

RETOUR SUR L'ANTENNE W3HH/ T2FD
Serge MALLET, F6AEM
(Publié dans Radio-REF de avril 2002)

Réflexions après l'article "LE FOLDED DIPOLE", RADIO-REF JANVIER 2002.

" FOLDED DIPOLE" est la désignation anglo-saxonne des antennes "TROMBONE". Ce type d'antenne n'est pas une nouveauté dans le monde de la radio et des radioamateurs, et il était déjà bien connu dans les années 40. Son pouvoir de multiplicateur d'impédance, lorsqu'elle est constituée de plusieurs fils, était très utilisé dans de nombreuses réalisations. Note 1.

L'antenne W3HH décrite est aussi connue dans les années 50, et sa version française, la "T2FD", sigle que lui donne l'administration fleurissait sur les gendarmeries par exemple. Voir Radio-REF de décembre 1951, août 1973, mars 1981, septembre 1986, janvier 1988 parmi d'autres publications.

La T2FD était souvent désignée comme antenne "apériodique".

Elle n'a jamais été une antenne de DX, les liaisons qui lui étaient demandées consistant à joindre le Q.G, ou la préfecture, à une centaine de kilomètres de distance, et donc sur le bas des ondes décamétriques, en général dans les 3 à 6 MHz.

Que dire de cet aérien.

Il a l'avantage de présenter au point d'attaque une impédance moyenne de 300 à 600 ohms, mais parfois complexe, pour laquelle on mesure un ROS ne dépassant pas 3, au travers d'un transformateur 300/75 ohms. Cette valeur de ROS était compatible avec le circuit de sortie des PA à tubes de l'époque, souvent un "PI" Johnson, capable de rattraper cette désadaptation. C'est, hélas, son seul avantage !

Il faut se souvenir que dans une antenne trombone, sur sa FONDAMENTALE (FIG.1), ou sur ses harmoniques IMPAIRS, les deux fils SONT EN PHASE, et vu leur faible espacement, ils n'en constituent plus qu'un seul, mais dont les impédances mutuelles s'ajoutent, ce qui donne la multiplication par 4, améliorant ainsi la résistance de rayonnement, ce qui est excellent par rapport aux pertes ohmiques.

Mais, sur harmoniques PAIRS (FIG.2), les deux fils sont EN OPPOSITION DE PHASE, et la ligne qu'ils constituent est alors l'équivalent d'une "échelle à grenouille". Le rayonnement créé par chacun annule celui de l'autre. De plus, l'impédance au point d'attaque devient très élevée, incompatible avec un transfo 75/300. Il ne peut y avoir un rayonnement marqué que si l'écartement entre les deux fils est d'au moins de 1/8 à 1/10 d'onde. Note 2

L'antenne trombone est avant tout une antenne monobande qui doit être taillée en demi-onde, comme un dipôle accordé.

De même, lorsque l'antenne T2FD travaille sur la fondamentale, ou sur les harmoniques impairs de sa fréquence de résonance électrique, cela ne se passe pas trop mal : Le point d'attaque est correctement situé, mais il est dommage de brûler une partie de l'énergie fournie dans la résistance de charge du 2^{ème} fil (en fait, les deux demies-résistances, situées de part et d'autre du ventre de courant). Note 3.

Comme il y a déperdition d'énergie le long des fils, par rayonnement, ce n'est pas la moitié, mais seulement 1/3 à 1/4 de la puissance qui arrive à la résistance, et part en chaleur.

Sur harmoniques pairs, non seulement il n'y a pas de rayonnement possible, mais la longueur des fils (multiples d'une demie-onde) fait que la valeur de la charge est reproduite au point d'attaque, qui se trouve ainsi porté à la valeur de la résistance, permettant d'avoir quand même un ROS acceptable. Mais ce n'est qu'une charge fictive alimentée par une ligne ouverte résonnante.

On sait réaliser des "folded" de $\frac{3}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ onde de longueur. Mais ils demandent à être ouverts au point opposé à l'attaque (Fig3). Dans la W3HH, la présence de la résistance empêche ce mode, car elle se comporte relativement comme un court-circuit, par rapport à la valeur quasi infinie que devrait présenter cette ouverture, modifiant totalement la distribution des courants, et l'impédance au point d'attaque (Fig.4).

Sur toutes les autres fréquences, les fils se présentent comme selfiques ou capacitifs, plus ou moins en opposition de phase entre eux, selon la longueur d'onde, par rapport à la longueur électrique, mais avec rien pour aider le bon fonctionnement. Personne n'a jamais vu une self ou une capa rayonner, et la présence de la résistance de charge ne rend pas le système apériodique, elle amorti simplement le ROS.. Je dirais qu'elle "abruti" l'antenne. Un ROS bas ne suffit pas à faire rayonner un aérien, et n'est pas non plus gage de pertes faibles.

J'ai eu l'occasion d'avoir en main les résultats de mesures d'un constructeur danois bien connu pour ses équipements de transmission : il aurait mesuré -25 dB pour certaines fréquences, soient plus de 4 points de S-Mètre, donc un rayonnement de seulement 1 watt pour 300 watts fournis. C'est moins bon qu'un fouet de mobile de 2,50 mètres, sur 80 mètres, accordé par self à la base, et bien réalisé, pour lequel le rapport n'est "seulement" que de 1/100.

Enfin, à l'époque on n'avait pas besoin de boîte d'accord, et le système restait stable, qu'il pleuve ou pas !

Par contre, le principe est utilisable sur une antenne en triangle, ou autres polygones, constituant une boucle d'au moins une onde entière de périmètre. Dans ce cas, les fils sont suffisamment éloignés, pour qu'il y ait conjonction de phases et d'anti-phases des courants, créant des rayonnements favorables dans différentes directions. Ce n'est pas tout à fait apériodique, mais ça commence à ressembler à une antenne.

Mais pourquoi mettre une résistance, si ce n'est que pour cacher le fait qu'une boîte d'accord standard est incapable de compenser un ROS >5 ou 6, et ne sait pas attaquer une haute impédance, cas des multiples paires de $\lambda/2$ de tout bout de fil.

L'antenne losange, de plusieurs longueurs d'ondes se refermant sur une charge terminale résistive est bien connue sous le nom de "Rhombic". Mais attention, la charge n'est pas là pour rendre le système apériodique, mais pour le rendre unidirectionnel., comme pour les antennes "Beverage", en forçant l'antenne à travailler en ondes progressives.

Peut-être qu'il y a eu confusion des genres en son temps.

Je ne connais d'ailleurs aucun ouvrage technique sérieux qui décrive encore la W3HH/ T2FD. Dommage que certaines firmes commerciales aient continué à diffuser ce "truc", comme beaucoup d'autres "machins" d'ailleurs. Il est vrai, que pour une distance et une heure donnée, lorsque l'on est très proche de la FMU (fréquence maximale utilisable) il n'y a pas besoin de beaucoup d'énergie pour faire la liaison. Par contre essayez de faire du 80 mètres en soirée, où il faut, pour un QSO acceptable en SSB, être au moins reçu à 59 + 20 dB, lorsqu'il vous manque 20 à 25 dB (30 à 35 sur les coups de QSB), et vous comprendrez le sens de ce papier. On a souvent à installer des antennes "d'infortune", en général à cause du peu de place dont on peut disposer. Mais il y a de bons compromis, et de mauvais compromis.

Je classerai la T2FD dans les très mauvais compromis.

Serge MALLET, de F6AEM, le 20/02/2002.

NOTES

Note 1 : Multiplication de l'impédance du dipôle $\frac{1}{2}$ onde, suivant le nombre N de brins, dans une antenne "folded".

(fils de mêmes diamètres, parcourus par des courants égaux)

$$Z = N^2 \times Z_0$$

2 brins $\Rightarrow Z = 4 Z_0$, donc pour $Z_0 = 75$ ohms, $Z = 300$ ohms

3 brins $\Rightarrow Z = 9 Z_0$, donc pour $Z_0 = 75$ ohms, $Z = 675$ ohms

4 brins $\Rightarrow Z = 16 Z_0$, donc pour $Z_0 = 75$ ohms, $Z = 1200$ ohms

etc...

Note 2 : Rayonnement théorique de 2 fils à faible espacement, (d'une distance $d < \lambda/50$), parcourus par un courant I :

$$Pr = 160 \left(\frac{\pi \cdot d}{\lambda} \right)^2 I^2$$

Pr = puissance rayonnée en watts,

d = distance entre les fils en mètres (= A de la formule donnée ci-dessus),

λ = Longueur d'onde en mètres, I = courant en ampères.

Remarquez que d/λ est l'expression de l'espacement des fils exprimée en longueur d'onde.

Pour les dimensions données, à 3,6 MHz, soit $\lambda = 300 / 3.6 = 83$ m., ($d/\lambda = 1/100$).

Pour une valeur de l'impédance " théorique" donnée de 300 ohms,

et une puissance P appliquée de 300 W $\Rightarrow I = 1$ A. (rappel : $P = R I^2$)

$$Pr = 160 (\pi / 100)^2 \quad (\text{rappel : } \pi^2 \neq 10 !)$$

$$Pr \neq 160 (10 / 10000) \neq 160 / 1000 \neq 160 \text{ mW}$$

Note 3 : On se souviendra que λ (mètres) = $300 / F$ (MHz), soit en remplaçant dans les formules données pour la T2FD :

écartement $A = 3 / F_{\min} \Leftrightarrow A = \lambda_{\max} / 100$,

et longueur du demi-brin $B = 50 / F_{\min} \Leftrightarrow B = 5 / 30 \lambda_{\max} = 0.167 \lambda_{\max}$

$\Rightarrow 2 \times B = 10/30 \lambda_{\max} = 1/3 \lambda_{\max}$.

Longueur d'onde de résonance naturelle de l'antenne :

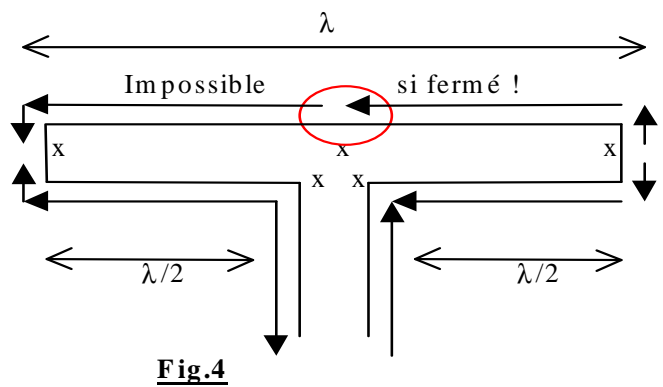
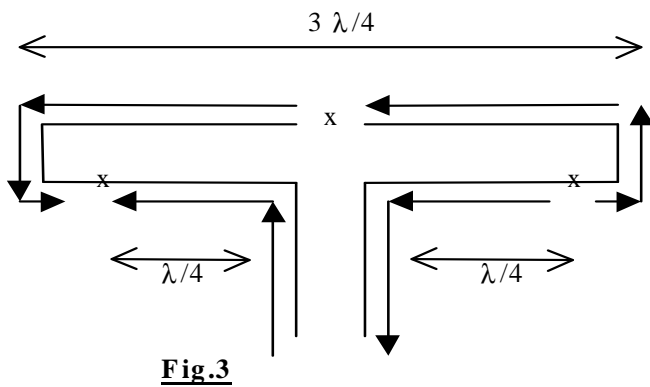
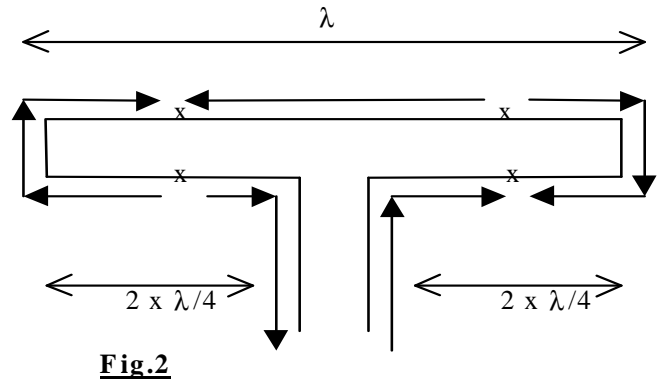
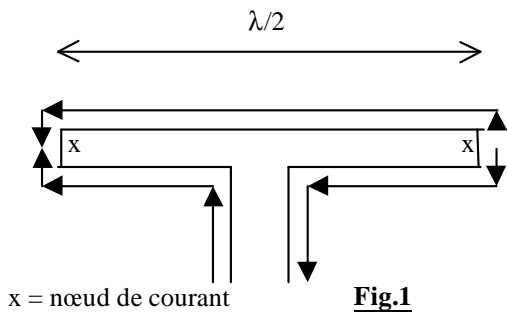
$$L/2 = 2 \times B \Leftrightarrow L = 4 \times B$$

Soit, pour l'exemple donné, avec les dimensions pour 3,6 MHz

$$L = 4 \times 13,88 = 55,52 \text{ m} \Rightarrow \lambda_0 \neq L / 0.95 = 58,44 \text{ m} \Rightarrow F_0 \neq 5,13 \text{ MHz}$$

En tenant compte des deux brins d'extrémité, la fréquence réelle de résonance du système se situe aux alentours de 4.9 à 5 MHz.

Figures



Bibliographie :

Radio-REF, et les documents du REF

Antennas, de John D. Kraus (W8JK), Mc Graw-Hill Int. Ed.

HF antennas for all locations (G6XN), RSGB

ARRL antenna book

Cours de Radioélectricité générale, de M. Veaux, Ed. Eyrolles 1948

Etc...