

Influence de la basse atmosphère

1. Caractéristiques de l'atmosphère

La basse atmosphère est constituée principalement de la troposphère (14km) et de la stratosphère (50km le jour et 60km la nuit).

En basses couches atmosphériques siège des phénomènes météorologiques (pluie, neige, brouillard, ...) qui peuvent influer sur la transmission.

L'indice de réfraction est fonction de température T, de la pression P et de la vapeur d'eau (humidité) Pv qui varient en altitude.

$$n(h) = 1 + 79 \cdot 10^{-6} (P/T + 4800 Pv/T^2)$$

En troposphère standard jusqu'à 3 à 5km les variations météo sont :

$$\Delta T = -1^\circ\text{C} \quad \text{pour } \Delta h = 150\text{m}$$

$$\Delta P = -1\text{mbar} \quad \text{pour } \Delta h = 8,5\text{m}$$

$$\Delta Pv = -1\text{mbar} \quad \text{pour } \Delta h = 300\text{m}$$

Au sol : $\Delta n = -3,92 \cdot 10^{-8}$ pour $\Delta h = 1\text{m}$ avec au sol : $T = 27^\circ\text{C}$; $P = 1\text{bar}$; $Pv = 0$

Dans cette région, puisque n diminue avec l'altitude, les ondes ont tendance à retourner au sol (réfraction atmosphérique).

Puisque les variations météos diffèrent d'une région à l'autre les normes CCIR définissent une atmosphère de référence par $n(h) = 1 + 315 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-0,136h}$ avec h en km.

2. Terre apparente

En réalité la terre est sphérique et le rayon de courbure d'une trajectoire d'onde est : $\rho = -n/(dn/dh)$ avec $dn/dh = \Delta n$ et $\rho = R + h$ (rayon de courbure) $dn/dh = 0$ la trajectoire est rectiligne (droite)

$dn/dh < 0$ la trajectoire est incurvée vers le sol (infra-réfraction)

$dn/dh > 0$ la trajectoire est incurvée vers le ciel (supra-réfraction)

La terre apparemment plane (terre apparente) a un rayon apparent $R' = kR_o$ avec $k = 1/(1 + R_o \cdot dn/dh)$; en atmosphère standard : $k = 4/3$ et $R' = 8500\text{km}$

3. Réfraction atmosphérique ($dn/dh < 0$)

Loi de Descartes : $n_1 \rho_1 \cos \varphi_1 = n_2 \rho_2 \cos \varphi_2$

4. Conduits troposphériques

Il existe un angle φ_0 d'émission au sol pour lequel l'onde retourne vers le sol à une altitude h dans la troposphère tel que : $n(h) = \cos \varphi_0$

Pour φ_0 de quelques degrés, propagation longitudinale, on obtient des conduits troposphériques de largeur Δh à fréquence de guidage $f \geq c / (2,8 \Delta h \sqrt{\Delta n})$

5. Liaisons transhorizon

Une troposphère contenant des particules ionisées produit un effet de diffusion de l'onde permettant une liaison grande portée jusqu'à 1000km pour des fréquences de 100Mhz à 10Ghz.

6. Atténuations atmosphériques

Elles sont dues principalement aux absorptions et à la diffusion de vapeurs d'eau aux hautes fréquences.