

Questions pratiques sur les antennes

(1ère partie)

Mises à part quelques définitions, dans cette partie, seuls les éléments théoriques, absolument indispensables, seront évoqués au niveau le plus simple possible avec, si nécessaire, l'aide de tableaux.

Pour satisfaire néanmoins les lecteurs avertis des problèmes sur les antennes, un court rappel mathématique terminera l'article. Sa connaissance n'est pas indispensable.

A quoi sert une antenne ?

En émission, elle convertit le courant haute fréquence, généré par l'émetteur, en ondes électromagnétiques.

En réception, elle transforme les ondes électromagnétiques en courant haute fréquence, qui sera traité par la partie récepteur du TRX.

Cette dernière fonction est la plus importante dans une station. S'il est facile d'augmenter l'efficacité en émission, par l'insertion, entre le TX et l'antenne, d'un amplificateur, un préamplificateur d'antenne ne peut remplir la même démarche, car il amplifie dans un même rapport le signal et le bruit, si bien que le rapport : (Signal / Signal + Bruit) demeure le même.

La réduction du niveau du Bruit par rapport à celui du Signal exige l'exis-

L'objet de cet article est la connaissance pratique des antennes utilisées par les radioamateurs, particulièrement sur les ondes décamétriques, ondes affectées par la présence de la terre et celle des hommes.

tence, dans les étages du récepteur, d'un accroissement de leur sélectivité, de leur surtension, que l'antenne ne peut apporter que bien timidement, car ce n'est pas exactement son rôle !

Qu'appelle-t-on "antenne Doublet" ?

Très répandue dans le domaine de l'émission amateur, le DOUBLET est formé d'un conducteur filiforme, partagé en son milieu, pour en permettre l'alimentation (figure 1).

Désignations conventionnelles :

- sa longueur totale = l
- le diamètre de son conducteur = d

l ne doit pas être négligeable devant λ , la longueur d'onde de travail.

Bien que les deux extrémités de ses deux moitiés fassent penser à un circuit électrique ouvert, on peut constater qu'un courant HF (Haute Fréquence) parcourt le DOUBLET et que, par conséquent, il génère des ondes électromagnétiques.

En langage radioamateur, il "pompe" !

Comment circule le courant HF, dans un Doublet, de longueur totale inférieure à λ ?

La figure 2 montre, pendant chacune des alternances du courant

Fig. 1 : Configuration d'un Doublet.

Est-ce une antenne doublet ?

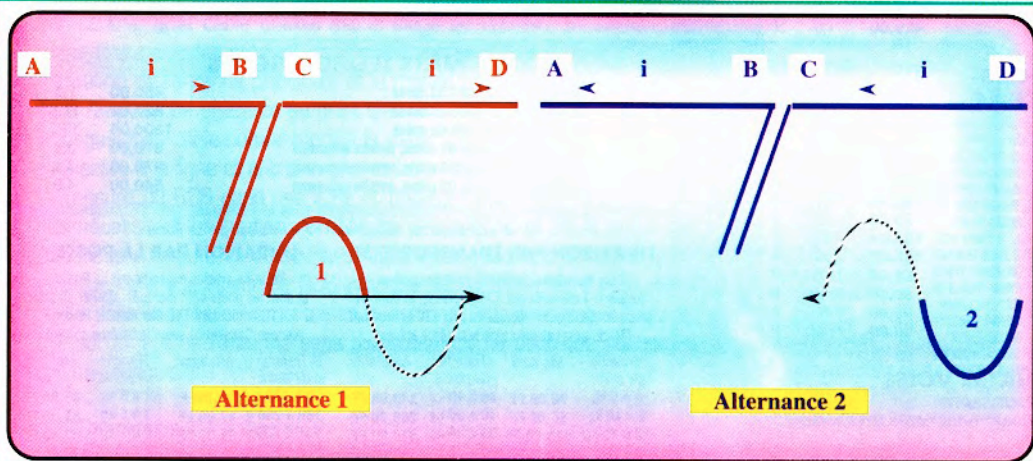
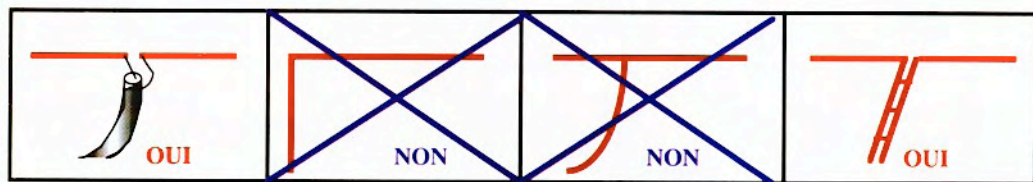


Fig. 2 : Sens du courant HF sur un Doublet, inférieur à λ .

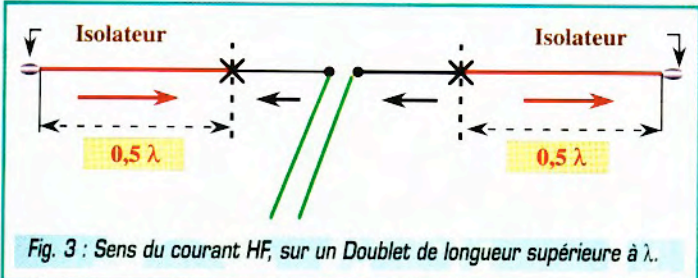


Fig. 3 : Sens du courant HF, sur un Doublet de longueur supérieure à λ.

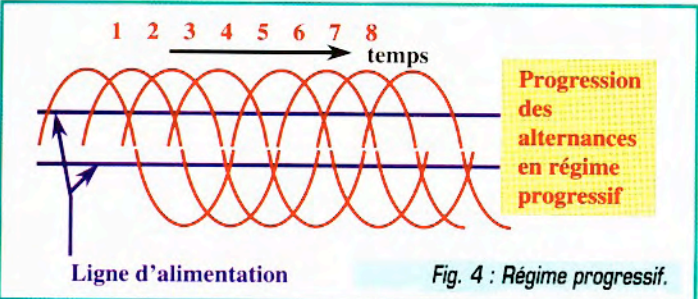


Fig. 4 : Régime progressif.

HF, le sens de l'intensité. Les alternances sont évidemment permutable, dans cette représentation. Pendant l'alternance n° 1, le courant HF va de A vers B et de C vers D. Pendant l'alternance n° 2, il va de B vers A et de D vers C.

Et si sa longueur dépasse une λ ?

Pendant une même alternance, le courant s'inverse, après avoir parcouru une demi-longueur d'onde, à partir de l'isolateur terminal (figure 3)

Comment se localise le courant HF, sur l'antenne ?

a)- Sur la ligne d'alimentation

Le courant transporte régulièrement l'énergie, du TRX vers le brin rayonnant. Ce régime est appelé "progressif" (figure 4). La crête occupe successivement TOUTES les positions, entre 1; 2; 3 etc ...

COMPLÉMENTS MATHÉMATIQUES :

En un point du doublet, d'abscisse x, le courant i(x) est :

$$i(x) = i_0 \sin \frac{2\pi(L-x)}{\pi}$$

Le courant i(0) désigne le courant au point d'alimentation. L est la longueur du doublet
 Un ventre est donc distant d'un nœud de λ / 4.
 En "espace libre", c'est-à-dire à une hauteur où l'induction de son image dans le sol est négligeable, un doublet filiforme et de faible diamètre par rapport à λ, présente :
 une résistance de 73,2 ohms & une réactance de 42,5 ohms inductifs
 Cette impédance Z s'écrit :
 $Z = 73,2 + j42,5$
 En fonction de ε, la constante diélectrique de l'isolant d'un coaxial homogène (entièrement rempli par son isolant), on trouve le coefficient de vitesse k par :

$$k = \frac{1}{\sqrt{\epsilon}}$$

pour le polyéthylène, ε = 2,3, d'où :
 $k = 1 / 1,517... = 0,659 \approx 0,66$

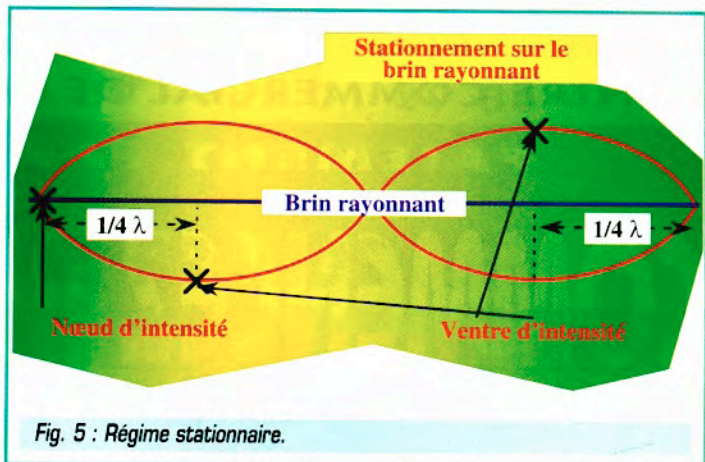


Fig. 5 : Régime stationnaire.

NOTA : Le terme habituellement employé "d'ondes progressives", pour le courant, peut causer une confusion avec celui "d'ondes électromagnétiques". Le mot "régime" supprime ce risque.

b)- Sur le brin rayonnant

Le courant "stationne", c'est-à-dire que, sur le fil, les minima d'intensité occupent une même place (nœuds d'intensité), tandis que les maxima d'intensité font de même (ventres d'intensité) (figure 5). Entre un nœud et un ventre d'intensité, on mesure un quart de longueur d'onde.

À suivre...

P. VILLEMAGNE, F9HJ

* Dessins de F9HJ

HF 2 éléments 10/15/20 mètres

2 850 FTTC
(franco de port)

Antenne F6GFL utilisant l'effet "couplage critique"

Type YAGI rotatif

<p>Puissance admise : 2 kW PEP</p> <p>Gain par rapport au dipôle : 9 dB</p> <p>Rapport latéral : 38 dB</p> <p>Longueur du boom : 3,50 m</p> <p>Longueur de l'élément le plus long : 5,50 m</p> <p>Tubes coniques de 32 mm au centre & 15 mm aux extrémités</p>	<p>AGRIMPEX</p>	<p>Résistance au vent : plus de 130 km/h</p> <p>Poids environ 12 kg</p> <p>Vis et écrous inox</p> <p>Grâce à son angle de tir très bas sur l'horizon (15°), cette antenne est supérieure en DX à une 3 éléments (à hauteur et puissance égales)</p>
--	------------------------	--

O - C - E
 4, Rue Enclos Fermaud - 34 000 MONTPELLIER
 Tél : 04 67 92 34 29 - F5UEO à votre service

Questions pratiques sur les antennes

(3ème partie)

Pour satisfaire néanmoins les lecteurs avertis des problèmes sur ces antennes, quelques "Compléments mathématiques" se trouveront à la fin de chaque paragraphe. Leur connaissance n'est pas absolument indispensable, pour la compréhension du texte.

Comment varie l'impédance Z , au centre d'un doublet horizontal de longueur l ?

De nombreux paramètres influent sur cette impédance, notamment, son mode vibratoire (1/2 onde, 3/2 ondes, 5 demi-ondes, etc.), sa longueur l (en fonction des fréquences de résonance F , F' , F'' , etc.), le diamètre d du fil du brin rayonnant, (en fonction de la longueur du doublet), sa hauteur par rapport au sol, sa configuration (rectiligne, "V" inversé...).

Pour préciser une telle situation, en présence d'autant de variables, commençons par prendre un exemple numérique, celui de la figure n° 8. Nous appellerons "spirale" cette courbe, bien que, mathématiquement parlant, elle n'en soit pas une. Mais cela va nous simplifier le vocabulaire!

Repérons, sur la figure, l'axe horizontal Ox (des abscisses) en bleu, qui porte les résistances (X comme dans l'écriture d'une impédance). Sa graduation, à gauche, commence à zéro ohm.

L'axe vertical (des ordonnées) en rouge, porte, sous l'axe ci-dessus, les réactances capacitives, (analogues à celles créées par un condensateur, lorsqu'un courant alternatif le traverse), et qui s'écrivent précédées de l'indicateur (-j).

L'objet des articles de cette série est la connaissance pratique des antennes utilisées par les radioamateurs, particulièrement sur les ondes décamétriques. Mises à part quelques définitions, dans cette partie, seuls quelques éléments théoriques, absolument indispensables, seront évoqués au niveau le plus simple possible avec, si nécessaire, l'aide de tableaux.

Au-dessus de l'axe horizontal, après avoir franchi l'axe des Résistances au point O , l'axe vertical devient celui des réactances inductives, (analogues à celles créées par une self, lorsqu'un courant alternatif la traverse), et qui s'écrivent précédées de l'indicateur (+j).

Les signes "+" et "-" qui précèdent la lettre "j" ne désignent pas une addition ou une soustraction. Ils indiquent seulement, conventionnellement, le type, donc l'origine de la réactance.

Exemples : +j 30 ==> 30 ohms inductifs -j 75 ==> 75 ohms capacitifs
+j 30 désigne un nombre complexe, de l'ensemble C des Complexes. Il en est de même pour -j 75.

Ne pas les confondre avec les nombres réels, de l'ensemble R des Réels, utilisés pour les ohms résistifs.

Exemple : 30 Ω ==> 30 ohms résistifs

La connaissance de la valeur des ohms résistifs et de celle des ohms réactifs permet de déterminer, sur le plan de la figure n° 8, une impédance et une seule.

Exemples : $Z_p = 80 \Omega + j 90$ $Z_q = 150 \Omega - j 110$

Quand une antenne entre-t-elle en résonance ?

On voit la "spirale" couper l'axe Ox des Résistances, en plusieurs points r_1 ; r_2 ; r_3 (à gauche du centre de la spirale). & a_2 ; a_1 ... etc. (à droite du centre de la spirale).

Pour les doublets qui font l'objet de cette étude, nous ne nous intéresserons qu'aux RÉSONANCES, car leurs impédances ont des résistances de faible valeur, et sont donc plus faciles à adapter aux coaxiaux standards.

Comme ces points sont situés sur l'axe des Résistances, leur impédance Z comporte une réactance nulle, que l'on note toujours conventionnellement (+j 0). On écrira, par exemple :

$Z(r_1) = 60 \text{ ohms} + j 0$ $Z(r_2) = 105 \text{ ohms} + j 0$
 $Z(a_2) = 450 \text{ ohms} + j 0$ $Z(a_1) = 700 \text{ ohms} + j 0$

Les points r_1 , r_2 , r_3 se trouvent au passage d'une réactance capa-

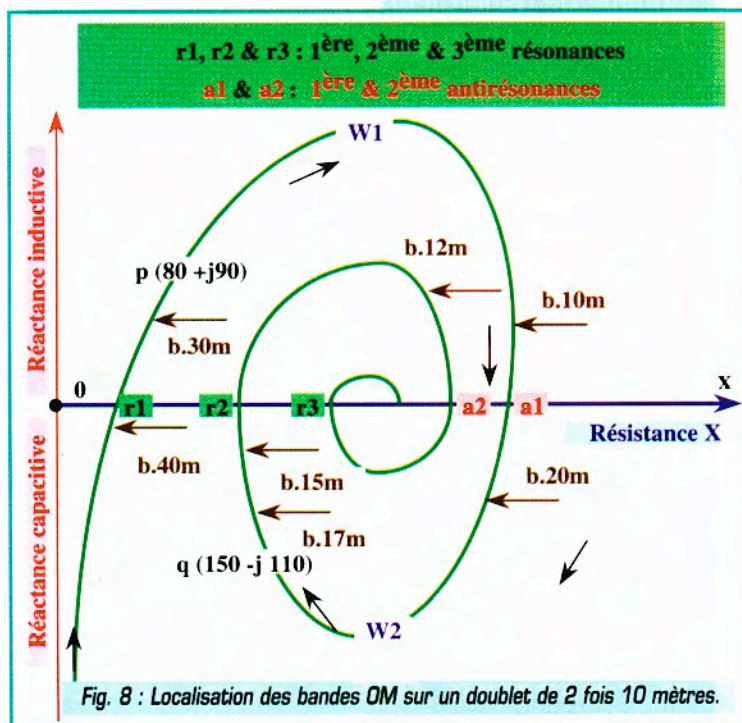


Fig. 8 : Localisation des bandes OM sur un doublet de 2 fois 10 mètres.

citive à une réactance inductive : leurs valeurs résistives vont en croissant. Elles positionnent des points de résonance. Les points a2, a1 se trouvent lorsque l'on passe d'une réactance inductive à une réactance capacitive. Leurs valeurs résistives vont en décroissant. Elles positionnent des points d'antirésonance.

RAPPEL

Une ANTENNE entre en résonance (ou en antirésonance) quand sa RÉACTANCE est nulle.

Réciproquement, si l'on annule artificiellement la réactance d'une antenne, celle-ci entre en résonance.

Sur la figure 8, les flèches et les nombres de couleur marron indiquent approximativement les positions des bandes radioamateur, sur un doublet de 20 mètres de longueur totale.

On voit qu'un tel doublet va pouvoir être facilement adapté (en modifiant légèrement sa longueur), pour résonner sur la bande des 40 mètres (b.40 m) et celle des 15 mètres (b. 15 m).

Le mode d'adaptation, par modification des longueurs des 2 demi-brins rayonnants, a été suggéré dans le précédent article.

La figure n° 9 montre, de part et d'autre de l'axe des résistances, les zones utilisables directement sans adaptation. Le rectangle central (en jaune) peut être dilaté vers le haut et vers le bas, en utilisant un coupleur d'antenne.

Les tracés de ces "spiralettes" et les indications chiffrées ne peuvent être qu'approximatives, car leurs tracés et leurs dimensions varient suivant les nombreux paramètres, évoqués plus haut.

Un doublet peut-il "travailler" sur plusieurs bandes RA ?

En choisissant certaines longueurs, comme une longueur voisine de 20 mètres (Figure n° 8), on peut, moyennant un ROS acceptable, obtenir une faible réactance sur plusieurs bandes radioamateur.

Au prix d'un montage différent, la sortie peut se faire d'une façon symétrique. On utilise alors, au lieu d'un coaxial, une ligne symétrique qui peut être une "échelle" (avec ou sans grenouille !) ou un twin-lead.

Comment un coaxial agit sur l'impédance du centre d'un doublet demi-onde ?

La figure n° 10 montre, par un exemple, comment :

- le câble coaxial (ou la ligne à fils parallèles)
- un coupleur d'antenne

interviennent à la façon de deux transformateurs HF d'impédances successifs, connectés en série, dans l'alimentation d'un doublet.

Considérons la figure n° 10, schéma d'un doublet très désadapté (réactance = -j 90 ohms), alimenté par un coaxial AB, chargé par l'entrée B d'un coupleur.

Ce coupleur sort en C, sur le 1er étage HF du TRX. (Nous négligeons le court morceau de coaxial entre le coupleur et le TRX).

Faisons correspondre, dans le tableau ci-dessous, la position du point de la mesure, sur la ligne d'alimentation du doublet, et l'impédance mesurée, par rapport au potentiel de la terre :

Position	Impédance
A	55 - j 90
B	32 + j 70
C	50 + j 0

À suivre...

P. VILLEMAGNE, F9HJ

* Dessins de F9HJ

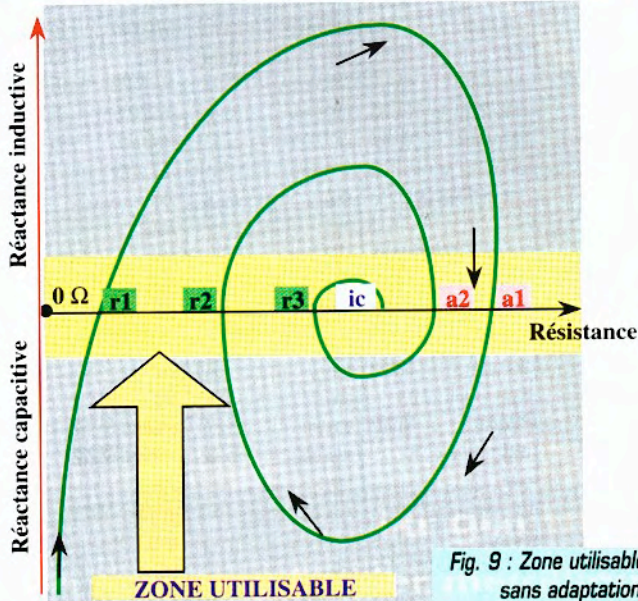


Fig. 9 : Zone utilisable sans adaptation.

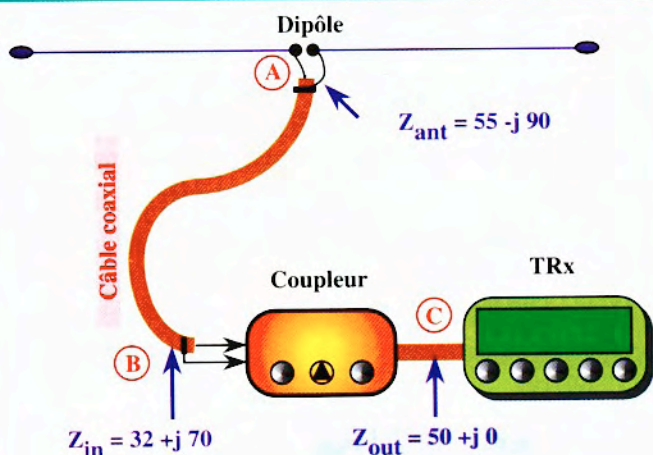
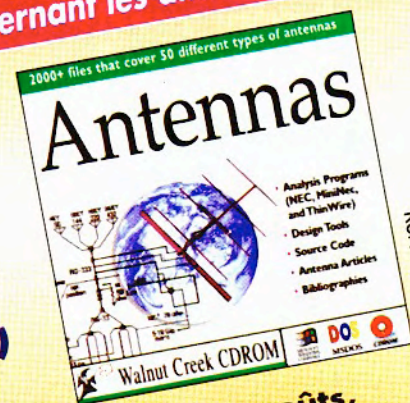


Fig. 10 : Rôle d'un coupleur d'antenne.

Tout ce qui existe en matière de logiciels (freeware et shareware), concernant les antennes !

Prix :

210FF
+ port 20F
(32,01€
+ port 3,05€)



Ref: CD016

Il y en a pour tous les goûts, du simple dipôle à la parabole, des antennes HF aux antennes SHF. A posséder impérativement !

Questions pratiques sur les antennes

(5ème partie)

QUELLE DISTANCE MAXIMALE PEUT ÊTRE PARCOURUE PAR UNE ONDE DÉCAMÉTRIQUE ISSUE D'UN DOUBLET DEMI-ONDE HORIZONTAL ?

- LES ONDES DE SOL

On appelle ainsi les ondes qui se propagent en restant près de la surface de la Terre. Elles y subissent très vite une forte absorption et ce, d'autant plus que leur fréquence est élevée. Bien entendu, le profil du relief entre l'antenne d'émission et celle de réception est déterminant.

Voici, en fonction de la bande, quelques espérances de distances de propagation :

Bandes	des 80 mètres	des 40 mètres	des 30 mètres
Distances	100 km	75 km	50 km

On voit le peu d'efficacité de l'onde de sol, sur les fréquences décimétriques (Fréquences de 3 à 30 MHz).

- LA PROPAGATION DANS L'IONOSPHERE

En s'éloignant de la surface de la Terre et jusqu'à 420 km environ, la densité de l'air diminue, les molécules des gaz s'éloignent les unes des autres; l'action des rayons ultraviolets solaires arrache les électrons superficiels des atomes.

Ces électrons errent librement, d'une manière anarchique. Leurs atomes d'origine ne sont plus neutres, électriquement parlant, et deviennent positifs.

Ce désordre électrique persiste même pendant la nuit, lorsque le Soleil est couché au-dessus de cette zone.

Une onde, issue du sol, peut, suivant ses caractéristiques (notamment sa fréquence et l'angle suivant lequel elle pénètre dans les couches ionosphériques) :

- les traverser totalement, comme, par exemple, les ondes UHF ;
- être réfléchi vers le sol, suivant un certain angle. (fig. 13).

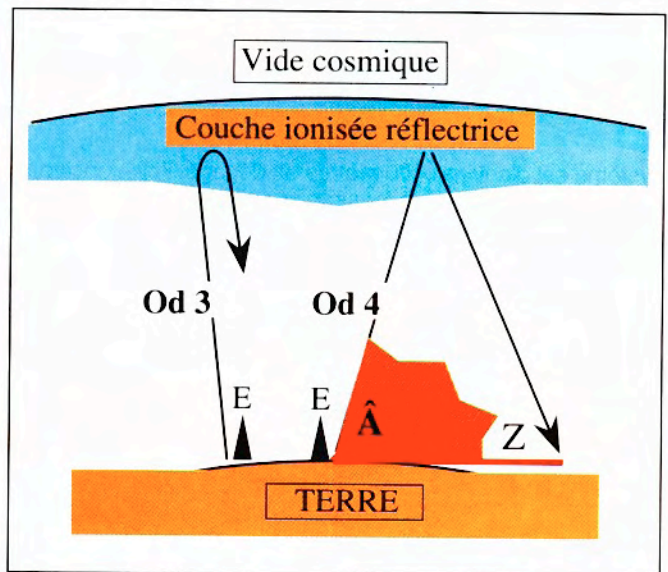
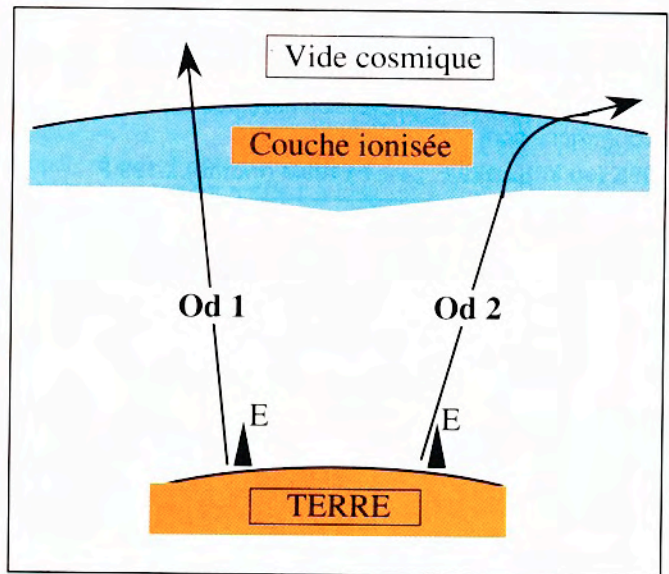
- LES COUCHES IONISÉES

De cette étude complexe, nous retiendrons :

- entre 60 et 92 km d'altitude, la couche "D", avec une ionisation maximale aux environs de midi. Les ondes des bandes basses (80m & 40m) sont rapidement amorties quand elles doivent traverser longtemps cette couche, à cause d'un faible angle de tir (angle de l'onde avec l'horizontale). La couche "D", (et les ennuis qu'elle cause !) disparaît à la tombée de la nuit.

- entre 100 et 115 km, l'activité de la couche "E" décroît vite, du coucher du Soleil jusqu'à minuit, pour s'amplifier au lever du Soleil.

- entre 160 et 420 km, s'étendent, pendant la journée, deux couches "F", la "F1" plus proche de la Terre, la "F2" la plus éloignée. "F1" et "F2" fusionnent pendant la nuit, pour don-



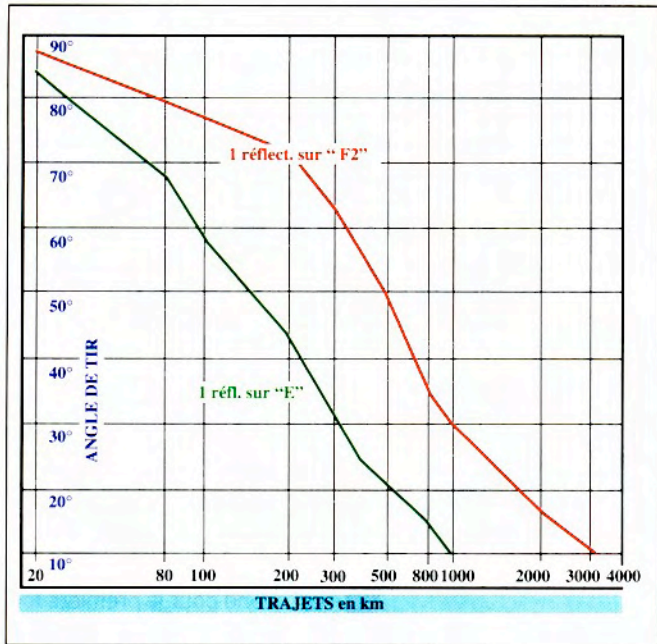


Figure 5c - Distances parcourues, en fonction de l'angle de tir.

ner la couche "F", la plus importante pour le trafic radioamateur en ondes décimétriques.

Suivant les caractéristiques de l'onde et les altitudes des couches, l'onde peut traverser directement la couche ionisée (Onde Od 1, qui pourrait être, par exemple, une onde UHF à destination d'un satellite géostationnaire), ou bien sortir de la couche après réflexions (Onde Od 2).

La figure 5a montre ces deux cas. Sur le sol, E désigne l'antenne d'émission. Les signaux transportés par Od 1 et Od 2 sont perdus.

La figure 5b expose les chemins des ondes utiles, celui d'Od 3, pour une propagation limitée autour de E, et surtout celui d'Od 4, pour une propagation à longue distance. La première réflexion sur le sol aura lieu au point Z. C'est l'angle de tir \hat{A} qui détermine la distance EZ, rayon d'un disque de centre E, appelé "Zone de silence", sur laquelle la réception est aléatoire, à niveau très variable affecté par le QSB. Dans le récepteur, ce dernier est combattu par un montage, le CAG (Contrôle Automatique de Gain).

- RÉFLEXIONS MULTIPLES

L'onde Od 4, parvenue en Z, au contact du sol, peut s'y réfléchir et entreprendre un second voyage Terre-ionosphère.

Une seconde réflexion sur la Terre atténue la force de l'onde, mais, lorsque les conditions de propagation sont favorables, les réflexions multiples permettent aux ondes décimétriques de très longues portées.

- DISTANCES PARCOURUES EN FONCTION DES ANGLES DE TIR

La figure 5c donne, pour des conditions optimales d'émission, les distances maximales parcourues :

- après une réflexion sur la couche "E", à l'altitude moyenne de 105 km,
- après une réflexion sur la couche "F 2", à l'altitude moyenne de 320 km.

Nous voyons, qu'au plus fort d'une propagation sur la couche "E", une portée de 300 km est obtenue avec un angle de tir de 33°.

Si la réflexion ionosphérique sur la couche "F 2" est possible, on peut obtenir :

- 1 000 km avec un angle de tir de 30°
- 2 000 km avec un angle de tir de 17°
- 3 000 km avec un angle de tir d'un peu plus de 10°.

- RÉCAPITULATION POUR LE DOUBLET DEMI-ONDE

Portées	0 à 260 km	260 à 600 km	600 à 1000 km	1000 à 1500 km
Angles de tir	90 à 55°	60 à 25°	40 à 20°	35 à 15°
Rapport h/λ	1/4	3/8	1/2	5/8

Le Rapport h/λ est celui de h, la hauteur du doublet, par rapport au sol, divisée par la longueur d'onde λ , exprimées en mètres.

Exemple

Doublet demi-onde pour la bande des 40 mètres, portée jusqu'à 600 km maxi :

$$h/40 = 3/8 \quad \Rightarrow \quad h = 15 \text{ mètres}$$

Nous reviendrons sur ces paramètres, vu l'importance de ce type d'aérien dans les installations des radioamateurs.

A suivre...

Questions pratiques sur les antennes

(6ème partie)

À QUELLE HAUTEUR FAUT-IL PLACER UN DOUBLET DEMI-ONDE ?

Beaucoup d'OM pensent que, plus une antenne est élevée au-dessus du sol, plus elle est efficace. Pourtant, ce n'est pas toujours vrai, même si l'on ne tient pas compte des pertes dues à une plus grande longueur du câble coaxial, par exemple.

- LES DEUX ONDES ÉMISES

Observons attentivement la figure n° 5d. Imaginons un dipôle demi-onde qui perce perpendiculairement la feuille de la revue, au point (A). La terre fournit à ce dipôle une image, en (I).

Ce point (I) est symétrique par rapport au plan du sol électrique, représenté par une droite horizontale verte. On remarquera, au passage, que ce sol ne correspond pas au sol réel. Il est plus ou moins enterré suivant l'humidité de la terre, au voisinage de l'antenne.

Le dipôle (A) rayonne dans le plan du dessin, à la façon des rayons d'une roue de bicyclette.

Parmi ces directions, choisissons, dans le plan du dessin également, celui d'une onde directe, le long du vecteur (AC'), en rouge, qui fait, avec l'horizontale, un angle α .

Considérons maintenant une autre onde AR (en bleu), qui va en direction du sol. En (R), elle se réfléchit sur le sol électrique,

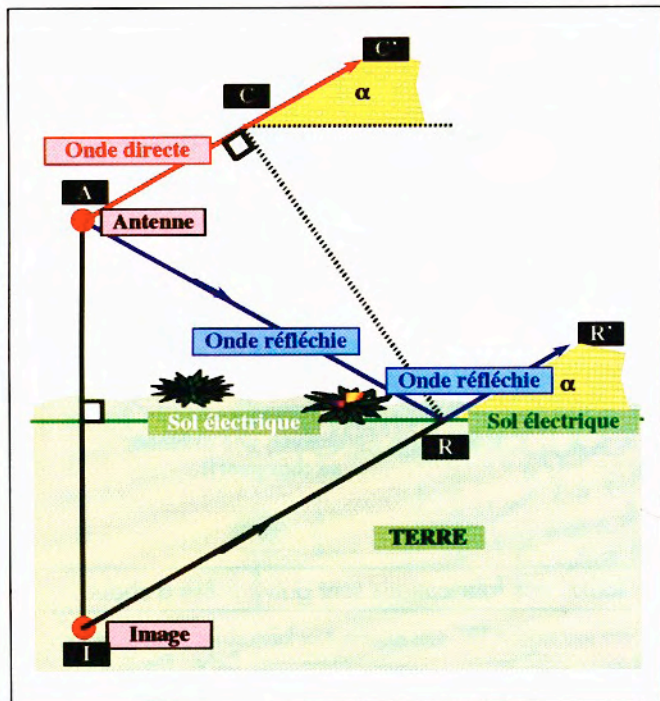


Figure 5d - Ondes directe et réfléchie.

comme le ferait un rayon lumineux sur un miroir, elle prend alors la direction du ciel, selon RR'.

Puisque les points (A) et (I) sont symétriques par rapport au sol électrique, le triangle ARI, de sommet (R), de base AI, est isocèle.

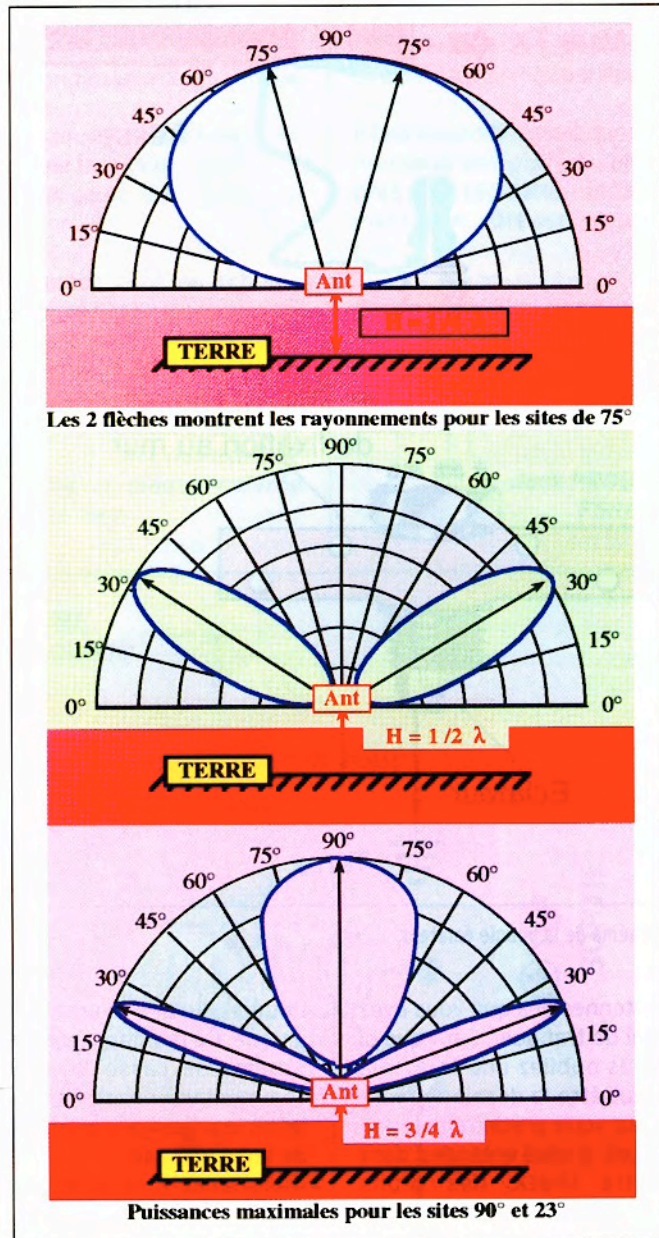


Figure 5e - Le diagramme de rayonnement vertical varie suivant la hauteur du dipôle demi-onde (L'axe du dipôle est perpendiculaire à la feuille).

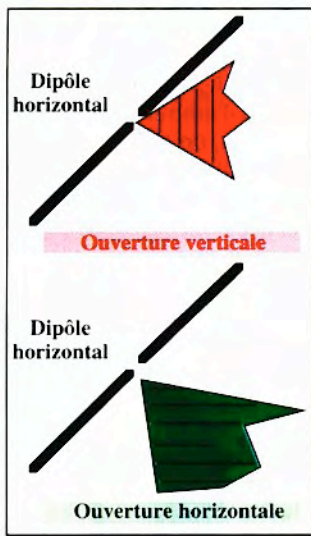


Figure 5f - Les deux angles d'ouverture.

nous voyons que cette dernière a du retard, elle doit parcourir le chemin AR, forcément plus long que le trajet AC, car le triangle ARC est rectangle en (C) et AR est son hypoténuse ! Le décalage, que nous appellerons "déphasage", est égal au temps que met l'onde, pour parcourir une distance L, telle que :

$$L = AR - AC$$

Cette distance L dépend de l'angle α choisi, et de la hauteur de (A), donc de l'antenne, au-dessus du sol électrique.

Deux valeurs de L sont particulièrement intéressantes :

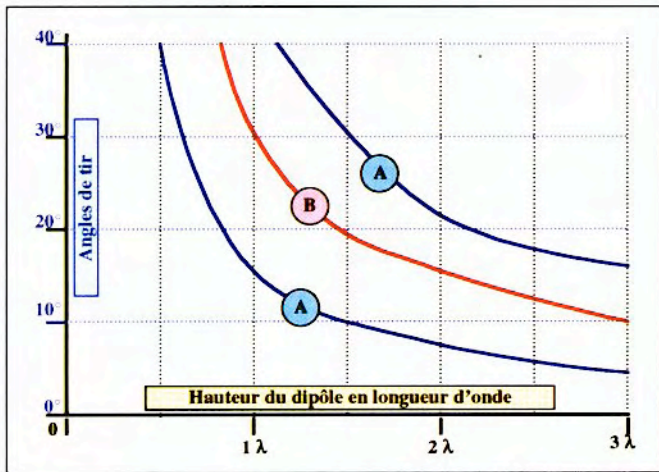


Figure 5g - Influence de la polarisation du doublet.

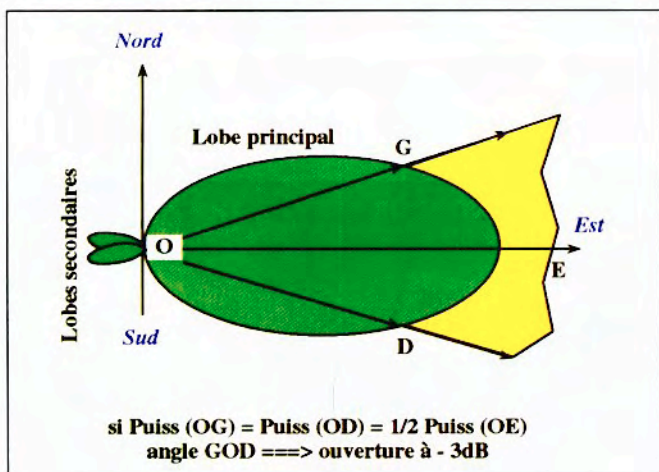


Figure 5h - Ouverture "à moins 3 dB".

Ses côtés AR et IR ont une même longueur. Tout se passe comme si l'onde réfléchie émanait, non pas de l'antenne (A), mais de son image (I) dans la terre.

Abaissons la perpendiculaire RC sur le vecteur AC'. Les deux vecteurs CC' et RR' sont parallèles et ont un même module (on les dit équipolents, en mathématique!). On a longueur CC' = longueur RR'

Courage ! le cours de math n'a plus que quelques secondes à vivre...

Si l'on considère : (C), comme le point de départ sur l'onde directe, (R), comme le point de départ sur l'onde réfléchie,

1)- L est égale à une longueur d'onde ou à un de ses multiples : Le déphasage est nul. Au point (R), on trouve une tension et une intensité instantanées, égales à celles présentes en (C). Les deux puissances apparentes transportées par l'onde directe selon CC' et par l'onde réfléchie selon RR' s'additionnent. L'angle α devient alors celui de la direction optimale quant au rayonnement vertical perpendiculairement à l'axe du dipôle. Cet angle α est appelé angle de tir.

Il correspond à la bissectrice du lobe principal du rayonnement vertical.

2)- L est égale à une demi-longueur d'onde ou à un de ses multiples impairs :

Le déphasage est de 180° . Simultanément, les tensions et les intensités présentes en (C) et en (R) sont opposées (mêmes valeurs absolues, mais tensions par rapport à la terre de signes contraires, et intensités de sens contraires).

Les rayonnements dans les directions CC' et RR' s'annulent. La puissance apparente selon l'angle α est alors théoriquement nulle.

- LES DIAGRAMMES VERTICAUX CORRESPONDANTS

L'exposé précédent se concrétise par un diagramme de rayonnement vertical.

Imaginons que l'on reporte sur un demi-cercle gradué en degrés, (disposé perpendiculairement au milieu du dipôle), les puissances suivant des angles α choisis.

La figure n° 5e montre les dessins des surfaces obtenues (courbes en bleu).

Ces surfaces, appelées lobes, sont en nombres variables et de formes variables, selon la hauteur H, entre l'axe du dipôle et la terre.

Trois cas théoriques (le sol étant considéré parfaitement conducteur) sont représentés :

* H = un quart de longueur d'onde

Un seul lobe avec un angle de tir α égal à 90°

* H = une demi-onde

Deux lobes symétriques avec un angle de tir α légèrement supérieur à 30° .

* H = trois quarts d'onde

Trois lobes avec des angles de tir α de 90° , et de 23° environ.

- INFLUENCE DE LA POLARISATION DU DIPÔLE

En ondes décamétriques, un dipôle peut être polarisé de deux manières différentes.

Par convention, sa polarisation se définit suivant la direction du champ électrique de l'onde électromagnétique, laquelle est parallèle à l'axe du dipôle.

Ainsi un dipôle contenu dans un plan horizontal est polarisé horizontalement, et réciproquement.

- LES 2 ANGLES D'OUVERTURE D'UN DIPÔLE

A l'ouverture verticale (caractérisée par un certain nombre de degrés entre deux sites) d'un dipôle demi-onde disposé horizontalement, s'ajoute une ouverture horizontale (caractérisée par un certain nombre de degrés entre deux azimuts (Figure n° 5f).

Cet angle dépend de la hauteur (qui, comme précédemment modifie la forme des lobes), mais surtout de l'orientation du dipôle, d'où la création des antennes directives, grâce auxquelles on peut modifier cette orientation.

Dans une antenne directive, des éléments passifs ou actifs sont ajoutés pour obtenir un rayonnement maximal parallèle au boom (charpente qui les soutient).

Ces éléments peuvent être des dipôles (Yagi, HB9CV, Log-Périodique, WBJK, etc...) ou des triangles (Delta-Loop), ou des carreaux (Quad-Loop).

Ils modifient les 2 ouvertures, permettant d'en réduire les angles et, ainsi, de concentrer le rayonnement dans une direction, pour augmenter le gain.

- IMPORTANCE DE LA POLARISATION DU DIPÔLE

Si l'on fait tourner, dans l'espace, de 90°, autour de son boom, une directive, on change sa polarisation, sans faire varier la direction de rayonnement maximal.

Il y a alors permutation des 2 angles d'ouverture : une polarisation horizontale devient verticale, et réciproquement.

Les angles de tir sont modifiés et l'on peut ainsi, en DX, parcourir des distances différentes depuis le QTH, puisque celles-ci dépendent de ces angles, simplement en changeant de polarisation.

La figure n° 5g illustre ce phénomène et mérite toute notre attention. Les courbes font correspondre les angles de tir, en degrés, et les hauteurs du dipôle, en l par rapport au sol.

Les courbes bleues, repérées par (A), sont celles obtenues avec une polarisation horizontale.

Les courbes rouges, repérées par (B), sont celles obtenues avec une polarisation verticale.

On voit que, à 1 longueur d'onde de hauteur, un même dipôle demi-onde donne un angle de tir de 15°, s'il est en polarisation horizontale, et un angle de tir de 30° s'il est polarisé verticalement.

On voit également que, à 1,5 longueur d'onde de hauteur, à cause des lobes, une polarisation horizontale fournit deux angles de tir, aux environs de 10° et de 30°. La polarisation verticale ne peut donner qu'un angle de 18°.

Pour une même hauteur, les puissances maximales obtenues en polarisation horizontale deviennent minimales en polarisation verticale, et réciproquement.

Pour exploiter les deux polarisations, il faudrait, mécaniquement, pouvoir faire tourner une directive d'un quart de tour, autour de son boom, comme le suggérait JOHN KRAUS, dans un article sur sa fameuse antenne, la W8JK.

QUELQUES VALEURS PRATIQUES D'ANGLES DE TIR

A la fin de cet exposé, voici quelques valeurs pratiques d'angles de tir :

Angle de tir optimum d'un dipôle demi-onde pour le DX

BANDE	40 mètres	30 mètres	20 mètres	17 mètres	15 mètres	de 12 à 10 mètres	
ANGLE	10° à 35°	8° à 26°	6° à 17°	5° à 12°	4° à 11°	3° à 9°	

(1er Lobe)

Angle de tir (*) optimum d'une directive Yagi tribande

(Bandes des 10 m - 15 m - 20 m)

Hauteur en mètres	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18	19,5
-------------------	---	------	----	------	----	------	----	------

Angles de tir

Bande des 10 m	17°	15°	12°	11°	10°	9°	8°	7,5°
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	------

Angles de tir

Bande des 15 m	23°	19°	17°	15°	13,5°	12,5°	11°	10,5°
----------------	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-----	-------

Angles de tir

Bande des 20 m	35°	30°	26°	23,5°	20,5°	18,5°	17°	15,5°
----------------	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-----	-------

Angle de tir (*) optimum d'une directive Yagi tribande

(Bandes des 12 m - 17 m)

Hauteur en mètres	9	10,5	12	13,5	15	16,5	18	19,5
-------------------	---	------	----	------	----	------	----	------

Angles de tir

Bande des 12 m	19°	16,5°	14°	12,5°	11,5°	10°	9,5°	8,5°
----------------	-----	-------	-----	-------	-------	-----	------	------

Angles de tir

Bande des 17 m	27°	22,5°	19,5°	17,5°	15,5°	14°	13°	12°
----------------	-----	-------	-------	-------	-------	-----	-----	-----

(*) Les angles de ces deux tableaux sont arrondis au demi-degré le plus proche.

COMPLÉMENTS MATHÉMATIQUES

À L'ATTENTION DES OM AVERTIS

- Les données et les résultats des calculs ne sont considérés comme parfaitement valables que dans la zone de champ lointain.

Cette zone dépend de la plus grande longueur de l'aérien ; elle est estimée entre 5 et 10 fois la longueur d'onde.

- L'unité de champ électrique E est le volt par mètre (V / m).

L'unité de champ magnétique H est l'ampère par mètre (A / m). Dans la zone de champ lointain, on a toujours l'impédance intrinsèque du vide = E / H = 120 p, soit 377 ohms réels.

- Le rayonnement d'un aérien, dans une direction donnée, est défini par la force cymométrique (f.c.m.), quand l'antenne est alimentée par une certaine puissance P.

Si P = 1 kW, la force cymométrique est intrinsèque, c'est la f.c.m.s.)

Exemple : Une f.c.m. de 250 volts produit, à 1 km de l'antenne d'émission, un champ de :

$$\frac{250 \text{ volts}}{1000 \text{ mètres}} = 250 \text{ mV / m}$$

Cette tension est mesurée sur un fil de 1 mètre.

- Angle d'ouverture à - 3 dB

Exemple : La FIG n° 5 H montre le diagramme de rayonnement (ou diagramme de directivité) d'une antenne directive Yagi, en position horizontale. Ses éléments sont contenus dans un plan horizontal. Elle est orientée vers l'Est. On y distingue le lobe principal qui a pour bissectrice OE, et deux petits lobes secondaires, d'importance négligeable, (en vert, sur le dessin).

Le rapport logarithmique -3 dB, lorsqu'il est appliqué à une puissance, la divise par 2. On dit que l'angle d'ouverture est de "-3 dB".

Supposons une puissance maximale de 100 watts, rayonnée selon OĒ. On mesure selon OĜ ou OD, une puissance rayonnée de 50 watts. Voici les azimuts :

$$\text{OĜ} = 75^\circ \quad \text{OĒ} = 90^\circ \quad \text{OD} = 105^\circ$$

L'angle d'ouverture à - 3 dB mesure : $105^\circ - 75^\circ = 30^\circ$

Pour tous azimuts, compris entre 75° et 105°, la puissance rayonnée sera comprise entre 100 watts et 50 watts.

Notons que la valeur - 3 dB est standard et que d'autres sont possibles, à condition qu'elles soient précisées.

Remarquons enfin qu'il existe pour cette Yagi, un angle d'ouverture vertical, le vecteur OĜ prend la direction de ciel et le vecteur OD, celle du sol (revoir la figure 5d).

BIBLIOGRAPHIE

The ARRL Antenna book 1988

The ARRL Handbook 1988

The W8JK Antenna : Recap and Update 1982

Yagi Antenna Design, Lawson 1968

A suivre...

Pierre VILLEMAGNE, F9HJ

THE ARRL HANDBOOK EDITION 99

340F + port 35F

51,83€

Réf.: EU16-99

THE ARRL ANTENNA BOOK

310F + port 35F

47,26€

Réf.: EU12-18

Utilisez le bon de commande MEGAHERTZ

Questions pratiques sur les antennes

(9ème partie)

Principe et réalisation d'un balun à air

Le balun transforme un signal asymétrique en un signal symétrique, ou réciproquement, un signal symétrique en un signal asymétrique.

D'où son nom, à partir des abréviations anglo-saxonnes : Balanced- Unbalanced.

A)- COMMENT PEUT-ON PARVENIR À CE RÉSULTAT ?

La figure 1 représente le schéma d'un balun, placé au centre d'un dipôle, entre les points P et Q. Trois enroulements, effectués 3 fils en main, sont réalisés en spires jointives, ce qui permet d'obtenir un maximum de capacité entre les spires de chacun des enroulements.

Nous nommerons ces enroulements par leurs extrémités, soit enroulement (1*2), enroulement (3*4) et enroulement (5*6). Sous le schéma, il est rappelé que (1*2) & (3*4) sont en série, du côté du TRX. En émission, ils forment un primaire. Mais (3*4) et (5*6) sont en série, du côté du dipôle, ils constituent, alors, un secondaire.

On constate alors que leur milieu 4 (ou 5) est la masse M, qui sera reliée au potentiel du blindage du câble coaxial. Cette

configuration est celle d'un balun à air, puisqu'il n'y a pas de noyau magnétique. Nous allons en rappeler sa construction, après avoir remarqué que :

Nombre de spires (1*2) + (3*4) = Nombre de spires (3*4) + (5*6)

L'impédance Z_p du primaire = L'impédance Z_s du secondaire
 $Z_p / Z_s = 1$

Ce rapport, égal à l'unité, indique que les 50 ohms théoriques, présents en Z_p , se retrouveront en Z_s , mais symétrisés, puisque le potentiel de masse M est au milieu du secondaire.

EN RÉSUMÉ

Le balun à air à 3 fils en main est "un vrai balun", qui ne fait que symétriser, sans modifier l'impédance de sortie. Son application principale est l'alimentation d'un doublet demi-onde, à la rigueur d'un doublet trois demi-ondes.

B)- COMMENT CONSTRUIRE CE BALUN À AIR ?

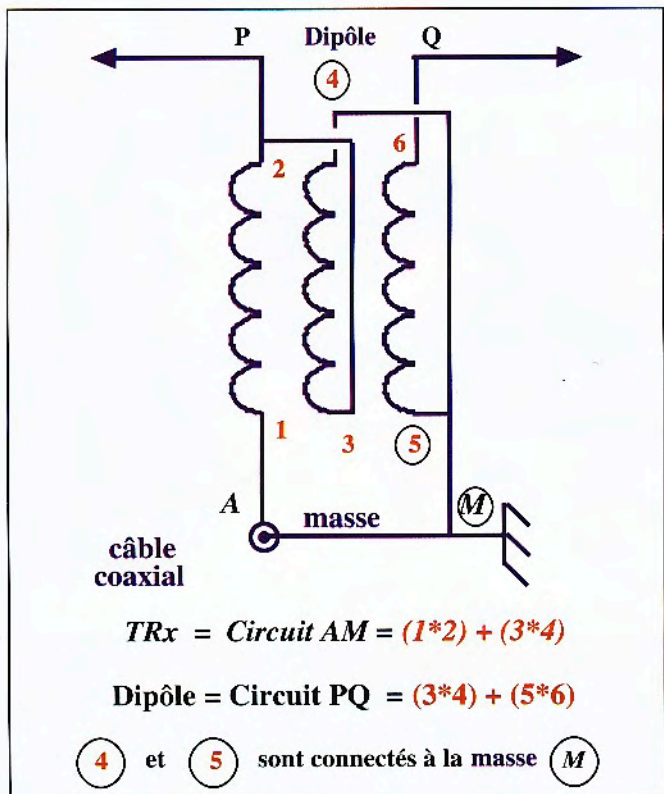
- Couper une longueur de 120 mm, d'un tube en PVC (ou en carton épais). Le diamètre, non critique, est d'environ 22 mm. Près de chacune des extrémités, percer 3 trous en diagonale de 3 mm de diamètre, distants, entre eux, de 8 à 10 mm.

- Ces trous servent au passage de boulons en laiton de 3 mm, dont les têtes sont préalablement étamées. Ces têtes logeront à l'intérieur du tube. Chaque tige filetée est serrée sur le tube, grâce à un écrou en laiton.

- Dès son passage de l'extérieur à l'intérieur, chaque fil émaillé est débarrassé de sa couche d'émail, puis étamé sur quelques mm, avant d'être soudé sur la tête de son boulon correspondant.

- Un fil émaillé neuf, d'environ 20/10 mm (pour un émetteur BLU de 100 watts efficaces), est coupé en 3 sections, chacune permettant de réaliser 13 spires (nombre non critique, établi expérimentalement sur un tube de \varnothing 22 mm). Ce nombre peut être réduit à 8, si le balun n'est pas prévu sur la bande des 80 mètres.

- Les 2 extrémités de chaque section de fil sont dénudées et munies, grâce à une pince à long bec, d'un petit crochet façonné autour de la partie lisse d'un foret de 3,5 mm. Ces crochets peuvent glisser jusqu'au contact de l'écrou, puis écrasés à la pince sur le filetage des boulons de 3 mm. Une soudure à l'étain immobilise le crochet, l'écrou et la base du filetage. Quand les deux extrémités du tube sont ainsi préparées, les morceaux des 6 fils qui dépassent sont coupés, immédiatement après les têtes.



Rappel des liaisons :

Liaisons internes (dans le tube) : 2 \diamond 3 \diamond P 4 \diamond 5 \diamond M

Connexions du coaxial : Âme A \diamond 1 Blindage M \diamond 5

Connexions au centre du Dipôle : en P \diamond 2 en Q \diamond 6

Figure 1 - Principe de symétrisation.

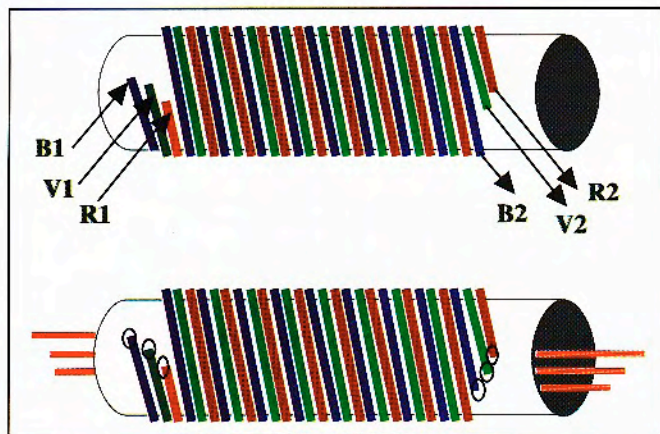


Figure 2 - Bobinage à 3 fils d'un balun.

C)- COMMENT PROTÉGER UN BALUN À AIR ?

La construction précédente est simple, économique, mais assez fragile. Il faut :

- que le poids de la partie rayonnante de l'antenne ne porte pas sur les bobinages du balun,
- que la pluie ou la neige ne puisse entrer dans le boîtier et endommager les bobinages intérieurs.

La nature du boîtier importe peu, à condition qu'il ne soit pas métallique. Trop proche du bobinage, il pourrait créer une capacité parasite et perturber le champ magnétique dans et autour du balun.

Du tube PVC épais, utilisé pour le sanitaire, est vendu dans le commerce, avec des bouchons correspondants.

Le bouchon supérieur renforce le haut du boîtier et permet la fixation de 2 crochets à tige filetée, sur lesquels arrivent les 2 moitiés du dipôle. Une soudure solide permet l'amarrage de chacun sur un crochet. Un fil souple de 1,50 mm² de section est pris dans chaque soudure, pour le câblage de la sortie du balun, côté antenne. Son chemin est courbe pour empêcher la pénétration des gouttes de pluie. Les 2 trous seront bouchés à la colle pour PVC, en fin de construction.

Une fiche SO 239 est fixée sur le bouchon inférieur, par 2 boulons de 3 mm. L'étanchéité est assurée par de la colle PVC, entre le socle de la prise et le disque du bouchon. Une cosse à souder, serrée sous l'écrou, permet la soudure du blindage d'un court morceau de coaxial.

Pour éviter des capacités parasites entre les tiges des boulons, celles-ci seront coupées juste après les soudures.

Comme on le voit, tout le câblage et ses soudures doivent être terminés avant la mise en place définitive du boîtier.

Pour la protection contre la pluie et l'humidité, toutes les parties métalliques (fils, soudures, crochets de fixation) seront recouvertes d'un vernis isolant marine.

D)- QUELLES SONT LES INCONVÉNIENTS D'UN BALUN À AIR ?

Le balun à air est facile à construire économiquement. Il convient cependant de signaler quelques-uns de ces inconvénients :

- il est lourd, surtout s'il doit posséder un maximum de spires, pour étendre sa bande passante sur toutes les ondes décimétriques,
- le centre d'un dipôle demi-onde ou trois demi-ondes, à sa résonance, est un ventre d'intensité, zone importante pour le rayonnement magnétique. Or, un bobinage, même allongé, ne rayonne que très médiocrement.

Même si les contraintes mécaniques ou aérodynamiques l'imposent, une self d'allongement, à la base d'une antenne mobile, la condamne à un rayonnement inférieur. Il est plus efficace de la placer le plus haut possible, donc le plus loin de la base (qui est toujours un ventre d'intensité), même si cette posi-

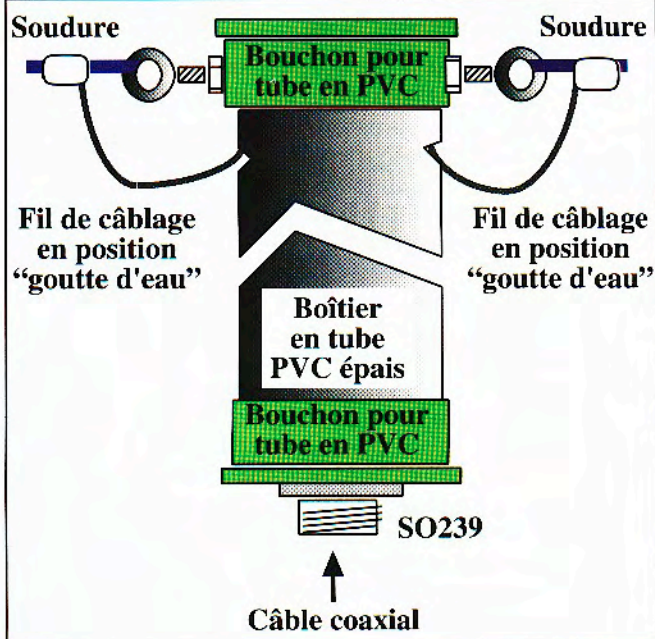


Figure 3 - Emplacement d'un balun.

tion impose davantage de spires pour une réactance semblable.

Pierre VILLEMAGNE, F9HJ

COMPLÉMENTS MATHÉMATIQUES

NB : A l'usage des OM avertis, la connaissance de ces formules n'est pas indispensable à la compréhension de l'article ci-dessus.

Longueur d'onde λ , en mètres, et Fréquence F, en mégahertz

$$\lambda = 300 / F$$

$$F = 300 / \lambda$$

Réactance X_L , en ohms réactifs (+j...) pour F, en mégahertz, et L, en microhenrys

$$X_L = 2 \pi F L$$

$$L = X_L / 2 \pi F$$

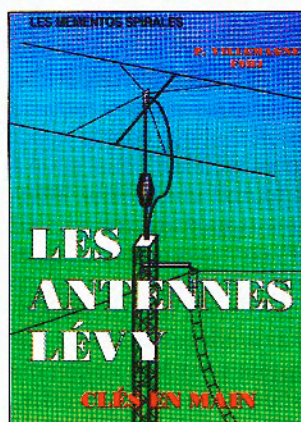
$$F = X_L / 2 \pi L$$

Impédance caractéristique Z_c d'une ligne, en fonction des constantes linéiques :

L : inductance en microhenrys, C : capacité en picofarads (avec des courants HF)

$$Z_c = \sqrt{L/C}$$

LES ANTENNES LÉVY, CLÉS EN MAIN



L'antenne Lévy est, avec le long fil, le seul dipôle à pouvoir couvrir toute l'étendue des ondes décimétriques, à condition que sa ligne soit un twin-lead étroit. Comme elle fonctionne en vibration forcée, elle est accordable sur n'importe quelle fréquence. Par sa totale symétrie par rapport à la terre, et ce, sur chaque bande, elle évite les incompatibilités électromagnétiques ce qui sera fort apprécié du voisinage !

Ref. : EB05

185 F + port 35 F

**UNE BONNE
IDÉE CADEAU !**

Utilisez le bon de commande MEGAHERTZ ou recopiez votre commande sur papier libre.

Questions pratiques sur les antennes

(10ème partie)

Balun à air (2ème partie et fin)

G) - QUEL EST L'AVANTAGE D'UN NOYAU MAGNÉTIQUE?

Dans le précédent article, nous avons vu que le grand nombre de spires pouvait devenir, sur les bandes décamétriques basses, un inconvénient sérieux du balun à air. Pour obtenir une même inductance, avec un nombre de spires nettement réduit sur chacun des bobinages, on pouvait employer un noyau magnétique, pour en augmenter la perméabilité magnétique. Prenons pour exemple le BN 86.

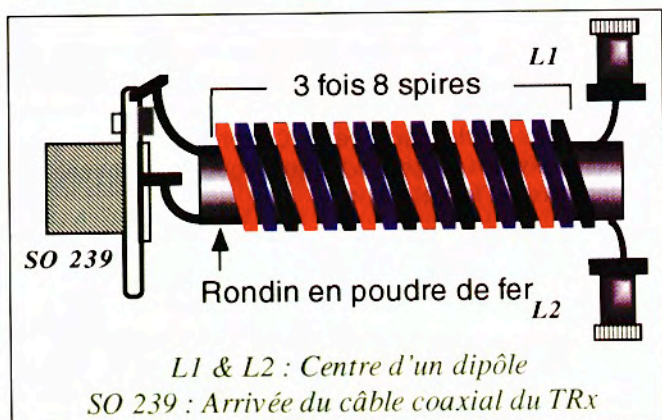


Figure 6 - Bobinage du balun BN 86.

Ce balun, que l'on rencontre fréquemment au centre d'une antenne directive de type Yagi, est commercialisé.

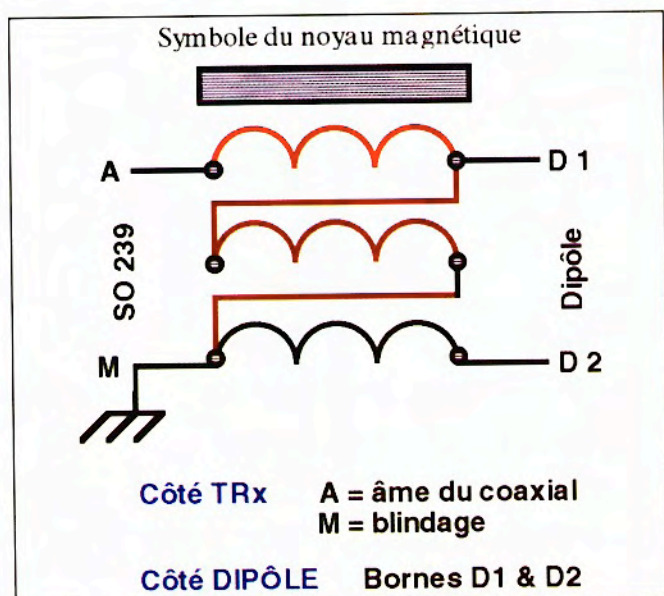


Figure 7 - Schéma du balun BN 86.

Le rapport des impédances présentes à ses extrémités est 1/1. En émission, on retrouve entre les bornes symétrisées L1 et L2, la même impédance que celle qui figure sur la prise SO 239. Sur le rondin en poudre de fer, sont bobinées en spires jointives (trois fils en main), 3 fois 8 spires. Sa bande passante couvre largement les bandes hautes décamétriques, de 20 m à 10 m (voir figure 7).

H) - COMMENT FONCTIONNE UN BALUN (RAPPORT 1/1)?

Pour que l'impédance de sortie, entre D1 et D2, soit égale à celle de l'entrée, entre A et M, un bobinage 3 fils en main est nécessaire. Observons, avec attention, le branchement des 3 bobinages, sur le schéma :

Entre l'âme du coaxial (A) et son blindage (M, la masse), nous voyons 2 bobinages en série : A <> D1 & D1 <> M

Entre les deux connexions au centre du dipôle, nous voyons également 2 bobinages en série : D1 <> M & M <> D2

Les 50 ohms nominaux de l'entrée du balun sont partagés en 2 fois 25 ohms. Les 50 ohms nominaux de la sortie du balun sont partagés, de même, en 2 fois 25 ohms.

Le bobinage D1 <> M est commun aux deux circuits AM et D1.D2. L'asymétrie de l'entrée AM est visible par le fait que les deux bobinages sont câblés du même côté de la masse M.

La symétrie de la sortie D1.D2 est visible par le fait que les deux bobinages sont câblés de part et d'autre de la masse M.

I) - COMMENT FONCTIONNE UN BALUN DE RAPPORT 1/4?

On trouve dans le commerce des baluns multiplicateurs d'impédances, comme le balun de rapport 1/4. L'impédance nominale de la sortie symétrique D1.D2 est quatre fois celle de l'entrée asymétrique AM.

L'impédance entre A et M est celle d'un seul bobinage (4 spires sur le schéma). L'impédance entre D1 et D2 est celle de 2 bobinages (8 spires sur le schéma). Son bobinage se fait 2 fils en main.

Sur le plan strictement magnétique*, (mais seulement sur ce plan), un balun est comparable à un transformateur. Le

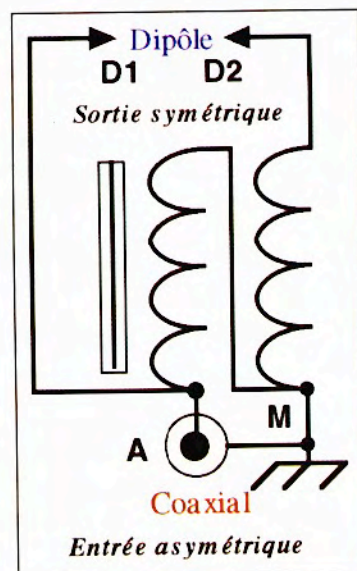


Figure 8 - Schéma d'un balun de rapport 1/4.

rapport de transformation est le carré du rapport des nombres de spires, soit, ici :

$$(8/4) = 2 \quad \text{son carré} = 2 \times 2 = 4$$

$$Z (D1.D2) = Z (AM) \times 4$$

Par exemple :

$$\text{Si } Z (AM) = 50 \text{ ohms, alors } Z (D1.D2) = 50 \times 4 = 200 \text{ ohms}$$

$$\text{Si } Z (AM) = 75 \text{ ohms, alors } Z (D1.D2) = 75 \times 4 = 300 \text{ ohms}$$

REMARQUE IMPORTANTE

"plan strictement magnétique**"

Se souvenir que, plus on considère une fréquence élevée dans sa bande passante, plus une partie importante de l'énergie transférée dans un balun, l'est par capacité : d'où le mode de bobinage "plusieurs fils en main". C'est donc pour les fréquences les plus basses de sa bande passante, que le noyau magnétique est particulièrement efficace.

J) - COMMENT FONCTIONNE UN BALUN TORIQUE?

Pour gagner de la place et réaliser un minimum de pertes (puisque le circuit magnétique se referme sur lui-même), la plupart des baluns en ferrite sont bobinés sur un tore.

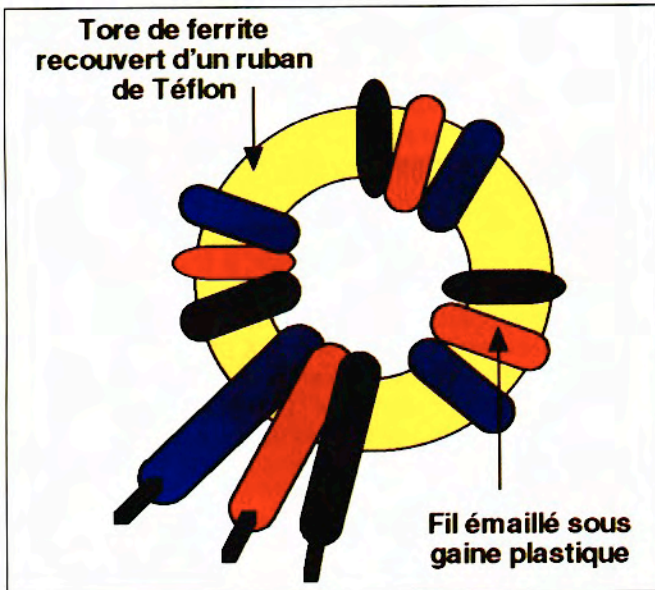


Figure 9 - Balun T200/2.

Voici, pour les OM constructeurs, les caractéristiques électriques et mécaniques des 3 baluns toriques les plus employés :

NOM	PLAGE Fréq	Dim. en mm	Coul.	Matériau
T 200	1-30 MHz	50,8/31,8/14	rouge	poudre fer
4C6(G)	1,5-30 MHz	36/23/15	violet	ferrite
4C6(P)	-d°-	14/9/5	-d°-	-d°-

On remarquera que le 4C6 (P) est la version QRP du 4C6 (G). Pour une version plus musclée, avec linéaire, il est prudent d'associer deux 4C6 (G), côte à côte, liés par une double épaisseur de ruban de Téflon. Les fils des bobinages sont en cuivre émaillé de $\varnothing = 1,78 \text{ mm}$ ($2,50 \text{ mm}^2$) ou de $\varnothing = 2,25 \text{ mm}$ (4 mm^2).

K) - COMMENT FIXER UN BALUN TORIQUE?

Lorsque le bobinage est terminé, les extrémités des fils étamés après grattage, une solide couche de Téflon va habiller la totalité du tore, qui peut être immergé dans une colle isolante. L'ensemble sera abrité de la pluie et de la neige, dans un coffret non métallique.

Un moyen simple, pour le fixer, consiste à serrer le balun entre 2 disques découpés dans du carton épais ou du PVC. Le boulon est vissé, la tête en bas, et serré sans exagération.

Les extrémités des 4 ou 6 fils sont prolongées par des soudures Philips : On bobine quelques spires de fil nu et fin, sur

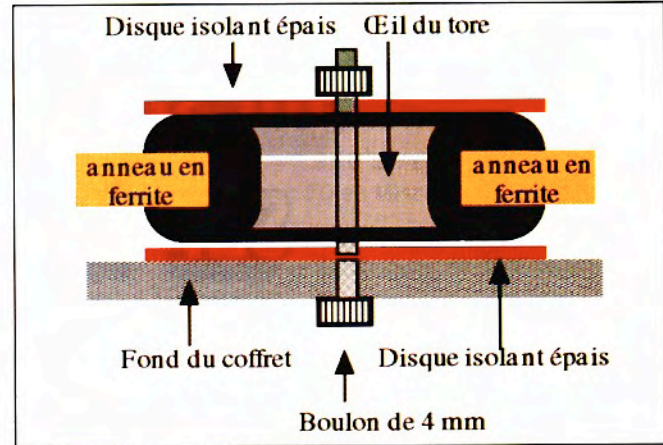


Figure 10 - Coupe et fixation du T/200/2.

une aiguille d'un \varnothing légèrement supérieur à celui des fils. A chaque extrémité de cette petite bobine, on introduit les extrémités dénudées des fils. Avec un gros fer à souder, on chauffe l'ensemble en faisant fondre la soudure autour de la petite bobine. On obtient une soudure un peu volumineuse, mais très solide.

L) - QU'EST-CE QU'UN CHOKE-BALUN? COMMENT OPÈRE-T-IL?

Ce montage est plus proche de la self de choc que d'un balun proprement dit. Le câble coaxial est enroulé sur lui-même, sous le centre du brin rayonnant. Dans le montage le plus simple, les spires de coaxial sont jointives, serrées par des colliers crantés en plastique, genre Colson. Des colliers semblables, mais plus longs, placés en diagonale, prennent à la fois les spires et le mât en bois.

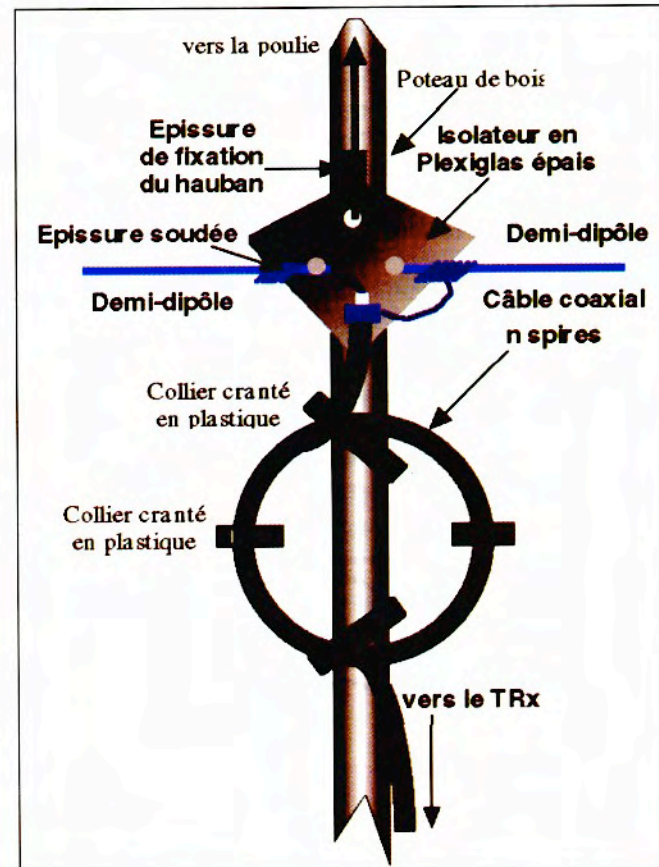


Figure 11 - Choke-balun et sa fixation.

Le nombre de tours n'est pas critique. Voici quelques données standards :

>> avec du coaxial, genre RG 213, RG 8, etc.

BANDE	Nombre de tours	Ø en cm
80 m	8	27
40 m	10	21
30 m	10	12
20 m	8	12
15 m	7	11
CB	7	8,5
10 m	7	8

>> avec du coaxial, genre RG 58 A/U ou similaire RG 59 A/U, etc.

BANDE	Nombre de tours	Ø en cm
80 m	7	27
40 m	6	24
30 m	7	14
20 m	8	10
15 m	8	7
CB	7	6
10 m	7	5,5

>> Quel que soit le coaxial (baluns à large bande).

FRÉQUENCES	Nombre de tours	Ø en cm
de 3,5 à 30 MHz	7	14
de 3,5 à 10 MHz	10	17
de 14 à 10 MHz	7	11

Pierre VILLEMAGNE, F9HJ

COMPLÉMENTS MATHÉMATIQUES

NB : A l'usage des O.M avertis, la connaissance de ces formules n'est pas indispensable à la compréhension de l'article ci-dessus.

Baluns particuliers

Les baluns de rapport 1 / 1 ou 1 / 4 suffisent habituellement aux besoins des Radioamateurs. Pour certaines applications bien particulières sur des aériens monobandes, il est possible de construire des baluns multiplicateurs d'impédances dans le but d'obtenir une impédance très précise au secondaire. S'il n'y avait la nécessité mécanique de bobiner un nombre entier de

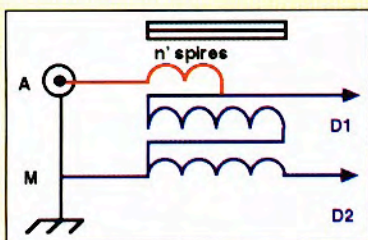


Figure 12 - Balun de rapport 1/1,78.

n' spires, ici 2, en série dans le primaire, entre A et D1.

Le primaire AM compte alors : $2 + 4 = 6$ spires

Le secondaire D1.D2 compte : $4 + 4 = 8$ spires

Le rapport des nombres de spires (Primaire / Secondaire) = $(6 / 8) = 0,75$

Le rapport des impédances (Primaire / Secondaire) en est le carré

soit $(0,75)^2 = 0,56$ ou $1 / 1,78$

APPLICATIONS :

si $Z(AM) = 50$ ohms, alors $Z(D1.D2) = 50 \times 1,78 = 89$ ohms

si $Z(AM) = 75$ ohms, alors $Z(D1.D2) = 50 \times 1,78 = 133$ ohms

Au fur et à mesure que le nombre n' spires augmente, on passe progressivement, dans cet exemple, du rapport 1 / 4 (avec $n' = 0$), au rapport 1 / 1 (avec $n' = 4$)

spires, on pourrait réaliser tous les rapports possibles.

Observons ce schéma. Nous reconnaissons, en bleu, celui d'un balun classique de rapport 1 / 4. S'il en était ainsi, l'entrée A serait alors connectée à D1.

Il est possible d'insérer

Questions pratiques sur les antennes



Oui, Monsieur !
Avec une antenne BOBTAIL.



(11ème partie) L'antenne Bobtail

10 dBd : COMMENT EXPLIQUER UN TEL GAIN, EN ONDES DÉCAMÉTRIQUES, SANS AMPLIFICATEUR LINÉAIRE ?

L'antenne BOBTAIL est un aérien filaire simple à construire et à installer. Dans la partie ascendante du cycle solaire que nous traversons, elle se prête particulièrement à un trafic sur les bandes des 20 ou 17 ou 15 mètres, actuellement.

Son gain maximal, 10 décibels par rapport à un dipôle demi-onde, correspond à une multiplication, par 10 de la P.A.R. (puissance apparente rayonnée) en émission, ou par 3,16 de la tension, en réception.

(NDLR : Le gain moyen généralement admis pour cette antenne est de 5,8 dBd).

FAUT-IL SE FIER AUX APPARENCES ?

La FIG n° 1 montre le schéma de la BOBTAIL. Elle ressemble, à première vue, à un dipôle, mais elle est alimentée en son milieu par un seul fil, à travers un adaptateur tout près du sol, et deux autres fils verticaux, AB et DC, de même longueur, prolongent le brin horizontal du sommet de l'antenne.

Ce sont ces 3 fils verticaux (en rouge, sur le schéma) qui rayonnent. La BOBTAIL est, en fait, un aérien VERTICAL, en polarisation VERTICALE, comme le serait une antenne MARCONI quart d'onde.

On remarquera que la BOBTAIL ne possède ni contrepoids, ni radars, enterrés dans le sol. Un simple piquet de terre domestique suffit, généralement, ce qui facilite grandement son installation.

QUELLES SONT SES SERVITUDES FILAIRES ?

Cette antenne est monobande. La BOBTAIL est peu exigeante, car toujours dressée très près du sol. La FIG n° 2 donne ses

principales dimensions filaires, pour la bande des 20 mètres, sur 14,200 MHz. J'ai choisi cet exemple, compte tenu de l'importance internationale de cette bande.

ÉLÉMENTS HORIZONTAUX : "V"

BM = MC = 10,15 mètres

ÉLÉMENTS VERTICAUX : "H"

AB = M'M = DC = 4,83 m.

Les formules et les longueurs, en fonction des fréquences centrales sur les bandes radioamateurs, figurent, en fin de texte, dans les COMPLÉMENTS MATHÉMATIQUES de la 2ème partie.

COMMENT ÉMET L'ANTENNE BOBTAIL ?

Les flèches, sur la FIG 3, indiquent les sens des intensités, pendant une alternance du courant HF.

Toutes ces flèches s'inversent pendant l'alternance suivante (FIG 4).

Pour bien comprendre ce fonctionnement, il faut se rappeler que, sur le brin rayonnant d'une antenne :

La configuration fait que les sens sur les éléments verticaux, (en rouge), sont les mêmes. On dit qu'ils sont en phase. Leurs rayonnements s'additionnent, d'où le gain de la BOBTAIL.

Par contre, sur les segments horizontaux BJ et MJ, d'une part, et MK et CK, d'autre part, on constate des courants de sens opposés. Leurs rayonnements vont s'annuler, se contrebalancer. On dit qu'ils sont en opposition de phase.

EN QUELS POINTS, Y A-T-IL INVERSION DE SENS ?

Il y a ainsi inversion de sens, au milieu J du segment horizontal BM et au milieu K du segment horizontal MC. Le rayon-

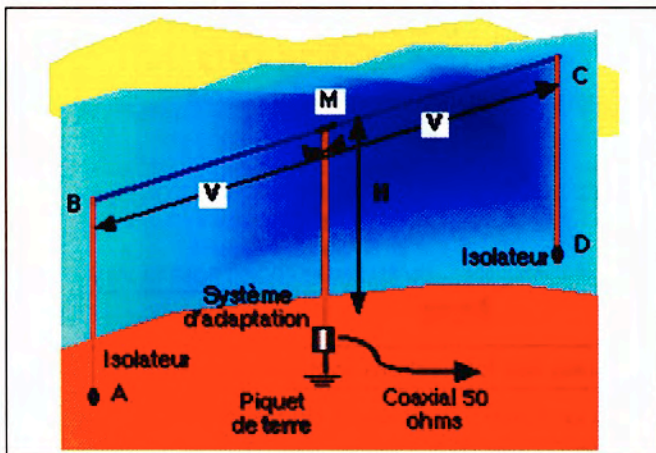


Figure 1 - Aspect filaire de l'antenne Bobtail.

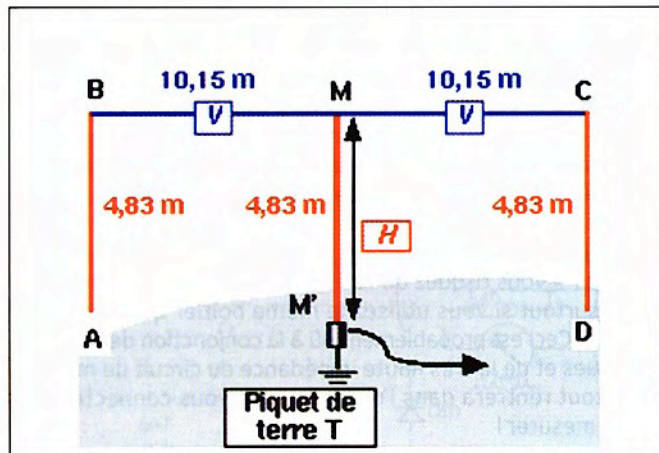


Figure 2 - Dimensions filaires sur 14,200 MHz.

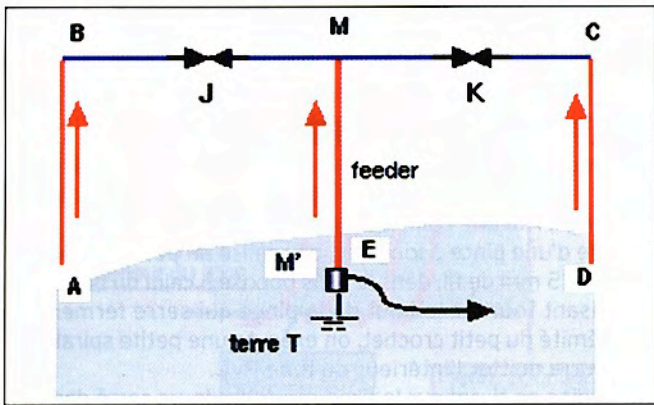


Figure 3 - Sens des courants pendant une alternance.

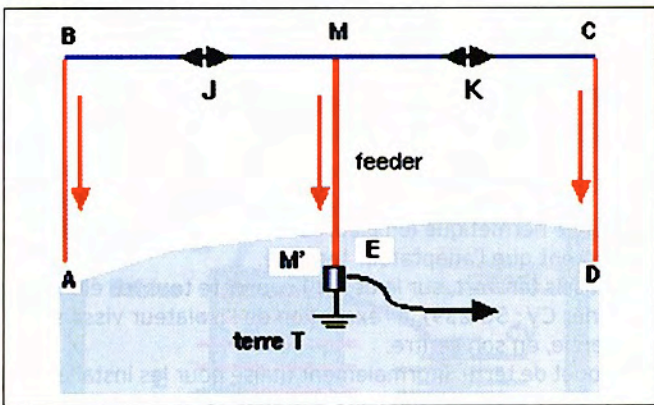


Figure 4 - Sens des courants pendant l'alternance suivante.

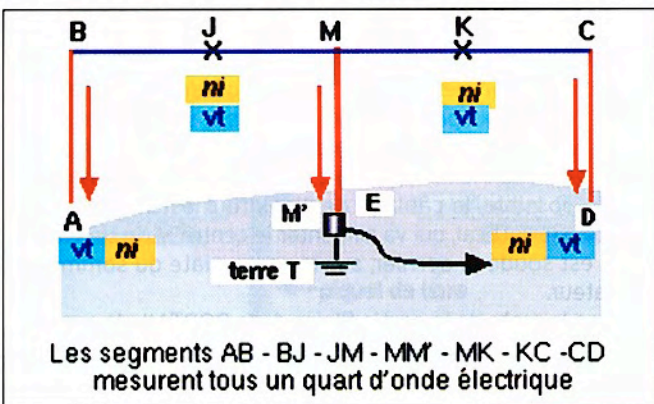


Figure 5 - Nœuds d'intensité (ni). Ventres de tension (vt).

nement de la partie filaire BC est quasi négligeable. L'antenne présente une forte directivité dans le plan PERPENDICULAIRE à celui du dessin de la FIG 5. Elle rayonne perpendiculairement à la feuille de papier de la revue. La FIG 6 schématise la rotation du sens du courant HF, pendant une période entière.

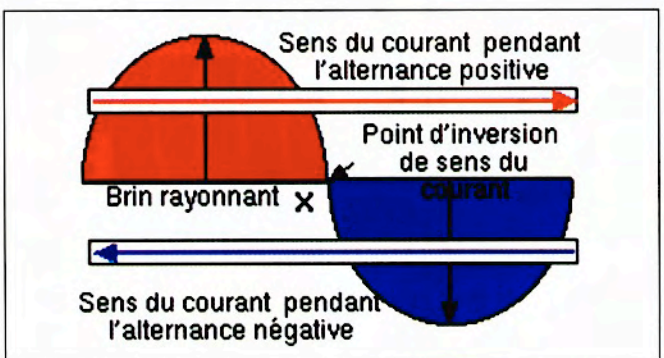


Figure 6 - Variation de sens du courant pendant une période.

COMMENT ORIENTER LA BOBTAIL SUR LE TERRAIN ?

Autour de la France, la densité des stations radioamateurs est inégalement répartie : elles sont plus nombreuses selon les azimuts Ouest-Est. Lorsque l'espace disponible le permet, il faut choisir un alignement Nord-Sud, de façon à profiter du gain de la BOBTAIL, dans la direction Ouest-Est. Par contre, si un trafic régulier ou fréquent existe avec un ami, il faut consulter l'azimut de son QTH, et le mesurer, sur un globe terrestre, pour en rapporter la PERPENDICULAIRE sur le terrain, où sera édifié l'aérien.

QUELS SONT SES DIAGRAMMES DE RAYONNEMENT DE L'ANTENNE BOBTAIL ?

Le rayonnement dans un plan vertical proche de l'élément central, (on remarque que M'M conduit un courant HF, d'une puissance double de celle qui circule dans les éléments extrêmes AB ou DC), est voisin de celui d'une MARCONI quart d'onde, avec, suivant la conductibilité du sol sous l'aérien, un angle de tir vertical toujours supérieur à 90°. Ce diagramme comporte 2 lobes très allongés, mais avec un angle d'ouverture relativement fermé, ces deux particularités expliquent également son gain. Il dépend d'un grand nombre de paramètres. Parmi les plus importants : la bande d'utilisation, l'environnement pour le dégagement de cette antenne, qui doit être installée près du sol, une mise au point assez précise de son adaptateur construit avec de bons matériaux.

QUEL EST LE RÔLE DE L'ADAPTEUR, À LA BASE DU SEGMENT CENTRAL ?

A l'opposé du dipôle demi-onde, l'antenne BOBTAIL doit être alimentée EN TENSION. Les Anglo-saxons nomment "end fire" ce type d'antenne avec une alimentation, à une extrémité du brin rayonnant. Au point M', on doit ainsi trouver : Par rapport à la terre (piquet de terre T), une tension efficace maximale (en volts), une intensité efficace minimale (en ampères). Cette situation se retrouve fréquemment au point d'alimentation de l'antenne LONG-FIL. A la sortie d'un TRX, l'impédance n'est que de 50 ohms. Selon la puissance dissipée, l'intensité y est élevée mais la tension est faible. Tout le CONTRAIRE de ce que l'on désire ! La parade consiste à transformer la puissance en TENSION élevée, grâce à un autotransformateur (FIG 8).

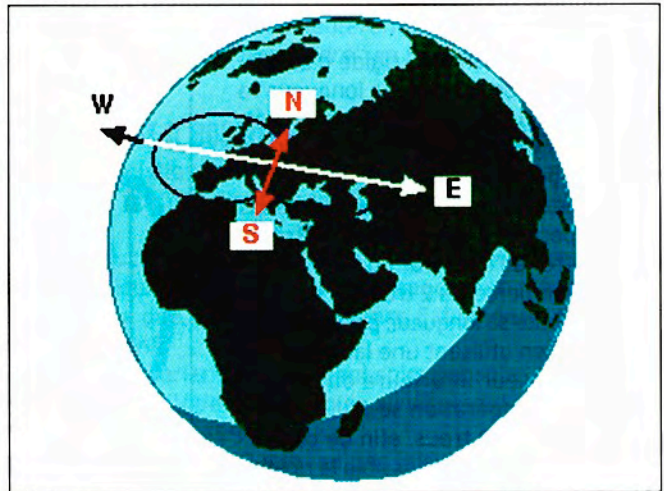


Figure 7 - Rayonnement moyen théorique d'une antenne Bobtail. Fils verticaux dans un plan N-S. Direction privilégiée W-E.

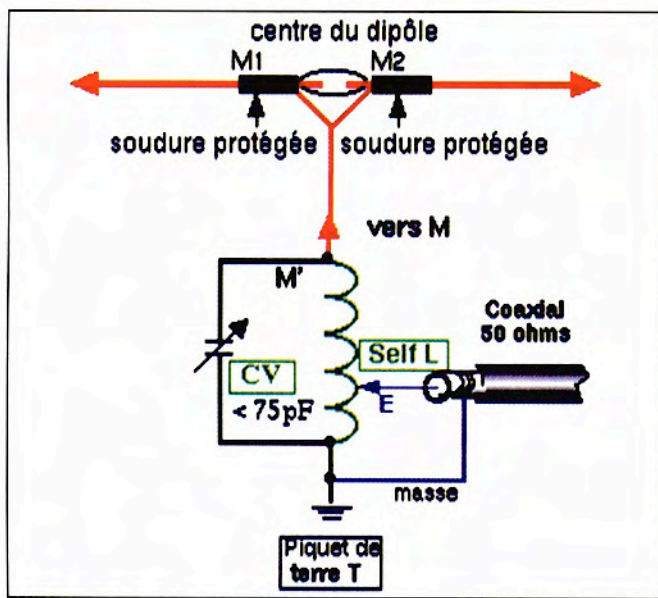


Figure 8 - Circuit parallèle adaptateur.

La self L agit comme élevatrice d'impédance. Prenons l'exemple du dessin de la FIG 8 :

Entre T (la masse) et l'arrivée du conducteur interne du coaxial (point E), nous comptons 1,5 spire.

Entre T et le point de départ M' du brin vertical M'M, nous avons 5 spires.

Le rapport des nombres de spires (TM' / TE) est : $\frac{5}{1,5} = 3,33^3$

Le rapport des impédances TM' / TE en est le carré, soit $(3,33)^2$ peu différent de 11

Impédance de TE = 50 ohms ; d'où :

Impédance de $TM' = 50 \times 11 = 550$ ohms

QUEL EST LE RÔLE DU CONDENSATEUR VARIABLE CV ?

Le montage adaptateur n'est pas seulement un autotransformateur. C'est aussi, grâce à son CV, un circuit oscillant parallèle LC.

A sa résonance, entre son sommet M' et sa base qui est à la masse, son impédance est THÉORIQUEMENT INFINIE. En réalité, à cause des fuites, dans le bobinage et le CV, elle peut atteindre 1 kiloohm ou plus et convient, ainsi, parfaitement pour alimenter le point M', par rapport à la masse et la terre, via le piquet de terre T.

COMMENT PRÉPARER LE SUPPORT DE LA SELF ?

Les données numériques concernant ce support ne sont pas critiques.

Choisir un tube en PVC rigide d'un diamètre d'environ 60 mm. Sa longueur va dépendre de la bande qui est recherchée, et du diamètre du fil de cuivre nu employé pour le bobinage.

Comme le montre la FIG 9, un trou, dans le PVC, permet à chaque spire extrême de pénétrer à l'intérieur du tube.

Après avoir percé les 2 trous, le tube est scié, sur toute sa longueur, parallèlement à son axe, en utilisant une lame de scie d'une épaisseur inférieure ou égale à 5 mm. Cette opération se fait après le percement des 2 trous, afin de conserver le plus longtemps possible la rigidité du tube PVC.

Laisser environ 10 mm entre le centre d'un trou et le bord du tube.

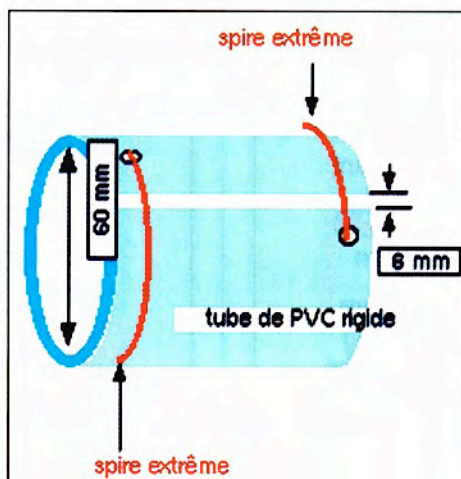


Figure 9 - Préparation du support du bobinage.

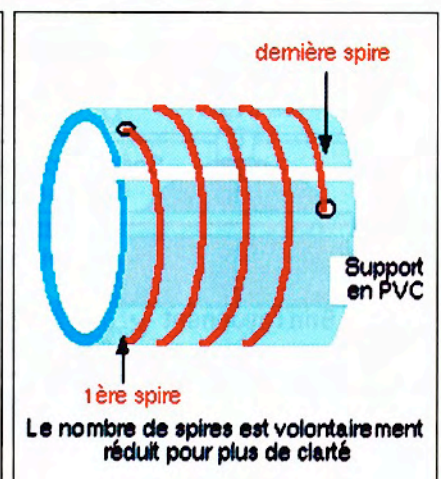


Figure 10 - Bobinage terminé.

La FIG 10 montre un bobinage terminé, d'un peu plus de 4 spires.

COMMENT FIXER LE FIL DE LA SELF SUR LE TUBE ?

Le fil de cuivre est préalablement sévèrement étiré (écroui), en en fixant une extrémité à l'étau. Il va servir à bloquer le bobinage. Aucune colle n'est employée.

A l'aide d'une pince à long bec, on réalise un petit crochet sur environ 15 mm de fil, dans le sens opposé à celui du bobinage. En faisant tourner le bout de la pince qui serre fermement l'extrémité du petit crochet, on exécute une petite spirale qui ne pourra quitter l'intérieur du tube PVC.

On bobine en tirant sur le fil de cuivre toujours serré dans les mâchoires de l'étau. On peut contrôler la traction du fil en vérifiant que la fente pour les connexions, le long du tube, conserve une largeur constante.

COMMENT ISOLER DE LA PLUIE (ET DE LA NEIGE) L'ADAPTATEUR DE LA BOBTAIL ?

L'adaptateur est, de préférence, un coffret en matière plastique, susceptible de résister aux rayons UV du Soleil. Son couvercle hermétique (en bleu, sur le dessin) ne sera fixé définitivement que l'adaptateur terminé.

Le châssis (en vert, sur le dessin) supporte tous les éléments (Bobine ; CV ; SO 239), à l'exception de l'isolateur vissé sur le couvercle, en son centre.

Un piquet de terre, (normalement utilisé pour les installations électriques domestiques), est enfoncé dans le sol et bénéficie, ainsi, de la protection du coffret.

Dans le dessin du câblage, les fils de masse et de terre sont de couleur noire. Les fils en bleu véhiculent les courants HF. Deux scellements en béton fixent l'adaptateur dans le sol. Le fil coaxial, en provenance du TRX, est glissé dans une gaine de protection, qui part de la SO 239, passe sous l'un des scellements, puis circule dans une petite tranchée, jusqu'au QRA. Pour que la connexion, qui part de la soudure M', soit la plus courte possible, le câblage de l'isolateur est fait pièce par pièce. Le fil vertical, qui va alimenter le centre M du brin rayonnant, est soudé le dernier, sur la cosse plate du sommet de l'isolateur.

Comme le reste de la partie filaire de la BOBTAIL, le segment M'M peut être réalisé en fil de cuivre émaillé de 2 à 2,50 mm² de section. Du fil de câblage industriel d'armoire électrique, d'une section voisine peut le remplacer. Mais, attention au poids, auquel est soumis le point M ! Il faut penser à :

la longueur MM', qui est fonction de la fréquence centrale F_c de la bande exploitée, à la section du fil de cuivre, à ce que le brin BMC soit le plus rectiligne et le plus horizontal possible.

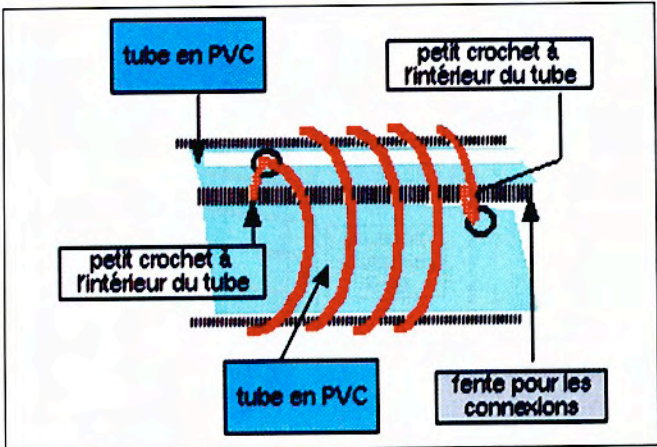


Figure 11 - Blocage de l'enroulement.

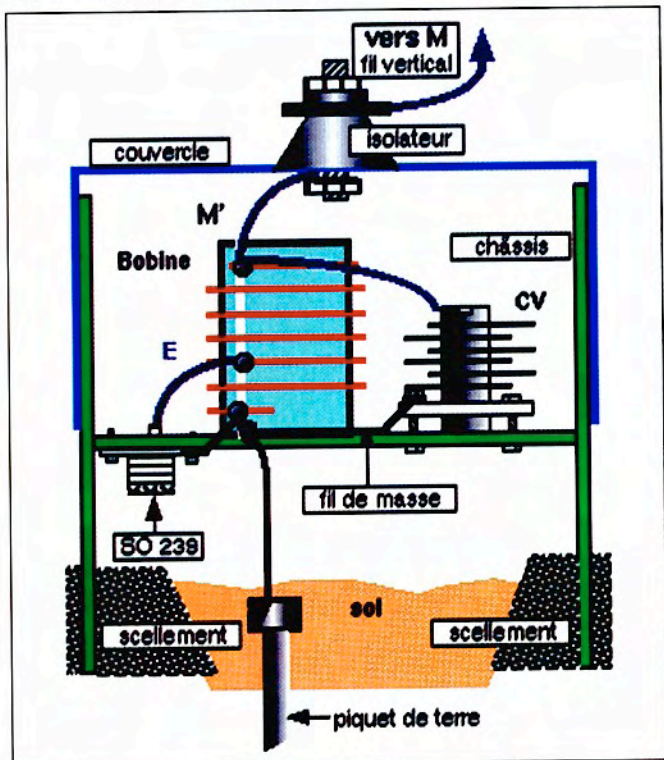


Figure 12 - Adaptateur et sa fixation.

La verticalité de BA et de CD est beaucoup plus critique, ainsi que la relation (longueur BA = longueur MM' = longueur CD). Rappelons que c'est la hauteur de l'adaptateur qui fixe les distances au sol, des isolateurs A et D. Les extrémités des fils étant des ventres de tension : leur qualité d'isolement par rapport au sol doit être excellente.

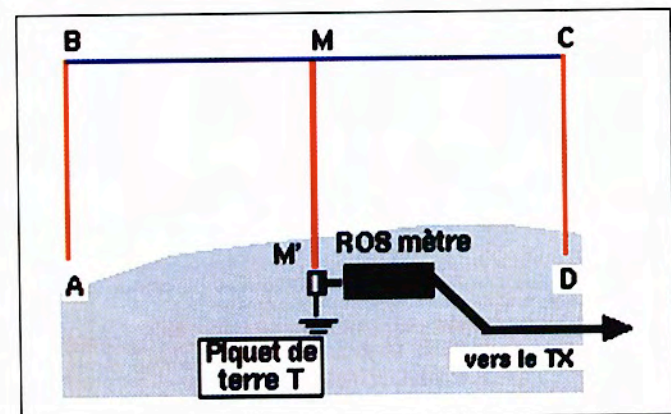


Figure 13 - Adaptation au ROS-mètre.

Nous savons que plus la fréquence du courant HF augmente, plus le diamètre du conducteur en cuivre doit également croître puisque la fréquence des changements de sens, à chaque alternance, oblige ce courant à traverser, à la périphérie du fil, une couche de cuivre de plus en plus mince. D'autre part, la répartition du courant est stationnaire. Revoir les figures 3 ; 4 et 5 de la première partie de cet article. Le feeder central draine toute la puissance efficace W de l'émetteur, alors que, dans les autres parties filaires de la BOB-TAIL, ne circule qu'une puissance efficace égale à $W / 2$. Entre M1 et M2, la qualité recherchée pour l'isolateur est seulement la solidité, puisque, sur le plan électrique, M1 et M2 sont au même potentiel, par rapport à celui de la terre. Un morceau de PVC épais (au moins 2 épaisseurs de 5 mm, car il doit supporter le poids de l'ensemble (B ; M1 - M2 ; C) et celui du feeder MM', peut très bien le remplacer.

COMMENT RÉGLER LES LONGUEURS DES SEGMENTS FILAIRES ?

Le tableau ci-dessous donne, en fonction de F_0 , la fréquence centrale de la bande choisie, la longueur physique, (celle mesurée avec un décimètre à ruban), en mètres, d'un segment vertical AB (ou M'M ou DC) puis d'un segment horizontal BM (ou MC).

- en fonction du coefficient de vélocité d'un fil de cuivre émaillé d'une section de 1,50 à 2 mm² (section peu critique)
- en fonction de F_0 , la fréquence centrale du courant qu'il transporte, en MHz

FORMULES pour n'importe quelle F_0 , (fréquence centrale) du courant HF

$$\text{Longueur d'un segment vertical} = 68,6 / F_0$$

$$\text{Longueur d'un segment horizontal} = 144,2 / F_0$$

BANDE	F centrale *	Long. éléments	
		verticaux (AB)	horizontaux (BM)
		arrondies au dm le plus proche	
40 mètres	7,050 MHz	9,7 mètres	20,5 mètres
30 mètres	10,13 MHz	6,8 mètres	14,2 mètres
20 mètres	14,20 MHz	4,8 mètres	10,2 mètres
17 mètres	18,12 MHz	3,8 mètres	8,0 mètres
15 mètres	21,23 MHz	3,2 mètres	6,8 mètres
12 mètres	24,94 MHz	2,8 mètres	5,8 mètres
10 mètres	28,85 MHz	2,4 mètres	5,0 mètres

NB : La F centrale précise est la moyenne géométrique des fréquences extrêmes F_{min} & F_{max} de la bande choisie, soit :

$$F = \sqrt{F_{min} \times F_{max}}$$

Les OM télégraphistes augmenteront légèrement la capacité du CV, pour pouvoir "descendre" en fréquence.

COMBIEN FAUT-IL BOBINER DE SPIRES SUR LA BOBINE L ?

Les caractéristiques d'un circuit oscillant sont mises en relation par la formule de Thomson. Une de ses expressions :

$$L C = 25\,330 / F^2$$

(avec l'inductance L en microhenry ; la capacité C en picofarad ; on calcule la fréquence de résonance F en mégahertz). On constate que, pour une fréquence F donnée, le produit $L C$ est constant.

On peut faire varier L , uniquement spire par spire. Par contre, la capacité du CV peut être réglée au picofarad près, par une légère rotation de son axe.

Sur un diamètre de 60 mm, au pas (distance entre les axes de 2 tours consécutifs) de 6 mm (Revoir la figure n° 9), on peut couvrir toutes les bandes avec une seule self L , de 14 spires...

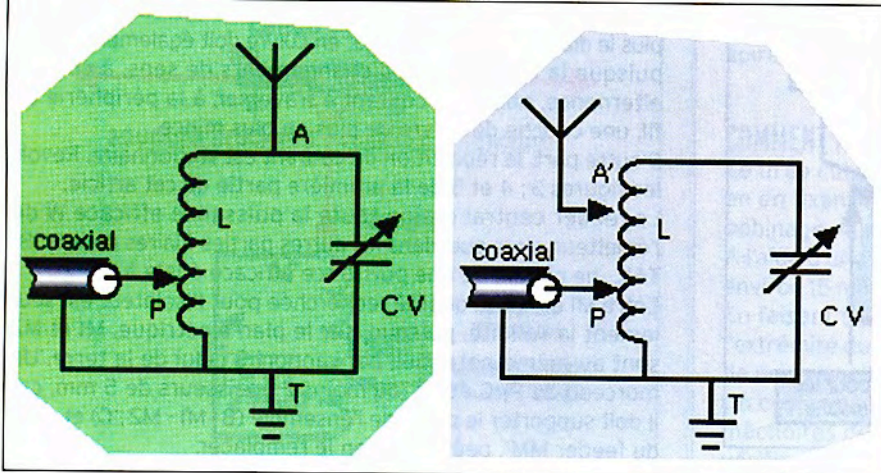


Figure 14 - Réglages sur la bobine. A gauche : par l'arrivée P de l'âme du coaxial, à droite : par l'arrivée P de l'âme du coaxial et A' du feeder.

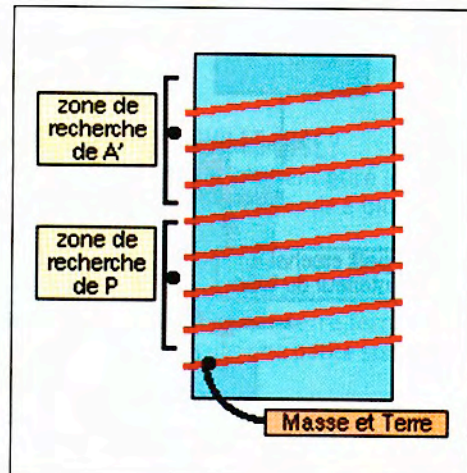


Figure 15 - Recherche des emplacements des soudures du point P et A', éventuellement.

L'accord précis final pourra être fait, en recherchant un ROS très voisin de 1 / 1.

Le ROSmètre est inséré entre la SO 239 et le câble coaxial conduisant au TRx.

COMMENT EFFECTUER UN RÉGLAGE FIN ?

En déplaçant, sur L, le point P, matérialisé par une petite pince crocodile (ou un trombone) soudée à l'extrémité de l'âme du coaxial (connexion courte).

COMPLÉMENTS MATHÉMATIQUES

NB : A l'usage des O.M avertis, la connaissance de ces compléments n'est pas strictement indispensable à la compréhension du texte ci-dessus.

• POUR CALCULER LE RAPPORT DES PUISSANCES PS & PE :

- diviser le gain Gp, en dBd (décibel par rapport au dipôle demi-onde) par 10

- appuyer sur les touches { ARC } puis { log } d'une calculatrice scientifique.

Formule :

avec Gp : Gain en puissance - Ps : Puissance de sortie, en watt - Pe : Puissance d'entrée, en watt

log = logarithme DÉCIMAL (touche log, sur une calculatrice scientifique)

$$\implies G_p = 10 \log (P_s / P_e)$$

• POUR CALCULER LE RAPPORT DES TENSIONS :

- diviser le gain G, en dBd (décibel par rapport au dipôle demi-onde) par 20

- appuyer sur les touches { ARC } puis { log } d'une calculatrice scientifique.

Formule :

avec Gu : Gain en tension - Us : Tension de sortie, en volt - Ue : Tension d'entrée, en volt

$$\implies G_u = 20 \log (U_s / U_e)$$

Exemple :

Quel Gu, quand Us = 22 volts efficaces et Ue = 11 volts efficaces ?

$$G_u = 20 \log (U_s / U_e) \implies G_u = 20 \log (22 / 11) \implies$$

$$G_u = 20 \log (2) = 20 \times 0,30 = 6$$

BIBLIOGRAPHIE

- BROWN : "Directional Antennas"
- B. ORR : "The Radio Handbook"
- F9HJ : "ANTENNES Bandes Basses 160 - 30 mètres (Voir publicité MÉGAHERTZ Magazine)

En déplaçant, sur L, le point P, puis le point A'. Dans les 2 cas, le CV, (d'une capacité voisine de 100 picofarads), est aux trois quarts fermé) au début du réglage. Chaque nouveau déplacement des connexions P ou (P + A') impose une nouvelle position du curseur de CV. Essayer de rester dans la plage des 3/4 pour la capacité de CV.



Toutes les soudures exposées à l'humidité seront protégées par une touche de vernis marine, posée au pinceau.

Pierre VILLEMAGNE,
F9HJ

POPE H1000

CABLE COAXIAL 50Ω



TRES FAIBLES PERTES

Le H 1000 est un nouveau type de câble isolement semi-air à faibles pertes, pour des applications en transmission. Grâce à sa faible atténuation, le H 1000 offre des possibilités, non seulement pour des radioamateurs utilisant des hautes fréquences jusqu'à 1296 MHz, mais également pour des applications générales de télécommunication. Un blindage maximal est garanti par l'utilisation d'une feuille de cuivre (feuillard) et d'une tresse en cuivre, ce qui donne un maximum d'efficacité. Le H 1000 est également performant dans les grandes puissances jusqu'à 2200 watts et cela avec un câble d'un diamètre de seulement 10,3 mm.

Puissance de transmission : 100 W
Longueur du câble : 40 m

MHz	RG 213	H 1000	Gain
28	72 W	83 W	+ 15 %
144	46 W	64 W	+ 39 %
432	23 W	46 W	+ 100 %
1296	6 W	24 W	+ 300 %

	RG 213	H 1000
Ø total extérieur	10,3 mm	10,3 mm
Ø âme centrale	7 x 0,75 = 2,3 mm	2,62 mm monobrin
Atténuation en dB/100 m		
28 MHz	3,6 dB	2,0 dB
144 MHz	8,5 dB	4,8 dB
432 MHz	15,8 dB	8,5 dB
1296 MHz	31,0 dB	15,7 dB
Puissance maximale (FM)		
28 MHz	1800 W	2200 W
144 MHz	800 W	950 W
432 MHz	400 W	530 W
1296 MHz	200 W	310 W
Poids	152 g/m	140 g/m
Temp. mini utilisation	-40°C	-50°C
Rayon de courbure	100 mm	75 mm
Coefficient de vélocité	0,66	0,83
Couleur	noir	noir
Capacité	101 pF/m	80 pF/m

RG 213 H 1000

ATTENTION : Seul le câble marqué "POPE H 1000 50 ohms" possède ces caractéristiques. Méfiez-vous des câbles similaires non marqués.

Autres câbles coaxiaux professionnels

GES

GENERALE ELECTRONIQUE SERVICES

RUE DE L'INDUSTRIE
Zone Industrielle - B.P. 46
77542 SAVIGNY-LE-TEMPLE Cdx
Tél. : (1) 64.41.78.88
Fax : (1) 60.83.24.85

MFT-0398-2

ET AUSSI LE RESEAU G.E.S.