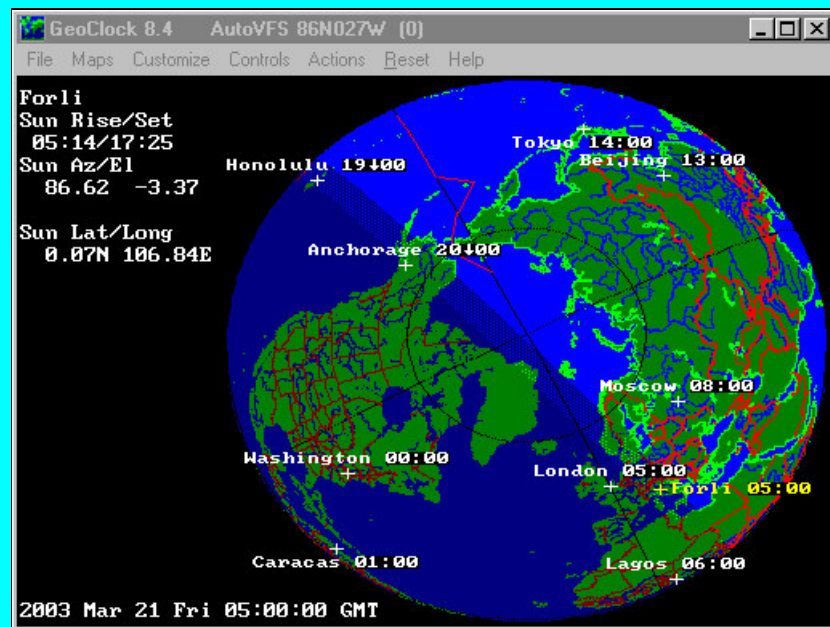


Figura 7. Un esempio di *grayline propagation*. Alle 0500 UTC del 21 marzo l'alba sull'Italia coincide con il tramonto alle Hawaii; i segnali hawaiani si propagano lungo la linea del terminatore per via transpolare.

Il meccanismo alba-tramonto funziona al meglio quando il percorso del segnale è all'incirca perpendicolare al terminatore, perché può sfruttare l'interazione favorevole con gli strati ionosferici in trasformazione; lungo il terminatore, invece, gli angoli di incidenza non subiscono riduzioni significative. Ne consegue che i migliori risultati si avranno verso est e verso ovest; per stazioni in direzioni diverse, come quelle africane, il meccanismo che abbiamo visto ha scarsa rilevanza pratica: oltre tutto la loro maggiore vicinanza geografica fa sì che i loro segnali arrivino senza bisogno di modalità propagative particolari.

Un colpo di fortuna

A volte, quando si parla del diavolo spuntano le corna. Mentre stavo scrivendo questo articolo, il postino mi ha consegnato un libro che avevo

comprato usato in rete: un "How to listen to the world" del 1963, supplemento tecnico del WRTH di quell'anno. L'ho aperto e, manco a farlo apposta, ci ho trovato subito un articolo sui tipi di propagazione, scritto da L.J. Prechner, ingegnere della BBC, con in bella mostra lo schema che ho riprodotto in **figura 3**. La sua spiegazione del *chordal hop* (da lui definito *modo M*) mi piace molto. Torniamo allo strato F: ne avevamo volutamente trascurato la suddivisione diurna in F1 e F2 per non complicarci la vita. Bene, adesso riprendiamo la questione. Come abbiamo visto in **figura 1**, di notte gli strati F1 e F2 si fondono in un unico strato F, che sta a una quota diversa dagli altri due. All'alba, e conseguentemente al tramonto, si forma uno strato intermedio temporaneo di transizione tra F e F1+F2. Poiché questi strati hanno quote diverse, lo strato intermedio che li unisce è *inclinato*. Questa inclinazione fa sì che i segnali che colpiscono lo strato intermedio abbiano un angolo di incidenza particolarmente basso. Avete già capito dove si va a parare: il basso angolo di incidenza fa sì che il segnale si infili favorevolmente nella ionosfera in modo da percorrerla senza rimbalzi intermedi a terra, eccetera: esattamente quanto schematizzato in **figura 3**, in cui guardando attentamente si notano gli strati F inclinati nei punti di rifrazione ionosferica e la rifrazione dei segnali sugli strati D e E.

Conclusioni

Il meccanismo propagativo che abbiamo analizzato è particolarmente valido sulle gamme tropicali, ma è applicabile anche alle gamme radioamatoriali dei 160, 80 e 40 metri e alle onde medie; in quest'ultimo caso le cose sono rese più difficili dall'interferenza di altre condizioni ionosferiche che spesso impediscono l'ascolto a lunga distanza anche nei momenti teoricamente propizi. Man mano che si sale di frequenza l'intensificazione da alba o tramonto si fa sempre più sfumata e perde gran parte della propria importanza oltre i 10 MHz, anche se miglioramenti del segnale, utili in condizioni estreme, si possono osservare fino ai 15 MHz.

E' anche interessante notare che, che si tratti di rifrazione da parte degli strati D e E e/o di rifrazione sullo strato F inclinato, questo modo propagativo era già perfettamente conosciuto quaranta anni fa e probabilmente molto tempo prima. Ma ogni tanto torna utile anche riscoprire l'acqua calda!

Sono graditi [commenti e domande](#).