

Dipôle vertical valable du 10 au 40 m (par Kurt, ON4BAI, trad. ON1LPL)

(5 avril 2004) Depuis peu de temps, nous constatons une diminution du flux solaire et donc nous pouvons nous attendre à une certaine activité sur les bandes HF inférieures. C'est le moment idéal pour élargir notre parc d'antennes. On arrive le plus souvent à suspendre relativement bien un traditionnel dipôle horizontal pour les bandes inférieures aux 30 mètres. Sur 40 et 80 mètres, les problèmes sont garantis si on veut tendre un dipôle parfaitement horizontal à une hauteur suffisante. Sur ces longueurs, beaucoup en arrive à la triste constatation que l'espace disponible devrait être beaucoup plus important, (finalement, pour les inconditionnels d'antennes HF, tout est toujours trop petit). Bien entendu, nous pouvons suspendre un dipôle en V inversé ou nous pouvons encore plier les extrémités afin que le tout prenne place dans le jardin. Et finalement, si vous ne disposez de rien, alors tout est bon pour être QRV. J'essaye, dans ce projet, de trouver une alternative au dipôle horizontal. Une construction aisée, la simplicité et les prestations en sont les éléments centraux.

La référence

Nous prenons un V inversé pour le 40 mètres comme référence, il est familier pour beaucoup et nous savons ce que nous pouvons en attendre. Dans cet article, nous utiliserons le dipôle VERTICAL et le raccourcirons avec des chapeux capacitifs jusqu'au 20 mètres et des bobines supplémentaires pour les 30 et 40 mètres.



Quelques réflexions

Un sujet des plus discutés entre les DX'ers est le diagramme de rayonnement d'une antenne. Nous acceptons peut être trop facilement que nous devons envoyer notre énergie le plus bas possible sur l'horizon pour effectuer un DX. Se pourrait-il que nous devions rayonner notre énergie sur le bon angle en élévation, de préférence au bon moment afin de réaliser le DX désiré ?

Le **schéma 1** nous montre plusieurs diagrammes de rayonnement d'antennes connues. J'ai modélisé la V inversé (en EZNEC 3.0) sur une longueur d'onde plutôt basse. Nous observons immédiatement que la plus grande partie de l'énergie va vers le haut. Cette antenne est sans aucun doute la championne pour les liaisons en deçà des 800 kilomètres et peut très bien venir à point pour les contests locaux. En ce qui concerne cette antenne, sur la bande des 40 mètres, vous avez déjà besoin d'un mât de 10 mètres de haut et un jardin d'au moins 20 mètres de profondeur !

Le plus petit diagramme montre le rayonnement d'un dipôle vertical raccourci avec des HAT's et des bobines supplémentaires au point d'alimentation pour le tuning exact de l'antenne. Jusqu'à 24°, nous pouvons observer que cette antenne à la même, voir une bien meilleure allure que la V inversé. Pour les angles plus petits, il y a plus d'énergie et pour les angles plus élevés, on est inférieur au dipôle. Il est très intéressant de constater que la conductivité du sol joue un rôle très important dans le comportement de cette antenne. J'utilisais un sol avec une conductivité de 15mS/m pour le diagramme avec le GAIN le plus faible ainsi que pour le V inversé.

Si vous êtes l'heureux propriétaire d'un terrain dont le sol présente une conductivité meilleure que la moyenne, alors vous recevez gratuitement un peu plus d'énergie entre 10° et 30°. Et si vous aviez la possibilité d'installer votre antenne au-dessus de l'eau salée (à la côte ou près de la côte n'est déjà pas la même chose, car la conductivité du sable est tout simplement très mauvaise !) par exemple lors d'une expédition sur l'une ou l'autre île exotique, alors vous pourriez faire rougir les inconditionnels de Yagi, à moins de pouvoir placer l'antenne Yagi à une hauteur égale ou supérieure à une demi-longueur d'onde.

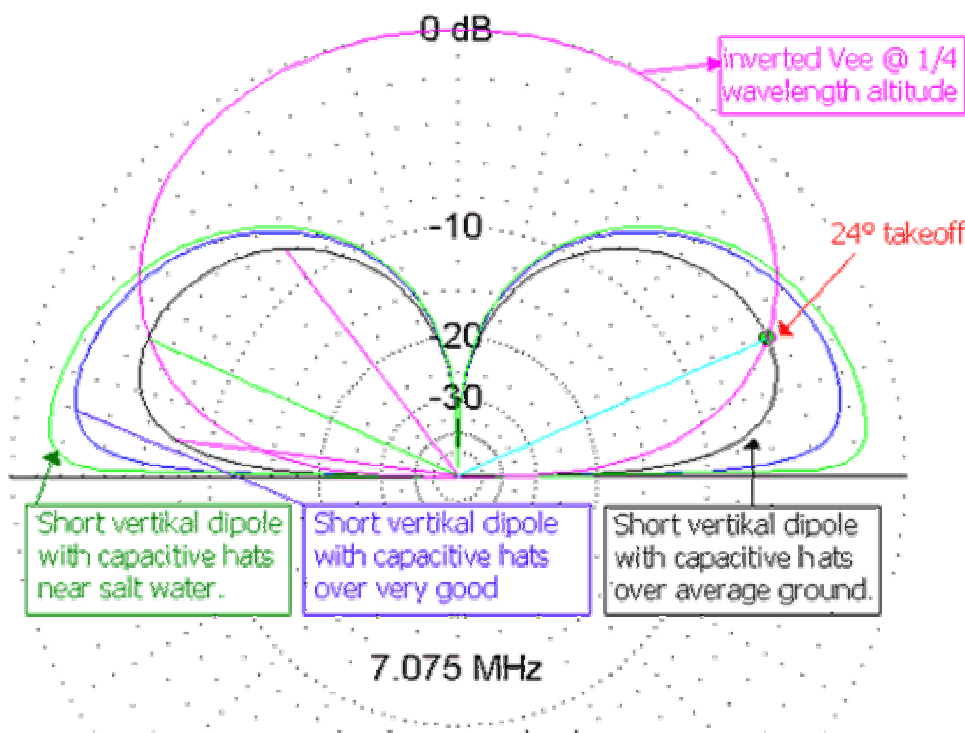
Avec le V inversé full size, nous n'aurons pour ainsi dire aucune perte ce qui n'est pas le cas avec le dipôle vertical raccourci de par les pertes dans les bobines. La réactance de la bobine est de 210 Ohm. Si je prends un facteur Q de 200, alors la perte est $(210/200=1,05)$. Avec 2 bobines, nous perdons 2,10 Ohms ce qui résulte en un rayonnement efficace de 87%. La perte dans le HAT's est probablement négligeable. Ceci concerne en effet seulement les pertes de l'antenne elle-même en ne tenant pas compte de sa composition ni de l'influence du sol proche.

Avec le V inversé full size, nous n'aurons pour ainsi dire aucune perte ce qui n'est pas le cas avec le dipôle vertical raccourci de par les pertes dans les bobines. La réactance de la bobine est de 210 Ohm. Si je prends un facteur Q de 200, alors la perte est $(210/200=1,05)$. Avec 2 bobines, nous perdons 2,10 Ohms ce qui résulte en un rayonnement efficace de 87%. La perte dans les chapeaux est probablement négligeable. Ceci concerne en effet

seulement les pertes de l'antenne elle-même en ne tenant pas compte de sa composition ni de l'influence du sol proche.

Si nous envisageons d'utiliser une "full size" de 1/4 de longueur d'onde verticale, nous obtenons alors une antenne de 10 mètres de haut et nous devons veiller à utiliser assez de radians pour obtenir une perte de sol acceptable.

Nous pouvons forcément (tel que d'application la plupart du temps) les cacher dans le sol, et personne ne s'en aperçoit. S'ils se trouvent dans le sol et si vous en avez installé au moins une vingtaine, alors leur longueur est sans importance, les radians n'ont aucune propriété résonnante et ne sont qu'une partie du plan de sol.



Schpma 1

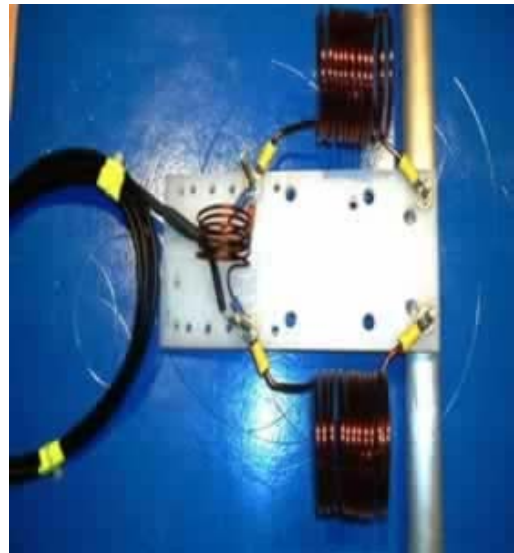
Il arrive que les radians soient installés au-dessus du sol, dans ce cas vous avez besoin de l'espace nécessaire et cela devient une véritable toile d'araignée. La plupart du temps, seulement quelques radians sont utilisés (par bande !), ce qui aura comme conséquence un bon nombre de pertes dans le sol du fait que le sol se trouve dans l'environnement proche des radians (pour une hauteur faible).

Certains ne s'aperçoivent peut être pas du problème, mais il semble que le prix du terrain à bâtir ne va pas en diminuant et que leur taille ne va pas en augmentant, de plus c'est mieux si l'XYL conserve un peu d'espace qui n'est pas un beau jour entrelacé avec la partie apparente de ces "constructions d'antenne qui ne peuvent être vues".

En utilisant un dipôle vertical en lieu et place d'une antenne horizontale, nous obtenons, tout comme avec l'antenne verticale 1/4 d'onde, un meilleur diagramme pour une antenne DX où la radiation à angles élevés est supprimée. Le rayonnement aux angles de faible valeur dépend fortement de la conductivité du sol et pas seulement dans l'environnement proche de l'antenne. Dans l'environnement immédiat de l'antenne, la qualité du sol déterminera la qualité (l'efficacité) du rayonnement. Une règle d'or est : améliorez la qualité de la conductivité du sol en y installant des radians ou un tréillis de fils croisés qui forment un écran. A une distance plus importante, là où les ondes sont réfléchies (dans la zone de Fresnel), la qualité du sol déterminera la façon de laquelle les ondes HF seront réfléchies. Un mauvais sol en absorbera une bonne partie, un bon sol agira comme un miroir parfait. Pour les angles de rayonnement faibles, cette réflexion se produit jusqu'à quelques dizaines de longueurs d'onde de l'antenne.

D'une manière ou d'une autre, nous devons raccourcir le dipôle vertical afin de le garder dans des dimensions physiques raisonnablement praticables pour la bande des 40 et éventuellement des 80 mètres. Il faut de plus raccourcir le dipôle de manière à ce que la perte d'énergie RF soit la plus petite possible. La manière la plus efficace pour raccourcir une antenne (dipôle ou verticale) est de l'effectuer à l'extrémité du fait que les courants sont plus faibles à cet endroit. Nous choisissons le "toploading" (charge capacitive) au moyen de "chapeaux" capacitifs qui ne réduisent que la bande passante et dans une moindre mesure le gain de l'antenne. Cette technique est utilisée pour les 10 et 20 mètres. Il est important que ces chapeaux aient une structure symétrique de manière à limiter au mieux les composantes horizontales de l'onde radiée; une dissymétrie des chapeaux a pour conséquence une plus grande réduction de la largeur de bande.

Pour utiliser l'antenne sur les 30 ou 40 mètres, nous placerons 2 bobines supplémentaires d'environ 6 μ H en série avec le point d'alimentation. La fréquence peut être réglée de manière précise à l'aide de ces bobines. Un fil de section importante veille à limiter les pertes, certainement quand l'on sait qu'on peut s'attendre à des courants importants.



La largeur de bande

Dans la plupart des cas, la largeur de bande est un paramètre important dans l'évaluation des antennes. Je parts du principe que la largeur de bande VSWR d'une antenne est 1.5:1. Pour des valeurs supérieures, nous prendrons le soin d'utiliser un tuner. Sur 10 et 15 mètres il n'y a qu'une très petite diminution ce qui ne pose aucun problème par rapport à l'entièreté du spectre pour ces bandes relativement larges.

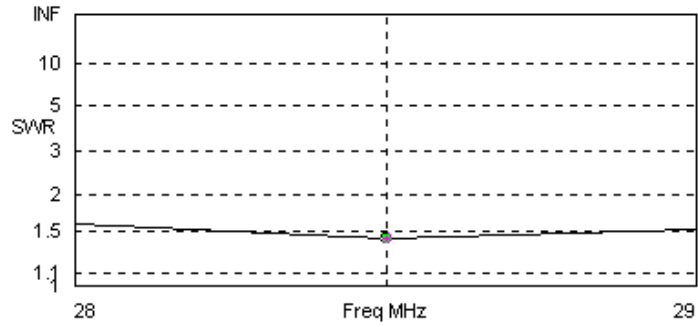
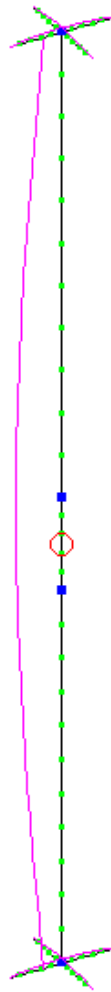
Sur la bande des 20 mètres, on peut très aisément atteindre la largeur de bande nécessaire qui est de 350 kHz avec les "HATS" capacitifs.

Deux bobines de 6 μ H, 11tours sur 50mm avec du fil de cuivre de 4mm². L'étirement de la bobine entraînera, par exemple pour le 30 mètres, une fréquence de résonance plus élevée. Les spires complètement les unes contre les autres, l'antenne résonne alors juste sous la bande des 40 mètres. La bobine centrale sert de circuit de B-matching. On peut déterminer les paramètres des bobines très facilement par expérimentation ou bien on peut les réaliser en utilisant le programme HAMCALC de VE3ERP.

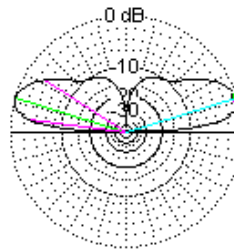
Les bandes des 30 et 40 mètres ont besoin de bobines supplémentaires au point d'alimentation. De ce fait, la largeur de bande est limitée à 100 kHz, ce qui n'est pas vraiment critique sur ces bandes étroites.

Utilisable de 10 à 40 m

Avant d'aborder les détails de la construction, jetons un oeil aux diagrammes qui ont été calculés ainsi qu'aux courbes de VSWR.



Freq 28.5 MHz Source # 1
 SWR 1.43 Z0 50 ohms
 Z 70.56 - j 6.241 ohms
 Refl Coeff 0.178 at -13.93 deg.

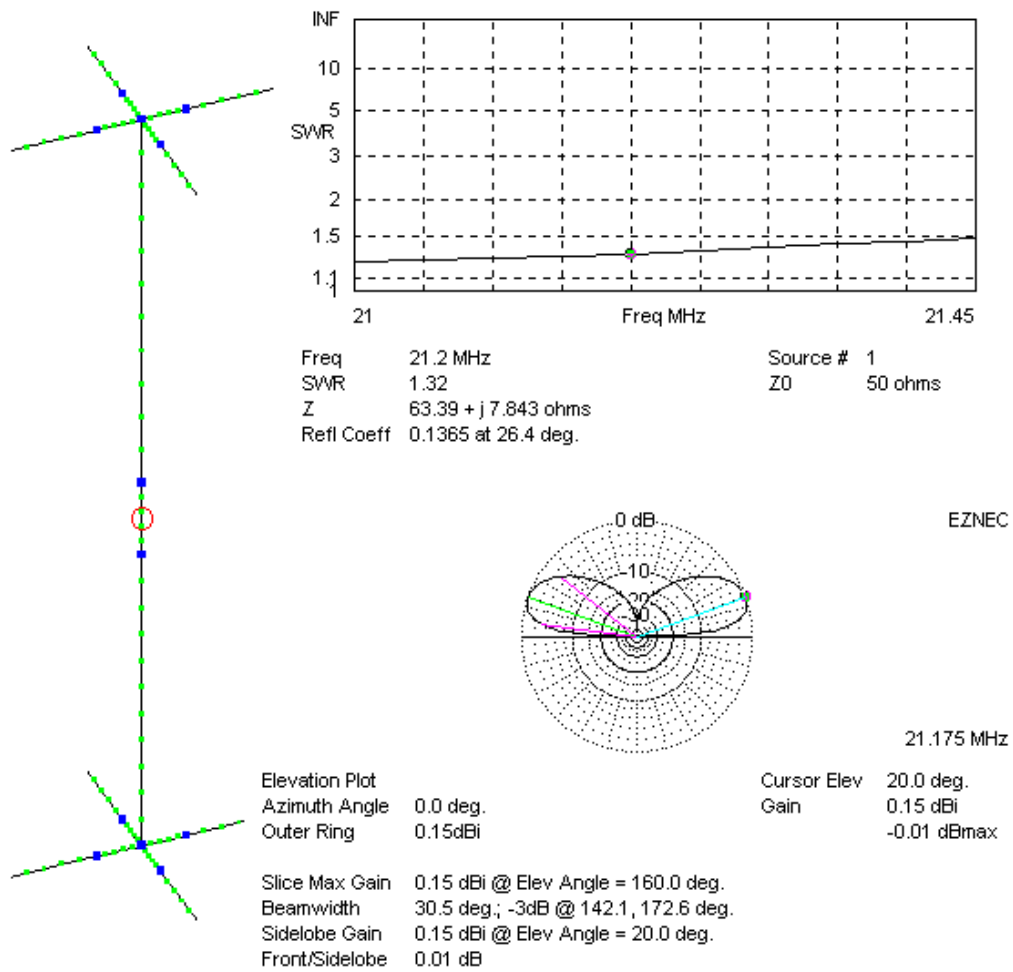


EZNEC

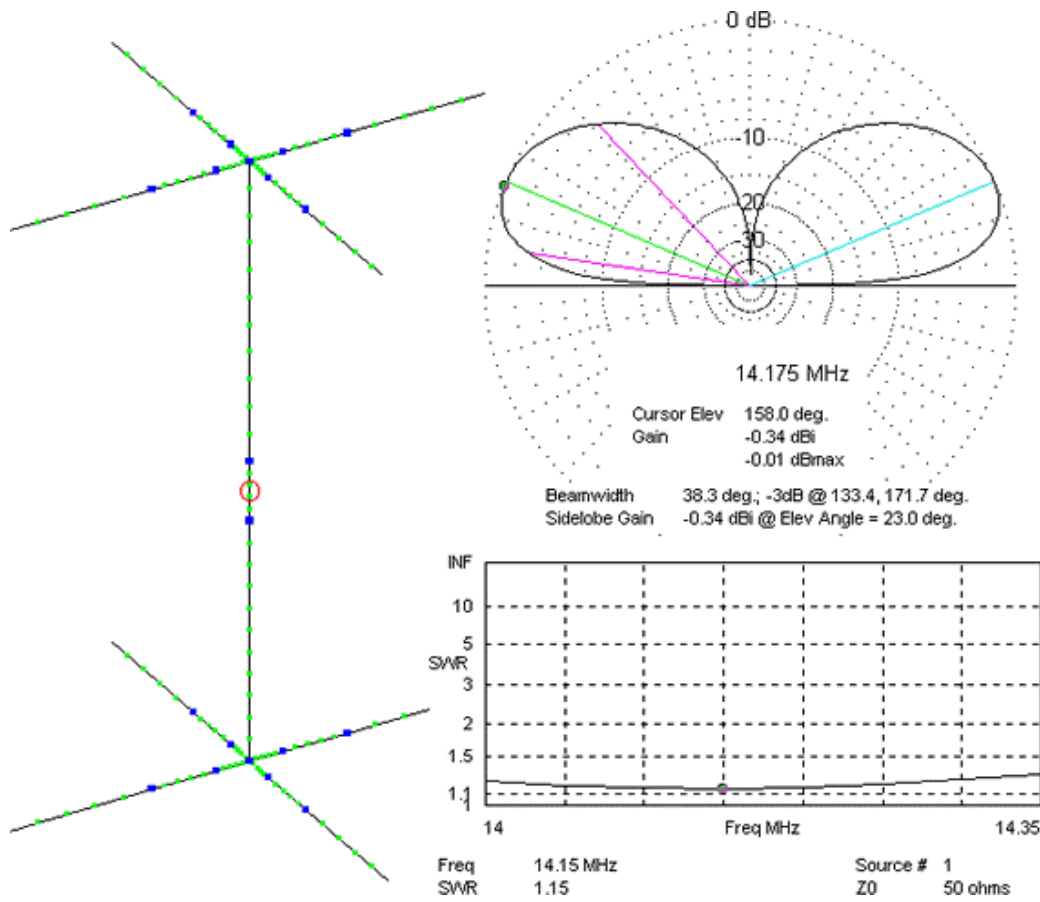
28.475 MHz

Elevation Plot Cursor Elev 17.0 deg.
 Azimuth Angle 0.0 deg. Gain 0.69 dBi
 Outer Ring 0.69dBi 0.0 dBmax
 Slice Max Gain 0.69 dBi @ Elev Angle = 163.0 deg.
 Beamwidth 25.2 deg.; -3dB @ 148.1, 173.3 deg.
 Sidelobe Gain 0.69 dBi @ Elev Angle = 17.0 deg.
 Front/Sidelobe 0.0 dB

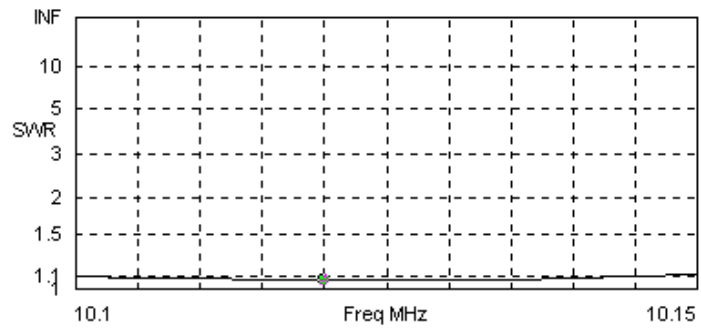
Sur 10 mètres la verticale est aussi bonne que la "full size" et donne un angle de rayonnement de 17° très intéressant. Remarquez également que le courant évolue dans le modèle EZNEC3.0. L'impédance est un peu supérieure à 50 Ohm, mais en pratique ceci donne peu de problème.



Les 15 mètres sont comparables aux 10 mètres, la seule différence est que les HATS comportent une section de plus, celles-ci sont réglables de manière télescopique pour un réglage optimum pour les segments réservés à la CW ou à la SSB.

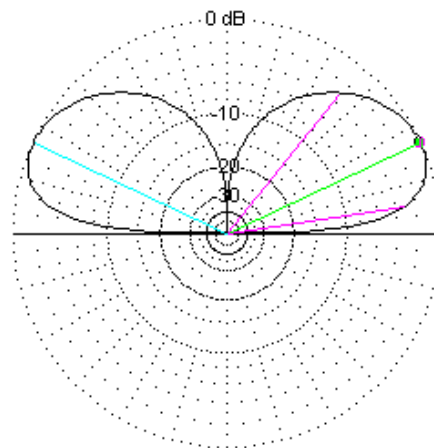
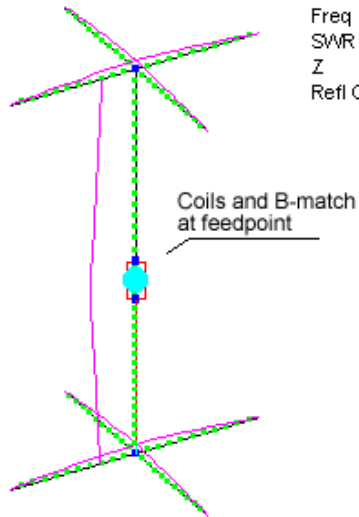


Si on ajoute encore une section, les HAT's ont la taille nécessaire afin d'utiliser l'antenne sur les 20 mètres. Cette configuration nous donne une antenne compacte et très efficace. Lorsque nous utilisons cette configuration dans un environnement où la conductivité du sol est bonne à très bonne on peut s'attendre à ce que l'antenne donne toute satisfaction par rapport à nos attentes.



Freq 10.12 MHz
 SWR 1.065
 Z 49.62 + j 3.116 ohms
 Refl Coeff 0.03149 at 95.11 deg.

Source # 1
 ZO 50 ohms



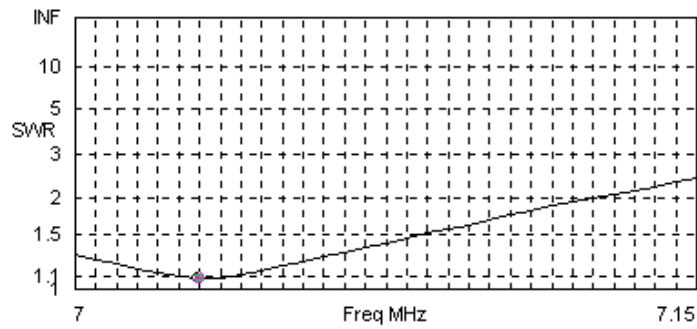
EZNEC

10.125 MHz

ation Plot

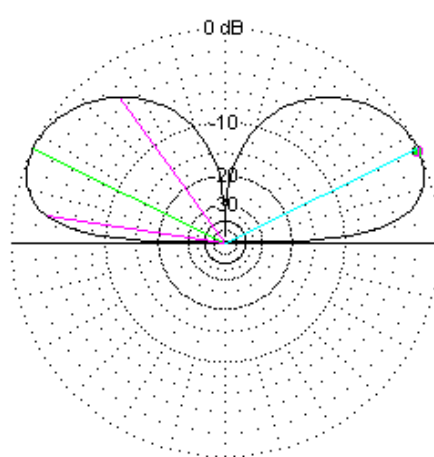
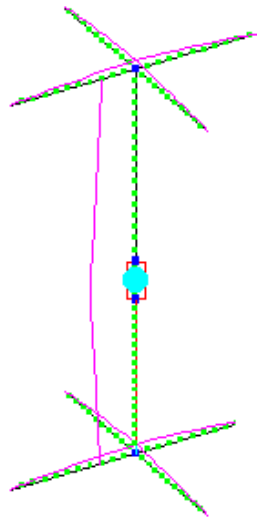
Cursor Elev 25.0 deg.

A partir de 30 mètres et dans les bandes inférieures, nous devons prévoir d'autres "charges". Ce qui se traduit par l'insertion de deux bobines au point d'alimentation. Nous devons également prévoir une adaptation d'impédance pour la ramener à 50 Ohms.



Freq 7.03 MHz
 SWR 1.086
 Z 48.43 + j 3.762 ohms
 Refl Coeff 0.0414 at 110.53 deg.

Source # 1
 Z0 50 ohms



EZNEC

7.075 MHz

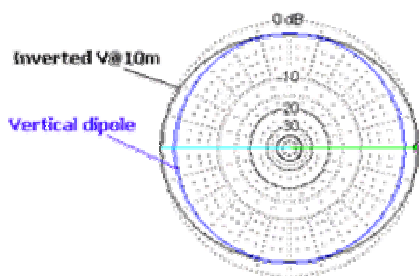
Elevation Plot

Cursor Elev 25.0 deg.

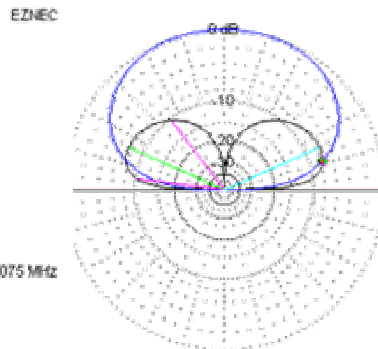
Ci-dessus la version pour les 40 mètres ramenée à une antenne pratique que vous pouvez facilement construire vous-même et que vous pouvez aussi emporter vers votre QTH de vacance favori. L'antenne est à régler manuellement pour la bande souhaitée. De 10 à 20 mètres, vous adaptez les HAT's. Sur 30 et 40 mètres, on installe les bobines pour la fréquence souhaitée.

Le gain

Si nous prenons le diagramme en azimuth, pour un angle de rayonnement de 26° et que nous le comparons avec un dipôle horizontal, nous constatons que nous avons un rien moins de gain, en fait, notre diagramme est omnidirectionnel et l'énergie est optimale là où nous en avons besoin pour le DX (voir diagramme en élévation). Ceci est important pour la réception et explique que nous entendons plus faiblement les stations locales qui nous arrivent avec un angle de rayonnement grand.



Azimuth Plot
 Elevation Angle 26.0 deg.
 Outer Ring 0.99dBi

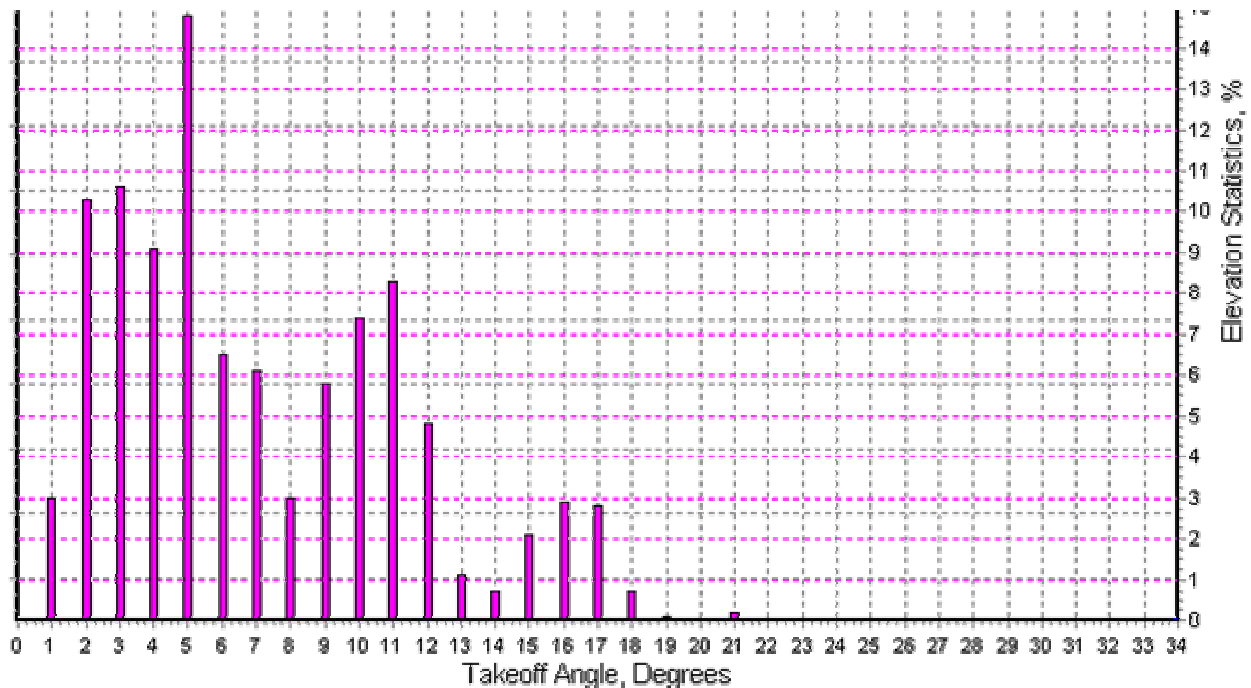


Elevation Plot
 Azimuth Angle 0.0 deg.
 Outer Ring 7.53dBi

Slice Max Gain 0.2 dBi @ Elev Angle = 156.0 deg.
 Beamwidth 45.1 deg; -3dB @ 127.9, 173.0 deg.
 Sidelobe Gain 0.19 dBi @ Elev Angle = 24.0 deg.
 Front/Sidelobe 0.01 dBi

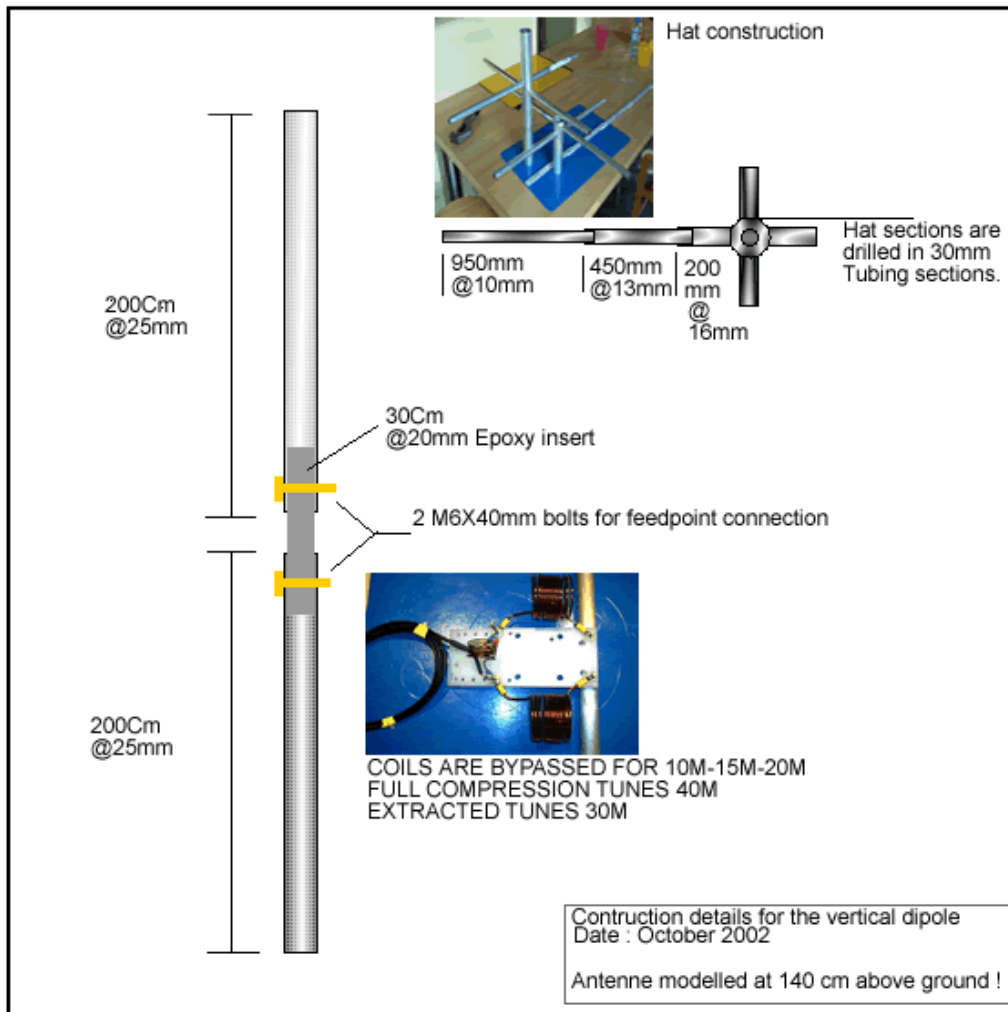
7.075 MHz
 Cursor Elev 16.0 deg.
 Gain -0.18 dBi
 -0.36 dBi max

Nous voyons aussi très bien que pour des angles très faibles (inférieurs à 15°) la verticale est vraiment meilleure que le dipôle 1/4 d'onde haut. A des angles de 5 à 10° qui se présentent très souvent en DX le gain relatif de la verticale est de quelques 10 dB ! Le tableau ci-dessous (généralisé par HFTA, un programme de N6BV qui est uniquement disponible sur le CD joint à la 20ème édition de l'ARRL Antenna book) donne à nouveau la distribution de l'angle de rayonnement vertical dont nous avons besoin pour le pad W6 Europe; Nous voyons que nous n'utilisons que des angles inférieurs à 20° et même inférieurs à 10°. D'où le fait que l'antenne soit nettement meilleure pour les DX que le dipôle bas.

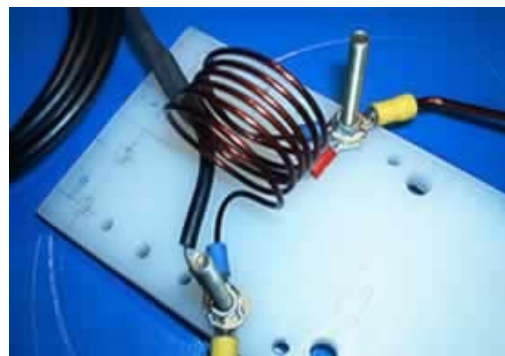


Les données de construction

Ci-dessous quelques données pour la construction de l'antenne, il y a forcément de la place pour des idées personnelles ou des adaptations mécaniques. La description reprend l'antenne tel qu'effectivement construite et tel qu'est le modèle de test depuis le printemps 2003 au QTH de ON5ZO, Franki qui s'est porté garant des tests grandeur nature lors d'un certain nombre de contests et de DX-hunting, (voir ci-après).



Une des bobines pour effectuer le tuning sur les 30 et 40 mètres. 11 tours sur 50mm avec du fil de cuivre de 4mm² qui lorsque les spires sont l'une contre l'autre reviendra à 7 MHz et si on ouvre la bobine revient à la bande des 30 mètres.



Du fait de l'insertion d'une bobine, l'impédance redescend à plus ou moins 15 Ohms. Nous utilisons un circuit de B-matching avec la bobine ci-dessus. N'oublions pas le BALUN qui vient s'intercaler entre la ligne d'alimentation et l'antenne.



Le dipôle vertical assemblé, ici dans sa version pour les dix mètres.





Beta-matching pour la version raccourcie des 30- et 40-m.

Si nous raccourcissons l'antenne, le gain sera plus faible, la bande passante plus petite et l'impédance plus faible. L'impédance d'origine, c'est à dire qui n'est pas adaptée, est de 4,91-j26,3 Ohm. La réactance de (-j26,3) sert de capacité dans notre réseau de Beta-matching.

Les formules pour le circuit d'adaptation sont :

$$X_C = -j26,3$$

$$R_{coax} = 50 \text{ Ohm}$$

$$R_{Yagi} = 14,91$$

$$X_L = 32,59 \text{ ce qui revient à une inductance d'une bobine de } 0,73 \text{ uH sur } 7,025 \text{ MHz. (à voir dans les tables de construction).}$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{R_{coax}}{R_{Yagi}}\right) - 1} \quad \text{B-match Q-factor}$$

$$X_L = R_{coax} / Q \quad \text{needed inductance}$$

$$X_C = Q \cdot R_{Yagi} \quad \text{needed capacitance}$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{R_{coax}}{R_{Yagi}}\right) - 1} = 1,53$$

$$X_L = R_{coax} / Q = 32,59 \text{ Ohm}$$

$$X_C = Q \cdot R_{Yagi} = -j22,87 \text{ Ohm}$$

Sur l'air.

Après l'installation de l'antenne à mon propre QTH pour quelques tests et réglages, j'ai demandé à mon ami ON5ZO, Franki, pour tester le projet. Franki a utilisé l'antenne surtout sur les 40 mètres lors de divers contests à partir de son tout nouveau DTH à Herne dans le Brabant-Flamand.

Après quelques mois, un extrait de son log des 40 mètres me montrait des liaisons avec : TO5 (3)- D44 - 3V8 - TA - A61 (3)- SU - 9K9 - JY9 (3)- UN7 (5)- HP3 - W1 (10)- W2 (10)- K3 (13)- N4 (5)- K5 (3)- K7 - W8 (3)- W9 (5)- PR (2)- VU - 4J6 (4)- E21 (3)- EX - TK - YB - 9H3 - LU (2)- VE (10)- JA (2)- 4Z5 - HG2 - TI3 - ZL6 - A45 - EX2 en 4L8...

Les commentaires de ON5ZO:

J'utilise maintenant l'antenne depuis environ 8 mois, pendant lesquels j'ai effectué environ 1200 QSO's rien que sur les 40 mètres ce qui me donne un total de 99 DXCC's sur 40 mètres. Tous ont été réalisés depuis mon QTH à Herne avec 100 Watt.

Si l'antenne fonctionne? Je suis fortement surpris par les performances. Avant, (au QTH précédent) j'utilisais une delta loop et une Lambda verticale avec 50 radiants sur 40m. Chacune avait des avantages et des inconvénients. La verticale avait quelques points fort en réception, mais les propriétaires de terrains ne sont pas toujours heureux avec des radiants dans le sol. L'un dans l'autre c'était une très bonne antenne de DX. La delta loop était aussi une très bonne antenne pour les DX. Beaucoup plus calme que le quart d'onde et il n'y avait pas besoin de radiant. Il faut disposer d'un mât haut assez pour suspendre la delta loop. J'avais aussi l'impression que la loop était quelque peu plus directive qu'omnidirectionnelle, ce qui devrait aussi être le cas. Le dipôle vertical combine deux avantages, des deux antennes précédentes. Il est reposant à utiliser en écoute et il n'y a pas de radiants. J'ai pu travailler tous les CW DX que j'ai entendu sur la bande des 40 mètres. Pour mon plus grand plaisir, EU était également possible ce qui fut le bien venu pour les contests. Jusqu'à présent je travaillais régulièrement des NA, SA, AF, OC, JA's. En SSB, je travaillais

régulièrement des stations EU pendant les contests locaux. J'ai eu différents commentaires positifs à propos de mon signal ! J'ai même travaillé K4JA en SSB et j'ai entendu des stations VK/ZL.

Au niveau mécanique, il y a de la place pour des améliorations. Le prototype avait des tubes d'aluminium de 25mm seulement, ce qui me paraît peu. La base est haubanée dans 4 directions. L'ensemble est très flexible. Nous avons subi des vents violents, l'antenne a dansé la samba, mais n'a jamais plié et n'est jamais tombée, mais malgré tout je désire prendre un tube central de section plus importante.

Mis à part ses caractéristiques électriques, je pense que l'antenne présente de nombreux avantages intéressants. Elle est facile à construire et à monter, pas de mât de hauteur importante pour le montage, une installation simple et un assemblage simple.

Imaginez que vous devriez construire une 4 square array...

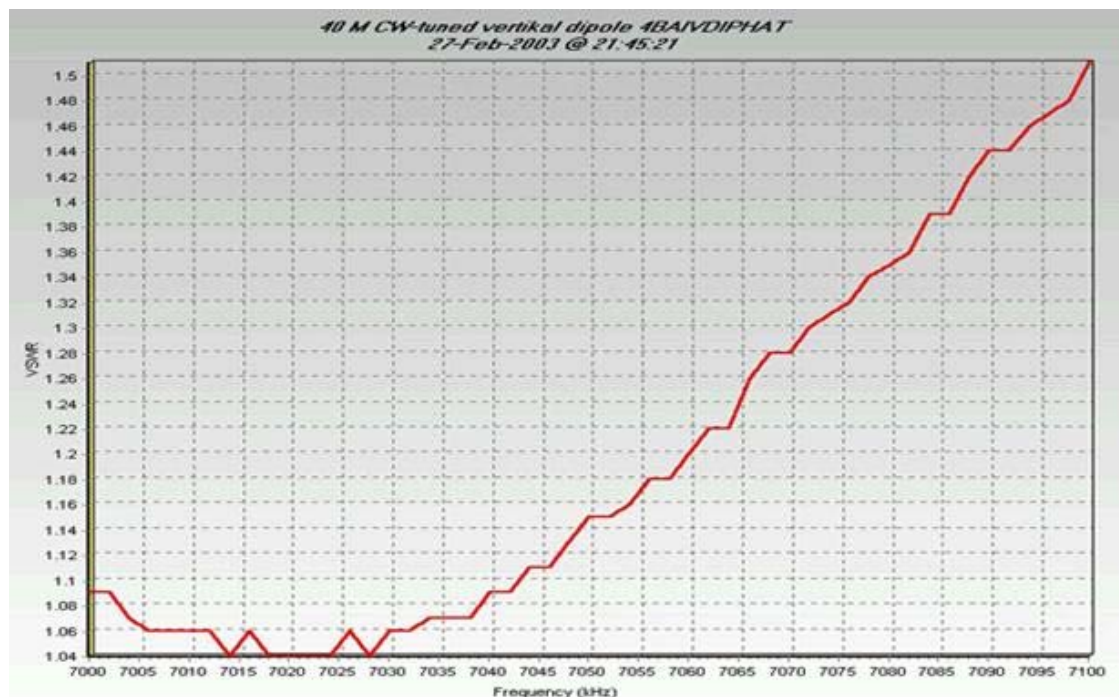
Franki ON5ZO

Les mesures de SWR

J'ai réglé l'antenne au QTH de ON4BAI pour le 40 mètres en CW.

EZNEC 3.0 est très précis, mais vous pouvez vous attendre à quelques tolérances lors de la construction des bobines. J'ai réglé l'antenne au moyen d'un appareil de mesure comme le AEA-CIA HF ANALYZER. Je pouvais très aisément trouver un réglage de bobine pour le 7.020 MHz. Lors du montage de l'antenne au QTH de Franki, l'antenne n'était plus bien réglée. Pour être honnête nous n'avons plus investi beaucoup de temps pour résoudre ceci. A ma connaissance ON5ZO a toujours travaillé avec un tuner d'antenne.

La fréquence de résonance exacte dépend forcément de la hauteur et de la qualité du sol parce qu'il y a une capacité significative entre le HAT inférieur et le sol ! Ce qui explique que la fréquence de résonance sera différente pour chaque QTH.





Force 12, Sygma 5 vertical top-loaded dipole

Conclusions

- La construction de cette antenne vous permettra d'étendre votre parc avec une bonne antenne pour les DX's sur les 40 mètres et plus haut, vous n'avez besoin d'aucun équipement particulier et les matériaux sont abordables en ce qui concerne votre porte-monnaie.
- Comme point négatif, citons un shift en fréquence en fonction de la météo et qui donc doit encore être amélioré. C'est lié à la capacité entre le HAT inférieur et le sol, capacité qui change avec la conductivité du sol qui évolue en fonction de la sécheresse ou de l'humidité.
- L'antenne est rentable et ne prend qu'une place limitée. Si elle n'est pas tolérée par les voisins (ou l'XYL), je crains que vous ne soyez bon pour un autre hobby...
- Cette antenne est adaptable aux 80 mètres, et est en ce moment "under construction".
- De tels dipôles verticaux avec capacity-hat sont disponibles dans le commerce auprès de la firme Force 12 (type: Sygma 5) <http://force12inc.com/>.

A suivre ... Pour toutes questions, remarques et suggestions: galens.deveen@wanadoo.be