

ANTENNE "EGGBEATER"

VHF/UHF

(Première partie)

ON6WG / F5VIF



Pour les amateurs d'écoute ou de QSO via satellite qui ne veulent pas faire un gros investissement financier en moteurs et systèmes de tracking, pour ceux n'ont pas de place ou qui veulent essayer la polarisation circulaire en trafic terrestre, voici une antenne très performante !

Préambule

Choix et approche de cette antenne ont été principalement liés au trafic via les satellites digitaux à haute vitesse, à l'emplacement et à l'environnement de la station (région montagneuse, hautes collines proches, obstacles, impossibilité de placer des antennes directionnelles motorisées).

Si l'horizon est inaccessible, le ciel, à la verticale de la station, est, par contre, sans limites.

Le trafic via satellites digitaux à haute vitesse nécessite un signal suffisamment QRO à l'entrée du RX pour pouvoir être décodé par le modem. Par exemple, le PK-96 de AEA que j'utilise principalement demande au minimum un signal de 200 mVp-p. Pour obtenir cette valeur en 9600 Bds, je dois avoir un signal de S-3 au S-mètre de mon RX.

Design

L'antenne est constituée de deux "loops" ondes entières, mises en quadrature et déphasées de 90 degrés au dessus d'un plan réflecteur horizontal. Ce qui lui confère un caractère omnidirectionnel et une polarisation circulaire. Suivant le point de connexion du feeder elle pourra fournir une polarisation circulaire gauche ou droite. Le plan réflecteur lui confère également un " gain " non négligeable comme nous le verrons plus loin. Ce qui la rend particulièrement adaptée au trafic par satellites en orbite basse (LEO).

Elle n'est, en fait, qu'une variation de l'antenne " Turnstile ".

N.B. On trouvera plus bas les diagrammes de rayonnement comparatifs sur le plan vertical et horizontal entre l'antenne " Turnstile " et l'antenne " Eggbeater " optimisées.

Vers l'horizon, la polarisation est linéaire et horizontale et devient de plus en plus circulaire au fur et à mesure que l'on monte en élévation.

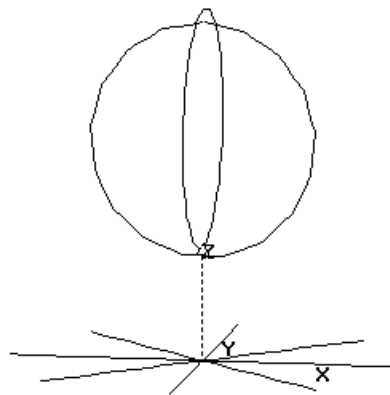
Conception et calcul

En VHF et plus haut en fréquence, parce que le rapport entre la circonférence de la boucle et le diamètre du fil ou du tube utilisé est petit, la longueur de la circonférence doit être allongée par rapport à la longueur d'onde. Ceci dépendant également des matériaux utilisés(*1). Il faut donc prévoir d'allonger de quelques pour cents la longueur des boucles lors de la construction.

Les deux loops ayant une impédance de 100 ohms chacune, leur mise en parallèle offre une impédance idéale de 50 ohms. On utilisera les propriétés d'une ligne quart d'onde pour réaliser le déphasage de 90 degrés(*2).

Ce modèle étant dérivé de l'antenne "Turnstile", les dipôles étant simplement remplacés par des loops, on utilisera semblablement un plan réflecteur. La dimension des radians de celui-ci sera équivalente à celle utilisée pour une antenne "Turnstile". L'antenne étant sphérique, ce plan réflecteur sera circulaire et espacé de 1/8 d'onde par rapport aux loops. Il sera constitué de huit radians d'un quart d'onde de longueur au minimum.

Le programme de modélisation d'antenne "4nec2" (un programme remarquable!!) à été utilisé pour optimiser et produire les diagrammes de rayonnement ci-après.



"Eggbeater" VHF : Fil utilisé : fil cuivre dia. 2mm - pour les tests / plat d'aluminium de 10mm de large pour le modèle d'essai.

Calcul de la longueur des boucles : La formule est $1005 / F \text{ (Mhz)} = L \text{ (pieds)}$ ce qui donne :
 $1005 / 145 = 6,93 \text{ pieds ou } 211,26 \text{ cm. (1 pied = 30,48 cm)}$

Par sécurité, la bande passante de cette antenne étant très large, arrondir à 213 cm et régler l'antenne lors du test (il est plus facile de raccourcir que de rallonger si besoin est).

Ligne de déphasage :

Quart d'onde en câble coaxial RG62 A/U impédance 93 ohms.

Calcul de la ligne(*3) :

$[(300 / F \text{ Mhz}) : 4] \times \text{coeff. vitesse coax.} \rightarrow [(300 / 145) : 4] \times 0,86 = 0,4448 \text{ m} \Rightarrow 44,5 \text{ cm}$

"Eggbeater" UHF : Fil utilisé : fil cuivre diam. 2mm - pour les tests / tube creux de laiton dia. 4mm pour le modèle d'essai.

Calcul de la longueur des boucles : La formule est $1005 / F \text{ (Mhz)}$ ce qui donne :

$1005 / 435 = 2,31 \text{ pieds ou } 70,41 \text{ cm. (1 pied = 30,48 cm)}$

Par sécurité, arrondir à 72 cm et régler l'antenne lors du test.

Calcul de la ligne :

$[(300 / F \text{ Mhz}) : 4] \times \text{coeff. vitesse coax.} \rightarrow [(300 / 435) : 4] \times 0,86 = 0,14827 \text{ m} \Rightarrow 14,83 \text{ cm}$

Construction pratique : (voir également " Schéma de réalisation pratique ")

La construction pratique est laissée à l'imagination de chacun. Cependant tuyaux et manchons de PVC fourniront un système de montage très pratique. Les loops peuvent aisément être montées sur un "manchon" PVC que l'on fermera par un "tampon de visite". Elles seront avantageusement fixées

sur les côtés du manchon pour rendre le système étanche. Le câble coaxial sera connecté à l'intérieur. Ce manchon pourra être emboîté à l'extrémité d'un tube PVC qui fera office de mât. On intercalera un T dans la longueur du tube pour y faire passer le câble coaxial.

N.B. Certains PVC sont de piètres isolants en UHF, on risque alors (ce fut mon cas) de ne pas pouvoir régler l'antenne (R.O.S, anomalies, telles que fréquence de résonance déplacée et/ou instable). Il faut alors monter les loops sur un isolant de meilleure qualité (plexiglass, steatite, ...).

Diagrammes de rayonnement

Ci-après on trouvera une comparaison entre le rayonnement de l'antenne "Eggbeater" au-dessus d'un plan réflecteur parfait et au-dessus d'un sol de conductivité moyenne. On notera la dégradation et l'influence dramatique du sol sur le diagramme de rayonnement. En effet, dans le premier cas, l'antenne favorise les angles hauts. Dans le second cas, l'antenne a tendance à favoriser les angles bas. Cette tendance sera confirmée dans la réalité (voir rubrique "Essais et résultats pratiques).

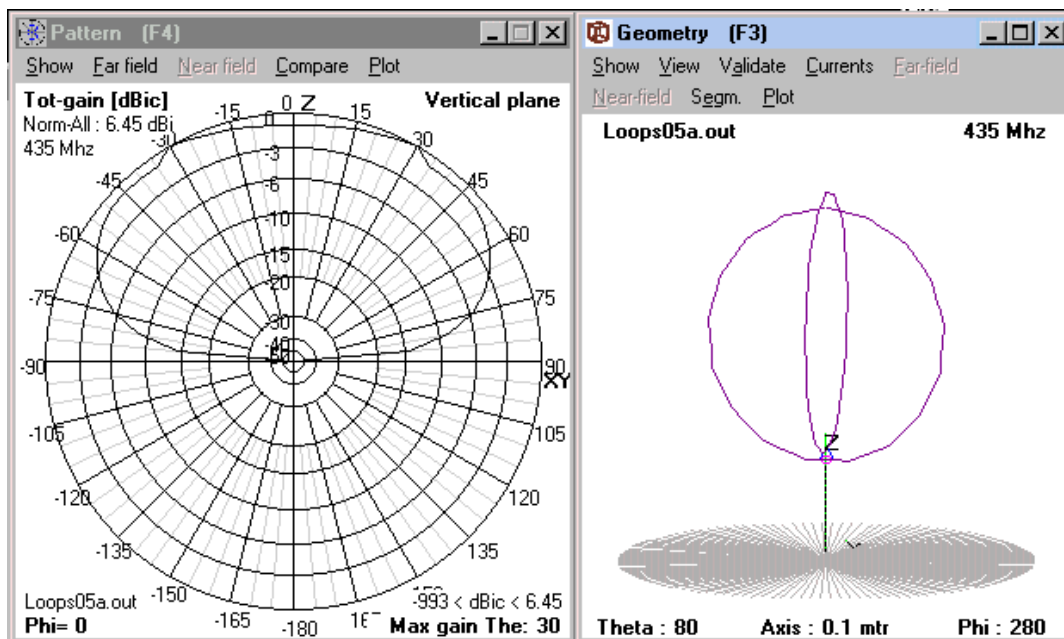


Fig.1 "Eggbeater" Plan réflecteur parfait

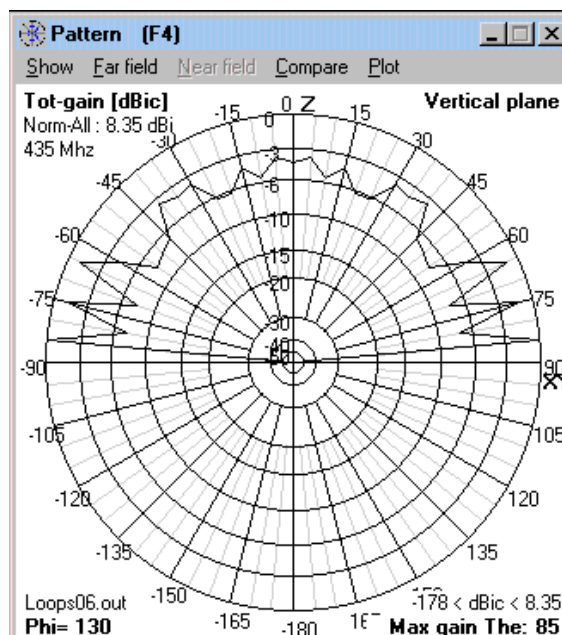


Fig.2 "Eggbeater" Sol de conductivité moyenne. Hauteur de l'antenne : 5m (8radians) Sur 70cm, avec seulement 8 radians, le sol a encore de l'effet sur le diagramme de rayonnement

En dessous de 25 deg. d'élévation, on voit ici clairement l'augmentation de gain qui passe de 3,76 dbi max. (fig.1) à +/- 8 dbi (fig.2) et la dégradation du gain aux angles hauts. Pour améliorer le diagramme de l'antenne et se rapprocher le plus possible du diagramme de la fig.1, les radians seront recouverts de grillage aluminium de type "moustiquaire". On peut aussi placer un disque d'aluminium ou mieux, de cuivre.

Ci-après, on trouvera le diagramme de rayonnement d'une antenne classique "Turnstile". La fig.3 permet d'établir une comparaison entre les deux antennes.

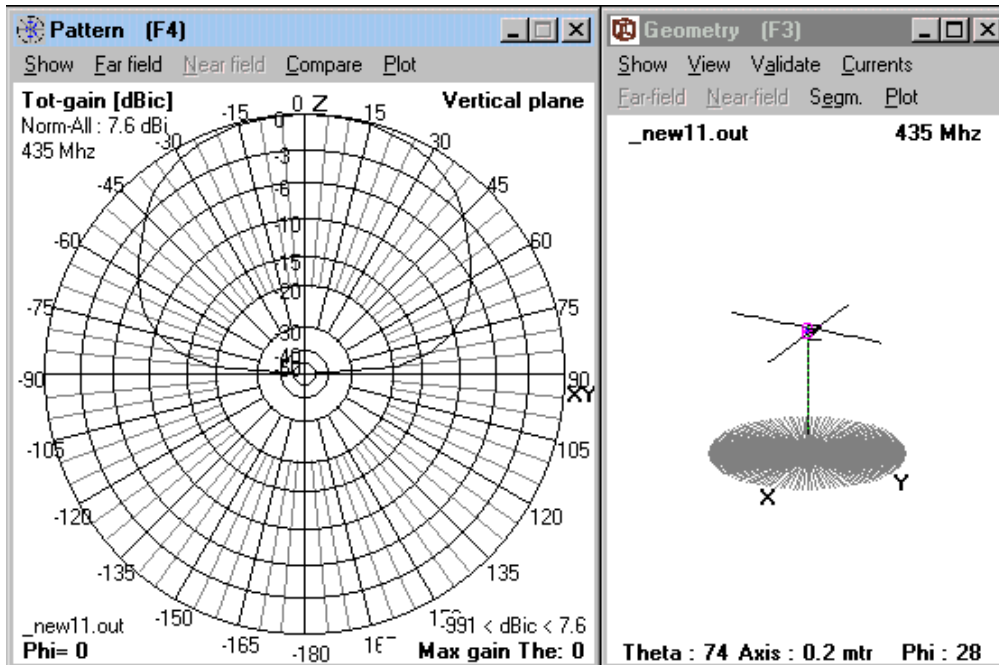


Fig.3 "Turnstile" Plan réflecteur parfait.

"Eggbeater" versus "Turnstile"

- La comparaison des diagrammes montre que l'antenne "Turnstile" favorise plutôt les angles très hauts (55 à 90°) alors que l'antenne « Eggbeater » favorise les angles moyens (30 à 55°). A 90 degrés la différence est de 2 db en faveur de l'antenne "Turnstile". A 40 degrés la différence est de 2 db en faveur de l'antenne "Eggbeater".
- Le niveau de bruit produit par une loop est inférieur à celui d'un dipôle, augmentant favorablement le rapport signal / bruit.
- Une loop à un gain de 1,25 db par rapport à un dipôle.

On peut en conclure que les performances des deux antennes sont très proches. Pour le trafic terrestre où l'on utilisera les angles très bas, l'antenne "Eggbeater" sera supérieure. Elle sera donc un bon compromis.

La réalisation pratique de l'antenne "Eggbeater" est plus compacte (distance plan réflecteur-antenne 1/8 d'onde contre 1/4 d'onde min. pour l'antenne "Turnstile") et une adaptation d'impédance parfaite peut être aisément obtenue.

Essais et résultats pratiques

Bande 70cm : 430 | 432 | 435 | 436 | 437 | 438 | 440 |
R.O.S 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 1,1 |

Bande 2m : 144 ---146
R.O.S 1,1

L'antenne 70cm n'est pas parfaitement centrée (une retouche serait nécessaire).
 Lorsqu'il est indiqué un R.O.S. de 1,0 c'est qu'il n'y avait pas de déviation visible de l'aiguille du R.O.S.-mètre.

En réception

Pour ces essais, trois satellites transmettant avec des puissances différentes ont été choisis.

- 1) GO-32 Puissance 1w / antenne « Turnstile » / polarisation circulaire.
Transmission digitale 9600bds. Fréquence : 435.225 Mhz
- 2) LO-19 Puissance 400mw / antenne « Turnstile ».
Signaux télémétrie CW. Fréquence : 437.125 Mhz
- 3) CUTE-1 Puissance 100mw / antenne monopole 1/4 d'onde / polarisation linéaire.
Signaux télémétrie CW. Fréquence : 436.8375 Mhz

Niveaux de signaux reçus : (avec préampli. 20db)

Élévation : 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |

GO-32 S0/1 | S1/2 | S2/3 | S3/4 | S4/5 | S5/6 | S7/8 | S8/9 | S9/+20 | S9+40+ |

LO-19 S1-> | S5/6 | S6/7 | S7/8 | S8/9 | S8/9 | S9 | S9 | S9+ |

CUTE-1 S0 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S7 | S7 |

Ces mesures sont très relatives mais elle permettent au débutant de se rendre parfaitement compte de ce qu'il est possible de faire avec ce type d'antenne, le s-mètre étant le plus souvent dans ce cas un point de référence de l'esprit.

Ces données permettent également de confirmer le diagramme de rayonnement de l'antenne.

Evaluation du signal

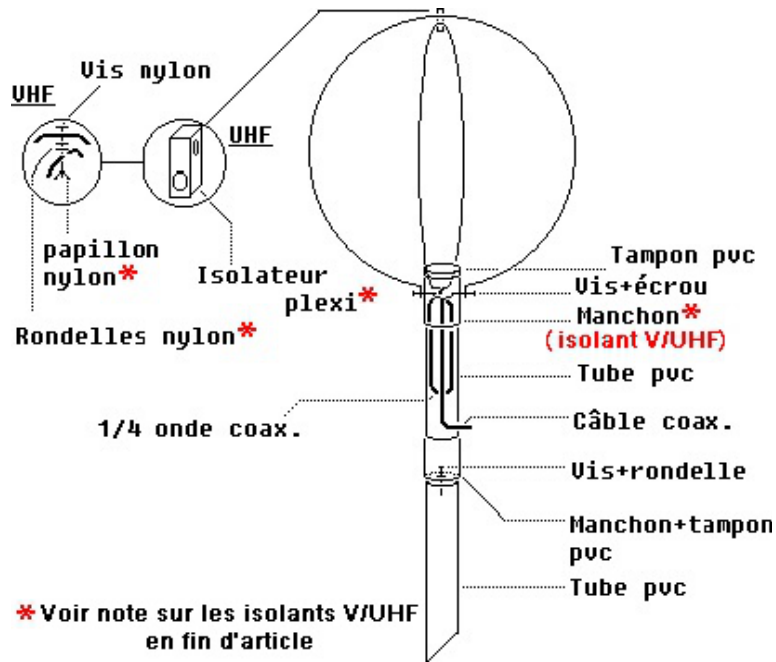
Pour savoir de quelle antenne on doit disposer pour recevoir un satellite donné, on peut calculer le niveau de signal à la réception.

Ceci dépassant le cadre de cet article, on se reportera, entre autre, au chapitre " Predicting signal levels " du " Satellite Experimenter's Handbook " (Davidoff) publié par l'ARRL.



Fig. 4 "Eggbeater" UHF

Schéma de réalisation pratique



Pour ne pas surcharger le dessin, le plan de masse n'est pas représenté. Il est constitué de 8 radians aluminium, connectés à la masse en un seul point central éventuellement recouverts de grillage type "moustiquaire" en aluminium et sera ajouté sur le tube PVC supportant l'antenne. Les radians peuvent aussi être fixés autour du tube PVC par un collier inox.

Dans le cas du modèle VHF, si l'on utilise du "plat" d'aluminium pour sa réalisation, on pourra ajouter un support central vertical et tubulaire en PVC de 1 cm. de diamètre, pour rigidifier l'ensemble (voir Fig. 5 ci-dessous).

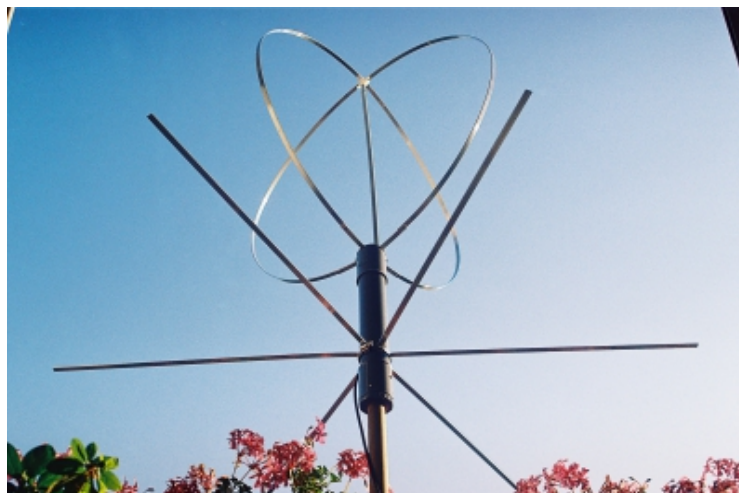


Fig. 5 "Eggbeater" VHF

Traffic terrestre

Des essais en trafic terrestre sur des stations en polarisation verticale ont montrés que l'antenne est supérieure à une verticale demi-onde. Le relais packet VHF du Mont Revard à quelque 60 km est S5 sur la demi-onde verticale et S9 sur l'antenne « Eggbeater ». De même, le relais UHF phonie du Beaujolais en polarisation verticale à 85 km ne peut pas être atteint avec une colinéaire verticale, son signal est S5. Sur l'antenne "Eggbeater" UHF il est S9+ et il peut être ouvert.

Quelques essais avec des stations en polarisation horizontale ont donnés de très bons résultats également.

Avantage également de pouvoir travailler aussi bien en polarisation verticale qu'en polarisation horizontale sans commutation.

Polarisation circulaire droite : schéma de connexion

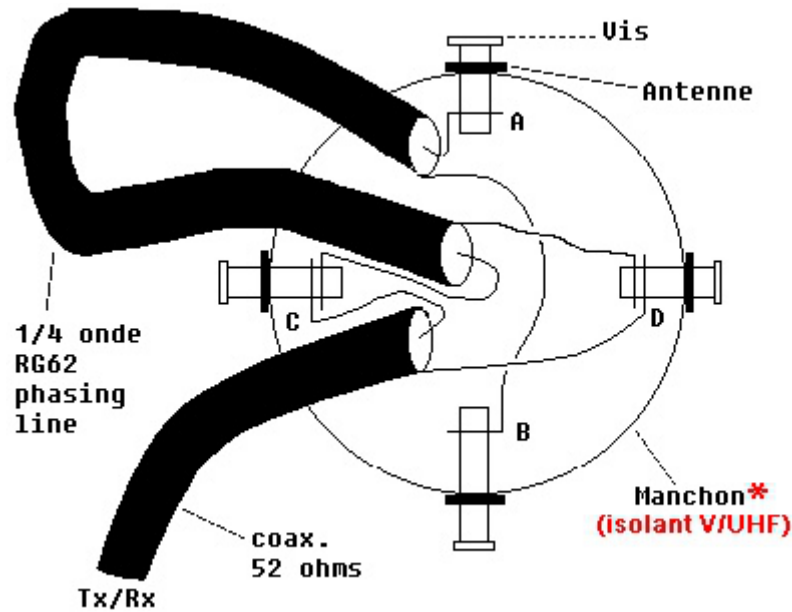


Fig.6 Vue du dessous de l'antenne en regardant vers le ciel

En déplaçant le point d'attaque du feeder de C vers A, on obtiendra une polarisation circulaire gauche. Les connexions doivent être réalisées aussi courtes que possible et il doit en être tenu compte dans le calcul de la longueur des loops.

Inversion de la polarisation par switch ou relais

On peut avantageusement obtenir une polarisation circulaire droite ou gauche en intercalant un inverseur coaxial ou un relais coaxial aux points C et A (Voir « Antenne Eggbeater Seconde Partie » pour les détails).

Cependant l'expérience montre que lorsqu'il y a inversion de polarisation du signal reçu, la baisse de signal n'est, en général, pas supérieure à 30 db. De plus, les inversions de polarisation sont souvent courtes. Avoir une antenne "switchable" à volonté n'est donc pas primordial mais c'est évidemment un avantage.

Les résultats présentés au tableau " Niveaux de signaux reçus " ont été relevés en polarisation circulaire droite uniquement.

Il faut aussi savoir que la polarisation des signaux de certains satellites s'inverse après leur passage au zénith de leur trajectoire par rapport à la station réceptrice. Pour l'explication de ces phénomènes, on se reportera au " Satellite Experimenter's Handbook " ou à la nouvelle édition " The Radio Amateur's Satellite Handbook " de Davidoff.

Conclusion

L'antenne peut encore être améliorée. Pour être parfaite, les deux loops devraient être symétrisés. En effet, il fallait utiliser une ligne 1/4 d'onde symétrique pour coupler et déphaser les deux loops (le câble coax a été préféré par facilité).

Le diagramme de rayonnement horizontal n'est, en effet, pas exactement circulaire mais très légèrement elliptique. L'emploi d'un balun au point de connexion du feeder est également nécessaire, notamment pour supprimer ce défaut. Ce balun peut être réalisé en câble coaxial ou éventuellement en plaçant des tores ferrites sur le coax.

Note concernant le calcul de la longueur des boucles

La formule de calcul de la longueur de l'antenne ne prend pas en compte la résistivité du matériau utilisé pour la construction de l'antenne.

La formule ne prend pas non plus en compte le "skin effect", les courant HF à très haute fréquence se propageant plutôt à la périphérie d'un conducteur.

Sans ces données, la première antenne produite sera toujours un prototype qui devra être mis au point pas à pas.

Note sur les isolants

Un élément important dont il faut tenir compte dans la réalisation de cette antenne est le système d'isolation des boucles. Par facilité on est tenté d'utiliser du PVC. Bien que certains PVC puissent remplir ce rôle au moins en VHF, la plupart sont de très mauvais isolants aux très hautes fréquences et peuvent avoir un effet capacitif marqué. De plus, ils sont aussi parfois instables, leurs caractéristiques changeant avec la fréquence utilisée. Il sera alors impossible de régler l'antenne.

Types de diélectrique utilisables en HF et THF

Exemples de matériaux utilisables (liste non exhaustive) : stéatite, verre, plexiglas, fibre de verre, nylon, téflon, ertalon, delrin.

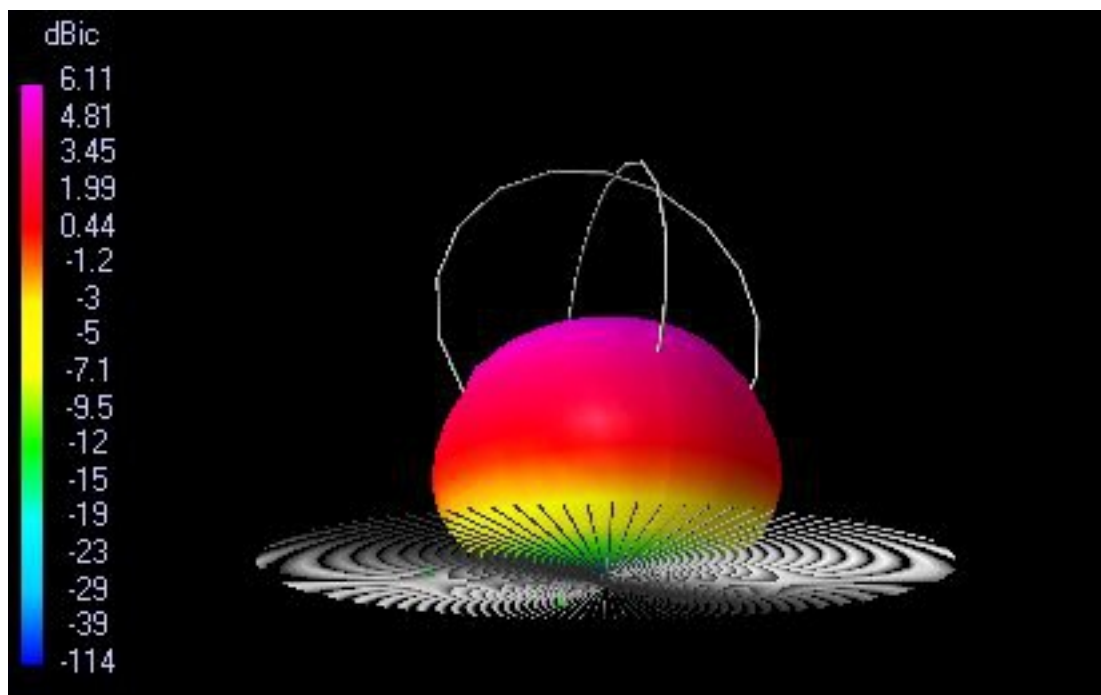


Fig.7
Antenne "Eggbeater" : diagramme de rayonnement 3D

Bibliographie

Les ouvrages suivant ont été utiles au choix et à l'élaboration de cette antenne.
Les pages et les éditions ne sont pas reportées car d'une édition à l'autre les n° de page peuvent changer, cependant les titres des chapitres sont conservés.

Antenna Book.....(ARRL)

Chapter..... Wave attenuation

VHF propagation beyond line of sight

Reliable VHF coverage (path loss)

Matching devices at the antenna : the quarter-wave transformer

Quad : dimensions for vhf / gain

The Satellite Experimenter's Handbook

(Edition Révisée ' The Radio Amateur's Satellite Handbook')

(ARRL)

Chapter..... Delay and phasing lines

How to change sense of polarity (Polarization ; Sense)

Calculating EIRP (Gain and EIRP)

Predicting signal levels

Predicting relative link signal levels

Cliquer sur les liens pour visiter le site web.

M2 www.m2inc.com

Pour l'élaboration des diagrammes de rayonnement le programme :

4nec2.....de Arie Voors..... <https://www.qsl.net/4nec2/>

Informations satellites :

GO-32 <https://on6wg-f5vif.online/Doc/GO32-details.pdf>

LO-19 <http://www.lusat.org.ar/>

Cute-1 <https://www.eoportal.org/satellite-missions/cute-i>

Remerciements à Arie Voors pour son excellent programme et pour l'aide rapide qu'il apporte aux utilisateurs de « 4nec2 » en cas de question ou de problème.

Appendix

Traduction de cet article en anglais :

English translation of this article : <https://on6wg-f5vif.online/Page%201.html>

**Depuis le mois de mai 2009, cet article est disponible également en espagnol.
Il a été publié par la revue espagnole "Radio-Noticias" (numéro 198).**

Desde mayo de 2009, este artículo también está disponible en Español.

Fue publicado en la revista española "Radio-Noticias" (Número 198).

<http://www.radionoticias.com>

Lo último de Icom



Te presentamos los próximos equipos Icom que llegarán a España, un portátil (IC-E80) y un base-móvil (ID-E88), ambos bibandas V-UHF y compatibles D-Star. Además, te mostramos todos los pasos para construir una antena Eggbeater de VHF o UHF y un choque balun para mejorar tus radiantes.



Additif : La page web ci-dessous contient un calculeur de 'loop' précis et de pertinents conseils à propos de la construction d'antennes boucles (loop) pour VHF et des fréquences plus élevées. Le calculeur est aussi un convertisseur entre pieds et mètres ou centimètres. Pour visiter la page cliquer sur le lien bleu : (page en anglais)

<https://on6wg-f5vif.online/Loop Antennas and Calculator.htm>

Il y a une suite à cet article, visitez le lien ci-après sur le site web ON6WG / F5VIF :

<https://on6wg-f5vif.online/Page%201.html>

73's.....e-mail.....f5vif@outlook.com

Usage des fichiers PDF ON6WG/F5VIF

Les fichiers PDF peuvent être copiés ou distribués sans autorisation préalable pour un usage non commercial. Si une partie de document (texte, image, photographie, schéma) est utilisée séparément, l'utilisateur s'engage à indiquer la source de celui-ci. Un lien URL vers la page d'accueil ou la page où se trouve la partie de document utilisé sera indiqué. L'utilisateur s'engage aussi à indiquer l'accréditation de l'auteur à côté de la partie de document utilisée excepté si la partie de document contient déjà cette information. Pour une image, la phrase d'accréditation peut être simplement "Image: ON6WG/F5VIF". Lire aussi : « Terms of Use for the ON6WG/F5VIF Website » sur le site web.