

PROPAGAZIONE delle onde elettromagnetiche

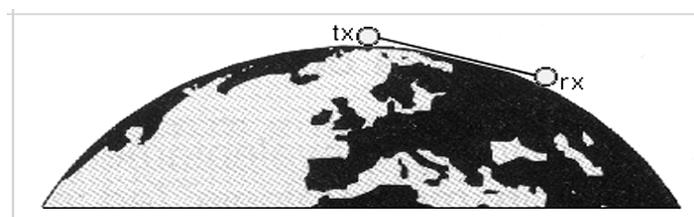
di Giovanni G. Turco, ik0ziz

Le onde radio (elettromagnetiche) che si irradiano da una stazione trasmittente verso una ricevente, si propagano in due modi: per **onda di superficie** (o di terra), e **attraverso lo spazio**.

Onde di superficie

Questo tipo d'onde si propagano seguendo la curvatura terrestre, "carezzando" la superficie e riguarda soprattutto le onde lunghe (VLF) e le onde medie (MF).

Le onde di superficie sfruttano la proprietà di conducibilità elettrica della superficie terrestre. Percorrono migliaia di chilometri a prescindere dalla conformità del suolo, senza subire attenuazioni apprezzabili che riescano ad attenuare in parte trascurabile la loro intensità. Poiché la conducibilità del terreno non è infinita, a frequenze leggermente più alte (da circa 2 MHz in su) l'intensità di campo comincia ad essere attenuata proporzionalmente alla distanza per assorbimento del suolo.



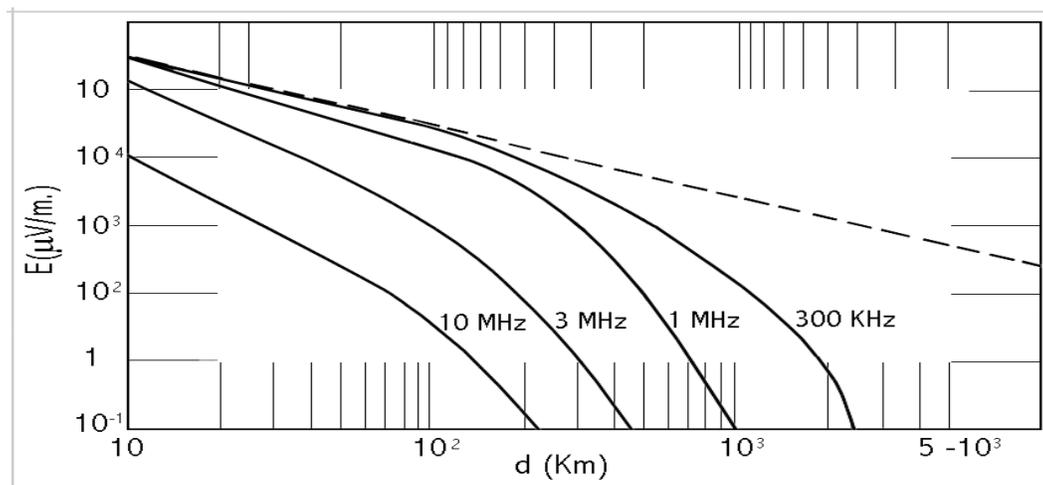
Onda di superficie. A frequenze tra 3 e 30 KHz l'attenuazione fino a migliaia di km. è bassissima, quasi insignificante.

Su queste bande operano quasi esclusivamente stazioni radio broadcast, con irradiazione di potenza di decine di migliaia di watt (radiodiffusione pubblica).

Una propagazione di questo tipo è più favorevole se le antenne sono situate in prossimità del mare perché la conducibilità dell'acqua salata è ottima.

Non a caso, infatti, Guglielmo Marconi sfruttò questa utile proprietà per superare la curvatura terrestre, al fine di trasmettere segnali radio attraverso l'Oceano Atlantico (Poldhu - Terranova, 1901).

Per collegamenti di distanze superiori ai 100 chilometri, sfruttando questo tipo di propagazione, la frequenza non dovrebbe superare quella della banda HF degli 80 metri.



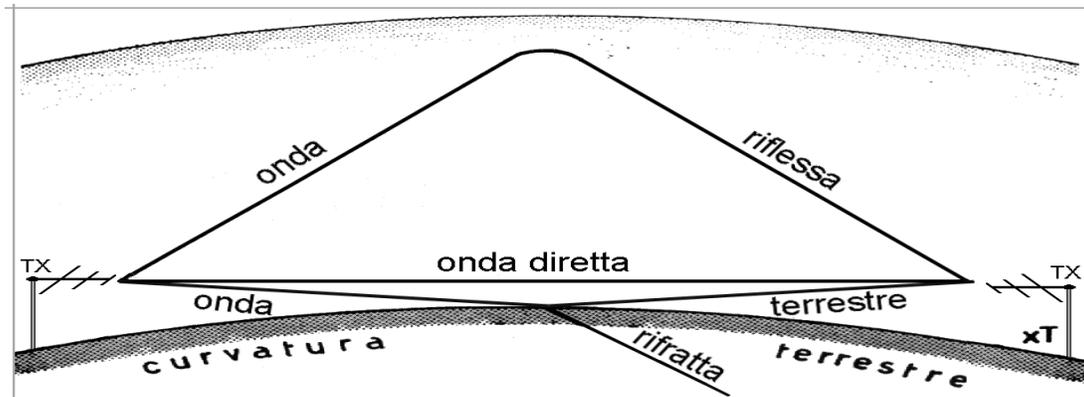
Onde superficiali: campo elettrico a distanza "d" dal trasmettitore.

Rappresentazione dell'andamento del campo elettrico "E" di un'onda superficiale con polarizzazione verticale, in funzione della distanza d fra trasmettitori e ricevitore. Le curve si riferiscono ad un suolo con caratteristiche medie di permittività e conducibilità.

La linea tratteggiata indica l'andamento del campo che si avrebbe se "E" seguisse la legge di proporzionalità inversa con la distanza.

Onde spaziali

Si propagano attraverso lo spazio libero e si dividono in **onde dirette** ed **onde riflesse**.
Le onde riflesse si suddividono a loro volta in riflessi terrestri e riflessi dalla ionosfera.

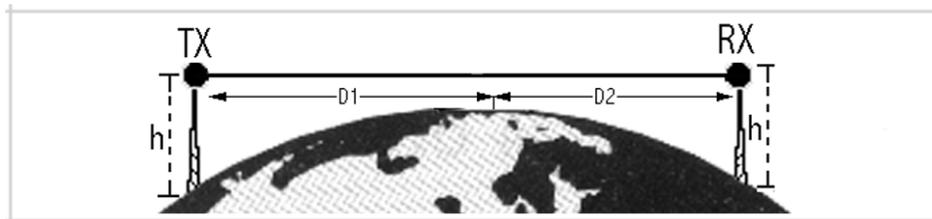


Vari tipi di propagazione.

Per onda diretta

Questo tipo di propagazione si verifica quando nella regione non ionizzata dell'atmosfera il segnale ricevuto è quello trasmesso da un generatore la cui antenna è otticamente visibile. La ionizzazione è un processo di varia natura che si verifica quando un atomo perde o acquista uno o più elettroni: perdendo la sua neutralità elettrica, crea uno ione, cioè un atomo con una carica elettrica definita.

Si definisce ionizzazione positiva quando l'atomo perde un elettrone. Viceversa, si dice che la ionizzazione è negativa quando l'atomo acquisisce un elettrone.



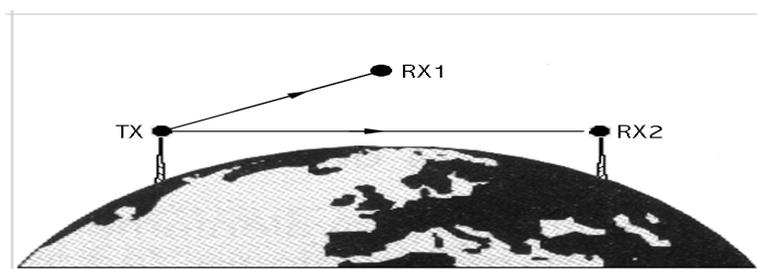
Propagazione per onda diretta.

La propagazione si comporta similmente a quella nello spazio libero, ma in questo caso le componenti dell'atmosfera ne modificano le caratteristiche.

Quella per onda diretta è il principale modo di propagazione per frequenze al di sopra della banda HF (frequenze maggiori di 30 MHz). In bande radioamatoriali, le frequenze utilizzate per questo tipo di propagazione sono quelle a partire dai 50 MHz in su (6 metri).

L'altezza delle antenne è importante: da essa, oltre che dalla potenza irradiata, dipende la portata del segnale.

Quanto più in alto viene posizionata, tanto più l'orizzonte da essa visibile è più lontano, e di conseguenza la distanza di copertura della tratta aumenta. Per collegamenti a grandi distanze vengono impiegati dei ripetitori.



Le onde dirette non seguono una linea veramente retta, poiché sono attratte verso il suolo dal campo magnetico terrestre.

Un'antenna collocata ad un'altezza di 300 metri dal livello del mare ha un orizzonte ottico di circa 60 Km., ma per effetto dell'attrazione del campo magnetico terrestre, queste onde radio riescono a raggiungere distanze più lunghe.

Per calcolare, con buona precisione, la distanza possibile del collegamento tra due stazioni - che operino per onda diretta (VHF-UHF) - vi è una formula semplice:

$$D = 4,124 \sqrt{H}, \text{ dove:}$$

D è la distanza in Km.; h è l'altezza dell'aereo dal suolo in metri.

Il numero fisso è riportato da qualche parte in 4,1 o 4,13 e D-h intesi da alcuni rispettivamente riferiti a miglia e piedi, mentre altri ritengono che siano riferiti a chilometri e metri.

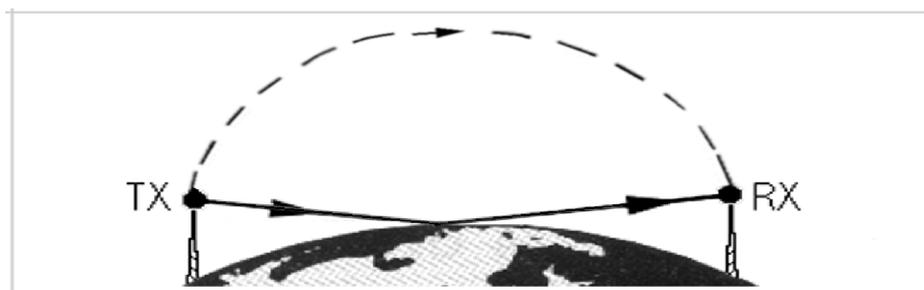
Il numero fisso è in realtà 4,124 per D in chilometri e H in metri e 1.415 per D in miglia e H in piedi (1 miglio = 1.609 m. - 1 piede = 30,48 cm.)

il riferimento base della posizione in altezza dell'antenna dal suolo è da considerarsi al livello del mare, quando si vuole calcolare la sua portata ottica.

Per onda riflessa terrestre

Si verifica quando l'onda radio che si propaga verso il ricevitore, viene riflessa dal terreno o da altri ostacoli.

Se l'antenna ricevente è fuori dall'angolo visibile di quella trasmittente, la propagazione riflessa può rappresentare un mezzo di comunicazione, e la sua efficacia dipende dalle caratteristiche della superficie riflettente.



Onda riflessa terrestre.

Le riflessioni dei fasci d'onda possono avvenire su angoli d'incidenza diversi, e può accadere che questi siano di grado sufficientemente basso da produrre un'inversione di fase tale da cancellare del tutto il segnale diretto che sarebbe dovuto arrivare al ricevitore. Il più basso angolo di riflessione è di 180 gradi.

Molto raramente capita che l'onda sia completamente neutralizzata da una sua riflessione, poiché questa, viaggiando lungo percorsi certamente maggiori dell'onda diretta, la differenza tra i due raggi non lo consentirebbe.

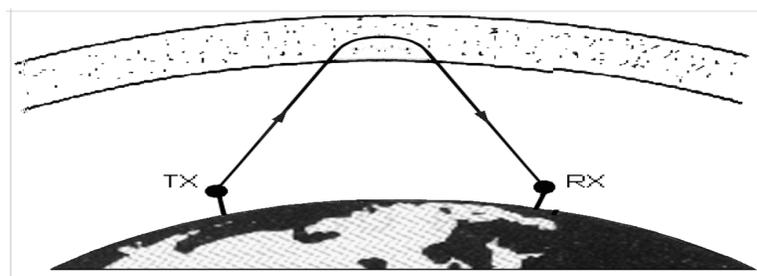
Gli effetti negativi della riflessione variano con la frequenza.

A basse frequenze, il rimbalzo delle onde sul suolo provoca una perdita d'intensità del segnale a scapito del ricevitore, la cui antenna lo avverte per riflessione, e per questo motivo l'inversione di fase non è mai completa, per cui non avviene la cancellazione totale del segnale.

Alle frequenze VHF e UHF, grazie all'uso più diffuso di antenne multielementi, che per la loro caratteristica di direttività limitano molto la larghezza del lobo orizzontale, (ma anche quello verticale), la grande quantità di radiofrequenza emessa viaggia per onda diretta, e solo una piccola parte di essa viene quindi riflessa dal terreno.

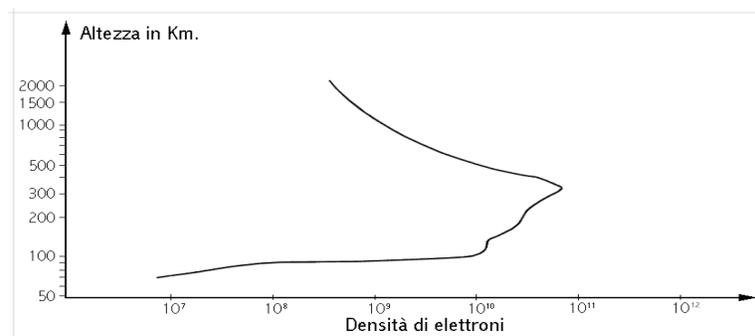
Per onda riflessa dalla ionosfera

Questo tipo di propagazione permette comunicazioni a grande distanza nella banda HF e avviene quando la tratta tra il trasmettitore ed il ricevitore passa per la ionosfera, dalla quale è riflessa l'onda incidente.



Propagazione per riflessione sulla ionosfera.

La ionosfera è quella parte dell'atmosfera dove sono presenti ioni ed elettroni, tanti da condizionare il comportamento delle onde elettromagnetiche in generale.



Densità di elettroni nella ionosfera.

La ionosfera è divisa in tre regioni: D, E, F.

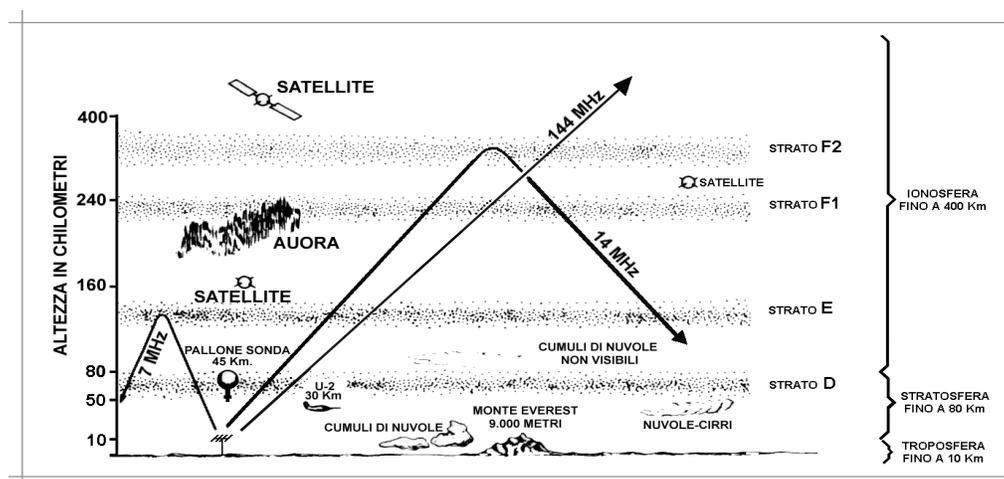
La regione "D", la più vicina alla superficie terrestre, dista circa 50 Km dal suolo, e si estende in altezza fino a circa 90 Km. Consente la riflessione quasi totale di onde a frequenze comprese tra 3 e 300 KHz, soprattutto di giorno.

La regione "E" è distante dal suolo 90 Km, ed è spessa circa 50 chilometri. Di giorno riflette le onde comprese tra 3 e 30 MHz, e di notte quelle tra i 30 e i 3.000 KHz.

All'interno di questa regione si forma uno strato detto "E sporadico".

La regione "F" comincia subito dopo quella "E", a 160 Km dal suolo, e si diffonde per uno spessore di circa 250 chilometri. Questa regione comprende due strati, "F1" e "F2", che si manifestano divisi solo durante il giorno.

Il primo si estende fino a circa 240 Km, il secondo fino a 410 Km circa.



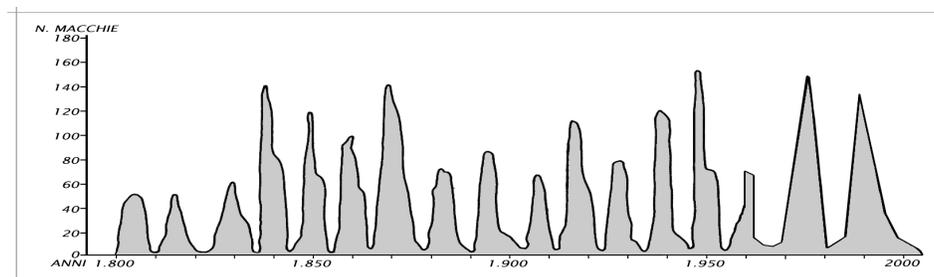
Comportamento delle varie bande nello spazio.

La ionizzazione più intensa della ionosfera corrisponde al periodo di maggior presenza di macchie sul nostro sole. Esse sono prodotte dalla sua periodica maggiore attività, provocata da un fortissimo campo magnetico che si sviluppa al suo interno a quote profonde.

Se con un telescopio astronomico adatto allo scopo osservassimo la superficie del sole in quei periodi, potremmo notare delle lingue di fuoco originate da eruzioni di masse gassose elettrizzate, le quali producono il fortissimo campo magnetico.

Il ciclo di maggiore attività e quindi del maggior numero di macchie solari, si manifesta ogni 11,2 anni circa.

Nel 2008 saranno al minimo di presenze, non oltre la mezza dozzina, mentre nel marzo del 2019 raggiungeranno il numero di 175 circa.



Cicli delle macchie solari avvenuti dal 1800 fino ai nostri giorni e previsioni fino all'anno 2000.

Durante i miei primi passi verso il mondo radiantistico, colleghi veterani raccontavano che vi fu un piccolo eccezionale di macchie solari, certamente oltre le duecento, nel 1959.

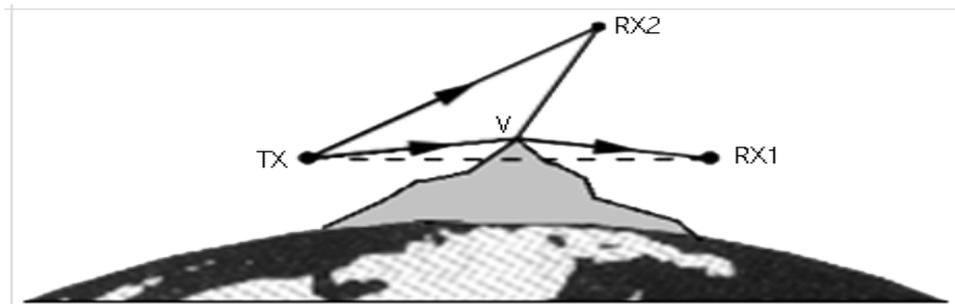
Propagazione da F2

La propagazione dallo strato F2 si verifica particolarmente su frequenze anche oltre i 50 MHz, quando l'attività solare è più intensa ma, generalmente, le normali aperture di questo strato riguardano le bande fino a circa 30 MHz. Quando a 28 MHz si verificano aperture di F2 che permettono collegamenti a distanze di circa duemila chilometri, le M.U.F. salgono e la banda dei 50 MHz si apre intorno alla stessa direzione su distanze maggiori.

Diffrazione

Quando un'onda, lungo il percorso batte contro un ostacolo di dimensioni più grandi della sua lunghezza, ne viene reirradiata dai bordi sotto forma di onde elementari, emesse dal punto di incidenza dell'onda diretta.

Un esempio: quando sul cammino l'onda incontra un grosso ostacolo - poniamo il caso di un palazzo relativamente vicino al punto di emissione o di una collina che otticamente ne occlude il passaggio - l'onda si piega sui bordi dello stesso ostacolo con un angolo pari e opposto a quello del punto d'impatto.



Nel caso di ricezione nel campo visivo del trasmettitore (RX2), la propagazione avviene come in spazio libero, ma influenzata dall'onda diffratta dal bordo "V". I due raggi interferiscono con aumento o attenuazione del segnale. Pertanto, nel caso ideale di bordo uniforme e di influenza trascurabile del terreno, l'esaltazione o l'attenuazione sono al massimo di 1dB. La propagazione per diffrazione consente al segnale di arrivare pure ad RX1, che si trova in posizione coperta dalle onde dirette.

A frequenze elevate, quando il trasmettitore non vede il ricevitore perché vicendevolmente coperti da un ostacolo posto tra loro, la diffrazione che ne consegue risulta determinante per il collegamento.

Il livello di attenuazione che ne deriva rispetto al campo visivo diretto dipende, in particolare, dalla distanza in lambda che intercorre tra loro e dall'angolo d'incidenza sotto il quale i due punti vedono il vertice dell'ostacolo, rispetto alla linea diretta che li congiunge.

L'effetto diffrattivo si verifica anche sull'orizzonte visivo dell'antenna, ed è per questo motivo che i segnali diretti, detti anche a portata ottica, giungono un poco oltre.

Scattering

Lo scattering è la diffusione in varie direzioni delle onde elettromagnetiche, provocato da molecole o da particelle, o da irregolarità dell'atmosfera.

Il comportamento è simile alla diffrazione che nella zona della troposfera o della ionosfera rende possibili comunicazioni fra antenne nascoste dalla linea dell'orizzonte se la frequenza è superiore a 30 MHz, con collegamenti possibili fino a circa 800 chilometri a frequenze quindi VHF e UHF.

A parità di portata con la propagazione nello spazio libero l'intensità di campo elettrico utile è molto inferiore: viene attenuata di almeno 30 dB e fino a circa 50 dB.

Anche le meteore o meglio, le loro scie di molecole ionizzate, influiscono sulle frequenze VHF.

La scia agisce come uno specchio che riflette alcune onde radio VHF, permettendo di ricevere stazioni provenienti da molto lontano.

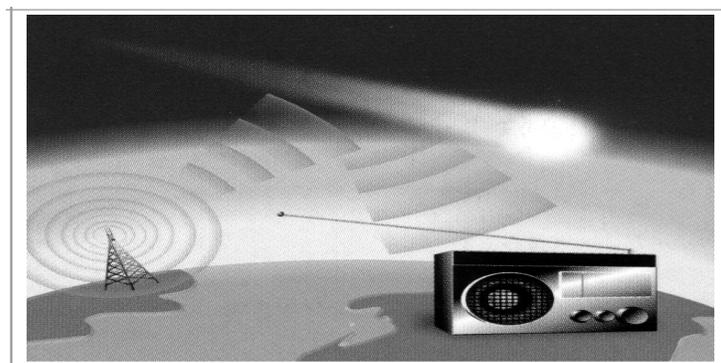
Potete fare un esperimento molto semplicemente utilizzando un radiorecettore, un elenco di frequenze di stazioni trasmittenti, un atlante e una bussola.

Con l'atlante individuate una città distante da voi circa 1.500 chilometri, con l'elenco cercate una frequenza di trasmissione da quel luogo, sintonizzate la stazione con il ricevitore e tenetelo alto da terra 5 o 6 metri (magari stando su un terrazzo).

Inclinando l'antenna telescopica incorporata con un angolo di 5-10°, nella direzione della trasmissione (se non siete sicuri della direzione di provenienza del segnale potrete usare la bussola), l'unico segnale sarà quello del rumore di fondo, e quando improvvisamente udirete il segnale, significherà che un istante prima una meteora ha attraversato l'atmosfera.

Il periodo migliore per tentare questo esperimento coincide con quei momenti durante i quali si manifestano vere e proprie piogge di meteoriti.

Delle riviste specializzate pubblicano le date e le coordinate di questi eventi.



Onde radio riflesse da meteoriti e frammenti.

Condizione troposferica

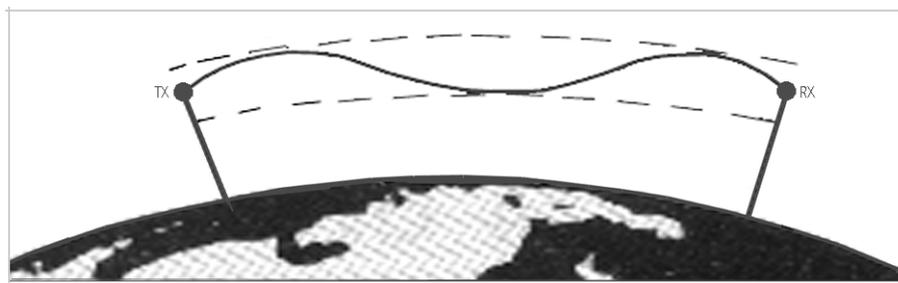
Avviene quando in uno strato della troposfera si formano canali di propagazione.

Chi vive sulle coste o in prossimità del mare ne subisce gli effetti quando, soprattutto in estate, le trasmissioni televisive locali sono molto disturbate da segnali che provengono da zone lontane, addirittura da altri Stati dai quali ci divide il mare

che agevola ulteriormente questo fenomeno, e chi scrive ne subisce talmente gli effetti che ha dovuto risolvere il problema installando un impianto satellitare fin dal 1983. Si formano dei canali portanti, e praticamente è inutile ogni altra economica soluzione.

Le caratteristiche di questo tipo di propagazione dipendono dalla frequenza, dall'indice di rifrazione, dalla temperatura, dalla pressione atmosferica, dalla percentuale di umidità nell'aria, dallo spessore del canale stesso.

In ogni caso, la frequenza deve essere superiore al valore critico.



Propagazione per strato di conduzione troposferico.

Al ricevitore possono giungere nello stesso tempo segnali che hanno percorso cammini diversi che danno luogo ad interferenze per sfasamenti creati dalle lunghezze diverse dei percorsi per cui, al ricevitore, il campo risultante potrebbe giungere addirittura nullo, cancellato. In genere però, il segnale proveniente secondo un certo percorso, è quello che giunge più forte. Questa possibilità è definita effetto "fading", che in codice Q è conosciuto come QSB.

E sporadico

Ai limiti Inferiori dello strato E, in particolari condizioni atmosferiche si crea uno strato casuale sporadico, imprevisto in quel momento.

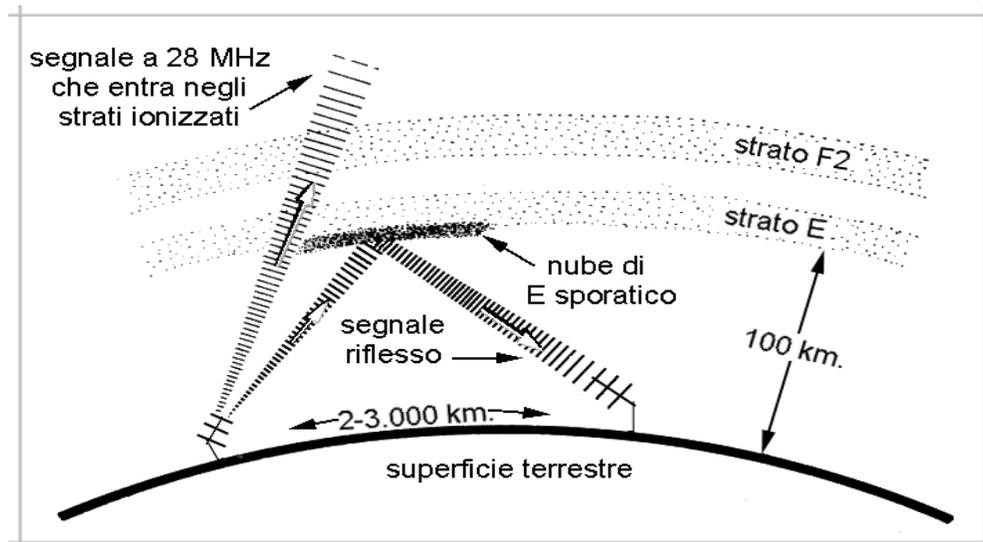
E' il prodotto di un'alta intensità elettronica, a volte molto superiore a quella della stessa regione di appartenenza, e viene definito, per questa sua imprevedibile proprietà, col nome di "E sporadico".

Le onde che vengono riflesse da questo strato sono di frequenza fino a circa 150 MHz.

La distanza che con questo tipo di apertura è possibile coprire si aggira attorno ai 2.500 chilometri con un unico salto, grazie alla elevata quota ove si manifesta "E" sporadico.

L'effetto, nel tempo, generalmente dura relativamente poco, ma non sono rari i casi in cui la permanenza è stata di giornate intere (e a volte consecutive).

Nel 1959, quando ci fu un numero rilevante di macchie solari e i radioamatori erano pochi, quindi il traffico era molto più intellegibile, si riusciva a collegare stazioni lontanissime con potenze molto limitate, quasi irrisorie.



Quando, durante la notte, lo strato D scompare (dal semisfero terrestre non illuminato dal sole), tutte le frequenze ad onde corte e cortissime, che riescono a raggiungere lo strato riflettente F, vengono di nuovo riflesse verso la superficie terrestre, raggiungendo quindi distanze notevoli. Le onde medie vengono riflesse dal primo strato E, e raramente da quello F.

ALTRE CARATTERISTICHE delle onde radio

Attenuazione

Il segnale a radiofrequenza che parte dalla sorgente e viene diffuso in aria dall'antenna è espresso, debole o forte che sia, in potenza espressa in unità di **Watt (W)**.

Durante il percorso che lo divide dall'antenna ricevente, questo segnale, che viaggia costantemente alla velocità della luce, che ricordiamo è di 299.793 Km al secondo (si arrotonda a 300.000) viene in parte attenuato da diversi fattori.

Le perdite di propagazione sono dovute principalmente da:

- la separazione (distanza) che intercorre tra il punto di origine e di arrivo delle onde;
- gli effetti del terreno e a quelle generali del tragitto.

Per la distanza:

La prima attenuazione di un'onda comincia a verificarsi nel momento in cui essa lascia la antenna, visto che l'atmosfera non è uno spazio vuoto.

Si può affermare che i segnali radio per propagarsi attraverso lo spazio, pagano un prezzo costante nel tempo.

Gli elettroni, infatti, posti in oscillazione dall'onda, nello scontro con le molecole dei gas circostanti cedono parte della radiofrequenza che si trasforma in energia termica.

Le perdite sono basse, in quanto la densità di gas nella ionosfera è piccola e si verificano in misura maggiore negli strati bassi, in particolare nello strato D, dove la pressione è massima.

Le perdite sono inoltre tanto maggiori quanto più bassa è la frequenza infatti, al crescere della frequenza, le oscillazioni degli elettroni hanno minore ampiezza e quindi l'energia persa per gli urti è di entità minore.

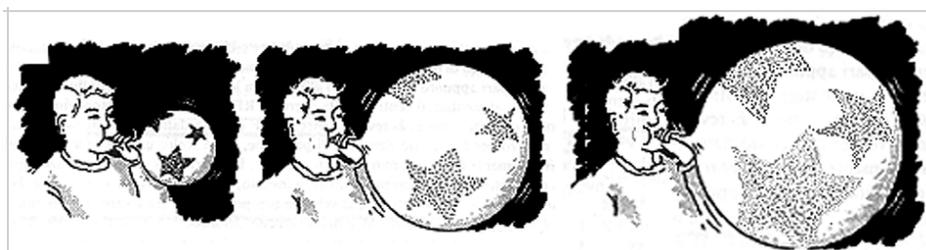
Il massimo assorbimento nelle bande radioamatoriali avviene sulla banda dei 160 metri, (1.830-1.850 KHz).

In generale, il massimo livello di assorbimento avviene intorno ai 400 KHz, punto detto "girofrequenza".

Gli elettroni della ionosfera, in presenza di campo magnetico e sotto l'influenza dell'onda elettromagnetica, descrivono delle traiettorie ellittiche di dimensioni tanto minori quanto più alta è la frequenza che, diminuendo quest'ultima, aumentano le dimensioni e, intorno ai 400 KHz, avviene un fenomeno di risonanza: le traiettorie da ellittiche divengono a spirale, aumentando considerevolmente d'ampiezza con conseguenti forti perdite d'energia.

La pioggia è addirittura ostacolo distruttivo delle onde in quanto, oltre che attenuarle perché le assorbe, le riflette in direzione diffusa, quindi anche diversa da quella prevista del campo.

Inoltre, durante il percorso l'onda trasmessa da un'antenna si "gonfia" come una camera d'aria, per cui, in ogni punto d'origine nel quale il campo misurato risultava essere ad esempio di intensità pari a 100 dBm (per metro quadro), a distanza X dal punto di emissione, esso risulterà certamente minore perché distribuito in uno spazio più ampio.



Il fronte d'onda si dilata proprio come il palloncino in figura.

Per gli effetti del terreno:

Nell'incidenza sul terreno l'onda può essere riflessa specularmente o in modo diffuso.

Il primo caso avviene quando l'onda radio incontra una superficie che, per la sua conformazione fatta di poche irregolarità e avente l'ampiezza breve rispetto alla lunghezza d'onda, può essere considerata "liscia".

L'onda non subisce sostanziali deformazioni.

Breve citazione: la legge di Snell recita:

"Le direzioni di propagazione delle onde incidenti e riflesse formano gli stessi angoli con la superficie di incidenza".

L'onda che batte sul suolo con una inclinazione, ad esempio, di 30°, viene da esso riflesso in avanti con un angolo uguale.

Questa in sostanza è la teoria che riguarda parte degli effetti dell'altezza dell'aereo, ovvero alla distanza che la separa dal suolo sottostante che decide l'angolo di riflessione, e che è relativa alla lunghezza d'onda sulla quale essa risuona.

Di questo importante "parametro" ci occuperemo più avanti, nel capitolo "Effetto Terra".

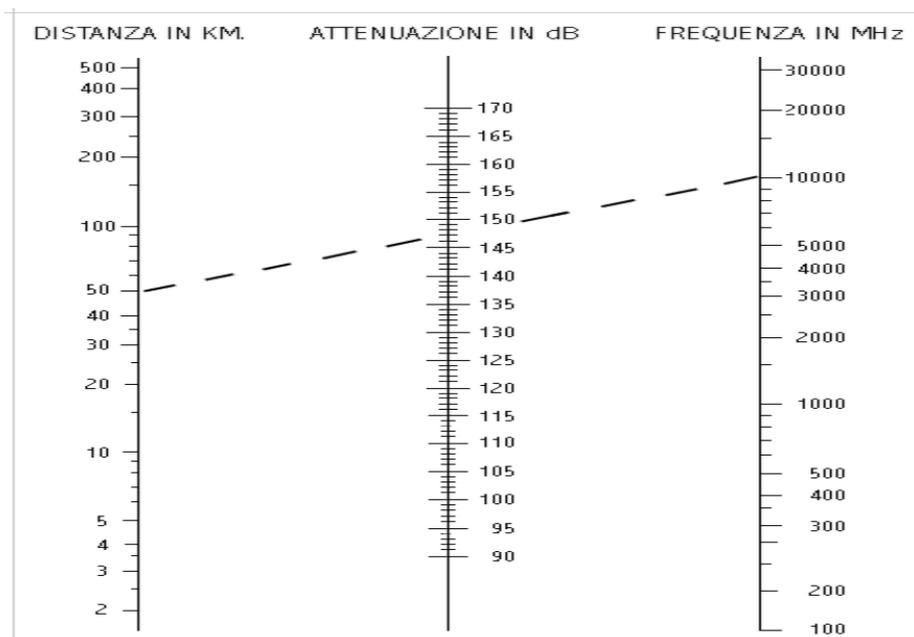
La riflessione diffusa si verifica quando l'altezza della rugosità del terreno dove l'onda va ad incidere, è di dimensione paragonabile alla lunghezza d'onda stessa.

Per conoscere, con buona precisione, l'attenuazione dovuta al percorso nello spazio libero, si ricorre alla formula:

$$\text{Att.} = 37 + 20 \text{ LOG } F + 20 \text{ LOG } D \text{ (in dB).}$$

Esiste tuttavia un abaco, con il quale sarà molto più semplice determinare l'attenuazione in dB dovuta alla distanza tra la stazione trasmittente e ricevente, naturalmente considerando quale attenuazione solo l'atmosfera.

Altre cause di attenuazione sono dovute alla conformazione planimetrica generale delle zone che l'onda deve attraversare, gli edifici che trova sul percorso, linee elettriche, ecc.



Abaco utile per determinare il livello di attenuazione dell'intensità di campo lungo un percorso libero valido per una antenna ad emissione isotropica. Per altri tipi di antenne, per conoscere l'attenuazione, occorre conoscere le caratteristiche di G e D e rapportarle a quelle isotropiche.

M.U.F. - Massima Frequenza Usabile

Quando si vogliono conoscere le condizioni di trasmissione favorevoli per un collegamento a lunga distanza, da effettuare in un desiderato momento, è utile calcolare la Massima Frequenza Usabile, detta M.U.F.

Conoscerla serve a sfruttare nel miglior modo possibile i vari strati atmosferici di riflessione dell'onda, stabilendo quale di essi è possibile utilizzare in un determinato momento, e quindi scegliere la relativa frequenza (o banda) opportuna per la trasmissione. Formula :

$$\text{Frequenza da utilizzare} = FC \sqrt{\frac{D^2}{4h^2} + 1} \text{ dove :}$$

FC è la frequenza critica*; D è la distanza tra l'antenna trasmittente e quella ricevente;

h è la quota alla quale si verifica la riflessione della ionosfera.

*Quando un'antenna ha un angolo di riflessione variabile dal più basso al più alto, il punto, a partire dal quale l'onda non viene più riflessa dalla ionosfera, correlato alla frequenza in uso, determina la FC. Oltre, il segnale si perde nello spazio.

Naturalmente l'antenna deve essere posta ad una certa altezza dal suolo per ottenere l'angolo più basso possibile, in modo che il segnale possa, con un solo "salto", giungere a destinazione e presentarsi al ricevitore con intensità rilevata sufficientemente leggibile.

E' anche conveniente utilizzare frequenze non troppo basse poiché la superficie terrestre tratterrebbe parte della potenza irradiata, costringendoci così ad un aumento della potenza trasmessa per compensare quella persa. L'obiettivo è quello di ottenere una certa intensità di campo, sufficiente per una buona ricezione.

La frequenza più bassa è anch'essa quindi da ritenere critica, ed è definita L.U.F.

Generalmente, per collegamenti a lunga distanza effettuati durante le ore solari, si utilizzano frequenze intorno ai 14 MHz (banda dei 40 metri), mentre durante le ore notturne la frequenza preferita è quella dei 10 MHz (banda dei 30 metri).

Il segnale già utilizzato continuerà poi comunque a rimbalzare sulla superficie terrestre, in modo ciclico e a distanze susseguenti anche variabili di lunghezza, fino ad estinguersi per esaurimento d'energia leggibile prima, per esaurimento totale poi.

Apposite pubblicazioni prevedono l'andamento delle MUF con anticipo di circa tre mesi, e sono a cura di riviste specializzate.

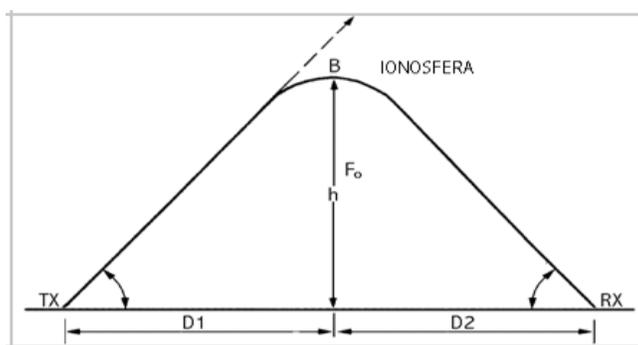


Grafico esemplificativo per il calcolo della Massima Frequenza Usabile.

Polarizzazione

Vi sarà certamente capitato, durante un collegamento in cui abbiate utilizzato due tipi di antenne polarizzate diversamente (una in orizzontale e l'altra in verticale), di notare, da controlli del segnale ricevuti dal corrispondente, una certa differenza a favore di quella polarizzata diversamente.

Capita perché il segnale irradiato dall'antenna, ad esempio, in polarizzazione orizzontale, arriva a destinazione in polarizzazione verticale e l'antenna ricevente lo rileva con intensità notevolmente minore. Avviene in pratica una inversione di polarizzazione.

Questa variazione è dovuta al fenomeno della **rifrazione** nella ionosfera, che varia la polarizzazione del lobo per cui il segnale arriva con fase diversa al ricevitore.

Significa, quindi, che non sempre si rende indispensabile adeguarsi all'uso di uno dei due sistemi di polarità.

Anzi, non sappiamo affatto come si comporta l'onda una volta lasciata l'antenna, perciò siamo affidati completamente alla dea Fortuna! Anche la fortuna però è bene aiutarla, per cui è sempre conveniente utilizzare antenne aventi la stessa polarità del corrispondente.

Il radioamatore che si rispetti possiede due antenne, una omnidirezionale per monitorare i segnali provenienti da ogni direzione, l'altra, direzionale per selezionare la stazione. Una variante può essere un'antenna "a polarizzazione mista" oppure

"elicoidale". Gli elementi radianti di quella a polarizzazione mista sono disposti a croce e lo scopo è quello intuibile dal nome che le distingue: irradiare contemporaneamente nelle due polarità ma anche circolare.

Il senso di rotazione può essere destro o sinistro, una scelta selezionata da un relè a basso R.O.S., dal quale dipende la potenza applicabile.

In quelle elicoidale, il campo elettrico ruota (propagandosi lungo l'asse dell'elica).

La polarizzazione del campo irradiato è pressoché circolare. Il senso di rotazione è definito dalla direzione di avvolgimento delle spire che compongono l'antenna. È pratica e maneggevole per frequenze superiori ai 400 MHz.

Una curiosità da evidenziare è quel fenomeno che definisco ricetrasmisione di "coda", cioè quando per ascoltare una certa stazione è necessario girare l'antenna nel senso opposto alla direzione di provenienza del segnale, e la stessa cosa bisogna fare per farsi ascoltare: trasmettere nella direzione opposta.

Si tratta semplicemente di propagazione lunga, dovuta a venti solari ed altri fenomeni naturali comprendenti gli effetti della propagazione.

Una stazione lontana solo duecento chilometri diventa un dx a lunga distanza.

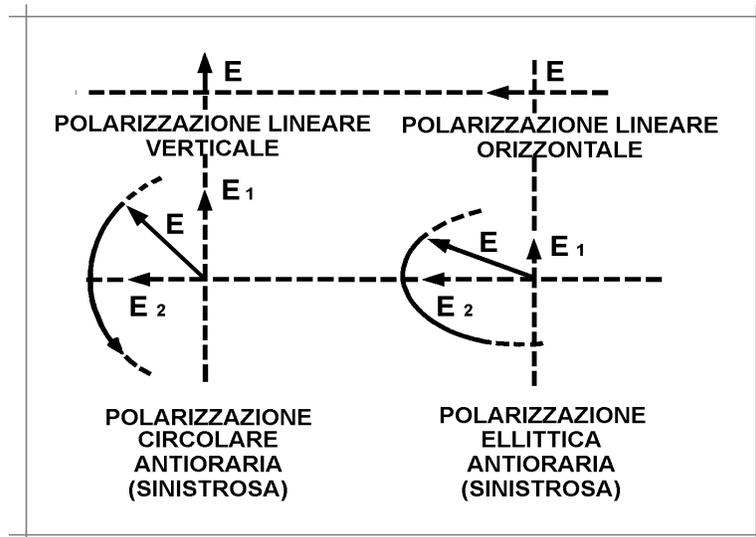


Diagramma dei diversi sensi di rotazione del campo elettrico relativo allo spazio.

Il piano frontale dell'onda è parallelo alla pagina.

Per maggior chiarezza si può dire che l'onda proviene dall'esterno della pagina, ed è come se vista dall'antenna di ricezione.

Variazioni della ionosfera

Come sappiamo, la ionizzazione della regione dell'atmosfera, detta appunto "ionosfera", dipende dal sole che irradia i suoi raggi sempre nella porzione da esso visibile, che è determinata dalla rotazione della terra intorno al suo asse e intorno all'astro.

L'intensità della ionizzazione varia quindi dipendentemente dalla quantità delle radiazioni solari, ma soprattutto dai raggi ultravioletti che la colpiscono. Quelle tra giorno e notte, sono le più frequenti.

Non appena viene esposta verso il sole, la parte di ionosfera relativa alla porzione terrestre irradiata viene ionizzata fortemente ed in modo crescente fino a mezzogiorno, e verso il tramonto il livello di radiazioni diminuisce fino ad un minimo per poi riprendere il mattino successivo.

La solita eccezione che conferma la regola riguarda lo strato F2 che, pare sia stato dimostrato, non dipende solo dalla posizione del sole: il livello massimo di ionizzazione è massimo solo nel pomeriggio.

Le variazioni della ionizzazione sono dovute pure alle stagioni, ovvero alla posizione delle regioni terrestri rispetto al sole. Lo strato E dipende forse totalmente dall'elevazione del sole, e lo conferma il fatto che è molto più intenso durante l'estate.

La ionizzazione, durante i periodi freddi e nelle ore diurne, è molto intensa, e questo comporta che le frequenze critiche siano molto alte. Durante la notte la ionosfera perde le sue caratteristiche elettriche e le frequenze critiche sono più basse.

In estate le temperature sono più alte, e lo strato F2 viene riscaldato: espandendosi diminuisce la densità di ionizzazione a valori più bassi.

Per la differenza di ore di luce tra estate ed inverno, le frequenze critiche notturne sono molto più alte.

Per quanto riguarda le variazioni regionali, quella più stabile è l'equatoriale: il sole è praticamente sempre sulla sua verticale.

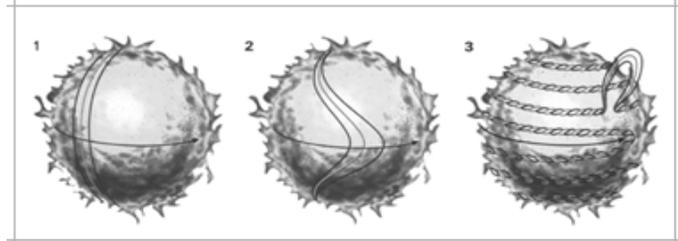
Le frequenze critiche degli strati E ed F1 sono più alte in queste regioni e crescono in proporzione da nord a sud, poiché sono legate direttamente all'altezza del sole.

Le variazioni di ionizzazione della ionosfera sono anche legate alla intensità di macchie solari. Il numero di macchie solari varia ogni anno e dipende dall'intensità dell'attività del sole, che segue un ciclo regolare di undici anni, una fase chiamata "massimo solare".

L'ultimo massimo è avvenuto nel 2002, perciò i prossimi ricorrono nel 2013, ed ancora nel 2024.

Le macchie solari sono causate dal fatto che le linee del campo magnetico vengono modificate dalla maggior velocità di rotazione dei gas all'equatore rispetto ai poli (1), che dopo un certo tempo, causa il loro allungamento e l'avanzamento attraverso la faccia del sole (2).

Le linee del campo magnetico si attorcigliano sempre di più, fino a quando la pressione magnetica ne causa l'eruzione (3). Alla base dell'eruzione si formano le macchie solari.



Formazione dei campi magnetici sul sole e conseguente formazione delle macchie solari.

Effetto Doppler

È un fenomeno scoperto dal fisico austriaco C. Doppler.

Si tratta del cambiamento nella frequenza di un'onda, rilevato quando la sorgente e l'osservatore sono in moto l'uno rispetto l'altro. Nella fisica classica l'effetto Doppler è solo la componente della velocità di avvicinamento o di allontanamento lungo la linea che unisce l'osservatore e la sorgente.

La frequenza aumenta quando c'è avvicinamento, in quanto si osservano più onde nell'unità di tempo, mentre diminuisce nel caso di allontanamento in quanto si osservano meno onde: per questo, ad esempio, il suono di una sirena o il fischio di un treno sono più acuti quando i mezzi si avvicinano all'osservatore.

Nel caso di onde luminose, l'effetto Doppler provoca variazioni di colore: all'aumento di frequenza associato all'avvicinamento corrisponde uno spostamento verso l'estremità violetta dello spettro.

Le onde generate da una sorgente sonora in movimento acquistano, rispetto ad un ricevitore fermo, una frequenza maggiore o minore di quella di emissione, secondo che la sorgente si avvicini o che si allontani da esso.

Questo effetto si verifica non soltanto per le onde sonore, ma anche per quelle elettromagnetiche e tutti gli altri tipi di onde.

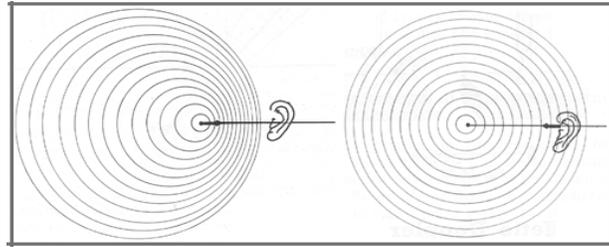
Se sia la sorgente che il ricevitore si muovono nella stessa direzione, rispettivamente con velocità V_s e V_R si ha:

$$f_R = \frac{V - V_R}{V - V_S} f_S \quad \text{dove:}$$

f_R è la frequenza del suono percepito dal ricevitore ;

f_S è la frequenza del suono emesso dalla sorgente ;

v è la velocità di propagazione delle onde sonore (da non confondere con V maiuscola che è simbolo di Volt).



Se una sorgente sonora puntiforme in movimento emette onde in continuità, i fronti delle onde stesse si addensano nel verso di avanzamento della sorgente, mentre si rarefanno in quello opposto (a sinistra nella figura). Di conseguenza, se la sorgente si avvicina ad un osservatore.

Il ricevitore capta più onde di quante ne riceverebbe se la sorgente fosse ferma; evidentemente di meno se la medesima si allontanasse. La stessa cosa si verifica quando l'osservatore si muove e la sorgente è ferma (a destra in figura) e più in generale, quando sia l'uno che l'altra sono in movimento rispetto al mezzo in cui si propagano le onde.