

## La ligne accordée et mon antenne (ON5HQ)

De nombreuses idées fausses circulent au sujet des lignes d'alimentation des antennes et il ne faut pas être longtemps parmi les amateurs pour rencontrer un soi-disant expert en antennes qui parle de « couper la ligne pour diminuer les stationnaires » ; mais il s'agit d'une erreur manifeste !

Voici un petit exemple de raisonnement provoqué par une méconnaissance évidente du problème et des propos qui servent de base pour les commentaires qui vont suivre et de comprendre l'emploi d'une « ligne accordée » (cas de la Lévy) :

« J'ai soigneusement coupé mon antenne pour 7 Mcs, suivant la formule du HandBook, et je l'alimente au centre par du twin 300 ohms. Le grid-dip meter m'indique une fréquence de résonance de 5 Mcs au lieu de 7. J'ai des dips à 10, 20 et 25 Mc! s. En allongeant ma ligne j'amène la fréquence à 7 Mcs.

« Ce que je ne comprends pas est la raison pour laquelle les feeders influencent la résonance de l'antenne, alors qu'il s'agit d'une ligne aperiodique. Si cet effet est normal, comment puis-je mesurer la fréquence de résonance réelle de mon antenne? »

Ceci est une bonne question. Si vous connaissez les réponses correctes à toutes les questions contenues dans l'exemple qui précède, vous n'aurez pas de peine à comprendre la plupart des problèmes de feeders. Voyons un peu de quoi il retourne.

### LIGNES DE TRANSMISSION

Bien des amateurs vous répondront probablement, si vous leur demandez s'il savent quelque chose à propos du câble coaxial, que : « bien sur, le RG213/U est du câble à 50 ohms, et le RG59/U du 73 ohms ; et tout semble dit !!! hélas non, et pour répondre ce qu'il faut encore connaître, je dirais : « TOUT »

Tout d'abord, le RG213/U n'est pas du câble à 50 ohms, ni une ligne de 50 ohms, mais un câble qui a une impédance caractéristique de 50 ohms.

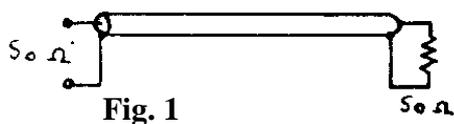


Fig. 1

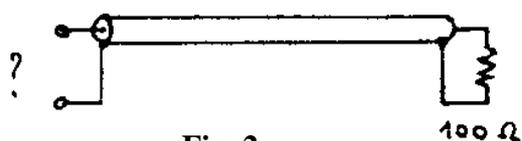


Fig. 2

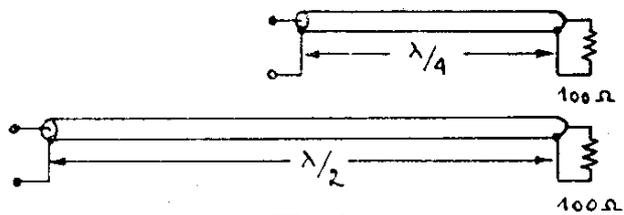


Fig. 3

Cette expression cabalistique peut être illustrée par la figure 1. Nous y figurons une grande longueur de RG213/U connectée à une extrémité aux bornes d'une résistance de 50 ohms. Nous appellerons cette extrémité le côté charge. Si nous mesurons l'impédance, au moyen du pont d'impédance, du côté opposé (input), nous trouverons 50 ohms. C'est exactement ce à quoi vous vous attendiez, et vous vous demandez où nous voulons en venir. Patience, nous y arrivons.

Supposez maintenant que nous placions du côté charge du même coaxial une résistance de 100 OHMS, comme à la fig. 2 et que nous fassions à nouveau la mesure. Que pensez-vous que nous aurons comme résultat! 50 ohms? 100 ohms? 200 ohms? ..

Hé bien, ... il n'y a pas de réponse à cette question car le problème n'est pas posé de façon assez complète pour être résolu.

Pour savoir quel aspect présente le côté input d'une ligne de 50 ohms quand une résistance de 100 ohms est connectée du côté charge, il faut connaître en plus la longueur électrique de la ligne. En d'autres termes vous devez savoir la fréquence et le coefficient de vélocité  $k$  de la ligne, d'où on peut déduire la longueur électrique de la ligne.

La vitesse de propagation d'une onde HF est plus faible dans une ligne que dans l'air, le rapport  $k = v/c$  représente le coefficient de vélocité (ou coefficient de vitesse) de la ligne.

$$v = \text{vitesse de l'onde dans la ligne}$$
$$c = \text{vitesse de l'onde dans le vide}$$

La longueur électrique se mesure en longueurs d'onde, de sorte qu'une longueur donnée de câble a une longueur électrique qui varie avec la fréquence. Sur un câble, une longueur d'onde s'inscrit sur une longueur

géométrique, de longueur égale à la longueur d'onde dans l'air multipliée par le coefficient de vitesse du câble :

$$\lambda_c = \lambda \cdot k.$$

$\lambda_c$  = longueur d'onde dans le câble

$\lambda$  = longueur d'onde dans l'air

Une ligne d'une longueur d'onde à une fréquence donnée comprend deux longueurs d'onde à une fréquence double etc,

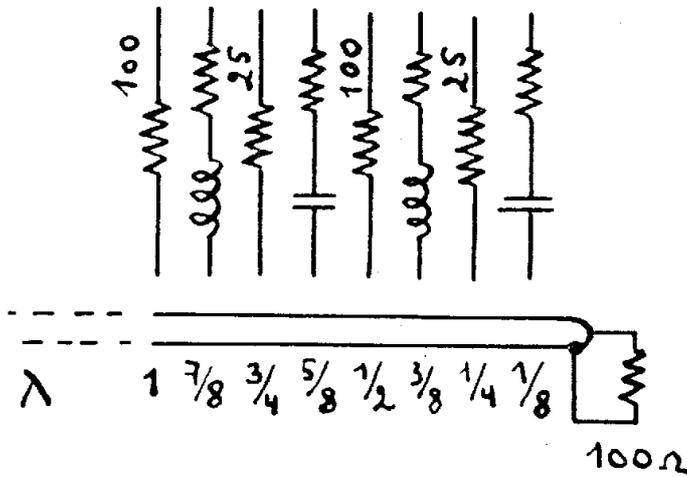


Fig. 4

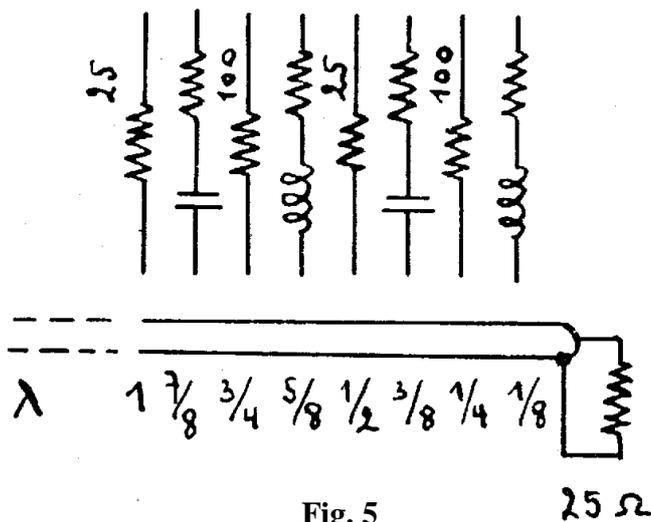


Fig. 5

En fait, quand on termine une « ligne de 50 ohms » sur 100 ohms, il se passe des choses intéressantes sur la longueur de cette ligne. Prenons par exemple les lignes représentées à la figure 3. Si la ligne est longue d'un quart d'onde, le pont d'impédance nous donne une lecture de 25 ohms pour l'impédance d'entrée, Pour une ligne d'une demi-onde, la lecture est de 100 ohms.

Si la ligne mesure 1/8 de longueur d'onde, le pont mesure une résistance de 40 ohms en série avec une capacité. et une ligne de 3 longueurs d'onde apparaîtrait comme une résistance de 40 ohms en série avec une inductance! Ces effets se répètent à un intervalle de 1/2 longueur d'onde tout le long de la ligne, comme le montre la fig. 4.

L'exemple que nous venons de discuter était pour une charge de valeur plus élevée que l'impédance caractéristique. Lorsqu'elle est plus petite que l'impédance caractéristique, l'impédance varie comme il est indiqué dans la figure 5.

Revenons maintenant à cette fameuse « Impédance » caractéristique » et définissons-la :

L'impédance caractéristique d'une ligne est la valeur de la résistance qui, employée comme charge, rend l'impédance d'entrée indépendante de la longueur de la ligne. (Ceci n'est rigoureusement exact que pour une ligne sans résistance ni perte, mais cet aspect peut en général être

négligé pour des lignes d'amateurs)

## MESURE DE L'IMPEDANCE D'ANTENNE.

Vous commencez à entrevoir, maintenant, pourquoi poser la question comme au début de cet article, c'est simplement se gourer.

Il a connecté une antenne à une « longueur » de « ligne 300 ohms » et s'attendait à ce que la ligne se comporte comme une liaison directe entre son shack et l'antenne, sans apporter des effets qui lui sont propres.

Ceci était faux évidemment. L'antenne résonnait vraisemblablement à 7 Mes, et une antenne demi-onde présente une résistance de 70 ohms environ en son centre. Tout s'est donc passé comme s'il avait terminé sa ligne 300 ohms par une résistance de 70 ohms. si la mesure est faite à 7 Mes. Pour toute autre fréquence l'antenne devient une charge complexe. comprenant à la fois de la résistance et de la réactance.

De ce qui précède, vous aurez retenu qu'une ligne de 300 ohms terminée par quelque chose de différent de 300 ohms, va présenter des valeurs diverses de résistance et de réactance d'entrée dépendant de sa longueur électrique. Par conséquent, les fréquences de résonance trouvées au grid-dip meter, et qui sont les fréquences pour lesquelles l'entrée de la ligne apparaît comme une résistance pure, mais qui n'ont aucun rapport avec la fréquence de résonance de l'antenne même.

En changeant la longueur de la ligne, on est arrivé à un point, à une longueur, qui apparaissait comme

une résonance pour la fréquence pour laquelle l'antenne était coupée, mais cela signifie uniquement que la ligne a maintenant un multiple d'un quart d'onde comme longueur électrique, puisque c'est la condition pour qu'une ligne apparaisse comme une résistance pure lorsqu'elle est terminée sur une résistance pure (ce que nous supposons, puisque l'antenne a été taillée pour la résonance).

Bien, mais comment mesure-t-on la fréquence de résonance d'une antenne? - Eh bien, ce n'est pas très facile, mais heureusement ce n'est pas trop important !! Comment ça ! pas important que l'antenne (les brins rayonnants) soit parfaitement résonnante? Pour certain, ceci est un blasphème, une hérésie !, mais voilà, je le maintiens, en précisant que pour cela, il faut bien sur des conditions d'alimentations particulières de l'antenne).

Il y a en effet les antennes alimentées par une ligne coaxiale, en onde progressives (ou apériodiques) et qui résonnent naturellement sur une (ou des) fréquence(s) dépendant de leurs dimensions, et alimentées par une ligne d'impédance caractéristique aussi proche que possible de la résistance de l'antenne, et les antennes ou le fil rayonnant et la ligne d'alimentation forment un système accordé (certains disent aussi des feeders accordés, mais c'est l'ensemble que l'on accorde) grâce à un système d'accord approprié.

Dans l'exemple cité ci dessus, on utilise maintenant ce qu'on appelle un système d'antenne accordé. Il termine une ligne 300 ohms par une charge autre que l'impédance caractéristique de la ligne, et par conséquent « l'aspect » de la ligne à son entrée dépend de sa longueur électrique (voyez fig. 4)

Pour transférer de l'énergie à l'antenne, la ligne est couplée à l'émetteur par un circuit qui compense toute réactance qui apparaît à l'entrée de la ligne, de sorte que la ligne apparaît comme une charge résistive, vue de l'émetteur. En langage courant, ce circuit n'est autre que le coupleur d'antenne (cas de l'antenne Lévy).

Il serait peut-être utile de rappeler ici que seule une résistance peut absorber de l'énergie, une réactance ne peut le faire. Vous savez ceci par expérience pratique: vous pouvez faire passer du courant alternatif à travers un condensateur, mais le condensateur ne s'échauffe pas (si c'est un pur condensateur), ni ne consomme de l'énergie d'aucune autre manière. Même chose pour une inductance, mais c'est plus difficile à montrer, car le conducteur de la bobine présente toujours de la résistance. Quand une bobine s'échauffe, c'est sa résistance que en est cause, et non sa réactance.

Puisque seule une résistance absorbe de l'énergie (dans notre cas, la résistance de rayonnement), quelle différence cela peut-il faire si une antenne est accordée ou non ?

Lorsque l'antenne est résonnante, elle apparaît comme une résistance pure (composée de la résistance du conducteur, plus la « résistance de rayonnement »), mais quand elle ne l'est pas, elle apparaît comme une résistance en série avec une réactance. Seule la partie résistive peut utiliser de l'énergie, donc nous ne perdons rien.

Nous devons avoir une antenne résonnante, apparaissant comme une résistance pure, si notre intention est de l'employer comme charge pour une ligne « apériodique », nous devons employer une ligne dont l'impédance caractéristique est égale ou très rapprochée de la résistance présentée par l'antenne. Nous ne pouvons pas exciter une antenne de 70 ohms avec une ligne de 300 ohms, et espérer obtenir autre chose qu'un système d'antenne accordé présentant les variations représentées par la figure 4.

Nous pouvons exciter une antenne de 70 ohms avec une ligne 70 ohms et alors peu importe la longueur de la ligne, elle présentera une résistance de 70 ohms à son extrémité « input », et nous n'aurons pas besoin d'un coupleur d'antenne, si nous pouvons charger notre émetteur sur 70 ohms. Mais l'antenne doit être une antenne de 70 ohms résonnante à la fréquence qui nous intéresse.

## RAPPORT D'ONDES STATIONNAIRES

Vous vous êtes peut-être aperçu maintenant que toute cette histoire à propos des variations d'impédance d'entrée dans une ligne mal adaptée a certains rapports avec ce vieux sujet de conversation, le rapport d'ondes stationnaires. En effet. Puisque la puissance est la même en tous points de la ligne, et puisque la résistance et la réactance varient, la tension et le courant varieront également. Prenez la ligne de la figure 4A. Supposons que nous passons 100 Watts dans cette charge de 100 ohms. Le courant en ce point sera de 1 ampère, et la tension 100 volts ( $W = I^2 \cdot R = E^2/R$ ). A un quart d'onde de la charge, la ligne a une impédance de 25 ohms, et 100 watts à ce niveau, font un courant de 2 A et une tension de 50 V. A 1/2 onde. nous sommes de nouveau à 1 A et 100 V.

Vous voyez donc que le courant et la tension varient le long de la ligne et peuvent évidemment être mesurés, et cela nous donnera quelque chose qui s'appelle le rapport d'ondes stationnaires ROS, (Standing Wave Ratio. ou SWR en anglais). Ce **ROS** est le **rapport du courant maximum au courant minimum**, ou de la **tension maximum à la tension minimum**, et dans le cas ci-dessus, il est égal à 2. Nous disons donc que le rapport d'ondes stationnaires de la ligne est 2. Notez que ce rapport de 2 est également le rapport de la

résistance de charge à l'impédance caractéristique de la ligne ( $100/50 = 2$ ). Ceci n'est pas une coïncidence, le **ROS** de la ligne est **égal au rapport du mismatch entre charge et ligne**, pour des charges résistives, (Quand la charge est plus petite que l'impédance caractéristique, vous divisez par la charge, car il est d'usage d'exprimer le ROS par un chiffre supérieur à 1).

La solution est plus compliquée quand la charge présente de la réactance.

Vous voyez maintenant que les « scientifiques » qui changent le ROS de la ligne en ajustant sa longueur ne savent pas exactement de quoi ils parlent. Ce qu'ils font en ajustant cette longueur est de faire que l'extrémité input de la ligne apparaisse comme une résistance, et qu'il soit plus facile d'y coupler l'émetteur, mais le ROS est déterminé par la charge, et ne l'oubliez pas, sous aucun prétexte ; ce qui implique que, dans une ligne sans pertes, le ROS est identique tout au long de la ligne.

Pour  $R_{charge} > R_{caractéristique\ ligne}$  :

$$ROS = \frac{R_{charge}}{R_{caractéristique.ligne}}$$

Pour  $R_{charge} < R_{caractéristique\ ligne}$  :

$$ROS = \frac{R_{caractéristique.ligne}}{R_{charge}}$$

Mais aussi :

$$ROS = \frac{U_{MAX}}{U_{MIN}} = \frac{I_{MAX}}{I_{MIN}}$$

La Fig.6 représente, pour différentes charges à l'extrémité de la ligne, la répartition de la tension le long de la ligne.

Dans cette figure :

$R_r$  = résistance de charge (du récepteur ; antenne par exemple).

$R_c$  = impédance caractéristique de la ligne.

Le courant est en opposition avec la tension ; lorsque U est maximum, le courant est minimum et vice versa (Fig. 7).

Voilà, c'est à peu près tout. Si vous avez appris que le ROS est déterminé par la

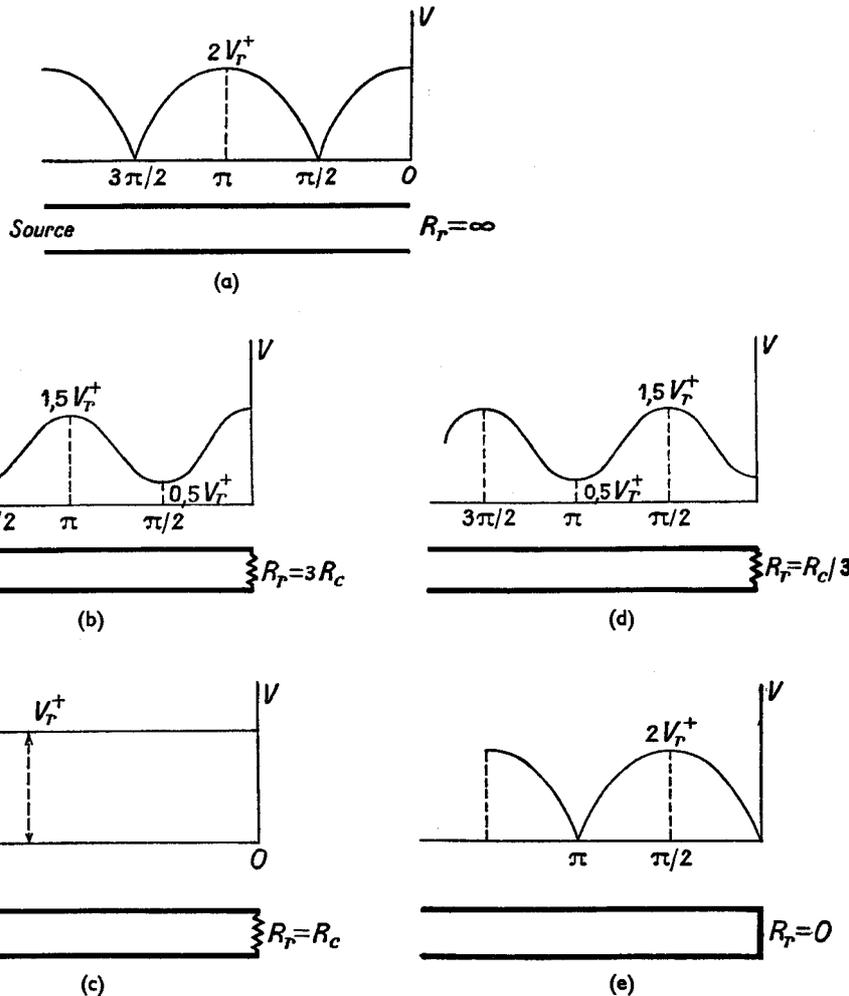


Fig.6

charge, et que l'accord exact de l'antenne est peu important lorsque vous employez une ligne accordée, c'est déjà important.

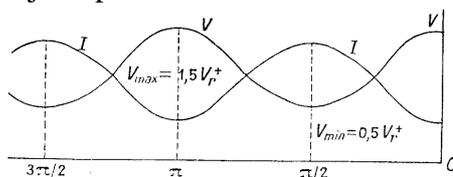


Fig. 7

Il est évident que ceci ne signifie pas que vous pouvez utiliser une antenne très courte (moins de 1/8 de longueur d'onde), et avoir les mêmes résultats qu'avec une demi-onde. Dans un tel cas la résistance ohmique de l'antenne et de la ligne peut être plus élevée que la résistance de rayonnement de l'antenne, et la plus grande partie de votre puissance sert à chauffer les circuits d'accord et la ligne de transmission.

Un point qui n'a pas été abordé est celui des pertes dans les lignes. Si la ligne était sans pertes, le ROS n'aurait aucune importance au point de vue des pertes en ligne. Il est évident que toute ligne a des pertes, et ces pertes augmentent avec le ROS, mais ne vous en occupez pas dans le cas des lignes bifilaires ouvertes, dont les pertes propres sont beaucoup plus faibles que celles des lignes à diélectrique solide.