

Le Lexique d'Oncle Oscar®

"C'est peut-être une bonne idée d'utiliser "Le Lexique d'Oncle Oscar®" pour communiquer au plus grand nombre des informations brèves mais utiles et des références à des études plus exhaustives ..." Francis FERON, F6AWN.

243/1: BÊTA MATCH

Parmi les dispositifs permettant d'adapter l'impédance présente au point d'alimentation d'une antenne Yagi à la valeur de l'impédance caractéristique de la ligne d'alimentation qui sera utilisée, le bêta match est peut-être l'un des moins connus et très probablement celui dont le fonctionnement est le moins bien compris.

DESCRIPTION PHYSIQUE

Le bêta match, encore appelé "épingle" à cause de sa forme très similaire à celle d'une épingle à cheveux, est tout simplement constitué d'une pièce conductrice ayant la forme d'un "U" dont les deux extrémités sont connectées aux pôles d'alimentation de l'antenne, l'élément alimenté, encore appelé radiateur, étant isolé en son centre (voir illustrations).

A première vue, une telle disposition inciterait à penser qu'il s'agit d'un court-circuit mais ce serait une erreur puisqu'en présence d'un courant alternatif haute fréquence, le U du bêta match constitue en fait une inductance. Il arrive d'ailleurs parfois qu'il soit réalisé sous forme d'un bobinage de quelques spires.

La brève description qui vient d'être donnée ci-dessus, complétée par les dessins en annexe, permet déjà de faire quelques remarques:

- l'élément alimenté de l'antenne (le radiateur) doit être isolé en son centre. C'est éventuellement une légère complication du point de vue de la réalisation mécanique.
- l'alimentation d'une antenne équipée d'un bêta match doit se faire de manière symétrique, soit par une ligne parallèle, soit par l'intermédiaire d'un balun (en tension ou en courant) si la ligne utilisée est un câble coaxial.

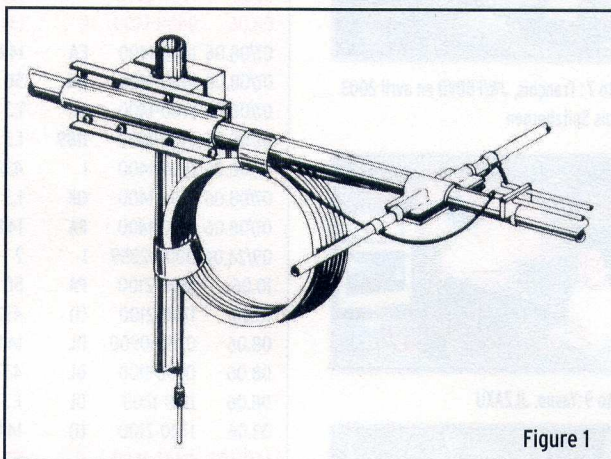


Figure 1

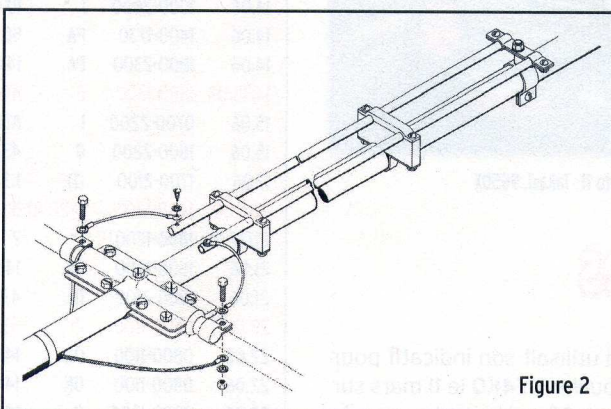


Figure 2

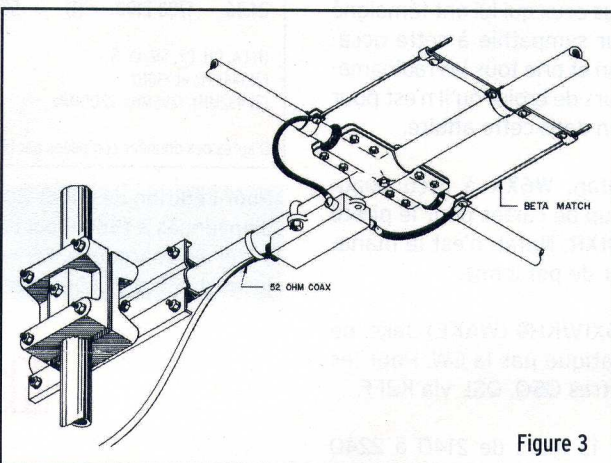


Figure 3

- si les deux points qui précèdent représentent des obstacles, mieux vaut alors s'orienter vers un système d'adaptation comme le gamma match qui permet d'alimenter un dipôle non coupé et monté directement sur le boom de l'antenne, tout en autorisant une alimentation asymétrique par un câble coaxial. Toutefois, l'expérience prouve qu'il est plus efficace d'utiliser un bêta match plutôt qu'un gamma match du point de vue de la bonne symétrie du diagramme de rayonnement produit. De par la forme et la disposition du bêta match, il apparaît facilement que l'antenne reste physiquement équilibrée et symétrique, ce qui n'est pas le cas avec un gamma match installé par nature de manière dissymétrique par rapport au boom.
- le point milieu du bêta match, en fait le milieu de la base du "U", est électriquement neutre et il est possible de fixer ce point directement sur le boom de l'antenne Yagi sans aucune isolation électrique (voir illustrations).

FONCTIONNEMENT ÉLECTRIQUE

Rappelons que le bêta match est un dispositif transformateur d'impédance. Une antenne Yagi classique, alimentée au centre de son élément radiateur, présente la plupart du temps et à la fréquence de résonance une impédance purement résistive assez faible (de 15 à 40 Ω environ). La fonction du bêta match consiste à remonter cette valeur à la valeur normalisée de l'impédance caractéristique du câble coaxial utilisé (généralement 50 Ω).

L'épingle (ou la petite bobine) est l'élément visible d'un circuit transformateur d'impédance classique appelé "réseau en L" qui, dans le cas qui nous intéresse, est constitué d'une self et d'un

condensateur. L'élément invisible, c'est-à-dire le condensateur, est en fait obtenu par l'intermédiaire du dipôle radiateur dont la longueur sera établie à une valeur légèrement inférieure à celle nécessaire pour obtenir la résonance à la fréquence de fonctionnement. Ce dipôle étant un peu court, l'impédance présente à son point d'alimentation devient légèrement réactive dans le sens capacitif.

Nous pouvons donc, à la lecture de ce qui précède et des illustrations en annexe, considérer que l'antenne légèrement raccourcie constitue un circuit RC série qui va se trouver mis en parallèle avec une self. Si le schéma est redessiné de telle sorte que le condensateur soit à l'horizontale, la représentation apparaît alors plus classique et montre un circuit d'adaptation en L constitué d'une self en parallèle avec l'impédance la plus grande et d'un condensateur en série avec l'impédance la plus petite.

CALCULS

Si la partie résistive de l'impédance de l'antenne et l'impédance caractéristique de la ligne d'alimentation sont connues, la valeur des réactances qui sont nécessaires pour effectuer la transformation peuvent être calculées :

$$X_a = -\sqrt{(R_a(Z_o - R_a))}$$

$$X_L = + (Z_o \cdot R_a) / |X_a|$$

Z_o : Impédance caractéristique de la ligne d'alimentation

R_a : Impédance résistive à la résonance de l'antenne

X_a : Réactance capacitive de l'antenne légèrement raccourcie

X_L : Réactance inductive de l'épingle ou de la self

D'un point de vue pratique, seule la valeur de X_L est intéressante afin d'envisager la construction de l'épingle du bêta match sans appareil de mesure, tandis que la capacité nécessaire sera simplement trouvée ensuite, l'épingle étant en place, par la diminution progressive de la longueur de l'élément radiateur jusqu'à l'adaptation souhaitée, vérifiable par la mesure du ROS.

Sachant que
 $X_L = 2 \cdot \Gamma \cdot F \cdot L$

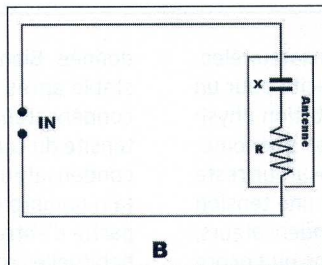
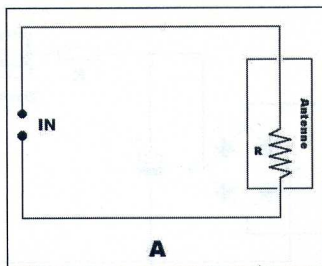
la valeur L de l'inductance à utiliser peut-être calculée. Si le bêta match utilise une petite self, les formules classiques en la matière permettront ensuite de dégrossir la construction de la bobine. Mais s'il s'agit d'utiliser une épingle, plutôt que d'essayer d'évaluer son inductance, une autre méthode est préférable et elle consiste à considérer l'épingle comme étant un morceau de ligne de transmission court-circuité à une extrémité.

Si nous divisons la réactance effective X_L du morceau de ligne à une fréquence donnée par l'impédance caractéristique Z_o de cette même ligne, nous obtenons une valeur X_p dite normalisée (comparée à une valeur unitaire).

Mais X_p peut aussi être exprimée sous la forme :

$$X_p = j \tan \varphi$$

avec φ représentant la longueur de la ligne exprimée en degrés, c'est à dire par rapport à 360°, ce qui correspond à une longueur d'onde



entière. La longueur de la ligne, exprimée en pourcentage de longueur d'onde, est alors égale à $\varphi / 360$.

EXEMPLE

Supposons une antenne Yagi monobande, utilisée à la résonance sur 14,0 MHz, et dont l'impédance au point d'alimentation est de $20 \Omega + j0 \Omega$. Nous souhaitons alimenter cette antenne par une ligne dont l'impédance caractéristique est de 52Ω . Le calcul est le suivant :

$$R_a = 20 \Omega$$

$$Z_o = 52 \Omega$$

$$X_a = \sqrt{(20(52 - 20))}$$

$$X_a = 25,3 \Omega$$

$$X_L = (52 \times 20) / 25,3$$

$$X_L = 41 \Omega$$

Supposons que l'épingle utilisée soit réalisée avec deux tubes parallèles de 6 mm de diamètre espacés de 40 mm. L'impédance caractéristique d'une telle ligne est d'environ 300Ω [Nota: la méthode de calcul de l'impédance caractéristique d'une ligne ouverte à air, accompagnée de quelques lignes de programmation en Basic, a déjà été développée dans MEGAHERTZ Magazine n° 196 de juillet 1999].

$$X_p = X_L / Z_o$$

$$X_p = 41 / 300$$

$$X_p = 0,137$$

$$\tan \theta = X_p$$

$$\tan \theta = 0,137$$

ce qui nous permet de déduire que l'angle φ dont la tangente est égale à 0,137 est de 7,8°. Nous avons vu précédemment ce que signifiait cet angle : il correspond à la longueur exprimée par rapport à la longueur d'onde, cette dernière étant représentée par un angle de 360°.

D'un point de vue pratique, une longueur en mètres serait plus parlante. Puisque l'antenne résonne sur 14,0 MHz, la longueur d'onde λ est de :

$$\lambda = 299,8 / 14$$

$$\lambda = 21,41 \text{ m}$$

Prenons aussi en compte le fait que, bien qu'isolée par de l'air, notre ligne réelle n'est pas parfaite et son coefficient de vélocité peut être estimé à 0,975. De ce qui précède, nous pouvons maintenant calculer la longueur physique L_p de notre ligne :

$$L_p = (7,8 / 360) \times 21,41 \times 0,975$$

$$L_p = 0,452 \text{ m soit } 45,2 \text{ cm.}$$

CONCLUSION

Le bêta match est un dispositif d'adaptation d'impédances très simple, facile à réaliser d'un point de vue mécanique et facile aussi à régler lorsque son mode de fonctionnement est bien compris. Il offre de plus l'avantage d'apporter très peu de pertes, de l'ordre de moins de 1 % s'il s'agit d'une bobine à air dont le coefficient de qualité Q est facilement supérieur à 100, et mieux encore s'il s'agit d'une épingle dont la réalisation mécanique et les connexions électriques sont soignées.

