

Cubical Quad 2él, Offre

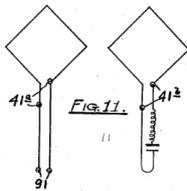
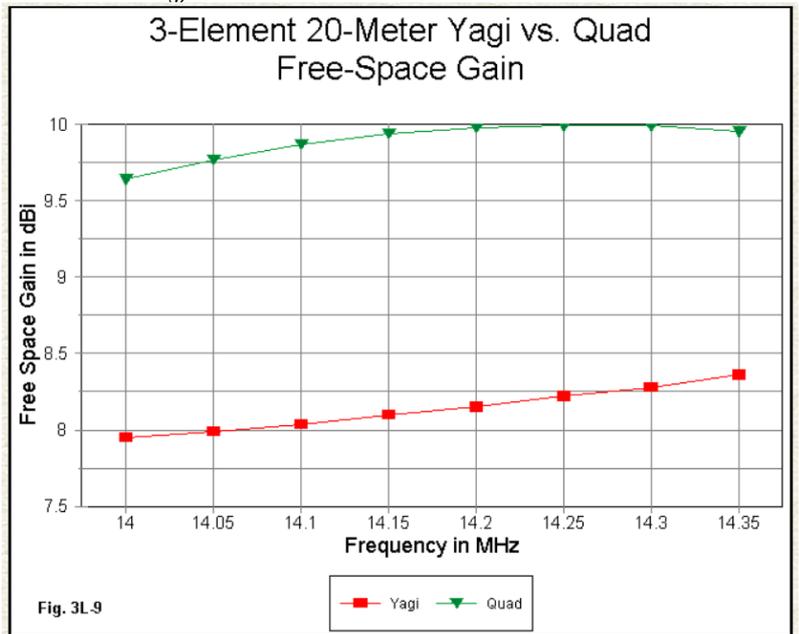
(par F6BKD)

Préambule : Offre, question de politique pour susciter la consommation –dans l'air du temps- C'est une antenne unique qui ne laisse pas indifférent. Tellement moche qu'elle en est belle...mais rarement XYL compatible. On la doit en principe à un ingénieur américain, Clarence Moore était aussi **W9LZX**. en poste en 1942 dans une station radio de missionnaire dans les Andes (**HBCJ** in Quito, 3'000md'altitude – démantelée en 2009 et migrée en Australie- lassé d'avoir les antennes yagi (4él) abimées par le corona qui a eu l'idée d'abord de mettre des ballons en bouts d'éléments. Ensuite, divine inspiration en superposant 2 yagis et en repliant les éléments, il en fit une boucle prometteuse. Le fait d'avoir un **Q** abaissé résolve le problème de corona mais.....mais restait à inventer une partie de la théorie et la dépose du brevet.

Un autre OM, **.HC1HJ** continua de superviser la station. Tout ça très bien relaté dans un article MHz de l'oncle Oscar. Très rapidement, la controverse yagi vs quad s'enclencha. Elle allait durer 30ans. Jusqu'aux essais et publication de **N6NB** qui a tué en partie le mythe. En partie seulement car La cubical quad 2el est supérieure à la yagi 3él. Point final-voir modélisation **WA2000 & W4RNL(†)**.

Une belle trouvaille, mais cela ne serait-il pas en fait une évolution de précédents inventeurs ?

Modélisation : W4RNL (†)



En fouillant, on trouve un certain Jacobson qui en 1924 a déposé un brevet (US patent 1747008), Oups !

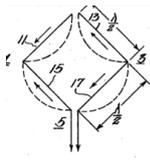


Fig. 3.

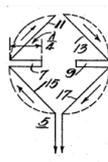
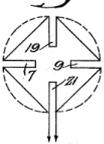
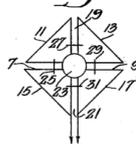


Fig. 4.



Et en grattant encore un peu, un certain Brown en 1938 déposa un brevet US patent 2207781.

Ce qui ressemble furieusement à pas mal de versions de **CQuads**. Mais voilà, la communauté n'a retenu que les dernières expérimentations, concluant du reste, d'un ingénieur, de surcroit radio amateur.

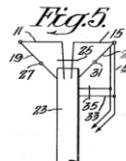
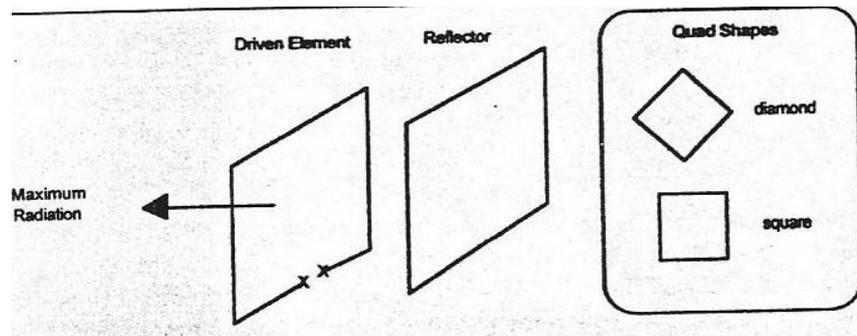
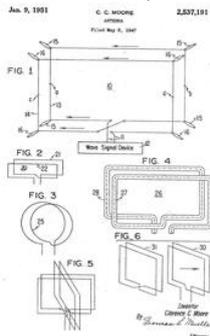


Fig. 5.



Fig. 6.

Brevet de 1951, USA n°2737191



Enfin, celui qui voulait remporter peut-être une reconnaissance éternelle, en 1957 un certain Mc Caig –*probablement radioamateur*- déposait un brevet GB850974A d'une « amélioration d'un composite aériel » 3bandes, que nous connaissons sous le nom de Cubical Quad !

Avant-propos : La controverse sur différence de performance entre yagi et cubical quad a généré beaucoup d'écrits et ce n'est que dans les années 70 que **N6NB** a pris le problème à bras le corps en effectuant des tests comparatif avec toute la rigueur nécessaire et prouva ainsi la supériorité du **Gain** de la yagi ainsi que l'angle de départ mais aussi sa robustesse-*Hamradio May 1979*-

Donc, l'avantage se situerait uniquement sur le coût, et encore notre avis est différent. Toutefois, si l'on ramène à l'essentiel, la longueur de la bôme, la **CQuad** sort gagnante. Il existe beaucoup de sites prometteurs qui donnent des dimensions mais...mais aucun ne semble tenir compte du diamètre et de l'isolation du fil, et dès lors du facteur **k** de raccourcissement! Les yagis sont faites de tubes de 12 à 36mm, les **CQuad** du fil fin...Dès lors il n'est pas sûr que l'espacement de 2,45m soit le compromis idéal du 20m au 10m, mais nous verrons plus tard ci-après.

Un des progrès fut le design de **ZF2MA** qui utilisait de façon empirique deux boucles réflecteur, dimensionnées à **+3 & +5%**

De nos jours on peut vérifier cela avec un programme de modélisation et encore dans la modélisation, peu de développeurs prennent en considération les autres boucles non alimentées qui pourtant re-rayonnent et compromettent les diagrammes de rayonnement, pas tant **Gain** mais le **Av/Ar**.

Enfin, certain en ont réalisé pour le 80m, en raccourci (**G3FPQ**) mais parfois en onde entière (**K3JH**)

La base

Pour moi ce fut l'ARRL Handbook version française de 19xx car dans mon jeune âge, l'anglais n'était pas mon fort -*je me suis soigné depuis*- et plus tard aussi l'information du livre de **W6SAI (†)**, *All About Cubical Quad Antennas* qui commençait à circuler de ce côté ci de la mare aux harengs.

On a fait mieux, beaucoup mieux depuis avec entre autre les publications de **W4MB**, et surtout **W4RNL(†)** –*notre maître à tous*- qui font largement appel à la modélisation.

Le commencement

Une plantation de bambous !

Elle existe toujours –*en fait c'est invasif*!- car dans le Sud-Ouest, ils se sentent à l'aise.

Disons le tout de suite, avec mon peu d'expérience et le peu de moyens, cela me fut difficile de les maintenir en forme, le seul verni à disposition était celui réservé au bobinage.

Photo : F6BKD



Toutefois, j'en tirais des longueurs de plus de 4m. Cette expérimentation tourna assez court et il fallut quelque chose de plus fiable. **Lerc** venait d'émerger sur le marché franco-français. Alléluia, alléluia !.

Il est aussi vrai qu'en ce temps là, l'application Hy-gain m'était inconnue et de plus, inaccessible.
-*sacré dollars, ça ne me fais pas rigoler*-

L'attrape ou trappe

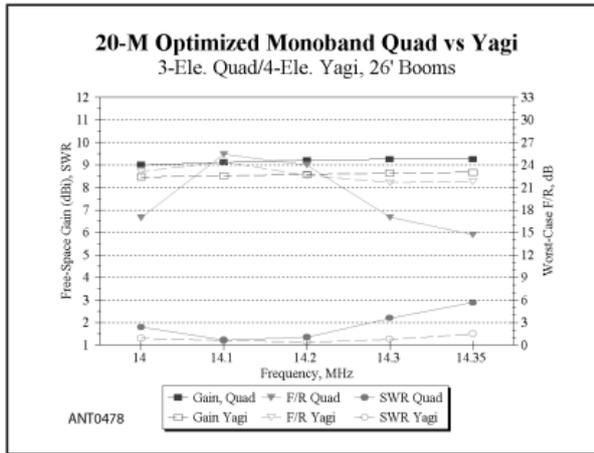
C'est celle qui instillée dans l'inconscient collectif donne des avantages exceptionnels à la **CQuad** contre la Yagi, Tout les graphiques des sixties tendaient à le prouver...avec de plus un avantage sur l'angle de départ plus faible favorisant le **DX**...info ou intox ?

Soit donc une 2él **CQuad** équivalente à une 3él Yagi

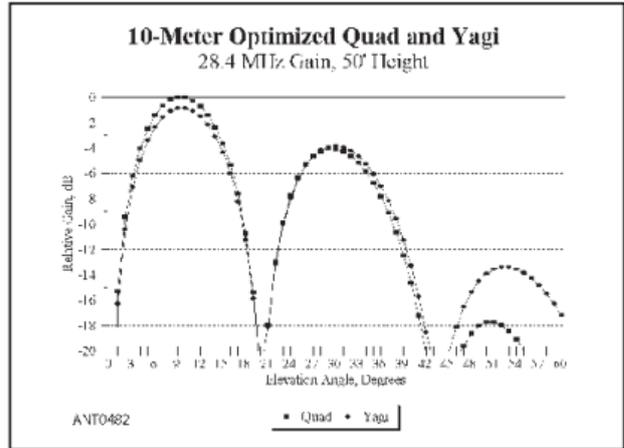
Nous dirions les deux !

De fait, c'est comparer une pomme et une poire puisque si l'on compare 2él, la **CQuad** est gagnante. De nos jours, on se passe de pylône et d'installations lourdes puisqu'il y a la modélisation –comme pour la bombinette- et l'Antenna Book nous le rend bien perceptible avec les diagrammes ci-après :

Gain, avantage **CQuad** de 0,5dB, Av/Ar, Yagi plus large **Bp**



Élévation, identique. Gain, avantage **CQuad** de 0,5dB.



Si l'on peut adhérer au fait de l'évidence qu'une boucle représente un faible **Q** par rapport au dipôle et dès lors collecter moins de bruit ainsi qu'une plus grande **Bp**, il n'en est pas aussi évident pour le **Gain**. Après, rien n'est moins sûr que pour le **Av/Ar**, la **CQuad** soit gagnante, vu la « pointe ». Pourquoi faible, ben parce que du fil (1,5mm) par rapport à du tube (25,4mm)

D'où idéalement, le double réflecteur ! Kapisci?.

Par contre, nous n'adhérons pas au prosélytisme d'une antenne simple et peu coûteuse...

...faut savoir tout de même raison garder...quoique là, on touche presque au religieux !

Modélisation : W4RNL

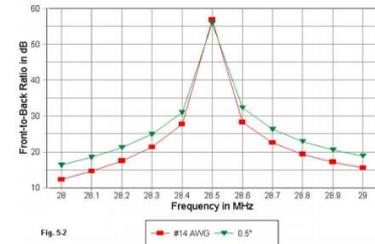
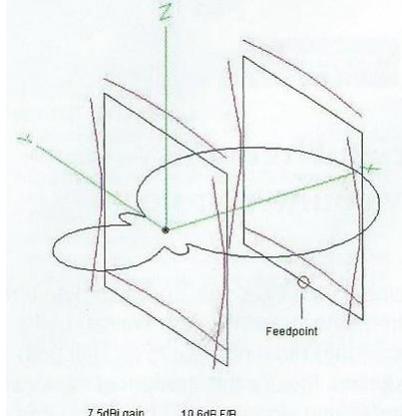


Fig. 52

Les formes

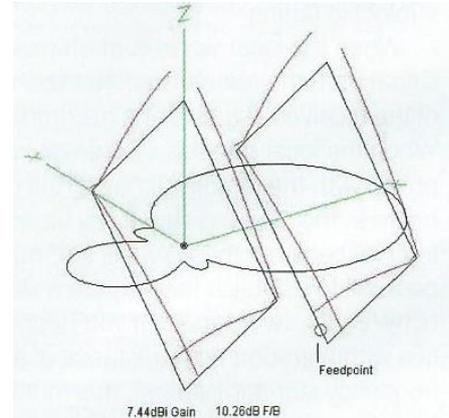
En résumé, les deux formes les plus courantes modélisées avec Ezrec en espace libre. Une altération du **G** aurait été bénéfique à un **Av/Ar** qui normalement est de l'ordre de 20dB contrairement à une 2él yagi qui reste cantonnée, pour un design traditionnel, 50Ω & Réf- Dip, aux environs de 12dB.

Modélisation :G3LDO



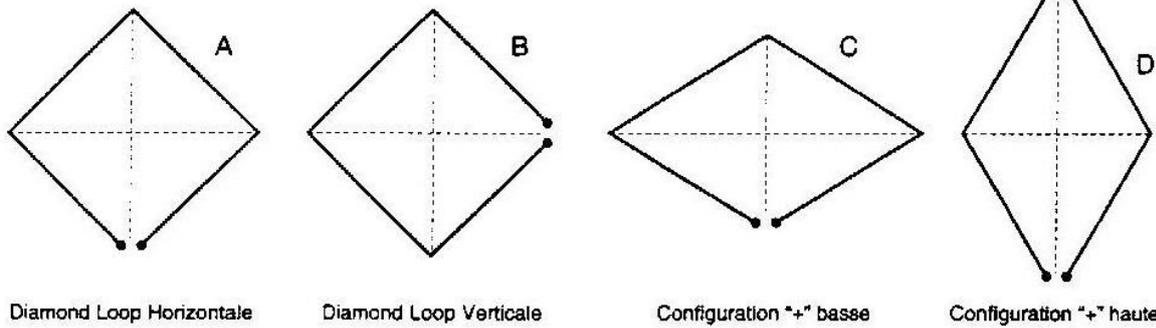
A gauche, la disposition conventionnelle -appelée aussi *Pentaban*- avec la distribution de courant et le diagramme de rayonnement superposé,

A droite, la disposition « diamant » et l'on constate que si elle n'offre aucun avantage décisif sur le **Gain** intrinsèque, du côté mécanique, cela peut être plus appréciable :

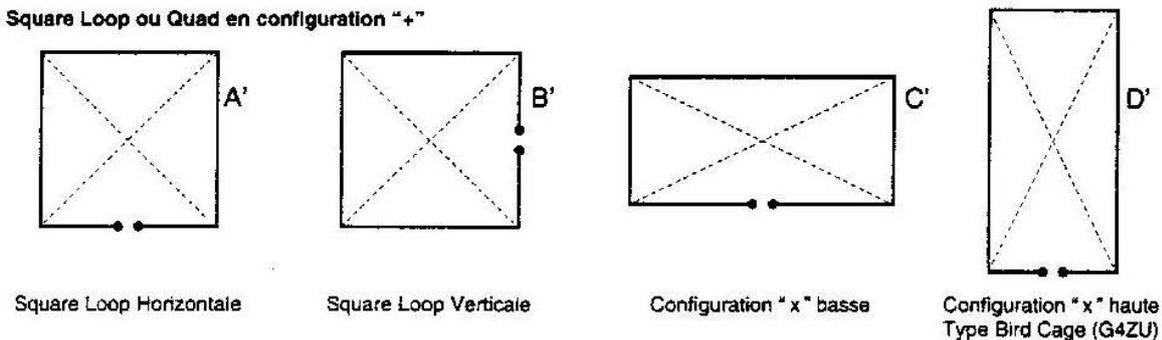


- Le point d'alimentation qui coïncide avec une cane ainsi que les « stubs » du réflecteur.
- La cane verticale se retrouve bien haubanée.
- Si l'antenne est base, un léger mieux eu égard à l'affaiblissement du sol.

Diamond Loop ou Quad Diamant ou Configuration "+"



Square Loop ou Quad en configuration "+"



Espacement

Là aussi, on va toucher un mythe...et le détruire !

En effet, les deux écoles :

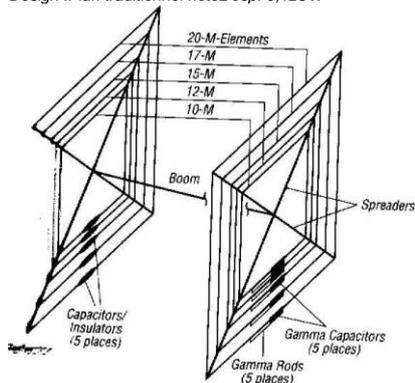
- forme en plan –*espacement fixé par la bôme, de 2,4m à 2,85m-*
- forme araignée - *espacement fixé par l'angle de l'araignée. de 2 x 18° à 2 x 22°.*

Jusqu'au début des années deux mille, le design en araignée était censé obtenir de meilleures performances du fait de son espacement proportionnel.

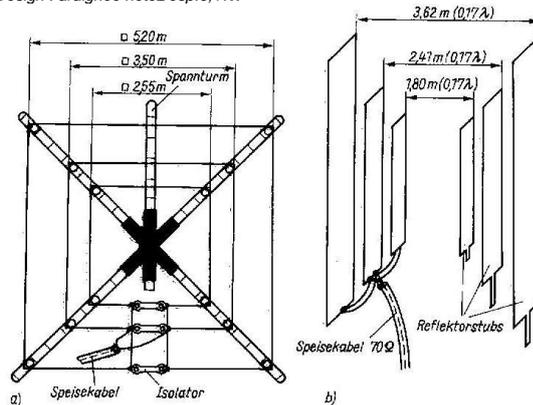
Les différentes modélisations, certes à l'aide du même noyau (NEC) démontreront qu'il n'en est rien.

Donc, qu'on se le dise, aucun avantage de l'un ou de l'autre design !

Design : Plan traditionnel notez esp. 0,125 λ



Design : araignée notez esp. 0,17 λ



En effet, dans les faits il n'y a, en théorie du moins, à peine que 0,5dB de différence en Gain et moins de 2dB en Av/Ar –ref **W4RNL(f)**.-

Cubex offre par exemple les deux versions

Citons quelques réalisations célèbres, version plane, **KC6T-QST April 1992-**, version araignée **W4NNQ.**

Evaluation de l'espacement optimum sur 28MHz selon la modélisation de W4RNL(f)

Spacing	Free Space	Front-to-Back	Feedpoint Imped:
λ /feet	Gain dBi	Ratio dB	R +/- jX Ohms
0.125/4.31	7.16	23.6	102 - j 1
0.145/5.02	7.18	28.0	118 - j 0
0.160/5.50	7.07	40.1	135 - j 2
0.174/6.00	7.02	30.4	146 - j 2
0.200/6.90	6.81	23.8	166 - j 2

Les canes

Ca tombait bien, la Fibre de verre venait d'arriver. Oh, elle n'était pas belle comme de nos jours, mais l'époque en était à ces débuts, donc sans protection « gelcoat ». Mais pour moi, béni soit **Lerc** ! Autrement de nos jours, ce ne sont pas les canes **Fdv** qui manquent, on en trouve à tous les prix bien qu'encore que pour une **CQuad** dévolue au 80m l'éventail soit plus restreint.

Photo : Web, ép. 3mm



Photo EA1DDO



ça rend les choses plus facile sans pour autant être une nécessité.

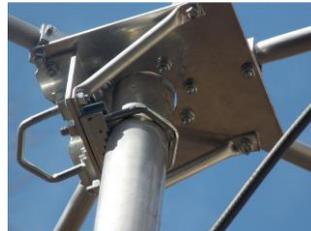
Rappelons ici que la **Fdv** nécessite un entretien, aucune ne résiste aux rayons **Uv** !!!

Certains fabricants utilisent les tubes aluminium (**Hy-gain**) et un seul (**Titanex**) a son propre alliage (titane –aluminium) mais c'est (très) coûteux. A ce jour, **Titanex** a hélas disparu des radars.

Rappelons ici que les canes alu doivent êtres de tronçons isolés.

Les croisillons

De la simple cornière acier en **L** à l'aluminium moulé, les possibilités sont étendues,..



...en tout cas pour l'espacement conventionnel 2él avec un espacement fixe (bôme de 2,4m à 2,8m). Soit de $\frac{1}{8} \lambda$ sur 20m (en principe le minimum recommandé) à $\frac{1}{4} \lambda$ sur 10m (en principe le maximum recommandé)

Donc l'espacement est optimisé pour une seule bande et pour les autres, c'est le compromis,

A moins d'intercaler un autre élément dévolu aux bandes supérieures, 21MHz et au-dessus.

Des croisillons de bonne facture et pas loin de chez nous, chez **PKW** :

http://www.antennepkw.com/8/violet_box_2623022.html

Après, ou avant c'est selon, une construction maison avec du tube et le poste à souder

Dessin : Al's Antennas

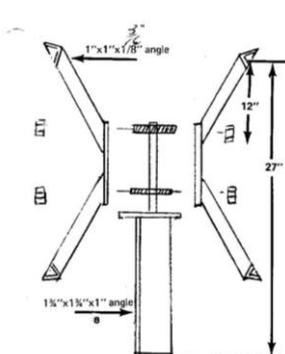


Photo : F6BKD de PKW



Beaucoup plus restreint si le choix se fixe sur l'espacement optimisé pour chaque bande. Soit « sans bôme » « boomeless » et donc une ossature « araignée » (spider) ce qui garantit une performance similaire sur chaque bande.

Angle de 18 à 22°

Evidemment, les canes sont plus longues.

La question, y a-t-il un avantage ?

Comme vu plus haut, que nemi....

...mais c'est bien connu, les mythes ont la vie dure !

Les boucles

Vue les contraintes mécaniques, il est préférable de choisir un conducteur composé d'un mixe acier – cuivre tel que fil téléphone de surplus ou bien neuf de chez **Fritzel** ou **Wireman** et naturellement d'éviter les angles droit. Ici, dans le Sud-Ouest on trouve du fil alliage aluminium pour parc à vaches. En ce qui concerne leur fixation, plusieurs solutions sont possibles surtout avec les brides colson (noire) qui étaient encore à inventer en 70.

A proscrire absolument, le perçage des canes Fdv !

Toutefois, comme il existe un regain d'intérêt pour les **CQuads**, certains fabricants proposent des accessoires tels que **Cubex**, **PKW**, **IOJXX** etc.

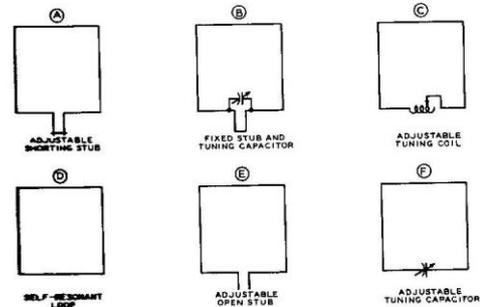
Pour leurs dimensions, il existe des calculateurs en ligne –**N6ACH**, **W4RNL**- mais la plupart passent sous silence le fait de devoir tenir compte du facteur de raccourcissement **k** si l'on utilise du fil isolé –*une vraie misère*-

- Formule de base :

On part d'une dimension de boucle de 1.05 à 1.06 λ . →

$$\lambda = 299.8 / f \text{ (MHz)}$$

Toutefois de nos jours, dans la plupart des cas, on déduit toutes les dimensions de la modélisation



L'alimentation

Là, on rencontre de tout. Du brute force à l'américaine « one feeding point » en utilisant un seul câble coaxial pour des impédances qui vont d'environ 50 Ω pour le 10m à 100 Ω pour le 20m en passant par les gamma match à beaucoup plus sophistiqué avec des transformateurs à ligne $\frac{1}{4} \lambda$ voire $\frac{3}{4} \lambda$ et commutateur télécommandé tel que le **R8CS** de Ameritron. Bien évidemment, cette dernière solution est la plus performante car l'alimentation de toutes les boucles en parallèle occasionne une baisse de la performance générale en plus de se révéler un exercice de masturbation cérébrale.

Mais la question se pose, faut-il laisser les boucles inutilisées ouvertes ou fermées ?

Là aussi, modélisons et la réponse est, les deux mon général.

Modélisation : W4RNL, boucle ouverte

Frequency in MHz	Gain in dBi	Front-to-Back Ratio in dB	Source Impedance (R +/- jX Ohms)
28.5	7.42	22.54	71.7 + j 0.2
24.94	7.18	31.60	74.0 + j 0.7
21.225	7.28	35.20	68.2 - j 1.2
18.118	7.30	31.72	69.0 - j 1.3
14.175	7.21	23.97	77.0 - j 1.7

Modélisation : W4RNL, boucle fermée

Frequency in MHz	Gain in dBi	Front-to-Back Ratio in dB	Source Impedance (R +/- jX Ohms)
28.5	7.46	22.81	75.4 - j 0.3
24.94	7.20	30.63	76.9 + j 0.3
21.225	7.28	34.40	69.5 + j 1.7
18.118	7.30	31.71	69.5 + j 1.7
14.175	7.21	24.01	76.6 + j 1.6

Donc, peanuts !

Les réglages

Une fois la **f0** choisie, en principe on optimise le **Av/Ar** mais en ce temps là, je l'avais laissé brut de données fabricant.

Au fil des ans, certains OM ce sont trouvés astucieux pour éviter de se positionner en hauteur pour un travail fastidieux d'optimisation.

Après, le contrôle peut être réalisé grâce à l'excellent programme Polar Plot de **G4HFQ** qui permet de relever le diagramme de rayonnement juste avec l'aide d'une carte son :

<http://www.g4hfq.co.uk/>

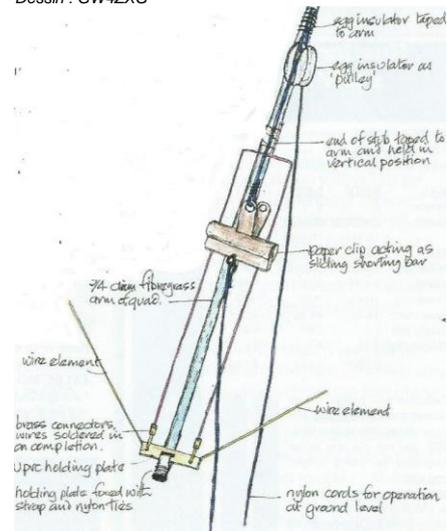
Quoi qu'il en soit, la performance de pointe ne s'obtient qu'après un réglage minutieux.

Revenons à notre **Av/Ar** et ce que l'on cherche à favoriser c'est la puissance rayonnée vers l'**Av**. La puissance totale appliquée à l'antenne ne change pas, par contre on va chercher à favoriser la répartition du rayonnement vers l'avant au détriment de celle de l'arrière. C'est toute l'évolution du réglage,

Soit 100W appliqués et nous retrouvons 10W vers l'arrière. Autrement dit, 90% de la puissance vers l'avant, le coté utile. Nous pouvons écrire :

$$\text{Av/Ar} = 10 \text{ Log} (99/10) = 10\text{dB}$$

Dessin : GW4ZXG



Maintenant si grâce à un meilleur réglage nous obtenons 0,1W vers l'arrière. Soit 99,9% de la puissance vers l'avant, le côté utile. Nous pouvons à nouveau écrire :

$$Av/Ar = 10 \text{ Log} (99,9/0,1) = 30\text{dB}$$

Dès lors, en envoyant 99,9W vers l'avant, (avant 90W) soit une amélioration de 9,9W et on peut écrire

$$\text{Amélioration} = 10 \text{ Log} (99,9/90) = 0,45\text{dB vers l'avant.}$$

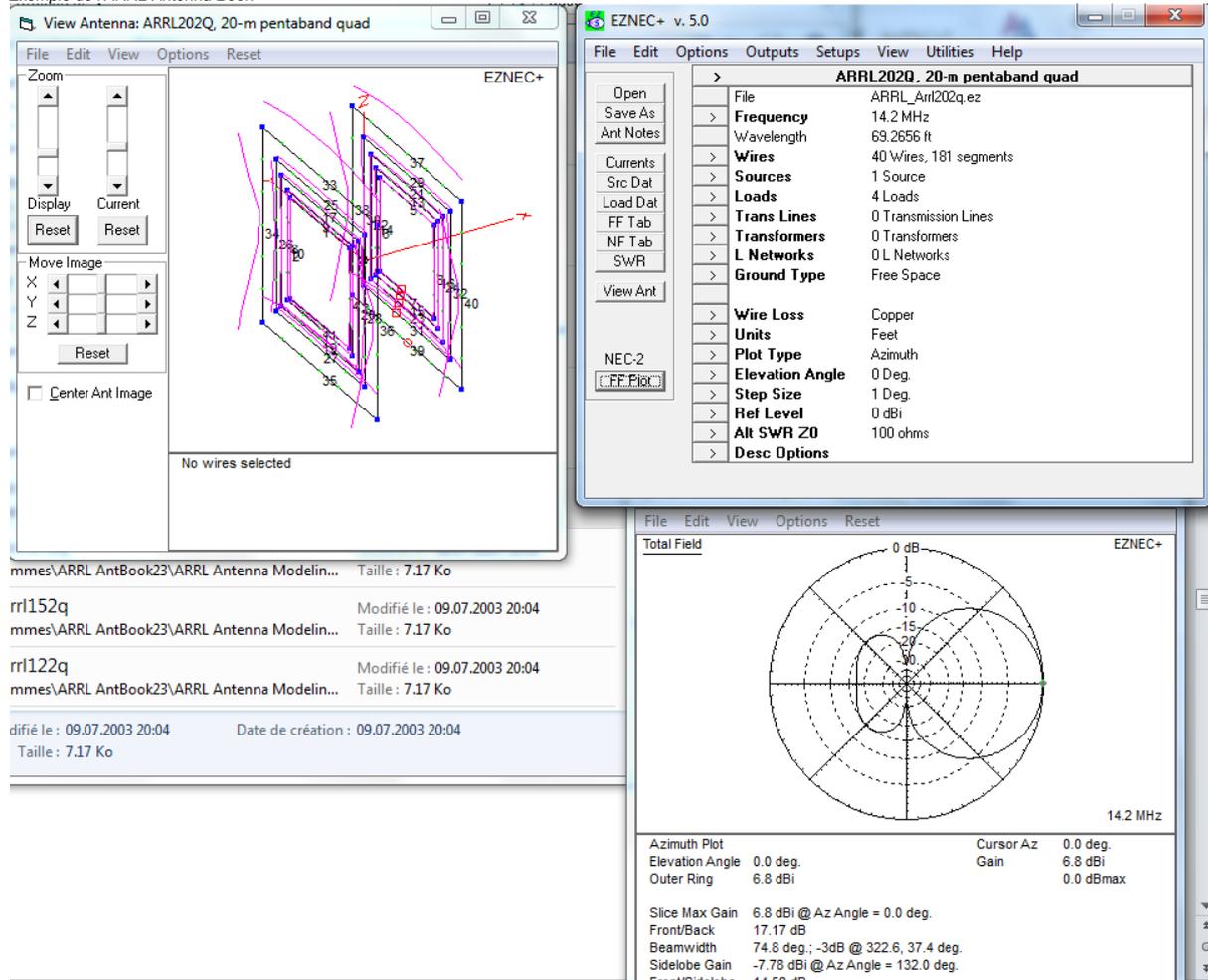
Bien sûr, cette amélioration ne profitera pas nécessairement entièrement au Gain puisqu'il n'y a que rarement concordance entre le maximum de Gain et le meilleur Av/Ar.

Tout ceci pour démontrer que tout se perd, mais rien ne se crée.

La modélisation

Cet outil moderne est devenu un indispensable et remplace des dizaines, voire des centaines d'essais de « try and error ». De plus, permet de simuler des comparaisons de situations réelles.

Exemple de l'ARRL Antenna Book



Performance des versions optimisées, Pantaplan vs Araignée.

-Il n'y a pas un bœuf-

Performance KC6T, pantaplan

Frequency MHz	Free Space Gain dBi	Front-to-Back Ratio dB	Feedpoint Imped R +/- jX Ohms
28.5	7.46	22.8	75 - j 0
24.95	7.20	30.6	77 + j 0
21.22	7.28	34.4	70 + j 2
18.12	7.30	31.7	70 + j 2
14.17	7.21	24.0	77 + j 2

Performance raignée

Frequency MHz	Free Space Gain dBi	Front-to-Back Ratio dB	Feedpoint Imped R +/- jX Ohms
28.5	7.48	20.3	40 - j 0
24.95	7.16	24.7	42 + j 0
21.22	7.23	28.9	53 + j 0
18.12	7.32	25.8	61 - j 0
14.17	7.23	32.4	84 - j 0

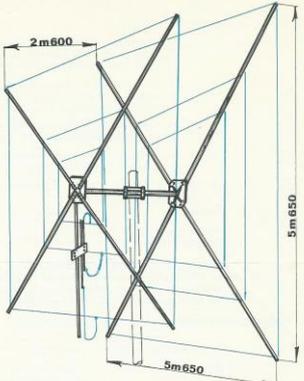
Les offres

Comme dans d'autres domaines, il y a (avait) le choix. En effet, les grandes heures du radio amateurisme décamétrique appartiennent au passé et si pas mal de fabricants ont disparus, culturellement parlant il peut être d'un certain intérêt d'en faire un inventaire, même s'il n'est pas exhaustif.

Lerc

Publicité : Lerc

voici **enfin**
 une **cubical quad**
 professionnelle
 tri-bandes
 20, 15 et 10 m



avantages de la quad

Physiquement, on admet que la QUAD est un groupement de deux antennes type YAGI 2 éléments couplées en phase, alimentées à haute impédance aux extrémités.

L'amortissement du cadre étant très important, l'effet de sol presque toujours rencontré sur les antennes élémentaires de type YAGI est considérablement atténué sur la QUAD (85 %). De ce fait, l'angle de tir, même pour des installations de faible hauteur, est toujours voisin de l'horizon.

Exemple :
 à 4 m au-dessus du sol, par rapport au cadre le plus bas (14 MHz), il n'est que de + 6°.

La QUAD est l'une des meilleures antennes pour le "Dx". Le nombre de réflexions de l'onde électro-magnétique sur les couches ionisées est réduit au minimum.

Jusqu'ici seuls les problèmes de réalisation mécanique limitaient ses possibilités d'utilisation.

Le fabricant français qui en ce temps-là -ce que les moins de 40ans ne peuvent pas connaître- offrait le kit accessible à mes économies d'apprenti avec les canes de **Fdv** brutes de fabrication artisanale, mais aussi les croisillons soudés (mal). Ils furent du reste remplacés par de la fonte d'aluminium.

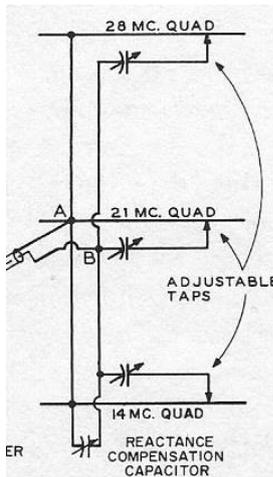
La pub de l'époque mentionnait quelques assertions qui ce sont révélées fausse,,mais tel était l'état des connaissances.

Au fil des tempêtes, les canes ce sont trouvées raccourcies car elles cassaient net à la sortie du croisillon.

Enfin, on pouvait se réapprovisionner et c'était l'essentiel pour la survie de l'aérien.

Les boucles : Basées sur la description de la documentation du fabricant et aussi de « l'Antenna Book ».

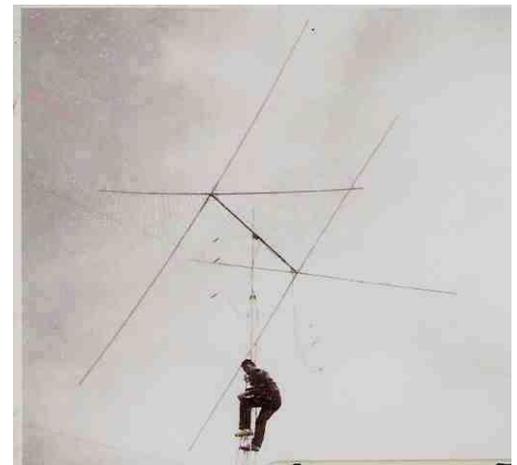
L'espacement de 2,6m correspond à ce qui était défini comme optimum pour le 14MHz en configuration dipôle-réflécteur.



Attaque en tri-gamma match et aussi, ce qui est encore trop souvent oublié, le condensateur de compensation de la réactance inductive

Personnellement, l'alimentation par câble coaxial se faisait au niveau du 14MHz et le condensateur de compensation de réactance au niveau du 28MHz. Ceci pour une question de logique.

On obtenait un **ROS** pico bello



L'auteur il y a plus d'un demi-siècle...

Gotham

Dans les années 65, ce pouvait être le bien pour pas cher, mais c'était en dollars et en ce temps-là le change était dissuasif sans compter les frais de port.

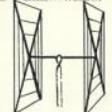
Pub : Gotham

Tout porte à croire que les croisillons étaient en aluminium ainsi que les canes télescopiques, en deux parties isolées.

QUADS

Totally suited with quad. Works DKVJF, SM7DL, XE4AV, DM6SEI, F1SSE, PA4UM, HK3VA in low band. Instructions & more... W1RDO

CUBICAL QUAD ANTENNAS — these two element beams have a full wavelength driven element and a reflector (the gain is equal to that of a three element beam and the directivity appears to us to be exceptional! ALL METAL (except the insulators) — absolutely no bamboo. Complete with boom, aluminum alloy spreaders; sturdy, universal-type beam mount; uses single 52 ohm coaxial feed; no stubs or matching devices needed; full instruction for the simple one-man assembly and installation are included; this is a fool-proof beam that always works with exceptional results. The cubical quad is the antenna used by the DX champs, and it will do a wonderful job for you!



Giovannini

<http://www.antenna.it/index.htm>

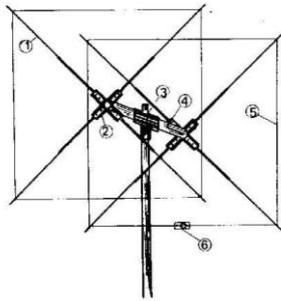
Photo : Giovannini



Le modèle c25/2 était conçu pour résister à des vents de 160km/h grâce à un haubannage pour le moins élaboré. Ne semble plus au programme.

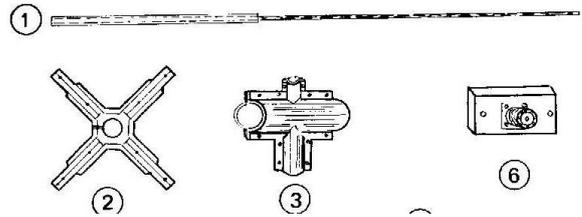
Von der Lay (DJ6NI)

Dessin: DJ6NI



2/3 Element-
3-Band-Fiberglas-Quad
für 28, 21 und 14 MHz

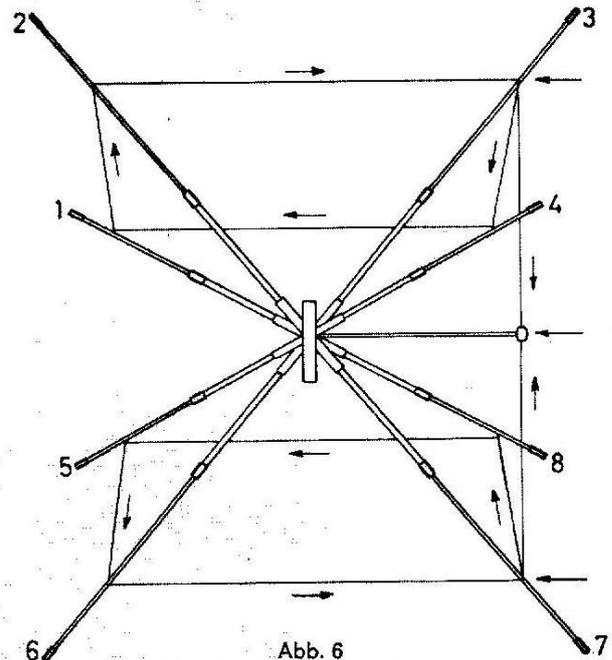
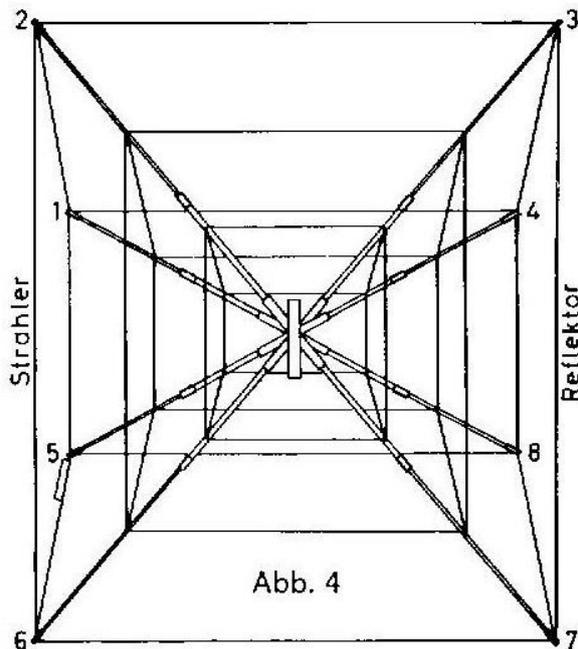
Typ	2 Elem. - 3 Elem. Quad
Gewinn	ca. 8 dB ca. 11 dB
V-R Verh.	25 - 30 dB
Belastung	ca. 5 KW PEP
S.W.R.	1,3 oder besser
Eingangsimp.	50-60 Ohm



Fabricant de canes **Fdv** qui proposait un kit depuis Malthus alem. Ils n'avaient pas d'adresse courriel !!! Version avec ou sans bôme à espacement optimisé à $0,22\lambda$, soit quasiment 3m.

Munchener Quad (OE6AI)

Dessin: Munchener



Araignée centrale en tube inox soudé et particularité, proposition en inter lacement d'un dipôle 40 & 80m. Toutefois, aucune information sur le degré de dégradation que cela apporte obligatoirement à la performance.

Big Signal (EA5HJV)

<http://www.bigsignal.es/antenas/big-signal-2bs-5b-6.html>



Les canes ne sont pas nécessairement rondes. Croisillon en cornière d'aluminium et bôme de 2,84m.

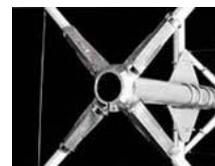
Cubex (W4QN)

<http://www.cubexquads.com/sky.htm>

Photo : Cubex

Un ancien fabricant qui a dépassé la cinquantaine. Croisillons en aluminium injecté et cane en **Fdv**.

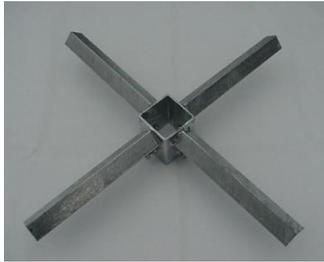
Du traditionnel, mais fixation des boucles originale. Kit simplifié Skymaster



GB Antennes

<https://www.gbantennes.com/en/7-hf-quads>

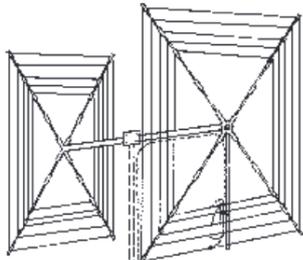
Photo : GB Antennes



Antennes et non Antennas.
 Notez le terme en Français.
 Peu connu de notre côté mais propose passablement de matériel.
 Fixation des boucles originale et croisillons en acier avec profil cornière.

Electril

<http://www.vmprodutoseletronicos.com.br/?id=6&cat=RADIOAMADORISMO&sub=Cubicas>



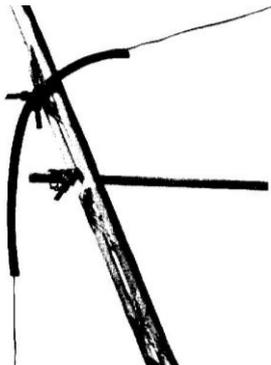
C'est Brésilien et sans aucun intérêt financier pour nous car le prix est dissuasif.
 Donc mentionné juste pour la culture générale.

Gem Quad

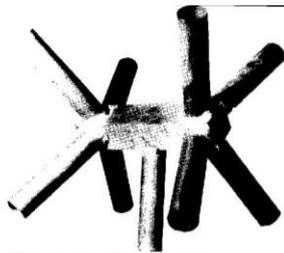
Dessin : Gem Quad



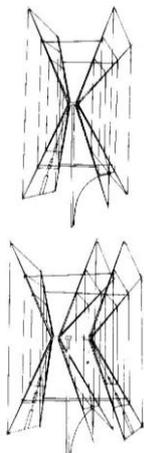
Unique tridetic arm
 designed for extra strength and rigidity. Since the air passes through the tridetic design it gives less wind resistance than solid construction.



Nylon tension tubes eliminate sharp angles of wire thus assuring longer life of antenna. The rods provide extra strength and rigidity and keeps wire elements in a state of tension.



Sturdy aluminum spider made to rigid specifications assuring exact element spacing.

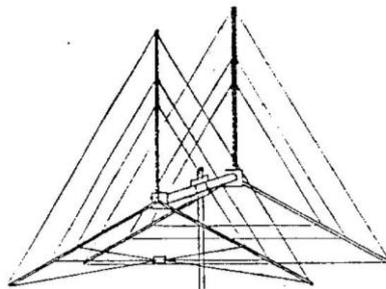
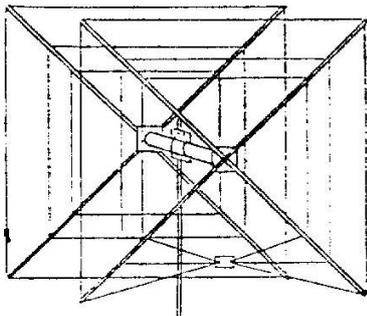


Page 2

La particularité des canes **Fdv** sont un assemblage triangulaire aéré (donc léger & résistant en temps normal) mais qui doit devenir plutôt épais en cas de givre. La forme cubique est maintenue par des entretoises (*ties rods* de 2,2m). Le croisillon central est en aluminium soudé, tube rond et carré. Particularité, extension possible avec un 3^{ème} ou 4^{ème} élément.

Lightning Bolt (WB3ECM)

Dessin : WB3ECM



Cane **Fdv** télescopique pour faciliter l'expédition. et croisillons soudés. Bôme en 2 ou 3 pouces. Proposition en configuration delta loop. *Out of business en 2005.*

Hy-Gain (Now Mfg)

Elle appartient au passé car malheureusement plus au programme.

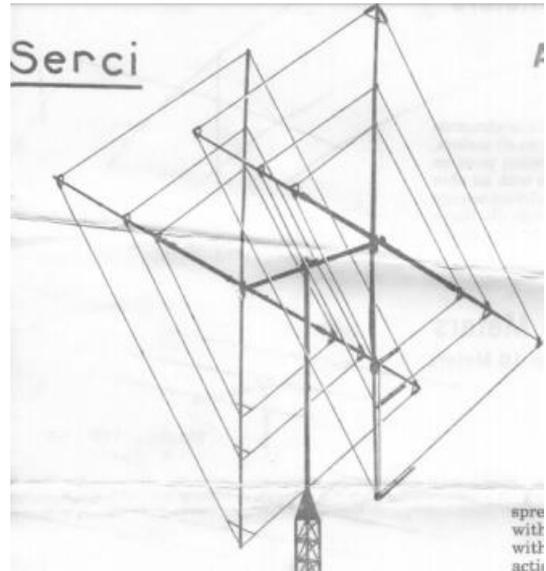
A l'époque elle surprenait avec sa forme en diamant.

Document : Hy-Gain



Structure tout aluminium avec les croisillons emboutis dérivés des éléments des éléments yagis. Fallait les disposer à 90°.

Observez l'isolant pour segmenter les longueurs
Des canes aluminium.



Max Gain, MGS

<https://mgs4u.com/>

De quoi se composer une cubical quad sur mesure –*taylor made*- et solution originale pour la fixation des boucles.

Image :Max Gain



Image :Max Gain



Mart Quad (KC4UZ)

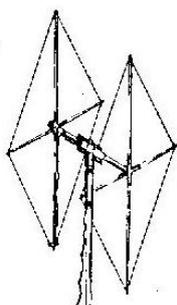
N'ont pas eu le succès escompté. Décès du propriétaire en 2005. Réorientation sur <https://mgs4u.com/>

Une des premières spiders (boomless) 5 bandes avec de la cornière soudée. Selon la notice, on peut mettre toutes les boucles radiateur en parallèle « feed point together » alimentées au travers d'un balun **W2FMI** de 2/1.

Ceci n'a pas notre faveur y préférant l'alimentation individuelle au travers d'un commutateur coaxial.

Kirk Electronics (W8FYR)

Dessin : Kirk



SUPER-QUAD FIBERGLASS ANTENNAS

★

COMPLETE KITS INCLUDE
HARDWARE, WIRE, ALL
MOUNTS, BOOM.

★

STRONGER AND LIGHTER
THAN ALUMINUM.

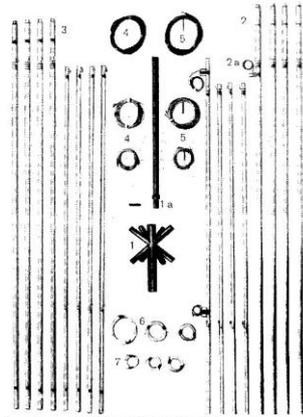
★

MAXIMUM GAIN.

Fabricant des années 70 en préconisant une forme diamant. Trois petits tours et puis s'en va.

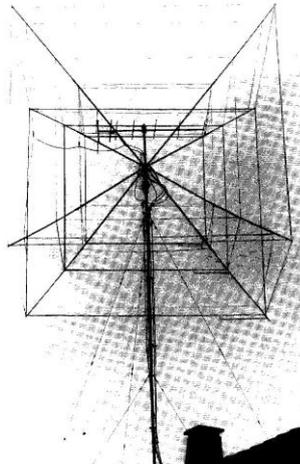
Hurricane Spider Quad (OE6QI)

Doc : Hurricane



Einzelteile des HURRICANE SPIDER QUAD (HSQ-3 + HSQ-L)

- 1 Mittelstück
- 1a Verlängerung (HSQ-L) mit Sparsstift zur Fixierung am Mittelstück
- 2 GFK-Röhre für die Strahlenseite (8 Stück)
- 2a An zwei Röhren (Nr. 2) sind die Gamma-Matches befestigt
- 3 GFK-Röhre für die Reflektorseite (8 Stück, lila markiert)
- 4 Reflektorelemente (lila markiert)



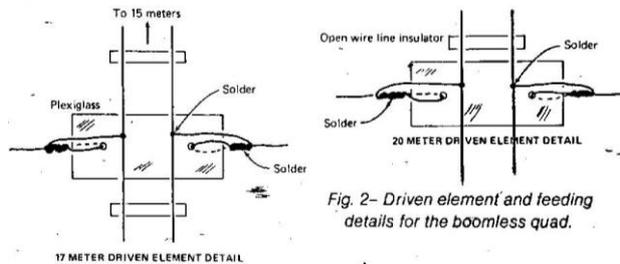
Un kit très complet avec cane **Fdv** imaginé par **OE6QI** en 1965. Comme son nom l'indique, c'est la forme araignée.

Avec la version HSQ-3/8 on pouvait aller jusqu'au 40m.
Adaptation par gamma match.

Bonnets blancs, blancs bonnets avec la Munchener Quad

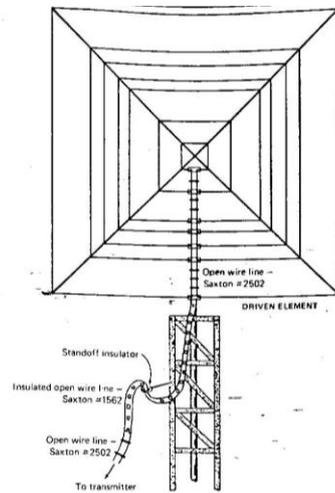
W4DQU (†)

Dessin : W4DQU



Mon maître, mon ami disparu trop tôt qui militait pour une alimentation bifilaire avec un espacement $\frac{1}{8} \lambda$ (soit $0,125\lambda$). 7 bandes et naturellement il faut éloigner la ligne du mat.
Il a parfait mon éducation pour l'avantage sans soucis de l'alimentation par ligne bifilaire.

Mais surtout, c'est de la fabrication OM



Status Quad

<http://www.statusquad.it/2-stq-5.html>

Canes de fabrication maison. Fixation des boucles



Croisillon original!



Sand Piper Ltd

<https://www.sandpiperaerials.com>

Photo : Sandpiper



Le croisillon araignée en acier galvanisé est disponible séparément ainsi que les canes **Fdv**.
Donnée pour **7dBd** –optimiste non ?- et **20-25dB** d'**Av/Ar**.

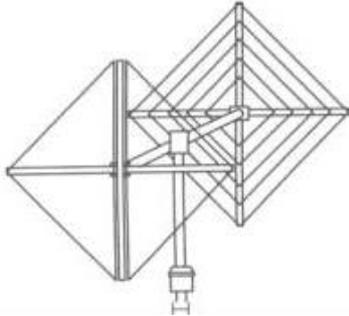


Titanex TQ6

Utilisant le fameux alliage alu-titane donc certes légère mais...mais n'a pas survécu, enfin partiellement, à Lothard. Les canes du réflecteur ont cassées (les quatre). Elle n'est plus au programme de vente Titanex. Du reste Titanex n'est plus malheureusement plus d'actualité.

Dessin : Titanex

Design promu par **DJ4VM** (en 1964) amélioré par **DF6PW** et repris par **DK7ZB** qui a trouvé qu'une bôme de 2,85m améliore la performance. Origine 2,45m



Donc un petit Gain supplémentaire du 18 MHz au 28MHz, jusqu'à 1dB...mais au détriment du Av/Ar.

Vérif. W4RNL(f).

L'attache des boucles est professionnelle avec des entretoises « clipsées ».

La forme retenue était le diamant.

Une solution originale fut retenue pour les croisillons. En fait, il n'y en a pas, ce sont simplement des colliers d'assemblage de construction mécanique.

Note : L'antenne ne fut pas bon marché pour autant.



Le design est assez ingénieux car le radiateur est apériodique et alimenté en ligne bifilaire qu'il faut naturellement éloigner de la structure métallique grâce à des entretoises fournies.

Cette solution n'offre à nos yeux que des avantages !

Frequency MHz	Free Space Gain dBi	Front-to-Back Ratio dB	Feedpoint Impec R +/- jX Ohms
28.5	8.47	14.7	11 + j 51
24.95	8.40	15.0	14 - j 43
21.22	8.02	18.6	33 - j 180
18.12	7.72	20.1	187 - j 544
14.17	7.21	25.2	61 + j 270

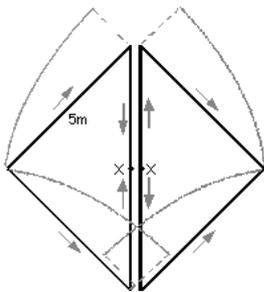


Figure 26A—20 m Quad (Alle zijden 5m)

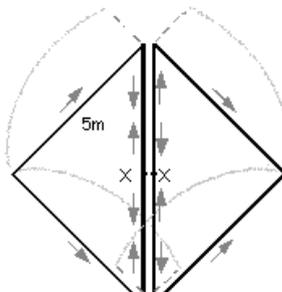


Figure 26B—15 m Quad (Alle zijden 5m)

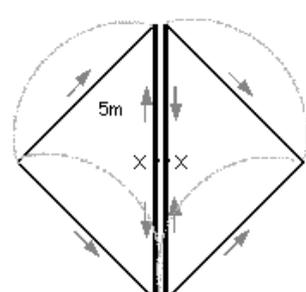


Figure 26C—10 m Quad (Alle zijden 5m)

PKW

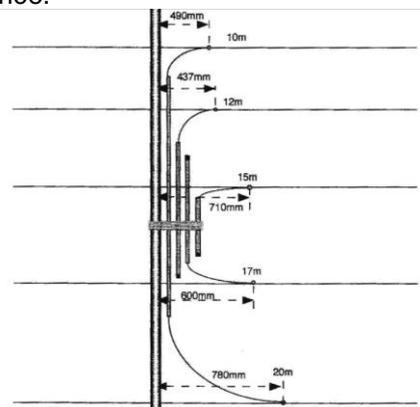
http://www.antennepkw.com/1/hf_vhf_antenne_quad_934234.html

Existe en deux version, conventionnelle, bôme de 2,44m et araignée.

Les croisillons sont en aluminium injecté capable de résister mille ans –voir ci-dessus-

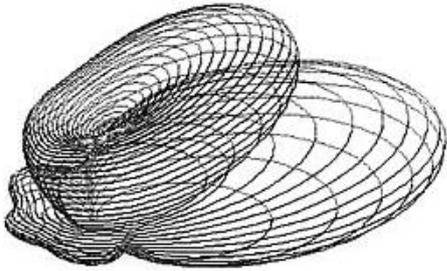
Alimentation par gamma match de conception originale.

Les croisillons en aluminium moulé avec un support pour les tubes qui font condensateur pour le gamma match. C'est net, c'est pro !



Perfect Quad (Japan)

<http://perfect-quad.com/product.htm>



Juste pour savoir que cela est Japonais.

Tout en traditionnel, bôme de 2,8m, **Gain 12,26dBi**.



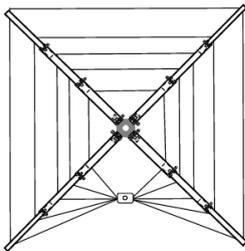
2-Element 14-21-28 Tri Quad

14.100 MHz

IOJXX QUAD

<https://www.iojxx.com/fr/50-cubical-quad>

Cane **Fdv** télescopique en (3tr.) pour faciliter l'expédition. et croisillons tubulaires soudés pour bôme de 50mm.



Ajustage du réflecteur par stub. Selon la notice, on peut mettre toutes les boucles radiateur en parallèle - *feed point together* - alimentées au travers d'un balun de 2/1 non fourni...Bof !

Par contre. Accessoires de fixation pour les boucles original -*copie Cubex*-

Rquad

<http://www.quad.ru/production/rq23e/>

Avec **R** pour **Russian**.

Plusieurs modèles, mais avec l'espace optimum le **Gain** est 5,5dBd et le **Av/Ar** est de plus de 22dB. Une spécification supplémentaire avec l'antenne à 22m de haut, le **Gain** annoncé est mieux que 13dBi.



Trivalentene

<https://www.trivalentene.si/en/products>

AD-14-CQ/A



C'était un des derniers fabricants de spider Quad en Slovénie.

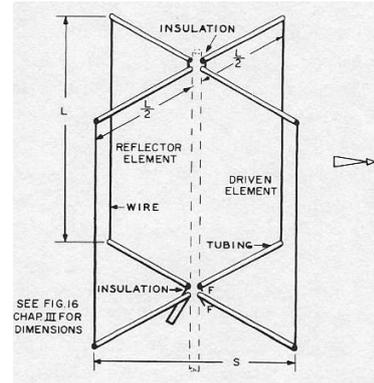
Apparemment recyclé dans le matériel militaire.

Bird cage (G4ZU (†))

Un mât central qui supporte deux croix horizontale et le couplage qui en résulte donne selon son inventeur, **G4ZU**, un avantage de **0,5dB**, ce qui est absolument faux, la modélisation l'a bien prouvé depuis.

Les boucles ont le point de courant qui se rejoignent au centre –ce qui n'est pas un gage d'efficacité !- et les croisillons support sont montés à l'horizontale,

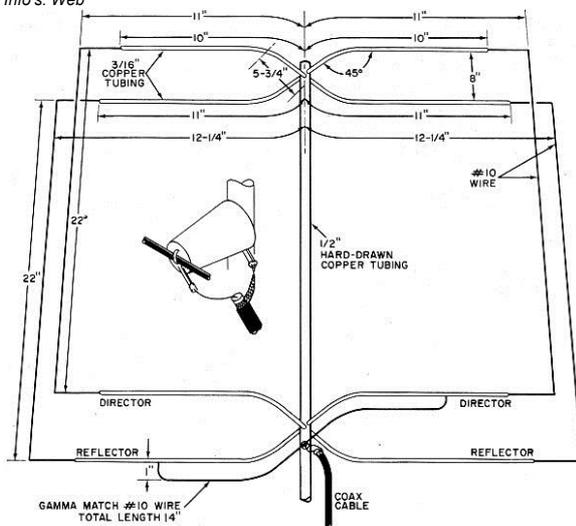
Encombrement réduit mais efficacité réduite.



Swiss Quad (HB9CV (†))

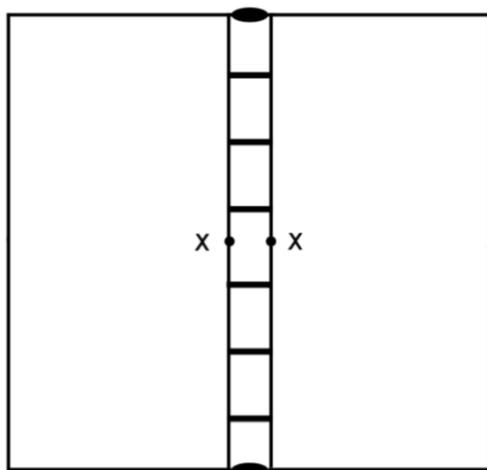
Brevet de 1960 et nous avons eu l'occasion de l'entendre en son temps. Design compact (esp. de 2,15m) avec alimentation (déphasage) des deux boucles. Diablement efficace.

Info's. Web



SWISS QUAD CHART-CALCULATION							
V3 by F6ITV http://www.perso.wanadoo.fr/f6itv							
COEFFICIENTS (against w1)							
		Reflector	Radiator	Height	Spacing		
		1.148	1.092	h	s		
		Reflector		Radiator			
Bands	F	H	d	L	l	L	l
(m)	(MHz)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
80	3.750	23.878	8.000	22.042	7.021	19.802	6.901
40	7.050	12.701	4.255	11.724	3.734	10.533	3.139
30	10.125	8.844	2.963	8.164	2.600	7.334	2.185
20	14.200	6.306	2.113	5.821	1.854	5.229	1.559
17	18.140	4.936	1.554	4.557	1.451	4.093	1.220
15	21.250	4.214	1.412	3.890	1.239	3.494	1.041
12	24.945	3.590	1.203	3.314	1.055	2.977	0.887
10	28.500	3.142	1.053	2.900	0.924	2.605	0.775
6	50.200	1.784	0.598	1.547	0.524	1.479	0.441
2	144.200	0.621	0.208	0.573	0.183	0.515	0.153
0.7	432.200	0.207	0.069	0.191	0.061	0.172	0.051

German Quad

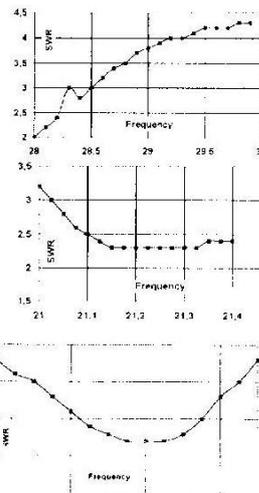


Une façon différente d'alimentation en ligne bifilaire et surtout « l'économie » de quelques boucles, avec par-dessus tous les soucis de réglages. Juste une petite variante de **DJ4VM**

Baby-Boom Quad

Dessin : Wimo

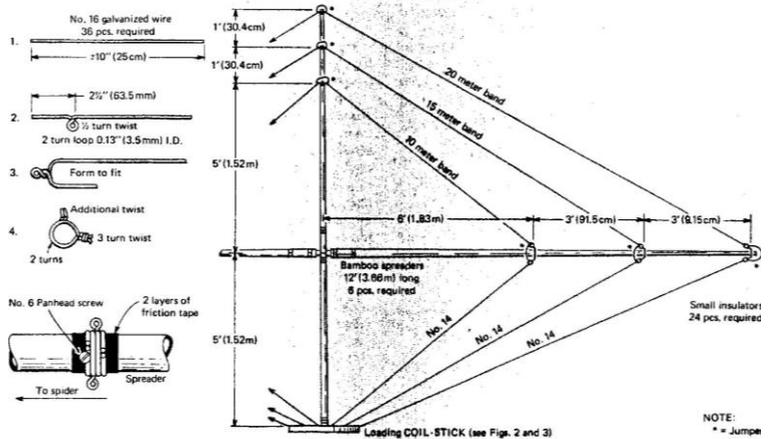
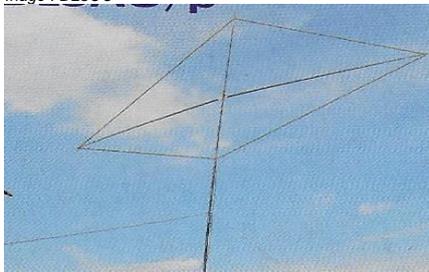
Band	10m	15m	20m
Gewinn in 15m Höhe	11.05dBi	11.42dBi	11.52dBi
Gewinn Freiraum über Dipol	3.65dBd	4.02dBd	4.12Bd
Vor/Rückverhältnis max.	18.1dB	26.5dB	12.2dB
Bandbreite (3:1)	330kHz	370kHz	290kHz
Max. Belastbarkeit	1.5kW		
Armlänge	2.44m		
Boomlänge	2.44m		
Drehradius	2.11m		
Antennenfläche	0.367 qm		
Gewicht	16.8kg		
Max. Windgeschwindigkeit	140 km/h		
Transportmaße	20cm x 20cm x 2.44m		



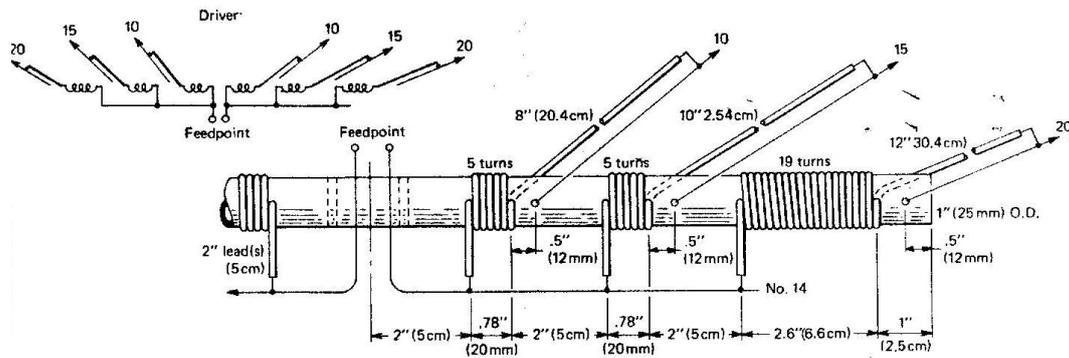
Avec des canes **Fdv** de seulement 2.5m. Donnée pour 4,12dBd. Par contre le prix Wimo n'est pas donné !!

Quad « low profile »

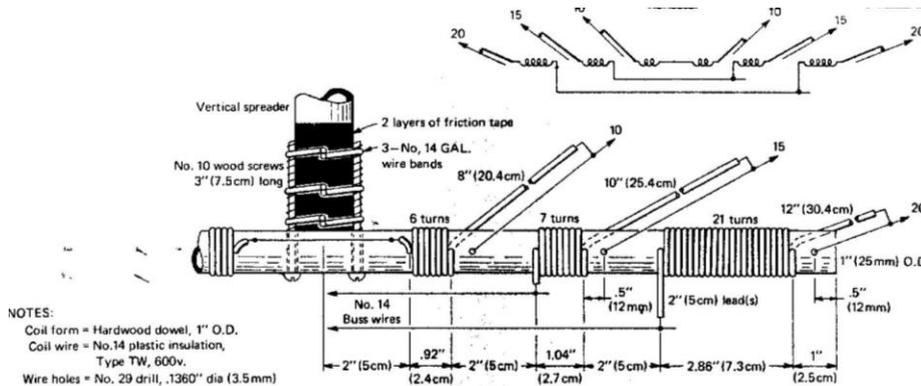
Inage : DL300



Quelques designs avec publication à l'appui dont certain ne nous ont pas convaincus. En effet, les performances ne sont pas chiffrées. **WIHXU** en 1973 avec une paire de bobine (Ø 25,4mm) par bandes.



Réflecteur



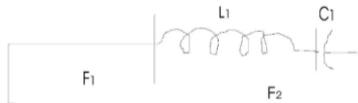
NOTES:
Coil form = Hardwood dowel, 1" O.D.
Coil wire = No.14 plastic insulation, Type TW, 600v.
Wire holes = No. 29 drill, .1360" dia (3.5mm)

Quad raccourcies

Comme avec toute antenne raccourcie il y a une perte de **Gain**, la **Bp** devient plus étroite, le **Z** est plus faible mais le **Av/Ar** plus élevé. Tout comme du reste pour les yagis.

- Self et charge capacitive

<http://tgmcommunications.net/>



Le raccourcissement est obtenu par la combinaison (la meilleure) d'une self et d'une charge capacitive Baptisé « **end loading** ».

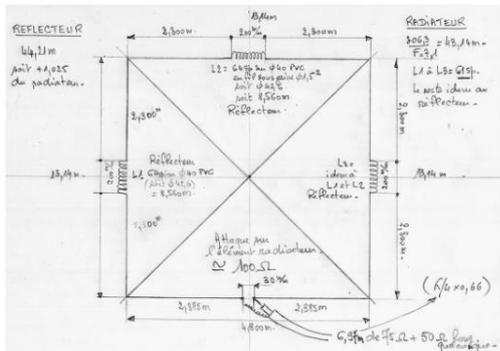
Développement de **G4MA** qui a créé sa petite entreprise, revendue en 1999 à **TGM**.

Ils annoncent 4,5 **dBd** de **Gain** –*IMHO* 3,5 **dBd**-, mais la **Bp** est faible, voire très faible.



- Self et trappes

Dessin : F6DBA, dans sa version WA1HXU à mis les bobines dans les coins



Dans le cas de la self, qui comme tout un chacun le sais **bloque** le courant... c'est un peu un non-sens.

A **mettre** sur le compte des fausses bonnes idées.

Toutefois, il faut saluer le mérite des expérimentateurs, le sel de notre loisir !

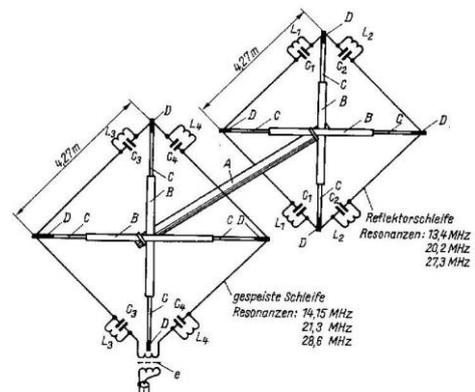
Auparavant, **KA2OIG** a pu faire des comparaisons par rapport à une dimension normale, pas concluantes à notre avis.

Quant à l'utilisation de trappes, et bien ce n'est plus de la **CQuad** mais un **dipôle plié**, voire replié ! –*Allo quoi-*

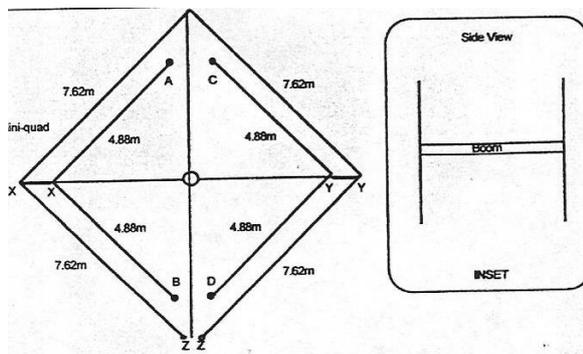
Dessin : VK2AOU/DJ2UT

Le designer d'une célèbre yagi multi bande avec dipôle log periodic. Alors qu'il avait fait en sorte de ne pas utiliser de trappes –*pertes-* pour sa yagi, il a selon toute vraisemblance changé d'avis pour la version **CQuad**.

-A mettre dans la case des fausses bonnes idées-



- Charge capacitive



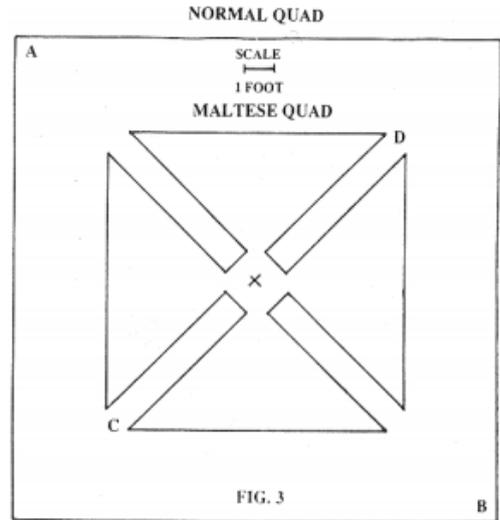
Notre avis, la meilleure recette pour maintenir une bonne efficacité. Conception de **G3YDX** en 1976, Radcom Oct –*devenu depuis notre collègue F4VSM*– Pour en être convaincu il fallait écouter le trafic de G3FPQ (†) sur 80m (oui, il l'a faite) avec lequel je faisais jeu égal mais avec une **4Sq**. **G3FPQ** fut suivi de quelques autres (**K0SR**, **VE3CVS**, **VK6VZ**, **G3IMX**, **G3MWV**, **G3PLP**, **G6IMX**, **G6XN**, **EI7BA**, **ZL1OI***, **F1ACC**, etc...) car pour le 40m elle ne fait « que » 6,30m de côté (facteur de réduction 1,6).

**Qui dans un article de Hamradio en 1978 ne donne pas crédit à G3YDX...-goujat !-*

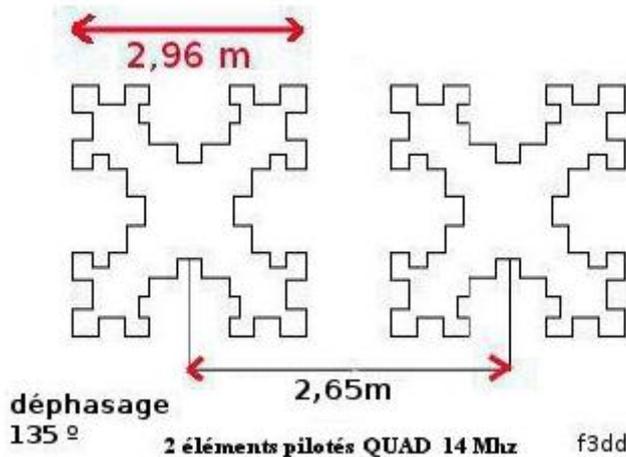
- **Pfeiffer ou Maltaise**

A l'origine la croix est horizontale et le brevet date de 1938 – G.H. Brown- Un design promu-QST 3/94- par **K1KLO (†)** - Andy Pfeiffer- qui ne nous convainc qu'à moitié, bien qu'un calculateur soit proposé. **G0HES** a apporté sa contribution. **F1ACC** a passablement travaillé le sujet en proposant un guide qui permet de réduire de 44% la taille de la bête. **F6DBA** en a construit une paire de version, le succès semble se faire attendre. Le fait est que dans cette forme d'inductivité linéique « *linear loaded* » on se retrouve avec une boucle à l'impédance considérablement abaissée ce qui est préjudiciable à un bon rendement et d'autre part, il est évident que le diagramme de rayonnement est perturbé. **I4MFA** à la suite d'une belle analyse en a réalisé une version pour le 40m avec bôme de 7,3m. Perte de juste 1,5dB de Gain ce qui en laisse 5,9dBi et un Av/Ar de 28dB.

Plutôt pas mal
Les épingles, ça fait des stubs et cela perturbe les courants !



- **Shenken**



Design prometteur faisant l'objet de plusieurs brevets.

Utilisé dans les « tamagotchis ». Toutefois 2él ne se comportent pas comme le dipôle Shenken
Réalisation et expérimentation de **F3DD** dans article de haute tenue et fort bien documenté, quad fractale, un must pour l'éducation individuelle : <http://www.f3dd.org/mapage/>

La modélisation avec Ezrec 5 de **VK4AFU** donne un Gain de 10dB (!) et un Av/Ar de 28dB pour un encombrement réduit de 54%
-quite amazing-

Dès lors à prendre avec des réserves.

Quad Oblong

Surtout en VHF-UHF popularisées par Unterlage de **DJ9HO(†)**.

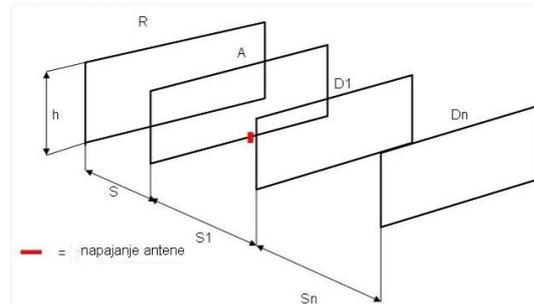
Mais **W6SAI** l'avait découvert avant...

G4ZU a imaginé une version verticale.

DK7ZB y est allé de sa version mais **G0KSC** avec la **LFA-Q** nous en a vanté les mérites de son design dans différents articles et expositions.

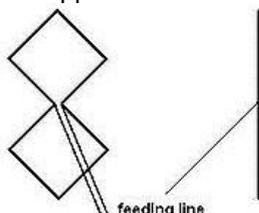
YU1QT n'est pas en reste, Meilleur Av/Ar donc tout bon pour les jours de concours et surtout en EME. Donc le bon rapport, c'est 3/1 !

Dessin : YU1QT



Bi-Quad

Développement de DJ9HO dans les années 90.



Surtout utilisé en VHF-UHF et aussi comme illuminateur de réflecteur parabolique.
Description et essais dans la publication biblique, VHF-UHF Unterlage.
Reprise et modernisée par d'autres OM's DL tel que **DL7KM** ou encore **DL1RPG**.

G3YDX

Now, [GW3YDX & F5VSM](#)

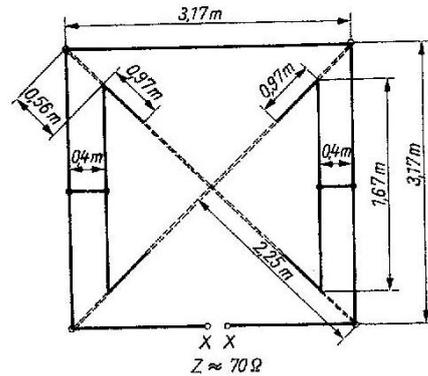
Il s'agit du développement d'une mini quad de grande efficacité grâce à l'utilisation de charge capacitive.

Une belle avancée technique des années soixante dix et expérimenté d'un bout à l'autre de la planète par des OM tels que cité au début.

Apparemment, pas de brevet déposé.

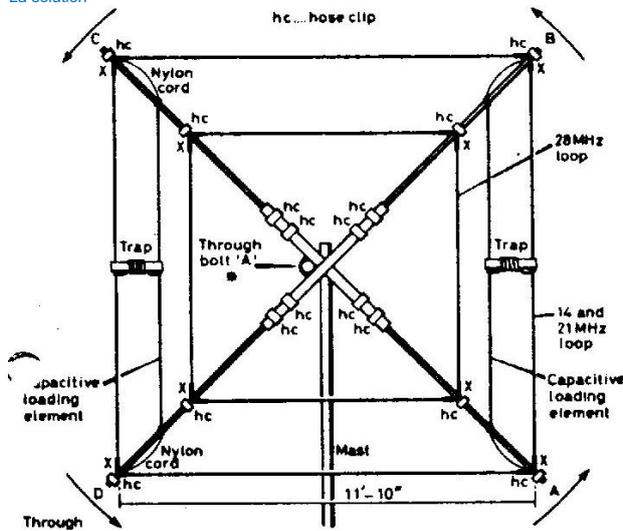
Note : 1) Ron est un peu moins actif dans la construction des antennes bien qu'il ait expérimenté une Moxxon – SuperMoxxon- avec éléments directeurs mais toujours radio actif dans les contests GW5R et bien évidemment en tant que F4VSM !

2) La prose de Ron est disponible dans Radcom O.ct 1976



9H1GL

La solution



Il s'agit du développement en 1984 d'une mini quad 3bandes (avant les WARC) de grande efficacité grâce à l'utilisation de charge capacitive mais uniquement pour le 20m. En effet, le 15m et le 10m sont conservé en onde entière.

Donc peu de compromis et dès lors on peut espérer de bonnes performances.

A noter que les trappes sont faites avec du câble coaxial et le positionnement selon le brevet de **G3IMX**.

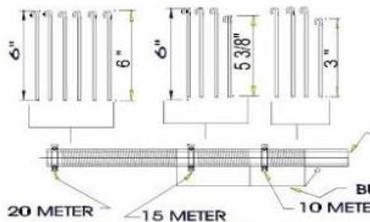
Notez également la déclinaison de **G3YDX**

MQ26-SR

Mini Quad (K9LMM)

http://tgmcommunications.net/index.php?option=com_content&view=article&id=155&Itemid=634

Oui, enfin, sur celle de la photo, nous sommes plus proche d'un design de quagi mais elle est connue sous cette appellation....Due à l'ingéniosité de **G4MA** Evidemment, à force de raccourcir, IMHO, ça devient trop court. ! Toutefois, la bonne recette est appliquée, bobine suivi de charge capacitive.



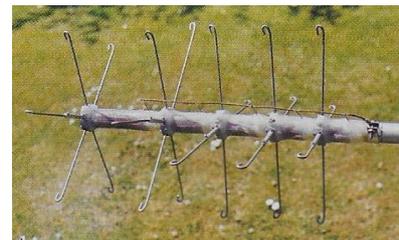
Raccourcissement « à la » Cush Craft MA-5. Fabrication artisanale.

En fait tout cela inventé en 1965 par Wxxx pour la 40m Cush Craft –qui est toujours compétitive-

Oui, enfin, nous sommes plus proche d'un design de yagi mais comme elle est connue sous cette appellation....Evidemment, à force de raccourcir, IMHO, ça devient trop court.

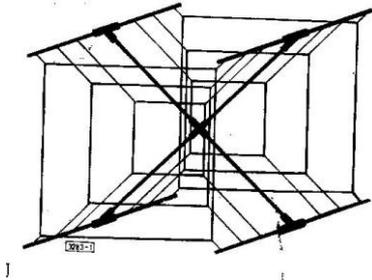
Raccourcissement « à la » Cush Craft MA-5. Fabrication artisanale.

Toutefois, nous pensons que nous sommes plus proche d'une Quagi.

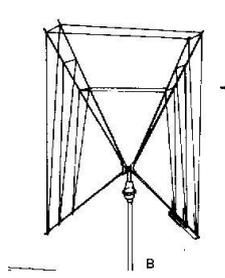


Quad exotique

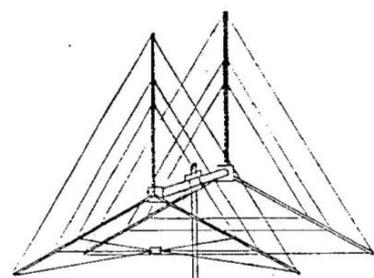
Dessin : DL9KZ



Low Base Quad Dessin : I4ZSQ,DB3KG.



Dessin :



Le site

Celui d'EA1DDO dévolu à la Cubical Quad sous toutes les formes avec tableau comparatif, manuel et que sais-je encore. Bref, le site à visiter:

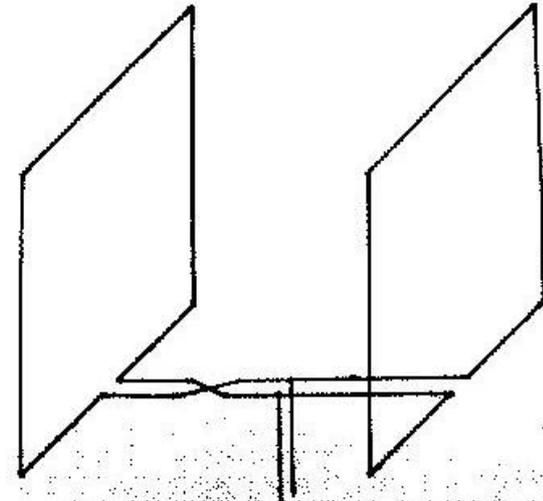
<http://www.ea1ddo.es/cubicas.html>

Les oubliés

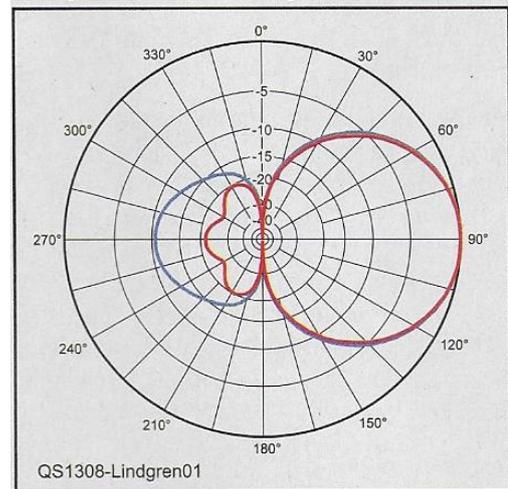
Hé, bien IMHO il s'agit de deux configurations qui existent avec succès pour les Yagis et peu ou pas utilisées pour les CQuad ::

- Le déphasage (*excepté la HB9CV*).
- La configuration dipôle-directeur. En effet, j'ai eu beau consulter et browser, nada !

Phasing SM7CBS, DL2FA



Yagi 22Ω. Dipôle-directeur en rouge soit 10dB de mieux en Av/Ar



Gain 6,6dBi et Av/Ar de 20dB

Conclusion

Pour autant que l'on puisse conclure quoi que ce soit sur cette antenne que nous trouvons affreusement belle ! Comme on a pu le voir, pas d'avantage décisif si ce n'est qu'elle peut être réalisée pour trois francs six sous avec des canes en bambou.

On trouve sur le web moult exemples de réalisation-dont certain très bien décrits pour la CB- dont le rêve de mon adolescence avec celle de mon parrain REF, **F6ACB(†)**.

Ensuite, qu'avec toute cette « filasse » elle ne supporte pas bien le givre. « Filasse » que l'on peut réduire avec la version large bande de **DJ4VM**. -ma préférence à moi-

Après que question de **Bp** du **Av/Ar**, c'est affreusement étroit à moins d'utiliser deux réflecteurs-design **ZF2MA**.

Etroitesse compensée par la **Bp** du **Gain** qui lui est plutôt plat du fait de l'utilisation d'une boucle onde entière, plus large que le demi onde d'une Yagi.

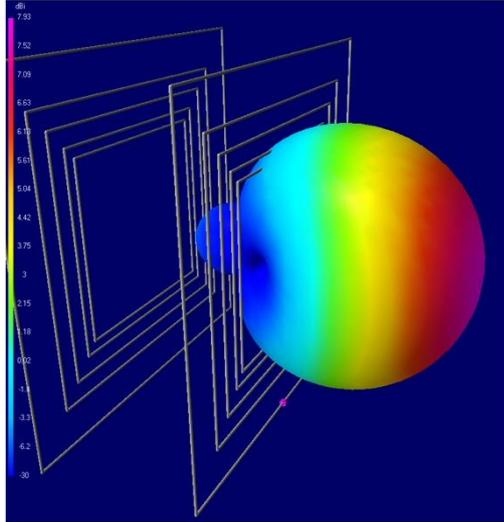
Enfin, avec les humains mutants, soit les électro sensibles, l'impact visuel.

Et puis naturellement, le facteur humain de l'appréciation de tout un chacun. Citons par ex. **G6XN(†)** qui dans « Antenna for All Locations » leur trouve bien des inconvénients -encombrement, poids-

Epilogue

Pour la route, de la couleur !

Modélisation : F5LEN



Après, selon nous, il y a une petite omission, le rayonnement parasite des autres boucles !

Tout simplement parce que c'est beau et que ça me plaît, modélisation **4Nec2**.

Mais on est d'accord, cela ne fait pas les QSO's mais c'est joli !

Enfin, nous avons volontairement passé sous silence l'alimentation des boucles –coaxial ou ligne bifilaire – pour une prochaine parution.

Finissons comme nous avons commencé en pensant à tordre le coup au mythe, pas de différence de Gain notable entre une 2él yagi et une 2él CQuad. –faut comparer des pommes avec des pommes-

Un léger avantage à cette dernière au Av/Ar et parfois en présence de QRN.

Gain additionnel de 2dB de => Mythe !

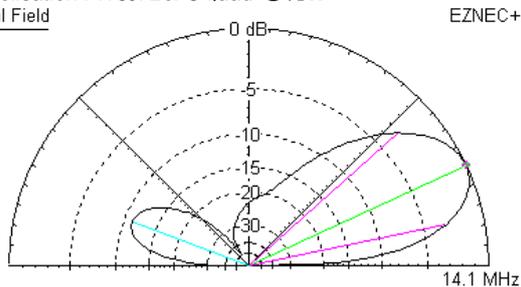
Abaissement de l'angle de rayonnement => Mythe !

Meilleure réception => Parfois selon des conditions particulières

. Un petit tour sur le site de W8JI : https://www.w8ji.com/quad_cubical_quad.htm

Modélisation : W8JI 2él CQuad @ 1/2 λ

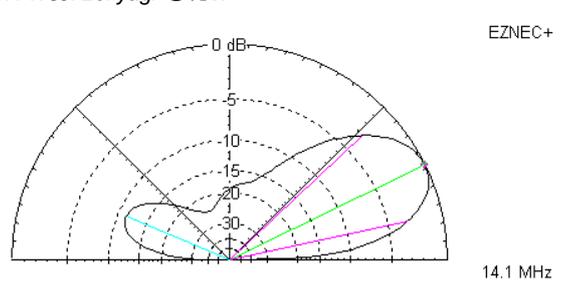
Total Field



Elevation Plot	Cursor Elev	25.0 deg.
Azimuth Angle	Gain	11.46 dBi
Outer Ring	0.0 dBmax	0.0 dBmax3D
3D Max Gain	11.46 dBi	
Slice Max Gain	11.46 dBi @ Elev Angle = 25.0 deg.	
Beamwidth	29.9 deg., -3dB @ 11.8, 41.7 deg.	
Sidelobe Gain	0.25 dBi @ Elev Angle = 159.0 deg.	
Front/Sidelobe	11.21 dB	

Modélisation : W8JI 2él yagi @ 1/2 λ

Total Field



Elevation Plot	Cursor Elev	26.0 deg.
Azimuth Angle	Gain	11.25 dBi
Outer Ring	0.0 dBmax	0.0 dBmax
Slice Max Gain	11.25 dBi @ Elev Angle = 26.0 deg.	
Beamwidth	30.9 deg., -3dB @ 12.4, 43.3 deg.	
Sidelobe Gain	-0.11 dBi @ Elev Angle = 157.0 deg.	
Front/Sidelobe	11.36 dB	

Même hauteur -1/2 λ- de bôme au-dessus du sol.

Nous sommes dans le dixième de dB –peanuts-

Après, selon les réglages, on peut avoir un Av/Ar plus important avec la CQuad.

Rappel : augmenter le Av/Ar se fait au détriment du Gain et vice versa.

Le mot de la fin, yagi ou quad, peu importe du moment que vous avez au moins une 2éléments !

Bonne cogitations---73---F6BKD---

Bibliographie : Antenna Book, Rothammel, Low Bands DX'ing, MHz, EA1DDO, I4MFA, F1ACC, KA2OIG, W4MB, W4RNL (†), W6SAI(†), N2TD, N6NB, W8JI, F3DD, F5LEN, DK7ZB, G6XN(†), G3YDX, VK4AFU, YU1QT,

Note : L'ARRL Antenna Book donne les dimensions de CQuads et de Yagis optimisées

Calculateur : VE3SQB

Remarque : Si W4RNL (†) est maintes fois cité, c'est que je considère que cet OM disparu bien trop tôt nous a laissé un trésor de connaissance avec ses multiples publications et de plus a démocratisé la modélisation pour qu'elle devienne accessible à tout un chacun.