

Influence du sol sur le fonctionnement et les performances des antennes HF

Les antennes pour les bandes décamétriques sont installées à proximité du sol terrestre. Ce dernier agit sur leur fonctionnement et leurs performances car il est plus ou moins bon conducteur électrique, rarement homogène, rarement parfaitement plan. Cette influence affecte non seulement le diagramme de rayonnement des antennes, donc leur gain dans certaines directions et par exemple leur angle de départ, mais aussi leur bande passante ou encore leur rendement. Quant aux antennes dont le circuit d'alimentation est relié au sol, il est logique d'admettre qu'une mauvaise qualité électrique de ce dernier puisse diminuer leur rendement. Cet article se divise en deux parties dont la première vous est livrée ici.

© Photo 5HHC

PREMIÈRE PARTIE

INTRODUCTION

Il n'est pas rare d'entendre des radioamateurs se plaindre, au sujet de leurs antennes, d'écart significatifs entre les performances théoriques de ces dernières et les résultats qu'ils en obtiennent dans la pratique. Les performances officielles sont basées sur des conditions d'installation homogènes et reproductibles, seul moyen d'établir des normes et d'effectuer des comparaisons, alors que dans la réalité pratique, pour des installations par nature presque toujours différentes selon les utilisateurs et bien souvent plus ou moins éloignées des conditions de référence, les résultats obtenus

ne peuvent qu'être différents, et parfois fortement.

En déduire que la théorie est fautive ou inutile serait une conclusion un peu hâtive car il existe une possibilité intermédiaire entre l'antenne théorique, dipôle horizontal en espace libre ou antenne verticale installée sur un sol parfait, et l'antenne ordinaire, installée dans un environnement néfaste et perturbant, aux effets ignorés car incompris ou inconnus. Cette possibilité consiste à aller au-delà de la théorie de base, simplifiée car idéalisée, en comprenant mieux les effets des éléments qui participent à l'environnement radioélectrique d'une antenne installée de manière non idéale, et en tenant compte de ces divers effets pour évaluer de manière

plus réaliste les performances réelles de l'aérien en question dans une situation donnée bien mieux décrite. Toute modélisation passe par une bonne description de la situation.

Le premier de ces éléments perturbateurs est bien entendu le sol car il est, sauf rares exceptions, hétérogène (non homogène) et plus ou moins bon conducteur électrique selon les endroits, rarement totalement isolant ni parfaitement conducteur, jamais parfaitement plan non plus, et donc jamais similaire au sol théorique utilisé dans les raisonnements simplifiés. Ce sont ces effets du sol que nous allons essayer d'indiquer dans ce qui suit après avoir décrit les principaux phénomènes mis en cause.

DÉFINITIONS

Les notions suivantes sont fortement nécessaires à la compréhension des principaux phénomènes mis en jeu dans le fonctionnement d'une antenne, la propagation des ondes qu'elle rayonne, l'influence de son environnement.

Onde électromagnétique

L'onde électromagnétique est un modèle utilisé pour représenter les rayonnements électromagnétiques.

Rayonnement électromagnétique

Il faut bien distinguer le rayonnement électromagnétique, qui est le phénomène étudié, et l'onde électromagnétique, qui est une des représentations du phénomène.

Champ électromagnétique

La notion de champ électromagnétique permet d'analyser les interactions entre particules chargées en mouvement. Celui-ci se compose de deux champs vectoriels : un champ électrique modélisant la perturbation causée par la charge elle-même et un champ magnétique lié au mouvement de cette charge. Ces interactions ont été modélisées par les équations de J. Maxwell.

Propagation

Dans un milieu homogène et isotrope, l'onde électromagnétique se propage en ligne droite. Lors de la rencontre avec un obstacle, il y a diffraction. Lors d'un changement de milieu, il y a réflexion et réfraction (voir figure 1), il y a aussi réfraction si les propriétés du milieu changent selon l'endroit (hétérogénéité).

Réflexion

Lors d'un changement de milieu de propagation, tout ou partie de l'onde électromagnétique repart vers le milieu d'origine.

Réfraction

Lors d'un changement de milieu de propagation, si le second milieu est transparent pour l'onde, celle-ci se propage dans le second milieu mais avec une direction différente.

Diffusion

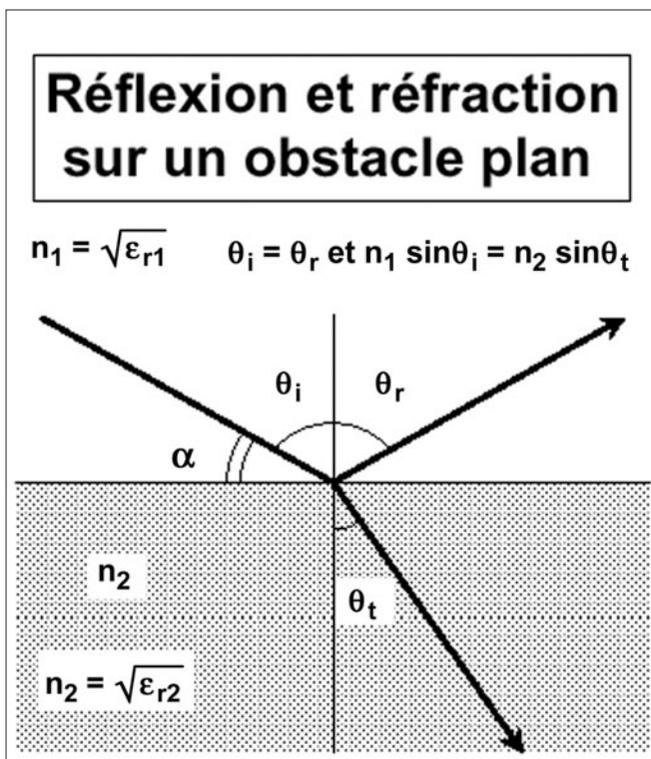
Changement de direction d'une onde lorsqu'elle rencontre un atome.

Diffraction

La diffraction est le comportement des ondes lorsqu'elles rencontrent un obstacle qui ne leur est pas complètement transparent. Le phénomène peut être interprété par la diffusion d'une onde par les points de l'objet. C'est le résultat de l'interférence des ondes diffusées par chaque point. Plus la longueur d'une onde est grande par rapport à un obstacle, plus cette onde aura de facilité à contourner l'obstacle.

Interférences

Phénomène ondulatoire dû à l'addition de vibrations de même longueur d'onde et cohérentes (c'est-à-dire qui



présentent une différence de phase constante). Il y a interférence constructive, lorsque les amplitudes des ondes interférant s'ajoutent au point considéré, interférence destructive, lorsqu'elles se retranchent. En conséquence, il y a une variation d'amplitude en fonction du point d'interférence considéré.

Espace libre

Région de l'espace dans lequel il n'y a pas de particules de matière ni de champ électromagnétique autre que ceux dont le comportement est pris en considération. Pour des applications radio-électriques, c'est la région de l'espace où les mouvements d'énergie ne sont pas empêchés de façon notable dans aucune direction.

Antenne

Une antenne est un dispositif qui transforme des variations temporelles de tensions en un champ électromagnétique rayonné (émission) et vice-versa (réception). Le rayonnement d'un dipôle réalisé avec un matériau conducteur provient de l'accélération d'électrons le long du conducteur, l'énergie cinétique de ces derniers étant transformée en énergie électromagnétique. Les propriétés (gain, impédance, etc.) d'une antenne

quelconque étant identiques en transmission et en réception, le fonctionnement de celle-ci est généralement étudié en transmission.

Directivité et gain

La directivité et le gain définissent l'aptitude d'une antenne à concentrer l'émission d'un signal dans une direction donnée ou la réception d'un signal provenant d'une direction donnée, par comparaison avec une antenne ponctuelle, omnidirectionnelle, servant de référence et appelée antenne isotrope. Cette antenne de référence est un modèle théorique, et elle ne peut pas être construite physiquement. L'antenne isotrope théorique a par définition une directivité uniforme de 0 dBi, tandis qu'un dipôle demi-onde parfait en espace libre a une directivité de 2,14 dBi, ceci signifiant qu'il peut concentrer l'énergie transmise avec un gain de 2,14 dB par rapport à l'antenne isotrope dans sa direction de rayonnement maximum.

Le gain est le rapport de l'intensité du rayonnement dans une direction donnée et de l'intensité du rayonnement qui serait obtenu si la puissance acceptée par l'antenne était rayonnée de manière isotrope. Par nature, le gain dans certaines directions a

pour contrepartie une perte dans d'autres directions.

Antenne Yagi-Uda

Une antenne Yagi-Uda est formée d'un élément alimenté, en général un simple dipôle, et au moins un élément conducteur isolé du dipôle et non alimenté. Cet élément est appelé élément parasite. Le courant qui circule dans l'élément alimenté rayonne un champ électromagnétique, lequel induit des courants dans le ou les autres éléments parasites. Le courant induit dans ces derniers rayonne à son tour et les champs ainsi rayonnés induisent du courant dans les autres éléments y compris l'élément alimenté, et en conséquence le courant qui circule dans chacun des éléments est finalement le résultat de l'interaction entre tous les éléments sans exception.

Le champ électromagnétique résultant qui est rayonné par l'antenne dans une direction donnée est la somme des champs rayonnés par chacun des éléments. La somme des champs rayonnés en un point donné est fonction de l'amplitude et la phase du courant qui circule dans chaque élément mais aussi de la direction dans laquelle se situe le point de mesure car elle modifie la distance de ce point par rapport à chaque élément et donc la phase des différents champs.

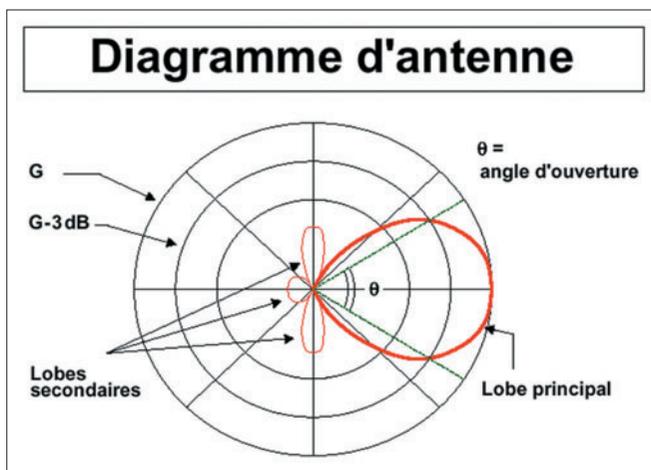
Tout l'intérêt de l'antenne Yagi-Uda résulte dans cette addition des champs qui permet d'obtenir un champ renforcé dans la direction utile et diminué dans les autres directions, grâce à une position et des longueurs précises des éléments qui la constituent.

Sur le plan électrique, la conséquence de cette directivité est une diminution de la partie résistive de l'impédance de l'antenne et donc, à puissance constante, une augmentation du courant qui la parcourt avec pour risque d'augmenter les éventuelles pertes par effet Joule en cas de présence significative de tout élément non parfaitement conducteur.

Par ailleurs, si l'antenne n'est pas utilisée en espace libre, c'est-à-dire en dehors de toute influence extérieure, les résultats obtenus seront différents et pour une raison très simple : d'une part l'antenne subira les effets de tout obstacle électriquement non neutre et suffisamment proche pour constituer un élément parasite qui interviendra dans le processus décrit ci-dessus et la sommation des multiples champs ainsi constitués aboutira à un diagramme de rayonnement par nature différent, et d'autre part le champ rayonné par l'antenne sera très certainement plus ou moins dévié et atténué (réflexion, diffraction).

Champ proche, champ lointain

Le diagramme de rayonnement dans la région proche d'une antenne (figure 2) n'est pas similaire à celui existant à plus grande distance. L'expression champ proche s'applique au plus près de l'antenne et est aussi appelé champ d'induction. L'expression champ lointain s'applique à la région qui est en dehors du champ proche et est aussi appelé champ de rayonnement. En champ proche, la structure du champ électromagnétique peut être fortement hétérogène. Cela signifie que l'on peut avoir des champs presque exclusivement magnétiques dans certaines zones et des champs presque exclusivement électriques dans d'autres, ce qui complique les mesures et leur interprétation. Pour évaluer la puissance rayonnée, les mesures sont généralement effectuées en zone de champ lointain, à une distance suffisante pour être situé



bien en dehors de la zone de champ proche. La distance minimum est fonction des dimensions de l'antenne par rapport à la longueur d'onde et la formule habituellement retenue est la suivante :

$$D_{\min} = 2 L^2 / \lambda$$

avec :

D_{\min} = distance minimum de l'antenne

L = dimension la plus grande de l'antenne

λ (lambda) = longueur d'onde

LE SOL

Sol parfait

Surface considérée comme parfaitement plane, homogène et conductrice. N'est pas limitée à la seule partie située sous une antenne.

Sol terrestre réel

Dans la réalité, et sauf rares exceptions, le sol est parfaitement quelconque. Il est hétérogène, c'est-à-dire que ses caractéristiques (composition chimique, densité, etc.) varient en fonction de l'emplacement considéré, et en conséquence ses caractéristiques

électriques varient aussi (conductivité, permittivité, par exemple).

Conductivité

Caractérise la conduction électrique, c'est-à-dire la facilité avec laquelle un matériau conduit l'électricité dans des conditions physiques données. La conductivité est l'inverse de la résistivité. Un matériau bon conducteur a une grande conductivité, un matériau isolant a une faible conductivité. En ce qui concerne le sol, sa conductivité peut varier en fonction des jours et des saisons.

Représentée par "s" avec pour unité le siemens par mètre, $S \cdot m^{-1}$ (anciennement mho par mètre).

Exemple : ville : 0,001 S/m, sol moyen = 0,005 S/m, terrain humide = 0,015 S/m, eau douce (20 °C) = 0,003 S/m, eau de mer (20 °C) = 5 S/m pour $F < 30$ MHz.

Permittivité

Caractérise les effets d'un champ électrique sur un milieu et réciproquement.

La permittivité n'est généralement pas constante, elle peut varier avec l'humidité, la température, la fréquence du champ appliqué, etc. Lorsqu'un milieu donné est soumis à un champ électrique, il y a circulation d'un courant électrique.

Représentée par "e" avec pour unité le farad par mètre, $F \cdot m^{-1}$.

Constante diélectrique

La constante diélectrique "k", aussi appelée permittivité relative, se définit comme le rapport entre la permittivité "e" du matériau considéré et la permittivité du vide "e₀" qui est égale à $1 / (36 * \pi) * 10^{-9} F \cdot m^{-1}$, (soit 8,854187817. $10^{-12} F \cdot m^{-1}$).

Exemple : ville : k = 4, sol moyen : k = 15, terrain humide : k = 30, eau douce (20 °C) : k = 80, eau de mer (20 °C) : k = 70 pour $F < 30$ MHz.

Pénétration des ondes dans le sol

Plus la conductivité du sol est grande, moins une onde de fréquence donnée pénètre profondément dans le sol. Plus la fréquence d'une onde est grande, moins cette onde pénètre profondément dans le sol.

Réflexion sur le sol des ondes HF (3 - 30 MHz)

Si le sol est bon conducteur, les pertes seront modérées et le signal peu atténué. Par contre, si le sol est mauvais conducteur, les pertes sont plus importantes et le signal est affaibli.

À suivre...

Francis FÉRON

Les belles occasions de GES Nord

FACILITÉS DE PAIEMENT
(consultez-nous)

FACILITÉS DE PAIEMENT
(consultez-nous)

<p>Mark V Field 1 700,00 €</p> <p>FT-847 1 100,00 €</p> <p>FT-847 1 000,00 €</p> <p>G-450 (neuf)..... 300,00 €</p> <p>FC-36A Alim..... 150,00 €</p> <p>FT-757GXII + FC-757AT. 500,00 €</p>	<p>GES NORD</p>	<p>VX-110..... 140,00 €</p> <p>VR-120..... 200,00 €</p> <p>SP-8 150,00 €</p> <p>DVS-2 200,00 €</p> <p>etc., etc., ...et de nombreux</p> <p>AUTRES PRODUITS...</p>
--	------------------------	--

Tous nos appareils sont en parfait état

Email : Gesnord@wanadoo.fr
Josiane F5MVT et Paul F2YT toujours à votre écoute !

Nous expédions partout en FRANCE et à L'ÉTRANGER... CONTACTEZ-NOUS !

9, rue de l'Alouette - 62690 ESTRÉE-CAUCHY • C.C.P. Lille 7644.75W • Tél : 03 21 48 09 30 - Fax : 03 21 22 05 82