

De la "Lévy" au "Center Fed Dipole"

Idées objectives et croyances fausses sur une antenne multibande (1ère partie)

LE PROBLÈME DE L'ANTENNE MULTIBANDE

Déjà en juillet 1959, le problème était posé sous ce titre par Charles GUILBERT, F3LG, dans l'article qu'il publia dans la revue Radio-REF. Son préambule ne peut qu'être reproduit sans qu'il puisse paraître dépassé :

« Très souvent des OM nous ont consultés en vue du meilleur choix de leur antenne d'émission.

En effet, produire de l'énergie HF est bien, mais la rayonner avec un maximum d'efficacité, est encore mieux. Il n'y a pas d'autre explication à l'existence de stations "qui passent en DX" et à celle d'autres émetteurs qui n'en sont jamais capables!

En général, la place disponible, les supports, le passage de la ligne d'alimentation de l'antenne constituent autant de problèmes plus ou moins complexes et c'est pourquoi l'OM souhaite obtenir un fonctionnement multibande de l'unique antenne qu'il aura réussi à monter.

En ce point de leurs projets, nous avons souvent vu des OM tomber dans des réalisations critiquables, faute d'une documentation réellement utilitaire. C'est pourquoi nous voudrions rassembler ici, quelques idées objectives et saines, tout en nous élevant contre certaines croyances fausses, enracinées par la routine et l'incompréhension. »

Charles GUILBERT, F3LG, fut un ardent défenseur de l'antenne Lévy et son livre "Technique de l'émission-réception

« Cette antenne (ou peut-être devrions nous dire ces antennes?) ne cesse d'alimenter les conversations d'une partie des radioamateurs français. Elle n'est pourtant ni plus ni moins extraordinaire que toute autre "bonne antenne" de même catégorie installée, alimentée et utilisée correctement. Toutefois, avantage non négligeable, elle peut fonctionner très correctement sur plusieurs bandes avec une grande facilité pour l'opérateur, sous réserve de respecter quelques principes essentiels. »

sur ondes courtes" (Société des Editions Radio), réédité et remis à jour plusieurs fois, a répondu aux questions essentielles que se posaient les radioamateurs, en particulier au sujet de cette antenne.

De nombreux radioamateurs français ont pu, en suivant ses conseils, rayonner le mieux possible l'énergie produite par leur émetteur sur une bonne partie des bandes décimétriques qui leur étaient autorisées dans les années 60/70, en évitant de s'égarer dans des expérimentations à bon marché.

F3LG fut aussi celui qui s'écarta quelque peu mais avec prudence des très classiques contraintes de dimensions des éléments de l'antenne Lévy.

Mais, selon ses propres termes, "l'antenne est souvent mal comprise, elle est fréquemment le fruit des pires accommodements."

TOUT A ÉTÉ DIT

Il ne sera pas dans notre propos de plagier ici de manière pesante ni F3LG, ni ses prédécesseurs aux compétences reconnues, afin de réaliser une énième "étude" de l'antenne Lévy.

Tout a déjà été dit, ou presque,

depuis si longtemps, et une analyse comparée des publications effectuées avec la rigueur propre aux auteurs de cette époque sur ce sujet, dans la première moitié de ce siècle, doit suffire pour permettre à un radioamateur de savoir ce qu'est réellement l'antenne Lévy, comment elle fonctionne et ce qu'on peut en attendre. La bibliographie qui termine le présent article est suffisante pour se documenter et s'instruire dans des conditions sérieuses.

VARIATIONS ET ÉGAREMENTS

Malheureusement, à partir des années 1980, de nombreuses "variantes" de la "fameuse antenne Lévy" et de ses accessoires furent publiées en France. Il s'agissait de décrire des systèmes soi-disant simples et pratiques dans le but, peut-être, de satisfaire la nouvelle génération d'amateurs de radio pas forcément radioamateurs et dont une grande partie est plus intéressée par l'utilisation d'une antenne la plus multibande possible et facile à utiliser que par l'étude et la compréhension du fonctionnement réel de celle-ci.

De lectures en interprétations, de discussions en écritures,

d'expérimentations approximatives en mesure sans protocole, pratiquement tout a été dit, écrit et discuté sur ce malheureux et vénérable dipôle. Car l'antenne Lévy n'est qu'un dipôle.

Aucune explication alambiquée ne pourra transformer un bout de fil en antenne miracle, ne pourra justifier de l'intérêt de décrire "des antennes Lévy" de différents types. Cela reviendrait à accréditer l'idée que chaque longueur particulière de fil, chaque longueur particulière de ligne d'alimentation, chaque type particulier de cette dernière, chaque type de coupleur et chaque réglage de celui-ci puissent constituer une énième antenne Lévy, encore plus fameuse que la précédente et méritant de rester dans la postérité, sous l'éventuel indicatif de son auteur.

Confondre l'antenne elle-même et le système d'antenne complet, qui inclut l'ensemble des éléments connectés à l'émetteur-récepteur, est une erreur fréquente. C'est aussi la source de bien des confusions et des mauvaises interprétations dans la compréhension et les éventuelles explications du fonctionnement d'une antenne.

UN FREIN AUX MYTHES

Il nous apparaît de ce fait indispensable de refaire le point, avec précision mais sans développement exagéré, d'une part sur les principes essentiels qui ont conduit à la

mise en œuvre de la véritable antenne Lévy, d'autre part sur les accommodements des caractéristiques de cette antenne et de ses accessoires, le pire côtoyant bien souvent l'acceptable dans des descriptions quelque peu hâtives et insuffisamment éclairées par les travaux qui les ont précédées.

Bien entendu, la démarche n'a rien d'original. D'autres auteurs ont déjà procédé de la sorte, de manière plus exhaustive et sûrement plus méritante. Mais s'il est possible, autant que faire se peut, de freiner la propagation de mythes sans fondement parmi le petit monde des radioamateurs français "*en nous élevant contre certaines croyances fausses, enracinées par la routine et l'incompréhension (dixit F3LG)*" ne serait-ce qu'en incitant les lecteurs à lire une partie de la bibliographie citée en annexe et choisie avec précaution, notre but sera atteint.

L'ANTENNE LÉVY : RETOUR AUX SOURCES

Il est facile de rappeler, avec des explications relativement abordables, que l'antenne Lévy est née avec des dimensions précises car elle devait répondre efficacement aux besoins d'une époque.

EN 1938

L'antenne Lévy n'est pas une nouveauté. Déjà en 1938, les "*Cours Techniques sur l'Air du REF*" dans un document intitulé "*Construction et réglage des antennes*" mentionnaient :

« Le feeder à ondes stationnaires est celui que vous avez employé sur 40 m et 80 m pour l'alimentation des Lévy ou Zeppelin, qui ne sont d'ailleurs que des demi-ondes. A- Si l'excitation de la demi-onde est effectuée par une extrémité (Zeppelin), en tension, le feeder aura une longueur, y compris la self de couplage :

1- D'un quart de longueur d'onde pour une excitation en courant du feeder par l'émetteur ou d'un multiple d'une demi-longueur d'onde plus un

quart de longueur d'onde si la place fait défaut pour disposer l'émetteur à un quart de longueur d'onde.

2- D'une demi-longueur d'onde pour une excitation en tension du feeder par l'émetteur ou d'un multiple d'une demi-longueur d'onde si vous êtes obligé d'allonger vos feeders.

B- Si l'excitation de la demi-onde est effectuée en son centre (Lévy), en courant ou en intensité, il y a lieu dans ce cas de couper la demi-onde en deux parties égales et de raccorder chaque partie à une extrémité du feeder. Le feeder aura, y compris la self de couplage :

1- Une longueur d'un quart de longueur d'onde pour une excitation en tension du feeder par l'émetteur ou d'un multiple de demi-onde plus un quart de longueur d'onde si la place fait défaut pour disposer l'émetteur à un quart de longueur d'onde.

2- Le feeder aura une longueur, y compris la self de couplage, égale à une demi-longueur d'onde pour une excitation en intensité du feeder par l'émetteur ou à un multiple d'une demi-longueur d'onde si vous êtes obligé d'allonger vos feeders.

[...] On chercha, toujours pour augmenter le rendement, à dégager le plus possible des masses environnantes la partie de l'antenne devant rayonner. Il fallut, c'est évident, alimenter cette partie rayonnante au moyen d'une ligne non rayonnante lui apportant l'énergie haute fréquence produite par l'émetteur : c'est ainsi que les OM redécouvrirent les feeders.

Chez l'amateur, la partie rayonnante de l'antenne est ordinairement constituée par un seul fil rectiligne, le plus souvent horizontal. On l'appelle le brin rayonnant. Il est isolé en ses deux extrémités au moyen d'isolateurs et est le siège d'ondes stationnaires. On lui donne une dimension telle qu'il vibre en demi-onde lorsqu'on transmet sur l'onde de travail la plus longue utilisée par la station. Autrement dit, sa longueur sera la moitié environ de celle de cette onde dite fondamentale.

Mais, et ceci est très important, ce fil pourra vibrer également sur les longueurs d'ondes harmoniques de cette fondamentale. C'est-à-dire qu'il permettra la radiation normale des ondes demi, tiers, quart, etc., de celle pour laquelle il a été établi. Et comme les bandes réservées aux amateurs sont elles-mêmes harmoniques (remarque de l'auteur : à cette époque, vers 1938, et pour 4 bandes), tout est pour le mieux! »

EN 1947

Un peu plus tard, en 1947, J. BASTIDE, F8JD, dans un article détaillé intitulé "*Les antennes d'émission Zeppelin et Lévy*", publié dans Radio-REF de mars/avril 1947, indiquait entre autres :

« Nous avons choisi spécialement pour cette première étude l'antenne Zeppelin et sa sœur jumelle l'antenne Lévy.

[...] Les différents noms donnés aux antennes ondes courtes suivant le système de ligne d'alimentation (ou feeder) utilisé, tels que Zeppelin, Lévy, Hertz-Windom-Conrad, Doublet, etc., ou bien encore pour un brin direct sans feeder tels que AOG, Fuchs, provoquent souvent des malentendus et l'on croit avoir affaire à des antennes différentes au point de vue dipôle. Il n'en est rien.

Si le brin rayonnant (qui doit être distingué du feeder) est un élément demi-onde, son fonctionnement sera exactement identique dans tous les types d'antennes, quel que soit leur nom distinctif.

La seule condition est que le feeder (si on en utilise un) ne doit pas rayonner lui-même de façon appréciable, car s'il rayonnait (et cela arrive plus souvent qu'on ne le croit) il prendrait une part importante dans le système rayonnant et en troublerait profondément le fonctionnement.

Un type d'antenne n'est pas meilleur qu'un autre. Bien adaptée et bien réglée, une antenne demi-onde doit donner le même rendement quel que soit le dispositif du feeder. Seules les conditions

d'emplacement font donner la préférence à un type ou à un autre.

[...] Les antennes Zeppelin et Lévy sont simples à réaliser, faciles à prédéterminer et à accorder, et de plus elles peuvent fonctionner sur harmoniques en modifiant simplement soit la longueur soit l'accord des feeders.

Leur brin rayonnant est du type demi-onde ou multiple de demi-onde. On doit toujours le dégager au maximum de tous les objets environnants qui forment écran et absorbent en pure perte l'énergie haute fréquence rayonnée par l'antenne. C'est pour cela que l'on utilise une ligne d'alimentation (feeder), non rayonnante, pour transporter l'énergie avec le minimum de pertes de l'émetteur au brin rayonnant.

[...] Comme pour le brin rayonnant, la longueur métrique à donner au feeder n'est pas exactement la même que la longueur de l'onde dans l'espace (nota : coefficient de vitesse légèrement inférieur à l'unité).

Toutefois, le dispositif d'accord du feeder permet une certaine latitude dans cette longueur, et supprime la nécessité de couper le feeder à un multiple exact de quart-d'onde. Il est possible, avec un feeder d'une longueur métrique inférieure de 25 % de la longueur exacte, d'accorder correctement le système. On adoptera, suivant le cas, l'accord série ou parallèle, cet accord dépendant de la longueur du feeder plus ou moins rapprochée d'un multiple pair ou impair de quart-d'onde.

Mais cette méthode n'est pas recommandable, et chaque fois que cela est possible, il est préférable d'adopter un multiple exact de quart-d'onde (électrique). C'est le meilleur moyen pour éviter les difficultés d'accord qui surgissent souvent lorsque l'on s'écarte des longueurs correspondant à l'accord série ou l'accord parallèle.

Pour obtenir une annulation efficace du rayonnement du feeder, l'écartement des deux fils devra être réduit par rapport à la longueur d'onde : une distance entre fils de 1 % de

la longueur d'onde, ou moins, est convenable. Une valeur moyenne pratique est de 150 mm.

[...] Il est indispensable que les deux fils composant le feeder forment un bloc mécaniquement indéformable ; on disposera dans ce but un bâtonnet d'écartement tous les mètres ou au maximum tous les deux mètres (nota : augmenter le nombre d'isolateurs alourdit le feeder et augmente les pertes le long de ceux-ci).

Si un feeder bien réglé ne rayonne presque pas à distance, son champ immédiat est important et peut donner lieu à des pertes importantes. Le trajet du feeder devra être aussi rectiligne que possible, les changements de direction se feront avec un grand rayon de courbure. Eviter la proximité immédiate de masses importantes (murs, arbres, fils électriques, etc.) qui, en plus des pertes, créent des dissymétries dans le champ du feeder.

[...] Une différence de quelques "pour cent" dans la longueur du brin rayonnant type demi-onde ou dipôle n'a que des conséquences négligeables. Ceci est vrai pour le brin rayonnant considéré seul, mais non pour le feeder à ondes stationnaires proprement dit. Il en résulte un effet préjudiciable au fonctionnement de l'ensemble du système de l'antenne. Ce défaut est particulièrement sensible pour la Zeppelin. Les courants des deux fils du feeder ne sont pas équilibrés et le feeder rayonnera une certaine puissance HF, avec des pertes importantes dans les masses qui l'environnent. L'antenne Lévy, alimentée au

centre, est un système équilibré. Donc l'effet d'une longueur incorrecte du brin rayonnant se trouve contrebalancé, de sorte que le feeder fonctionne convenablement dans toutes les conditions. Si les deux moitiés du brin rayonnant ont exactement la même longueur et si aucune masse environnante ne vient détruire la symétrie, la distribution du courant sera symétrique, de sorte qu'il n'existera aucun déséquilibre, même avec une longueur de brin rayonnant largement différente de la valeur exacte.

[...] Choix du fil d'antenne. Condamnons sans appel tous les câbles torsadés et divisés.

[...] Au bout d'un certain temps, l'oxyde isole les brins entre eux et l'onde, au lieu de se propager en ligne droite sur le câble, doit suivre chaque brin constituant le câble : l'antenne se révélera trop longue. Ce phénomène est d'ailleurs très complexe : mauvais contacts, fils en parallèle, effet de self-induction. L'effet sera pire avec du câble tressé.

Les courants à haute fréquence qui parcourent l'antenne circulent surtout en surface, et cela d'autant plus que la fréquence est plus élevée. Nous rejeterons tous les conducteurs étamés et le fil galvanisé.

On emploiera uniquement du fil de cuivre plein, diamètre 15/10 à 30/10 mm. L'oxyde qui recouvre à la longue le cuivre, offre une résistance plus élevée aux courants haute fréquence que le cuivre pur, mais l'expérience montre qu'une oxydation normale du fil de cuivre n'influe pas sur le rendement de l'antenne. Adopter le même diamètre de

fil pour le brin rayonnant et pour le feeder. Toutes les épissures seront soudées.

Les isolateurs. Employer uniquement des isolateurs forme tibias, de préférence du modèle Pyrex. Les tibias en ébonite ou bakélite ont le grave inconvénient de se recouvrir de poussières incrustées et ne sont pas stables lorsqu'ils sont soumis aux intempéries.

L'isolement de l'antenne sera fonction de la puissance de l'émetteur, mais on ne saurait prendre trop de précautions pour assurer l'isolement maximum, surtout dans les agglomérations où l'air est chargé de fumées et de poussières et également au bord de la mer (remarque de l'auteur : lorsqu'il est utilisé en un point de haute tension, l'isolateur est le siège de pertes HF par effet capacitif qui viennent s'ajouter aux pertes diélectriques. La qualité, la longueur et la propreté de l'isolateur sont primordiales). »

EN 1949

En 1949, Charles Guilbert, F3LG, dans un article intitulé "Des antennes multibandes en général, et de l'antenne Lévy en particulier", publié en novembre 1949 dans Radio-REF, met lui aussi en avant les qualités de l'antenne Lévy classique après avoir décrit quelques autres solutions : « Nous avons voulu passer en revue les différentes antennes multibandes, afin de mieux faire ressortir tous les avantages présentés par l'antenne Lévy.

Ecartons tout d'abord, puisque nous voulons avoir un aérien multibande, toutes les antennes alimentées au centre, par feeder à ondes

progressives (câble torsadé, câble coaxial, ligne avec transformateur d'impédances en "delta", etc.). De par leur conception technique, elles ne peuvent fonctionner que sur une seule bande, où d'ailleurs le rendement tombe à mesure que l'on s'éloigne de la fréquence d'accord.

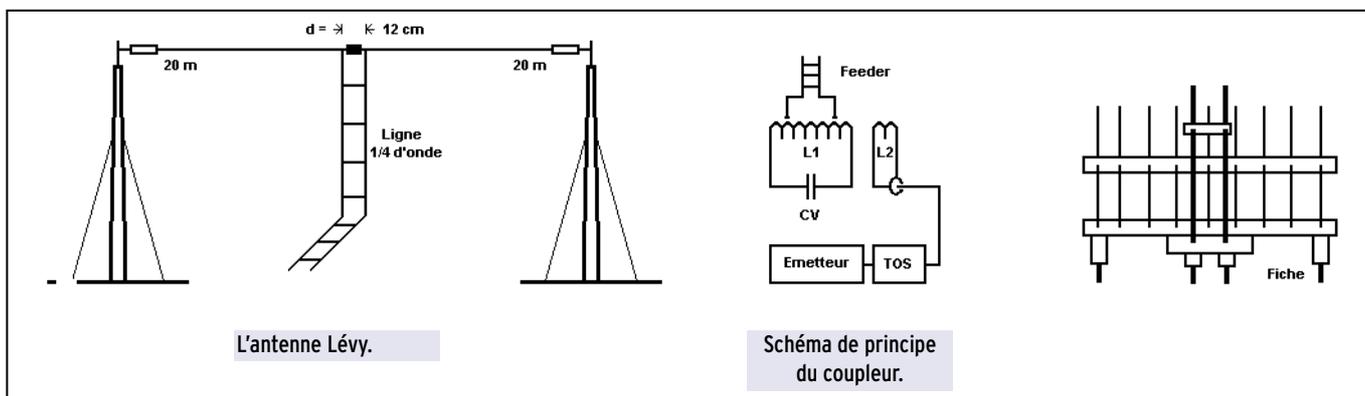
Après cette élimination, il ne nous reste pratiquement, comme aériens susceptibles de travailler sur plusieurs bandes, que les antennes Fuchs, Hertz-Windom, Zeppelin et Lévy.

(remarque de l'auteur : l'antenne Fuchs correspond au mal-nommé "long-fil" des radioamateurs français, le circuit d'accord de l'émetteur à lampes étant remplacé par la très moderne "boîte de couplage". La Hertz-Windom est un brin demi-onde alimenté au tiers par un seul fil. Ces deux antennes nécessitent une excellente prise de terre reliée par un fil court au système de couplage.) »

EN 1959

En 1959, Roger RAFFIN, F3AV, décrit l'antenne Lévy dans sa quatrième édition de "L'Emission et la réception d'amateur" dans les mêmes termes que ses prédécesseurs. Il insiste sur :

- la dimension d'une demi-onde du brin rayonnant.
- son alimentation en son centre au moyen d'un ventre de courant.
- le fonctionnement du feeder en ondes stationnaires en opposition de phase.
- la nécessité de disposer à la base du feeder d'un ventre de tension ou d'un ventre de courant.
- la longueur définie des fee-



L'antenne Lévy.

Schéma de principe du coupleur.

ders, avec la possibilité d'une certaine variation, mais toutefois limitée, compensée par le circuit d'accord à la base. Remarquons que F3AV indique :

« En fait, si l'on fait travailler ces aériens sur diverses bandes, les feeders passent par les longueurs les plus diverses par rapport à la longueur d'onde. Pratiquement, pour trafiquer sur les bandes 10, 20, 40 et 80 mètres, il suffit d'adopter une longueur de feeders telle que l'ensemble "demi-brin rayonnant + longueur du feeder" corresponde à un multiple de quart-d'onde sur la fréquence de fonctionnement. S'il s'agit d'un multiple pair l'accord sera parallèle, s'il s'agit d'un multiple impair, l'accord sera série. [...] Le réglage de l'antenne Lévy s'effectue en cherchant à obtenir le plus fort courant HF dans le feeder. »

COMMENTAIRES RÉSUMÉS SUR LA LÉVY ORIGINALE

Tout a été dit et expliqué par les auteurs ci-dessus et sûrement par d'autres tout aussi sérieux et compétents. L'éventuel utilisateur d'une antenne Lévy fera son profit des points essentiels ci-dessous avant d'essayer de s'écarter résolument des descriptions classiques.

IL FAUT SE RAPPELER QUE :

- Les bandes utilisées en décimétrique par les radioamateurs français à l'époque de la Lévy "traditionnelle" étaient le 80 m, le 40 m, le 20 m et le 10 m. Il n'était pas question du 15 m ni des bandes WARC (30 m, 17 m et 12 m). Or les bandes 80 / 40 / 20 / 10 m sont en relation harmonique. Une antenne qui résonne sur 80 m fournit des résonances autour des bandes 40 / 20 / 10 m. Ce n'est plus vrai pour les autres bandes.

- Les émetteurs utilisés étaient à lampes et possédaient leur "coupleur d'antenne intégré" ou presque (au sens de système d'adaptation d'impédance), à savoir le circuit d'accord du P.A. réglable et le système de couplage variable le plus souvent réa-

lisé par une self mobile de quelques spires. Les impédances pouvaient être adaptées pour leur partie purement résistive dans de très larges plages, mais les utilisateurs étaient conscients qu'une partie réactive trop importante était un problème qui pouvait devenir très gênant du point de vue transmission d'énergie, souplesse de réglage, largeur de bande utilisable et encore plus du point de vue des pertes.

- La puissance moyenne des émetteurs de cette époque était généralement comprise entre 30 et 70 watts HF. Il ne s'agit pas réellement d'émetteurs QRP et c'est une puissance suffisante pour effectuer sans difficulté tous les QSO souhaités, à condition d'utiliser des moyens appropriés qui ne gaspillent pas inutilement l'énergie produite.

- L'antenne Lévy est un dipôle résonnant pour la bande la plus basse, alimenté par une ligne dont l'impédance caractéristique est sans intérêt réel mais toutefois différente de l'impédance présente au point d'alimentation du brin rayonnant.

- L'utilisation de câble coaxial comme ligne d'alimentation d'antenne n'était pas encore généralisée chez les radioamateurs.

- Le TOS-mètre était presque inconnu dans les stations de radioamateurs et l'on s'intéressait plus à la HF rayonnée (en mesurant le courant dans les feeders et dans l'antenne) qu'au confort du dernier étage des émetteurs de cette époque, d'ailleurs peu fragiles et au fonctionnement relativement souple.

CES RÉSERVES ÉTANT POSÉES, LES DESCRIPTIONS CI-DESSUS MONTRENT BIEN :

- Qu'un brin rayonnant doit toujours être le plus dégagé possible.

- Que l'efficacité d'une antenne digne de ce nom passe d'abord par une limitation drastique de toute source de pertes HF.

- Qu'il est nécessaire d'avoir un "système" résonnant, c'est-à-dire un système (antenne + ligne) qui présente une impédance non réactive (ou très

peu) au niveau du couplage avec le circuit d'accord du PA de l'émetteur.

- Que le point précédent est la raison principale de l'existence de dimensions à respecter dans le cas de la Lévy. De ce point de vue, la dimension de l'ensemble "dipôle + feeder" est plus importante que la dimension de chacun des deux composants pris individuellement. Certes, le bon sens impose que la longueur du dipôle reste raisonnable : trop court et le rayonnement diminuera en proportion, trop long et d'une part le diagramme de rayonnement se divisera en nombreux lobes, d'autre part l'influence du sol augmentera défavorablement. Il apparaît donc judicieux de limiter ses ambitions en matière du nombre de bandes utilisables, si l'on souhaite conserver une efficacité importante.

- Que s'il existe un peu de réactif (et il en existe toujours dans une antenne multibande), celui-ci peut être compensé par le circuit "d'accord" installé à l'extrémité du feeder. Il est évident que toute précision excessive dans la mesure des dimensions de l'antenne est de ce fait inutile. Toutefois, jamais un système composé de bobines et de condensateurs ne sera aussi performant en termes de pertes et de largeurs de bande qu'une ligne correctement dimensionnée.

- Que l'utilisation d'un système d'adaptation d'impédances (transformateur "delta", gamma-match, ligne quart-d'onde, etc.) à la jonction antenne-ligne est non seulement inutile dans le cas de l'antenne Lévy, mais préjudiciable à son bon fonctionnement en antenne multibande, sauf à considérer un peu trop naïvement qu'une antenne fonctionne correctement sur la seule foi des indications fournies par un TOS-mètre installé à la sortie de l'émetteur.

- Que le feeder d'une antenne Lévy doit être parcouru par des courants égaux mais en opposition de phase pour éviter le rayonnement de la ligne. Ce feeder est constitué de deux fils conducteurs espa-

cés d'une quinzaine de centimètres et séparés par... de l'air, sauf très certainement quelques peu nombreux écarteurs de qualité. On conseillera d'effectuer de temps en temps un nettoyage des isolateurs de l'antenne et du feeder.

- Que le feeder doit descendre le plus directement possible de l'antenne à l'émetteur, de préférence de telle sorte qu'il soit protégé du champ radio-électrique produit par l'antenne. Ceci peut être réalisé en maintenant la ligne perpendiculaire au fil d'antenne sur une distance au minimum égale à un quart d'onde.

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

Que pourrait-on trouver d'autre encore sur la Lévy telle qu'elle a été utilisée avec succès par nos anciens ? Très certainement pas grand-chose.

A moins de vouloir discuter et interpréter sans fin des considérations bien établies au risque de les compliquer à souhait, rien ne peut justifier les dérives que l'on a pu constater depuis quelques années dans les explications soi-disant techniques qui ont accompagné des descriptions pratiques aux visées vulgarisatrices.

Décrire régulièrement des boîtes de couplage et des dispositions d'antennes est une nécessité pour les débutants. Mais le faire en oubliant les principes même de la radio-électricité et les nécessaires précautions à prendre pour faire passer correctement de la HF de l'émetteur à l'antenne rayonnante ne peut que faire perdre tout intérêt à des installations théoriquement performantes.

Certes, les techniques ont évolué et il est maintenant possible d'envisager une antenne Lévy légèrement modernisée, utilisable avec les transceivers transistorisés et automatiques de l'an 2000, mais sûrement pas révolutionnaire !

A suivre...

Francis FERON, F6AWN

De la "Lévy" au "Center Fed Dipole"

Idées objectives et croyances fausses sur une antenne multibande (2ème partie)

ÉVOLUTION ET DÉRIVES AU FIL DES ANS

A) POURQUOI A-T-ON ÉVOLUÉ VERS DES "PSEUDO-LÉVY EXOTIQUES" ?

Très certainement pour au moins trois raisons : par nécessité supposée, par facilité et par incompetence, si on admet les critères ci-dessous :

1- La vie en appartement ne facilite pas, dit-on, l'installation d'une "vraie" Lévy car cette antenne utilise une ligne difficile à mettre en place.

2- Le goût des moyens de communications est de plus en plus remplacé, chez les nouveaux radioamateurs, par le goût des communications et seulement cela. La maîtrise des moyens à utiliser échappe maintenant à bon nombre "d'opérateurs exploitants".

3- Les "nouvelles" bandes (WARC) ont développé l'illusion de la nécessité d'une incontournable antenne multibande unique et performante dans les années 1980.

4- Les boîtes de couplage commerciales sont particulièrement polyvalentes. A défaut d'être performantes du point de vue de la HF rayonnée par l'antenne, elles permettent de satisfaire l'opérateur qui est persuadé qu'il faut mesurer un ROS de 1:1 à la sortie de son émetteur pour qu'une antenne "fonctionne".

5- Les émetteurs-récepteurs récents permettent l'accès instantané à tout le spectre décimétrique et au-delà.

« Les techniques ont évolué et il est maintenant possible d'envisager une antenne Lévy légèrement modernisée, utilisable avec les transceivers transistorisés et automatiques de l'an 2000, mais sûrement pas révolutionnaire ! »

Ainsi se terminait la première partie de cet article qui a présenté l'antenne Lévy sous son meilleur jour : celui de ses origines. Malheureusement, bon nombre de "bouts de fils" actuellement utilisés avec une quelconque ligne à fils parallèles et une non moins quelconque "boîte de couplage" sont qualifiés abusivement d'antenne Lévy.

L'antenne reste la principale limitation à une telle utilisation. L'antenne très large bande est le rêve de tout radioamateur. A défaut de se satisfaire de la seule solution parfaitement large bande que constitue une charge 50 ohms, notre radioamateur jouisseur du progrès s'approche toutefois de cette conception dans ses installations d'antennes. Heureusement, ces dernières laissent encore fuir quelques résidus de rayonnements, sans qu'on ne sache réellement si on doit qualifier ces installations de charges qui rayonnent légèrement ou d'antennes qui rayonnent très peu.

6- Le câble coaxial est, dit-on, la ligne de transmission la plus pratique et on continue à croire qu'il ne rayonne jamais car il est blindé. L'utilisation conjointe d'une boîte de couplage, d'un câble coaxial, d'un balun et d'une "chose rayonnante" à l'extrémité, semble résoudre la quadrature du cercle.

Un bon exemple de "l'antenne passe-partout à la française", qui répond à ces critères, est représenté par "l'antenne G5RV-déviante", version vulgairement vulga-

risée de la véritable G5RV, telle que Louis VARNEY lui-même l'a présentée.

Elle n'est pourtant, au départ, qu'une excellente antenne filaire monobande pour le 14 MHz, une simple Lévy d'environ 2 fois 15 mètres, utilisée en harmonique 3 sur la bande 20 mètres et alimentée par une ligne parallèle demi-onde d'environ 10 mètres.

Essayons de résumer le cahier des charges d'une antenne filaire multibande moderne :

a) vu par l'utilisateur pressé.

1 - Libre choix de la longueur du brin rayonnant.

2 - Libre choix de la longueur de la ligne d'alimentation.

3 - Souplesse dans le cheminement de la ligne d'alimentation.

4 - Fonctionnement le plus multibande possible.

5 - Puissance supportable la plus grande possible.

6 - Utilisation en priorité d'une boîte d'accord automatique ou à défaut commerciale.

b) vu par l'utilisateur compétent.

1 - Choix raisonné de la longueur du brin rayonnant.

2 - Choix raisonné de la longueur de la ligne d'alimentation et de son type.

3 - Fonctionnement sur plusieurs bandes.

4 - Rendement électrique optimisé de l'antenne et de ses accessoires.

5 - Système d'accord efficace et souple d'utilisation.

6 - Puissance supportable au moins égale à la puissance autorisée.

Le cahier des charges de l'utilisateur pressé a conduit celui-ci à considérer toute antenne dipôle filaire alimentée, en totalité ou en partie, par un morceau de ligne à fils parallèles et accordée sur n'importe quelle bande par une boîte de couplage comme étant une Lévy moderne.

Le cahier des charges de l'utilisateur compétent a conduit celui-ci à considérer que, s'il était possible de réaliser une antenne multibande pratique qui s'inspire de l'antenne Lévy, celle-ci ne pourrait toutefois s'approcher des performances du modèle qu'en évitant de trop s'écarter des spécifications d'origine et en respectant les critères de qualité des éléments qui la composent.

B) POURQUOI LES ANTENNES "LÉVY-DÉVIANTES" FONCTIONNENT-ELLES ?

On peut sous-entendre beaucoup de choses dans le terme "fonctionner" en matière d'antennes. La meilleure "fonction" d'une antenne consiste tout de même à permettre de réaliser une liaison

radio avec le moins de puissance possible. On considère pourtant, à tort et beaucoup trop souvent, qu'une antenne d'émission "fonctionne" du simple fait que l'émetteur s'en accommode parfaitement et ne manifeste aucune aigreur d'estomac, avec pour seul juge un TOS-mètre quelconque. Si, de plus, il est possible de contacter régulièrement quelques amis et occasionnellement quelques DX, le bon fonctionnement est paraît-il incontestable.

C) QUELLES JUSTIFICATIONS TECHNIQUES POURRAIENT ÊTRE À L'ORIGINE DE CES ÉVOLUTIONS ?

Retournons à nouveau vers le passé :

En 1976, Charles GUILBERT, F3LG, dans son ouvrage "Technique de l'émission-réception sur ondes courtes", parlait de l'antenne Lévy en ces termes :

« [...] Certains auteurs ont cru nécessaire d'assigner à la longueur du brin rayonnant des dimensions précises en fonction de la longueur d'onde d'accord. En réalité ce souci est parfaitement superflu. La pratique montre que le rendement de l'ensemble ne commence à devenir déficient qu'à partir du moment où la longueur totale du brin rayonnant devient plus petit qu'un quart d'onde.

[...] Parfois, on parle de l'alimentation d'une antenne Lévy par une "ligne 600 ohms". Que la ligne présente une impédance caractéristique de 600 ohms, peu importe, puisque la ligne fonctionne en "ondes stationnaires". L'idée des "600 ohms" est non seulement fautive, mais nuisible parce qu'elle trouble les raisonnements en introduisant le souci d'une adaptation d'impédances à satisfaire entre la ligne, l'antenne et le circuit de sortie de l'émetteur. »

Ces indications sont claires, même si la dernière phrase de ce passage est discutable, car il est nécessaire d'avoir une adaptation d'impédance, ou plus exactement une conjugaison d'impédance, en

un point quelconque du système pour que l'énergie maximum soit fournie par le générateur.

Mais ces brèves explications optimistes de F3LG ont peut-être été aussi à l'origine des libertés prises ensuite par quelques personnes dans leurs expérimentations et leurs recherches... d'amateurs, car elles ouvrent la porte à tous les excès si on ne les interprète pas avec prudence. Les contraintes propres à la Lévy classique pouvaient dorénavant sembler inutiles à certains bricoleurs et les accommodements les plus osés enfin envisagés, avec par exemple la longueur des brins rayonnants, les caractéristiques du feeder, les adaptations d'impédances et les théorèmes sur le transfert de l'énergie ou le rayonnement des antennes.

Nul doute toutefois que dans l'esprit de F3LG, les caractéristiques générales et essentielles de la Lévy restaient inchangées : faire varier quelque peu la longueur des brins du dipôle et celle du feeder ne pose pas de gros problèmes et prendre quelques libertés quant au diamètre du fil utilisé pour le feeder et l'espacement de ses conducteurs (et par voie de conséquence l'impédance caractéristique de la ligne) non plus. Mais de là à faire n'importe quoi, surtout en matière de qualité de transfert d'énergie, il y a une limite qui n'avait pas été franchie par les expérimentateurs sérieux.

D) LA "LÉVY-NOUVELLE" DES ANNÉES 1990 ET LA CAVERNE D'ALI BABA

Bien entendu, la "Lévy-nouvelle des années 90", objet de "bidouilles" plus que de travaux pratiques, quelque peu différente de la Lévy de référence, "fonctionne" elle aussi, comme nous l'avons indiqué précédemment. Elle répond au cahier des charges de l'utilisateur pressé.

En fait, l'antenne "Lévy-nouvelle", en tant que brin rayonnant, a peu évolué. Il s'agit presque toujours de deux longueurs égales de fil conducteur, mais on oublie déjà trop souvent le premier principe :

"la partie de l'antenne devant rayonner sera dégagée le plus possible des masses environnantes".

Son alimentation est bien souvent la cause non seulement de descriptions so-disant novatrices mais plus certainement d'une sérieuse dégradation quant au rayonnement effectif de l'antenne, tant du point de vue quantité d'énergie rayonnée que du point de vue diagramme de rayonnement.

En ce qui concerne la réalisation pratique, tout et n'importe quoi a été utilisé, décrit et pire encore "expliqué" techniquement depuis une décennie ou deux : du fil de haut-parleur, du fil téléphonique, du fil d'alimentation secteur, des câbles coaxiaux juxtaposés, à défaut de se contenter d'un twin-lead de bonne qualité et d'impédance caractéristique suffisamment élevée, si la véritable "échelle à grenouille" à air et de taille respectable pose au réalisateur un problème insurmontable.

Tout et n'importe quoi a aussi été utilisé et décrit pour adapter cette antenne et sa ligne d'alimentation aux émetteurs modernes, du "balun incertain" au "balun inutile", en passant par des boîtes d'accord inutilement compliquées ou excessivement consommatrices de HF, à défaut de se contenter de systèmes d'accord moins polyvalents mais pourtant tellement plus efficaces.

VERS UNE ÉVOLUTION RAISONNÉE

Deux attitudes peuvent être envisagées pour aboutir à une réalisation cohérente et efficace d'une antenne multibande issue de l'antenne Lévy, selon le cahier des charges de l'utilisateur compétent défini précédemment :

- la première consiste à s'écarter le moins possible des caractéristiques de la Lévy traditionnelle car il a été largement prouvé que le système était efficace. Et seule la connexion émetteur-feeder semble devoir être modifiée par rapport au système d'origine réalisé à l'époque

par quelques spires de couplage sur le bobinage du dernier étage de l'émetteur.

- la deuxième consiste à appliquer très consciencieusement la théorie sur les antennes et les lignes de transmission aux hypothèses et projets envisagés. La démarche est plus scientifique, pour autant que l'on maîtrise son sujet et que l'on fasse preuve de la rigueur et la prudence nécessaires à toute démonstration. Cette démarche a déjà été appliquée à l'antenne Lévy et les conclusions aboutissent à une validation des principes établis dans les années 30. Les lecteurs intéressés par une interprétation théorique abordable du dipôle non résonnant, alimenté par une ligne fonctionnant en régime d'ondes stationnaires, se reporteront à l'excellent article de Maurice LIMES, F6ELM, paru dans Radio-REF d'avril 1983 sous le titre "L'antenne Lévy : une antenne comme les autres ?".

PEUT-ON ENCORE PARLER D'ANTENNE LÉVY ?

Peut-être est-il temps, à la lumière des explications qui précèdent, de prendre exemple sur nos amis anglosaxons et de laisser l'appellation "Lévy" à cette merveilleuse antenne qui était utilisée à l'époque des émetteurs à lampes et qui a été décrite dans la première partie de cet article.

Les radioamateurs étrangers se posent très peu de questions sur l'antenne Lévy et ses subtilités françaises. D'ailleurs, l'antenne Lévy leur est pratiquement inconnue et mieux vaut leur dire "center-fed multiband dipole" pour qualifier cette antenne filaire qui ne respecte que rarement les spécifications d'origine.

CONCEPTION D'UNE ANTENNE "CENTER-FED"

A) LE BRIN RAYONNANT

Est-il utile de rappeler que seul un excellent conducteur suffisamment long par rapport à la longueur d'onde et

sans accessoire superflu possède un bon rendement ? Que seul un brin rayonnant bien dégagé de tout obstacle rayonne efficacement ? Ceci est d'abord la base d'une bonne antenne.

Le bon sens montre à l'évidence que la partie rayonnante de l'antenne ne peut ni être excessivement courte, ni excessivement longue par rapport à la fréquence d'utilisation. Dans le premier cas le rayonnement reste faible et les pertes liées à l'adaptation élevées, dans le deuxième cas, l'éparpillement du diagramme de rayonnement en petits lobes multiples et le couplage souvent trop important avec le sol sont préjudiciables à un trafic radio efficace, sauf exception.

La pratique, mais aussi la logique, montrent que si l'on doit choisir une antenne décamétrique "bandes basses", on peut obtenir de très bons résultats avec environ 2 x 25 mètres. Pour une antenne décamétrique "bandes hautes" 2 x 10 mètres environ, voire moins, suffisent surtout si cela permet d'augmenter la hauteur d'installation. Et pour une antenne "généraliste", 2 x 15 mètres représentent un bon compromis. Louis VARNEY, G5RV, l'a bien compris !

Ensuite, il faut admettre pre-

mièrement que la non-résonance d'une antenne a un effet négligeable, toutes proportions gardées, sur l'efficacité de son rayonnement et deuxièmement que ce sont les pertes qui résultent des éléments et accessoires utilisés pour alimenter l'antenne et adapter le système d'antenne à l'émetteur qui diminuent le niveau du rayonnement.

La résonance "naturelle" n'est qu'un cas particulier valable pour une seule fréquence pour laquelle le circuit formé par l'antenne est purement résistif. Le très classique dipôle demi-onde, "taillé" pour une fréquence donnée et alimenté en basse impédance, en est un exemple et c'est la solution la plus simple pour éviter l'utilisation d'un coupleur.

Il découle du principe ci-dessus que des résultats équivalents en terme d'énergie rayonnée doivent pouvoir être obtenus avec une antenne dipôle dont les dimensions ne seraient pas établies avec précision. La théorie et la pratique confirment que, par exemple pour une émission sur la bande 40 mètres, une antenne dipôle de 2 x 9,50 m rayonnera la même quantité d'énergie qu'un dipôle de 2 x 11 m, ou encore un autre de 2 x 10,25 m, pour autant qu'on

l'utilise dans les mêmes conditions et que l'on soit capable de lui transmettre correctement la puissance fournie par l'émetteur et identique dans chaque cas. Ceci réduit notablement le nombre d'antennes existantes, pour autant que l'on accepte de considérer que toute variation mineure des dimensions ou toute modification du système d'alimentation ne transforme pas une antenne connue en une nouvelle antenne. Au risque de décevoir une partie des lecteurs, le nombre des antennes filaires se compte sur les doigts d'une main, et les inventions marquantes ont été faites dans la première moitié du vingtième siècle. Il en est des antennes comme des lessives : les plus anciennes et les plus simples sont souvent celles qui donnent les meilleurs résultats !

B) LA HAUTEUR PAR RAPPORT AU SOL

Pratiquement toujours installées trop près du sol sur les bandes basses, les antennes filaires de radioamateurs sont, la plupart du temps, incapables de garantir une directivité particulière en accord avec les diagrammes de rayonnement théoriques en espace libre. C'est généralement "un peu partout", "un peu n'importe comment" et "surtout vers le haut" !

La proximité du sol, évaluée par rapport à la longueur d'onde correspondant à la fréquence de travail, dégrade non seulement le diagramme de rayonnement théorique de l'antenne, mais aussi le rendement électrique de celle-ci, car la résistance de rayonnement diminue et la résistance de pertes augmente. L'influence du sol modifie d'autre part la fréquence de résonance de l'antenne, en l'abaissant proportionnellement à la diminution de la distance.

Pour une hauteur inférieure à 1/20ème de longueur d'onde, le comportement de l'antenne dépend essentiellement de la qualité du sol. Pour une hauteur d'au moins 1/2 longueur d'onde, la qua-

lité du sol a peu d'effet sur l'impédance présente au point d'alimentation de l'antenne.

A choisir, en fonction des contraintes de l'emplacement défini, il vaut mieux une antenne un peu trop courte mais bien dégagée plutôt que l'inverse.

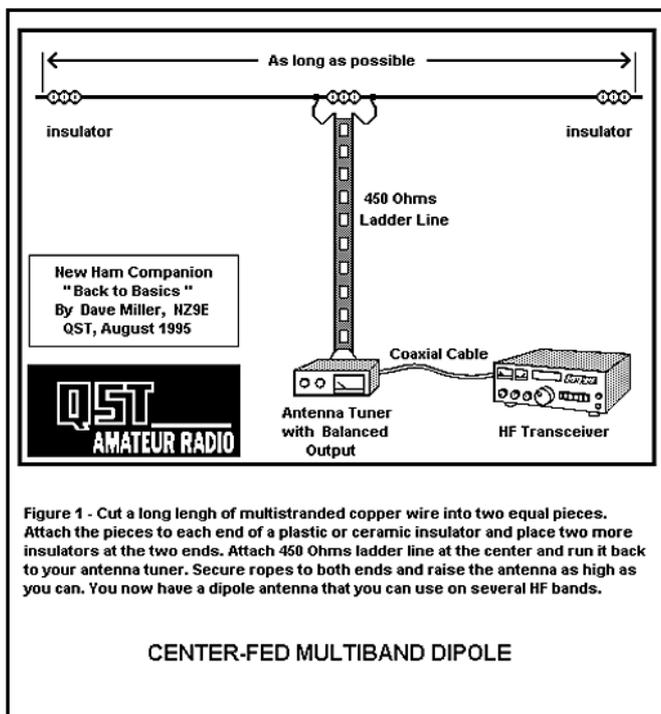
C) LA LIGNE

Pour parvenir à alimenter notre dipôle non résonnant avec un transfert d'énergie efficace, il est nécessaire de résoudre deux problèmes. Le premier consiste à réduire au maximum les pertes dans la ligne. Le second consiste à conjuguer les impédances en un point quelconque du système d'antenne, constitué de l'antenne et de la ligne, afin que le générateur puisse fournir sa puissance maximum, en utilisant un procédé qui apporte lui aussi le moins de pertes possibles. Généralement, la facilité veut que cela s'effectue au niveau de l'émetteur.

Or, toute ligne qui est le siège d'ondes stationnaires, à moins qu'elle ne soit parfaite, apporte notablement plus de pertes que lorsqu'elle fonctionne en régime progressif. Le niveau de ces pertes dépend essentiellement de la qualité de la ligne. Deux conclusions rapides sont évidentes : il vaut mieux mettre une boîte de couplage entre l'antenne et la ligne, cette dernière n'étant plus alors le siège d'ondes stationnaires et dans le cas contraire seule une ligne parfaite sans pertes convient parfaitement.

Cette ligne d'alimentation pratiquement parfaite existe, et elle est à la portée de tout radioamateur : il s'agit tout simplement de deux fils proches et parallèles, isolés par de l'air. Deux fils maintenus l'un à côté de l'autre avec un faible écartement pour éviter qu'ils ne rayonnent lorsqu'ils sont parcourus par des courants de même amplitude mais en opposition de phase. Une simple "échelle à grenouille" telle qu'elle est appelée par les radioamateurs.

Tout autre ligne d'alimentation, dont les pertes ne sont



pas négligeables lorsque la ligne est adaptée, verra une augmentation importante de ces dites pertes si la ligne est utilisée pour un fonctionnement en ondes stationnaires, et ceci proportionnellement à l'importance des ondes stationnaires et à la fréquence d'utilisation. De plus, la présence de ventres d'intensité et de tension, aux valeurs largement supérieures à celles existant dans un fonctionnement à ondes progressives, augmente les risques de destruction de la ligne si la puissance utilisée est importante et les caractéristiques physiques de la ligne insuffisantes.

Dans l'ordre, et à défaut "d'échelle à grenouilles" réalisée avec du fil monobrin de diamètre suffisant (2 à 3 mm) et une distance d'au moins 10 cm entre les fils, il faudra se contenter de twin-lead 450 ohms dont l'isolant est ajouré, puis en dernier recours de twin-lead 300 ohms de bonne qualité.

Ces lignes sont prêtes à l'emploi et éventuellement plus pratiques à utiliser, mais elles ont aussi des défauts, ne serait-ce que leur atténuation par mètre plus élevée en fonction de la fréquence et la variation de leur impédance caractéristique ainsi que l'augmentation de leur atténuation linéique en fonction de l'humidité et de la proximité du sol. Elles sont, d'autre part, plus sensibles à la pollution atmosphérique dont les effets peuvent se manifester sous forme d'arcs électriques aux points de ventres de tension.

Quant à l'utilisation de fils parallèles quelconques et autres curiosités à l'origine douteuse et au comportement en HF inconnu, mieux vaut l'oublier. Les pertes sont généralement insupportables au delà de 10 MHz pour une ligne adaptée. Alors en régime d'ondes stationnaires, n'y pensons même pas, sauf peut-être dans l'urgence, pour une utilisation très temporaire, sur les bandes les

plus basses et avec des longueurs de quelques mètres. Deux questions restent encore non résolues : la longueur de la ligne et le rôle de son impédance caractéristique.

- La longueur de la ligne n'a théoriquement aucune importance, surtout s'il s'agit d'une "échelle à grenouille". Les pertes, même en présence de ROS élevé étant très faibles, le concepteur de l'antenne a toute liberté pour relier l'antenne à l'émetteur. Toutefois, d'un point de vue pratique, certaines longueurs peuvent être favorables.

Tout est pratiquement dit si on se rappelle que d'un point de vue pratique, F3AV indiquait (cf. première partie de cet article) :

« En fait, si l'on fait travailler ces aériens sur diverses bandes, les feeders passent par les longueurs les plus diverses par rapport à la longueur d'onde. Pratiquement, pour trafiquer sur les bandes 10, 20, 40 et 80 mètres, il suffit d'adopter une longueur de feeders telle que l'ensemble "demi-brin rayonnant + longueur du feeder" corresponde à un multiple de quart-d'onde sur la fréquence de fonctionnement. S'il s'agit d'un multiple pair l'accord sera parallèle, s'il s'agit d'un multiple impair, l'accord sera série. [...] Le réglage de l'antenne Lévy s'effectue en cherchant à obtenir le plus fort courant HF dans le feeder. »

Remarquons que si nous respectons ces indications, l'impédance présente au bas du feeder est très peu réactive. Quant à faire fonctionner la "center-fed" sur toutes les bandes actuellement autorisées en décimétrique, c'est néanmoins généralement possible si le coupleur est bien conçu ou en "l'aidant" un peu en modifiant la longueur de la ligne. Car modifier la longueur de la ligne, c'est aussi modifier l'impédance vue à l'extrémité de celle-ci et certaines valeurs

sont plus faciles à traiter que d'autres. Par contre, une erreur fréquente consiste à croire que la modification de la longueur d'une ligne modifie le ROS sur celle-ci. Lorsqu'une variation apparente de ROS résulte de la modification de la longueur d'une ligne, c'est sous l'effet d'autres phénomènes qui sortent du cadre de notre sujet et qui ont été déjà expliqués par ailleurs (voir bibliographie).

- L'impédance caractéristique de la ligne n'a théoriquement aucune importance non plus. N'oublions jamais que la ligne d'une "center-fed" multi-bande fonctionne en régime d'ondes stationnaires. La ligne n'est jamais adaptée à l'impédance présente au point d'alimentation de l'antenne et cette dernière varie dans des proportions énormes, tant dans sa partie résistive que dans sa partie réactive, selon la fréquence d'utilisation. L'impédance inconnue présente au niveau du brin rayonnant est transformée par la ligne d'alimentation en une autre impédance tout aussi inconnue (sauf mesures et calcul) et variable tout au long de la ligne. En plus, cette transformation est fonction de l'impédance caractéristique de la ligne. Sauf à vouloir maîtriser complètement le fonctionnement théorique de l'antenne et de sa ligne, la connaissance de l'impédance caractéristique du feeder est sans réel intérêt. Le coupleur en fera son affaire. Toutefois, là encore, d'un point de vue pratique, certaines impédances caractéristiques peuvent être favorables.

En effet, les pertes minimum sont obtenues lorsque le rapport de transformation entre l'impédance de l'antenne et celle de la ligne est le moins grand possible. Or l'impédance présente au point d'alimentation de l'antenne passe par toutes les valeurs imaginables. La partie résistive pouvant aller de quelques

dizaines d'ohms à plusieurs milliers d'ohms et la partie réactive pouvant faire de même. Cette deuxième partie d'une impédance complexe peut être contenue dans des valeurs moyennes, si le brin rayonnant dispose d'une résonance pas trop éloignée de la fréquence d'utilisation, et c'est bien ce que recherchaient les utilisateurs de la véritable Lévy. Quant à la partie purement résistive, si on estime par exemple qu'elle peut aller de 60 ohms à 6 000 ohms, il saute aux yeux que le meilleur compromis pour l'impédance caractéristique de la ligne sera de 600 ohms, soit un rapport maximum de 10 pour les valeurs extrêmes. Ce choix est une garantie non seulement de pertes minimum, mais aussi de souplesse maximum dans le fonctionnement du coupleur. On en déduit qu'un twin-lead de 300 ohms ne peut garantir la même efficacité qu'une ligne à fils parallèles avec une dizaine de centimètres d'écartement entre les fils. On limite aussi de cette façon le risque de voir se développer, le long de la ligne, des points de tension ou d'intensité excessivement élevés lors de l'utilisation de fortes puissances.

Enfin rappelons les conseils de F8JD : « Le trajet du feeder devra être aussi rectiligne que possible, les changements de direction se feront avec un grand rayon de courbure. Éviter la proximité immédiate de masses importantes (murs, arbres, fils électriques, etc.) qui, en plus des pertes, créent des dissymétries dans le champ du feeder. » et ajoutons qu'il est nécessaire de maintenir au moins le premier quart-d'onde du feeder perpendiculaire au brin rayonnant ou au plan formé par celui-ci si l'antenne est installée en "V".

A suivre...

Francis FERON,
F6AWN

ABONNEZ-VOUS À MEGAHERTZ
et bénéficiez des **5% de remise** sur tout notre catalogue (à l'exception des offres spéciales (réf. BNDL) et du port)

De la "Lévy" au "Center Fed Dipole"

Idées objectives et croyances fausses sur une antenne multibande (3ème partie et fin)

D) LE SYSTÈME D'ADAPTATION ANTENNE-LIGNE

Aucun système n'est à utiliser, ni n'est utile, entre l'antenne et la ligne ! Ou alors notre antenne devient dans ce cas monobande. Il serait ridicule de vouloir utiliser un quelconque système d'adaptation à cet endroit, comme par exemple un T-match, un gamma-match, un delta-match ou tout autre montage dont le but est d'adapter l'impédance présente au point d'alimentation de l'antenne à l'impédance caractéristique de la ligne.

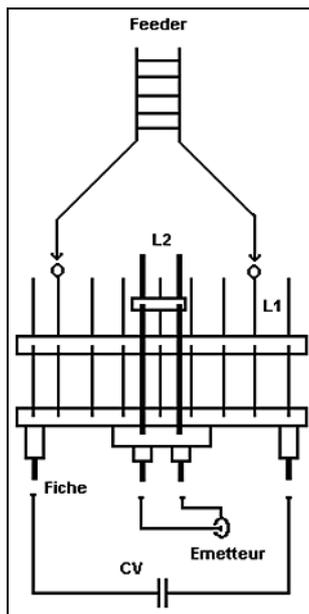
Ceci pour deux raisons essentielles : la première étant que ces systèmes sont dépendants de la fréquence d'utilisation et ne fonctionneront pas en tant que tels sur d'autres bandes, la seconde étant que l'adaptation des impédances au niveau supérieur de la ligne ferait fonctionner cette dernière en ondes progressives (ligne adaptée) et non en ondes stationnaires.

Envisager la mise en place d'un tel système entre l'antenne et la ligne est une complication inutile qui va à l'encontre du but recherché, celui de faire fonctionner correctement l'antenne sur le plus de bandes possibles avec le meilleur rendement possible. Certes, un expérimentateur peu averti pourra se satisfaire d'un tel système sur la seule foi d'une apparence de fonctionnement en antenne multibande s'il en croit son TOS-mètre, placé entre l'émetteur

Publié sur trois numéros consécutifs, voici le dernier volet de cet article assez exhaustif, faisant le point sur l'antenne Lévy et le Center Fed Dipole. Le lecteur prendra avantageusement connaissance de la bibliographie dans laquelle l'auteur a puisé ses sources.

et la boîte de couplage. A ce niveau et du point de vue du ROS, une boîte de couplage polyvalente transforme un sommier métallique ou une antenne yagi monobande en antennes multibandes. L'essentiel est d'en être conscient...

E) LE SYSTÈME D'ACCORD



N'oublions surtout pas le dernier élément d'une antenne Lévy, authentique ou dénaturée. Il s'agit bien entendu du système d'accord, de l'adaptateur d'impédances, de la boîte de couplage, du coupleur d'antenne, du "matcher", du "transmatch" (Transmitter to

Transmission line Matcher) et dont le nom, quel qu'il soit, n'a que peu d'intérêt.

Nous avons dit précédemment que rien ne pouvait être meilleur qu'un système d'antenne qui éviterait son utilisation. Malheureusement, c'est un accessoire bien pratique pour l'opérateur qui désire changer de fréquence de travail, et un minimum de connaissances théoriques est nécessaire à la bonne évaluation des performances électriques que l'on peut en attendre.

Sinon on peut se contenter d'admettre que :

- 1 - Les solutions les plus simples sont les meilleures.
- 2 - Une réalisation compacte est rarement compatible avec une efficacité maximum.
- 3 - Les commutations, et le câblage associé, sont sources de pertes HF.
- 4 - Une seule bobine et un seul condensateur peuvent suffire pour une bande, voire plusieurs.
- 5 - La qualité individuelle de chaque élément utilisé (bobine, condensateur, matériaux isolants et conducteurs, câblage) est primordiale, même pour une utilisation en QRP.
- 6 - Une bobine de qualité ne peut pas être réalisée n'importe comment. Une self à air de diamètre suffisant, à spires non jointives, réalisée avec du

fil argenté ou émaillé est encore une des meilleures solutions. La bobine d'un coupleur est, avec le câblage, le principal élément faible du système.

En matière de coupleur d'antenne, négliger les pertes est une grave erreur. Une succession de petites pertes à différents endroits du système d'antenne a toujours pour conséquence de faire une différence entre une station performante et une station quelconque utilisant toutes deux un émetteur-récepteur et des antennes à peu près équivalentes.

Un bon principe consiste à éviter d'utiliser tout accessoire qui n'est pas strictement nécessaire et le montage qui est encore le plus simple, le plus souple d'emploi et le plus efficace nous est proposé par F8VN. Ce montage est aussi ancien que les antennes filaires et les émetteurs à lampes.

Certains radioamateurs français le qualifient de "montage inventé par Mac COY en 1966", mais presque certainement à tort puisqu'on en retrouve la trace au minimum en décembre 1956, dans un article publié dans Radio-REF sous le titre "Rotary Multi-bande" et écrit par Eric EARLY, F8ZF. Il est de même largement décrit dans la plupart des ouvrages sur les antennes, comme "L'émission et la réception d'amateur" de Roger RAFFIN (F3AV) de 1959 où il est simplement qualifié

de "circuit parallèle monté en auto-transformateur", l'ARRL handbook de 1970 ou encore le RSGB handbook 4ème édition de 1968, sans aucun signe de paternité réclamée. Il est vrai qu'il ne s'agit que d'un simple circuit accordé...

Des indications, fort utiles et peu connues, sont d'ailleurs fournies dans le RSGB Handbook quant à la conception de cet excellent coupleur :

« Il est souhaitable d'utiliser une faible valeur de "Q", de manière à réduire la nécessité de réajuster l'accord du circuit à l'intérieur d'une même bande et de réaliser un couplage variable entre L1 et L2, bien que cela soit souvent difficile à réaliser mécaniquement. Lorsque le couplage inductif entre L1 et L2 est fixe, il sera nécessaire de changer la position des prises sur L1 et la valeur du CV. Le rapport L/C dans le circuit L1/CV n'est pas très critique car le Q peut être modifié par l'ajustement des prises. Les valeurs de L1 et CV peuvent être obtenues en calculant la réactance inductive de l'inductance et la réactance capacitive de la capacité pour les différentes bandes utilisées. Une réactance située aux alentours de 500 ohms est généralement satisfaisante pour le milieu de la bande et pour chaque élément, bobine et condensateur, qui constituent ainsi un circuit résonnant. [Note de l'auteur : on s'apercevra ainsi qu'un condensateur variable de 10/150 pF est parfait pour cet usage en décimétrique]. La valeur idéale pour L2 est une inductance dont la réactance, à la fréquence de travail, est égale à l'impédance de la ligne qui va à l'émetteur et qui est généralement de 50 ohms. Lorsque le couplage entre L1 et L2 est fixe, l'ajustement des prises sur L1 peut être critique à réaliser. »

Profitons de ce passage rapide sur les coupleurs pour insister sur le fait que, contrairement à ce qui a pu être écrit quelquefois dans des articles de vulgarisation un peu hâtifs dans leurs explications, le meilleur système de couplage n'est en aucun cas celui qui possède le "Q" le plus élevé ou encore celui qui est le plus

sélectif, ce qui revient au même. C'est peut-être un avantage pour les récepteurs déficients quant à leur sélectivité d'entrée ou pour les émetteurs qui produisent des harmoniques, mais c'est à coup sûr le meilleur moyen d'augmenter les pertes.

En fait, cette erreur résulte de ce que certains confondent l'importance du facteur "Q" des composants qui constituent un coupleur d'antenne et celle du facteur "Q" du circuit qui en résulte. Dans la littérature étrangère, cette différence est généralement effectuée par l'utilisation de Q_u (Q unloaded) et de Q_L (Q loaded).

En ce qui concerne le "Q" des composants et qui caractérise leur qualité, il est souhaitable qu'il soit le plus élevé possible. Si ce n'est pas un vrai problème pour les condensateurs variables, c'en est un énorme pour les bobinages et dégrader celui-ci est si facile que c'est à la portée de tout le monde ! Là encore, on n'aura qu'avantages à s'inspirer des réalisations destinées aux véritables Lévy des années 60 ou encore à l'armée, à l'époque des émetteurs à lampes.

De nombreux schémas ont été proposés depuis plusieurs dizaines d'années. Les premiers étaient simples et efficaces. Les suivants, beaucoup moins et certains compliqués à souhait. D'autres ne sont en fait que des équivalences de montages bien connus, redessinés, et sans intérêt particulier.

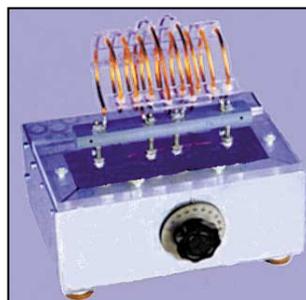
Il faut se rappeler qu'un coupleur d'antenne peut se contenter d'une seule bobine et d'un seul condensateur bien utilisés. Certes, lorsque ce coupleur doit devenir multi-usages, l'adjonction d'un troisième élément variable permet théoriquement de réaliser toutes les transformations d'impédances, malheureusement sans que celles-ci garantissent le meilleur rendement électrique. C'est le cas du très classique coupleur "passe-partout" en "T".

Remarquons que le système d'adaptation préconisé précédemment utilise deux bobines couplées et non pas

une liaison directe à partir d'une prise sur la bobine. Malgré la petite complexité supplémentaire que cela peut entraîner pour la réalisation des deux bobines concentriques, ce système possède deux avantages méconnus : il équilibre généralement mieux les courants dans les deux brins du feeder et il est moins sensible au risque de ce qui est appelé "l'effet Marconi", en référence à l'antenne filaire du même nom.

En effet, lorsque la liaison vers l'émetteur est effectuée pas un morceau de ligne coaxiale directement connectée sur la bobine d'accord, entre le point froid situé au point milieu de la self et quelques spires plus loin pour le point chaud, le risque existe de voir se constituer une antenne "Marconi", ou "long-fil", à partir de l'ensemble brin rayonnant, ligne d'alimentation et retour à la terre de l'émetteur, dans les cas où cette antenne insoupçonnée présenterait une résonance sur la fréquence utilisée. Des effets indésirables en découlent généralement : déséquilibre dans les courants qui parcourent les fils du feeder, rayonnement de la ligne et modification du diagramme de rayonnement.

Un petit détail peut aussi avoir son importance : il est préférable de réaliser le coupleur de la manière la plus symétrique possible dans la disposition physique de ses éléments, et en particulier de s'assurer que les extrémités du circuit d'accord L1/CV ne subissent pas d'influence plus marquée d'un côté que de l'autre (influence du châssis ou autre élément créant des capacités ou des couplages parasites).



Un exemple d'une bonne réalisation peut être trouvé dans la photo réalisée par FITWL

et publiée en couverture de MEGAHERTZ Magazine N° 201 de décembre 1999.

A des fins d'efficacité, un coupleur d'antenne "center-fed" doit être vu comme un élément du système d'antenne et non pas comme un outil multi-usages utilisable n'importe où et pour n'importe quoi. La meilleure boîte de couplage est toujours la plus simple, malheureusement c'est aussi quelquefois la moins multibande. Mais c'est pourtant déjà un beau résultat de posséder une antenne réellement efficace et utilisable dans toute la largeur d'une bande.

LA SYMÉTRISATION

On ne cesse d'entendre dire que l'antenne Lévy, ou la "center-fed" est une antenne symétrique. Mais les confusions sont fréquentes quant aux raisons de cette symétrie. L'erreur la plus habituelle consiste à croire qu'une antenne symétrique l'est parce qu'elle est alimentée par une ligne parallèle plutôt que par un câble coaxial.

L'antenne "center-fed", puisqu'elle est un dipôle, est une antenne dont les valeurs des courants et tensions sont symétriques par rapport au point d'alimentation situé au centre. Au moins théoriquement, et dans le cas où le brin rayonnant est suffisamment éloigné du sol et des masses avoisinantes pour ne plus subir leur influence. Dans la pratique, chez les radioamateurs, c'est assez rare.

Ce déséquilibre dans les courants et les tensions du brin rayonnant a deux conséquences : la première est de perturber le diagramme de rayonnement théorique, la deuxième est d'entraîner un déséquilibre dans la répartition des courants et tensions présents dans les brins du feeder et de faire rayonner ce dernier.

Remarquons que l'alimentation d'une antenne par une ligne à fils parallèles possède un avantage énorme : il est facile d'apprécier le bon équilibre des courants dans les brins de "l'échelle à grenouille". Pour cela, il suffit

d'installer un système visuel réalisé avec une petite ampoule basse tension à filament (lampe de poche, vélo, etc.) placée dans chaque brin, au même endroit. La puissance HF utilisée sera ajustée pour les lampes utilisées ou l'inverse. Pour un courant identique dans chaque brin, l'éclairement est identique et la mesure est plus précise qu'il n'y paraît.

FAUT-IL UTILISER UN BALUN ?

L'erreur la plus tenace, surtout depuis quelques années, consiste à croire que l'utilisation d'un "balun" en extrémité basse d'une ligne parallèle va "symétriser" parfaitement l'antenne et autoriser la prolongation de la ligne par un câble coaxial sans autre forme de procès. Il n'en est rien la plupart du temps.

Malgré son qualificatif de "symétriseur", le balun se contente de répartir de manière à peu près équilibrée les courants circulants (ou les tensions présentes) à sa sortie équilibrée par rapport au courant présent (ou à la tension présente) à son entrée, référencé(e) par rapport à la masse du générateur, mais à la seule condition que l'impédance qu'il voit sur son côté symétrique soit celle pour laquelle il a été calculé et qu'elle ne soit pas réactive ou très peu.

Autant dire que la possibilité d'utilisation, théoriquement correcte et performante d'un balun, est infime dans le cas d'une antenne "center-fed multibande", pour laquelle nous avons déjà expliqué précédemment que les impédances les plus diverses et les plus réactives étaient présentes à l'extrémité du feeder, en fonction des fréquences utilisées.

En fait, la "symétrisation" des courants dans les brins du feeder et de l'antenne est obtenue par la bonne conception du coupleur et par des réglages correctement effectués. Toutefois, si l'usage d'un balun est indispensable à la quiétude de l'opérateur, le seul endroit qui pourrait convenir pour l'installer est bien

entendu côté "émetteur" du coupleur, pour passer du câble coaxial à l'alimentation de la self de couplage de quelques spires L2. Le balun sera de rapport 1/1, bien entendu, puisque l'impédance qui sera présente en ce point, après réglage du coupleur, sera normalement de 50 ohms. Rien n'empêche l'utilisation d'un balun 1/4, à condition toutefois d'augmenter le nombre de spires de la self de couplage L2 en la recalculant pour une impédance de 200 ohms. Mais un accessoire en plus est toujours une éventuelle source de pertes. Alors mieux vaut l'utiliser qu'à bon escient.

CONCLUSION

L'antenne Lévy, authentique ou modernisée en "Center-fed" est une bonne antenne multibande et souple d'emploi. Pour cela il faut néanmoins qu'elle soit réalisée, installée et utilisée correctement. Rappelons le passage qui nous semble essentiel dans les propos de Charles GUILBERT, F3LG, et qui ont servi d'introduction à cet article :

« En effet, produire de l'énergie HF est bien, mais la rayonner avec un maximum d'efficacité, est encore mieux. Il n'y a pas d'autre explication à l'existence de stations "qui passent en DX" et à celle d'autres émetteurs qui n'en sont jamais capables !

Nous avons souvent vu des OM tomber dans des réalisations critiquables, faute d'une documentation réellement utilitaire. C'est pourquoi nous voudrions rassembler ici, quelques idées objectives et saines, tout en nous élevant contre certaines croyances fausses, enracinées par la routine et l'incompréhension. » Enfin, toujours pour poursuivre les mêmes buts, terminons cet article en fournissant une bibliographie choisie avec précaution afin de contribuer largement, nous l'espérons, à ce "rassemblement d'idées objectives et saines" sur les antennes qui... rayonnent efficacement !

Francis FERON,
F6AWN

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES :

- The ARRL Handbook.
- The ARRL Antenna Book.
- "HF Antennas for all locations", 2 ed., Les Moxon, G6XN, RSGB
- "Low Band DXing", John Devoldere, ON4UN, ARRL
- "Technique de l'émission-réception sur ondes courtes", 4 ed., Charles Guilbert, F3LG
- "L'émission et la réception d'amateur", 4 ed., Roger Raffin, F3AV

ARTICLES : (par ordre chronologique)

- sur l'antenne :
- "Les cours techniques sur l'air du REF", 1937 / 1938
- "Les antennes d'émission Zeppelin et Lévy", J. Bastide, F8JD, Radio-REF, Mars/Avril 1947, Mai/Juin 1947
- "Des Antennes multibandes en général, et de l'Antenne Lévy en particulier", Charles Guilbert, F3LG, Radio-REF, Novembre 1949
- "Getting the Most Into Your Antenna", Richard M. Smith, W1FTX, QST, Juillet 1952
- "Impedance Characteristics of Harmonic Antennas", William B. Wrigley, W4UCW, QST, Février 1954
- "Le problème de l'antenne multibande", Charles Guilbert, F3LG, Radio-REF, Juillet 1959
- "Antennes et lignes à ondes stationnaires", Charles Guilbert, F3LG, Radio-REF, Juillet 1977, Août/Septembre 1977
- "L'Antenne Lévy : une antenne comme les autres ?", Maurice Limes, F6ELM, Radio-REF, Avril 1983
- "The G5RV Multiband Antenna ... Up-to-Date", Louis Varney, G5RV, Radio Communication RSGB, Juillet 1984 & ARRL Antenna Compendium, Vol. 1
- "Une antenne toutes bandes", André Vernier, F8VN, Radio-REF, Janvier 1987
- sur les principes accessoires :
- "Possible Errors in VSWR Measurement", Louis D. Breetz, QST, Novembre 1959
- "Another Look at Reflections", Walter Maxwell, W2DU/W8KHK, QST, Avril 1973 et suite
- "Reflected power does not mean lost power", Kenneth Parker, G3PKR, Radio Communication, Juillet 1982
- "De l'émetteur à l'antenne ...", Maurice Limes, F6ELM, Radio-REF, Août/Septembre 1981, Novembre 1982, Janvier 1984, Février 1984, Mars 1984
- "A simple Approach to Antenna Impedances", Jerry Hall, KITD, QST, Mars 1983
- "Analyse du fonctionnement d'une ligne de transmission fonctionnant en haute fréquence", Maurice Limes, F6ELM, Radio-REF, Mars 1986
- "Le transfert de puissance HF", Jean-Jacques Fauchez, F6IDE, Radio-REF, Mai 1989
- "Bien mesurer les puissances RF", Thomas Reichel, Actualités Rohde & Schwartz 1993/94
- "Réfléchissons ... plusieurs fois !", Francis Féron, F6AWN, MEGAHERTZ Magazine, Octobre 1998
- "Le TOS-mètre, Précisions et Imprécisions", Francis Féron, F6AWN, MEGAHERTZ Magazine, Novembre 1998
- "Le TOS-mètre, Comment le Tester", Francis Féron, F6AWN, MEGAHERTZ Magazine, Décembre 1998
- "Les Baluns, Mise au point", Francis Féron, F6AWN, MEGAHERTZ Magazine, Novembre 1999
- "Les Carnets d'Oncle Oscar", Francis Féron, F6AWN, MEGAHERTZ Magazine, à partir de Février 1999, Questions 191-2, 192-2, 192-3, 193-2, 196-3, 199-6, 201-1, 203-1

22^e EDITION
SALON INTERNATIONAL RADIOAMATEUR

HAM

RENDEZ-VOUS A AUXERRE
POUR LE PLUS GRAND SALON DE L'ANNÉE !

21-22 OCTOBRE
AUXERRE

5000 m² d'expositions - matériel neuf
1000 m² de matériel d'occasion
Conférences et démonstrations
1000 h de conférences - Le dimanche soir 1000 h
Associations
Animations pour les enfants
Magasin philatélique sur le thème de la radio