

## ANTENNES YAGI

et épingle à cheveux par Sergio F5JTM, oct 2021

**Amélioration des performances, utilisation du hairpin (épingle à cheveux, ou encore bêta match) par F5JTM le 12 oct. 2021**

Le but de cet article est de faire connaître et démystifier ces bêtises qu'on trouve sur certaines antennes qui servent à accorder l'impédance faible d'une antenne à un câble coaxial.

On verra également, comment préparer l'antenne à cette impédance faible, puis enfin, par quels moyens logiciels et par feuille de calculs genre Excel, l'on peut, automatiser ces calculs, qui ne prendront que quelques secondes, pour avoir les résultats.

La plupart des antennes Yagi ont une impédance  $Z$  de 50 ohms, mais 50 ohms, pour une antenne Yagi, n'est pas forcément ce qu'il y a de mieux en termes de performances.

Un peu de lecture sur l'origine des 50 ohms

<https://qstack.fr/electronics/400665/why-is-50-%25ce%25a9-often-chosen-as-the-input-impedance-of-antennas-whereas-the-free-sp>

<https://fr.sci.physique.narkive.com/l9yk2mPj/origine-des-50-ohms-en-hyperfrequence>

<https://ve2cro.ca/wp-content/uploads/2021/01/Origine-du-50-Ohms.pdf>

DK7ZB, a décrit des antennes en 12,5 et 28 ohm, plus performantes que celles en 50 ohms (quoi que ...pour certaines longueurs, je trouve les lobes latéraux avant, un peu trop prononcés).

**Voici son raisonnement, qui n'est pas faux, puisque ses schémas, prouvent leur efficacité :**

Pour les bandes VHF (50-50,5 MHz, 144-146 MHz, 430-440 MHz), une résistance aux rayonnements de 25-35 ohms offre le meilleur équilibre pour le gain, les lobes arrières et latéraux, la bande passante et le ROS à des pertes acceptables dans une antenne Yagi.

Il existe d'autres méthodes pour réduire les lobes parasites ainsi que le bruit intrinsèque, tel que le dipôle plié GTV par DG7YBN, K6STI dipôle en V, UA9TC, réflecteur replié ou bien la méthode LFA par Justin G0KSC.

[http://www.f6evt.fr/f6evt\\_fr/yagi-faible-bruit.pdf](http://www.f6evt.fr/f6evt_fr/yagi-faible-bruit.pdf)

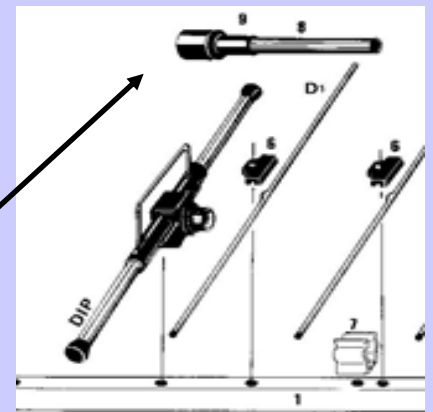
En ce qui concerne l'adaptation de ces antennes dont l'impédance ne correspond pas à celle du coaxial et de l'émetteur/récepteur, il existe des montages qui seront un peu différents, selon que la réactance soit positive ou négative. En HF, en cas de réactance négative, on utilisera aussi bien un bobinage en parallèle, qu'un bêta match qui sera rendra sensiblement le dipôle symétrique, au même titre qu'un T-match.

Les calculs seront toutefois différents. Je vous laisse chercher sur internet, le cas de la réactance positive.

Je décrirai ici, le bêta match, (hairpin ou encore épingle à cheveux) tel qu'utilisé par Marc Tonna, F9FT (RIP), sur ses modèles VHF, notamment sur la 9 éléments, ref. 20809.

La pièce « g » dans l'image, représente un sleeve balun, évitant des courants de retour dans la gaine. C'est un tube alu, d'un quart d'onde, relié en bout par un support inox, lui-même fixé au boom.

Le diamètre du pontet fait 5 mm et l'écartement entre les 2 jambes, environ 105 mm, sur une hauteur d'environ 50 mm, le tout, entre axes



La plupart des gens qui possèdent ce genre d'antennes, se plaignent qu'il y a du ROS en temps d'humidité, pluie, etc...rien d'étonnant, voici dans quel état se trouve le bêta match, après que l'enveloppe se doit dégradée avec le temps :

tout est oxydé y compris la fiche, surtout en situation saline (bord de mer, etc..).

Je n'ai pas développé la modélisation de ces Tonna, car vu l'écrasement des dipôles et le type d'enrobage de la fixation, j'aurai eu du mal, à obtenir l'impédance de départ.

Vous pourrez consulter à ce sujet, la modification de F4HNP :

<http://f6kcz.free.fr/Technique/Dipole%20antenne%20TONNA/Dipole%20TONNA.htm>

Quoique le remplacement a été par méthode expérimentale et non calculée.

Une étude calculée par F6DBA en remplacement du dipôle oxydé dans le REF n°931 **mai 2019**.

Une petite démo sur Youtube, et pour avoir les sous titres en français, modifiez dans les paramètres : sous titres, puis espagnol, et enfin, traduction en français. <https://www.youtube.com/watch?v=Of5habdgrqM>

**Deux exemples en HF :**



L'épingle à cheveux est symétrique et facile à régler. C'est une conception électrique et mécanique correcte pour lui permettre d'être facilement installée et réglée en 10 minutes et a un fonctionnement suffisant pour presque toutes les conceptions Yagi, HF, VHF, UHF.

On pourra remarquer, que l'extrémité est fixée électriquement au boom, en effet au milieu du pontet, la tension est égale à zéro.

Des articles concernant l'adaptation par bêta match (hairpin) sont disponibles sur le net :

<http://f6kht.free.fr/document/50beta.pdf>

[https://on5au-be.translate.googleusercontent.com/translate/a10/trans/beta.html?x\\_tr\\_sch=http&x\\_tr\\_sl=en&x\\_tr\\_tl=fr&x\\_tr\\_hl=fr&x\\_tr\\_pto=nui.sc](https://on5au-be.translate.googleusercontent.com/translate/a10/trans/beta.html?x_tr_sch=http&x_tr_sl=en&x_tr_tl=fr&x_tr_hl=fr&x_tr_pto=nui.sc) (beaucoup plus documenté ici, par W4RNL (RIP) surnommé jadis, le pape de l'antenne (modélisation).

[http://f6kcz.free.fr/Technique/Dipole%20antenne%20TONNA/Photos/MHz\\_2003-06\\_Beta\\_Match.pdf](http://f6kcz.free.fr/Technique/Dipole%20antenne%20TONNA/Photos/MHz_2003-06_Beta_Match.pdf) (F6AWN).

[https://f4dxu.pagesperso-orange.fr/documents-radio/Adaptation\\_impedance\\_epingle\\_stub\\_hairpin.pdf](https://f4dxu.pagesperso-orange.fr/documents-radio/Adaptation_impedance_epingle_stub_hairpin.pdf)

Certains vont s'arracher le peu de cheveux qu'ils leur restent sur la tête, à la lecture des liens mentionnés, à propos des formules à coucher dehors .... Mort de rires !!!!!!!

La réactance ? késako ? : c'est l'opposition de l'antenne à un courant qui la traverse. Elle varie en fonction de la fréquence du courant, ce qui la rend différent de la résistance, qui n'est pas affectée par la fréquence.

La réactance et la résistance combinées produisent l'impédance, représentée par la lettre Z, opposition totale dans l'antenne au courant d'une fréquence donnée. Elle peut être aussi bien positive donc inductive, ou bien négative donc capacitive.

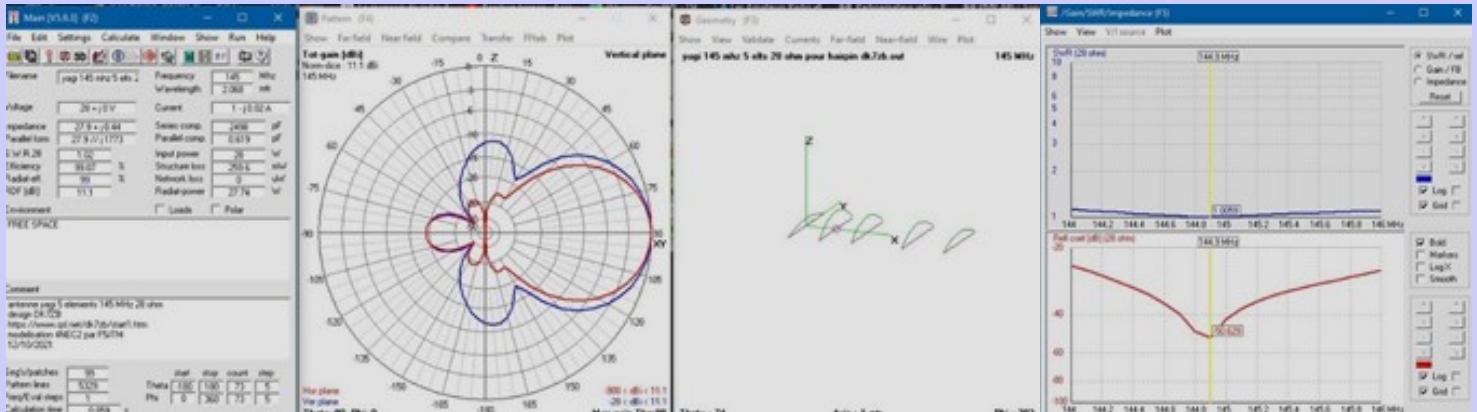
On comblera cette déficience par son opposé, capacitive, on emploiera une inductivité, inversement, inductive, on emploiera une capacité. Simple, non ?????

**Prenons un exemple**, récupéré sur le site de DK7ZB, une antenne yagi 145 MHz, 5 éléments, 1,80 m de boom, 28 ohms d'impédance Z, peu ou prou de réactance jX.

Dimensions :

Diamètre	Reflecteur	Radian	Dir_1	Dir_2	Dir_3
Position mm	0	350	710	1295	1780
Elt en 8 mm	1022	961	926	922	893

Voici ce que donne la simulation dans l'espace, par 4NEC2 et EZNEC :



**Dans notre cas, l'antenne est en 28 ohms**, modifions la, pour faire tomber cette impédance, adaptable à notre hairpin (bêta match) ...

Pour ceci, il suffira de jouer sur la longueur du dipôle alimenté (antenne complète) et libre de tout obstacle devant, à une certaine distance minimum, appelée **Fraunhofer**, et de faire tomber l'impédance globale de l'antenne à environ 25 ohms de R (résistance) et de réactance négative  $-jX$ , ici, aux environs de -25 ohms.

Il faudra pour cela, à l'aide de calculs approchants, puis à l'aide d'une scie à métaux, voir disquieuse, réduire la longueur de ce dipôle.

Dans l'exemple de la 5 éléments de DK7ZB, on peut remarquer dans l'image précédente, que l'impédance est de  $27,9 + 0,44$  (réactance positive de 0,44 ohms, pour une longueur de 961 mm du dipôle.

Un petit coup de canif dans la longueur, à l'aide d'un logiciel tel que 4NEC2 ou EZNEC (de préférence ; car MMANA, donne bien l'impédance, mais avec une fréquence différente de la réalité), cette longueur tombera à : 930 mm et la nouvelle impédance du système sera de  $24,9 - 22,3$  donc une Résistance de 24,9 ohms et une inductance négative de 22,3 ohms.

### Voici ce que donne la réduction du dipôle à 930 mm :

MMANA ( segmentation autom.) : R 24,63  $jX$  -25,25

4NEC2 et EZNEC 19 segts /  $\frac{1}{2}$  longueur d'onde : R 24,9  $jX$  -22,3

Yagicad idem 4NEC2 19 segts /  $\frac{1}{2}$  longueur d'onde : R 24,93  $jX$  -21,8.

Quelques petites nuances dans les résultats, mais rien de rédhibitoire.

J'utilise ici, un bêta match, type Tonna, diamètre 5 mm, espacement des jambes, 105 mm, ce qui donnerai dans les 450 ohms, nécessaires pour élever l'impédance à 50 ohms.

On conservera ce chiffre pour toutes adaptations de ce genre, aussi bien en HF, qu'en VHF et UHF, chose constatée sur la plupart des schémas et antennes, comportant un bêta match. La hauteur du pontet, sera en fonction de la réactance, ici, -22,3 ohms.

**Conseil** : Partir de ce raisonnement pour calculer toute antenne yagi en 28 ohm. Je n'ai pas encore fait d'études en ce qui concerne les antennes dont l'impédance est de 12,5 ohms, telles DK7ZB mais il est probable que ça fonctionne aussi, au dépend de pertes, mais je pense insignifiantes.

L'impédance concernant l'espacement entre les 2 jambes du pontet sera égale grosso modo à :

$276 \times \text{LOG}_{10}(2 \times \text{espace entre les 2 jambes/diamètre du fil})$ . On prendra 450 ohm.

### Au moins 3 solutions pour calculer ce bêta match :

1 : calcul à l'aide de l'abaque de Smith, décrit par F6ELM, articles compilés par F5CTP.

Dans la revue REF, février 1984, page 126

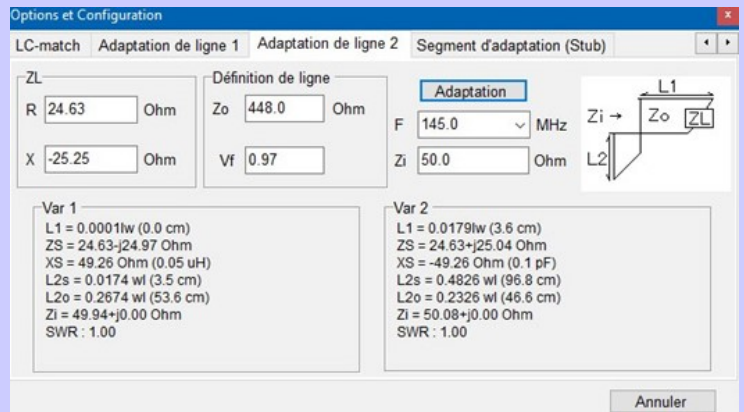
Lien : <http://f1chf.free.fr/fichiers/F6ELM%20compil.pdf>

2 : par logiciel –sous Windows : YagiCad :

<https://www.yagicad.com/>

Ou encore avec MMANA :

Var1, L2s = 3,5 cm



3 : par calculs sous forme de tableau, Excel par exemple, ou en ligne l'aide de « Google sheets » mais il faut avoir un compte Google, une adresse mail de ce type : [fefcinqetaime@gmail.com](mailto:fefcinqetaime@gmail.com)

Vous lancez dans la barre de liens : google, une fois lancée, la page s'affiche et puis en haut à droite de la page choisir le damier. Dans ce dernier, plusieurs icônes de fonctions, dont Google Sheets. Les calculs peuvent être enregistrés soit sur le site Google, soit dans votre support, disque, clé USB, etc ...

C'est ainsi, que j'ai créé une feuille de calculs, comme suit :

On constatera d'après toutes les solutions apportées ici, que la longueur des jambes du pontet, sera égale à environ 3,6 cm.

Rappelons la formule de l'impédance

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Ici, l'impédance de l'antenne de départ était de R 27,9 , jX +0,44.

Le calcul donne (Racine de 27,9<sup>2</sup> + 0,44<sup>2</sup>), ce qui fait 27,9. Le Ros sera équivalent à 28 / 27.9 = 1 :1 et quelques pouillièmes.

La méthode que je préconiserai, est de faire un montage volant avec un peu plus de longueur des 2 jambes, 1 ou 2 cm de plus en VHF, de percer les trous de 5 mm dans le

dipôle traversant ce dernier, d'enfoncer en force ces 2 jambes, et de faire coulisser celles-ci, de bas en haut ou inversement, en ayant un œil sur votre mesureur de ROS, ou mieux, analyseur ou VNA, pour un minimum de ROS et surtout, un minimum de réactance.

Une fois le réglage fait, couper l'excédent de jambe. Pour éliminer les déconvenues de l'oxydation, il serait judicieux de noyer les 2 traversées dipôle + jambe dans par exemple, de l'époxy.

Pour la présentation finale, il y a des exemples dans les liens donnés.

Vu que le bêta match est symétrique et le câble coaxial asymétrique, en HF, il est de bon ton d'interposer un balun 1/1, 50 ohms, sinon en VHF, enrouler quelques spires pour former un choke, comme on dit en anglais, idem en UHF, en contrôlant au ROS mètre ou autre, ou bien utiliser une ou deux perles ou manchons ferrite de marque FAIR-RITE, type 43 en VHF et type 61 en UHF.

Ceci pour s'interposer aux courants de gaine, qui pourraient induire du ROS et déformer les patrons de rayonnement.

Le fabricant LAIRD produit également ce genre de ferrites : type 28A0807-0A2. Il faut un minimum de 500 ohm pour une certaine efficacité. Ca se place au plus proche de la connexion au dipôle.

	A	B	C	D	E	F	G
79							
80	fréquence :	145	MHz				
81	soit lambda=	2.07	m				
82	Z coaxial =	50	ohm				
83	impédance de l'antenne à accorder :			R=	24.9	-jX	-22.3
84	delta =	1.00					
85	(-Xa) hairpin	25.00	ohm				
86	Xl =	49.80	ohm	reactance bobine ou hairpin			
87	L =	0.0547	µH				
88	Z des deux branches du Hairpin :						
89	diam fil :		5	mm			
90	espace entre fils :		105	mm			
91	donc Z =	448	ohm				
92	longueur de l'épingle en degrés =		6.34	degrés			
93	longueur de l'épingle en cm =		3.65	cm			
94							
95							
96	toute proposition ou observation est à faire par mail					liondemer85	at yahoo.com
97							



## Autres solutions,

pour éviter les courants de mode commun, le sleeve balun, tel qu'utilisait **Tonna** : un manchon en métal, d'un quart d'onde  $\times 0.97$  environ. Le coaxial courant à l'intérieur, et fixé à une fiche femelle, dont la masse est reliée à la masse du boom. Représenté sur la photo en début d'article.

Il existe une autre solution comme présenté sur le site de DK7ZB,

Un couple de quarts d'onde 75 ohms en parallèle pour transformer 28 ohms en 50 ohms. En HF ce n'est pas trop difficile à réaliser, mais en VHF et UHF, c'est une autre paire de manches.

Plusieurs amateurs, pourtant éclairés, s'y sont cassé les dents, à cause d'une part, d'un coefficient de réduction incertain, et d'autre part, à cause des longueurs aux connexions du dipôle, qui interviennent également, dans l'affinement du ROS. Plus courtes sont les connexions, et plus égales et symétriques, mieux c'est.

NB : 1 – vu la configuration de ces dipôles Tonna, avec le support en plastique dont je ne connais pas les caractéristiques influençant le comportement en impédance, et vu que les logiciels basés sur la méthode des moments ne traitent pas directement ces bête match, il en ressort qu'il est difficile de les modéliser, avec MMANA, 4NEC2, EZnec, etc ...

Il est plus facile de recalculer ce genre de dipôle, comme décrit dans les pages citées.

2 - vu le nombre de pages ou de sites qui changent d'adresse ou bien disparaissent, il serait judicieux d'enregistrer les pages ou fichiers que vous avez consulté, et que vous désirez garder en mémoire, sur votre disque ou clé USB.

A ce sujet, pour ceux qui font des calculs importants et répétitifs très longs, telle l'optimisation d'antennes, il faut savoir que les disques durs à galette (HDD), sont remplacés par des disques mémoire (SSD), beaucoup plus rapides, sans comparaison commune, avec les anciens HDD.

3 – Le recalcul d'une antenne Tonna de ce type à, avec les petits supports de brins, est hasardeux à l'aide des programmes à base de NEC, sachant qu'il est nécessaire de calculer une correction de boom, (allongement des brins), lorsque l'espace entre le boom et la partie inférieure des brins, est inférieur à une demi-épaisseur de boom ...et encore, je ne développerai pas ici, la différence en boom carré et rond.

## Explications

Il se peut qu'il y ait des erreurs ou bien des lacunes dans cet article, mais vu, que j'ai tellement d'infos et d'idées en tête, que je trouve ça, presque normal ...

En dessous est mentionné mon mail afin de me faire connaître vos remarques ou suggestions. Mes 73 et bonne lecture.

Liondemer chez yahoo point com