

Adaptation d'impédance par stub, épingle, hairpin (F4DXU)

<http://pagesperso-orange.fr/F4DXU/>

Lorsque l'on réalise une antenne de type Yagi-Uda on constate que la valeur de la résistance de rayonnement peut baisser fortement lorsque l'on charge le dipôle avec des éléments parasites comme les directeurs et/ou les réflecteurs. C'est bon pour le champ rayonné mais pas pour l'adaptation d'impédance.

Il existe un système d'adaptation efficace et simple que l'on nomme habituellement « épingle, hairpin ou stub ». Ce système d'adaptation n'est possible que si l'aérien présente une impédance dont la partie réelle est inférieure à l'impédance de la ligne d'alimentation. La partie imaginaire, quant à elle, doit être capacitive, ce qui va dans le bon sens si l'on raccourci légèrement l'aérien.

Voici une méthode qui permet de déterminer les caractéristiques de l'épingle et de sa réactance.

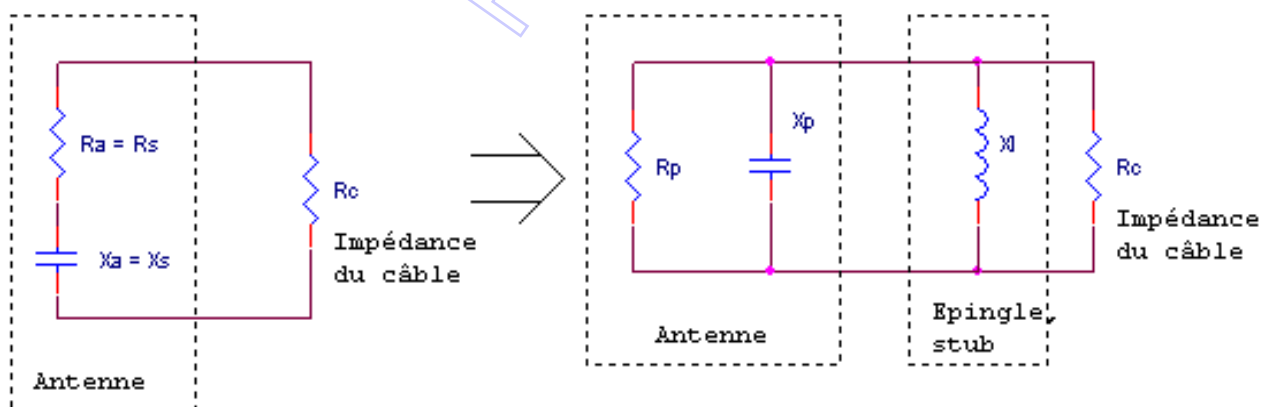


Schéma 1

Le schéma ci-dessus représente le modèle électronique et les composants constituant le dipôle légèrement raccourci soit R_a (résistance de rayonnement de l'antenne), X_a sa réactance capacitive. Ces éléments étant en série, ils seront renommés en $R_a = R_s$ et $X_a = X_s$. Par une transformation

mathématique simple il est possible de convertir ces éléments séries en éléments parallèles nommés R_p et X_p .

$$R_p = \frac{R_s^2 + X_s^2}{R_s} \text{ et } X_p = \frac{R_s^2 + X_s^2}{X_s} \text{ inversement}$$

$$R_s = \frac{R_p \cdot X_p^2}{R_p^2 + X_p^2} \text{ et } X_s = \frac{R_p^2 \cdot X_p}{R_p^2 + X_p^2}$$

Lorsque R_p et X_p sont calculés, il est facile de faire résonner l'antenne en mettant en parallèle à son point d'alimentation une réactance égale à X_p (schéma 3), mais de signe opposé donc selfique (l'épingle), $X_p = X_l$. La moitié du problème semble résolue mais ce serait le hasard si R_p était égale à R_c car cela dépend de R_a et X_a du départ donc du raccourcissement choisi de l'antenne. On constate rapidement qu'il peut y avoir un grand nombre d'ajustements de l'antenne pour qu'il y ait à la fois résonance et adaptation ! Heureusement, il y a un moyen simple de prédire les valeurs de R_a et X_a à donner à l'antenne pour obtenir à la fois l'adaptation et la résonance de l'aérien. Il suffit de calculer le ratio suivant :

$$\delta = \sqrt{\frac{R_c}{R_a} - 1} \quad (\delta: \text{delta}) \text{ en prenant soin de régler la longueur de l'antenne}$$

pour qu'elle soit légèrement capacitive et que R_a soit inférieur à R_c . Ces valeurs seront mesurées avec un analyseur d'antenne qui sera capable de donner la résistance (R_a) et la réactance (X_a) de l'antenne.

On peut ensuite calculer $X_s = \delta \cdot R_a$ et $X_l = \frac{R_c}{\delta}$, puis $L = \frac{X_l}{2 \cdot \pi \cdot F}$

Lorsque l'on connaît la valeur de l'inductance de l'épingle, il ne reste plus qu'à calculer sa géométrie.

Il faut tout d'abord déterminer l'impédance caractéristique de l'épingle :

$Z_0 = 276 \cdot \text{Log} \left(\frac{2 \cdot S}{d} \right)$ si elle est constituée par une ligne bifilaire en court-circuit ou par :

$Z_0 = 138 \cdot \text{Log} \left(\frac{D}{d} \right)$ si elle est constituée par un tronçon de câble coaxial en court-circuit.

La longueur en degré (l) de l'épingle se calcule de la manière suivante :

$$l = \arctg\left(\frac{Xl}{Z0}\right) \text{ et la longueur } (L) \text{ en mm : } L = \frac{l \cdot \lambda}{360} \quad \text{CQFD}$$

Pas de panique pour les équations, toutes les calculatrices modernes sont capables d'effectuer ces calculs à votre place.

Source : W4RNL

Que « Dame propag. » soit avec vous
Jean-Marc, F4DXU

F4DXU