

Cet article , seulement très légèrement modifié, mais sans en altérer le contenu original, est paru dans la revue "toute l'électronique", n°336, de Juin 1969, sous le plume de Ch Guilbert – F3LG, qui au cours du siècle passé fut l'auteur de nombreux articles de livres destinés aux radioamateurisme.

Pour la petite histoire, cette revue avait pour directeur E. AISBERG, hauteur du livre "la radio, mais c'est très simple", de renommée mondiale et qui à permis de démarrer dans la radio à beaucoup de passionnés, et dont les premières pages paraissaient dans le revue "toute le radio" de 1934.

J'ai expérimenté cette antenne ground-plane avec des résultats très intéressants. La longueur du brin rayonnant et des radiales faisait 5 m et était utilisée pour les bandes 20, 15 et 10 m (et pourrait être utilisées pour les bandes WARC qui n'existaient pas à l'époque.

L'auteur ne croit pas utile d'effectuer des comparaisons avec d'autres antennes, notamment à cause de la différence de polarisation des antennes et estime le bon fonctionnement de son antenne en fonction du trafic effectué. Il faut toutefois bien se rendre compte que cette méthode ne donne aucun renseignements sur les performances de l'antenne (son gain ou son diagramme de rayonnement), mais montre simplement que des QSO sont possibles; ce qui est vrais avec n'importe quelle antenne si la propagation le permet, et cela bien sur, avec des reports fonctions des performances de l'antenne.

En effet, pour estimer les performances d'une antenne, elle doit être comparée à une antenne de référence, en général, le doublet 2 fois $\lambda/4$ (dBd) ou l'antenne dite "isotrope" (dBi). Son efficacité (et non le rendement, bien qu'il intervienne dans les performances de l'antenne !!) dépendra de son gain, donc de son diagramme de rayonnement, qui dépend aussi de la hauteur au dessus du sol.

Mais il faut bien reconnaître que l'antenne verticale présente un diagramme de rayonnement très intéressant, et très favorable au DX (à l'abris d'obstacles radio électriques bien sur !!!)

Lorsque j'ai expérimenté cette antenne, je possédais une Lévy 2 x 15 m en "V inversé", et les résultats obtenus donnaient en général, la ground-plane gagnante, les reports étaient en général plus élevés avec cette antenne.

Mais la construction de cette antenne à surtout servi à montrer la validité de cette formule et que la construction d'antenne verticales multibandes reste simple et peux coûteuse à réaliser.

L'ANTENNE GROUD-PLANE (F3LG)

Depuis un certain temps, nous avons pensé qu'il n'était nullement impossible d'alimenter une antenne ground-plane par l'intermédiaire d'une ligne à ondes stationnaires. Mais le fait de bousculer l'habitude, solidement ancrée, de l'alimentation de ce type d'aérien par une ligne à ondes progressives, pouvait sembler insensé. C'est pourquoi, avant d'en venir aux résultats pratiques de nos essais, allons-nous reprendre, pour nos lecteurs, la justification préalable du bien fondé de nos expériences.

L'antenne ground-plane étant, en somme, une évolution de l'antenne Marconi, nous devons, tout d'abord, rappeler certains principes propres à celle-ci.

L'antenne Marconi

L'antenne Marconi se compose d'un conducteur vertical AT, dont l'extrémité inférieure T correspond à une prise de terre. On la présente généralement dans sa vibration en quart d'onde (fig. 1), mais tous les régimes montrant un ventre de tension au sommet A et un nœud de tension en T (autrement dit un nœud d'intensité en A et un ventre d'intensité en T) sont également viables. Ils correspondent à un nombre impair de quarts d'onde sur la partie AT (fig. 2).

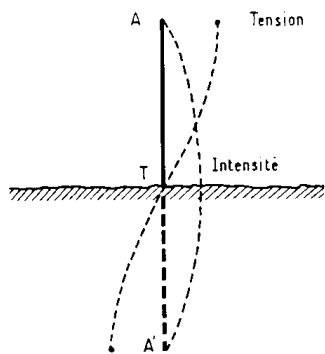


Fig 1

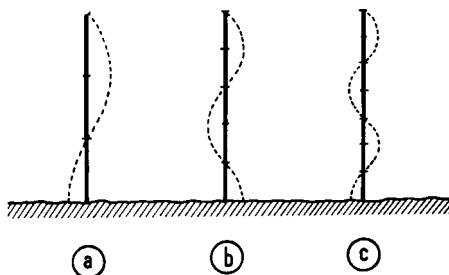


fig 2

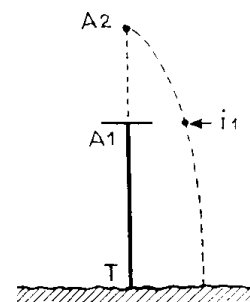


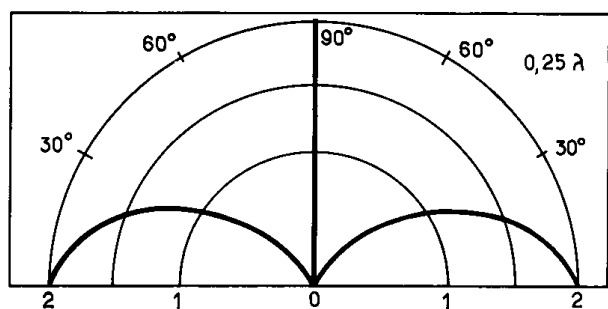
fig 3

On enseigne aussi qu'une image de l'antenne s'établit dans le sol, comme le représente en A' T, la figure 1. A l'intérieur du sol, sur cette image A' T de l'antenne se poursuivent virtuellement les courbes de répartition des ondes stationnaires siégeant sur l'antenne AT, ainsi qu'on peut encore le voir sur la même figure 1.

Par ailleurs, nous rappellerons au passage qu'une antenne Marconi peut recevoir, en son sommet, des « prolongements » de formes diverses, en faisant une antenne en T, en nappe ... (fig 3).

En présence d'un tel « prolongement », on conçoit sans peine que le nœud d'intensité ne peut plus se trouver en A, comme sur la figure 1.

Au sommet du fil vertical, en A, (fig. 3), une intensité I_1 existe encore, de sorte que pour arriver au nœud d'intensité, il faut prolonger la courbe jusqu'en A_2 . Et l'antenne en T (ou d'une autre forme) équivaut ainsi à une antenne verticale de hauteur $A_2 T$. Grâce à ce moyen, il est permis d'augmenter artificiellement cette hauteur efficace de l'aérien, et cette ressource d'allongement artificiel est valable pour tout type d'antenne.



D'un autre point de vue, on peut dire que cette ressource autorise, pour une longueur d'onde de travail donnée, une réduction des dimensions de l'aérien.

Fig 4

Le rayonnement dans le plan vertical

Au point de vue du rayonnement à distance et dans le cas d'une antenne Marconi, il est évident que dans le plan horizontal, on retrouve le classique cliché des cercles concentriques nés de la chute d'un caillou dans une eau tranquille. L'antenne est donc omnidirectionnelle. Mais, ce rayonnement dans le plan horizontal n'est pas le seul à considérer.

Pour une antenne Marconi vibrant en quart d'onde, le diagramme du rayonnement dans le plan vertical est représenté par la figure 4 et cela est avantageux pour les liaisons à grandes distances, puisque les pertes sont évidemment diminuées si le trajet de l'onde ne comporte qu'une seule réfraction, au lieu de plusieurs réfractions dans l'ionosphère et réflexions sur le sol (fig. 5).

Cependant, un rayonnement se tenant près du plan horizontal au départ de l'onde, n'est pas sans subir un grave inconvénient : celui d'une notable absorption d'énergie H.F. dans tous les obstacles rencontrés : constructions, canalisations métalliques, arbres, collines.

En examinant la figure 4, on remarque que tout le rayonnement d'une telle antenne quart d'onde Marconi est concentré juste au-dessus du plan horizontal, l'angle maximal avec ce dernier ne dépassant pas 30° . Mais, si quelques pertes par absorption surviennent, il reste encore de l'énergie H.F. pour « forcer le passage » au travers des obstacles, de sorte que la forme verticale d'un aérien est toujours avantageuse à ce titre.

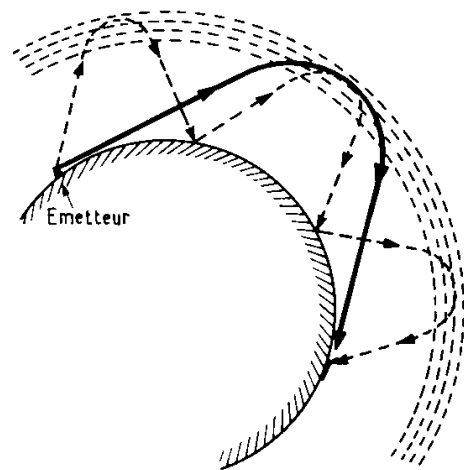


Fig 5

Or, cet inconvénient n'est pas sans remède.

Une réduction de ces phénomènes d'absorption est possible en surélevant l'antenne. Si l'on ne peut exhausser le sol pour « accompagner » l'antenne ... , il reste la ressource d'user d'un « sol artificiel ! » Et nous parvenons à l'antenne ground-plane de la figure 6, où ce « sol artificiel » est précisément formé par quatre conducteurs horizontaux de longueur égale à celle du conducteur vertical.

L'impédance au point d'alimentation

Afin d'éviter une lacune, il nous faut rappeler que dans un esprit de généralisation valable à la fois pour l'émission et la réception, on parle d'impédance de l'antenne au point de jonction de la ligne. Mais, dans le cas de l'émission, le terme équivalent de résistance de rayonnement reprend une valeur plus explicite. En effet, si l'on considère le fait qu'une puissance H.F. W quitte l'antenne, par rayonnement, et que l'on mesure alors une intensité I au ventre d'intensité de l'onde stationnaire (point de jonction à la ligne), on aura selon la formule bien connue : $R = W / I^2$ et tout se passe comme si cette puissance W avait été dissipée dans une résistance R . C'est cette dernière valeur qu'on nomme la résistance de rayonnement ou l'impédance de l'antenne.

L'antenne ground-plane

Revenant à l'antenne ground-plane de la figure 6., dans la forme orthodoxe, on donne au brin rayonnant vertical, de même qu'aux quatre brins du «sol artificiel », une longueur égale à $\lambda/4$ pour la fréquence de travail prévue.

De même que pour l'antenne Marconi, l'impédance est de 36Ω (et purement résistive) entre la base du brin vertical et le sol artificiel, lors de cette vibration en $\lambda / 4$ (c'est-à-dire de la présence du ventre d'intensité à la base du brin vertical).

Les «bonnes habitudes» veulent alors qu'on songe à connecter entre ce dernier point et le sol artificiel, une ligne à ondes progressives en câble coaxial! Mais, une difficulté survient : les câbles coaxiaux de fabrication courante ont une impédance caractéristique de 75 ou de 52Ω , de sorte qu'ils ne peuvent valablement recevoir pour terminaison, une impédance réelle de 36Ω , trop différente de leur impédance caractéristique!

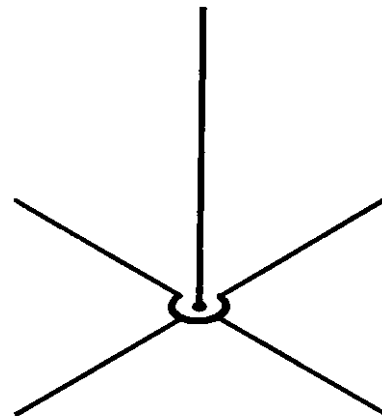


Fig 6

Supposons qu'on rabatte verticalement les quatre brins du « sol artificiel », comme l'indique la figure 7. Les essais pratiques montrent alors que l'antenne retrouve le comportement d'un classique doublet, capable de vibrer en demi-onde sur son ensemble et présentant une impédance de l'ordre de 73Ω à la coupure médiane, c'est à dire entre la base du brin vertical et la jonction supérieure des quatre brins formant son autre moitié.

Mais il est évident que ces quatre derniers brins ont ainsi perdu toute propriété de « sol artificiel » et que l'antenne n'est plus une ground-plane!



Toutefois, si l'on considère que l'impédance varie de 36Ω , avec les brins du « sol artificiel » situés dans le plan horizontal, à 73Ω avec ces mêmes brins abaissés à la verticale, on admettra que, pour une certaine position oblique intermédiaire, cette impédance passe par la valeur de 52Ω à la base de l'élément vertical, autorisant ipso facto le branchement direct d'un câble coaxial de 52Ω d'impédance caractéristique (le conducteur axial étant relié à la base du brin vertical et la gaine à la jonction des quatre brins du « sol artificiel »).

Notons cependant que cette dernière n'est pas la seule qui soit possible. Il existe aussi les ressources de la ligne quart d'onde transformateur d'impédance, connectée entre la base de l'antenne et une ligne à ondes progressives faite d'un câble coaxial 75Ω , par exemple; ou encore celle du « brin vertical » constitué par un trombone adaptateur d'impédances.

Fig 7

Mais, s'il était bon de mentionner ces détails, nous ne voulons pas nous y attarder, puisque la solution envisagée par nous est différente. Mais soulignons ce point essentiel que l'antenne ground-plane réalisée conformément aux principes habituels reste obligatoirement liée à la longueur de $\lambda/4$ pour chacune de ses parties, et que, de ce fait, elle ne peut être qu'un aérien monobande.

Perdons nos « habitudes » !

Si nous rapprochons les figures 1 et 6, il devient parfaitement admissible de penser qu'au-dessous du «sol artificiel» d'une antenne ground-plane s'établit, tout comme pour l'antenne Marconi, l'image du brin rayonnant vertical.

Or, les deux parties AT et TA' de la figure 1 deviennent, de la sorte, les deux moitiés d'un doublet vertical auquel on serait parfaitement en droit d'appliquer les mêmes méthodes d'alimentation par ligne accordée, que pour une classique antenne Lévy.

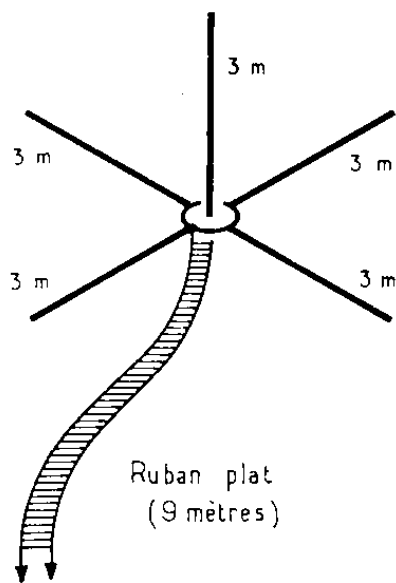


Fig 8

Et de même que pour cette dernière, il est prévisible que les ondes stationnaires n'ayant pas trouvé place sur la partie rayonnante du système, pourront se trouver inscrites sur la ligne.

On arrive ainsi à une antenne ground-plane dont les divers brins n'auraient plus à être taillés pour une fréquence donnée, c'est-à-dire à une antenne ground-plane multibande !

Cependant, nous devons faire une importante remarque. Dans le cas d'une antenne ground-plane classique, au point de jonction des quatre brins horizontaux, comme à la base du brin vertical, se tiennent toujours des nœuds de tension, ce qui autorise la mise à la terre du dit point de jonction des brins horizontaux. Or, dans le fonctionnement multibande, les nœuds de tension pourront fort bien se trouver assez éloignés de ces points et siéger quelque part sur le brin vertical... les brins horizontaux ... ou encore sur la ligne.

Il en résulte que la dite jonction des brins horizontaux devra obligatoirement être bien isolée de la terre.

Afin de savoir comment ces idées inaccoutumées se vérifieraient dans la pratique, il ne restait qu'à passer à l'expérimentation.

Les essais

Pour nos essais, nous avons voulu nous écarter des «habitudes» en donnant à l'antenne des dimensions assez différentes (et même notablement pour certaines bandes) de l'immanquable quart d'onde.

Nous avons donc choisi, pour le conducteur vertical, de même que pour les quatre brins du « sol artificiel », une longueur de 3 m et nous avons constitué ces éléments par ce que nous avons immédiatement sous la main, c'est-à-dire à l'aide de barres de Duralumin de 6 mm de diamètre (cela n'étant qu'un détail, mais non une précision, ce diamètre n'étant nullement critique).

Nous aurions pu réaliser la ligne au moyen de deux fils maintenus à 10 ou 12 cm l'un de l'autre, grâce à des espaceurs en matière plastique, mais pour une raison de commodité au cours de nos essais, nous avons employé du «ruban plat» (ou twin-lead). Nous nous abstenons d'ajouter « 300 Ω », car dans une telle ligne à ondes stationnaires, l'impédance caractéristique n'a pas à être prise en considération, seule comptant la répartition des ondes stationnaires. Quant à l'impédance (tout court), celle-ci étant continuellement changeante d'un point à l'autre de la ligne, en fonction de la répartition de ces ondes stationnaires, on conçoit combien une idée « d'adaptation d'impédances » peut être absurde dans ces conditions de travail.

Pour aller jusqu'à l'émetteur, il fallait 9 m de ligne et nous avons coupé le ruban plat à cette longueur, celle-ci n'étant nullement imposée.

Dans le cas de la figure 8, nous dirons donc qu'une moitié d'antenne comprenait ainsi 3 m de conducteur d'antenne, plus l'équivalent en ligne à fils espacés, des 9 m de ruban plat. Pour ce dernier, le coefficient de vitesse étant de 0,82, une longueur de 0,82 m de ruban plat se comporte donc, à l'égard de la répartition des ondes stationnaires, de la même manière qu'un mètre de ligne à fils espacés.

Ainsi, nos 9 m de ruban plat sont à transformer, pour les calculs, en $9/0,82 = 10,97$ m de ligne à fils espacés, de sorte qu'une moitié de notre antenne expérimentale correspondait à $3 + 10,97 = 13,97$ m.

En examinant la répartition des ondes stationnaires, on voit qu'au bout de 13,97 m, on se trouve:

- Sur la bande 7 MHz : un peu après un ventre d'intensité;
- Sur la bande 14 MHz: un peu avant un ventre d'intensité;
- Sur la bande 21 MHz: tout près d'un nœud d'intensité;
- Sur la bande 28 MHz : après un ventre d'intensité et avant le nœud qui lui fait suite.

Dans ces conditions, on vérifie que l'ensemble s'accorde avec une extrême facilité en série (fig. 9a) sur les bandes 7, 14,28 MHz, à condition de choisir le nombre de tours convenable à la bobine de couplage. Sur la bande 21 MHz, l'accord s'opère en parallèle (fig. 9b) avec une bobine de couplage de 3 ou 4 tours.

Mais il est évident que d'autres longueurs auraient été viables, tant pour la ligne que pour l'antenne, en usant judicieusement, au bas de la première, du mode d'accord série ou parallèle convenable.

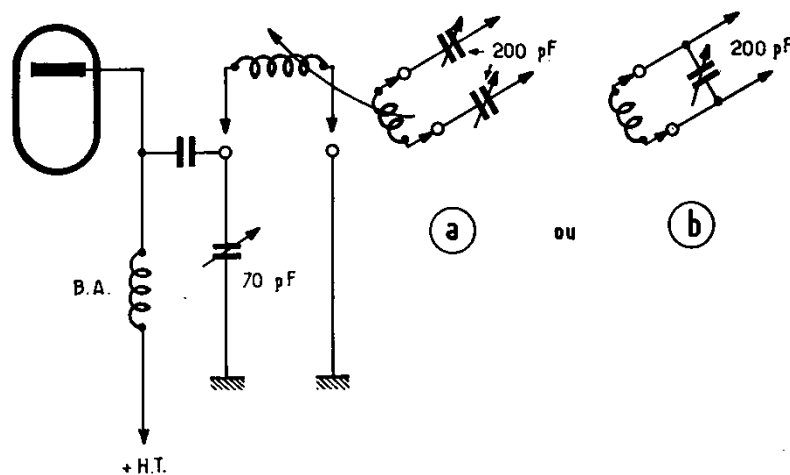


Fig 9

Les résultats

En toute chose, c'est le résultat qui compte ... et notre antenne, en dépit de sa forme « inhabituelle », s'est comportée d'excellente manière, avec des performances en DX remarquables. Sur les bandes où les dimensions de la partie rayonnante restaient voisines des valeurs classiques, c'est-à-dire sur les bandes 28 et 21 MHz, cela n'était pas surprenant. Bien que l'écart avec les dimensions normales devint notable pour la bande 14 MHz, lesdites performances y demeurèrent excellentes ... Et sur la bande 7 MHz, elles se montrèrent encore fort bonnes ... alors que notre brin vertical de 3 m était tout de même bien petit devant les 10 m nécessaires au quart d'onde orthodoxe taillé pour cette bande!

Ces résultats prouvent que, tout comme pour une antenne Lévy, on « case » sur la ligne, la partie d'ondes stationnaires ne pouvant trouver place sur l'antenne.

De toute manière et quoi qu'on puisse penser, les résultats sont présents: l'antenne est réellement multibande; elle profite, grâce au mode d'alimentation par ligne accordée, d'un accord d'ensemble toujours précis; elle rayonne de façon remarquable (surtout pour les liaisons à grande distance) ... Que demander de mieux!

Les comparaisons

Peut-on comparer le comportement d'une telle antenne à celui d'une autre, grâce à diverses mesures? Nous croyons qu'il est préférable de s'en abstenir, en raison même des dissemblances. En effet, la polarisation de l'antenne ground-plane est verticale, alors que celle des antennes ordinaires est généralement horizontale; d'autre part, ces derniers aériens montrent des diagrammes de directivité (dans les plans horizontal et vertical) assez variés, alors que l'antenne ground-plane présente un rayonnement omnidirectionnel concentré au voisinage du plan horizontal.

Mieux vaut donc n'évaluer les performances de l'antenne que par les liaisons effectuées, tout en basant les observations sur une période de temps suffisamment grande pour que soit évitée l'influence des « accidents » aux conditions de propagation.

Ainsi est-il permis de conclure à un très bon comportement de cette antenne ground-plane multibande, alimentée par ligne accordée.

Le cas de l'antenne Lévy verticale

Avec les mêmes avantages à l'égard du fonctionnement multibande (en raison de l'accord de la ligne d'alimentation), il est souvent facile d'installer verticalement le dipôle d'une antenne Lévy.

Les diagrammes de rayonnement dans le plan vertical dépendent alors de la hauteur (exprimée en A) entre le milieu de l'antenne et le sol. (Nous avons donné la série de ces diagrammes dans chacun des deux livres précités).

Nous nous bornerons à noter ici que si ces tracés font apparaître divers lobes sans utilité parce que correspondant à des angles trop grands au-dessus de l'horizon, il demeure dans tous les cas, un lobe se tenant dans le plan horizontal, et c'est grâce à ce dernier qu'une antenne Lévy verticale se révèle toujours très efficace pour le trafic aux grandes distances.

Conclusion

Nos essais ont confirmé qu'il était parfois profitable de savoir s'écarter des habitudes et de la routine!

Et cette nouvelle formule d'antenne d'antenne ground-plane multibande alimentée par ligne accordée réservera de bonnes surprises à ceux qui l'expérimenteront à leur tour.

Ch. GUILBERT F3LG