

7.7. Propagations spéciales en VHF-UHF

7.7.1. Le milieu de propagation

Les ondes radio sont propagées au travers de l'atmosphère, c'est-à-dire une zone qui va depuis le sol jusqu'à quelques 600 km au-dessus de la surface terrestre. L'atmosphère n'est pas un élément indispensable à la propagation des ondes, en effet, les ondes électromagnétiques se propagent aussi dans le vide.

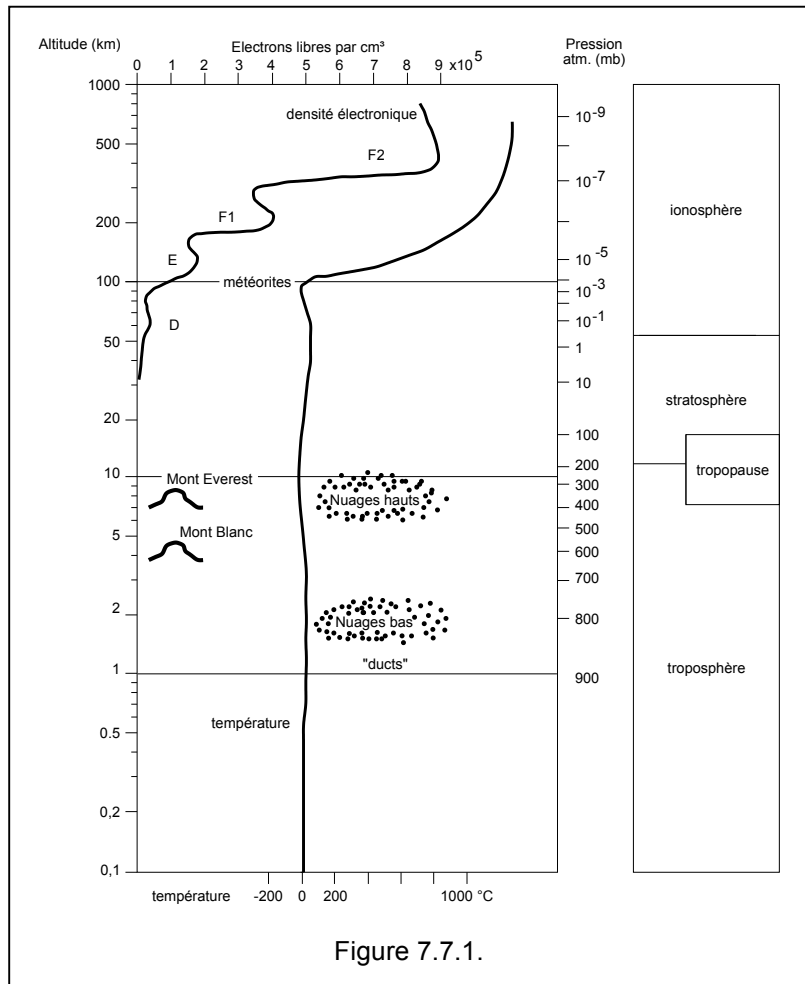
L'atmosphère peut influencer une onde qui la traverse. L'atmosphère est composée essentiellement d'oxygène, d'hydrogène et d'azote, mais nous y trouvons aussi des traces d'autres gaz, ainsi qu'une série de matériaux tels que des poussières, du pollen, de l'eau, des bactéries, et de fragments de matière venant du cosmos.

La composition de l'atmosphère est assez constante depuis le niveau de la mer jusqu'à la fin. Toutefois la densité décroît lorsque l'altitude croît.

Cette mince couverture autour de la terre la protège contre le rayonnement solaire et nous procure le support pour nos communications à très longue distance, car les couches ionisées ont le pouvoir de réfléchir les ondes. L'atmosphère peut être divisée en couches appelées

- la **troposphère** qui s'étend de 0 à 10 km. La partie de l'atmosphère qui va du niveau de la mer à une altitude de 10 km environ s'appelle la troposphère ou "zone météo". C'est le lieu où se produisent les vents, les tempêtes et les pluies qui érodent en permanence l'écorce terrestre. Les changements météorologiques dans la troposphère sont responsables de plusieurs phénomènes de propagation très intéressants. Si on examine les variations de températures par rapport à l'altitude on constate une diminution plus ou moins régulière de la température, partant de + 20°C au sol par exemple jusqu'à -50°C à 10 km. Il suffit de se rappeler les températures annoncées lors d'un vol en avion ...
- la **stratosphère** qui s'étend de 10 à 50 km. Dans la stratosphère la température reste constante malgré l'augmentation d'altitude.
- la **mésosphère** qui s'étend de 50 à 80 km
- l' **ionosphère** qui débute à 80 km et qui est bien connue par les radioamateurs qui font du décimétrique.

La figure donne un aperçu des différentes couches et des phénomènes qui s'y produisent. Nous nous limiterons simplement aux deux phénomènes les plus courants : la propagation troposphérique et les sporadiques E.



7.7.2. La propagation troposphérique

7.7.2.1. Aspects physiques de la propagation troposphérique

La propagation troposphérique est la forme la plus commune de transmission VHF au-delà de la ligne d'horizon, elle est le résultat de variations dans une région d'air entourant la terre. C'est aussi cette forme de propagation que les radioamateurs débutants rencontrent rapidement et qui les déroutent un peu : comment à un certain moment de l'année peut-on entendre un relais NBFM à une distance de 200 km? Comment un radioamateur à plus de 300 km peut-il soudainement "entrer" dans le relais local ? Tout cela est relativement simple à expliquer : c'est le résultat de la propagation troposphérique ...

Les radioamateurs qui s'intéressent aux VHF-UHF découvriront ainsi leur premier mode de propagation dans les conditions exceptionnelles et mettront un certain nombre de DX et de carrés WW-locators à leur palmarès.

Ainsi, lors de propagation troposphérique, en CW ou/et en SSB, on peut réaliser des contacts de 1500 km et plus sur 144 ou 432 MHz. Ces conditions de propagation exceptionnelles se produisent presque exclusivement dans des situations de haute pression. Un baromètre est donc un appareil indispensable dans un shack VHF-UHF.

Pour les services de radiodiffusion et pour les services professionnels (polices, gendarmerie, taxi, transports, ...) la propagation troposphérique est un ennemi, en effet durant ces phénomènes ils sont "perturbés" par des stations similaires à plusieurs dizaines de km de distance, stations qu'ils ne désirent pas entendre bien sûr !

Mais pour nous radioamateurs, la propagation troposphérique est un phénomène que nous exploiterons pour le DX .

La propagation troposphérique apparaît lorsque 2 conditions sont réalisées : une **inversion de températures** et une **masse d'air sec et chaud superposée à une masse d'air froid et humide**.

Dans les conditions normales, l'évolution de la température de l'air en fonction de l'altitude est représentée ci-contre.

Toutefois, c'est l'évolution entre 0 et 2000 m (voire 3000 m) qui nous intéresse le plus, car en cas d'inversion de température, l'indice de réfraction va aussi être modifié et les ondes vont être réfractées.

La figure ci-dessous montre un évolution théorique (a), une faible inversion à une altitude de 1100 m (b) et une forte inversion à une altitude de 2000 m (c).

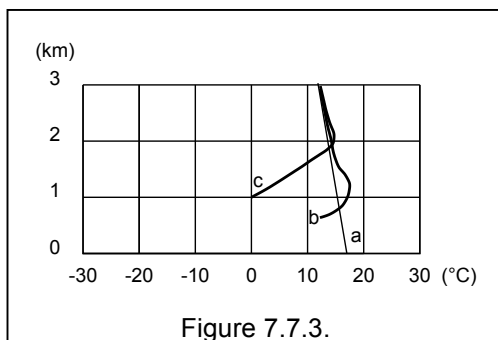


Figure 7.7.3.

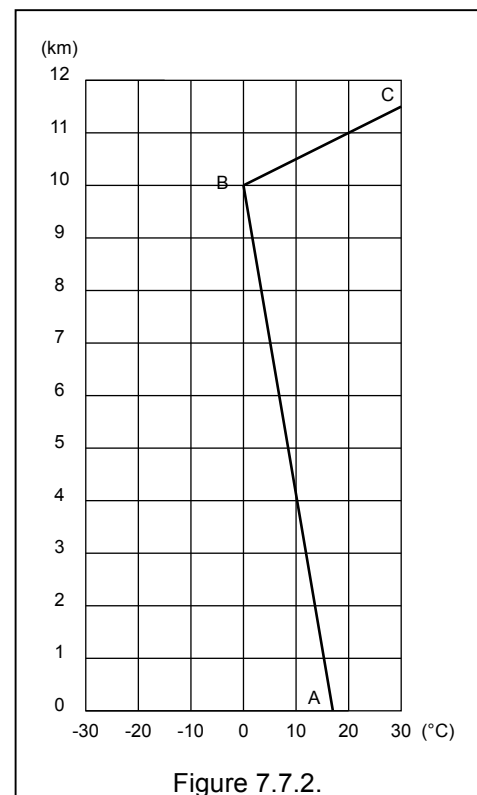
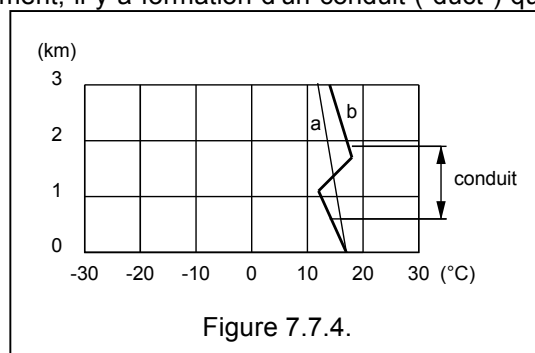


Figure 7.7.2.

La couche d'inversion peut avoir une épaisseur de 100 à 500 m.

Mais lorsqu'il y a deux inversions de température consécutivement, il y a formation d'un conduit ("duct") qui canalise les ondes.

L'analyse de la carte météo permettra de reconnaître les critères essentiels qui peuvent conduire à des conditions de propagation exceptionnelles. Les cartes publiées dans les journaux donnent une première idée de la situation, mais les Instituts Météorologiques peuvent fournir des cartes bien plus détaillées. Ces instituts fournissent aussi des analyses des températures et de l'humidité des couches d'air.



Chaque situation de haute pression n'est pas nécessairement le moment de conditions de propagation exceptionnelles. En effet les cellules de hautes pressions, mais de faibles dimensions ne conduisent pas à des conditions de propagation exceptionnelles à très grande distance, il faut donc que la zone de haute pression soit fort étendue, ceci se produit en automne et en hiver.

7.7.3. Liaisons par sporadiques E

7.7.3.1. Aspects physiques

Le second phénomène qui conduit à des liaisons lointaines est le sporadique E. Nous avons déjà parlé de la couche E et de la couche sporadique E pour les liaisons en HF, en fait il s'agit du même phénomène qui se manifeste jusqu'à des fréquences de 145 MHz. La propagation par sporadique E ne se rencontre pas au-delà de 220 MHz²¹. Les sporadiques E sont plus rares que les occasions de propagation troposphérique.

Comme son nom l'indique, il s'agit de condition "sporadique" (= "qui existe çà et là, isolément") et elles ont lieu sur la couche "E" de l'ionosphère qui se situe à une altitude de 40 à 100 km environ. L'épaisseur de la couche E varie d'une centaine de mètres à mille mètres environ.

Plus la hauteur de la couche est grande plus le "skip" peut être grand, en effet si nous examinons la figure 26, nous voyons que $D = 2 R \arccos(R / R+h)$. Supposons que la couche E se trouve grosso modo à 100 km et R étant de 6350 km, la distance de saut est ainsi de 2240 km. Dans cette formule on utilise bien sûr des radians ! Ceci est un cas théorique où l'antenne pointe à l'horizon et où la réflexion se fait en un point précis... toutefois ceci est suffisant comme première approche.

Il semble que les Es se produisent toujours à des époques calmes du champ magnétique terrestre (A_k). L'apparition des Es ne semble pas être lié au cycle solaire. L'étendue de la couche peut atteindre 100 km. La couche Es n'est pas stationnaire, elle se déplace suite à la rotation de la terre, en direction de l'ouest.

Cette couche varie aussi bien dans son étendue que dans sa capacité de réflexion. Il en résulte que les signaux sont soumis à de fortes fluctuations.

La fréquence des événements Es n'est pas la même partout, elle est très forte en Italie du Sud, avec un taux de 10%, en Suisse et en Allemagne du Sud le taux est d'environ 4%, en Allemagne du Centre et du Nord, au Nord de la France et dans le Benelux elle serait plutôt de 3%.

7.7.3.2. Les ouvertures Es

La plupart des ouvertures Es ont lieu de la mi-mai à la mi-août, avec une activité plus marquée durant les mois de juin et juillet. A l'examen des liaisons faites en Es se produisent entre 08:00 et 20:00 UTC, avec une pointe marquée entre 16:00 et 18:00 UTC. La durée des ouvertures Es varie de quelques minutes à plusieurs heures

²¹ Les radioamateurs américains et canadiens possèdent la bande de fréquence de 222 à 225 MHz et ils ont réalisé des liaisons en Es sur ces fréquences.