

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

La première partie de cet article (ensemble des définitions et détermination de la qualité du sol) était publiée dans notre précédent numéro. Dans cette seconde et dernière partie, l'auteur engage une discussion autour des facteurs qui agissent sur le rayonnement d'une antenne et termine par quelques observations qui pourront conduire le lecteur à mieux choisir son antenne.

© Photo 5HTC

## DEUXIÈME PARTIE ET FIN

### DISCUSSION

Essayons d'envisager une progression logique dans les phénomènes d'interaction entre une antenne et son environnement à partir des explications qui précèdent.

1 - Les rayonnements produits par une antenne se propagent normalement en ligne droite. En réalité, une combinaison des trois phénomènes suivants peut survenir et modifier les

ondes électromagnétiques : réflexion, réfraction et absorption. Des changements de direction et des pertes sont donc possibles dès lors que l'antenne n'est plus en espace libre (c'est-à-dire située à plus d'une dizaine de longueurs d'onde de tout élément parasite).

2 - Le diagramme de rayonnement d'une antenne et son impédance sont fonction de la répartition du courant dans son ou ses éléments. Seul l'espace libre peut être considéré comme neutre à cet égard.

3 - Tout élément parasite, donc non neutre, situé à proximité d'une antenne perturbe le fonctionnement de celle-ci. Ce principe peut être volontairement mis à profit pour obtenir une directivité souhaitée, mais il peut aussi être subi. C'est par exemple le cas lorsque le sol est proche de l'antenne.

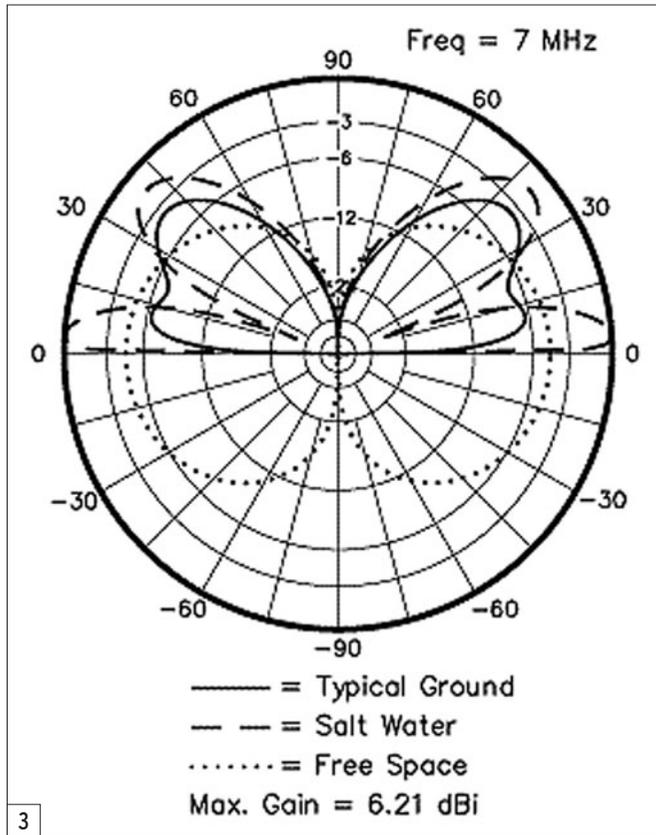
4 - Le champ électromagnétique, produit par l'élément radiateur de l'antenne, induit des courants dans les éventuels éléments parasites vou-

lus mais aussi dans tout élément plus ou moins conducteur situé dans l'environnement proche de l'antenne, le sol étant l'un de ceux-ci. Plus les éléments sont rapprochés, plus les courants sont élevés.

5 - Les courants induits dans les éléments parasites par le radiateur créent à leur tour des champs électromagnétiques rayonnés qui induisent eux aussi individuellement des courants dans les autres éléments, y compris dans le radiateur. Un équilibre se produit entre toutes ces ondes électromagnétiques qui interfèrent, et la répartition des courants en intensité et en phase concourt à la distribution du rayonnement définitif de l'antenne (voir dans la première partie : antenne Yagi-Uda).

6 - Sur le plan du fonctionnement électrique, si la présence d'un élément parasite volontaire ou involontaire modifie la répartition des courants, l'impédance de l'antenne est en conséquence aussi modifiée. Si les courants augmentent, la résistance de rayonnement diminue. Plus les courants sont élevés, plus le risque de pertes augmente, plus le rendement de l'antenne diminue. En présence de pertes importantes, la bande passante de l'antenne s'élargit car la résistance qui représente les pertes amortit les effets des variations de la résistance de rayonnement dans l'impédance totale présente au point d'alimentation.

7 - Si un élément parasite involontaire et imparfait, par exemple le sol, ne réfléchit pas parfaitement l'onde électromagnétique, une partie de celle-ci pénètre plus ou moins profondément dans le sol en induisant dans ce dernier un courant qui sera presque totalement consommé en chaleur. Ceci est d'autant plus vrai que la conductivité du sol est faible et que la fréquence de l'onde est basse. Si l'antenne est trop proche du sol, à une distance inférieure à environ  $1/5e$  de longueur d'onde, les pertes pourront être importantes car la zone de champ proche entre en contact avec



le sol. À moins de 1/20e de longueur d'onde, les pertes peuvent dépasser 70 à 80 % à la fréquence de 14 MHz.

8 - Le sol, s'il est bon conducteur et pas uniquement sous l'antenne, peut permettre d'augmenter le gain de

l'aérien dans une direction souhaitée (voir figure 3). Ce gain résulte du même phénomène décrit précédemment, à savoir l'augmentation ou la diminution du champ résultant de la mise en phase ou en opposition de phase des ondes directes de l'antenne horizontale et de l'onde réfléchi par le sol bon conducteur. Les caractéristiques de l'onde réfléchi dépendent de l'angle avec lequel l'onde incidente parvient au sol et de la hauteur de l'antenne par rapport au sol. Si le sol est mauvais conducteur, des pertes apparaissent et elles sont d'autant plus grandes que l'angle d'incidence de l'onde est important (il suffit d'imaginer les effets d'un ricochet).

9 - Le sol naturel est certes plus ou moins bon conducteur. Mais il a deux autres défauts, à l'exception de l'eau de mer : il n'est pas homogène et il est rarement parfaitement plan.

10 - Un sol non homogène présente des caractéristiques électriques qui fluctuent en fonction de l'endroit. Ceci influe sur la plus ou moins grande importance des phénomènes de réflexion, réfraction et absorption. Les changements de direction d'une onde incidente et son absorption sont difficilement prévisibles, à moins d'avoir la possibilité de faire des relevés géologiques sur une très grande surface.

11 - De la même manière, un sol non plan va créer des réflexions et réfractions difficilement prévisibles, à moins d'avoir la possibilité de faire des relevés topographiques sur une très grande surface.

12 - Enfin, tenter de calculer le diagramme de rayonnement d'une antenne installée au-dessus d'un sol imparfait et dans un environnement parasite semble fort difficile et contraignant si des résultats réalistes sont souhaités. La modélisation d'une telle installation nécessite une description minutieuse de très nombreux

FT-817ND

LES ACCESSOIRES TÉLÉPHONEZ!

TS-480SAT

YAESU

KENWOOD

BATIMA ELECTRONIC

ÉQUIPE AUSSI LES PROFESSIONNELS, LES GRANDS COMPTES, LES ADMINISTRATIONS...

IC-7000

LES ANTENNES TÉLÉPHONEZ!

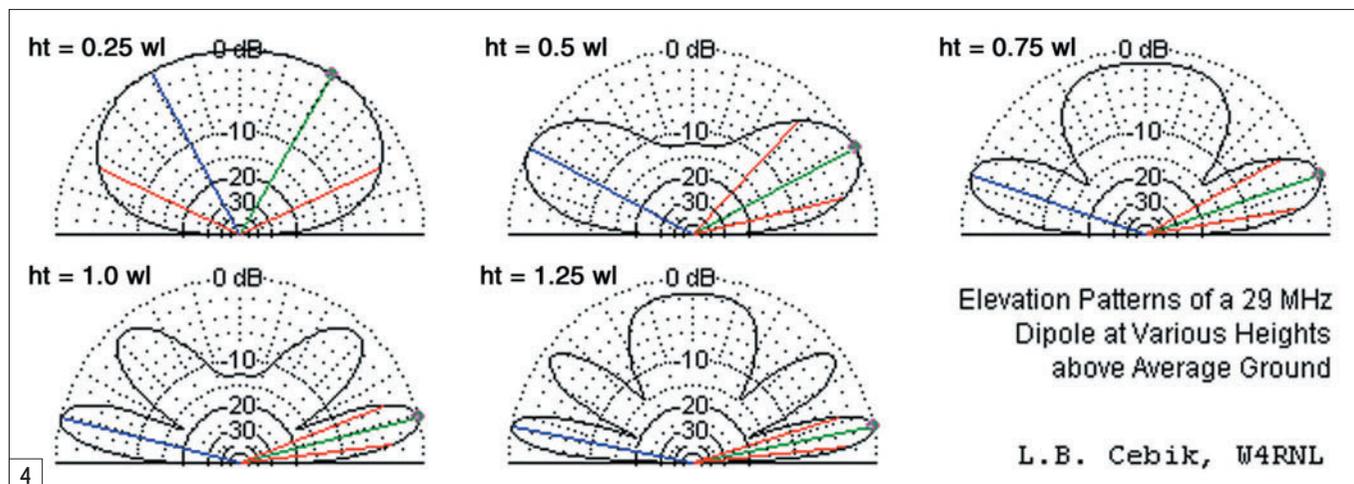
ICOM

03 88 78 00 12 **TÉLÉPHONEZ!** 03 88 78 00 12

MATÉRIELS AMATEUR, MATÉRIELS PRO, ATELIER DE DÉPANNAGE, ETUDES DE PROJETS

BATIMA ELECTRONIC - 118, rue du Maréchal Foch - F 67380 LINGOLSHEIM (STRASBOURG)  
 Fax : 03 88 76 17 97 - [www.batima-electronic.com](http://www.batima-electronic.com) - Email : [batima.electronic@wanadoo.fr](mailto:batima.electronic@wanadoo.fr)

TOUS LES MATINS, NOUS SOMMES À VOTRE DISPOSITION POUR VOUS CONSEILLER. Merci de téléphoner de préférence entre 9 et 12 heures.



paramètres et en prenant en compte des surfaces de sol qui vont bien au-delà de celle du terrain d'un pavillon de banlieue. Le traitement de cette somme de paramètres est tout autant contraignant et les choses se compliquent très rapidement. Certes, la puissance des ordinateurs actuels permet de faire de nombreux calculs très rapidement, mais il reste pour l'instant nécessaire de rassembler les données et les entrer dans le logiciel de calcul à la main. Une chose est à retenir et elle est confirmée par le résultat de modélisations : il est peut-être futile de chercher à optimiser les performances d'une antenne Yagi à 0,5 dB près pour son gain ou à 2 dB près pour son rapport AV/AR alors que le simple fait de la déplacer quelque peu en hauteur, ou de la tourner, au-dessus d'un sol quelconque, peut réduire immédiatement ces mêmes performances d'au moins 10 dB !

### CHOIX D'UNE ANTENNE

Le radioamateur souffre généralement d'un gros défaut : il dispose d'un choix considérable dans ses possibilités de trafic (bandes, modes, antennes, horaires) et il entend pouvoir profiter de tout ceci tout en

ne disposant que rarement des conditions souhaitables pour installer l'antenne qui convient. Il faut le répéter : les performances d'une station sont comme celle d'une antenne Yagi, si l'on veut du gain d'un côté, il faut accepter des pertes dans d'autres ! En conséquence, entre trafic français, européen et DX, il faut choisir...

À titre d'exemple (voir **tableau 1**), voici le meilleur choix pour une antenne destinée à la bande 14 MHz, entre un dipôle horizontal (H) et une antenne GP (V) aux diverses hauteurs par rapport au sol de 5, 10 ou 15 m, soit 1/4, 1/2 et 3/4 de longueur d'onde. La comparaison est effectuée entre les deux meilleures solutions possibles H et V (nota : il est question ici d'antennes monobande correctement alimentées et sans artifices (trappes, circuits d'accord, etc.).

Quelques conclusions pour une antenne 14 MHz :

- La hauteur d'installation est le critère principal.
- Le dipôle horizontal s'impose presque partout.
- Pour un trafic avec la France, l'Europe, les autres continents, il faut respectivement placer l'antenne horizontale à 1/4, 1/2 et 3/4 de

longueur d'onde du sol (la **figure 4** montre l'effet de la hauteur de l'antenne sur l'angle de départ pour un dipôle 29 MHz).

- L'antenne verticale prend seulement l'avantage lorsqu'elle est installée dans une zone très favorable (bord de mer) et elle peut alors être placée à 5 m de haut seulement pour un trafic européen et DX mais pas français.

### ANTENNE ALIMENTÉE AVEC LE SOL

Dans ce qui précède, il était question d'antennes alimentées de manière indépendante, sans intervention du sol, ce qui n'est pas le cas par exemple des antennes de type Marconi, qui sont des verticales quart-d'onde installées au niveau du sol. Dans ce cas, il existe une autre contrainte apportée par la plus ou moins bonne qualité de ce dernier et elle est du domaine électrique : une mauvaise conductibilité à par définition pour corollaire qu'il existe une résistance au passage du courant et, dans le cas d'une antenne verticale de type Marconi, cette résistance fait partie du circuit d'antenne et elle consomme de la puissance en chaleur et non en rayonnement. Ceci diminue d'autant le rendement de l'antenne et indépendamment du fait que, une fois adaptée, cette dernière puisse néanmoins présenter une charge non réactive de 50 ohms à l'émetteur et un ROS parfait de 1 dans la ligne de transmission. L'amélioration de la conductivité du sol à proximité de l'antenne, par exemple avec des radians, peut diminuer les pertes, mais elle n'améliore

malheureusement pas la qualité du sol dans sa partie "réflecteur parasite", zone située bien plus loin que la proximité immédiate de l'antenne.

### CONCLUSION

Les antennes pour les bandes décadiques sont installées à proximité du sol terrestre et souvent bien trop près chez les radioamateurs. Ce dernier agit pourtant sur leur fonctionnement et leurs performances, et dans des proportions qui sont loin d'être négligeables. En conséquence installer une antenne à la bonne place et à la bonne hauteur est très souvent plus important que de choisir l'antenne qui a les meilleures performances sur le papier, dans des conditions idéales.

### BIBLIOGRAPHIE

- *The ARRL Antenna Book*
- *Low Band DXing*, John Devoldere, ON4UN
- *The Horizontal Dipole over Lossy Ground*, Robert B. Sandell, W9RXC, Antenna Compendium #1, 1985, p. 148 à 151, ARRL
- *Propagation : Comment agit le couple antenne-sol*, Jean-Pierre BOURDIER, F6FQX, Radio-REF, juin 1989, p. 37 à 44.
- *L'antenne W8JK*, Francis FÉRON, F6AWN, MEGAHERTZ magazine n° 245, août 2003, p. 24 à 30.
- *MININEC & Compagnie*, Francis FÉRON, F6AWN, MEGAHERTZ magazine n° 249, décembre 2003, p. 34 à 39.

Francis FÉRON, F6AWN

	VILLE/BANLIEUE	CAMPAGNE	BORD DE MER
FRANCE	H-5m +12dB / V-10m	H-5m +12dB / V-10m	H-5m +12dB / V-10m
EUROPE	H-10m +3dB / V-15m	H-10m +5dB / V-15m	H-10m +3dB / V-5m
DX	H-15m +1.5dB / V-15m	H-15m +1.5dB / V-15m	V-5m +5dB / H-15m

Tableau 1.