

LA RECEPTION DE LA FM



ET DE LA TELEVISION

(Suite voir N° 1581)

LA télévision et la modulation de fréquence font appel à des fréquences qui s'étendent entre 40 MHz et 800 MHz ; c'est dire si le domaine couvert est relativement large. Il existe un rapport 20 entre le canal le plus bas de la bande I (41 à 68 MHz) et le canal le plus élevé de la bande V (64 à 830 MHz) aussi les conditions de propagation des ondes varieront-elles dans des proportions notables suivant que nous aurons affaire aux fréquences les plus basses ou alors aux fréquences les plus hautes.

Or, au fur et à mesure que la fréquence augmente, la propagation des ondes se rapproche de plus en plus de celle qui caractérise les ondes lumineuses avec comme conséquence une influence croissante des obstacles pouvant se situer entre émetteur et récepteur. Parallèlement, et comme en optique, il pourra y avoir création d'interférences par composition entre les ondes directes et réfléchies ce qui se traduira par des zones d'atténuation ou de renforcement du champ électromagnétique porteur de l'information.

En particulier, l'état des basses couches atmosphériques jouera un grand rôle dans la propagation de ces ondes, d'autant plus que le chemin parcouru sera long.

La propagation des ondes correspondant aux fréquences de la télévision et de la modulation de fréquence est influencée ou perturbée par les phénomènes ci-après :

- Réfraction sur les basses couches atmosphériques.
- Réflexion sur le sol ou sur les obstacles.
- Absence de réflexion sur l'ionosphère au-dessus de 60 MHz.

RÉFRACTION ATMOSPHÉRIQUE

Rappelons l'expérience de la réfraction optique pour introduire le phénomène de réfraction atmosphérique. Plongeons un bâton dans l'eau. La partie immergée n'apparaît pas comme dans le prolongement de la partie dans l'air. La cassure qui est visible à la surface de séparation est due à la réfraction (fig. 1). Si un rayon lumineux passe de l'air dans l'eau, il subit un brusque changement de direction sur cette surface

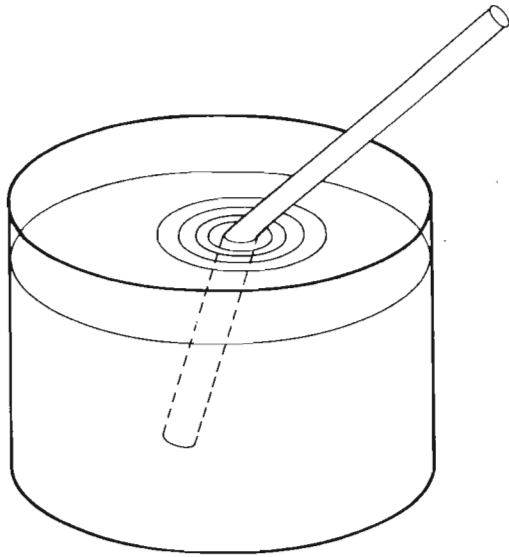


Fig. 1. - La réfraction fait apparaître une cassure du bâton à la fonction air-eau qui sont deux milieux d'indices différents.

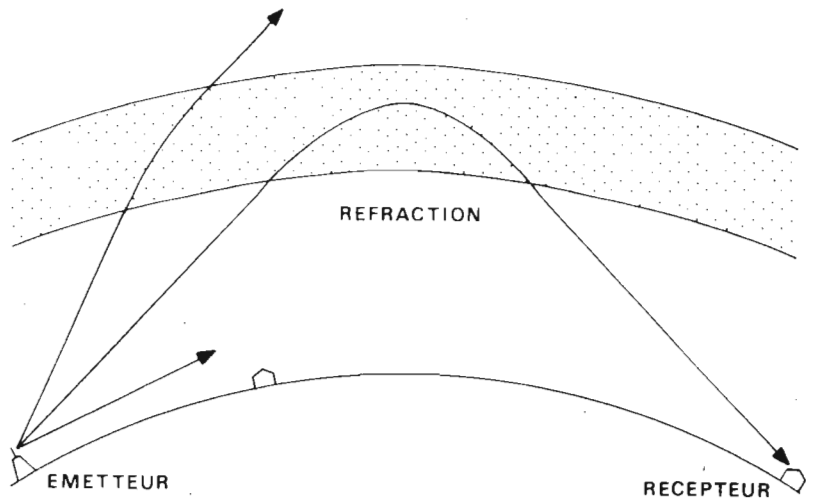


Fig. 4. - Exemple de réfraction transhorizon qui permet une portée supérieure à la portée optique.

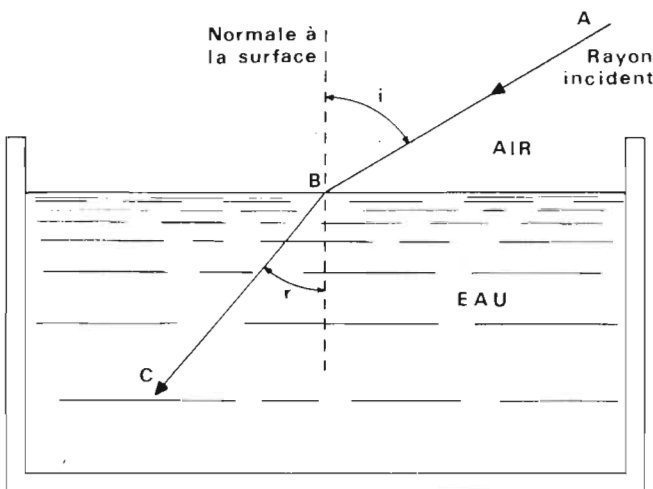


Fig. 2. - La réfraction suit la loi de Descartes : $\sin i = n \sin r$.

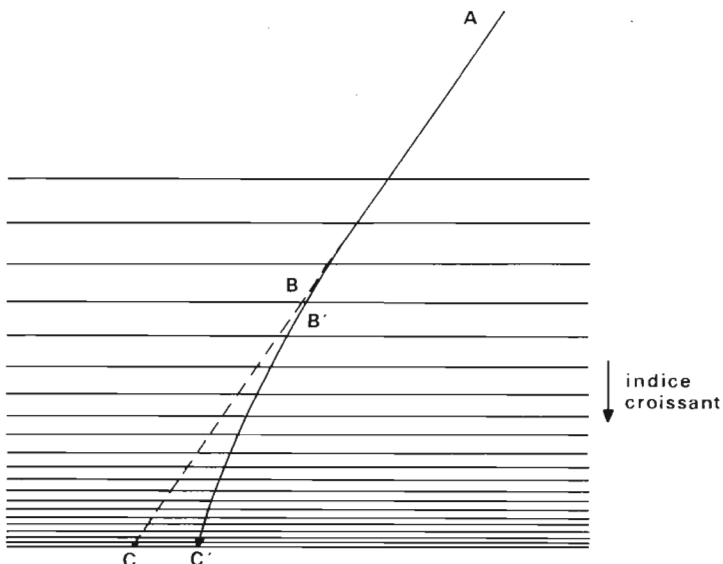


Fig. 3. - Pour des milieux successifs d'indices peu différents et croissants (ou décroissants), la réfraction donne lieu à une courbure progressive du trajet d'une onde hertzienne.

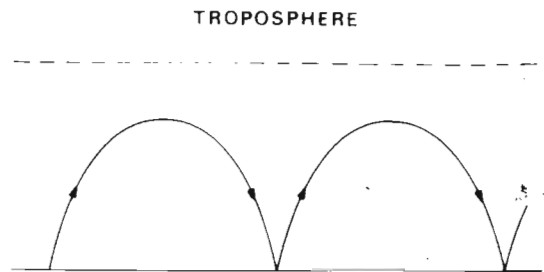


Fig. 5. et 6. - L'onde hertzienne est guidée entre le sol et la troposphère (en haut) à la manière d'une onde dans un guide (en bas).

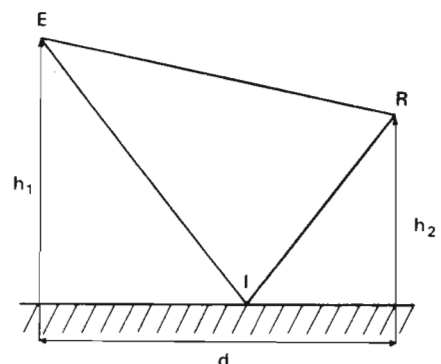
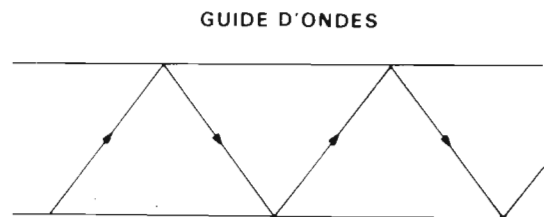


Fig. 7. et 8. - Création d'interférences par composition des ondes directes et réfléchies sur le sol.

de séparation conformément à la loi de Descartes : l'angle d'incidence i et l'angle de réfraction r sont liés par la relation :

$$\sin i = n \sin r$$

n étant ce que l'on appelle l'indice de réfraction de l'eau par rapport à l'air (fig. 2).

n caractérise aussi le rapport des vitesses de propagation de la lumière dans l'air d'une part et dans l'eau d'autre part. C'est cette différence de vitesse qui donne lieu au phénomène de réfraction et qui donne l'apparence d'un bâton brisé à un observateur situé dans l'air.

Il convient de remarquer, qu'ici, il y a brusque changement de l'indice n quand on passe d'un milieu dans un autre mais on peut très bien imaginer une suite de milieux où la variation d'indice, au lieu de se produire brutalement, se fait progressivement (fig. 3). Dans ce dernier cas, au lieu d'une cassure des rayons lumineux, nous aurons une courbure elle-même progressive.

Or les basses couches de l'atmosphère (couches qui constituent la troposphère) représentent une telle succession de milieux : l'indice de réfraction varie avec l'altitude. En général, sous nos latitudes de l'hémisphère Nord, cet indice est une fonction linéaire décroissante de l'altitude. La courbure du trajet de l'onde

qui en résulte est favorable à l'augmentation de la portée qui devient alors supérieure à la limite imposée par la visibilité optique. Des liaisons sont ainsi rendues possibles avec des points situés au-delà de l'horizon. Il convient de remarquer toutefois que cette possibilité est d'autant moins probable que la longueur d'onde est petite (fig. 1).

Dans certains cas, on pourra constater des propagations à des distances anormalement grandes, mais il faut alors que des conditions bien particulières soient réunies :

— L'indice doit être suffisamment constant à altitude fixe.

— Le degré hygrométrique de l'air doit diminuer rapidement lorsque l'on s'élève ou alors la température augmente rapidement avec l'altitude ce qui n'est pas une chose habituelle.

Ces impératifs expliquent pourquoi le phénomène de super-réfraction est à la fois peu courant et non stationnaire dans le temps. Toutefois, quand il se produit, si l'angle de départ du faisceau hertzien est relativement petit par rapport au sol, il rencontrera la troposphère, y pénétrera et sera progressivement réfracté vers le sol sur lequel il se réfléchira en définitive pour recommencer le processus. Le faisceau électromagnétique sera en quelque sorte transporté comme dans un guide d'ondes (fig. 5 et 6).

RÉFLEXION À LA SURFACE DU SOL

La réflexion des ondes à la surface du sol est à l'origine du phénomène d'interférences qui résultent de la composition des ondes directes et réfléchies. Celles-ci sont déphasées les unes par rapport aux autres et suivant la valeur de ce déphasage, la résultante pourra s'annuler (interférences soustractives) ou alors avoir une valeur double des ondes directes (interférences additives). Notons en outre que pour des incidences faibles, ce qui est le cas le plus courant, il y a un déphasage de 180 degrés à la réflexion.

Nous aurons donc un champ électromagnétique minimum (et non tout à fait nul à cause de la perte d'énergie à la réflexion qui fait que le coefficient de réflexion sur le sol n'est pas tout à fait égal à 1) quand la différence de marche entre les ondes directes et réfléchies sera égale à un multiple de la longueur d'onde et un champ électromagnétique maximum quand cette différence de marche sera d'une demi longueur d'onde à un multiple de la longueur d'onde près.

Si d est la distance entre antennes d'émission et de réception et si h_1 et h_2 représentent leur hauteur par rapport au sol, λ étant la longueur d'onde, le champ résultant est

modulé par le facteur k tel que :

$$k = 2 \sin \left(\frac{d_2 - d_1}{\lambda} \right)$$

(fig. 7 et 8)

ceci en supposant le coefficient de réflexion égal à 1 et en appelant d_1 et d_2 la longueur des trajets direct et réfléchi ce qui peut encore s'écrire : ire

$$k = 2 \sin \left(2 h_1 \cdot \frac{h_2 + h_1}{\lambda d} \right)$$

compte tenu que les hauteurs sont faibles devant les distances.

Si un récepteur s'éloigne d'un émetteur en restant à une hauteur constante, le champ reçu va varier de façon sinusoïdale amortie autour d'une valeur moyenne décroissante.

Nous avons dit plus haut que le coefficient de réflexion sur le sol était inférieur à 1. En fait, étant donné l'hétérogénéité du sol d'une part et la courbure de la terre d'autre part ce coefficient est plutôt de l'ordre de 0,1. Toutefois, le phénomène peut être retenu avec les restrictions qu'imposent cette valeur différente de 1.

Les obstacles naturels ont une influence qui croît au fur et à mesure que la fréquence augmente. Alors entrent en jeu les phénomènes de diffraction qui permettent de recevoir une émission en dehors d'une ligne directe (fig. 9). Par diffraction, il faut comprendre une propriété qui fait que

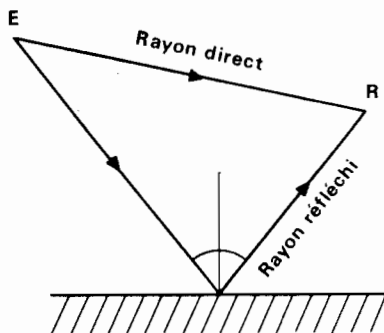


Fig. 8

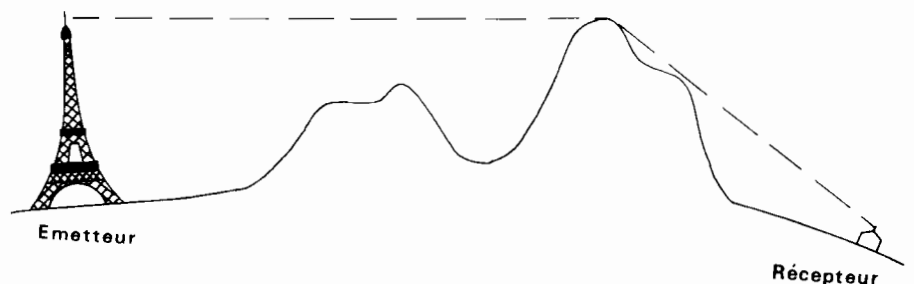


Fig. 9. — La diffraction permet de recevoir une onde affaiblie même si l'émetteur est caché au récepteur.

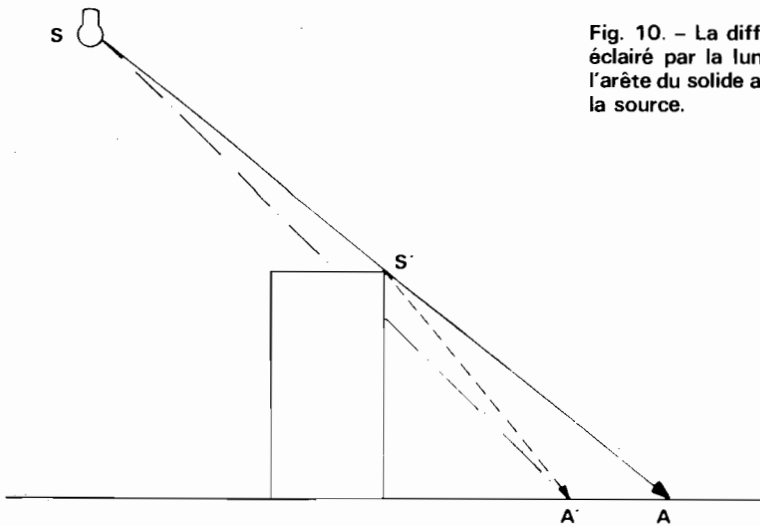


Fig. 10. - La diffraction en optique : le point A' est éclairé par la lumière à cause de la diffraction sur l'arête du solide alors qu'il n'est pas en vue directe de la source.

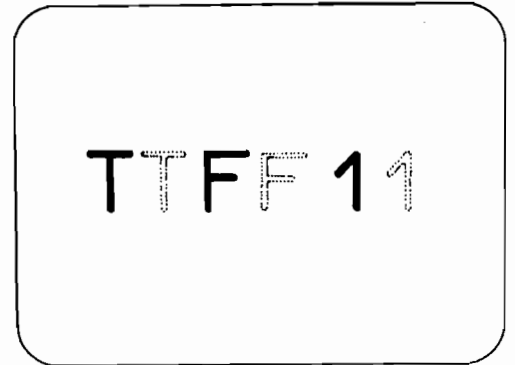


Fig. 12. - Le phénomène d'échos se caractérise par la réception de la même information en deux instants différents ce qui se marque, sur un écran TV, par l'apparition de deux images décalées, l'une correspondant à l'onde directe et l'autre à l'onde réfléchie.

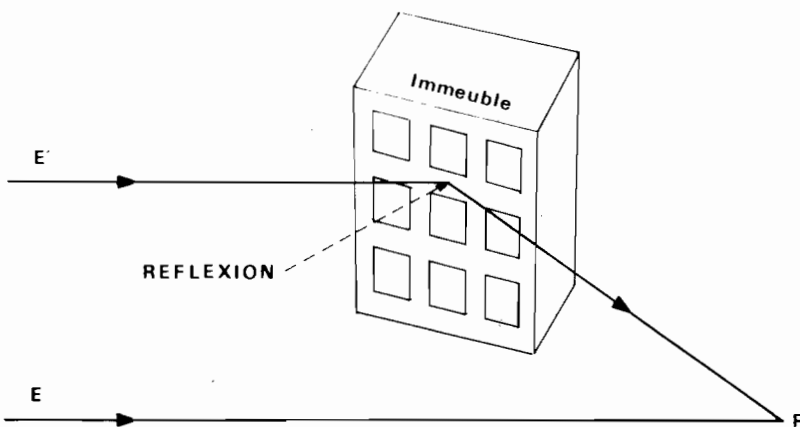


Fig. 11. - Le récepteur R reçoit à la fois l'onde directe E et l'onde réfléchie E', qui est retardée à cause d'un trajet plus grand.

l'onde peut en partie et en quelque sorte contourner un obstacle (fig. 10).

Les réflexions sur les obstacles peuvent être avantageuses, d'autant que ces obstacles s'ils sont proches l'un de l'autre peuvent se comporter comme de véritables guides d'ondes ce qui explique qu'en ville des réflexions multiples peuvent amener un signal appréciable jusqu'au fond de rues très étroites et presque complètement fermées.

Cependant, ces réflexions dans le cas de la modulation de fréquence et surtout de la télévision peuvent amener des échos gênants. Nous avons vu

plus haut que des interférences pouvaient se produire quand les ondes parcouraient des chemins différents, ce qui veut dire que la même information peut parvenir à l'antenne sous forme non seulement d'une onde d'amplitude différente suivant le trajet suivi, mais aussi avec un décalage temporel (fig. 11).

Le signal étant transmis à une vitesse de 300 000 km/seconde, une différence de marche de 3 km se traduira par un retard de 10 micro-seconde. Or, par exemple, dans la bande III (1^e chaîne), la fréquence lignes est de 20 475 Hz, ce qui veut dire

que le spot met pour balayer une ligne un temps de l'ordre de 50 microsecondes. Deux signaux séparés de 10 microsecondes donneront donc 2 images séparées par une distance correspondant approximativement au cinquième de la largeur de l'écho. Suivant que le signal le plus puissant reçu correspondra à l'onde directe ou à l'onde réfléchie, le téléviseur se synchronise sur le plus puissant. Nous aurons un écho arrière ou avant. L'utilisation d'antennes très directives permettra de pallier à cette gêne qui sera d'autant plus ressentie que les signaux reçus auront des

amplitudes voisines : les échos perturberont alors la synchronisation qui ne saura plus trop bien quels sont les tops qu'elle se doit de choisir : ceux fournis par le signal direct ou ceux en provenance des échos (fig. 12).

Cette dernière éventualité permet de comprendre les limites des antennes intérieures ou de balcon quand il s'agit d'obtenir une liaison de qualité.

P. Ch.

Bibliographie : « Cours sur les ondes ultracourtes ». Place. (Eyrolles Ed.).