

Une antenne HF filaire multibande simple et efficace

Par le prof ON4LEC

I. Avant tout, quelques rappels essentiels :

1° Contrairement à ce que l'on pense en général (et à ce que l'on enseigne aux candidats à la licence de base), **une antenne ne doit pas nécessairement être résonnante pour être efficace !** La seule raison d'avoir une antenne dipôle résonnante en $\frac{1}{2} \lambda$ et alimenté en son centre par un câble coaxial, est de pouvoir se passer d'un circuit d'adaptation d'impédance tel qu'un *coupleur d'antenne*. En fait, un dipôle filaire le plus long possible (et donc pas nécessairement résonnant) alimenté en son centre par une ligne à fils parallèles, ceci au travers d'un coupleur d'antenne adéquat, est une antenne multibande simple et efficace.

2° Vous avez besoin de 2 fils pour alimenter une lampe, c'est la même chose avec une antenne. La méthode la plus efficace de transmettre l'énergie fournie par l'émetteur à une antenne symétrique telle qu'un dipôle, c'est de l'alimenter par l'entremise d'une ligne symétrique à fils parallèles. Bien sûr, la plupart des radioamateurs préfèrent le coax pour une raison de facilité. Le problème avec le coax, c'est qu'il n'est pas une ligne symétrique. En fait, le coax peut être comparé à une ligne *tri filaire* : le conducteur central, l'intérieur de la tresse et l'extérieur de la tresse. Il est bien connu que la HF se propage à la surface d'un conducteur. Dans une ligne à fils parallèles (telle qu'une *échelle à grenouille* 600 Ω , du *twin lead* 450 ou 300 Ω), le champ HF entre les 2 conducteurs est équilibré. Dans du coax, le champ se trouve entre le conducteur central et l'intérieur de la tresse ; cela laisse l'extérieur de la tresse libre de jouer au perturbateur. Comme la tresse est connectée à un des bras de l'antenne, l'extérieur de la tresse devient alors part entière de cette antenne avec pour résultat que la HF peut redescendre vers votre station (lisez à ce sujet l'excellent livre de W2DU, *Reflections II*). Pour cette raison on conseille d'utiliser un *balun* au centre du dipôle, ce qui comme nous le verrons plus loin n'est valable que dans le cas d'une antenne $\frac{1}{2} \lambda$ bien adaptée (ROS < 1,5:1).

3° Lorsque l'on parle de gain d'antenne, cela vient du fait que l'on donne une forme au rayonnement HF et qu'on le concentre dans une ou plusieurs directions.

Par exemple, l'antenne *beam* tire son nom du fait qu'elle concentre son rayonnement dans une direction particulière, comme le fait une lampe de poche avec la lumière. D'autres antennes, telles que les antennes filaires, ont des diagrammes de rayonnements favorisant certaines directions et ont donc aussi du gain. Jetez donc un oeil dans une édition de *The ARRL Antenna Book* et vous comprendrez ce que je veux dire.

4° La fonction d'un coupleur d'antenne est d'effectuer une adaptation entre la sortie d'un émetteur et l'entrée d'un système d'antenne.

Les *transceivers* modernes ne délivrent leur pleine puissance que dans une charge de 50 Ω . Les coupleurs d'antennes sont des transformateurs d'impédances variables qui vous permettent de transformer l'impédance (qui peut varier dans une grande plage) de votre système d'antenne vers les 50 Ω de votre transceiver. Certains coupleurs d'antennes possèdent une grande plage d'adaptation d'impédances. Certains, tels que les coupleurs automatiques incorporés dans les transceivers, ne possèdent que des plages très limitées (typiquement de 16,5 à 150 Ω soit un ROS maximum de 3:1).

5° Une antenne filaire ne doit pas nécessairement être alimentée en son centre.

Pour des raisons de facilité ou de discrétion par exemple, on peut alimenter un fil d'antenne par une de ses extrémités ; ce fil sera idéalement d'une longueur égale à $\frac{1}{2} \lambda$ sur la bande de fréquences la plus basse utilisée. Connectez un des fils parallèles à l'extrémité de l'antenne, mais laissez l'autre libre. A l'autre bout de la descente en fils parallèles, vous avez besoin d'un coupleur d'antenne (l'impédance peut dépasser les 2000 Ω) pour adapter le système aux 50 Ω de votre radio. Ce type d'antenne venue des premiers âges de la radio est appelé *Zeppelin* (Fig. 1).

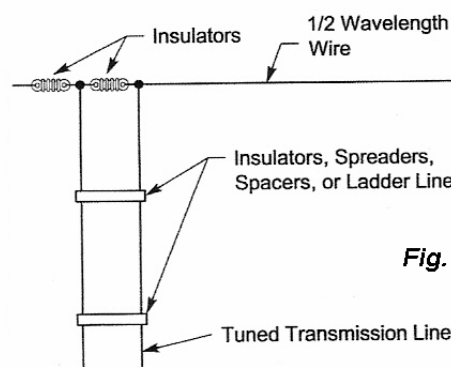


Fig. 1

Une autre antenne sortie des premiers âges de la radio est l'antenne *Windom* ou *off-center-feed* (Fig. 2).

Coupez un fil à une longueur égale à $\frac{1}{2} \lambda$ sur la bande de fréquences la plus basse utilisée. Coupez ce fil au $\frac{1}{3}$ de sa longueur et connectez-y votre ligne à fils parallèles ; l'impédance est ici d'environ

300 Ω donc il faudra également un coupleur d'antennes. Une version moderne (et plus ou moins efficace) est commercialisée de nos jours sous le nom de *FD4* avec un balun de rapport 6:1 et une descente en coax afin de s'adapter aux 50 Ω de nos transceivers modernes.

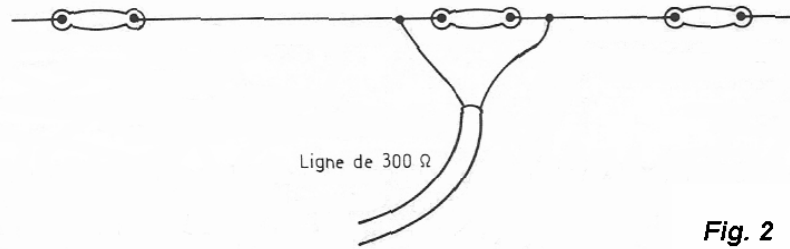


Fig. 2

6° Une antenne dipôle ne doit pas obligatoirement être parfaitement rectiligne et horizontale.

C'est pourtant la manière dont elle est usuellement décrite dans les livres, mais pour des raisons de place vous pouvez en replier les extrémités dans le sens qui vous convient. Celles-ci n'influencent que très peu le rayonnement car le courant y est minimal, or c'est le courant qui rayonne. L'antenne peut également être montée inclinée, verticalement, en V inversé, en L, etc... En ce qui me concerne, j'utilise (F/ON4LEC) avec beaucoup de succès une G5RV (2 x 15,54 m) sur les bandes de 80 m à 6 m ; celle-ci est pourtant en forme d'un V horizontal d'une ouverture de 100°, dont le centre se trouve à 5 m du sol et les extrémités à seulement 3 m. La descente est en twin lead 300 Ω pour raison de discrétion. La forme de l'antenne et sa hauteur par rapport au sol affecteront bien entendu son impédance et son diagramme de rayonnement.

7° Les antennes verticales plus courtes que $\frac{1}{2} \lambda$ ont besoin d'un bon plan de masse.

Celui-ci est généralement constitué de radiants, soit enterrés soit en élévation ; ceux-ci servent de miroir dans le but de compenser la partie manquante de l'antenne. Ce type d'antenne est appelé *Marconi*. Méfiez-vous des antennes verticales de faible longueur qui prétendent fonctionner sans radiants ; oui elles rayonnent, mais ont rarement un bon rendement.

8° Avec les antennes verticales il n'y a rien de plus important qu'un bon plan de masse.

Au plus grand sera le nombre de radiants, au plus grand sera le rendement. Vous pouvez atteindre un point où il n'y aura plus de bénéfice à en rajouter, mais seulement lorsque au sol leur nombre approche de 100 ! Dans ce cas leur longueur ne sera pas critique car ils ne seront pas résonants. En hauteur il en faudra beaucoup moins (minimum 3 à 4), mais on les coupera à une longueur de $\frac{1}{4} \lambda$.

9° Un ROS de 1:1 ne signifie pas que vous ayez une bonne antenne.

Une antenne fictive 50 Ω présente un ROS de 1:1 mais ne rayonne pas ! Un ROS de 1:1 signifie donc seulement qu'il y a correspondance entre l'impédance de votre émetteur et votre système d'antenne ; cela n'indique rien quant à son rendement. Par exemple une antenne $\frac{1}{4} \lambda$ verticale (dont l'impédance est d'environ 36 Ω) avec un mauvais plan de sol (pertes 14 Ω) peut indiquer un ROS de 1:1 (36 + 14 = 50 Ω) tout en ayant une efficacité faible, une grosse partie de votre HF étant perdue par les pertes dans le sol !

10° Utilisez toujours la meilleure ligne de transmission disponible.

Résistez à la tentation d'économiser quelques centimes ; ceci est particulièrement d'application avec du coax. Du coax à faibles pertes coûte plus cher, mais c'est ce coax qui est chargé d'acheminer votre précieux signal d'émission jusqu'à votre antenne ; ceci est particulièrement d'application sur les bandes VHF et UHF. Sur les bandes décimétriques, la ligne de transmission comportant le moins de pertes est l'échelle à grenouille, même lorsque celle-ci est soumise à un ROS de 10:1. Ce n'est pas du tout le cas du coax qui voit ses pertes augmenter dramatiquement en présence d'un ROS élevé.

II. Le dipôle multibande :

Il est facile de comprendre pourquoi les radioamateurs apprécient tant les antennes filaires depuis si longtemps. Elles sont bon marché, discrètes et faciles à installer tout en étant capables de performances surprenantes. Une des antennes des plus simples et des plus anciennes consiste à tendre un fil de bonne longueur et à l'alimenter en son centre par une échelle à grenouille le tout connecté à l'émetteur par l'entremise d'un coupleur symétrique.

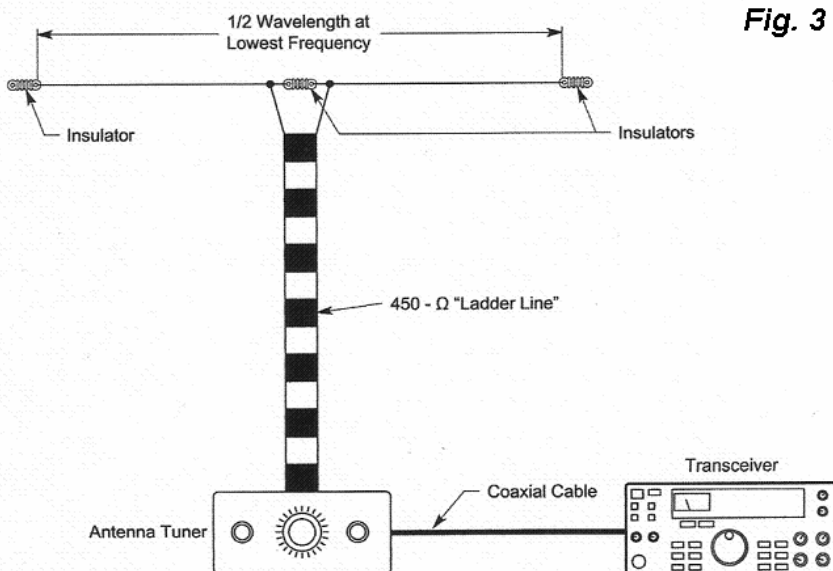


Fig. 3

La plupart du temps on choisira une longueur d'environ $\frac{1}{2} \lambda$ sur la bande des 80 m (ce qui donne environ 2 x 20 m) alimenté au centre par une descente en échelle à grenouille ou à défaut en twin d'émission (noir et ajouré).

Dans cette configuration, cette antenne connue sous le nom de Lévy ou de double-Zepp (Fig.3), donnera des bons résultats de 160 à 6 m. On considère généralement que pour avoir une certaine efficacité, la partie

rayonnante ne doit pas être inférieure à $\frac{1}{4} \lambda$ sur la bande la plus basse utilisée ce qui ici est le cas pour le 160 m. Sur les bandes basses le rayonnement principal sera perpendiculaire au fil, mais aura tendance à prendre de plus en plus le sens du fil tout en donnant un certain gain (voir par exemple dans l'ARRL Antenna Book) au fur et à mesure que l'on montera en fréquence.

Si vous n'avez pas assez de place pour tendre les 2 x 20 m, vous pouvez toujours replier les extrémités d'une façon ou d'une autre, par exemple comme l'a fait ON4KNP (Fig.4). Vous pouvez aussi vous contenter d'une longueur inférieure, celle-ci n'étant pas critique, par exemple 2 x 15,54 m pour la G5RV, tout en vous passant du 160 m. Il est évident que ce type d'antenne n'est pas ce que l'on fait de mieux pour le DX, mais avec ma G5RV j'ai contacté depuis le sud de la France toute l'Europe tout en ayant malgré tout accès au DX (VE3,JY9,etc...).

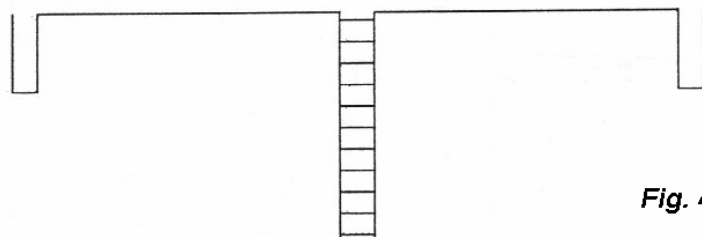


Fig. 4

III. Adaptation du dipôle à l'émetteur :

Dans de nombreux livres traitant d'antennes, on conseille de donner à la descente d'antenne une longueur égale à $\frac{1}{2} \lambda$ sur la bande la plus basse. Dans la pratique souvent cela ne sera pas possible et on prendra juste un peu plus ($\approx 2,50$ m) que la longueur nécessaire au raccordement, tout en veillant à ce que l'échelle à grenouille soit bien perpendiculaire au dipôle au départ de celui-ci, en évitant les torsades et coudes brutaux. On veillera aussi à l'éloigner de tout objet métallique ou inflammable, des tensions très importantes pouvant apparaître à différents endroits de la descente d'antenne. L'échelle à grenouille existe dans le commerce, mais est difficile à trouver. On peut aussi la construire soi-même avec du fil électrique et des écarteurs que l'on trouve au rayon jardinage du BRICOCENTER. Voir à ce sujet le site web de ON4MG (<http://users.skynet.be/ON4MG/>). A défaut du twin lead 450 Ω ajouré spécialement conçu pour l'émission (de couleur brun-noir) conviendra également fort bien. On réservera le 300 Ω à faible écartement pour les cas où la discrétion est

nécessaire et en tous cas pour des puissances inférieures à 150 W. Le vieux ruban plat de nos vieilles TV sera proscrit à l'extérieur car il est très sensible à l'humidité et provoque bien trop de pertes.

Si votre transceiver comporte un coupleur automatique, vous pourriez être tenté de le faire suivre d'un balun et de le raccorder ainsi directement à l'échelle à grenouille. Avec un peu de chance vous arriverez peut-être à coupler sur une ou deux bandes au maximum, mais vous risquez aussi surtout de griller le balun suite à une saturation de son noyau en ferrite. En effet, un balun classique en tension (qui est un transformateur symétriseur sur noyau en ferrite) ne fonctionne correctement que lorsqu'il voit à ses bornes les impédances résistives pour lesquelles il a été conçu, ce qui ne sera pas du tout le cas ici puisque l'on se trouvera la plupart du temps en présence d'un ROS élevé. Il faudra donc se passer de la facilité du coupleur automatique et utiliser un coupleur manuel, mais pas n'importe lequel car la plupart des coupleurs manuels possédant des bornes de raccordement pour antennes symétriques sont malheureusement des coupleurs classiques, c'est-à-dire asymétriques dans lesquels on a inclus en sortie un balun en tension ce qui comme nous venons de le voir n'est pas l'idéal (Fig.5).

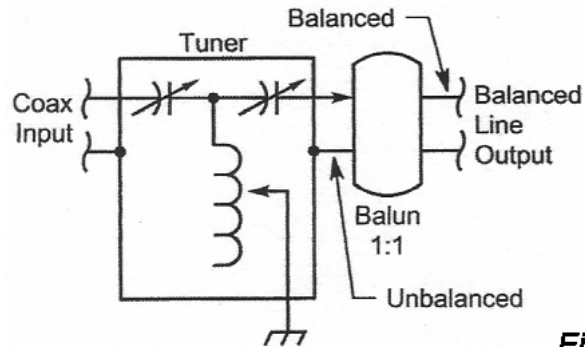


Fig. 5

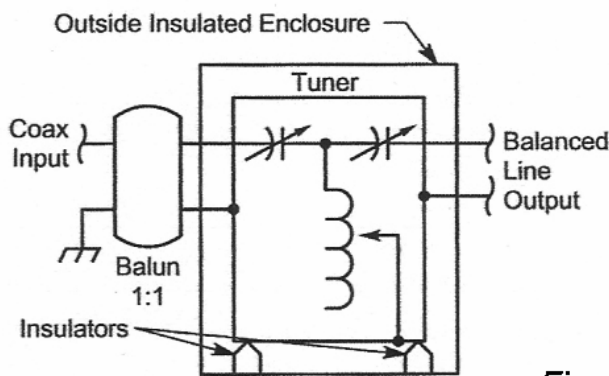


Fig. 6

Nous nous retrouvons donc toujours avec le même problème et pourtant il existe une solution simple. En effet, si l'on déplace le balun de rapport 1:1 avant le coupleur asymétrique et que l'on isole ce coupleur de la terre, alors le balun verra toujours une impédance symétrique de 50 Ω (et donc un ROS de 1:1) à ses bornes et l'on aura un coupleur symétrisé (Fig.6).

C'est la solution que j'ai appliquée avec mon coupleur MFJ-902, le balun étant du type en courant consistant en une double choke RF de plusieurs spires de coax RG213 et de ferrites à clipser.

Du temps où les échelles à grenouilles étaient les seules lignes de transmission utilisées, un coupleur commercial symétrique était très répandu : le E.F. Johnson Matchbox (Fig.7). Avec la généralisation du coax, les vrais coupleurs symétriques ont progressivement disparu du marché.

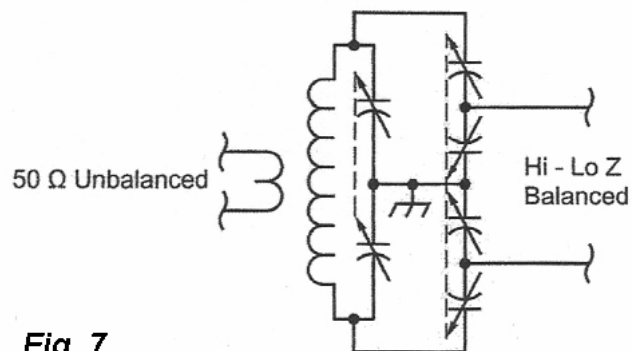


Fig. 7

Actuellement de nombreux OM's redécouvrant les vertus des antennes à lignes symétriques, plusieurs fabricants ont décidé de commercialiser des versions modernes de coupleurs symétriques intégrant une mesure de puissance et de ROS à aiguilles croisées.

C'est notamment le cas des firmes MFJ et Palstar qui ont chacune développé plusieurs modèles.

Prenons pour exemple le MFJ-974H qui permet de couvrir toutes les bandes de 160 à 6 m avec une puissance maximale de 300 W. Le balun d'entrée de type en courant est constitué d'un coax à faibles pertes entièrement recouvert de ferrites.

Le circuit d'accord (**FIG.8**) est constitué d'une section *dual T* avec *shunt L* (4 condensateurs variables en séries de 2, couplés deux à deux et court-circuités par une bobine).

Le choix de bande s'effectue grâce aux 12 positions de la commutation du bobinage ; au cas où plusieurs accords seraient possibles, il faudra toujours choisir celui utilisant le moins de spires afin de limiter les pertes.

Les réglages préliminaires se feront à puissance réduite (15 W) et sur l'échelle la plus basse (30 W) ; on veillera à ne pas commuter la bobine pendant l'émission sous peine de brûler les contacts. Il est possible que vous vous trouviez devant l'impossibilité d'obtenir un accord

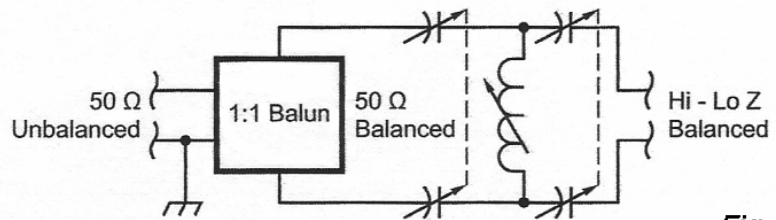


Fig. 8

satisfaisant sur une des bandes, dans ce cas il faudra rallonger ou raccourcir la descente d'antenne par segments d'environ 1,80 m (6 pieds) jusqu'à obtention d'un accord sur toutes les bandes. On prendra soin de noter les positions des différents réglages afin de pouvoir les retrouver facilement lors d'un changement de bande.



Notes : Le présent article est le résultat de plus de 30 ans d'expérience radio dont plus de 16 ans consacrés aux cours de préparation à la licence HAREC au sein de la section BXE. Il a été librement inspiré des lectures suivantes :

- HF Antennas 101, W2OQI, QST September 2004
- The Skinny On Antennas, W6BNB, QST April 2004
- The Classic Multiband Dipole Antenna, WB8IMY, QST March 2004
- Open Wire Feed Line – A Second Look, N1II, QST April 2004
- A New Generation of Balanced Antenna Tuners, W1ZR, QST September 2004
- G5RV Multi-Band Antenna, Louis Varney, RADCOM, July 1984
- Quand l'heure est aux compromis, ON4KNP, GIGAZETTE n° 107, 3^{ème} trimestre 2004
- ARRL Antenna Book
- Les Antennes, Brault et Piat, ETSF
- Site web de ON4MG, <http://users.skynet.be/ON4MG/>

Patrick, ON4LEC

