

Antenne boucle "girouette"

Cet article est la concaténation de deux articles :

- D'une part, la traduction d'un article de John Portune, W6NBC et Fred Adams, WD6ACJ, par Antoine Guichard F1AYO, publiée dans Radio-REF de mars 2020,

- Et d'autre part, un retour sur cet article par F5NB, publié dans Radio-REF d'avril 2020.

1 - Première partie : L'article original.

Mon antenne ? C'est ma girouette !

Par John Portune, W6NBC et Fred Adams, WD6ACJ

Traduction : Antoine Guichard F1AYO

Note du Traducteur.

John Portune, W6NBC, a publié cette antenne dans QST en août 2005. Je l'ai découverte en travaillant sur l'antenne Cube, article paru dans Radio-REF en janvier 2020. J'ai pensé que cela pouvait être utile à certains OM, qui ont parfois quelques soucis avec leur voisinage. Je pense notamment aux OM qui, en préparant leurs licences au Radio Club F6KGC, pensaient déjà à leurs systèmes d'aériens. Et c'est une idée plutôt drôle ! Je vous donne à la fin une liste de matériel adaptée à nos standards de mesure avec les dimensions qui ont été modifiés sur les figures. Pour la girouette, chacun la construira selon ses goûts.

Je pense qu'il ne sera pas facile de trouver le raccord en croix qui tient tout le système et dans ce cas un bricolage sera nécessaire. Il ne faudra pas oublier que toute partie métallique placée dans la zone où se trouve la boucle de couplage agira fortement sur les réglages et les performances de l'antenne. C'est d'ailleurs pour cela que le bras de la girouette placée au dessus doit être en PVC.

Pour cette réalisation, je pense qu'il vaut mieux utiliser du tube PVC sanitaire plutôt que du tube électrique IRO.

Ce que dit W6NBC :

Avoir de bonnes relations avec une association de propriétaires n'est pas une chose facile, Beaucoup d'OM doivent souvent se chamailler avec leur voisinage et se contenter de compromis plus ou moins valables. Pourquoi ne pas combiner une boucle magnétique avec une girouette et placer l'ensemble en pleine vue ? D'ailleurs, l'une de mes voisines m'a demandé où j'avais trouvé la mienne pour s'en procurer une.

Les boucles compactes, plus souvent appelées « boucles magnétiques », existent depuis des années. Ce sont de petites boucles rayonnantes, de diamètre un peu moins que le 10^e de longueur d'onde. On en a vu récemment, en HF principalement pour lesquelles leurs petites dimensions leur donnent un grand attrait. Mais elles fonctionnent aussi très bien sur d'autres bandes. En voici une sur 2 mètres. Avec une remarquable efficacité de 93%, cette version VHF rayonne comme un dipôle ou une J-pôle, mais en occupant un espace de 220 cm² seulement. Ce qui est mieux encore, c'est qu'elle est déguisée en une jolie girouette. Vos voisins ne devineront jamais que ce coq cache votre indicatif ! (figure 1).

Ce qui rend une antenne magnétique si facile à camoufler, c'est non seulement ses dimensions, mais son type de rayonnement. Ceci peut vous surprendre, mais une boucle magnétique horizontale compacte rayonne comme un dipôle demi onde, placé sur l'axe vertical de la boucle [NDT : attention, diagramme d'un dipôle Vertical raccourci, mais polarisation Horizontale et pas Verticale !]. Et pourtant, on ne voit rien d'autre que le support des lettres indiquant la direction de la girouette (cf. figure 1).

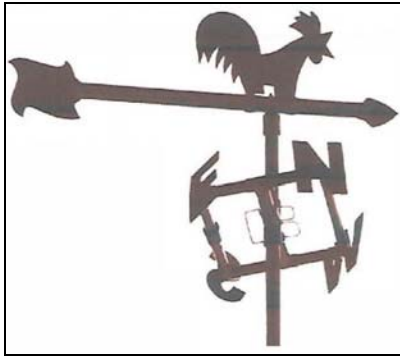


Figure 1 : Où est l'antenne ?

Il y a pourtant une restriction : les boucles magnétiques doivent être construites avec des conducteurs à faible résistance (nous en parlerons plus loin). En conséquence, nous construirons l'antenne avec du tube de cuivre de plomberie. Par ailleurs, les boucles magnétiques ont une bande passante assez étroite. Mais en pratique la bande passante est plus large (dans notre cas elle est de 600 à 700 kHz). La figure 2 indique la courbe du ROS. [NDT : Pour la France, centrer le minimum de ROS sur 145 MHz].

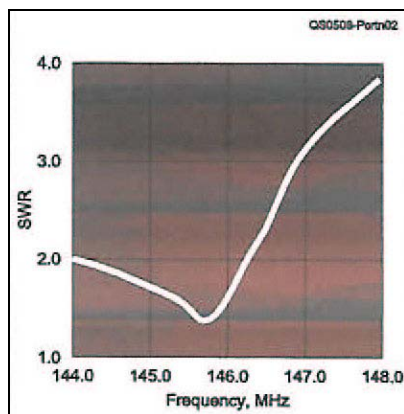


Figure 2 : ROS de mon antenne terminée

D'un autre côté, une bande étroite signifie une augmentation du rapport signal/bruit. Dans un environnement bruyant, une boucle magnétique permettra une meilleure sélectivité qu'un dipôle ou une antenne en J. Et paraît-il, elle fonctionne mieux près du sol ou près d'autres objets.

Construction.

Tous les matériaux sont courants en quincaillerie ou en magasin de bricolage. Je conseille vivement un coupe-tube pour couper à la longueur les tubes de cuivre ou de PVC. Selon les marques de tubes ou de raccords, il sera nécessaire de faire de légers ajustements sur les dimensions proposées, Mais ne vous inquiétez pas, il n'est pas nécessaire de rechercher une

grande précision ! L'antenne se réglera très bien si les dimensions varient dans une fourchette de ± 3 mm.

Ce qui va demander le plus d'attention, c'est le réducteur 18/12 qui servira de capacité d'accord dans l'échancrure de la boucle. Il faudra limer ou poncer l'intérieur de ce raccord, pour qu'il puisse glisser facilement sur le tube de 12. Il faut prévoir une course d'environ 1,6 cm et pratiquer une fente pour y insérer une vis de blocage. A l'achat, ce type de raccord est trop juste et on ne pourrait pas régler l'antenne facilement.

Important !

Il ne faut pas couper le tube portant le raccord réducteur en deux parties. Il faut au contraire couper une longueur égale à celle du côté opposé. Après soudure, vous couperez un espace au centre, ce qui permettra un alignement correct de la capacité d'accord.

Pour la soudure, nettoyez soigneusement tous les joints, et appliquez un peu de flux décapant. Employez de préférence un chalumeau au butane et de la soudure à l'étain, pas de la brasure à l'argent. Soudez avec parcimonie, on ne cherche pas à avoir un système étanche à l'eau. En HF, l'effet de peau rend une faible résistance en courant continu peu significative. Placez la boucle à plat pendant les opérations de soudure, en la fixant fermement si nécessaire.

Important (suite)

La capacité d'accord, soit le raccord réducteur, ne doit pas être en place au moment de la soudure. Vous le poserez ultérieurement. De même, il ne faut surtout pas souder le raccord indiqué sur la figure 3A, sinon le montage de la boucle devient impossible.

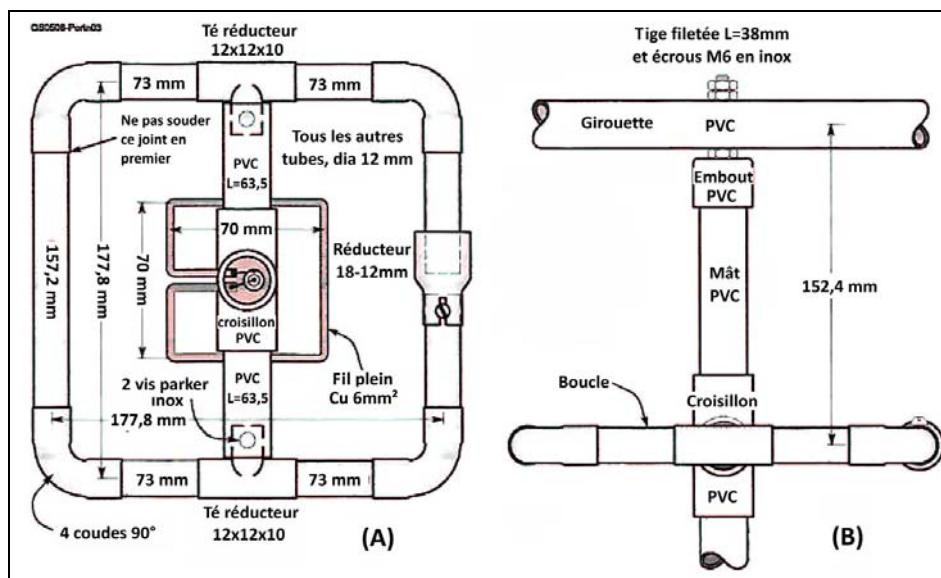


Figure 3 : Plan coté de la boucle avec détail de la fixation de la girouette

Après cette première phase de soudure, découpez une longueur de 12,7 mm au centre de la longueur de tube où doit se placer la capacité d'accord. Prévoyez aussi un trou pour une vis auto taraudeuse pour bloquer le raccord réducteur (figure 3A).

Vous pouvez alors couper les deux morceaux de tube PVC qui serviront de support. Notez que les raccords en T sont du type réducteur (12x12x10), la partie droite de diamètre 12 et la dérivation de diamètre 10 [NDT : Pas évident à trouver chez nous. Sinon, souder un petit bout de tube 12x10 dans la dérivation]. Prévoyez deux autres vis auto taraudeuses pour empêcher la boucle de tourner.

Ensuite, collez les tubes de PVC sur le raccord central en croix, mettez toutes les pièces en place, et soudez le dernier raccord. Pour cette dernière soudure, pensez à entourer de chiffons humides les pièces en PVC et les raccords en T, pour éviter des dégâts causés par la chaleur.

L'alimentation.

Pour l'adaptation à 50Ω , je préfère une boucle inductive, comme le montre le dessin. Il y a bien entendu, d'autres méthodes qui fonctionnent, comme par exemple le gamma match. Mais c'est souvent plus difficile à fabriquer. Je n'ai essayé que deux boucles de couplages lors de mon travail sur le prototype, pour trouver la bonne dimension. Il semble que les boucles magnétiques fonctionnent mieux avec des boucles inductives dont la taille est le tiers de la boucle principale [NDT : dépend de la taille de la boucle]. Ayant obtenu un bon résultat, je n'ai pas cherché plus loin.

Mais vous pouvez, bien sûr essayer d'améliorer le couplage, en étirant ou en comprimant la boucle inductive. Cette boucle est faite de fil en cuivre nu d'électricien de 6 mm^2 . Percez des trous dans les tubes PVC et insérez le fil en lui donnant au fur et à mesure la forme désirée. Pour la protection du raccordement, soudez le câble coaxial à l'intérieur de la croix.

Idéalement on devrait utiliser un balun, mais je n'ai pas vraiment remarqué de différence avec ou sans. Par précaution, vous pouvez enfiler sur le coaxial et dans la croix quelques petits tores VHF, en les protégeant avec une gaine thermorétractable, ce qui limitera les courants de gaine.

La girouette.

J'ai découpé les parties décoratives dans des matériaux de récupération. Il y a sur le WEB, quantité de modèles dont vous pouvez vous inspirer. Vous pouvez utiliser ceux de la figure 1 ou suivre votre inspiration. Seule contrainte : Ne pas utiliser du métal pour aucune de ces pièces, ce qui modifierait les caractéristiques de l'antenne (Figure 3B).

Pour le bras rotatif, il faut considérer deux choses. En supposant qu'il supporte un coq, l'extrémité du bras côté queue doit porter une face assez grande, pour avoir une plus grande prise au vent. De ce fait l'extrémité côté tête doit être lestée, pour que la tête vienne face au vent. J'ai collé des plombs de pêche dans le bras. Pour tenir la silhouette, faire des fentes dans le bras et coller les pièces.

Ensuite, le trou recevant le pivot doit être percé au point d'équilibre, sinon le bras ne tournera pas facilement. La longueur de ce bras n'est pas critique, chez moi il fait environ 42 cm. Faites en sorte d'avoir un ensemble harmonieux. Collez les lettres dans les coins, en perçant pour passer un collier plastique pour renforcer la tenue au vent. Pour finir, peindre le tout avec une peinture pour extérieur de couleur sombre.

Le réglage.

Vous n'avez pas besoin pour cela d'appareillage spécial, un ROSmètre VHF et un transceiver VHF suffisent. A la mise au point du prototype, j'ai utilisé un grid-dip à FET pour le mettre dans les clous. Pour les autres constructions, je me suis servi d'un ROSmètre et d'un petit transceiver.

La technique de réglage est très simple : Placez le condensateur de réglage (le raccord réducteur), au minimum. Appliquez une puissance faible avec votre transceiver, et notez le ROS, à l'extrémité la plus haute de la bande, puis ensuite, à l'extrémité basse (une mesure à 146 MHz et une mesure à 144 MHz). Notez les valeurs obtenues. Avec le condensateur au minimum, le ROS sera mauvais sur 144 MHz, c'est normal, l'antenne devrait être réglée trop

haut en fréquence. Ne pas oublier de serrer fermement la vis de blocage avant de faire une mesure de ROS. Les premières mesures seront sans doute mauvaises, mais ce qui importe c'est la différence entre les mesures aux extrémités de la bande. D'ailleurs, ce n'est pas indispensable d'avoir des valeurs très basses.

Fermez progressivement la capacité en faisant des mesures haute et basse à chaque position. Vous devez obtenir une amélioration entre ces valeurs et arriver à une égalité entre la valeur du ROS à 146 et celle à 144 MHz. Si vous allez trop loin le ROS ne sera très bon que pour le bas de la bande, exactement l'inverse de ce qu'on avait au départ. Pour obtenir enfin une valeur de ROS de 1/1, il faudra jouer sur la boucle de couplage en la comprimant ou en l'étirant légèrement.

En général, je n'ai pas eu de problèmes avec les dimensions indiquées. L'ajustage de la capacité d'accord suffit pour obtenir un ROS convenable.

Liste du matériel :

2 x Tube Cu 12/10, L=157,2 mm,
4 x Tube Cu 12/10, L=73 mm
2 x Tube PVC dia 10 mm, L=63,5 mm
4 x Coude équerre Cu 12/10
2 x Tés Cu 12/12/10 (ou 12/12/12 + manchon 12/10)
1 x Raccord en croix en PVC dia 10 mm
1 x Tube PVC dia 10 mm, L=150 mm (à ajuster pour obtenir un espace de 152 mm minimum entre la boucle et le bras mobile)
1 Bouchon PVC pour dia 10 mm
Visserie inox pour les fixations.

2 - Deuxième partie : Analyse de l'article et suite.

Retour sur l'antenne "girouette"

Robert BERRANGER, F5NB

Le mois dernier, Antoine FIAYO, nous a présenté la traduction d'un article de QST écrit par W6NBC et WD6ACJ, au sujet de la réalisation d'une antenne 145 MHz compacte, de type boucle. L'originalité de cette antenne réside surtout dans son intégration à une girouette de toit. Techniquement les auteurs lui attribuent un fonctionnement peu orthodoxe ce qui me fournit un prétexte pour dissenter sur les antennes "boucle" de taille moyenne.

L'antenne "girouette"

Dans cet article, nous délaierons l'aspect "girouette" de l'antenne pour ne nous intéresser qu'à l'antenne elle-même. La figure 1 en présente une version "européanisée" munie d'une connexion au câble coaxial compatible avec un simulateur de type "NEC".

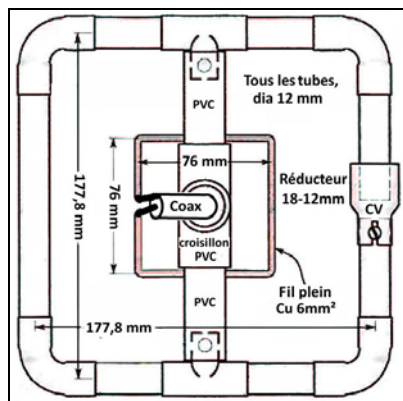


Figure 1 : L'antenne "girouette" de W6NBC avec des dimensions "européanisées" (d'après le dessin de W6NBC)

Avant de poursuivre, il est nécessaire de relire l'article de W6NBC dans le Radio-REF du mois dernier. On pourra y trouver les extraits suivants prêtant à réflexions :

- A) *"Les boucles compactes, plus souvent appelées « boucles magnétiques », existent depuis des années. Ce sont de petites boucles rayonnantes, de diamètre un peu moins que le 10^e de longueur d'onde."*
- B) *"Avec une remarquable efficacité de 93%, cette version VHF rayonne comme un dipôle ou une J-pôle, mais en occupant un espace de 360 cm² seulement."*
- C) *"Ce qui rend une antenne magnétique si facile à camoufler, c'est non seulement ses dimensions, mais son type de rayonnement. Ceci peut vous surprendre, mais une boucle magnétique horizontale compacte rayonne comme un dipôle demi onde, placé sur l'axe vertical de la boucle."*
- D) *"Par ailleurs, les boucles magnétiques ont une bande passante assez étroite. Mais en pratique la bande passante est plus large (dans notre cas elle est de 600 à 700 kHz)."*
- E) *"D'un autre côté, une bande étroite signifie une augmentation du rapport signal/bruit. Dans un environnement bruyant, une boucle magnétique permettra une meilleure sélectivité qu'un dipôle ou une antenne en J."*
- F) *"Soudez avec parcimonie, on ne cherche pas à avoir un système étanche à l'eau. En HF, l'effet de peau rend une faible résistance en courant continu peu significative."*
- G) *"Et paraît-il, elle fonctionne mieux près du sol ou près d'autres objets."*
- H) *"Idéalement on devrait utiliser un balun, mais je n'ai pas vraiment remarqué de différence avec ou sans".*

Examinons maintenant, une par une, ces huit assertions.

A – Boucles magnétiques ?

La boucle "magnétique" est aussi appelée "boucle élémentaire". Elle a ceci en commun avec le doublet élémentaire que l'on considère qu'elle est parcourue sur toute sa longueur par un courant constant en amplitude et en phase. Ceci n'est obtenu en pratique que pour des aériens très petits devant la longueur d'onde (L ou $\text{dia.} < \lambda/100$). Ainsi, si votre antenne fouet est munie d'une bobine cylindrique à sa base, chaque spire de la bobine constitue une boucle magnétique. La boucle magnétique est utilisée pour faire la mesure du champ E d'un champ électromagnétique car elle n'est pas sensible au champ électrostatique E_s ⁽¹⁾. Ensuite, connaissant le champ E et l'impédance du milieu (377Ω dans l'air), on obtient facilement la valeur du champ H. Les boucles magnétiques sont généralement utilisées pour faire des mesures d'induction en champs proches (CEM).

Concernant la boucle "girouette", elle a un diamètre de l'ordre de $\lambda/12$ et elle est déjà bien éloignée de la boucle magnétique. Nous avons sur la figure 2 les diagrammes comparatifs (en

dB) entre trois boucles carrées fermées : "magnétique" (élémentaire), taille "girouette" (pas de nom) et "quad" ($L=\lambda$).

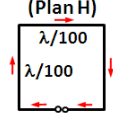
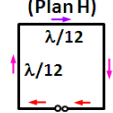
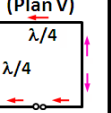
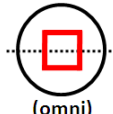
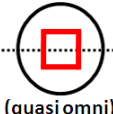
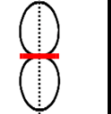
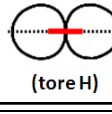
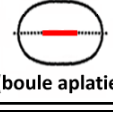
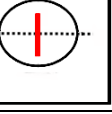
Boucle	"magnétique"	"girouette"	Quad
Géométrie (courants)	(Plan H) 	(Plan H) 	(Plan V) 
Diagramme Plan H	 (omni)	 (quasi omni)	
Diagramme Plan V	 (tore H)	 (boule aplatie)	

Figure 2 : Diagrammes pour trois types de boucles de longueurs différentes

Important : Ces trois boucles rayonnent ici en polarisation **horizontale**, car **seules** les parties horizontales rayonnent.

Noter le changement du plan de rayonnement entre l'antenne "magnétique" et la "quad". La taille pivot correspond à une longueur des côtés de $\lambda/8$. Pour cette taille, les diagrammes sont quasi circulaires dans les deux plans et le gain est minimum (≈ 1 dBi). Nous n'en sommes pas loin avec la "girouette" ⁽²⁾.

Mais celle-ci n'est pas une boucle fermée, c'est une boucle ouverte. En effet, elle est coupée à l'endroit opposé à l'alimentation par l'insertion d'un condensateur. Nous sommes alors électriquement beaucoup plus proche d'un doublet raccourci et replié avec "couplage capacitif" que d'une boucle magnétique. Ce couplage capacitif est renforcé à l'aide d'un condensateur de valeur très faible (1,625 pF). Ceci a pour effet de "rallonger" électriquement la longueur du dipôle, ce qui permet avec un dipôle de 2 fois $\lambda/6$ d'avoir la résonance de l'ensemble. D'un point de vue rayonnement, cela ne change pas grand-chose, même directivité et même gain. Par contre l'impédance d'alimentation augmente significativement.

Mais la "girouette" est encore une autre antenne. Ce serait un dipôle replié si l'alimentation se faisait à l'aide d'un "gamma match", directement sur la boucle. Or ici, nous n'avons pas une boucle mais deux boucles couplées entre elles. Et les deux rayonnent, ce qui complique les choses. Nous sommes **électriquement** dans la situation que l'on aurait en remplaçant un dipôle demi-onde par une Yagi 2 éléments dont seul le radiateur serait alimenté.

Nous avons sur la figure 3 trois configurations de la même boucle rayonnante, avec et sans boucle de couplage.

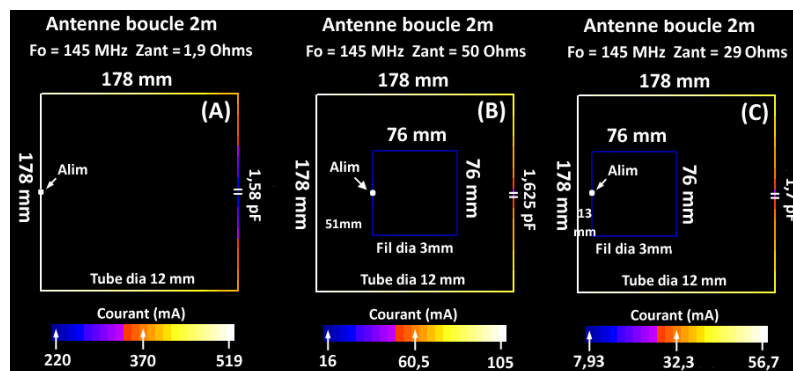


Figure 3 : Courants pour trois configurations de la même boucle

Les trois systèmes sont à la résonance, mais avec des impédances très différentes. En (A) nous avons la boucle "brute", sans adaptation et l'impédance est de $1,9 \Omega$, difficile à adapter sans pertes. En (B) nous avons la boucle de W6NBC avec une boucle d'adaptation au centre. L'impédance est de 50Ω . En (C) nous avons le même système avec la boucle très rapprochée du côté opposé au condensateur. L'impédance chute à 29Ω . Noter qu'à chaque fois on a réajusté la résonance avec le condensateur d'accord. En réglant l'écart entre la boucle d'adaptation et la boucle rayonnante, on a une manière d'optimiser la résistance d'antenne. Attention : Si l'on rapproche la boucle de couplage de la même manière du côté condensateur, on diminue aussi la résistance d'antenne ($31,5 \Omega$ avec $C=1,5 \text{ pF}$). C'est quand la boucle est centrée que l'impédance est la plus élevée. Donc partir d'une résistance supérieure avec la boucle au centre, puis diminuer la résistance en rapprochant la boucle de couplage de la boucle rayonnante.

Voyons maintenant sur la figure 4 les diagrammes de rayonnement et le gain en espace libre pour la configuration (B) de la fig. 3.

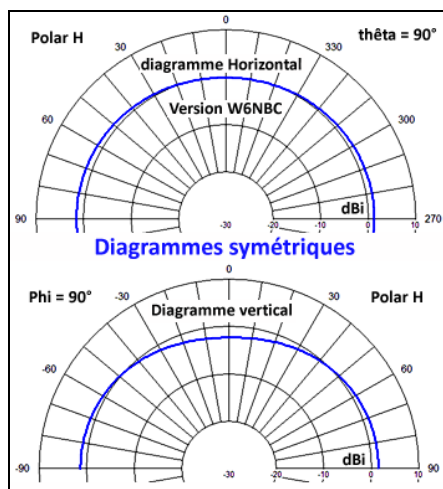


Figure 4 : Diagrammes et gain de la boucle de W6NBC en espace libre

Nous avons un gain moyen de $1,4 \text{ dBi}$. C'est $0,1 \text{ dB}$ de moins qu'avec la version (C) et la version sans boucle de couplage. Mais c'est 1 dB de mieux qu'avec la boucle de couplage proche du condensateur.

De ces valeurs, on en déduit le gain de la version de W6NBC qui est de $-0,75 \text{ dBd}$ (gain de la J-pôle = 0 dBd).

Mais attention, ces gains ne tiennent pas compte des pertes qui sont d'autant plus importantes que l'antenne est raccourcie, même si comme ici, on compense partiellement en augmentant la surface des conducteurs.

B – Efficacité de 93% ?

De fait, "efficacité" veut dire ici "rendement" (à comparer avec la "hauteur efficace" d'une antenne en réception). D'une manière générale, le rendement d'un doublet diminue avec sa longueur, du moins pour $L < \lambda/2$. En effet à diamètre égal du fil, quand on diminue la longueur d'un doublet rayonnant, ses pertes par effet joule diminuent comme sa longueur alors que sa résistance de rayonnement diminue comme le **carré** de sa longueur (et comme la **puissance 4** du diamètre d'une boucle). En conséquence ses pertes relatives augmentent. Sans compter les pertes dans le système d'adaptation qui peuvent être prohibitives comme avec les antennes E-H et Isotron ⁽³⁾.

Par ailleurs, ce "très bon rendement" est en contradiction avec l'extrait (D) que nous allons traiter plus loin.

C – Boucle H = dipôle V ?

Si W6NBC veut parler des diagrammes de rayonnement H et V, effectivement ils se ressemblent. Mais il y a une différence **fondamentale** entre les deux géométries : Le doublet **V** rayonne en polarisation **verticale** alors que la boucle **H** rayonne en polarisation **horizontale**. Si l'OM pense utiliser sa boucle H pour faire du trafic avec les relais et les mobiles qui sont en polar V, il perd au minimum 20 dB par dépolarisation. Pour moi, le seul intérêt de cette antenne serait de servir en réception devant un récepteur SDR avec une vision "panoramique" de la bande DX 2m en polar H. Ou alors, la tourner de 90° pour avoir une polar V, mais la girouette aurait une drôle d'allure et ne serait sans doute pas très utile !

D – Bande passante plus large qu'en théorie ?

La bande passante d'une antenne est liée à son coefficient de surtension Q. Pour une antenne donnée, très raccourcie, Q est proportionnel au rapport entre sa résistance de rayonnement et sa résistance de pertes. Si pour une même résistance de rayonnement la bande passante s'élargit, cela veut dire que le Q baisse, donc que la résistance de pertes augmente. Alors, le rendement diminue. Le rendement de 93% annoncé en (B) me semble très optimiste ⁽⁴⁾. Cela serait déjà très bien s'il était de 75%.

E – Bande étroite = moins de bruit ?

Il faut savoir quel est le bruit en question. Si l'on parle du bruit de l'antenne, il s'agit de son bruit thermique qui est d'autant plus important que son efficacité est faible (voir B ci dessus). Si l'on parle du bruit de bande reçu, celui-ci doit être considéré dans la **largeur de bande du canal de réception** qui ne dépend pas de l'antenne ⁽⁵⁾. Donc dire que les antennes raccourcies ont moins de bruit résulte d'une erreur de mesure.

La confusion est peut-être due à un phénomène annexe que nous allons développer. En effet, l'amélioration n'est pas dans l'antenne, mais **dans le récepteur** en augmentant sa dynamique instantanée. Lorsque les signaux d'entrée des "brouilleurs" sont élevés le récepteur génère des produits de transmodulation et d'intermodulation provoquant des réponses parasites (multiplication apparente du nombre de stations). La faible bande passante de l'antenne réduit le nombre de signaux "brouilleurs" et améliore le confort d'écoute. On obtient le même résultat avec une antenne large bande (dipôle demi-onde) ayant un gain correct pour l'émission, en insérant devant le récepteur un atténuateur et/ou un filtre présélecteur (filtre de proximité). Par exemple pour la bande des 40m aux moments des pics de propagation, j'insère un atténuateur de 30 dB (!) en réception et dans les cas difficiles, je mets en service le filtre de proximité. Donc, les antennes à bande étroite réduisent le bruit ? OK, mais avec les mauvais récepteurs ⁽⁶⁾.

F – Effet de peau ?

W6NBC nous dit avec raison qu'à cause de l'effet de peau, en HF la résistance en continu a peu d'importance. Il en conclut qu'il n'est pas nécessaire de soigner les soudures. J'apporterai un petit bémol :

L'effet de peau résulte du fait qu'en HF le courant circule à la surface des conducteurs. Aussi pour diminuer leur résistance ohmique, on cherche à augmenter leur surface, comme ici avec du tube en cuivre de diamètre 12 mm. Mais il faut qu'il y ait une continuité de surface tout le long du conducteur, sinon, il y aura des "points chauds". Cela veut dire qu'ici, à la jonction entre un coude et un tube, il faudra une belle soudure **tout autour** du tube.

G – Moins sensible à son environnement proche ?

Concernant les boucles et les antennes en général, la proximité d'une surface conductrice, **en particulier le sol**, a un effet sur le rayonnement lointain qui dépend pour le sol, surtout de la

polarisation ⁽⁷⁾. Concernant l'impédance de la boucle, l'effet d'un conducteur à proximité sera beaucoup plus important du côté de la capacité de 1,625 pF que du côté opposé.

H – Balun ou pas balun ?

Le balun n'est pas un élément influent sur les performances d'une antenne. Il s'agit d'un principe de précaution que l'on utilise pour parer au problème d'assymétrie des courants dans un dipôle en évitant un courant de gaine avec un câble coaxial, ou le rayonnement d'une ligne à fils parallèles.

Mesure de l'impédance

Je rappelle brièvement ce que j'ai écrit dans mon analyse d'une autre antenne de W6NBC : "l'antenne cube 2m". Consulter cet article pour avoir plus de détails ^[1].

Installer la boucle à une distance de 3 à 4 m de toute surface conductrice, y compris le sol. A cette distance cela ne devrait pas avoir d'incidence sur l'impédance (sur le diagramme de rayonnement, c'est autre chose, surtout ici où l'on est en polarisation H).

Tailler le câble coaxial d'alimentation de façon qu'avec la prise de raccordement, il ait une longueur **électrique** de $\lambda/2$ (appliquer le coefficient de vélocité), depuis son raccord sur les tubes jusqu'à l'extrémité de la prise. Ceci pour faciliter les mesures.

Brancher au bout du coaxial, un VNA auto-alimenté avec liaison Blue-tooth au système d'exploitation. Auparavant, le VNA aura été calibré en mettant à son entrée les trois charges adéquates (ouvert, C/C et 50Ω) **exactement** au niveau du branchement sur la prise coaxiale de l'antenne. Ceci veut dire qu'il faudra peut-être fabriquer des charges de calibration à la norme de cette prise. Se rappeler qu'à 144 MHz, un simple raccord coaxial supplémentaire peut significativement fausser la mesure.

Important : Les mesures ne pourront se faire qu'à l'intérieur de la plage de fréquence qui a servi à l'étalonnage (prendre 140 - 150 MHz au début). Par ailleurs, si l'on a bien respecté la longueur électrique de $\lambda/2$ du câble coaxial, la mesure que l'on fera sera la recopie de l'impédance de l'antenne pour la fréquence correspondant à $\lambda/2$.

Noter que si l'on utilisait un ROSmètre pour le réglage, cela serait beaucoup plus compliqué car les ROSmètres sont peu sensibles, donc peu linéaires aux faibles puissances. Par ailleurs il est difficile de savoir à quoi est dû le ROS : est-il dû à la partie réelle et/ou à la partie imaginaire, avec quel signe, et dans quelle proportion ?

Mise au point

S'il fallait trouver un point faible à la réalisation de W6NBC, il résiderait dans sa manière de fabriquer la capacité de couplage sous la forme d'un piston. Comme nous l'avons vu (cf. Fig. 3), l'accord se fait à quelques fractions de picoFarads. Avec pour le réglage une fente et une vis, c'est très délicat. Par ailleurs sa disposition H la rend très sensible à la pluie qui peut se nicher dans la cloche. Une solution consisterait à la protéger à l'aide d'un manchon thermo-rétractable, mais la résonance ne serait plus réglable.

Voici une méthode de réalisation plus fiable et plus facile à ajuster : Remplacer la cloche par un condensateur plan vertical formé de deux plaques laiton en regard, soudées aux bouts des deux tubes de demi-longueur ⁽⁸⁾.

Commençons par calculer la surface des plaques pour obtenir un condensateur à air de 2,5 pF avec un espacement **d** de 3 mm. En partant de la formule : $C_{(pF)} = S_{(cm^2)} / [1,131 \times d_{(mm)}]$, nous obtenons des plaques carrées de 2,9 cm de côté.

Construction du condensateur :

- Couper au coupe tube l'un des quatre tubes en deux parties égales de façon que la longueur totale soit réduite de 3 mm.
- Découper deux carrés de laiton d'épaisseur 0,5 mm de 2,9 cm de côté.
- Percer deux trous de 2,5 mm dans deux angles opposés, pas trop près du bord et relier les deux plaques avec deux vis M2,5.
- Percer au centre des plaques assemblées un trou de 12 mm de diamètre (délicat, attention aux doigts, fixer la pièce).
- Récupérer un morceau d'isolant thermique (bakélite) d'épaisseur 3 mm et y fixer l'une des plaques laiton avec les vis M2,5.
- Insérer l'un des tubes dans le trou de 12 mm en butée sur la bakélite et le souder à la plaque (soigner l'équerrage).
- Idem pour l'autre plaque.
- Au montage final, les deux morceaux de tubes seront soudés en étant fixés sur la plaque de bakélite avec les vis M2,5.
- Une fois les tubes soudés, retirer la bakélite.

Le réglage se fera en coupant progressivement les angles des plaques puis en les écartant pour le réglage final. Garder de la marge sur la coupe pour pouvoir éventuellement les rapprocher, sinon y souder en regard deux petites languettes en laiton.

S'il pleut, les gouttes glisseront sur les plaques verticales et le réglage en sera peu affecté ⁽⁹⁾.

Concernant l'ajustage de la partie résistance de l'impédance, une méthode consisterait à faire coulisser (puis fixer) la boucle de couplage dans les tubes en PVC en la rapprochant de la boucle rayonnante côté opposé au condensateur. Si la résistance est trop faible, boucle au centre, diminuer celle-ci de 4 mm par côté (percer d'autres trous dans les tubes PVC), puis recommencer l'opération de réglage. Ne coller les tubes PVC dans le croisillon qu'en dernier ressort, une fois les dimensions fixées. De même pour la soudure faisant l'objet d'une note de W6NBC sur sa figure 3A.

Au final, avec le câble coaxial, enrouler quelques spires jointives autour du mât en PVC pour réaliser le balun.

Conclusion

W6NBC a tiré le maximum d'une boucle carrée de $\lambda/12$ de côté, mais elle n'est pas devenue une antenne miracle pour autant avec un gain maximal de -0,75 dBd. En diminuant la surface de la boucle, on arriverait en théorie à avoir un gain de -0,4 dBd. Ceci, en ne tenant compte que de la directivité, mais malheureusement avec la réduction de l'antenne, le rendement ne pourrait que baisser.

Par ailleurs, s'il pensait obtenir une antenne en polarisation verticale, il a raté son coup.

Annexe : De la relativité en électromagnétisme.

Cas N° 1

Un OM fabrique une boucle pour trafiquer sur la bande des 80m, $F_0 = 3,6$ MHz. Pour cela il utilise des tubes en dural dia 30 mm pour former un carré de 1,6 m de côté. Il récupère un CV sous vide pour l'accord et pour l'adaptation, il se débrouille pour obtenir un ROS de 1/1. Sa boucle sera installée verticalement à 3 m du sol (bas de la boucle). Il envisage un trafic en polar V par onde de surface.

Fier de sa réalisation, il décide de construire le même système antenne pour la bande des 2m, $F_0 = 145$ MHz. Quelles seront les dimensions du système ?

R : On obtient une boucle de **4 cm** de côté, réalisée avec un fil dia **0,75 mm** et disposée à une hauteur de **7,5 cm** au dessus du sol.

Est-on certain d'obtenir de bons résultats ? Poutant, nous avons le même système antenne.

Cas N° 2

Notre OM réalise la boucle "girouette" de W6NBC pour la placer sur la cheminée de sa maison à 7 m au dessus du sol. Très content des résultats, il envisage de construire une boucle identique pour la bande des 80m, $F_0 = 3,6$ MHz. Quelles seront les dimensions du système ?

R : On obtient une boucle de **7,17 m** de côté, réalisée avec un tube dia **0,5 m (!)** et disposée à une hauteur de **121 m** au dessus du sol.

Sans commentaire...

Conclusion

On ne peut pas appliquer les propriétés d'un système antenne prévu pour un usage particulier (fréquence, polarisation, mode de propagation, bruit de bande, etc.) au même système antenne prévu pour un usage différent. Dans les cas ci-dessus, il n'y a rien de commun entre les utilisations que l'on fait du **même type** de boucle dans les bandes 80 et 2m.

Pour terminer, je battraï en brèche une idée reçue très répandue chez les radioamateurs qui pensent que si leur antenne HF fonctionne bien en réception, elle fonctionne forcément bien en émission. Eh bien non ! Pas forcément. Pour les fréquences HF et inférieures, les meilleurs résultats en réception peuvent être obtenus avec une antenne très médiocre, voire nulle en émission. Exemple : les antennes cadre ferrite (pire cas).

A contrario, dans les domaines UHF et Hypers pour les liaisons avec les satellites (dont l'E.M.E.), un système antenne peut très bien fonctionner en émission et être médiocre en réception s'il a une température de bruit trop élevé due à des lobes secondaires qui "regardent" le sol.

Le seul cas où l'on peut considérer que la symétrie E/R est réalisée concerne les VHF en propagation troposphérique.

Bibliographie

[1] "Retour sur l'antenne cube", Radio-REF, février 2020.

[2] Relire dans Radio-REF les "Comment ça marche ?" suivants :

- "Le courant de gaine", février 2011
- "Hauteur effective d'une antenne", mai 2011
- "Hauteur efficace d'une antenne", juin 2011
- "Rayonnement de l'antenne", novembre 2011
- "Polarisation des antennes et effets du sol", de janvier à juillet 2012
- "La boucle dite "magnétique"", octobre 2013

Ceux-ci et bien d'autres sont téléchargeables depuis le blog de F6KRK : "blog.f6krk.org", catégorie "Bulletins - Gazettes", puis "Comment ça marche ?".

[3] Relire mes articles parus dans Radio-REF :

- "Généralités sur les antennes HF", mai 2005.
- "Le rayonnement des antennes courtes", juin 2005.
- "Pourquoi les antennes EH fonctionnent comme n'importe quelles autres antennes", février 2006.

- "En présence de courant, l'antenne fait de la résistance", octobre 2008.
 - "Idées reçues sur les antennes", juillet 2015.
 - "Antenne ? Vous avez dit "antenne" ?", novembre 2017.
- Ces articles personnels sont également téléchargeables depuis le blog de F6KRK :
"blog.f6krk.org", catégorie "Articles membres" puis "F5NB".

Notes

- 1) $e_{(V)} = H_{EFF(m)} \times \text{champ } E_{(V/m)}$ (H_{EFF} = hauteur effective). Ensuite, connaissant la tension e , la hauteur efficace H_{eff} et l'impédance du milieu, on en déduit le champ H en ampères par mètre (c'est la valeur qui est affichée par le mesureur de champ s'il a en mémoire le facteur d'antenne de la boucle utilisée, sinon, il faut le lui donner).
- 2) Plus les diagrammes H et V s'éloignent du cercle, et plus le gain de l'antenne est élevé.
- 3) Des rendements de 0,1% (!) ont été mesurés sur des antennes E-H 20m commerciales. C'est mieux avec les antennes Isotron où le rendements est de quelques pourcents.
- 4) Et voir comment cette mesure a été faite. Une façon de procéder consiste justement à comparer le Q de l'antenne réalisée avec son Q théorique. Je doute que cela ait été le cas ici.
- 5) Sauf quand la largeur de bande de l'antenne est inférieure à celle du canal. Cela peut se produire avec de très bonnes antennes raccourcies dans le bas de la bande HF. Mais alors le signal utile est filtré lui aussi et le rapport S/B ne change pas.
- 6) Le phénomène est plus sensible avec les récepteurs à large bande.
- 7) Concernant les boucles, il faut considérer non seulement la polarisation, mais le type de propagation (onde de surface, NVIS, etc.). Ici à 145 MHz, en propagation par onde d'espace, l'effet du sol est le même pour toutes les antennes et ne dépend que de la polarisation.
- 8) Ainsi, plus de problème pour l'approvisionnement d'un réducteur 18x12.
- 9) On me dira qu'en émission avec la capa de W6NBC, la pluie sera volatilisée par l'arc qui se développera entre les tubes de la cloche. Mais c'est une méthode "barbare".