

## Propos sur les antennes

Charles. Guilbert F3LG  
Radio Ref mars et avril 1966

Nous recevons toujours beaucoup de demandes de renseignements concernant les antennes et de ce courrier, il ressort que les difficultés rencontrées par certains OM ne dépendent que de l'absence ou d'une mauvaise interprétation de certaines notions de base. Souvent l'installation d'une seule antenne n'est pas sans poser de problèmes. Aussi, tout amateur souhaite-t-il que cette antenne soit capable d'un fonctionnement MULTI-BANDE.

De plus, se pose la question du trajet de la ligne de transmission entre l'émetteur et l'antenne, ce trajet devant parfois emprunter des cheminées inutilisées, ou d'autres conduits. En ce genre de cas, la possibilité d'emploi d'un câble coaxial peut sembler avantageuse, et l'on songe alors à la formule de l'antenne multi-bande à « circuits bouchons » (nommés « trap circuits » dans la littérature anglo-saxonne, mais ce qui n'autorise pas pour autant l'appellation « trappes » en notre langue !) avec alimentation par câble coaxial.

A cette solution on peut reprocher le branchement d'un câble **asymétrique** à une antenne **symétrique** (comme pour toute autre liaison entre un câble coaxial et une antenne doublet), cela rendant l'ensemble « boiteux ».

Par ailleurs, si nous nous reportons à des données relatives à l'antenne W3DZZ, publiées dans Radio-REF de novembre 1962 pages 702 à 704, nous lisons la conclusion suivante :

« La solution multi-bande la meilleure consiste à employer des feeders accordés et un coupleurs. »

Que le problème de l'antenne multi-bande soit pris de n'importe quelle manière, on revient fatalement à la ligne accordée, c'est-à-dire aux antennes Lévy et Zeppelin. Il ne s'agit pas d'un sacrifice consenti à la fonction multi-bande, mais bien au contraire, d'un **aboutissement logique** à l'une des meilleures solutions.

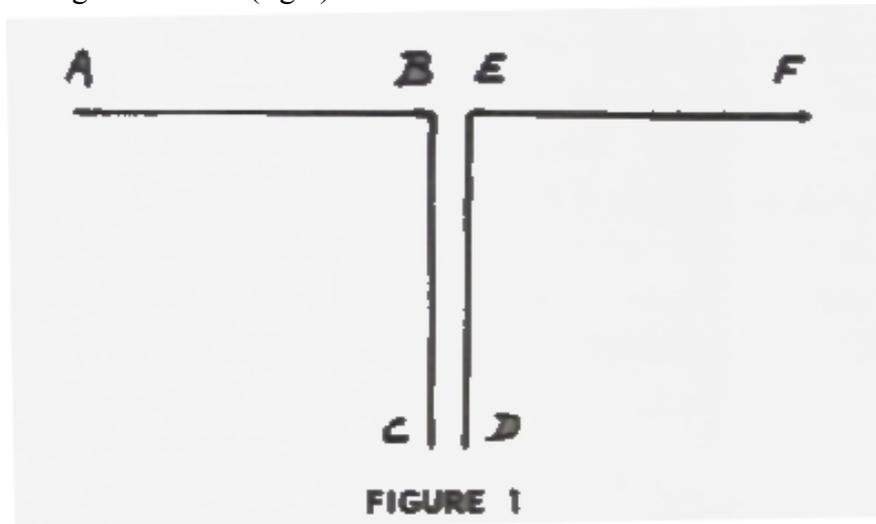
Des questions qui nous sont souvent posées, il ressort que beaucoup sont embarrassées sur deux points principaux :

- a) Les longueurs de l'antenne et de la ligne,
- b) l'accord de cette dernière, au moyen du système de couplage approprié.

Dans ce dernier domaine, les meilleurs procédés sont généralement les plus simples (bien qu'irréprochables sur le plan technique), comme nous le verrons plus loin.

## L'ANTENNE LEVY

On sait que l'antenne Lévy est un aérien formé d'un dipôle alimenté en sa coupure médiane, au moyen d'une ligne accordée (fig.1).



*L'antenne Lévy se compose d'une partie rayonnante AB + EF et d'une ligne à ondes stationnaires BC, ED.*

Par habitude, on a parfois pensé qu'il était nécessaire de **calculer** la longueur de la partie rayonnante AF et de respecter pour elle certaines valeurs précises. Remarquons que, toujours par « habitude », on croit qu'il est indispensable de trouver aux points B et E, un ventre ou des nœuds d'intensité. Cette idée est fautive pour l'antenne Lévy.

De même, étant entendu que la ligne CB, DE, travaille en **ondes stationnaires**, on nous a demandé comment des ondes « immobiles » pouvaient transporter une puissance HF de l'émetteur à l'antenne...

En ce qui concerne le caractère « stationnaire », il suffit de comprendre que **l'onde d'aller** se réfléchissant aux extrémités de l'antenne en A et F, forme une **onde de retour**, laquelle rencontre alors les courants HF d'aller, tantôt en phase, tantôt en opposition de phase. Le « retard » de l'onde de retour par rapport à l'onde d'aller étant **fixe** (pour une fréquence donnée) à partir des extrémités A et F, les points de rencontre en phase et en opposition de phase **ne changent pas de place**. Mais cette immobilité n'est **qu'une apparence**, tout comme n'est qu'apparence, au cinéma, l'immobilité des rayons de roues de véhicules (ou leur rotation en sens inverse), cela étant ici qu'un effet stroboscopique, comme chacun le sait.

D'autre part, l'onde d'aller **transporte une puissance HF**. Or, si le **parallélisme** des conducteurs CB et DE annule le rayonnement, il n'en va pas de même sur les sections BA et EF (dites parties rayonnantes de l'antenne) **où une certaine puissance HF quitte l'aérien et n'est pas réfléchi en A et F**. Dans la ligne de transmission, l'onde de retour est donc toujours plus faible que l'onde d'aller, et c'est la différence entre elles, qui correspond à la puissance rayonnée par l'antenne.

Nous avons dit que l'idée de la nécessité d'un calcul de la longueur de la partie rayonnante et de celle de la ligne de transmission d'une antenne Lévy était fautive. **Cette opinion ne nous est pas personnelle**. Depuis bon nombre d'années, il a suffi d'ouvrir les éditions successives de **Radio Amateur's Handbook ARRL** au chapitre « Multiband antennas – Antennas for restricted space », pour y lire :

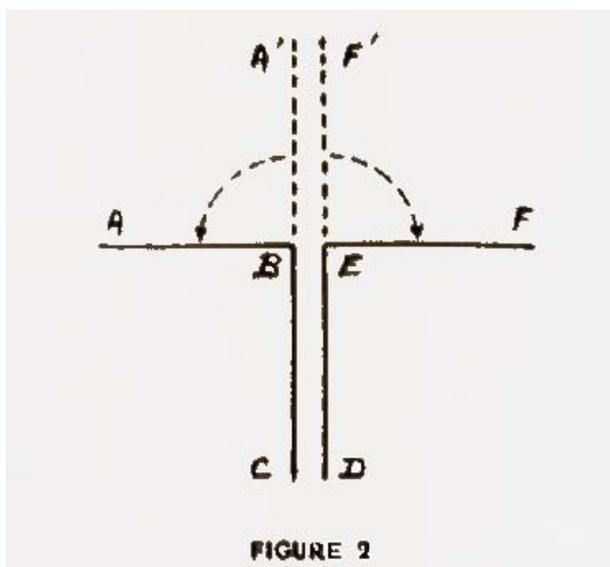
« Si l'espace disponible pour l'antenne n'est pas suffisant pour « accepter » la longueur de fil d'une demi-onde à la plus petite des fréquences d'émission prévues, un fonctionnement tout à fait satisfaisant est possible, en utilisant **une antenne plus courte, et en reportant sur les feeders, la longueur du fil** manquant à l'antenne.... »

« Les feeders **accordés** sont obligatoires dans un tel système d'antenne... »

« N'importe qu'elle longueur de feeders peut convenir... »

Une bonne manière de concevoir l'antenne Lévy est de partir d'une ligne du type « fil de Lecher » (fig.2) A'C, F'D. On sait que sur cette ligne, on peut « inscrire » divers régimes d'ondes stationnaires. Les deux fils étant parallèles. Il annulent mutuellement leur rayonnement.

Rabattons les parties A'B et F'E en AB et FE ; la « partie ouverte » AF va rayonner. Mais il est nécessaire qu'elle ne soit pas ridiculement petite devant la longueur d'onde ; la pratique montre qu'il est suffisant de donner à AF, une longueur égale au quart de la longueur d'onde d'émission, pour que le comportement de l'antenne ne laisse rien à désirer.



*L'antenne Lévy doit être « vue » comme une ligne à ondes stationnaires dont on a ouvert la partie AF, afin qu'elle rayonne.*

Pour la bande 80m, il suffit ainsi de disposer d'un espace **de 20m seulement**, et nous ne comptons pas ceux qui n'auraient jamais trafiqué sur la bande 3,5 MHz (ou qui ne l'auraient fait qu'avec des moyens de fortune), si nous ne leur avions indiqué cette **très bonne** solution de **l'antenne Lévy raccourcie**.

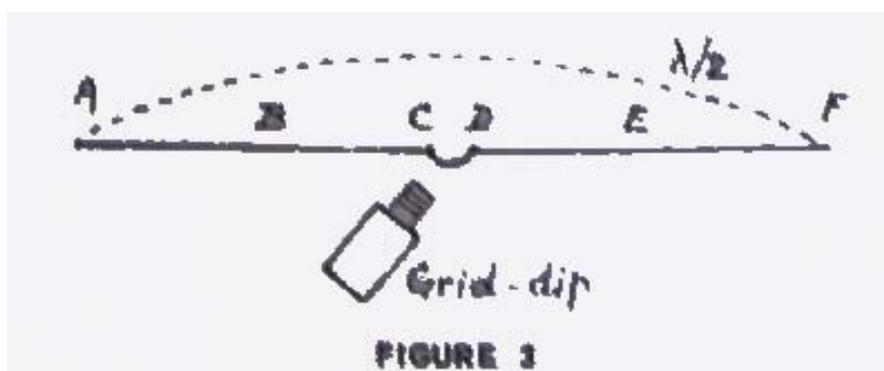
A propos de la ligne, l'appellation « ligne 600 ohms » parfois employée, doit être absolument rejetée. Que la ligne présente une impédance caractéristique de 600 ohms, peu importe... pour toute ligne, une impédance caractéristique est calculable, mais celle-ci est chose totalement différente de l'impédance (tout court) et, des confusions de montrant fréquentes, nous donnerons, à ce propos, divers éclaircissements en terminant cet article, afin de ne pas ouvrir ici une trop longue parenthèse.

L'idée des « 600 ohms » est **nuisible**, parce qu'elle fausse les raisonnements en introduisant le souci d'une adaptation d'impédances à satisfaire, entre la ligne et l'antenne, adaptation qu'on évoque... sans rien préciser... ce qui serait d'ailleurs difficile, **puisqu'il n'y a rien à adapter dans le cas de l'antenne Lévy !**

Pour que cette idée des « 600 ohms » soit valable, il faudrait avoir affaire à une antenne demi-onde (et monobande) munie d'une « delta » d'adaptation, amenant son **impédance** (tout court à 600 ohms au point de raccordement avec l'impédance **caractéristique** de 600 ohms de la ligne, laquelle travaillerait alors en **ondes progressives et pourrait avoir une longueur quelconque**.

L'hypothèse d'une rupture d'impédance au point de jonction ligne-antenne, n'est pas à retenir non plus car si l'on cite l'impédance **caractéristique** 600 ohms de la ligne, cela ne **vaut qu'en présence d'ondes progressives**... ce qui n'est pas le cas, puisque nous savons que la ligne travaille en ondes stationnaires et que sa longueur n'est pas indifférente. En réalité, la ligne travaillant en ondes stationnaires et la distribution de celles-ci **se poursuivant de l'antenne jusque sur la ligne**, l'impédance (tout court ! ... ne pas confondre avec l'impédance caractéristique !) aux points B et E est tout simplement la même, du côté de l'antenne comme de celui de la ligne.

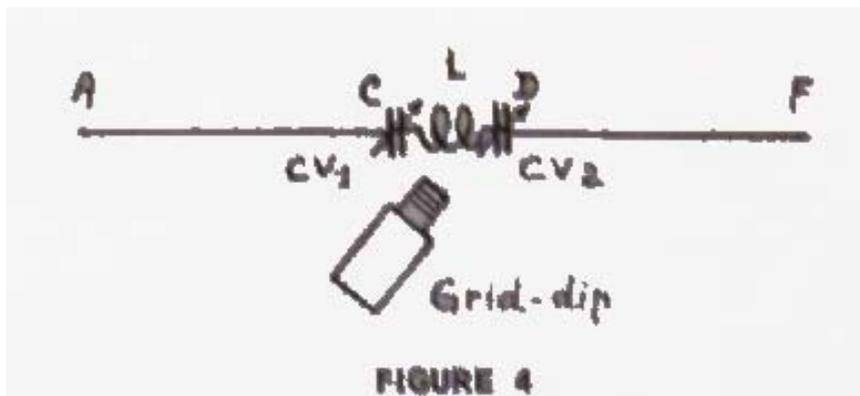
Si nous revenons à la conception de l'antenne Lévy que nous avons exposée par la figure 2, rien ne nous empêche de continuer d'écartier les fils de la ligne initiale et d'arriver à leur complète extension ( fig.3). Joignons les points C et D par un conducteur, et couplons un « grid-dip » en ce point. La longueur de AF sera facilement contrôlable (ainsi que d'autres mode de vibration, comme nous ne manquerons pas de le voir).



*Si l'on « déplié l'antenne Lévy, on comprend comment il est permis d'inscrire un régime d'ondes stationnaires sur toute sa longueur.*

Mais, remplaçons le fil CD par une bobine sur laquelle nous prendrons un nombre de tours croissant : **à chaque fois, la longueur d'onde mesurée augmentera.**

L'introduction d'une bobine réglable en CD offre ainsi un moyen d'accorder l'antenne. Cependant, on pourrait reprocher à ce procédé **d'allongement artificiel** de l'aérien, ses sautes brusques au passage d'une spire de la bobine à la suivante. De part et d'autre de la bobine L (fig. 4), plaçons deux condensateurs variables CV1 et CV2 (identiques afin de pouvoir les maintenir aisément à égalité) ; **ces deux condensateurs vont apporter un effet de raccourcissement** dans la longueur AF, avec la possibilité **d'un réglage parfaitement continu** de la longueur d'onde de résonance de l'aérien.



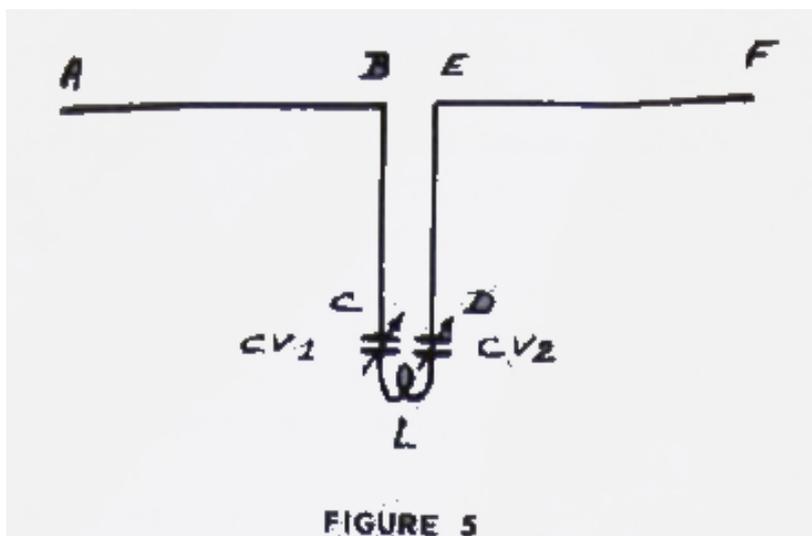
Une antenne de longueur AF peut être allongée par la bobine L, et raccourcie artificiellement par les condensateurs CV1 et CV2.

En pratique, il suffira **d'allonger un peu trop** l'antenne, par la bobine L, afin **que l'effet de raccourcissement** procuré par les condensateurs variables, ramène la longueur d'onde de résonance à la valeur désirée. Il est évident que l'effet de raccourcissement est d'autant plus important que la capacité de CV1 et CV2 est plus petite. Tout le principe de **l'accord série** d'une antenne Lévy ou de la ligne de transmission d'une antenne Zeppelin, tient en ce que nous venons d'exposer.

Nous avons pris le cas de la vibration en demi-onde pour notre exemple, mais le même raisonnement aurait été valable pour tout autre mode de vibration de AF, selon un **multiple impair** de  $\lambda/2$ , c'est-à-dire **selon un mode plaçant un ventre d'intensité au milieu de l'aérien**.

En « explorant » au « grid-dip » les résonances de l'antenne représentée à la figure 3, nous aurions d'ailleurs trouvé successivement les modes de vibration en  $\lambda/2$ ,  $3 \lambda/2$ ,  $5 \lambda/2$  etc.

De la figure 4, nous pouvons revenir à la disposition de l'antenne de la figure 2, ainsi que nous le montrons par la figure 5 c'est-à-dire à la forme de représentation classique d'une antenne Lévy **avec accord série**.



De la figure 4, on revient à la représentation classique de l'antenne Lévy, pour l'accord série.

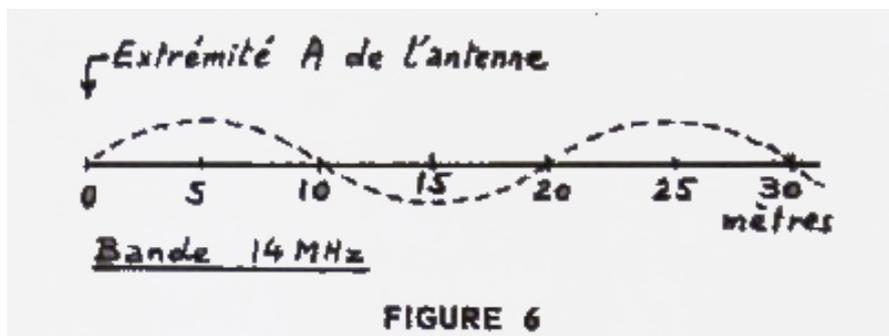
Toujours dans le cas de cet **accord série**, une grosse et fréquente erreur est de croire que la bobine L à employer sera la même que celle qui convient lors de l'**accord parallèle** (auquel nous allons bientôt arriver). Les explication que nous venons de donner montrent bien qu'il n'est rien ; nous avons vu que **la bobine L de l'accord série intervenait pour apporter artificiellement à la longueur AF, ce qui lui manquait pour qu'on puisse y « caser » exactement l'un des tracés  $\lambda/2$ ,  $3 \lambda/2$ ,  $5 \lambda/2$  etc., correspondant à la longueur d'onde de travail recherchée.**

Le nombre de tours de la bobine ne dépend donc que de **cette longueur manquante**, et on de la bande d'ondes où l'accord doit être pratiqué.

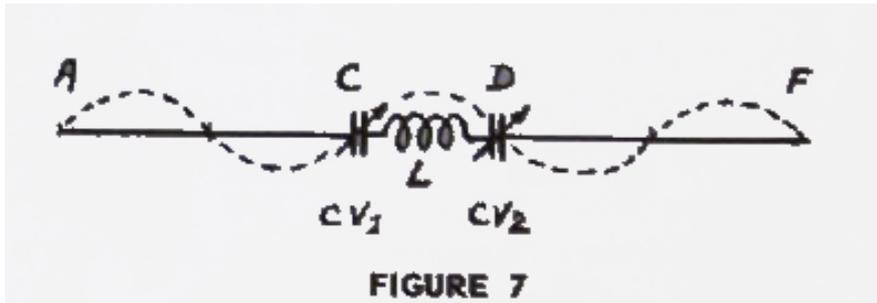
Quand on montera une antenne Lévy, il sera très sage de noter les longueurs de fil installées pour AB (=EF), et BC (=CD). Cela permettra ensuite d'effectuer quelques tracés d'ondes stationnaires, à l'échelle choisie, comme la figure 6 en donne un spécimen pour la bande 14 MHz. ( Des graphiques pour toutes les bandes sont publiés dans nos livres : « Technique de l'émission réception sur ondes courtes » et « La pratique des antennes » (Société des Editions Radio). Partant de zéro pour l'extrémité A de l'antenne (où existe forcément un nœud d'intensité), il est permis de voir ce qui se présente à l'égard de la distribution des ondes stationnaires, au point C, puisqu'on connaît le total AB + BC. Par exemple, si AC = 23 m, on constatera que le point C se situe deux mètres avant un ventre d'intensité. L'allongement artificiel devra donc apporter l'équivalent de deux mètres de fil à chaque moitié de l'aérien.

Si l'on avait eu AC = 27 m (ce qui aurait placé l'extrémité du feeder au-delà du ventre d'intensité), un « petit allongement » par la bobine L et un « raccourcissement » plus marqué par CV1 et CV2, auraient ramené artificiellement la longueur de la moitié d'antenne à 25 m ( ventre d'intensité).

Supposons maintenant ( et toujours pour un trafic sur la bande 14 MHz) que l'on ait AC = 20 m (fig.6). Peut-on alors envisager un accord série où la bobine L va remplacer, entre C et D, deux fois cinq m de fil manquant ( fig. 7) ?



*En traçant sur un graphique, la répartition d'ondes stationnaires correspondant à chaque bande, il est facile, partant d'un nœud d'intensité au bout A de l'antenne, de savoir ce qui se présente au point C de la ligne, à l'égard des nœuds et ventres d'intensité.*



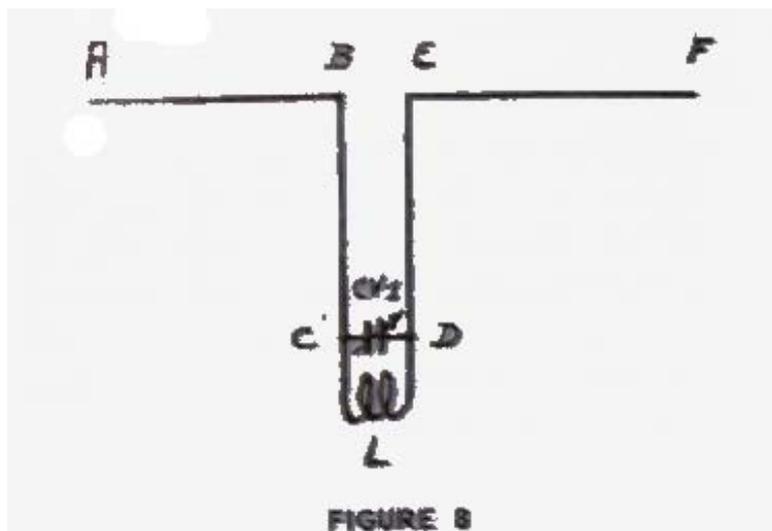
*Les condensateurs variables CV1 et CV2 ne doivent jamais se trouver placés à des nœuds d'intensité, car ils y sont inopérants, et il faut alors en venir à l'accord parallèle.*

Non, car les condensateurs variables CV1 et CV2 seraient situés en des nœuds d'intensité et ils s'y montreraient tout à fait inopérants. (Nous avons publié une étude relativement très détaillée concernant ces divers problèmes d'antennes dans les numéros 270, 271, 275, 280, 281 de *Toute l'Electronique*, et nos lecteurs désireux d'approfondir cette matière pourront s'y reporter utilement.)

Nous tenions à signaler le fait qui précède, mais en présence d'un nœud d'intensité au bas des feeders, on sait que **l'accord parallèle** est de rigueur (fig. 8).

Disons immédiatement que l'accord parallèle est viable de part et d'autre du nœud d'intensité, en pratique d'environ  $0,1 \lambda$  au dessus et au dessous de la longueur d'onde de base. Au delà, on reprend l'accord série lequel se montre toujours plus souple.

Quand on pratique l'accord parallèle, une expérience est facile. La bobine L de la figure 8 étant couplée à l'émetteur, ou à un « grid-dip » réglés sur la fréquence de travail, on déconnecte les feeders en C et D, puis on accorde le circuit L-CV1 au maximum d'absorption, et l'on relève le réglage exact de CV1. On rebranche les feeders en C et D, et l'on tourne CV1 afin de faire un nouveau contrôle du maximum d'absorption. Si le réglage de CV1 n'a pas varié, les points C et D coïncident exactement avec les nœuds d'intensité.



*L'antenne Lévy avec accord parallèle au bas de la ligne.*

S'il a fallu augmenter la capacité de CV1, ou la diminuer, c'est que la ligne est respectivement soit un peu trop courte soit un peu trop longue. Mais, dans la mesure que nous

avons mentionnée plus haut, le rattrapage de petites différences (inévitables sur l'étendue de chaque « bande amateurs ») est parfaitement assuré par le réglage de CV1.

Avant de passer au couplage de la ligne à l'émetteur, résumons bien les points essentiels propres à l'antenne Lévy.

Les longueurs AB et EF doivent être égales. Elles n'ont pas à être calculées en fonction de la fréquence ; il suffit seulement que la longueur AF ne soit pas inférieure au quart de la longueur d'onde d'émission.

Sans tomber dans l'excès, au cas d'un très grand espace disponible, on a intérêt à profiter de toutes conditions locales autorisant un bon développement de la partie AF de l'aérien.

Au point de vue de la réalisation pratique de l'antenne, du de 2,5 mm convient bien pour la partie rayonnant, tandis qu'il est préférable de prendre du fil de 1,5 mm pour les feeders afin de ne pas avoir une traction trop grande au milieu de l'aérien. En ce dernier endroit, un isolateur Pyrex de 90 mm est très convenable, tandis qu'à chaque extrémité on peut en mettre deux. Les feeders doivent être maintenus à un écartement (non critique) de 10 à 12 cm, et le mieux est d'utiliser des espaceurs **légers**, en matière plastique.

Le fil assurant la meilleure tenue aux intempéries est le fil de cuivre **étamé**. Le fil émaillé (dont l'émail s'en va par écailles et lambeaux au bout de peu de temps).

### **Le couplage de l'antenne à l'émetteur :**

La méthode la plus simple pour coupler une antenne Lévy à l'émetteur est de présenter du « côté froid » de la bobine de plaque du final, la bobine L relié au bas de la ligne. En réalité, il sera nécessaire de disposer de bobines montées sur broches, donc interchangeables, et de nombre de tours différents, afin d'obtenir l'accord sur les diverses bandes.

Pour le passage du mode d'accord série à celui en parallèle, nous ne recommandons guère les commutations, celles-ci ajoutant des longueurs de connexions et des capacités parasites, c'est-à-dire des pertes.

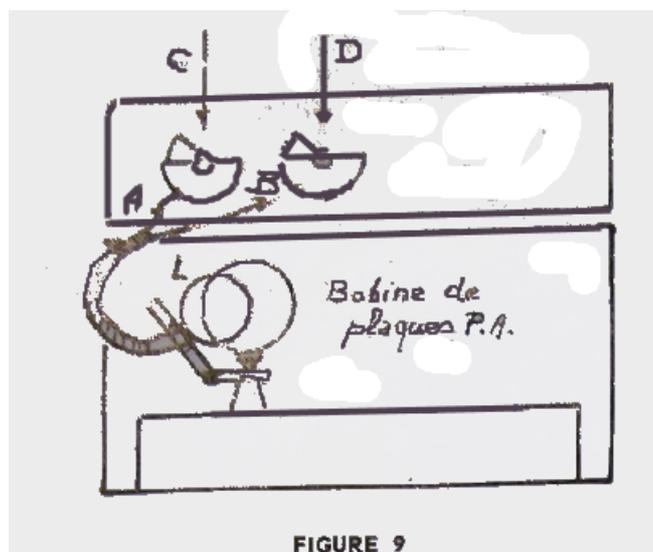
Mieux vaut monter au-dessous de l'étage final de l'émetteur, un panneau portant les condensateurs variable CV1 et CV2, tous deux isolés dudit panneau.

En connectant au support de la bobine L une longueur de 25 ) 30cm de « ruban plat » (twin lead) terminé par deux pinces crocodile A et B (afin d'éviter deux fils séparés qui s'entremêlent), et en munissant également les feeders C et D de pinces crocodiles (fig.9), il est aisé de passer de l'accord série à l'accord parallèle(fig. 10).

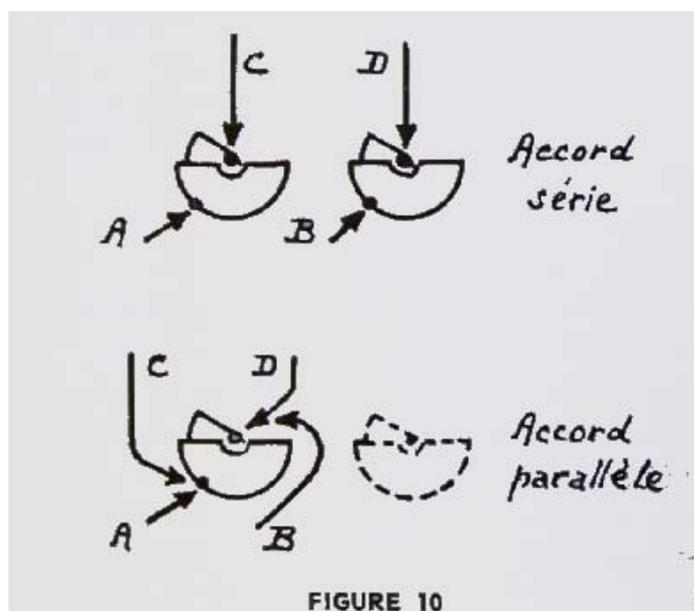
La capacité de CV1 et de CV2 doit être de l'ordre de 200 pF, mais il est prudent, avec un émetteur de 100 W alimentation de choisir des condensateurs dont l'espacement des lames correspond au « type 2.000 V », pour éviter l'apparition d'arcs.

Afin de faciliter le couplage, il sera bon de réaliser les bobines L de manière qu'elles soient courtes. D'un diamètre de 50 mm, elles seront donc faites en fil nu de 1,5 mm, les spires étant maintenues dans des barrettes de plexiglas percées pour un pas d'enroulement de 2,5 mm.

Une série de quatre bobines satisfera les cas d'accord parallèle : 3 spires pour 28 et 21 MHz, 6 spires pour 14 MHz, 12 spires pour 7 MHz, 21 spires pour 3,5 MHz.



Comment on dispose le panneau de couplage d'antenne, au-dessus de l'étage final de l'émetteur. Un morceau de « ruban plat » assure la liaison à la bobine de couplage L, et les connexions sont faites à l'aide de pinces crocodiles A, B, C, D



En déplaçant les pinces crocodiles, il est facile de passer de l'accord série à l'accord parallèle.

Dans le cas de l'**accord série**, nous avons déjà bien insisté sur le fait que tout dépend de l'**allongement** nécessaire pour atteindre le ventre d'intensité. Il faudra donc **essayer** avec des nombres de tours croissants, en manœuvrant à chaque fois (et **simultanément**, afin de maintenir à égalité) les condensateurs CV1 et CV2, jusqu'au moment où se manifeste un accord. **Il ne faut pas redouter d'augmenter le nombre de tours, même s'il semble déjà grand.**

## Les réglages du couplage d'antenne :

Certains OM, après avoir réglé l'émetteur, ayant toujours sous la main le ou les condensateurs variables d'accord

... [note : pb de pagination dans l'article original]

puis l'accord d'antenne, croient bien faire en revenant sur le condensateur variable du circuit de plaque du final, où ils trouvent un nouvel accord... puis à l'accord d'antenne, où il découvrent encore un nouveau réglage... et ainsi de suite...

L'explication de ce phénomène est simple. On connaît la courbe à deux bosses, dite « en dos de chameau », des transformateurs F.I. **où le couplage critique est dépassé**. Toute intervention sur le primaire ou sur celui du secondaire, **modifie l'accord de l'autre circuit** et l'on s'engage dans des retouches sans fin... (ou qui le resteraient si l'on ne faisait appel à un oscillateur modulé en fréquence pour trouver l'alignement correct).

Ce couplage critique est très souvent dépassé aussi, entre l'émetteur et l'antenne ! Donc la seule bonne méthode est la suivante ! Après avoir fortement éloigné le bobine L de celle de plaque PA, on pratique l'accord du dit circuit de plaque (passage pas un minimum au milliampèremètre inséré dans ce même circuit). **Et l'on ne touche plus à ce réglage**.

Enfin, on ajuste le couplage de manière à faire monter le même milliampèremètre jusqu'à l'intensité nécessaire pour obtenir la puissance prévues.

Les habitués de ce type d'aérien conviendront avec nous que **ces réglages sont précis**. C'est pourquoi l'aérien est efficace, et nombreux sont ceux qui nous ont dit avoir gagné plusieurs points sur des reports ayant pu faire l'objet de **comparaison sérieuses** au cours d'essais d'antennes.