

Influence du sol sur la propagation des ondes

De part sa courbure, sa nature, ses irrégularités le sol peut engendrer des déviations et des atténuations à l'onde en fonction de sa fréquence puisque l'impédance caractéristique de la terre dépend de la fréquence pour laquelle le sol peut être plus ou moins conducteur et absorbant.

Sa permittivité relative complexe $\epsilon_r^* = \epsilon_r - \sigma/\omega\epsilon_0$

Pour les basses fréquences le sol se comporte comme un bon conducteur donc un sol réfléchissant : $\epsilon_r^* \approx \sigma/\omega\epsilon_0 \gg \epsilon_r$

Pour les hautes fréquences le sol devient absorbant : $\epsilon_r^* \approx \epsilon_r \gg \sigma/\omega\epsilon_0$

Donc la propagation au dessus du sol est plus favorisée aux basses fréquences $f \ll ft = \sigma/2\pi\epsilon_0$ (fréquence de transition)

1. Courbure terrestre :

La terre réelle a un rayon $R_o = 6400\text{ km}$

La courbure de la terre peut empêcher la visibilité directe entre un émetteur à une altitude h_e et un récepteur à h_r distants de D

si $D > (\sqrt{h_e} + \sqrt{h_r})\sqrt{2R_o}$

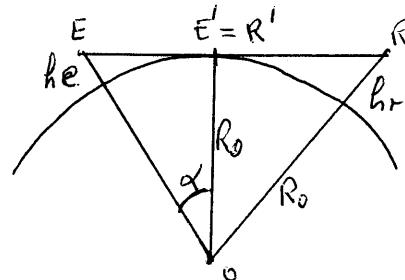
champ reçu au-dessus du sol en visibilité directe : $E = E_d + E_r$

il s'agit d'une onde de sol en négligeant l'onde de surface (très faible)

champ direct : $E_d = E_o$

champ réfléchi : $E_r = R_o E_o e^{j\Delta\Phi}$ où $\Delta\Phi = (2h_e h_r / D) 2\pi\lambda$ = déphasage entre E_d et E_r

d'où champ reçu : $E = E_o (1 + R_o e^{j\Delta\Phi})$ du l'interférence des 2 champs qui peut être positive ou négative selon la position des 2 antennes.



2. Influence des obstacles :

Les obstacles au-dessus du sol (courbure terrestre, montagnes, bâtiments,...) affectent la qualité de transmission par les multi trajets de l'onde, sa puissance, sa visibilité.

- Ellipsoïde de Fresnel :

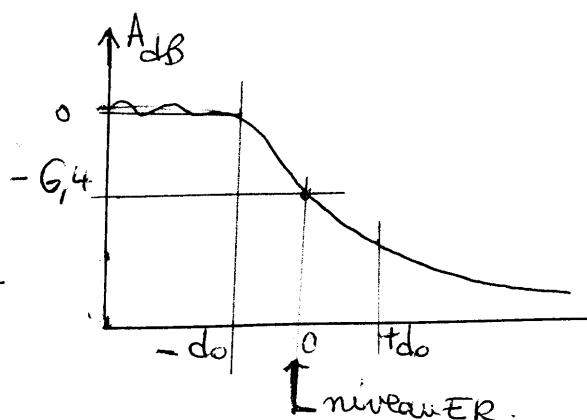
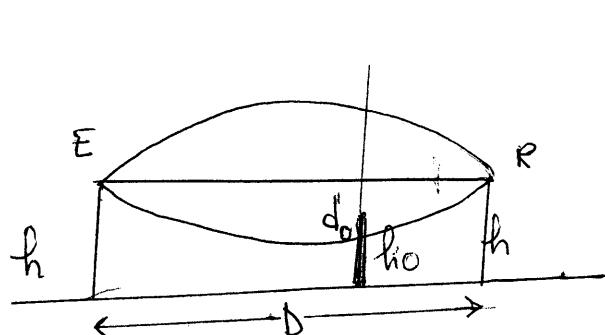
Elle limite la zone d'influence des obstacles entre l'émetteur et le récepteur

Au niveau de l'obstacle, on définit la demi dimension de l'ellipsoïde par :

$$d = \sqrt{\lambda} \sqrt{d_e \cdot d_r / D}$$

à partir du moment où l'obstacle de hauteur h_o pénètre l'ellipsoïde l'onde commence à s'atténuer, hauteur des antennes : $h < h_o + d_o$

Affaiblissement en champ : $A_{dB} = -(6,4 + 20 \log(\sqrt{1 + v^2} + v)) ; v = (h_o - h) / \sqrt{2}$



- Hauteur de Rayleigh

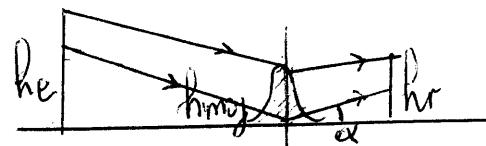
La hauteur de Rayleigh hR limite l'influence d'une surface irrégulière d'obstacles sur la transmission quand la hauteur moyenne des obstacles $hmoy \leq hR$

sol très absorbant : $hR = \lambda / 4 \sin \alpha$

sol moins absorbant : $hR = \lambda / 16 \sin \alpha$

sol lisse réfléchissant : $hR = \lambda / 100 \sin \alpha$

$$\sin \alpha = (h_e + h_r) / D$$



forêt est considérée comme absorbante et une terre cultivée comme réfléchissante.

En général pour $100\lambda < hmoy < 1000\lambda$ les irrégularités ont une influence.

