

# Antenne méandre

## 18 MHz, 21 Mhz ou plus

(F4DXU)

<http://pagesperso-orange.fr/F4DXU/>

Le principe utilisé pour réaliser l'antenne méandre VHF reste applicable à la construction d'une antenne pour le 18MHz ou 21 MHz et pour toutes les bandes, quelles soient décimétriques, UHF ou THF.



Voici le prototype sur l'image de gauche, l'antenne mesure 1,9 m pour 4,15 m au  $\frac{1}{4}$  d'onde soit un raccourcissement de 54% environ. Ce qui a motivé ce raccourcissement c'est le manque de place, la discrétion, le transport, l'utilisation pratique en portable et surtout l'expérimentation d'antenne courte. Le support utilisé est une canne à pêche en fibre de verre et la partie rayonnante est constituée de fil d'électricien de 1,5 mm<sup>2</sup>. Les méandres qui sont au nombre de quatre, sont très écartées à la base alors qu'elles sont plus resserrées vers l'extrémité supérieure de l'antenne pour dégager au maximum le ventre de courant. Dans cette configuration, les méandres lorsqu'elles sont déployées mesurent environ 60cm ce qui pose des problèmes de tenue. C'est pour cette raison qu'elles sont enroulées autour

du support en fibre. Chacune d'elles est constituée en réalité de deux inductances qui sont bobinée en opposition et qui au final ne sont plus considérées comme telle mais plutôt comme un chemin supplémentaire pour le passage du courant. Cela dit, les méandres sont tout de même des inductances puisque que ce ne sont ni plus ni moins que des portions de ligne bifilaire en court circuit et de longueur inférieure à  $\frac{\lambda}{4}$ , dans ce cas l'inductance se calcule de la manière suivante :

$$Z_0 = 276 \cdot \text{Log} \left( \frac{2 \cdot S}{d} \right) \text{ et } X_L = Z_0 \cdot \text{tg} \left( \frac{L \cdot 360}{\lambda} \right) \text{ équation 1}$$

avec  $S$  l'écartement des fils,  $L$  la longueur du méandre et  $Z_0$  son impédance caractéristique.

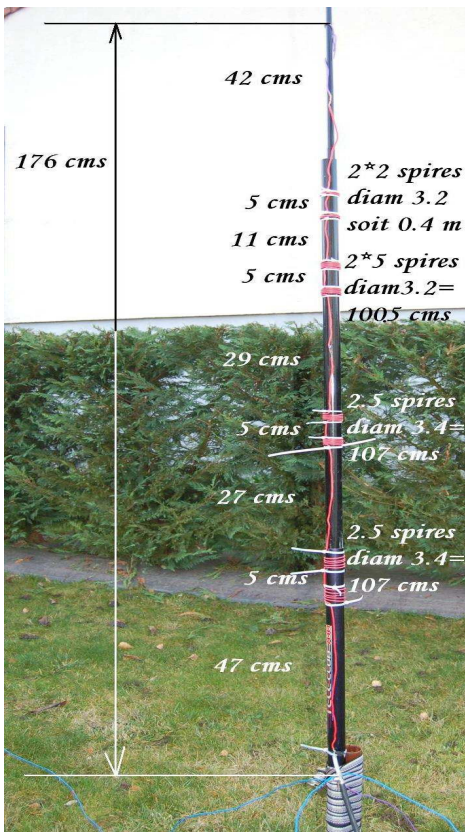
Les courants sont de sens opposés mais pas tout à fait égaux ce qui induira un léger rayonnement en polarisation horizontal comme dans le cas d'un méandre déployé. L'image ci-dessous montre les enroulements bobinés en sens opposés et maintenus par des colliers en nylon. Les pseudos selfs sont dites  $Q^2$  (phonétiquement) c'est à dire que leur hauteur est égale à leur diamètre et les fils qui les constituent sont espacés de l'épaisseur du même fil. Ceci permet de minimiser les pertes par « effet de peau ». La surface apparente des selfs permet d'augmenter la capacité répartie de l'antenne et comme le ferait un « chapeau capacitif » d'augmenter la résistance de rayonnement et ainsi le rendement de l'antenne.



Je n'ai trouvé aucune théorie sur ce type d'aérien et pour cause, aujourd'hui tout est simulé, plus de temps pour expérimenter ! Les seuls articles disponibles sur le web sont des articles de recherche payants.

Je pense que la réalité ne doit pas être très éloignée de ce que l'on connaît déjà sur le fonctionnement des antennes, c'est le mode de raccourcissement utilisé qui est différent. Il faudrait passer beaucoup de temps pour faire une étude paramétrique car la résonance ainsi que la résistance de rayonnement sont liées à la longueur des parties verticales,

à la longueur des méandres, à l'épaisseur d'un méandre, au nombre de méandres, à l'écartement entre les méandres, à l'épaisseur du fil, etc. Dans ce cas il ne faut changer qu'un paramètre à la fois et recommencer les essais, c'est donc très fastidieux. Jusqu'à là je procède par approximations successives et du fonctionnement je n'en garde que ce que j'ai appris du fonctionnement des antennes. Le plan de sol est constitué de 4 fils de longueurs différentes entre 3 et 5m ce qui est un plan de sol très minimum, les pertes doivent être assez importantes. L'image suivante représente les cotes approximatives de l'aérien. C'est la configuration qui m'a permise de contacter K1IED le 06 12 2008 à 15h00 TU avec une puissance d'émission 100W pour un ROS de 1,1. Comme on le constate sur la première image, l'antenne n'est pas très bien dégagée et au moment du contact, la bande était en train de se fermer mais « Dame Propag. » était encore un peu présente !



Voyons ce que nous dit la théorie concernant les antennes verticales  $\frac{1}{4}$  d'onde raccourcies. La résistance de rayonnement peut être calculée à partir de cette expression trigonométrique si la charge se trouve à la base de l'antenne :

$$R_r = 36.6 \frac{(1 - \cos L)^2}{\sin^2 L} \quad \text{équation 2}$$

avec L la longueur électrique définie en degré et sachant que  $0^\circ < L < 90^\circ$  et  $\frac{\lambda}{4} = 90^\circ$ .

Pour un  $\frac{1}{4}$  d'onde non raccourcie on retrouve bien  $36\Omega$  car  $\cos 90^\circ = 0$  et  $\sin 90^\circ = 1$ .

L'antenne étant raccourcie de 54% la partie active mesure donc  $100\% - 54\% = 46\%$  soit une longueur en degrés de :  $90^\circ \times 0.46 = 40.5^\circ$  ce qui correspondrait à une résistance de rayonnement

$$\text{de : } R_r = 36.6 \frac{(1 - \cos 40.5^\circ)^2}{\sin^2 40.5^\circ} = 5\Omega \quad \text{si la charge était à la base de l'antenne}$$

alors que pour le cas présent elle est répartie entre 4 positions ce qui rend le calcul bien plus compliqué. L'abaque pour ce type d'aérien chargé en moyenne en son centre donne environ 10 ohms, une valeur de 7ohms sera retenue.

$$\eta = \frac{R_r}{R_r + R_p} = 0.14 \quad \text{soit 14\% avec } R_r \text{ la résistance de rayonnement (7ohms)}$$

et  $R_r + R_p = 50\text{ohms}$ . La résistance de Pertes  $R_p = 43\text{ohms}$  représente la somme de toutes les résistances de perte (effet de peau, résistance du plan de sol, etc.). Pour une puissance d'émission de 100W, seulement 14W sont rayonnés.

### - 1<sup>ière</sup> évolution de l'antenne :

Pour toute antenne verticale  $\frac{1}{4}$  d'onde, la qualité du plan de sol est primordiale. Dans ce cas, l'amélioration du rendement de l'aérien passera par l'augmentation du nombre de radians de 4 à 15. La résonance ne change pas mais l'impédance de l'antenne (à la base) passe de 50 ohms à 30 ohms mesurés. En considérant que la résistance de rayonnement n'a pas changé, on peut estimer que la résistance de perte totale  $R_p$  passe de 43 ohms à 23 ohms. Dans ces conditions, le rendement s'en trouve augmenté :

$$\eta = \frac{R_r}{R_r + R_p} = \frac{7}{7 + 23} = 0.23 \quad \text{soit 23\%. Il est toujours possible d'augmenter}$$

le nombre de radians mais les points de rendement se gagnent alors de plus en

plus difficilement. Le  $ROS = \frac{50}{30} = 1.67$  et le

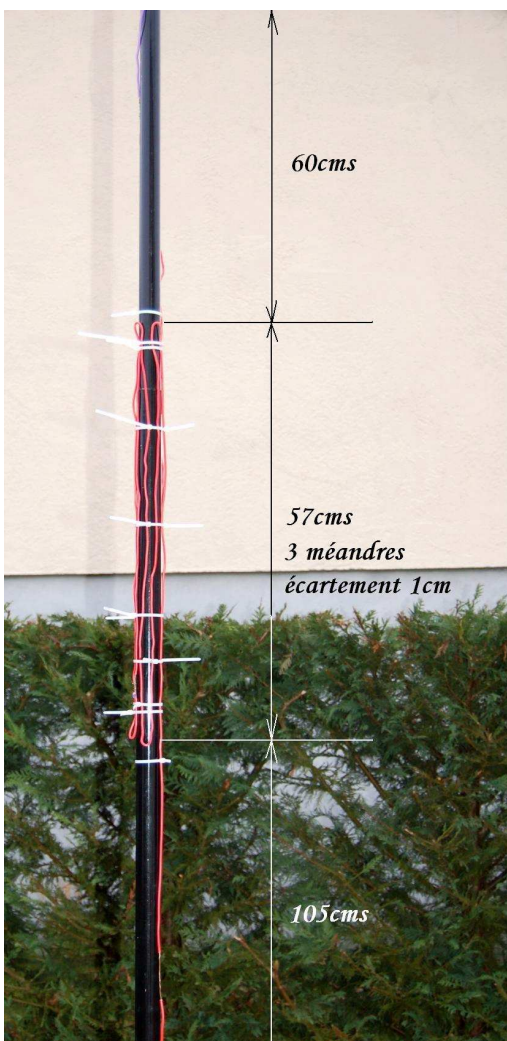
$TOS = \frac{(ROS - 1)^2}{(ROS + 1)^2} = \frac{Pr}{Pi} = 0.063$  soit environ 6% ou 6 W qui retourneront

vers l'émetteur ce qui est dérisoire. La puissance émise sera de

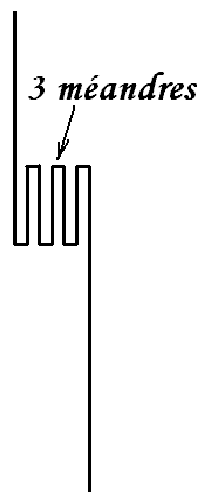
$$Pe = (100 - 6)0.23 = 22W$$

### - 2<sup>ème</sup> évolution de l'antenne :

Toujours dans un souci de dégagement du ventre de courant, d'augmentation de la résistance de rayonnement et de la réduction des pertes, les charges linéaires ont été déplacées et seront positionnées à peu près au centre de l'antenne, parallèles et en position verticale.



En conservant toujours la même longueur de fil qui a servi à réaliser l'antenne mais en réduisant le nombre des méandres qui passe de 4 à 3 il apparaît que l'antenne ne résonne plus sur 18 MHz mais sur 21 MHz puisque que l'impédance des méandres a diminuée (adaptation et accord parfaits). Les parties rayonnantes sont un peu plus longues ce qui va dans le bon sens pour l'augmentation des performances de l'antenne. Noter que le bas de l'antenne est à environ 50cms du sol, ce qui participe un peu à l'augmentation de la résistance de rayonnement.



principe des méandres.

La partie rayonnante mesure 222cms soit un raccourcissement de :  
 37% pour 21.200MHz, la partie active mesure donc  
 $100\% - 37\% = 63\%$  soit une longueur en degré de  $90^\circ \times 0.63 = 56.7^\circ$  ce qui  
 correspondrait à une résistance de rayonnement d'environ :

$$R_r = 36.6 \frac{(1 - \cos 56.7^\circ)^2}{\sin^2 56.7^\circ} = 11 \Omega$$

Le rendement passe à :  $\eta = \frac{R_r}{R_r + R_p} = \frac{11}{11 + 23} = 0.32$  soit 32%.

$$\text{Le } ROS = \frac{50}{30} = 1.47 \text{ et le } TOS = \frac{(ROS - 1)^2}{(ROS + 1)^2} = \frac{Pr}{Pi} = 0.036$$

soit environ 4% ou 4 W qui retourneront vers l'émetteur ce qui est dérisoire.  
 La puissance émise sera de

$$P_e = (100 - 4) \cdot 0.32 = 31 \text{ W}$$

Cette configuration m'a permis de contacter UR3IF le 08 février 2009 à  
 9h35 TU sur 21.288 MHz avec 100W, la bande était en train de se fermer et  
 le report qu'il m'a passé était tout à fait honorable.

### - 3<sup>ème</sup> évolution de l'antenne :

Calcul de la réactance des méandres selon l'équation 1  $X_L = Z_0 \cdot \text{tg} \left( \frac{L \cdot 360}{\lambda} \right)$ .

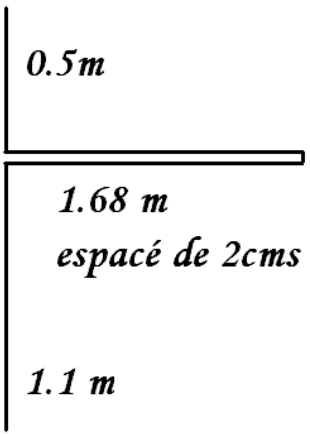
Pour une longueur de 60cms réalisé avec du fil de cuivre de 2mm de diamètre  
 espacé de 1cm,  $Z_0 = 320 \Omega$  et  $X_L = 86.4 \Omega$  soit pour 4 méandres en série d'une  
 longueur totale de 240cms  $X_L = 346 \Omega$

Pour une longueur de 240cms réalisé avec du fil de cuivre de 2mm de diamètre  
 espacé de 1cm,  $Z_0 = 320 \Omega$  et  $X_L = 564 \Omega$

Ce résultat montre que 4 méandres en séries sont moins efficaces pour  
 raccourcir une antenne qu'un méandre unique 4 fois plus long.

Dans le cas de selfs classiques (constantes localisées), la théorie nous dit de  
 les ajouter pour trouver la self équivalente alors que pour les méandres le  
 résultat est supérieur. C'est le terme tangente dans l'équation qui crée ce  
 phénomène non linéaire et d'autant plus que la longueur électrique tend vers  $90^\circ$   
 soit  $\frac{\lambda}{4}$  (le résultat tend vers l'infini).

Voici le dernier schéma retenu où les 3 méandres précédents ont été déployés  
 en un seul 3 fois plus long. Comme dit précédemment, le raccourcissement est  
 plus efficace car pour retrouver un résonance non plus sur 21 MHz mais 18MHz  
 il a été nécessaire de raccourcir la partie supérieure d'environ 50cms.



Voici un petit tour non exhaustif des possibilités offertes par un système de raccourcissement à méandres. Etant donné que ce dispositif n'ait autre qu'une ou plusieurs lignes bifilaire en court circuit et malgré la présence d'onde stationnaires, les pertes seront moindres que dans un système de raccourcissement à self. Ce dispositif peut se transformer en antenne multibande en positionnant judicieusement des straps commutables le long du méandre (testé sans plus).

Ca peut donner des idées !  
Bonne expérimentation, Jean-Marc (F4DXU)

F4DXU