

Chiacchierata sulla propagazione in VHF e UHF di Gianni Marconi IKØATD

Comunicazioni per onda diretta

Come sappiamo, a differenza di quanto avviene nelle HF (onde corte), a partire dai 50 MHz, le comunicazioni avvengono essenzialmente per onda diretta. Si è voluto specificare *essenzialmente*, perché in effetti anche su queste gamme, vi sono collegamenti che possono avvenire per riflessione (terrestre, troposferica per e-sporadico), per diffrazione e per rifrazione.

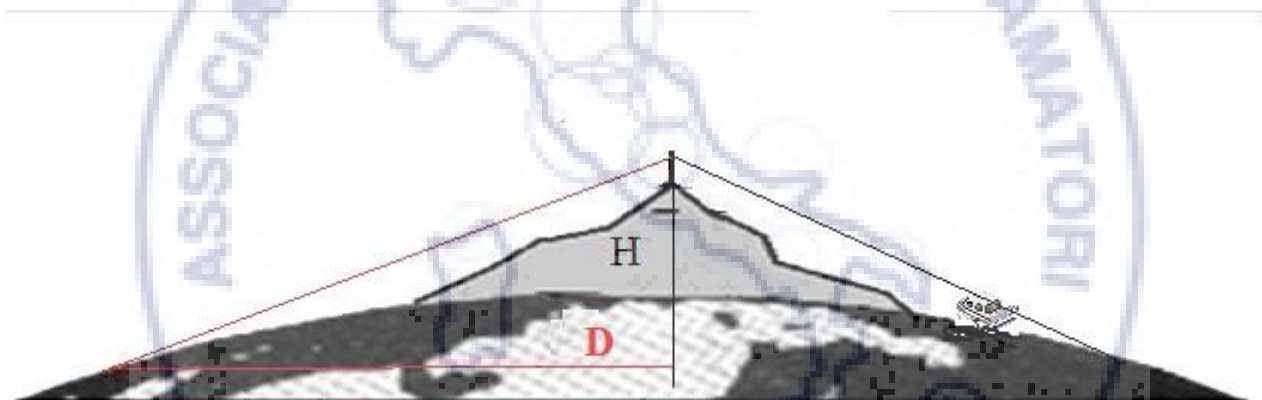
Di queste possibilità ne parleremo in seguito, al momento vediamo come è possibile determinare la portata fra due stazioni radio, oppure la copertura di un ripetitore.

La formula (empirica) che consente di calcolare la distanza utile è:

$$D = 3,57 \times \sqrt{H} + \sqrt{H_1}$$

dove D è la distanza utile in Km;

H e H₁ sono le altezze (quota sul livello del mare) in metri delle antenne delle stazioni o del ripetitore (nel caso del calcolo per il raggio di copertura di un ripetitore, ci sarà soltanto H).



Da quanto sopra deriva che se abbiamo l'antenna di un ripetitore situata a 1000 m. sul livello del mare avremo che:

$$D = 3,57 \times 31,623 = 112,89 \text{ Km (che sarà il raggio di copertura del ponte)}$$

E' evidente che la copertura teorica, non tiene conto della conformazione orografica della zona e di eventuali ostacoli che possono frapporsi tra le due stazioni, impedendo il contatto.

Questo risultato è applicabile per apparati con potenza tra i **3 / 4 Watt e 10 Watt** in antenna. Altre formule al posto del coefficiente **3,57** *propongono valori tra i 4 e i 4,2 ma, non indicano le potenze utilizzate. In pratica potremo definire la nostra formula approssimata per difetto.*

Se vogliamo conoscere più approfonditamente i parametri per i calcoli esatti, dobbiamo introdurre l'*equazione fondamentale della trasmissione in decibel* la cui forma canonica è:

$$P_{ric} (dB_m) = P_{tr} (dB_m) + G_{tr} (dB) + G_{rc} (dB) - A_{sl} (dB)$$

dove:

$P_{ric} (dB_m)$ = potenza ricevuta in dB_m

$P_{tr} (dB_m)$ = potenza di trasmissione in dB_m

$G_{tr} (dB)$ = guadagno dell'antenna trasmittente in dB

$G_{rc} (dB)$ = guadagno dell'antenna ricevente in dB

$A_{sl} (dB)$ = attenuazione nello spazio libero della tratta in dB

Intanto, impariamo a convertire la potenza irradiata in dB_m , sapendo che per convenzione **1 Watt equivale a 30 dB_m** .

Ogni 6 dB, si **quadruplica la potenza e si raddoppia la tensione**, è quindi possibile determinare ogni possibile valore.

I Volt sono riferiti ad un **carico di 50 Ohm**.

Ad esempio 36 dB_m equivalgono a 4 Watt e a 14,14 Volt e cos' via.

Tabella di conversione dB_m Volt e Watt

dBm	Volt	Watt
30 dBm	7.07 V	1.00 W
29 dBm	6.30 V	794.33 mW
28 dBm	5.62 V	630.96 mW
27 dBm	5.01 V	501.19 mW
26 dBm	4.46 V	398.11 mW
25 dBm	3.98 V	316.23 mW
24 dBm	3.54 V	251.19 mW
23 dBm	3.16 V	199.53 mW
22 dBm	2.82 V	158.49 mW
21 dBm	2.51 V	125.89 mW
20 dBm	2.24 V	100.00 mW
19 dBm	1.99 V	79.43 mW
18 dBm	1.78 V	63.10 mW
17 dBm	1.58 V	50.12 mW
16 dBm	1.41 V	39.81 mW
15 dBm	1.26 V	31.62 mW
14 dBm	1.12 V	25.12 mW
13 dBm	1.00 V	19.95 mW

12 dBm	890.19 mV	15.85 mW
11 dBm	793.39 mV	12.59 mW
10 dBm	707.11 mV	10.00 mW
9 dBm	630.21 mV	7.94 mW
8 dBm	561.67 mV	6.31 mW
7 dBm	500.59 mV	5.01 mW
6 dBm	446.15 mV	3.98 mW
5 dBm	397.64 mV	3.16 mW
4 dBm	354.39 mV	2.51 mW
3 dBm	315.85 mV	2.00 mW
2 dBm	281.50 mV	1.58 mW
1 dBm	250.89 mV	1.26 mW
0 dBm	223.61 mV	1.00 mW

così a -6 dB_m corrisponderanno 0,25 mW e 111,805 mV.

Una volta capita ed effettuata la conversione, ci accorgeremo che l'unico elemento che ci manca è l'attenuazione nello spazio libero. La formula per calcolarlo è:

$$A_{sl}(dB) = 32.4 + 20 \text{ Log } D(Km.) + 20 \text{ Log } F(Mhz.)$$

Facciamo due esempi uno a 145 MHz e un altro a 430 MHz.

Per cui:

$$d = 30 \text{ Km}$$

$$f = 145 \text{ Mhz}$$

$$f1 = 430 \text{ Mhz}$$

Per 145 MHz

$$A_{sl}(dB) = 32,4 + 20x(1,4771) + 20x(2,16137) = 32,4 + 29,542 + 43,2274 = -105,1694 \text{ dB}$$

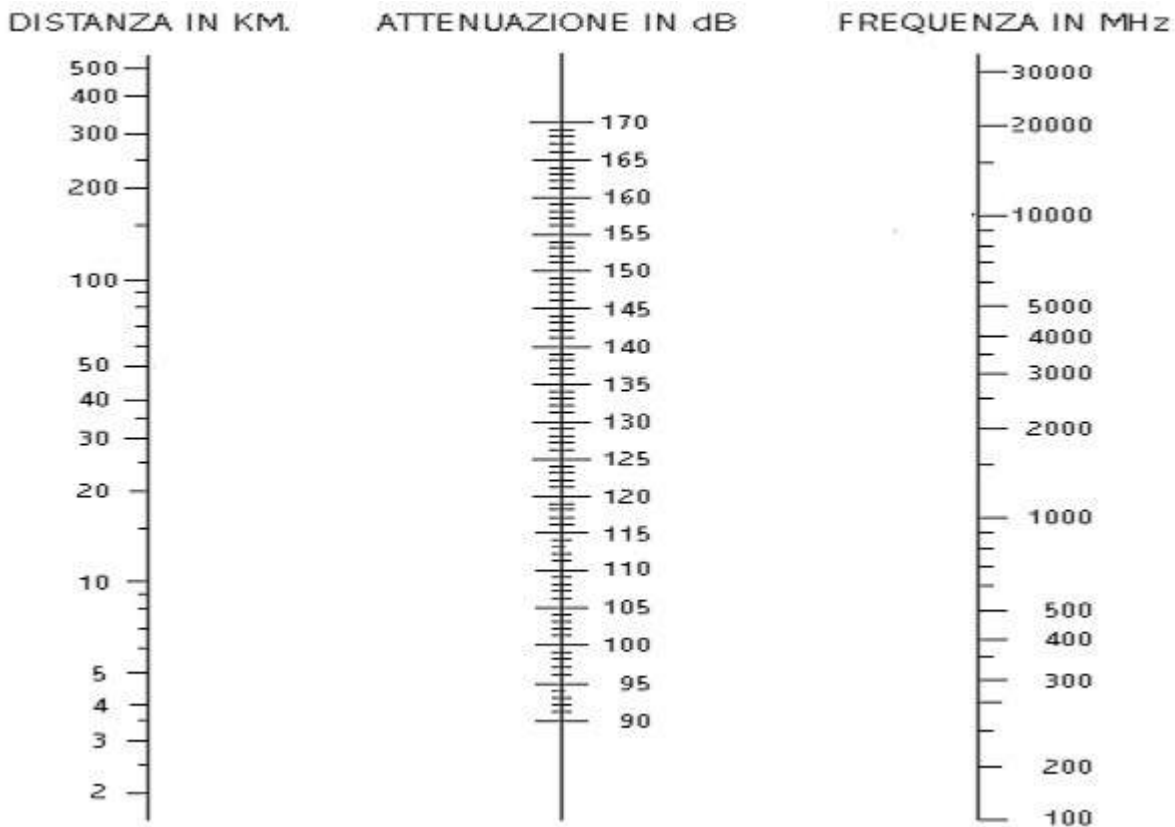
Per 430 MHz

$$A_{sl}(dB) = 32,4 + 20x(1,4771) + 20x(2,6335) = 32,4 + 29,542 + 52,67 = -114,612 \text{ dB}$$

Si è dato il segno negativo all'attenuazione, in quanto si tratta di un elemento che deteriora (abbassa) il segnale, mentre avranno valori positivi la potenza in Tx ed i guadagni delle antenne.

E' interessante notare come i parametri relativi ai valori della frequenza, variano di poco (43,2274 per i 145 e 52,67 per i 430).

Se non ci si vuole impegnare a fare i calcoli, è possibile utilizzare la tabella appresso riportata:



Basterà collegare con una linea, le frequenze con le distanze per avere, nella colonna centrale, il valore dell'attenuazione in dB.

$$P_{ric}(dB_m) = P_{tr}(dB_m) + G_{tr}(dB) + G_{rc}(dB) - A_{sl}(dB)$$

Nella equazione fondamentale della trasmissione in decibel, non dobbiamo trascurare i guadagni delle antenne (trasmittente e ricevente) ed a questo punto dobbiamo anche introdurre il concetto di polarizzazione delle antenne.

Per la polarizzazione si prende convenzionalmente in considerazione la direzione del Campo Elettrico dell'onda ricevuta (o irradiata) dall'antenna in direzione ortogonale a quella di propagazione. Al termine della nostra chiacchierata vedremo di approfondire la polarizzazione.

E' importante sapere che la differenza tra polarizzazioni opposte (verticale - orizzontale) è di 20 dB (un rapporto di 100 volte in relazione alla potenza), di qui l'opportunità che tutte le antenne di un sistema, abbiano la stessa polarizzazione.

Ora vediamo di vagliare un esempio su come calcolare (sempre in forma teorica), con quale intensità riceveremo un segnale. Gli elementi su cui potremo lavorare sono:

Visibilità tra le due stazioni Rx e Tx;

$P_{tr}(dB_m)$ = trasmettitore con potenza in antenna 10 Watt = 40 dB_m;

Distanza = 50 Km;

G_{rx} = guadagno antenna ricevente = 6 dB;

G_{tx} = guadagno antenna trasmittente = 6 dB;

Freq = 145 MHz

Con questi parametri, calcoliamo l'attenuazione nello spazio libero:

$$A_{sl} \text{ (dB)} = 32.4 + 20 \text{ Log D(Km.)} + 20 \text{ Log F(Mhz.)}$$

$$A_{sl} \text{ (dB)} = 32.4 + 20 \text{ Log (50)} + 20 \text{ Log(145)}$$

$$A_{sl} \text{ (dB)} = 32.4 + 33,98 + 43,227 = -109,607\text{dB}$$

Riportiamo gli elementi nell'equazione:

$$P_{ric} \text{ (dB}_m) = P_{tr} \text{ (dB}_m) + G_{tr} \text{ (dB)} + G_{rc} \text{ (dB)} - A_{sl} \text{ (dB)}$$

$$P_{ric} \text{ (dB}_m) = 40 \text{ dB}_m + 6\text{dB} + 6\text{dB} - 109,607 \text{ dB} = -50,67 \text{ dB}_m$$

Sappiamo che per convenzione è stato stabilito che sopra i 30 MHz, i ricevitori moderni siano calibrati per l'S9 uguale a 5uV su 50 ohm, mentre in quelli più datati l'S9 era calibrato per 10uV su 50 ohm.

Dalla tabella sotto riportata, deriviamo quale intensità di segnale avremo al bocchettone del ricevitore:

**Punti dello S meter per frequenze superiori a 30 MHz
con la conversione in dB, Volt e Watt relativi**

Signal strength	Relative intensity	Received voltage		Received power (Z _c = 50 Ohm)	
S1	-48 dB	20 nV	-34 dBuV	7.9 aW	-141 dBm
S2	-42 dB	40 nV	-28 dBuV	32 aW	-135 dBm
S3	-36 dB	79 nV	-22 dBuV	130 aW	-129 dBm
S4	-30 dB	160 nV	-16 dBuV	500 aW	-123 dBm
S5	-24 dB	320 nV	-10 dBuV	2.0 fW	-117 dBm
S6	-18 dB	630 nV	-4 dBuV	7.9 fW	-111 dBm
S7	-12 dB	1.3 uV	2 dBuV	32 fW	-105 dBm
S8	-6 dB	2.5 uV	8 dBuV	130 fW	-99 dBm
S9	0 dB	5.0 uV	14 dBuV	500 fW	-93 dBm
S9+10	10 dB	16 uV	24 dBuV	5.0 pW	-83 dBm
S9+20	20 dB	50 uV	34 dBuV	50 pW	-73 dBm
S9+30	30 dB	160 uV	44 dBuV	500 pW	-63 dBm
S9+40	40 dB	500 uV	54 dBuV	5.0 nW	-53 dBm
S9+50	50 dB	1.6 mV	64 dBuV	50 nW	-43 dBm
S9+60	60 dB	5.0 mV	74 dBuV	500 nW	-33 dBm

Il nostro valore di $-50,67 \text{ dB}_m$ equivale ad un valore tra $S9+40$ e $S9+50$ (più verso $S9+40$).

Tutto questo, anche se è un esercizio più teorico che pratico, in quanto dà per scontato che lo S meter sia correttamente tarato e non tiene conto delle perdite dovute ai cavi, bocchettoni, raccordi, commutatori ecc., indica, comunque dei valori utili. Ricordiamoci che lo S meter è normalmente collegato al circuito AGC.

L'Automatic Gain Control non è altro che un circuito del ricevitore che varia l'amplificazione in modo da mantenere costante il livello di uscita anche per segnali d'ingresso diversi in quanto a potenza (un circuito non lineare, specialmente su apparati di medio/basso livello).

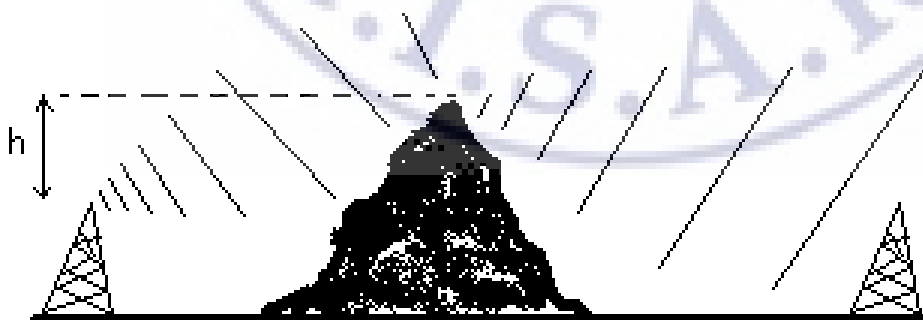
Tuttavia, si comprenderà che se lo S meter è realmente tarato correttamente, si potrà definire il ricevitore come un voltmetro selettivo a radio frequenza.

Dovendo introdurre i concetti di diffrazione e riflessione, anche se è ovvio, è opportuno ricordare che quando parliamo di onde radio, non parliamo mai di una emissione puntiforme, ma di una diffusione a fascio. Questo significa che quando sfrutteremo questi fenomeni, avremo situazioni molto complesse: segnali in fase e controfase, polarizzazione verticale, orizzontale e circolare. In pratica i segnali in esame, perderanno quasi certamente le caratteristiche di origine.

Comunicazioni per diffrazione

Come accennato all'inizio di queste quattro chiacchiere, oltre alle comunicazioni per onda diretta, ci sono quelle per diffrazione. Nella figura che segue, viene mostrato un esempio di onda diffratta. La diffrazione varierà in funzione dell'onda incidente e, sarà in relazione con la differenza d'altezza tra l'ostacolo, l'antenna trasmittente e l'antenna ricevente.

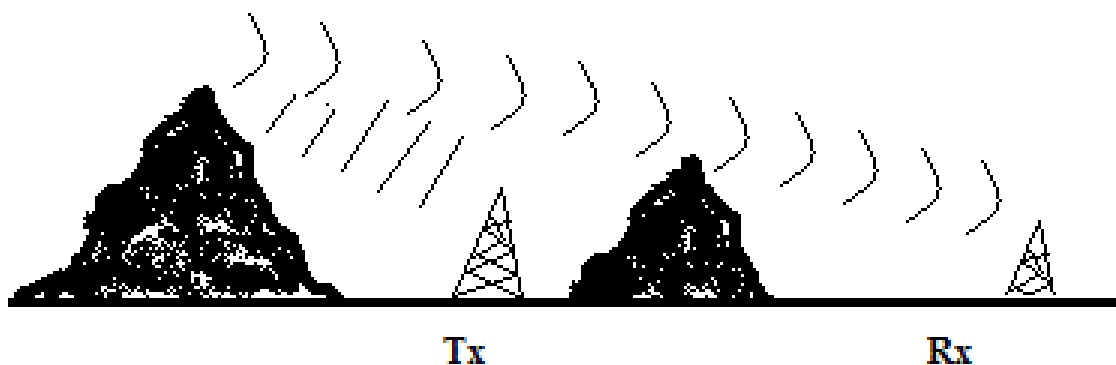
Specialmente in caso di ostacoli con le sommità non regolari (monti, colline ecc.), risulta complesso determinare come avverrà la diffrazione. In molti casi dove non c'è visibilità tra le due stazioni, sfruttando questo fenomeno sarà possibile effettuare collegamenti anche in queste condizioni.



Comunicazioni per riflessione terrestre

Anche in questo caso, come accennato all'inizio, oltre alle comunicazioni per onda diretta, ci sono quelle per riflessione. Nella figura appresso, viene mostrato un

esempio di onda riflessa. La riflessione sarà funzione dell'angolo incidente, del materiale di cui è composto l'ostacolo (riflettore). Anche in questo caso valgono le caratteristiche ottiche del fenomeno, riferite sempre ad un fascio d'onde.



La figura di sopra indica bene il concetto di riflessione, ma nella realtà subentrano altri fenomeni, il principale dei quali è anche la diffrazione, così, la vera immagine sarà la seguente:



Da questa figura è possibile comprendere la complessità dei fenomeni in esame, alla stazione ricevente arriveranno segnali riflessi e diffratti, che saranno in fase ed in controfase e si sommeranno e si sottrarranno.

Comunicazioni per riflessione troposferica o Tropo Scatter

Le condizioni per comunicazioni per riflessione troposferica o Tropo Scatter, sono sempre presenti in condizioni normali. E' la modalità che produce i segnali distanti evanescenti. Queste stazioni normalmente non si potrebbero ascoltare. A secondo della posizione e delle condizioni di lavoro, il tropo scatter potrebbe estendersi a 300...500 o anche 700 km. Il limite massimo teorico è di 800 km. (Per alcune installazioni semi-professionali i limiti possono anche estendersi oltre). Lo scatter è causato da piccole particelle o goccioline presenti nell'aria, come la nebbia, la polvere, la cenere vulcanica, le nuvole, etc. Ormai non è più un segreto, in passato, le installazioni NATO in Europa, si collegavano tra di loro in VHF anche tramite riflessione troposferica. Le potenze usate erano di 400 Watt o superiori ed antenne direttive.

La rifrazione Troposferica è frequente in condizioni normali. Nelle sere limpide con venti calmi o leggeri, il suolo irradia e l'aria vicino al suolo si rinfresca. Alla fine, si forma una inversione ed i segnali iniziano a rifrangere l'inversione. Le stazioni che di solito sono evanescenti via tropo scatter, diventano più forti e stabili, giungono con maggiore potenza. Anche le stazioni tropo scatter più deboli, che di solito non si sentono, incominciano ad apparire. Quando sorge il sole, il suolo e l'aria si riscaldano, l'inversione si interrompe e la rifrazione scompare. La rifrazione è molto debole durante alcune notti, mentre in altre diventa estremamente evidente. La rifrazione tropo è fortemente influenzata dalle caratteristiche del suolo e quindi i percorsi delle valli e delle coste sono favoriti. (Le zone inclini alla nebbia sono anche inclini al DX!!!). Dal punto di vista del Dixer, la rifrazione si sviluppa in direzioni multiple contemporaneamente.

Comunicazioni per riflessione nello strato E sporadico

Ai limiti Inferiori dello strato E dell'atmosfera, in particolari condizioni atmosferiche si crea uno strato casuale sporadico, impreveduto in quel momento.

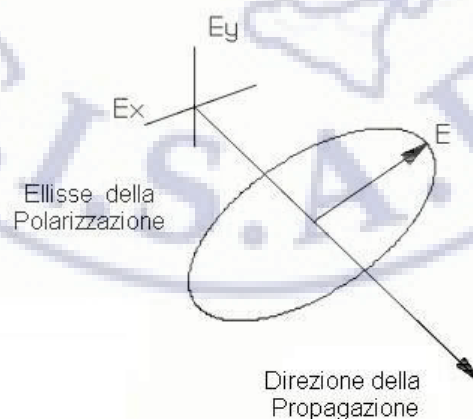
È il prodotto di un'alta intensità elettronica, a volte molto superiore a quella della stessa regione di appartenenza, e viene definito, per questa sua imprevedibile proprietà, col nome di *E sporadico*.

Di norma, 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 l'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).

Polarizzazione

Approfondiamo il discorso accennato prima sulla polarizzazione e sull'attenuazione che deriva dallo sfasamento della polarizzazione tra due antenne.

Nella figura sotto riportata è raffigurata la polarizzazione come parametro del Campo Elettrico, ortogonale alla direzione della propagazione.



Anche per questo fenomeno esiste una formula per il calcolo dell'attenuazione in funzione dello sfasamento della polarizzazione tra le due antenne:

Attenuazione per sfasamento della polarizzazione in dB = $20 \times \log (\cos q)$

dove q è l'angolo di sfasamento tra due antenne

Nella tavola che segue è possibile verificare quale siano i valori dell'attenuazione per una serie di angoli *notevoli* di sfasamento tra due antenne.

Si noterà come per l'angolo di 90° (cioè tra un'antenna polarizzata orizzontalmente ed una verticale) l'attenuazione viene riportata correttamente come ∞ (**infinita**), infatti: Attenuazione per sfasamento in dB = $20 \times \log (\cos q) = 20 \times \log (\cos 90^\circ) = 20 \times \log (0) = \infty$ (**infinita**).

Questo sul piano teorico, nella pratica si considerano una ventina di dB, che, lo ricordiamo, in termini di potenza significano un rapporto di 1 a 100.

Attenuazione tra due onde polarizzate linearmente, in funzione dell'angolo di sfasamento

Angolo di Sfasamento	Perdita in dB
0.0 (allineato)	0.0
15.0	0.3
30.0	1.25
45.0	3.01
60.0	6.02
75.0	11.74
90.0 (ortogonale)	∞

Molte delle informazioni, tabelle ecc. utilizzate in questa chiacchierata, sono state reperite su vari siti di Internet, anche di colleghi OM italiani e stranieri.