



Bild 11: Ein schönes SWR allein genügt nicht...

seitige Abschneiden und Kurzschliessen in Zentimeterschritten! - Verlängern kann man nicht!

- Dort wo die Verhältnisse es erlauben, ist die klassische Zweidrahtspeiseführung mit Luftisolation wohl die bessere Alternative für diese Art von Speisung.

Literatur:

- [1] Rüegger M., HB9ACC, Resonante end gespeiste Antennen, old man 12/04
- [2] Kriskke A., DJ0TR, Rothammels Antennenbuch, 11. Aufl., Kap. 5.2.2: Leitungsverluste, Kap. 6.5 Die Viertelwellenanpassung
- [3] Yates S. R., AA5TB, <http://www.qsl.net/aa5tb/efha.html>

Blindages, boîtiers et chassis

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de Palud 4, 1800 Vevey

Zusammenfassung

In seinem Artikel über Abschirmungen, Gehäuse und Chassis behandelt der Autor Probleme im Zusammenhang mit störenden Beeinflussungen der verschiedenartigsten elektronischen Geräte untereinander. So arbeiten auf engstem Raum Apparate mit Thyristoren, welche sehr hohe Ströme steuern neben Geräten, welche geringste Ströme bei sehr hohen Frequenzen verarbeiten (Mobiltelefonie). Eine gute Abschirmung der Geräte erhält daher eine immer grössere Bedeutung.

In einem theoretischen Teil werden fundamentale Angaben über die elektromagnetischen Felder gemacht und verschiedene Möglichkeiten der Messung der Wirkung von Abschirmmassnahmen aufgezeigt. Die grafisch dargestellten Messresultate werden diskutiert. In einem mehr praktischen Teil werden dem Leser Konstruktionshinweise für einen möglichst guten Aufbau seiner Selbstbauprojekte bezüglich Abschirmung gegeben.

1. Introduction.

Devant la multiplicité des équipements électroniques, allant des commandes à thyristors traitant des courants de plusieurs centaines d'ampères, se trouvant à proximité d'appareils très sensibles, à des équipements travaillant à

très hautes fréquences (téléphonie mobile), les problèmes de blindage se posent d'une façon de plus en plus ardue.

Comment en effet créer des relations de bon voisinage entre des équipements si divers, en particulier la prolifération des ordinateurs personnels qui font régner un bruit de fond envahissant?

On a, en effet constaté des arrêts subits d'automobiles à l'intérieur de tunnels. Il s'est avéré que l'allumage électronique des véhicules ne pouvait plus fonctionner lorsqu'il était soumis à un rayonnement UHF, SHF trop intense, provenant des relais de la téléphonie mobile. Extraites du tunnel, les voitures fonctionnaient à nouveau parfaitement!

Les compagnies d'aviation tentent d'introduire l'usage du radio téléphone particulier dans les avions, sans passer par celui qui est à la disposition des passagers. La grande peur des couplages pernicieux, avec toutes les conséquences néfastes sur l'équipement de bord, a retardé la mise en œuvre de cette possibilité. On présume même que certaines catastrophes aériennes auraient eu pour cause l'utilisation de jeux vidéos avec leurs cortèges d'interférences!

Pour tous ces problèmes, comme disait déjà le regretté Eugène Aisberg dans son ouvrage d'i-

nitiation «La Radio? Mais c'est très simple!» il n'y a que trois solutions blindages, blindages et blindages.

Et oui, encore aujourd'hui, c'est la seule arme dont on dispose pour faire cohabiter en bonne intelligence, tout ce petit monde de l'électronique.

Dans notre article intitulé «TVI, BCI, perturbations» paru dans les old mans no 11, 12 de 1995 ainsi que 1, 2 de 1996, nous avons déjà abordé une petite partie du vaste problème, en indiquant les précautions que l'amateur pouvait prendre. Malgré les années écoulées, cet article garde donc toute sa valeur, puisqu'il traite des fondements mêmes de l'électricité.

Les prises de terre constituent l'Alpha et l'Omega de l'électricité et nous renvoyons le lecteur à notre article intitulé «Boucles de terre et retours de masse» publié dans l'old man 7/8 de 1986. Les années passées n'ont eu aucune emprise sur mon article car il contient des éléments fondamentaux de l'électricité.

De quoi allons nous traiter ici? Après un rappel des notions fondamentales de l'électricité, nous passerons en revue différentes façons de mesurer l'atténuation et l'efficacité d'un blindage. Nous analyserons les courbes obtenues et tirerons des conclusions. Enfin, sachant qu'il y a des constructeurs parmi les radio amateurs, nous examinerons quel enseignement pratique on pourra tirer de ce qui précède.

2. Théorie fondamentale

Nous n'exposerons ici, que les notions vraiment utiles pour la compréhension de l'exposé et nous nous limiterons vraiment à l'essentiel.

Pour le lecteur aimant la rigueur scientifique, nous lui signalons notre article intitulé «Essai d'explication des équations de Maxwell» paru dans l'old man no 1, 2 de 1988. Ces fameuses équations ne sont pas près d'être dépassées, il n'y a qu'un seul Maxwell par siècle, et encore!

2.1 La charge électrique

Revenons à l'heureux temps de l'école, lorsque le professeur frottait un bâton d'ambre et l'approchait de la sphère d'un électroscope, lui transmettant ainsi une quantité d'électrons. Les deux feuilles de l'électroscope s'éloignaient alors l'une de l'autre, les deux étant chargées d'électrons, qui se repoussent.

On avait ainsi fait parvenir un certain nombre d'électrons sur la sphère. Ces électrons repré-

sentent une certaine charge électrique statique, c'est à dire constante, et inerte.

La charge électrique s'exprime en Coulombs.

$$1 \text{ Coulomb} = 6.2 \cdot 10^{18} \text{ électrons}$$

2.2 Le champ électrique

Chargeons un condensateur à l'aide, non plus cette fois d'un bâton frotté, mais à l'aide d'une source de tension continue. La charge accumulée sur les armatures du condensateur sera:

$$Q = C \cdot V$$

avec:

Q = Charge accumulée exprimée en Coulombs

C = Capacité du condensateur exprimée en Farads

V = Tension continue appliquée exprimée en Volts

Il en résultera entre les armatures du condensateur, un champ électrique E exprimé en Volts par mètre de distance existant entre les armatures. Voir la figure 1. Ce champ électrique E sera constant, puisque les causes lui ayant donné naissance, soit la tension et la charge accumulée sont elles-mêmes constantes, après l'enclenchement initial.

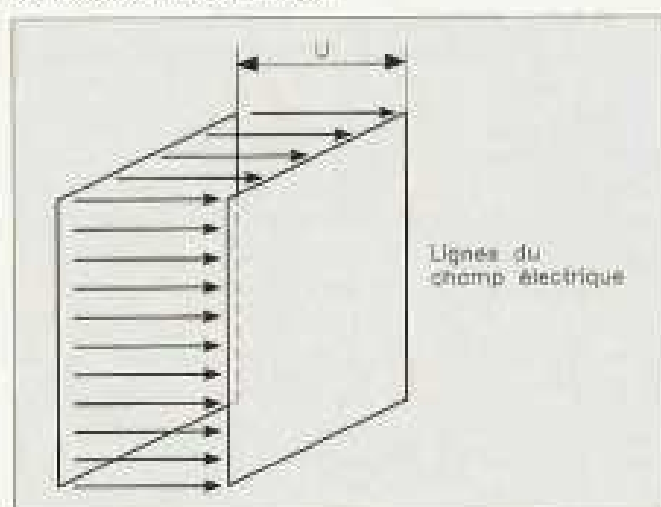


Figure 1: Champ électrique E

2.3 Le champ magnétique

Faisons circuler un courant électrique continu dans un conducteur, il en résultera un champ magnétique fixe, concentrique au conducteur. Voir la figure 2. Le champ magnétique H s'exprime en Ampère par mètre de longueur de la ligne de force concentrique considérée.

Exemple: Si le courant est de 1 Ampère, et que l'on considère la ligne de force distante de 16 cm

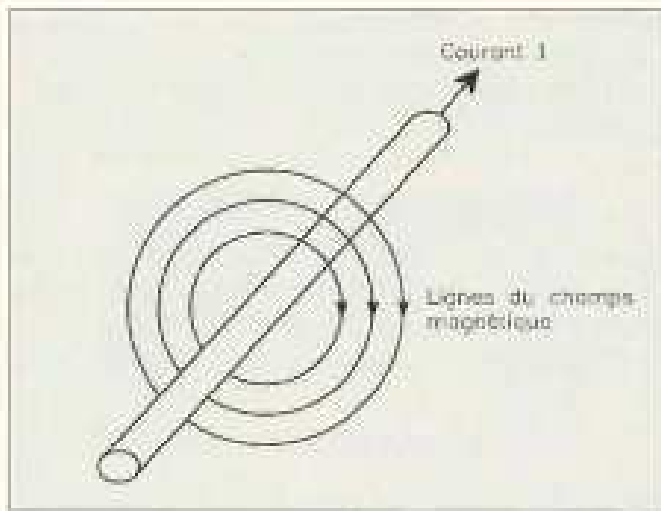


Figure 2: Champ magnétique H

du conducteur, nous aurons un champ magnétique H de 1 A/mètre.

Ce champ magnétique H sera constant, puisque les causes lui ayant donné naissance, soit la tension et le courant circulant dans le fil sont elles-mêmes constantes, après l'enclenchement initial.

2.4 Le champ électromagnétique

Faisons circuler cette fois, non plus un courant continu dans un conducteur, mais un courant alternatif I_1 (voir la figure 3). Il s'ensuit un champ magnétique H_1 concentrique au conducteur, et, simultanément en quadrature un champ électrique E_1 . Celui-ci donnera naissance au courant I_2 en phase avec lui. C'est le courant qui circule entre les armatures d'un condensateur, bien que celles-ci soient isolées entre elles. Plus la fréquence du champ électrique E_1 est grande, plus le courant I_2 sera grand. Ce courant produira un champ magnétique H_2 en quadrature, lequel produira à son tour en quadrature un champ électrique E_2 donnant en phase un

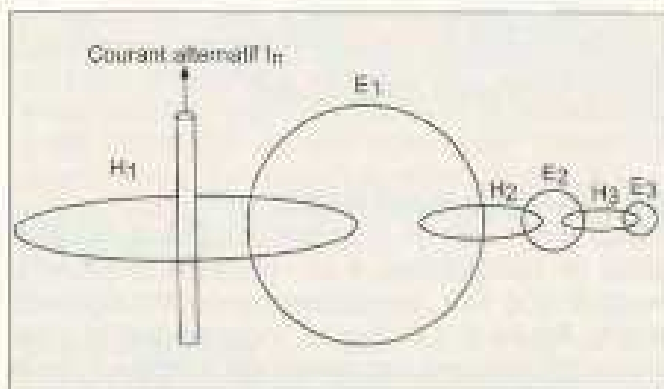


Figure 3: Champ électromagnétique EM
 E_1, E_2, E_3 : Champ électrique
 H_1, H_2, H_3 : Champ magnétique

courant I_2 , donnant en quadrature le champ magnétique H_3 etc. C'est la conclusion des équations de Maxwell.

2.5 Conclusions très importantes

Le champ électrique et le champ magnétique ne peuvent exister séparément que s'ils sont fixes (constants), ce qui implique que les causes leur ayant donné naissance, c'est à dire respectivement la tension et le courant soient elles-mêmes fixes (constantes).

Au moment de l'enclenchement seulement, tant de la tension pour le champ électrique que du courant pour le champ magnétique, l'autre champ s'associera pour un court instant, puisque nous passons dans les deux cas, d'une valeur nulle à une certaine valeur de V ou de I . Il y a donc variation de V et de I .

Le champ électromagnétique est lui composé en permanence des deux champs puisque les causes respectives leur ayant donné naissance sont variables en permanence.

Nous en avons terminé avec ce rappel théorique nécessaire pour la compréhension de la suite de l'exposé.

3. Mesures de l'atténuation d'un blindage

3.1 Avant propos

Dans le but de réduire les coûts des produits, de nouveaux matériaux, et de nouvelles techniques de liaisons électriques ont été développées pour les châssis.

Toutes ces innovations portant sur plusieurs paramètres, ne doivent pas pour autant faire négliger les perturbations électriques pouvant parvenir à un appareil.

L'effet de blindage d'un boîtier peut être déterminé à l'avance, et le constructeur peut, à l'aide d'une méthode de mesure appropriée sur un prototype, éliminer les points faibles du boîtier. Il procédera à des modifications de la construction, en réduisant le plus possible les dimensions. Il comparera toujours les moyens déployés avec les limites de la mesure d'atténuation du boîtier.

La méthode classique de mesure a innové pour les petits boîtiers en haute fréquence.

Le boîtier est un élément de base fondamental de protection contre les perturbations rayonnantes extérieures, qui ainsi, seront atténuées.

D'autre part, un boîtier n'étant jamais seul, mais relié par des prises, il faudra que les contacts de celles-ci soient suffisamment conducteurs ainsi que les prises de masse. De plus, il ne faut jamais oublier que les perturbations peuvent entrer dans le montage par les prises elles-mêmes, les conducteurs servant à les véhiculer.

Quelle valeur d'atténuation de blindage doit-on obtenir par le boîtier? La réponse dépend de plusieurs facteurs. Le plus souvent, des boîtiers standards seront développés pour un type d'application. Un compromis entre le coût et l'atténuation nécessaire sera toujours recherché.

3.2 Obtention de l'atténuation du blindage

L'influence du matériau utilisé, de la technique des connecteurs et des ouvertures d'aération, ainsi que les discontinuités d'atténuation doivent être quantifiées. Une fois les facteurs déterminants identifiés, on verra quelles modifications seront nécessaires et on vérifiera leur efficacité.

Comme matériau de boîtier faisant office de blindage, on peut selon les exigences utiliser du fer blanc, du métal recouvert d'un film de plastique ou alors du plastique imprégné de particules métalliques. Rappelons que le fer blanc est constitué d'acier doux (magnétique) recouvert d'une couche d'étain (non magnétique).

3.3 Mesures

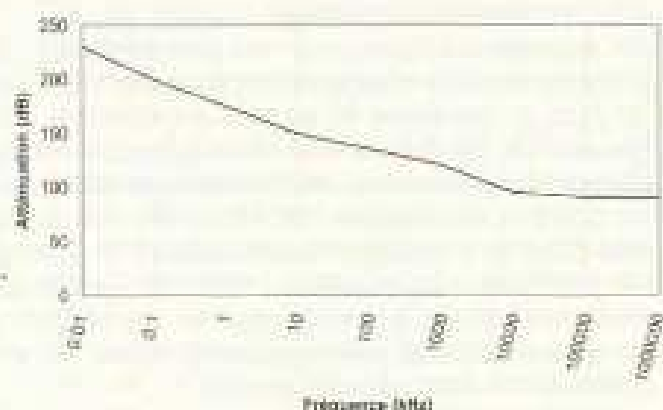
Nous utilisons le banc de mesures de la figure 4 pour la gamme de fréquence de 10 kHz à 30 MHz, et la disposition de mesure de la figure 5 pour la gamme de mesure de 30 MHz à 1,5 GHz. L'écran est construit en cuivre de quelques microns d'épaisseur. Les valeurs obtenues ont permis de tracer quatre courbes d'atténuation.

3.3.1 Interprétation des courbes

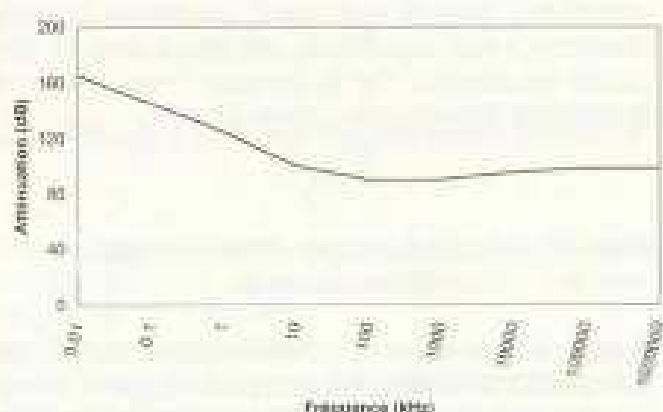
Les graphiques 1, 2, 3 indiquent l'atténuation du champ électrique à différentes distances de la source. Le graphique 4 indique l'atténuation du champ magnétique à une distance de la source de 1 cm. L'axe des abscisses (axe horizontal) représente la fréquence qui va jusqu'à 1 GHz. L'axe des ordonnées (axe vertical) représente l'atténuation du blindage en dB.

Les graphiques 1, 2, 3 sont le résultat c) de deux courbes qui sont:

- Une courbe d'atténuation au passage de l'onde incidente entrant dans l'enceinte blindée.
- Une courbe de réflexion de l'onde résiduelle dans l'enceinte sur la deuxième paroi.
- Une courbe d'atténuation résultante de a) et de b), qui est la seule représentée ici.



Graphique 1: Champ électrique E, source à 3m



Graphique 2: Champ électrique E, source à 1000m



Graphique 3: Champ électrique E, source lointaine

Remarque:

L'onde de réflexion b) est de signe contraire à la première atténuation obtenue en a). Cela provient du fait qu'elle est bien présente dans l'enceinte. Ce n'est pas le cas de la réflexion de l'onde incidente sur la première paroi, qui reste à l'extérieur de l'enceinte, et dont on ne tient pas compte.

La courbe c) (celle représentée) est la somme algébrique de a) et de b), et représente l'atténuation finale dont on dispose vraiment.

3.3.2 Valeurs remarquables

On pourrait voir que, pour les graphiques 1, 2, 3 concernant le champ électrique, la réflexion de l'onde résiduelle b) est nulle pour une fréquence de l'ordre de 100 MHz quelque soit la distance de la source, et devient une atténuation positive au delà de 100 MHz. On remarque que pour le graphique 4 concernant le champ magnétique, l'atténuation totale est pratiquement nulle jusqu'à une fréquence de 100 kHz, ce qui est normal puisque notre écran est en cuivre donc non magnétique.

4. Principe de la mesure d'atténuation

Dans ce qui suit, le mot récepteur n'a pas la signification courante que nous, amateurs lui connaissons, mais signifie un voltmètre sélectif. On passe facilement de la tension mesurée à la puissance mesurée en faisant:

$$P = \frac{V \cdot V}{R}$$

avec: R = Impédance en Ohm sur laquelle se fait la mesure de V

Beaucoup de mesures d'atténuation se font en comparant le niveau de réception obtenu directement, sans blindage entre l'antenne d'émission et celle de réception, avec le niveau de réception obtenu avec l'antenne de réception placée dans le blindage à mesurer, tous les paramètres restant identiques (fréquence, antennes, distance, puissance).

Voir la figure 6.

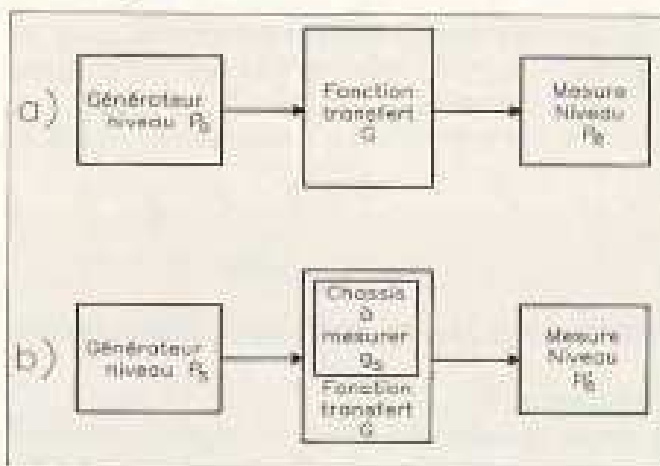


Figure 6: Fonction de transfert

- a) La fonction de transfert G, représente tout ce qui s'oppose à la transmission de P_s . On a: $P_e = P_s \cdot G$.
- b) La fonction de transfert globale devient $G \cdot g_s$. On a: $P_e = G \cdot g_s \cdot P_s$ d'où $g_s = P_e / P_e$.
On a: Atténuation du chassis:
 $a_s \text{ (dB)} = 20 \cdot \log(1/g_s)$

La fonction G représente la caractéristique de transfert depuis l'antenne d'émission jusqu'à celle de réception. Dans le cas idéal, on suppose que lors de l'insertion d'un blindage toutes choses restant égales (emplacement des antennes, etc.). Cette fonction G soit elle-même invariable.

Le boîtier dont on veut évaluer les performances d'atténuation contiendra l'antenne de réception.

Ainsi, la fonction supplémentaire g_s dépendra uniquement des caractéristiques du boîtier. L'opposition totale à l'onde émise par l'émetteur sera donc égale à $G \cdot g_s$.

Nous avons:

$$a_s \text{ (dB)} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_s}{P_e}\right)$$

avec:

- a_s = Atténuation du blindage exprimée en dB
 P_e = Puissance recueillie par le récepteur
 P_e = Puissance recueillie par le récepteur avec son antenne blindée

Si l'on recueille des tensions, ce qui est le cas normal, et non pas des puissances on a:

$$a_s \text{ (dB)} = 20 \cdot \log\left(\frac{V_s}{V_{e1}}\right)$$

avec:

- V_e = Tension recueillie par le récepteur
 V_{e1} = Tension recueillie par le récepteur ayant son antenne blindée.

Suivant le type d'antenne utilisée en émission comme en réception, nous comparerons des niveaux de champs magnétiques ou des niveaux de champs électriques.

Dans le premier cas, nous aurons des antennes de type cadre, dans le second cas, des antennes de type dipôle.

A partir d'une certaine distance, et d'une fréquence supérieure à 48 MHz, le rapport entre champ magnétique et électrique est constant.

A proximité, ce rapport est très dépendant de la fréquence et l'on obtient, selon le type d'antenne utilisé, différentes valeurs d'atténuation. En effet, l'atténuation de l'onde incidente à l'entrée du boîtier en fer blanc, et le niveau de l'onde de réflexion.

xion sur la deuxième paroi du boîtier, ont des valeurs respectives différentes pour les composantes électriques ou magnétiques du champ.

L'atténuation due à l'absorption produite par l'effet pelliculaire est indépendante du type d'antenne utilisée.

Les règles les plus importantes pour la mesure de l'atténuation d'un blindage sont:

- a) La continuité du chemin de transmission avant et après le blindage à mesurer, en particulier, les impédances de l'émetteur et du récepteur ne doivent pas être modifiées par l'adjonction du blindage. Il en résulterait une mauvaise adaptation des impédances, provoquant ainsi des ondes réfléchies. Le

lieu de mesure ne doit pas voir sa situation se modifier, que ce soit les antennes ou d'autres parties métalliques, par la mise en place du blindage à mesurer.

- b) Il faut vérifier la linéarité du système de mesure avant l'utilisation de celui-ci, et s'assurer qu'il n'est pas saturé.
- c) La limite de mesure doit être déterminée pour chaque nouvelle disposition du matériel. Les hautes valeurs d'atténuation de blindage impliquent de hautes exigences de la dynamique de mesure, c'est à dire un faible niveau de bruit, un préamplificateur et des antennes à haut rendement.

La suite dans l'old man n°3

Einige Stimmen zum Nachbau der C-Pole Antenne old man Nr. 12/01 von Edi Bosshard HB9MTN

Eben hatte ich einen Anruf von Albert, HB9BGN, wohnhaft am anderen Rand des Plateaus von Brütten. Er testet seit vergangenem Montag meine 20m-C-Pole Antenne. Sie sei eindeutig seiner Hustler Trap-Vertical mit vielen Radials überlegen!

Das mag mal so, mal so sein, wir sind hier oben mit unserer Lage privilegiert, jedenfalls beeindruckt mich natürlich sein Urteil.

Auch Marco, HB9BGG hat Spass an seiner 40m-Version, hier ein Ausschnitt aus seinem Mail im Anschluss an ein 30-minütiges SSB-QSO mit VK5XXX und 800-W-Endstufe in den (ex) violetten Ferroxcube-Kern, mit entsprechend schlechtem Gewissen (Power versus Kerngrösse):

Hoi Edi,
ui ui, habe den Rinkern vom C-Pole besichtigt. Das Koax ist wie neu, aber der Kern hat seine hübsche violette Farbe gegen einen bleichen, beigen Ton eingetauscht! Das Nylon ist dort wo das Koax lag, weggeflossen! Alles deutet auf etliche Grad Celsius hin. Der Vergleich mit

einem neuen Kern ergab fast die gleiche Induktivität, ca. 0.3 μ H weniger als bei der "gesotenen" Version.

Die Antenne ist wirklich gut, man hört Flöhe aus allen Ländern husten. Gestern war die mittlere Differenz zum Dipol 15 dB.

Inzwischen neige ich zur Annahme, die C-Pole Antenne sei nicht bloss eine weitere Variante von Kunstlasten, sondern eine durchaus brauchbare Antenne, wenn auch nur für ein Band. Der Versuch "Multiband-C-Pole" ist gründlich "abverheit".

Die 20m/17m Version hatte eine 1:2-Bandbreite von 16.3 bis 17.4 MHz bei einer Mittenfrequenz von ca 16.9 MHz (siehe double-c-pole.jpg). Wirkungsgrad unbekannt weil nicht getestet, da nicht so gewollt!

Nun hoffe ich auf viele zufriedene Nachbauer nach der Veröffentlichung im old man.

73 Edi, HB9MTN/5B4AGV

E-mail Adressen

Wer sich informieren will über Technik, Möglichkeiten und vielleicht auch Probleme mit E-mail hat (wer hat die nicht) der findet auf der USKA Homepage unter www.uska.ch > Dienste > Mailumleitung eine 11-seitige pdf Information.