

Bilan d'une liaison VHF et UHF (ON5HQ)

Lorsque de l'énergie HF est délivrée par un émetteur pour être rayonnée par l'antenne, il existe bien évidemment, entre la sortie de l'émetteur et l'entrée du récepteur, une atténuation appelée "atténuation de transmission a_t ", qui dépend :

- des pertes subies dans les feeders des antennes d'émission et de réception,
- des caractéristiques des antennes utilisées,
- de la distance entre les antennes d'émission et de réception et des caractéristiques du milieu qui les séparent.

Pertes dans les feeders

Afin de limiter au maximum les pertes dans les feeders, il faut que l'adaptation des impédances soit réalisée d'une part entre les appareils et les feeders, et d'autre part entre les feeders et les antennes. Dans ce cas, la perte dans le feeder est égale au produit de son atténuation spécifique par sa longueur.

Exemple :

- Atténuation spécifique du feeder considéré : 10 dB/100m
- Longueur du feeder considéré : 30m
- La perte dans le feeder est donc égale à : $P_f = 30 \times 10/100 = 3$ dB

Une adaptation des impédances créerait des réflexions aux extrémités du feeder, ce qui entraînerait des pertes par réflexion (ondes stationnaires). En pratique, il peut arriver que les contacts d'extrémité des feeders soient sales ou déformés, ce qui entraîne une grande perte dans les feeders car de mauvais contacts peuvent aussi créer des pertes par réflexion.

Le gain d'antenne

Il contribue à l'amélioration de la liaison, et il faut bien évidemment considérer le gain g_a des deux antennes; émission et réception.

Le gain d'une antenne directive est généralement exprimé en dB et, selon le principe de réciprocité de l'électromagnétisme, ce gain dans le même que l'antenne soit utilisée à l'émission ou à la réception.

Comme antenne de référence, on prend le dipôle ou doublet de hertz; Celui-ci est une antenne rectiligne théorique infiniment conductrice parcourue en chaque point par le même intensité de courant.

D'autres antennes peuvent être utilisée comme référence, tant pour définir l'atténuation de trajet que pour définir le gain d'une antenne: notamment :

L'antenne $\lambda/2$ (également appelée demis-onde ou "doublet")

L'antenne isotrope ou omnidirectionnelle), qui est également une antenne théorique ayant, à l'émission, un rayonnement uniforme dans toutes les directions.

A titre d'information, signalons que :

Le gain d'un doublet $\lambda/2$ par rapport au dipôle de Hertz est égal à 0,39 dB,

Le gain d'un dipôle de Hertz par rapport à une antenne isotrope est égale à 1,76 dB.

Portée optique d'une antenne.

En considérant un sol parfaitement lisse, la portée optique d'une antenne en fonction de sa hauteur, c'est à dire, la distance à laquelle se trouve l'horizon, est défini par la formule suivante : $\sqrt{2 \cdot R \cdot h}$, formule dans laquelle R indique le rayon terrestre (6370 km) et h la hauteur de l'antenne.

Dans la cas de deux antennes, la portée optique est donc la somme des distances calculées pour chaque antenne, ce qui donne : $d = \sqrt{2 \cdot R \cdot h_t} + \sqrt{2 \cdot R \cdot h_r} = \sqrt{2 \cdot R} \cdot (\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r})$ - (fig. 1)

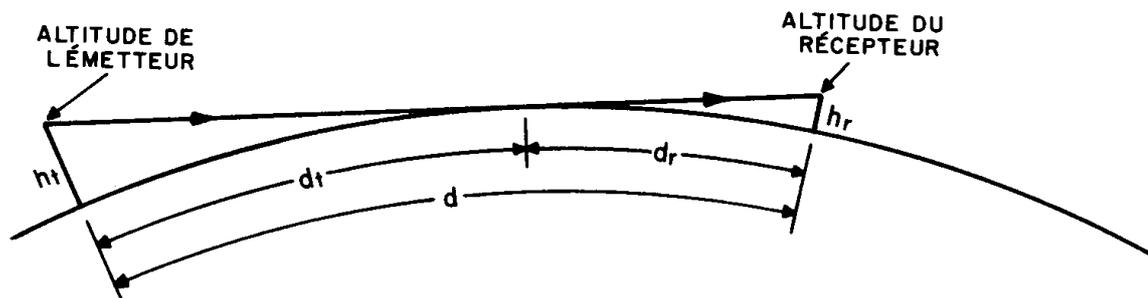


Fig. 1

Si on exprime d et R en km et h_t et h_r en m, la formule devient pour $R = 6370$ km et dans le cas d'une réfraction nulle, c'est à dire pour une propagation de l'onde en ligne droite : $d = 3,56 (\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r})$

Mais la propagation dans l'atmosphère terrestre peut différer de celle dans l'espace libre par le fait que la vitesse de propagation varie avec l'altitude.

La vitesse de propagation dans l'air est en effet pratiquement la même que la vitesse dans le vide, mais elle augmente avec la température et diminue avec le degré d'humidité et la pression de l'air. En général, la vitesse de propagation augmente avec l'altitude.

Dans ce cas, l'onde ne se propage pas en ligne droite, mais suit une courbe (réfraction) d'autant plus courbée que la vitesse de propagation en altitude dans le cas d'une inversion de température, c'est à dire lorsque la température augmente avec l'altitude.

Si l'on tient compte de la réfraction atmosphérique normale, il faut remplacer R par le rayon fictif : $R = 4/3 R = 8500$ km, et l'équation devient : $d = 4,12 (\sqrt{h_t} + \sqrt{h_r})$, cas de la fig. 3.

Certain ouvrage donne la valeur de 4,7 comme coefficient, ce qui signifie qu'il considère une réfraction plus importante. On peut donc trouver dans les littératures traitant du sujet des valeurs variant de 4,12 à 4,7.

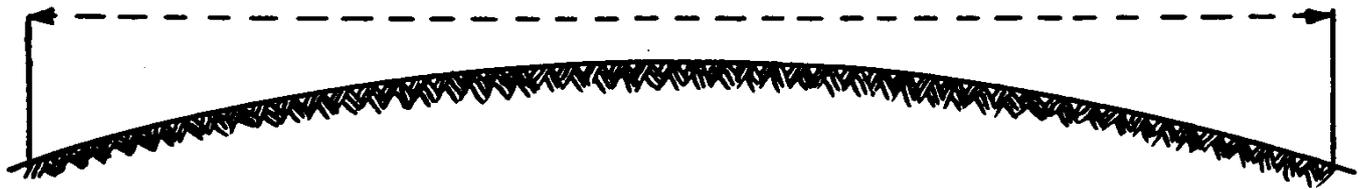


Fig 2

Réfraction nulle

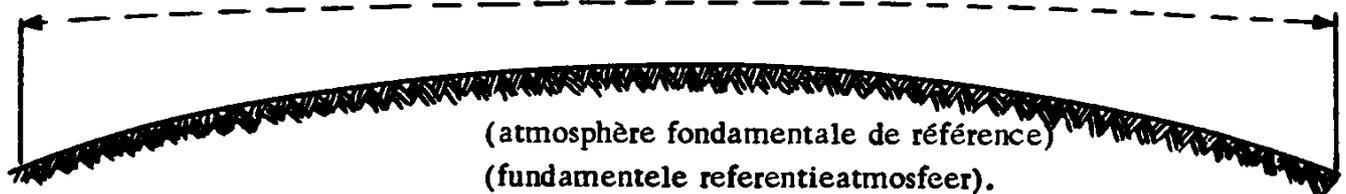


Fig 3

Réfraction normale

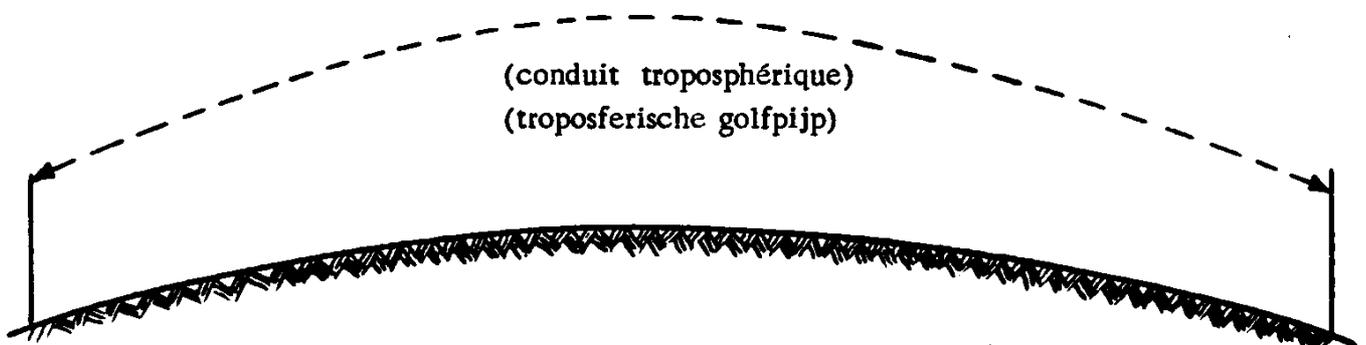


Fig 4

Supperréfraction

Dans le cas de la supperréfraction (fig 4), la portée est considérablement augmentée elle existe dans le cas d'inversion de températures notamment (voir plus bas)

L'atténuation de trajet.

Lorsque le gain dans les antennes et les pertes dans les feeders sont connues, il faut, pour évaluer l'atténuation de transmission a_t , connaître l'atténuation que subirait l'onde porteuse, si les antennes utilisées étaient celles de référence et si la perte dans les feeders était nulle.

Cette atténuation est appelée "l'atténuation de trajet". Elle est égale au rapport entre la puissance rayonnée par un dipôle de hertz remplaçant l'antenne d'émission et celle captée par un second dipôle de Hertz utilisé en lieu et place de l'antenne de réception.

L'atténuation de trajet dépend donc uniquement des conditions de propagations de l'onde porteuse entre les deux antennes utilisées.

Si nous connaissons :

- g_{a1} et g_{a2} les gains respectifs des antennes d'émission et de réception par rapport au dipôle de Hertz,
- p_{f1} et p_{f2} les pertes dans les feeders qui relient les antennes respectives à l'émetteur et au récepteur,
- a : l'atténuation de trajet entre antennes (dans les conditions réelles d'installation),

l'atténuation de transmission a_t entre l'émetteur et le récepteur est donné par l'expression :

$$a_t = a - g_{a1} - g_{a2} + p_{f1} + p_{f2}$$

Comme on connaît le gain de chaque antenne et comme les pertes dans les feeders sont faciles à estimer, le problème se ramène par conséquent au calcul de l'atténuation de trajet " a ".

Atténuation de trajet en espace libre : a_f

Elle est donnée par la relation suivante :

$$a_f = P_e / P_r = ((8 \cdot \pi \cdot d) / (3 \cdot \lambda))^2$$

$$a_f = 20 \log(8 \cdot \pi \cdot d) / (3 \cdot \lambda)$$

avec : P_e = puissance rayonnée par le dipôle de hertz à émission

P_r = puissance recueillie par le dipôle de réception

Causes d'atténuations et de bonnes propagations

Dans une liaison radio en VHF/UHF, tous les obstacles (arbres, bâtiments, tour, etc) sont causes d'atténuation plus ou moins importantes.

A titre d'exemple, voici pour le bande 144 MHz; l'atténuation provoquée par les arbres en considérant l'antenne située à une quinzaine de mètres de ceux-ci.

Feuillage très léger : de 1 à 2 dB

Feuillage léger à moyen : de 2 à 3 dB

Feuillage dense : de 5 à 6 dB par temps sec et jusqu'à 20 dB par temps humide.

La pluie et le ciel encombré sous une température entre 8 et 15 °C de même que les pluies abondantes sont des signes de mauvaises propagation, sans être à l'abri d'une heureuse surprise, mais la chose est rare.

Lorsque le matin, au lever, on observe :

- un brouillard très bas sur l'horizon
- un ciel clair
- un vent calme ou pratiquement nul
- les fumées montant droit vers le ciel
- les fumées stagnant à haute altitude sous forme de champignon

il s'agit là des signes d'une bonne propagation troposphérique.

Les inversions de température sont la cause de bonnes propagations, parfois extraordinaires. Au lieu d'avoir la température qui diminue lorsque l'altitude augmente comme c'est généralement le cas, il se produit une augmentation de celle-ci avec l'altitude, ou plus exactement, entre deux niveaux altimétriques.

Les ondes se propagent dans un couloir formé par la limite du front froid (région inférieure, où la température commence à augmenter avec l'altitude) et du front chaud (région supérieure, où la température recommence à diminuer avec l'altitude).

Nous observons dans ce cas une superréfraction (fig 3) et les distances franchies peuvent être très importantes, de l'ordre de 1500 km.

Cette inversion de température en altitude est annoncée par les signes suivants :

- changement brusque de la pression atmosphérique
- décroissance du taux d'humidité de l'air
- évaporation du sol
- différence très marquée entre la température du matin et celle du soir.

Ces inversions de températures se produisent essentiellement au printemps et en automne

Les antennes.

Puisque l'onde arrive en général avec un certain angle au-dessus de l'horizontale, qui est lui-même fonction de l'importance de la réfraction, les antennes directives ont intérêt à être installées avec un angle de quelque degré au-dessus de l'horizon. Cela évite aussi que ne soit envoyé vers le sol une part importante de l'énergie rayonnée par l'antenne, puisque l'angle d'ouverture varie généralement, en fonction de l'antenne, de 40 à 20 degrés (angle pour lequel la puissance rayonnée tombe de moitié, c'est-à-dire -3 dB)

Pour une antenne à 9 éléments, l'angle peut atteindre 10 °; et cela est surtout vrai pour les installations encaissées dans une vallée où il est intéressant de viser les crêtes, endroit d'où "surgira le signal" !

Bon trafic sur le VHF.