

# L'antenne Levy revisitée (I)

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de Palud 4, 1800 Vevey

**Zusammenfassung:** Es werden die theoretischen und praktischen Grundlagen der «Doppel-Zepp»-Antenne behandelt. Am Beispiel der Antenne von HB9AKN wird gezeigt, wie für die Bänder von 80m bis 10m die benötigten Kapazitäten und Induktivitäten zur Anpassung durch Messungen bestimmt werden können. Mit diesen Werten kann dann die notwendige Anpassbox gebaut werden. Es ist sehr wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass die ermittelten Kapazitäten und Induktivitäten nur für die «Doppel-Zepp»-Antenne von HB9AKN Gültigkeit haben; sie müssen für jede einzelne Antenne neu bestimmt werden.

## Préambule

Beaucoup d'articles et même de livres ont été consacrés à cette antenne, et il peut paraître étonnant que l'on revienne sur ce sujet. Et pourtant, malgré tout ce qui a été publié, du vrai, et à mon avis aussi du faux, j'ai pensé pouvoir apporter ma pierre à l'édifice, tant ce qu'on découvre en pratique est inattendu.

Tout d'abord, l'appellation. Pour les francophones, c'est une Levy aussi appelée «Ligne ouverte». Pour les germanophones, c'est une «Doppel-Zepp» ce qui signifie en français «double Zeppelin». Enfin les anglophones l'a nomment «Center feed» ce qui signifie alimentée au milieu. On le voit, tous ces mots pour la même antenne, ce n'est pas très réjouissant pour la clarté de l'explication du fonctionnement. Certains parlent d'un dipôle, or d'après la définition du dictionnaire, un

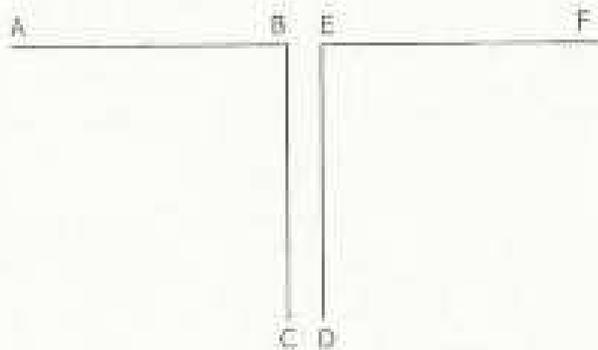


Figure 1: Antenne Levy



Figure 2: Représentation équivalente d'une antenne Levy. Segments: AB et EF parties rayonnantes horizontales (AB = EF). BC et DE longueurs de la ligne de transmission (BC = DE). Bobine L: Bobine minimale pour trouver les accords FT1 au grid dip.



Figure 3: Représentation équivalente d'une antenne Levy. Segments: AB et EF demies parties rayonnantes horizontales. BC et DE longueurs de la ligne de transmission. Bobine L: Bobine du couplage série. CV1, CV2: Condensateurs d'accord.

dipôle est constitué de deux parties égales dans le prolongement l'une de l'autre, ce qui n'est valable que pour la partie rayonnante horizontale, alors que la ligne parallèle fait, elle aussi partie intégrante de l'antenne, et est perpendiculaire.

C'est peut être cette confusion qui explique sa solide réputation de complexité, sans oublier que, en gros deux écoles s'affrontent pour disséquer son fonctionnement.

Le but de cet article, est d'amener le lecteur le plus simplement possible à un niveau de compréhension suffisant pour que, non seulement il construise lui-même son antenne, compte tenu de la place dont il dispose, mais en plus, grâce à notre marche à suivre, qu'il parvienne à la mettre au point afin d'obtenir un fonctionnement parfait. On fait ici la démarche inverse de certains ouvrages qui proposent des dimensions bien déterminées qui correspondent rarement à la place dont on dispose vraiment. Nous avons en effet constaté qu'à partir de la littérature existante sur le sujet, il n'est pas facile, même pour un lecteur averti d'en faire la synthèse, afin d'en

dégager les éléments essentiels vraiment utiles, menant à une bonne réalisation.

Comme à l'accoutumé, nous commencerons par bien poser les bases théoriques, vraiment nécessaires, ensuite, nous passerons aux mesures pratiques effectuées sur mon antenne (voir figure 4). Ces mesures permettront le dimensionnement du coupleur faisant suite au TX/RX, ce coupleur faisant un tout avec l'antenne. Cette méthode de travail sera transposable à n'importe quel cas particulier rencontré dans la pratique par l'amateur.

## Rappel théorique

Comme déjà dit, deux écoles s'affrontent, et nous avons choisi notre camp après mûres réflexions. Nous ne voulons en aucun cas entraîner le lecteur dans l'analyse des divergences, entre les deux théories, ce qui ne manquerait pas de lui brouiller les idées à tout jamais! Il pourra toujours par la suite si le cœur lui en dit, se plonger ultérieurement dans le sujet afin d'examiner l'autre méthode, et il fera lui-même ses propres conclusions.

### Généralités

L'antenne Levy (voir figure 1), est constituée de deux parties horizontales égales, formant le brin rayonnant, et de deux parties parallèles, aussi égales entre elles, partant à angle droit au milieu du brin rayonnant. Les deux fils parallèles forment la ligne branchée au TX/RX par l'intermédiaire du coupleur.

Pour la ligne à fils parallèles, il faut éviter les appellations «feeder», ou «ligne de transmission» qui induisent en erreur. En effet, ces mots signifient qu'on alimente ou que l'on transfère de l'énergie depuis le TX/RX aux deux fils rayonnants horizontaux. Or, ce n'est pas le cas ici, puisque la ligne fait elle-même partie du système résonant. Cette ligne est donc une partie intégrante de l'ensemble accordé par le coupleur. Elle est donc le siège d'une partie du régime d'ondes stationnaires qui s'établit sur l'ensemble résonant. Nous remarquons immédiatement la symétrie du système, ce qui lui confère un avantage incontestable, surtout pour le TVI, et nous sommes complètement indépendants de la terre, du point de vue HF. Nous considérerons toujours l'ensemble horizontal rayonnant et la ligne parallèle comme un tout sur lequel s'inscrit symétriquement un régime d'ondes stationnaires. Les figures 7 - 12, représentent

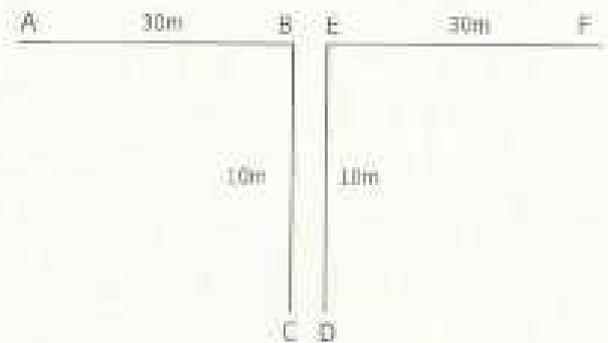


Figure 4: Antenne Levy HB9AKN.

ces régimes pour les différentes bandes, et l'on voit immédiatement quelles corrections le coupleur doit apporter pour chaque bande, pour trouver l'accord, c'est-à-dire amener un ventre de courant à sa hauteur.

Sur ces figures, nous avons représenté la longueur de fil d'une moitié d'antenne sur l'axe horizontal, donc la longueur totale d'un côté, l'autre moitié étant identique mais de phase opposée. Sur cette longueur l'onde stationnaire désirée  $I_0$  est dessinée, ainsi que  $I_1$  et  $I_2$ . A l'origine en 0 se trouvera obligatoirement un nœud d'intensité 0, puisque nous sommes aux isolateurs électriques d'extrémité. L'axe vertical représente  $I$ , l'intensité instantanée au temps  $t$ . Un instant plus tard, la valeur de  $I$  changera, mais les ventres et les nœuds ne changent pas d'endroit. Nous pouvons aussi représenter l'antenne Levy avec les deux moitiés représentées horizontalement dans le prolongement l'une de l'autre (voir figure 2). La ligne à cette fois disparaît et constitue la portion centrale de la longueur de fil supplémentaire, soit BC+DE apportée de chaque côté.

La bobine centrale nous permettra d'approcher un oscillateur grid dip, et de mesurer toutes les fréquences de résonance  $f_r$ . Pour minimiser au maximum l'effet d'abaissement des fréquences de résonance dû à la self, on fera la bobine de couplage la plus petite possible compatible avec la mesure. Nous savons bien qu'il s'agit là d'une vue de l'esprit car en réalité, on fera les mêmes mesures, mais avec la ligne bien réelle arrivant dans le local du TX/RX. La figure 3 est aussi une vue de l'esprit, mais montre bien que la ligne et la partie horizontale forme un tout. Cette fois, c'est le coupleur compensateur complet qui a été représenté.

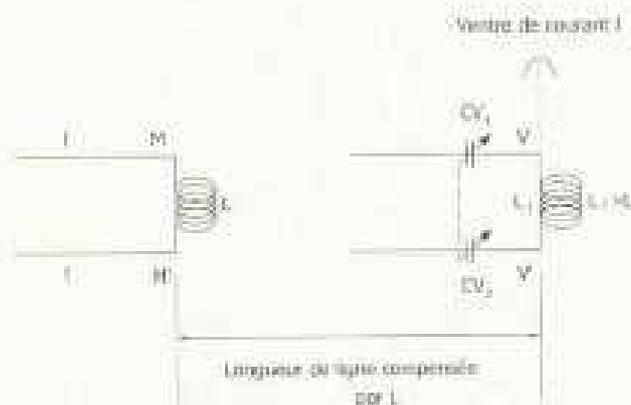


Figure 5: Compensation électrique de la longueur d'une ligne.

### L'onde stationnaire

Attachez l'extrémité d'une corde à un mur, secouez la corde, vous créez une onde stationnaire. L'extrémité attachée constitue un nœud, alors que l'extrémité secouée constitue au premier coup forcément un ventre sinon on ne pourrait pas transmettre de l'énergie à l'onde. Pincez une corde de violon, vous aurez deux nœuds aux extrémités, et un ventre au milieu.

L'antenne Levy aura obligatoirement deux nœuds d'intensité aux deux extrémités horizontales, à l'endroit des isolateurs. Cependant, ce qui apparaîtra aux points B et E (voir figure 1) en matière de ventre ou de nœud est complètement indifférent, puisque la symétrie du système est toujours respectée. Beaucoup plus important pour nous est ce qui apparaîtra en CD ou, grâce au coupleur, on aura toujours un ventre de courant.

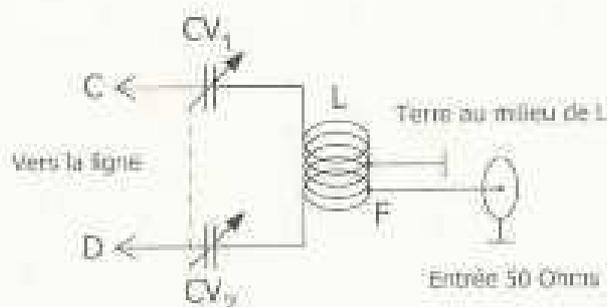


Figure 6: Coupleur série compensateur asymétrique symétrique type F3LG. Ce circuit série n'est pas accordé selon l'expression de Thompson sur la fréquence de travail. Il compense l'ensemble ligne antenne selon la résonance désirée.

Puisque la ligne elle-même de l'antenne Levy participe à l'établissement d'ondes stationnaires, il est parfaitement incorrect de parler de son impédance caractéristique, étant donné que le rapport  $U/I$  est variable tout au long de celle-ci. De même, sur un dipôle résonnant en demie onde, l'impédance est bien de 73 Ohms au centre dans le ventre de courant, mais augmente de chaque côté jusqu'à atteindre près de 2000 Ohms aux extrémités isolées.

Il est vrai, que de part sa constitution physique, la ligne aura une impédance caractéristique calculable bien déterminée. Mais, dans notre cas, ce paramètre ne joue, à notre connaissance, pas de rôle déterminant pour ce mode de fonctionnement.

Pour la réception seule, on pourra même se contenter d'un câble électrique plat courant à fils parallèles, ou d'un câble plat TV à fils espacés de 10 mm isolés au polymère. Pour l'émission, il faudra un écartement entre fils plus grand afin d'éviter les pertes. J'utilise avec succès un câble plat avec 23 mm d'espacement entre les fils. J'ai même aperçu en Allemagne une magnifique antenne Levy sur le toit d'une caserne, avec son échelle à grenouille (ligne) ayant un espacement entre fils d'au moins 30 cm.

Bien qu'étant le siège d'ondes stationnaires, la ligne ne rayonne pas, les deux régimes d'ondes stationnaires des deux fils s'annulent, étant de phase opposée.

### L'onde progressive

Laissez l'extrémité libre de la corde, et secouez celle-ci. L'onde ne sera plus réfléchiée et se propagera le long de la corde jusqu'à épuisement de l'énergie qu'elle contient.

C'est exactement ce type de fonctionnement que l'on a couramment dans les câbles coaxiaux.

Dans ce cas, l'onde progresse le long de la ligne, jusqu'à l'apparition de la charge, dans laquelle l'onde libère son énergie. Cette charge doit être de valeur égale à l'impédance caractéristique. Dans ce cas seulement, toute l'énergie contenue dans l'onde sera transférée à la charge, et il n'y aura aucune réflexion d'ondes en sens inverse. Ici, alors l'impédance caractéristique aura toute son importance, car, le rapport  $U/I$  sera constant.

à n'importe quel endroit de la ligne. Dans ce cas, la ligne est dite adaptée.

### L'accord d'une antenne

Nous savons que l'on peut accorder un long fil sur une fréquence autre que celle de sa fréquence de résonance naturelle. Si on désire l'accorder sur une fréquence plus basse que celle-ci, il faudra lui adjoindre une inductance à la base. Si, au contraire, on désire l'accorder sur une fréquence plus élevée, il faudra lui adjoindre une capacitance. C'est exactement ce que nous ferons avec l'antenne Levy en lui ajoutant en CD un coupleur compensateur à la base (voir le schéma du coupleur figure 6).

De plus, nous déterminerons par les mesures, pour chaque bande, les valeurs des éléments L et CV du coupleur série accompagnant l'antenne Levy dont on dispose. Pour bien comprendre la façon dont s'effectue l'accord, étudiez la figure 5. On voit que cela sera toujours un accord sur le ventre de courant le plus proche, ce qui nous fera apparaître une basse impédance en CD. Certains coupleurs utilisent un circuit oscillant parallèle, mais alors, ce circuit oscillant doit obligatoirement être branché en un nœud de courant, soit à un endroit à haute impédance de la ligne.

La figure 5 montre comment se fait la compensation pour atteindre la résonance. Il est toujours possible de compenser électriquement la longueur physique de la ligne à l'aide d'éléments de corrections. Une self produit un allongement et une capacité un raccourcissement électriques. On peut ainsi atteindre le prochain ventre de courant avec la self, on va même au delà de celui-ci. On revient ensuite sur le ventre de courant avec les condensateurs.

Ce sont les réactances des éléments de corrections qui provoquent les allongements ou raccourcissements électriques nécessaires. Ainsi, la self seule (à gauche) peut être considérée comme étant accompagnée de condensateurs de capacité infinie. On utilise uniquement les CVs pour avoir plus de souplesse de réglage. Théoriquement, L suffit pour obtenir l'accord, à condition d'avoir la bonne valeur.

L'examen attentif des régimes d'ondes stationnaires des figures 9 et 10 est très instruc-

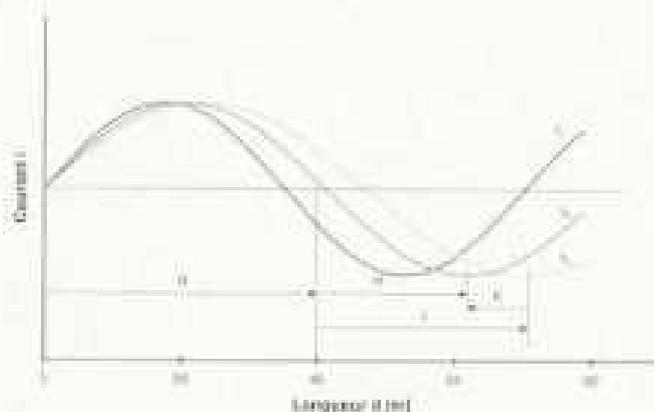


Figure 7: Ondes stationnaires, bande 80m

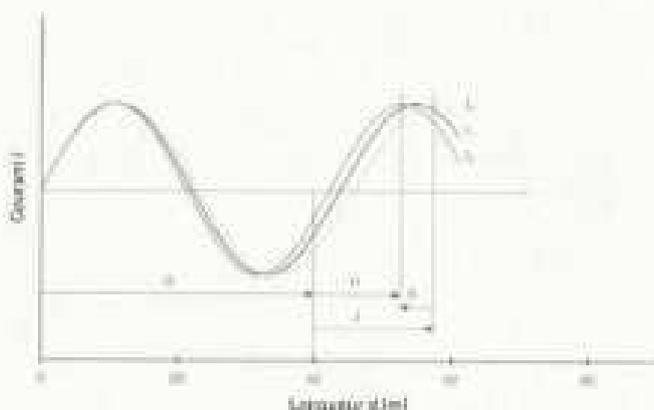


Figure 8: Ondes stationnaires, bande 40m

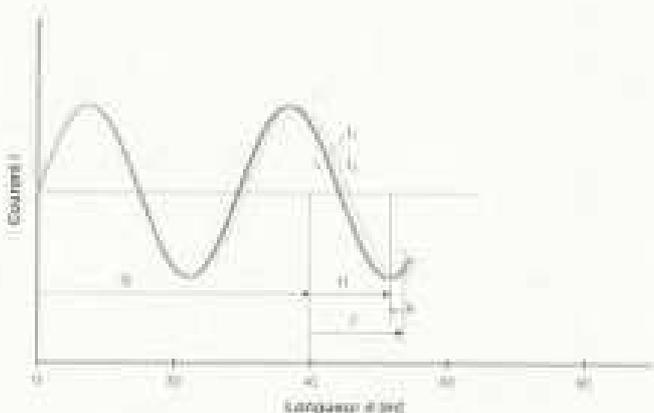


Figure 9: Ondes stationnaires, bande 30m

tif. Sur la figure 9, on voit que la correction à apporter est minime,  $f_1$  est à peine supérieure à  $f_0$ , si bien que, en théorie on pourrait descendre de  $f_1$  à  $f_0$  uniquement en fixant la valeur L de la self à la valeur juste nécessaire. Mais, c'est pour mieux ajuster en pratique la longueur électrique nécessaire, que l'on va au-delà avec L pour revenir sur le ventre

d'intensité à l'aide des CV's. Même remarque pour la figure 10.

### Remarque très importante

Les éléments déterminés L et CV<sub>1</sub>, CV<sub>2</sub> du circuit série ne correspondent absolument pas à ceux nécessaires pour obtenir la même fréquence de résonance selon l'expression de Thompson:

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Par conséquent on ne peut pas passer avec les mêmes valeurs d'éléments du circuit série au circuit parallèle pour se brancher en CD en un nœud d'intensité, soit en haute impédance. Pour faire ce branchement, il faut obligatoirement, pour la même fréquence, d'autres valeurs de L et CV à calculer selon l'expression de Thompson cette fois. De plus, une fois les éléments L, CV<sub>1</sub>, CV<sub>2</sub> du circuit série déterminés avec une antenne donnée, on ne peut absolument pas remplacer celle-ci par une charge fictive 50 Ohms ou autres, puisque les éléments ont été déterminés d'après l'antenne branchée. Il n'y a 50 Ohms qu'à l'entrée du coupleur (voir figure 6) et non à la sortie.

Ces déterminations des valeurs L, et CV<sub>1</sub>, CV<sub>2</sub> seront donc faites «sur mesure ou à la carte» pour chaque bande, et le coupleur ainsi déterminé, ne pourra en aucun cas fonctionner sur une autre antenne, à moins que les dimensions géométriques soient identiques, ou bien par pur hasard sur certaines bandes seulement.

### Symboles utilisés pour les mesures

- L: coefficient de self induction du bobinage
- CV<sub>1</sub> et CV<sub>2</sub>: capacités en série avec la ligne.
- f<sub>1</sub>: fréquence d'accord de l'antenne seule (sans correction) correspondant à l<sub>1</sub>.
- f<sub>2</sub>: fréquence d'accord obtenue avec la bobine L seulement correspondant à l<sub>2</sub>.
- f<sub>3</sub>: fréquence d'accord désirée obtenue avec la bobine L et les deux capacités CV<sub>1</sub> et CV<sub>2</sub> correspondant à l<sub>3</sub>.

De plus, sur les figures 7 - 12 nous avons:

- G = 30 m + 10 m (voir figure 4)
- H = allongement électrique résultant
- J = allongement dû à la self

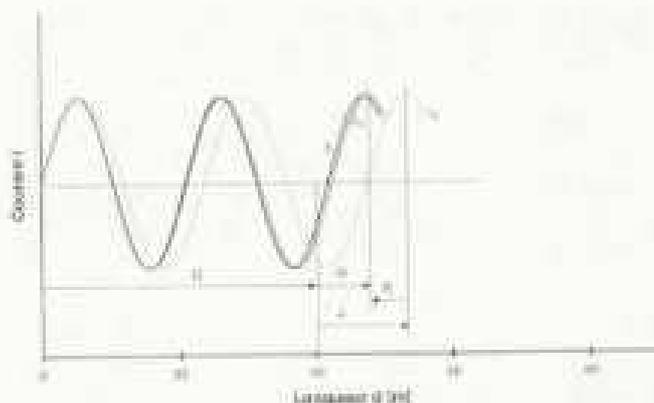


Figure 10: Ondes stationnaires, bande 20m

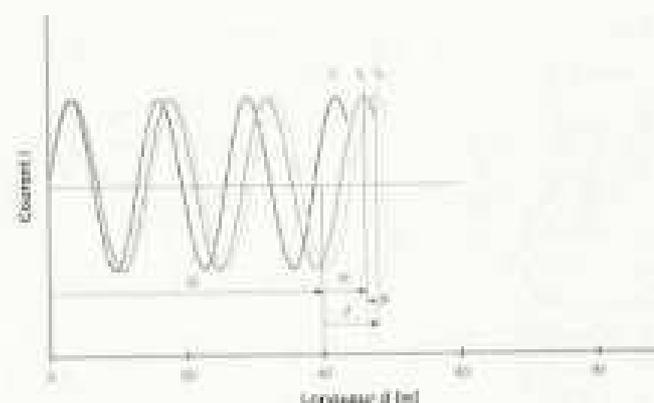


Figure 11: Ondes stationnaires, bande 15m

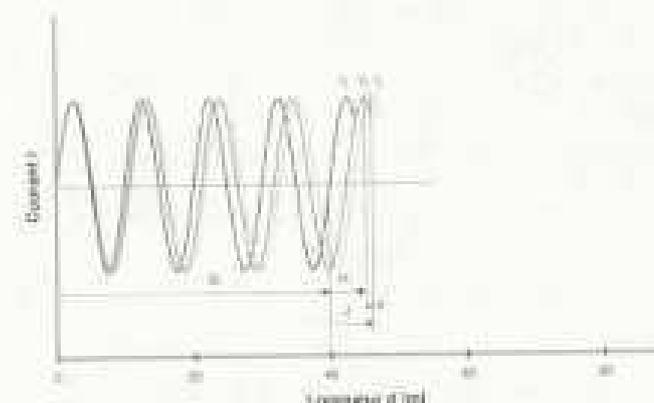


Figure 12: Ondes stationnaires, bande 10m

K = raccourcissement dû aux condensateurs.

En réalité f<sub>3</sub> est influencée par la présence minimale il est vrai de la petite self de couplage qui produit une légère baisse de fréquence. D'autre part, f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub> dépendront, pour une même longueur totale de fil = AB + BC, du rapport AB/BC, qui est égal au rapport EF/ED (voir figure 1).

## Comparaison avec l'utilisation d'une boîte d'accord

Une boîte d'accord n'agit en aucune manière sur l'accord de l'antenne elle-même, celle-ci restant ce qu'elle est, mais transforme l'ensemble (boîte+antenne) en une charge ohmique pure.

Elle porte donc mal son nom! L'émetteur fonctionne ainsi dans les meilleures conditions, mais seule une fraction de l'énergie

### Technik auf [www.uska.ch](http://www.uska.ch)

Neu findet sich auf der USKA-Homepage unter der Rubrik Old Man der Beitrag von Olivier Pilloud, HB9CEM «**Les lignes de transmission – introduction**». In diesem Artikel wird das Verhalten von Leitungen auf einfache und einleuchtende Art beschrieben. Anschliessend wird ein mathematisches Modell hergeleitet, mit dem das Verhalten der Leitung unter verschiedenen Bedingungen simuliert werden kann. Dazu wird das Simulationsprogramm «Spice» verwendet.

On peut trouver dès maintenant sur le site de l'USKA, sous la rubrique Old Man un exposé très intéressant d'Olivier Pilloud, HB9CEM «**Les lignes de transmission – introduction**». Dans cet article, nous examinerons intuitivement la constitution d'une ligne, puis nous en déduirons un modèle que nous pourrions utiliser pour simuler avec l'aide d'un programme de simulation «Spice» son comportement dans différentes conditions.

transmise par celui-ci est convertie en énergie électromagnétique. Il arrive pourtant que, suivant la nature de l'impédance présentée en CD (voir figure 1) la boîte d'accord ne puisse effectuer correctement la transformation en une charge ohmique pure.

Le coupleur proposé, corrige l'antenne elle-même et l'accorde à la fréquence de résonance désirée. De plus, l'adaptation du coupleur à l'impédance de sortie de l'émetteur s'effectue très facilement en ajustant la position de la prise F sur le bobinage (voir figure 6). On apprécie ici toute la différence.

## Comparaison avec l'utilisation d'un adaptateur asymétrique-symétrique

Il existe des symétriseurs à rapport de transformation fixe, au choix 75 Ohms/300 Ohms par exemple, ou bien 75 Ohms/75 Ohms. Il existe d'autre part des symétriseurs à rapport variable tel que le pont de Boucherot. Inconvénients: L'impédance de sortie de l'émetteur est connue (50 Ohms en général), par contre c'est la grande inconnue pour celle présente en CD de l'antenne Levy. En effet, suivant la géométrie de l'antenne, de la fréquence d'utilisation, cette impédance peut prendre toutes les valeurs possibles. C'est donc bien hasardeux de lui brancher un Balun à cet endroit. Dans ce cas, comme avec la boîte d'accord, on subit la valeur et la nature de l'impédance présente en CD, alors qu'avec le coupleur série, on détermine la valeur désirée en CD, puisque l'on agit sur l'antenne elle-même. C'est là que réside toute la différence. Nous arrêtons là ce rappel théorique suffisant pour le but poursuivi.



USKA

## Mutationen Oktober 2006

### Neuaufnahmen

- HB9TVL** Potztal Ralph, Montelunaweg 3, 7310 Bad Ragaz
- HB9TZN** Tauxe Philippe, Ch. du Cèdre 4, 1260 Nyon
- HB9TZX** Banditt Michael, Imbisbühlstrasse 55, 8049 Zürich
- HB3YPD** Walter Debora, Ziegelgasse 21, 3714 Frutigen
- HB3YPI** Bonard Stéphane, Rue de la Cité 7a, 1373 Chavornay
- HB3YPT** Walter Tabea, Ziegelgasse 21, 3714 Frutigen
- HB3YPW** Walter Dina, Ziegelgasse 21, 3714 Frutigen
- HB3YPY** Roland Daniela, Route de Certoux 13d, 1258 Perly
- HE9HRZ** USKA Member

### Rufzeichenänderungen

- HB9TZR** USKA Member, ex HB3YOI
- HB9TZU** Planzer Christof, Buonaserstrasse 24a, 6343 Rotkreuz, ex HB3YOC
- HB9TZW** Geissmann Martin, Gartenweg 3, 5033 Buchs, ex HB3YPG