

## 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 siègent des phénomènes météorologiques (pluie, neige, brouillard, ...) qui peuvent influencer sur la transmission.

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

$$n(h) = 1 + 79.10^{-6} ( P/T + 4800 P_v/T^2 )$$

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

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

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

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

Au sol :  $\Delta n = - 3,92.10^{-8}$  pour  $\Delta h = 1\text{m}$  avec au sol :  $T = 27^\circ\text{c}$  ;  $P = 1\text{bar}$  ;  $P_v = 0$

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

Puisque les variations météo diffèrent d'une région à l'autre les normes CCIR définissent une atmosphère de référence par  $n(h) = 1 + 315.10^{-6} . e^{-0,136h}$  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)

si  $dn/dh = 0$  la trajectoire est rectiligne (droite)

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

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

La terre apparemment plane (terre apparente) a un rayon apparent  $R' = kR_0$  avec  $k = 1/(1+R_0.dn/dh)$  ; en atmosphère standard :  $k = 4/3$  et  $R' = 8500\text{km}$

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

Loi de Descartes :  $n_1 . \rho_1 . \cos\phi_1 = n_2 . \rho_2 . \cos\phi_2$

### 4. Conduits troposphériques

Il existe un angle  $\phi_0$  d'émission au sol pour lequel l'onde retourne vers le sol à une altitude h dans la troposphère tel que :  $n(h) = \cos\phi_0$

Pour  $\phi_0$  de quelques degrés, propagation longitudinale, on obtient des conduits troposphériques de largeur  $\Delta h$  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.