

Superréfraction : $dn/dh < 0$

Infraréfraction : $dn/dh > 0$

Réflexion ionosphérique : $h \leq 300\text{km}$

Loi de Snell-Descartes : $\cos\phi_0 = n(hq)$ pour un retour de l'onde à hq pour une fréquence f_{MUF} telle que $\cos\phi_0 = \sqrt{1 - (fp/f_{MUF})^2}$ qui donne : $f_{MUF} = fp / \sin\phi_0$.

L'onde retourne vers le sol dans l'ionosphère pour une fréquence $f \leq f_{MUFmax}$ $f_{MUFmax} = fp_{max}/\sin\phi_0$ avec $fp_{max} = 9\sqrt{N_{max}} = 9\text{Mhz}$.

Pour établir une liaison spatiale il faut que $f > f_{MUFmax}$, l'onde doit dépasser l'altitude $h_{max} = 300\text{km}$.

MUF = Maximum Utilisation Frequency

4. Atténuation ionosphérique :

Comme un milieu conducteur l'ionosphère atténue l'onde. Cette atténuation est due aux nombreuses collisions qui sont beaucoup plus importantes en couche D.

Coefficient d'atténuation : $\beta = -\omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}\sqrt{\epsilon_r/2}\sqrt{-1 + \sqrt{1 + (\sigma/\omega\epsilon_0\epsilon_r)^2}}$

Aux HF : $\omega \gg \sigma/\omega\epsilon_0\epsilon_r$ on a $\sqrt{1 + (\sigma/\omega\epsilon_0\epsilon_r)^2} \approx 1 + 1/2(\sigma/\omega\epsilon_0\epsilon_r)^2$

d'où $\beta = -\sqrt{\mu_0/\epsilon_0}(\sigma/2\sqrt{\epsilon_r}) = -60\pi\sigma/\sqrt{\epsilon_r}$

avec $\omega \gg \epsilon_0$ on aura $\sigma = N(h)q^2\epsilon/m$. ω^2 et $\epsilon_r = 1 - N(h)q^2/m\epsilon_0\omega^2$

on remarquera que $\beta = K/\omega$ inversement proportionnel à la fréquence donc aux hautes fréquences l'atténuation ionosphérique est faible.

L'atténuation augmente quand f diminue d'où la LUF (Low Utilisation Frequency) pour limiter l'atténuation afin que le signal soit visible.

En région D l'atténuation est plus importante car $N_{\infty} = 10^{17}$

Atténuation à l'altitude h est $AdB = 20\log(1/e^{\beta h})$ et l'atténuation totale due à la traversée de l'ionosphère est $AtdB = \int_{300}^{540} AdB \cdot dh$ ce qui donne :

$$AtdB = -1,16 \cdot 10^{-3} / f^2 \int N(h) \cdot dh$$

Pour $f > 100\text{Mhz}$ $At < 0,2\text{dB}$

$$At = -2,2 \cdot 10^{15} / f^2 \sin\phi_0 \text{ dB}$$