

# LES ANTENNES VERTICALES MULTIBANDES

*Le quart d'onde, le dipôle demi-onde et leurs variantes en polarisation verticale.*

Dick BIRD, G4ZU/F6DIC

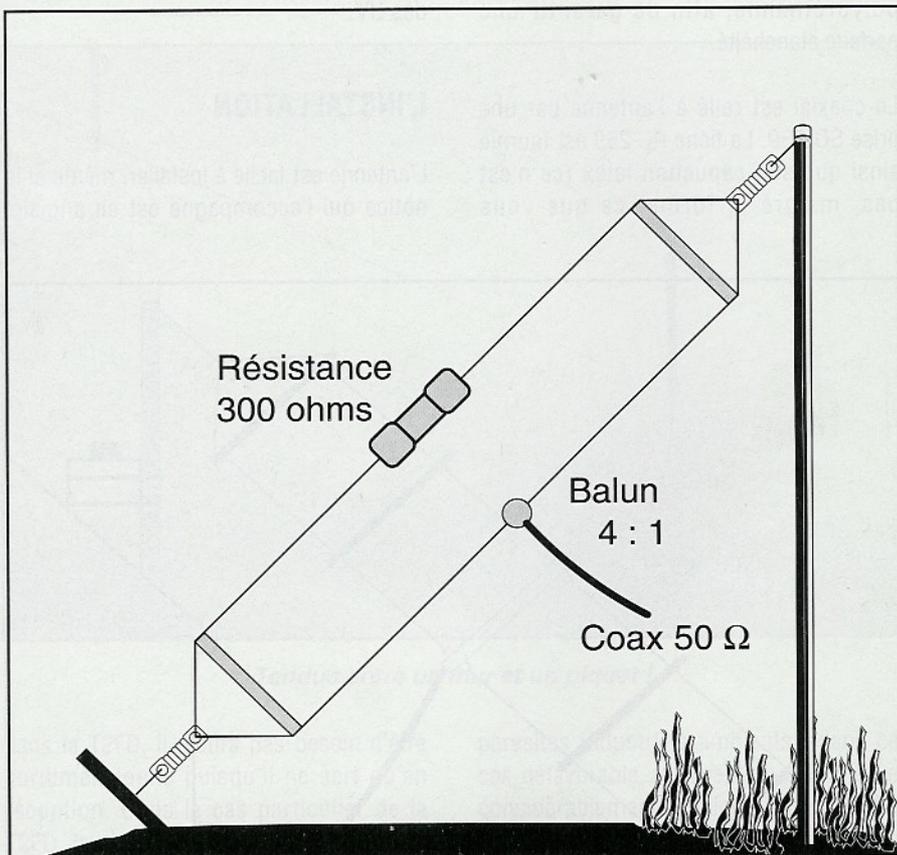
Traduit par F3TA

**E**n électronique, comme dans la plupart des autres disciplines, il est difficile d'éviter l'influence de la mode. Je me souviens encore de mon premier émetteur radio de 25 watts plein de cadrans et de galvanomètres montés sur panneaux d'aluminium poli dans un rack en acier de six pieds de haut (soit 1,80 mètres de nos jours) ! Depuis, nous en sommes venus aux profils bas de sorte que tous les appareils de mon shack sont disposés à l'horizontale et leur hauteur ne dépasse pas 20 à 25 centimètres.

Dans le domaine des antennes, il n'est donc pas surprenant de trouver aussi une telle tendance à la compacité.

Certes, la beam tri-bande à trappes reste populaire, mais devant la publicité agressive des fabricants d'antennes et le désir de sortir sur certaines "nouvelles" bandes telles que le 12, 17 et 30 mètres, on peut bien être tenté d'acquiescer l'une de ces nouvelles antennes verticales multibandes offertes sur le marché. Celles-ci exigent un plan de terre minimum tout en vous offrant une couverture de six, sept voire huit bandes sur une même "descente".

En raison de leur faible angle de départ, certains affirment que leurs performances sont supérieures à celles d'un dipôle horizontal. Pour cela, nous devons examiner le bien fondé de telles déclarations.



Certains constructeurs soutiennent que les avantages d'une antenne verticale ont été soigneusement vérifiés sur ordinateur par une analyse très poussée "en espace libre". Or je pense que la réalité diffère quelque peu de cette situation théorique. En "espace libre", les termes "vertical" et "horizontal" ne veulent pas dire grand chose, puisque la notion de "haut" et de "bas" n'existe pas telle que nous les connaissons sur terre. Tout ce que nous

pouvons affirmer sur un dipôle demi-onde infiniment mince situé en espace libre, c'est qu'il présente une impédance voisine de 75 ohms en son centre et que son diagramme de rayonnement est centré sur son axe longitudinal avec un nul sur ses extrémités (c. à d., un diagramme de révolution de forme toroïdale autour de cet axe). Toujours en espace libre, si nous supprimons une moitié du dipôle et que

nous la remplaçons par un plan de terre infini et parfaitement conducteur, nous pouvons affirmer avec raison que l'impédance du système sera réduite de moitié, elle sera donc de 37,5 ohms.

A puissance égale, cette diminution d'impédance se traduit par une augmentation du courant sur le point d'alimentation, ce qui est supposé augmenter le champ rayonné. En effet, la présence du plan de terre confine le rayonnement dans un seul hémisphère (demi-espace) et augmente ainsi "le gain directionnel". En raisonnant ainsi, on pourrait donc affirmer qu'en espace libre, le gain d'une antenne "ground plane" est supérieur à celui d'un simple dipôle demi-onde. Mais dans la réalité, ceci n'est plus vrai si nous comparons ces deux antennes à une hauteur normale au-dessus du sol.

## REVENONS SUR TERRE !

Examinons les choses point par point.

- 1) A une hauteur normale au-dessus du sol, les rayons horizontaux que nous utilisons sont bien moins efficaces qu'un plan de terre infini et parfait. Il faut donc s'attendre à des pertes à la terre.
- 2) Ces pertes à la terre se traduisent par une résistance mise en série sur le point d'alimentation. Toujours pour un ROS de 1 : 1, l'impédance théorique de 37,5 ohms a donc tendance à augmenter et à se rapprocher de 50 ohms, c'est à dire qu'une partie de la puissance de l'émetteur, soit 25 % ici, sera dissipée en chaleur par cette résistance supplémentaire !
- 3) Avec un dipôle demi-onde, il faut s'attendre à des pertes à la terre du même ordre de grandeur, mais comme son impédance de rayonnement est plus élevée, le rapport puissance utile rayonnée / pertes à la terre est plus faible. En outre le dipôle possède d'autres caractéristiques favorables telles que : ses dimensions physiques plus importantes et sa possibilité de fonctionner en co-linéaire avec son "image" virtuelle réfléchi par le plan de

terre. Pour toutes ces raisons je peux affirmer qu'à puissance égale, le champ d'un dipôle demi-onde vertical sera supérieur à celui d'un quart d'onde vertical muni d'un plan de terre.

4) Quoique l'usage d'un balun n'est pas nécessaire sur ces deux types d'antennes, le dipôle vertical a un inconvénient propre au dipôle : il exige que sa ligne d'alimentation lui soit perpendiculaire sur une longueur assez importante, sinon le champ rayonné est déformé. Diverses solutions ont été développées pour tenter de résoudre ce problème, examinons-en quelques unes.

## VARIANTES DU DIPOLE VERTICAL

Un dipôle demi-onde incliné (ou un quart d'onde vertical à un seul rayon incliné) représente un compromis intéressant entre le dipôle vertical et la "ground plane" conventionnelle : la ligne d'alimentation peut y parvenir sous un angle plus commode. Le "slopper", puisque c'est son nom, a des propriétés directives assez intéressantes : sous certains angles, son rapport avant-arrière approche celui d'une yagi conventionnelle à deux éléments !

Mais d'autres solutions existent pour contourner ce problème de ligne d'alimentation :

Prenons par exemple le cas du "dipôle coaxial" (sleeve dipole) souvent utilisé en VHF et UHF. La moitié inférieure de ce dipôle vertical utilise un tube métallique creux qui forme ainsi un manchon dans lequel passe la ligne. Par économie, vous pouvez remplacer ce manchon métallique par un tube de PVC recouvert de feuille d'aluminium ou de plusieurs longueurs de fil de cuivre coupés en quart d'onde fixés tout autour dans le sens vertical.

## LES "TRAPPES" DE LIGNE

Une autre solution consiste à utiliser la ligne elle-même pour simuler la moitié

inférieure du dipôle vertical. Elle consiste à insérer dans la ligne une trappe d'isolement au point correspondant à l'extrémité fictive du dipôle. Par la suite, cette trappe devra être soigneusement accordée pour faire résonner l'antenne sur la fréquence de travail. Cet accord est souvent obtenu par un condensateur ajustable monté en parallèle sur la trappe.

## AUTRES VARIANTES

De nombreuses antennes CB verticales pour le 27 MHz, utilisent une combinaison de trappe de ligne et de transformateur d'impédance. Celle-ci est placée sur le point d'alimentation de l'antenne et comporte parfois, de très courtes tiges radiales métalliques ajustables pour parfaire l'accord.

Certaines antennes verticales pour les bandes radio-amateur utilisent des techniques similaires, mais elles comportent aussi des trappes résonnantes judicieusement placées sur la partie supérieure de l'antenne pour couvrir plusieurs bandes. Sur certains modèles, il apparaît même que la terre se réduise au mât de support même et à quelques courts morceaux de rayons. Leur but est d'obtenir un R.O.S. raisonnable sur la plupart des bandes concernées. (Mais, dans ces conditions, la bande passante sur les bandes basses ne dépasse guère 20 à 30 kHz !).

## DERNIERES INNOVATIONS

Mon vieil ami W2RP a eu l'obligeance de me faire parvenir les détails d'une autre innovation récente. Elle fait appel à des stubs rectilignes pour faire résonner une simple brin de section décroissante et de dix mètres de long. Ce brin résonne en quart d'onde sur 40 mètres, en demi-onde sur 20 mètres, en 3/8 ème d'onde sur 15 mètres et en onde entière sur 10 mètres. Elle n'a donc pas de trappes, mais en son point d'alimentation, une série de tores de ferrite sont enfilés sur le câble coaxial. Ces ferrites sont supposées se

	3,5	7,0	10,5	14,0	17,5	21,0	24,5	28,0
Impédance	386.4+j364.3 Ω	908.4+j664.3 Ω	927.4-j168.9 Ω	464.8+j270.3 Ω	771.7+j945.1 Ω	2908.3-j819.4 Ω	220.7-j655.5 Ω	53.1-j50.1 Ω
TOS	2.85	4.77	3.21	2.28	6.67	10.47	8.47	5.81
Pertes	30.57 dB	15.89 dB	7.04 dB	2.77 dB	1.49 dB	1.56 dB	3.41 dB	3.48 dB
Rendement	0.1%	2.6%	19.8%	52.8%	71.0%	69.9%	45.6%	44.9%
Gain AV	-31.37 dB	-16.77 dB	-8.21 dB	-4.21 dB	-2.84 dB	-2.15 dB	-2.02 dB	-2.13 dB
Rapport AV/AR	2.04 dB	2.62 dB	3.45 dB	4.75 dB	6.53 dB	7.03 dB	4.79 dB	-0.10 dB

comporter comme une trappe de ligne à large bande tout en empêchant la HF de revenir sur la tresse du câble.

La suppression des trappes classiques est certainement une bonne chose, quoique le nombre de bandes couvertes est limité à quatre. De toute façon cette antenne est très attrayante aussi bien par son aspect que par sa simplicité, mais nous devons attendre l'opinion des utilisateurs avant d'en commenter les performances.

## LES RESTES DU PASSÉ

Avant de clore cette discussion, je voudrais mentionner quelques antennes multi-bandes connues depuis longtemps.

La WINDOM et sa version plus récente alimentée par un câble coaxial telle que la FD4 commerciale, sont suffisamment bien connues pour ne pas être décrites ici.

Je me rappelle aussi vaguement d'une antenne commercialisée au Japon et destinée aux novices et aux SWL. C'était tout juste un long fil muni d'une résistance au carbone de 100 ohms / 25 watts mise en parallèle sur son point d'alimentation. Alimentée par un câble de 75 ohms, son R.O.S. sur toutes les bandes pouvait difficilement être inférieur à 1,5 : 1, mais évidemment, ceci restait vrai en utilisant tout simplement la résistance seule, comme une charge fictive ! Son manuel

recommandait d'y ajouter deux ou trois radians et suggérait d'ajuster le long fil pour obtenir de meilleurs résultats sur votre bande favorite. C'était certainement une antenne bon marché dont les performances n'étaient probablement pas inférieures à celles d'une "loop magnétique", mais votre puissance de sortie dépendait de la puissance dissipée par la résistance.

Cette dernière remarque s'applique aussi la TTFD (Tilted and Terminated Folded Dipole)\* récemment relancée par Yaesu. Il s'agit tout simplement d'un dipôle replié et "fermé" sur une résistance de charge (donc à l'opposé

du point d'alimentation). En cas de problème de R.O.S., Yaesu vous recommande d'installer l'une de ses boîtes d'accord automatique, d'où des frais supplémentaires !

En suivant cette logique, pourquoi ne pas utiliser tout simplement une bonne vieille Zeppelin alimentée en son centre (appelée aussi "Levy" ou "double Zepp") alimentée par une descente symétrique à l'aide d'une boîte d'accord de fabrication maison. Pour un prix modique, elle vous donnera un R.O.S. parfait de 1 : 1 sur toute fréquence comprise entre 1,6 et 30 MHz (bandes WARC comprises). Que voulez-vous de plus ?

### \* Note à propos de l'antenne "TTFD" :

C'est un dipôle replié terminé par un charge résistive. Sa longueur est voisine du tiers de l'onde entière ( $\lambda/3$ ) sur la bande de fréquence la plus basse. Il est incliné de 45° comme un "slopper", et son extrémité inférieure n'exige qu'un très faible dégagement par rapport au sol. La résistance de 300 ohm insérée sur le point opposé à celui d'alimentation est destinée à élargir sa bande passante et doit être capable de dissiper au moins la moitié de la puissance de l'émetteur, ce qui peut apporter une perte de 3 dB sur certaines bandes, mais ceci n'est pas mentionné dans la publicité.

Sur certaines fréquences, les courants sur les deux branches ne sont pas en phase et leurs champs rayonnés se retranchent : pour réduire cet effet, les deux branches doivent être espacées de 50 à 75 cm.

L'impédance au point d'alimentation n'est pas constante et sa valeur change quelque peu suivant la fréquence autour d'une valeur moyenne de 300 ohms. Son alimentation par un câble coaxial exige donc un balun de rapport 4 : 1, comme pour la Windom. Malgré tout, le R.O.S. peut dépasser 3 : 1 et c'est pour cette raison que Yaesu recommande l'usage de l'une de ses boîtes d'accord automatiques !

L'auteur pense qu'un simple dipôle replié, mais non fermé, fait de fil résistant récupéré sur un vieux radiateur de 1 kW, devrait donner les mêmes résultats avec l'avantage de supporter facilement 1 kW de HF grâce au refroidissement par l'air ambiant !!