

**Superfraction :  $dn/dh < 0$**

**Infracfraction :  $dn/dh > 0$**

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

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

**$f_{\text{MUF}} = f_p / \sin\phi_0$ .**

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

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

**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  $\omega \gg \sigma$  on aura  $\sigma = N(h)q^2\tau/m\omega^2$  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  $N_{\text{D}} = 10^{17}$**

**Atténuation à l'altitude  $h$  est  $A_{\text{dB}} = 20\text{Log}(1/e^{\beta h})$  et l'atténuation totale due à la traversée de l'ionosphère est  $A_{\text{tdB}} = \int_{300}^{540} A_{\text{dB}}.dh$  ce qui donne :**

**$A_{\text{tdB}} = -1,16 \cdot 10^{-3} / f^2 \int N(h).dh$**

**Pour  $f > 100\text{Mhz}$   $A_{\text{t}} < 0,2\text{dB}$**

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