

## Propagation anormale des ondes électromagnétiques : explication du phénomène Synthèse

Si les phénomènes de propagation exceptionnelle ou anormale ne sont pas particulièrement connus du grand public, leurs effets ont certainement été perçus par un très grand nombre : brouillage de la réception télé, émissions de radio étrangères sur la FM française à de grandes distances des frontières, ou réception inattendue du téléphone mobile dans des zones normalement mal couvertes. Tout le monde aura alors pu constater que l'apparition de ces phénomènes est aussi impromptue que leur disparition. C'est d'ailleurs cette variabilité dans le temps qui permet sans conteste d'incriminer les phénomènes de propagation anormale.

### **La propagation des ondes électromagnétiques est un phénomène multi-factoriel**

L'évolution de la puissance d'un signal (ou de son atténuation) est totalement régie par divers facteurs pouvant être regroupés en trois ensembles : des conditions *intrinsèques aux ondes* elles-mêmes (fréquence, polarisation...), des conditions *géologiques et/ou humaines* (relief, distance, bâtiments...) et enfin, des conditions *atmosphériques ou climatiques* (indice de réfraction de l'atmosphère, pluie, nuages...). Tous ces facteurs vont déterminer les pertes d'un signal sur un chemin de propagation choisi (entre un émetteur et un récepteur). Si les deux premiers ensembles de conditions sont très généralement parfaitement connus, maîtrisés et finalement invariants (pour des émetteurs et récepteur fixes), en revanche, les conditions atmosphériques ou climatiques fluctuent dans le temps. Aussi, il n'est pas rare que sur un chemin de propagation particulier, les niveaux de champs reçus par un récepteur évoluent constamment. Cette évolution peut, dans certains cas, prendre des proportions importantes (jusqu'à une centaine de dB, ce qui correspond finalement à une évolution de 1 à  $10^{10}$ , soit 1 à 10 milliards).

Dans le domaine des radiocommunications, dont les fréquences se situent entre 100 MHz et quelques dizaines de GHz, l'évolution des pertes de propagation associées aux conditions climatiques est régie principalement par l'évolution de la structure de la troposphère (partie basse de l'atmosphère), elle-même gouvernée par de nombreux facteurs météorologiques. En règle générale, l'indice de réfraction de la troposphère est homogène dans l'espace entre deux points, toutefois certaines conditions climatiques (et plus particulièrement anticycloniques) ont tendance à faire évoluer la troposphère d'une structure homogène dont l'indice de réfraction évolue linéairement avec l'altitude, vers une structure stratifiée ou cette évolution peut connaître des inversions. Ces zones d'inversion de l'évolution de l'indice de réfraction dans la troposphère forment des conduits dans lesquels les ondes se propagent, guidées par les « parois » du conduit, avec des atténuations très faibles et donc sur des distances très grandes. Il devient alors aisé de réceptionner des ondes provenant de distances lointaines, bien au-delà de l'horizon, ou alors de voir des interférences apparaître.

### **Le phénomène de propagation anormale est souvent lié à des conditions anticycloniques**

Les études relatives à l'apparition des conditions de propagation anormale ont montré que ces phénomènes étaient particulièrement liés à des conditions anticycloniques, que leur occurrence était nettement plus importante sur les mers que sur terre. Des conduits apparaissent sur le territoire national pendant de 2 à 10 % du temps, avec des périodes de l'année plus propices à leur apparition. Mais, cette présence n'implique pas nécessairement de propagation des ondes par conduit car différentes conditions sont nécessaires pour qu'une onde radiofréquence se couple à un conduit de propagation. En France, on peut considérer qu'en moyenne, la propagation anormale affecte les ondes pour un temps inférieur à 1%. Toutefois, il existe des zones sur le globe où ces conduits sont présents de façon quasi-constante à certaines périodes de l'année (Golfe Persique par exemple). Enfin, les conduits de propagations peuvent s'étendre sur plusieurs dizaines de kilomètres de long (voir parfois quelques centaines).

Le rapport de l'ANFR, dresse un état des lieux des connaissances relatives à ces phénomènes de propagation anormale.