

Antennes et lignes à ondes stationnaires (I)

Charles GUILBERT F3LG
Radio Ref juillet et aout 1977

Il apparaît souvent que les questions relatives aux antennes et aux lignes à ondes stationnaires semblent effrayer certains radioamateurs. Pourtant, il est très facile au possesseur d'un grid-dip de se livrer à quelques expériences aussi simples qu'instructives, lesquelles lui permettront de « voir clair si sans exiger un grand effort et, par voie de conséquence, de ne plus hésiter ni tâtonner dans les travaux sur les antennes.

Depuis longtemps, on a répété : « Tant vaut l'antenne, tant vaut la station »... Le dire, c'est bien... mais acquérir des notions saines, solides et profitables est encore mieux !

LE DOUBLET ET SON ALLONGEMENT ARTIFICIEL

Les contrôles que nous allons proposer peuvent être menés commodément à l'intérieur d'une habitation, dans un couloir, dans une grande pièce... à condition d'utiliser un doublet de dimensions moyennes. Nous avons pensé qu'une longueur de $2 \times 3,25$ m, soit 6,50 m, ne risquait pas d'être inacceptable, et c'est sur cette base que nous allons effectuer nos essais. Cette antenne sera tendue de manière à ne pas trop voisiner les murs, et sa coupure médiane BC (obtenue au moyen d'un isolateur) sera provisoirement fermée par un fil (fig. 1). La longueur AD totalisera donc

$$3,25 + 0,04 + 3,25 = 6,54 \text{ m.}$$

Un grid-dip étant approché du fil BC, c'est-à-dire au ventre d'intensité pour l'antenne vibrant en $1/2$, nous noterons une absorption vers 21,8 MHz. Cela correspond à l'application de la formule L (en mètres) = $143/f$ (en mégahertz), que l'on peut également écrire $f = 143/L$.

Une expression en longueur d'onde se montrant parfois plus concrète, nous remarquerons que les « effets d'extrémités » du conducteur d'antenne conduisent normalement à un raccourcissement de l'ordre de 5 % de ce dernier, par rapport à la demi-onde, et l'on a :

$$\lambda = 0,95 \lambda / 2, \text{ d'où encore :}$$

$$\lambda = 2 L / 0,95, \text{ ce qui donnerait dans notre essai :}$$

$$(2 \times 6,54) / 0,95 = 13,77 \text{ m (valeur cor correspondant à la fréquence de 21,8 MHz, d'après la précédente expression } f = 143/L).$$

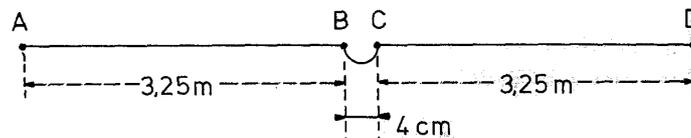


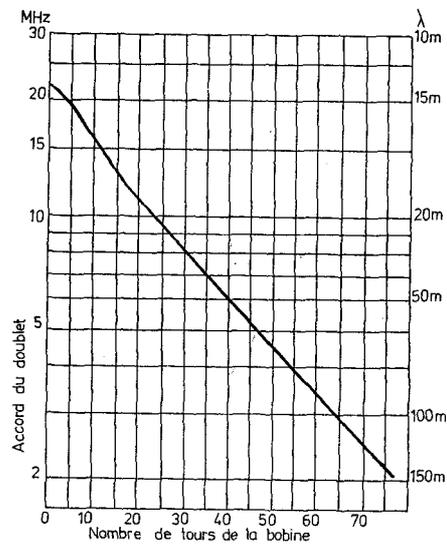
FIGURE 1
Le doublet servant à nos contrôles

Les enseignements théoriques sur la vibration en demi-onde sont ainsi confirmés.

A présent, nous allons ôter le fil de jonction BC et préparer une série de bobines, enroulées sur du tube de bakélite ou de carton, d'une quarantaine de millimètres de diamètre : 3 tours, 5 tours, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 50... 75 tours. Ces bobines auront leurs spires un peu espacées ou jointives pour les premières d'entre-elles, puis « en vrac » pour les plus importantes, de manière que le rapport longueur/diamètre ne s'élève guère à plus de 1,5.

Et, branchant successivement chacune de ces bobines à la coupure médiane BC du doublet, nous pourrions enregistrer un abaissement de la fréquence de résonance de l'ensemble doublet-bobine (ou, si l'on préfère, une augmentation croissante de la longueur d'onde) en fonction du nombre de tours inséré en BC : 20,6 MHz avec 3 tours, 19,2 MHz avec 5 tours... 2,15 MHz avec 75 tours.

La figure 2 montre la courbe relevée lors de cette expérience. Et l'on voit que le procédé de la bobine auxiliaire médiane est riche de possibilités à l'égard de l'accord de l'ensemble formé avec le doublet AD.



Fréquences d'accord en $\lambda/2$, du doublet de la figure 1, pour diverses bobines insérées en son milieu.

Cependant, avec la bobine de 75 tours, quand ledit ensemble résonne sur 2,15 MHz, soit une longueur d'onde de 139,50 m, équivalant ainsi à une antenne demi onde de : $(139,50/2) \times 0,95 = 66,26$ m de long, il ne reste qu'une partie de $2 \times 3,25 = 6,50$ m capable de rayonner l'énergie HF. Le bon sens le plus élémentaire conduit à penser que 6,50 m de fil ne pourront pas remplacer les 66,26 m de développement d'une antenne demi-onde normale ! Et ce la est vrai.

Toutefois, la pratique apprend qu'un doublet peut être utilisé sans déficience apparente, tant que la longueur AD de la « partie rayonnante » (fig. 1) ne tombe pas au-dessous du quart de la longueur d'onde d'émission.

Dans le cas de notre exemple, une longueur AD = 6,50 m, autoriserait un bon rayonnement jusque sur

$$\lambda = 4 \times 6,50 = 26 \text{ m, soit une fréquence d'environ } 11,5 \text{ MHz.}$$

Partis d'un doublet dont la fréquence de résonance propre, en demi-onde était de 21,8 MHz ($\lambda = 13,77$ m), nous pourrions déjà tirer cet enseignement : le procédé de la bobine médiane est fructueux, puisqu'il nous a permis l'emploi de l'aérien de la figure 1, jusque vers 11,5 MHz (d'environ 26 m) avec de très bonnes conditions de travail. C'est un allongement artificiel de l'antenne que nous avons ainsi obtenu.

Bien entendu, la courbe montrée par la figure 2 ne correspond qu'au doublet $2 \times 3,25$ m pris pour exemple. Mais le processus des mesures étant connu, il sera facile de l'appliquer à tout autre dipôle de longueur différente.

AUTRES MODES DE FONCTIONNEMENT DU DOUBLET

D'emblée, il nous faut écarter la vibration en onde entière ($2 \lambda/2$) de l'aérien formé par AD (fig. 1). En effet, dans ce cas la distribution des ondes stationnaires n'est pas symétrique. On voit, par la figure 3, qu'une onde entière comprend, en un instant donné, une demi-période positive AB et une demi-période négative BC, de sorte qu'une « intervention » par le milieu de l'antenne n'est pas possible.

Il en irait de même pour tous les autres modes de vibration selon un multiple pair de $\lambda/2$.

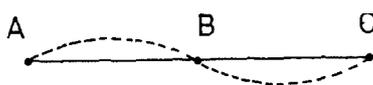


FIGURE 3

Une vibration en onde entière présente, en un instant donné, une demi-onde positive et une demi-onde négative. Elle n'est donc pas symétrique.

C'est donc des multiples impairs de $\lambda/2$ que nous allons nous occuper. Et nous reprendrons notre doublet expérimental de la figure 1 (en joignant d'abord BC). Le premier multiple impair de $\lambda/2$ est $3\lambda/2$. Pour raisonner plus rapidement, nous négligerons l'emploi d'un coefficient de correction dans nos calculs et nous dirons : sur AD (soit une longueur de 6,54 m) on peut placer trois demi-ondes (fig. 4). Cela donne à peu près $6,54/3 = 2,18$ m pour chacune d'elles, soit 4,36 m pour l'onde entière ;

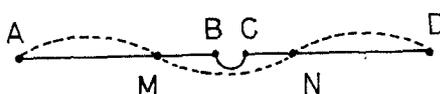


FIGURE 4

Notre doublet expérimental vibrant en $3\lambda/2$.

la fréquence correspondante est de $300/4,36 = 68,8$ MHz. Approchant le grid-dip de la jonction BC (où se situe un ventre d'intensité) on note effectivement une absorption pour une fréquence réelle de 65 MHz (ce qui correspond à la correction de l'ordre de 5 % que nous avons négligée).

La jonction BC ayant été ôtée, nous recommençons le branchement des bobines auxiliaires en ce point. Avec 3 tours, la fréquence de résonance s'abaisse à 62 MHz, puis à 56 MHz avec 5 tours, etc. Nous pouvons alors commencer le tracé de la courbe représentée par la figure 5, mais nous ne tardons pas à constater qu'un coude brusque apparaît vers 44 MHz (avec la bobine de 10 tours) et la baisse de la fréquence ne se poursuit plus si l'on augmente le nombre de tours de la bobine.

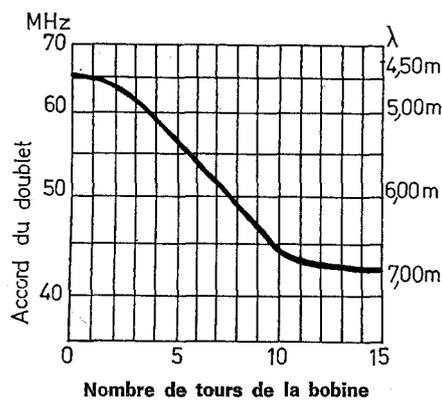


FIGURE 5

Comment les bobines médianes abaissent la fréquence de résonance du doublet, dans le mode de vibration en $3\lambda/2$.

Dans le fonctionnement en demi-onde, nous n'avions pas rencontré ce phénomène, parce que la répartition de l'onde stationnaire sur AD, ne comprenait aucun nœud d'intensité intermédiaire, entre ces mêmes points A et D. Par contre, dans la présente vibration en $3\lambda/2$, l'abaissement de la fréquence de résonance provoque le déplacement des points M et N (fig. 4) vers la bobine. On arrive ainsi au cas limite pour lequel M coïncide avec B et N avec C, la

demi-onde médiane se trouvant « comprimée » sur l'enroulement, entre B et C (fig. 6). Si l'on augmente le nombre de tours, cet enroulement tend à se comporter en bobine d'arrêt ! Et, pour une moitié de doublet $AB = 3,25$ m, la demi-onde électrique est bien de $3,25/0,95 = 3,42$ m soit une longueur d'onde de $6,84$ m, correspondant elle-même à la fréquence de $43,8$ MHz.

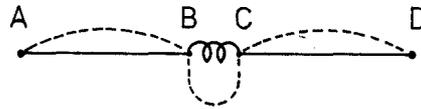


FIGURE 6

Quand l'abaissement de la fréquence de résonance (ou l'augmentation de la longueur d'onde) amène les nœuds d'intensité M et N respectivement en B et C (la troisième demi-onde se trouvant « comprimée » sur la bobine), on atteint un cas limite de l'allongement artificiel du doublet.

L'augmentation artificielle de la longueur de l'antenne sera donc bloquée au point où surviennent les conditions de travail que nous venons d'exposer. Dans le cas d'une vibration en $5\lambda/2$ (fig. 7) le même « blocage » surviendrait au moment où, partant d'une λ de l'ordre $(6,54/5) \times 2 = 2,60$ m (avec la jonction directe de BC), on arriverait à la concordance de M avec B et de N avec C, une onde entière s'inscrivant ainsi sur chaque moitié du dipôle (cette onde entière ayant une longueur de l'ordre de $3,42$ m, si l'on tient compte du coefficient de correction).

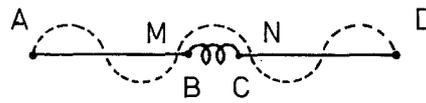


FIGURE 7

dans le cas d'une vibration en $5\lambda/2$, un « cas limite » à l'allongement artificiel surviendrait encore au moment où les nœuds d'intensité M et N parviendraient respectivement en B et C.

DU DIPOLE A LA LIGNE

Nous allons, à présent, nous replacer dans les conditions de la figure 1, l'antenne ayant toujours sa disposition rectiligne et les mêmes dimensions. Cependant, nous allons changer l'isolateur du milieu du dipôle par un bâtonnet (en matière plastique) percé de deux trous distants de 10 à 12 cm, où nous passerons chacune des parties de la coupure médiane de ce dipôle. Ces deux fils seront connectés par leurs extrémités. D'autre part, ils pourront coulisser dans les deux trous, en B et C, de sorte qu'après avoir retrouvé l'équivalent de la figure 1 (avec la résonance sur $21,8$ MHz, en $\lambda/2$), nous allons pouvoir tirer sur ces deux fils, de manière à leur donner la disposition de principe de la figure 8.

Faisons d'abord $BE = 0,50$ m. La partie AB du dipôle mesurera donc $3,25 - 0,50 = 2,75$ m (et l'on modifiera en conséquence, les amarrages en A et en D).

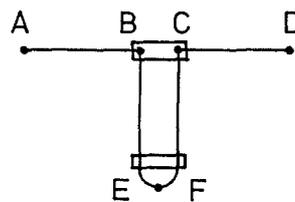


FIGURE 8

Le dipôle de la figure 1 peut être « plié » comme on le voit ici, chacune des parties ABE et DCF gardant toujours la longueur de $3,25$ m.

Approchant le grid-dip en EF, nous trouverons la résonance sur 22,2 MHz (13,51 m). Nous continuerons en portant BE à 0,75m (la partie AB devenant : 3,25 - 0,75 = 2,50 m). La résonance s'établira sur 23,6 MHz ($\lambda = 12,71$ m). Avec BE = 1 m (et AB = 2,25 m) la résonance se placera sur 24 MHz ($\lambda = 12,50$ m) et cette valeur se retrouvera pour BE = 2 m (et AB = 1,25 m).

Puis, nous arrivons au cas limite, c'est-à-dire au tirage de toute la longueur des deux fils du dipôle au travers de l'isolateur, le doublet étant ainsi transformé en une ligne de 3,25 m de longueur (fig. 9). La mesure de résonance effectuée à la boucle EF, donne 22,5 MHz ($\lambda = 13,33$ m).

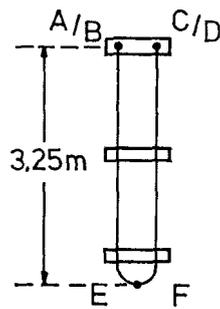


FIGURE 9

De la figure 1 à la figure B. puis de la figure 8 à la présente, le dipôle initial a pris l'aspect d'une ligne.

Plusieurs constatations sont maintenant possibles :

- 1) La même longueur totale de fil résonne sur une longueur d'onde un peu plus petite dans la « forme ligne » que dans celle du « fil rectiligne » en doublet (13,33 m au lieu de 13,77 m) Cette différence est due au fait qu'une petite capacité existe entre les deux fils de la ligne. Et c'est pourquoi l'espacement de 10 à 12 cm entre fils sera préférable toutes les fois où l'on ne craindra pas qu'un «vrillage» de la ligne provoque un court-circuit entre fils nus. De toute manière, ladite différence n'atteint que 3,25 % dans le cas de notre exemple, de sorte qu'il sera permis de la négliger pratiquement.
- 2) Une différence un peu plus importante survient au cours des « cas intermédiaires » de notre essai, quand une partie du fil AB demeure antenne, tandis que l'autre partie devient ligne. De 12,50 m à la moyenne de 13,50 m (entre le cas du doublet et celui de la ligne), la divergence est de l'ordre de 1/13, soit approximativement 7,7 % (mais elle ne se présente que dans un seul sens, et non en « plus ou, moins », ce qui la rendrait double). Puisque l'accord de la ligne peut toujours être **retouché par le bas**, nous négligerons encore cette différence et nous serons en mesure d'en venir à l'importante notion suivante.
- 3) Le précédent essai nous a montré qu'avec une longueur de fil constante (pour AB + BE), un même mode de vibration se trouvait gardé du « comportement en doublet - au « comportement en ligne », en passant par tous les cas Intermédiaires évoqués par la figure 8. On se fera une idée vraie en imaginant que la représentation de l'onde stationnaire se trouve « pliée » dans les coudes du fil (fig. 10), tout comme les motifs d'un papier peint sont pliés à angle droit quand, au cours du collage, un lé de ce papier épouse l'angle d'une pièce !

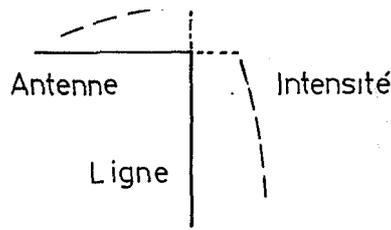


FIGURE 10

Il est permis d'imaginer valablement que la représentation de l'onde stationnaire est « pliée » dans les coudes formés par le fil.

Dans le tracé d'une onde stationnaire au long d'un système d'antenne à ligne accordée, on commence ainsi par inscrire les nœuds d'intensité en A et en D (aux extrémités du doublet), puis l'on est en droit de « couder » à 90° ledit tracé, pour passer du doublet à la ligne. Nous trouvons là le cas de l'antenne Lévy, où la partie rayonnante et la ligne ne doivent jamais être considérées séparément, mais comme formant un tout. Aucun souci d'une « adaptation d'impédance » (?) à la jonction antenne-ligne ne peut exister. En effet, si le tracé représentant l'onde stationnaire se trouve « coupé » entre un ventre et un nœud d'intensité (aux points B et C) c'est le « système complémentaire » d'allongement artificiel que nous aurons placé au milieu du dipôle, qui se chargera d'assurer le « raccordement » ou, si l'on préfère, la continuité de cette représentation de l'onde stationnaire.

Et l'on voit encore combien il est vain de s'obstiner à vouloir assigner de sacro-saintes longueurs à chaque moitié du doublet comme à la ligne dans un tel aérien, **alors que l'on est maître de toutes les conditions pratiques, si l'on sait intervenir pour accorder l'ensemble par le bas de la ligne.**

4) Rappelons que dans cette évolution entre le doublet et la ligne, le rayonnement d'un tel aérien reste efficace tant que la longueur AD demeure au moins égale au quart de la longueur d'onde d'émission.

L'expérience à laquelle nous venons de nous livrer reste entièrement valable avec d'autres longueurs de fil, comme le confirme la figure 11, où sont condensées les mesures faites à partir d'un doublet 2 x 5m.

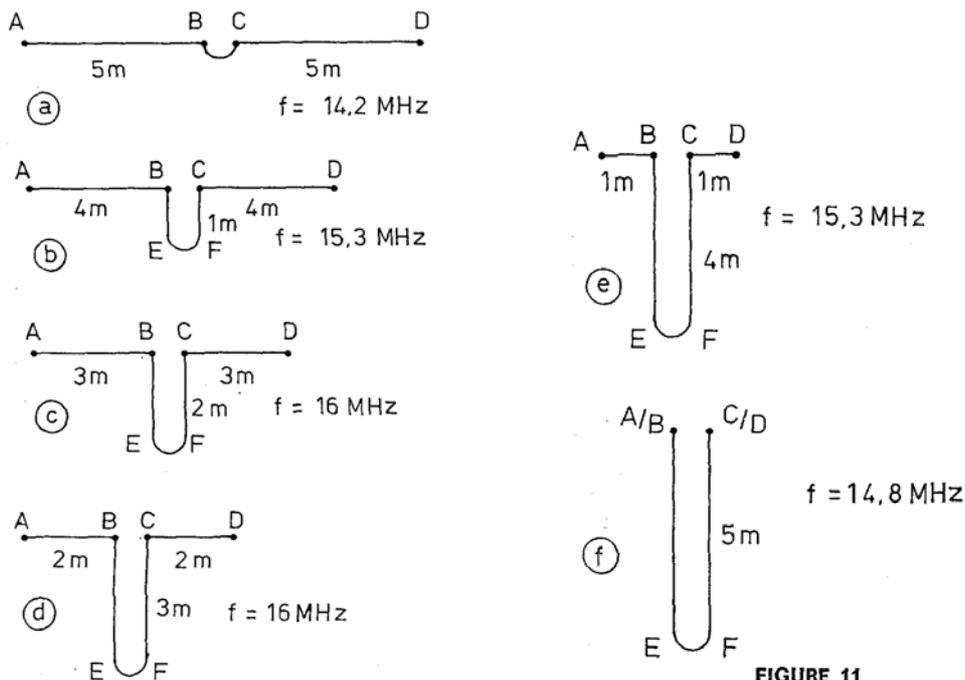


FIGURE 11

Antennes et lignes à ondes stationnaires (II)

Charles GUILBERT F3LG
Radio Ref juillet et aout 1977

L'ALLONGEMENT ARTIFICIEL D'UNE LIGNE AU MOYEN D'UNE BOBINE

L'introduction d'une bobine entre les points E et F (figures 8 et 9) reste valable comme avec le doublet rectiligne. Et l'on peut toujours se référer à la courbe de la figure 2; tant que l'on n'inscrit qu'une demi-onde sur l'ensemble du système, entre A et D.

Dans le cas limite de la ligne de la figure 9, un allongement artificiel reste possible dans les mêmes conditions. Avec la bobine de 15 tours connectée en EF, on relève au grid-dip une absorption sur 11 MHz, et pour 25 tours on trouve cette dernière sur 8,8 MHz. Avec le doublet rectiligne, on notait respectivement 12,9 et 9,5 MHz. Ce léger abaissement de la fréquence s'explique par le fait qu'en dehors de ses propriétés de « ligne », cette dernière présente une capacité (faible) entre ses deux fils et que celle-ci vient, dans le présent cas, se placer en parallèle sur la bobine.

On voit que rien n'est ici « à l'état pur »... et que la technique intervient pour donner une explication juste aux constatations pratiques parfois entachées par le côté matériel des choses.

Par ailleurs, comme nous l'avons déjà noté au paragraphe « Autres modes de fonctionnement du doublet », l'ensemble doublet + ligne + bobine admet fort bien d'autres modes de vibration que celui de la demi-onde, c'est-à-dire la série des multiples impairs de $1/2$. Mais, comme nous l'avons montré à la figure 6, la bobine ne peut « accepter » plus d'une demi-onde de l'onde stationnaire (à la fréquence de travail) entre ses extrémités, de sorte que les mêmes explications restent valables (la longueur d'une moitié du doublet étant comptée égale à AB + BE, selon la figure 8).

Si l'abaissement de la fréquence de résonance se heurte à la limitation que nous venons de rappeler, il est alors permis de « franchir ce cap » en « allongeant » l'aérien, non plus par une bobine, mais par une continuation de la ligne, puisque cette dernière autorise l'inscription sur sa longueur, du tracé figurant la suite de l'onde stationnaire. Par exemple, sur le doublet et la ligne de la figure 12 a, travaillant en $3\lambda/2$, nous ne pourrions inscrire que la demi-onde ABE, la demi-onde suivante étant « comprimée » sur la bobine, entre E et F ; (nous ne représentons pas la suite de la répartition, afin de ne pas encombrer le dessin).

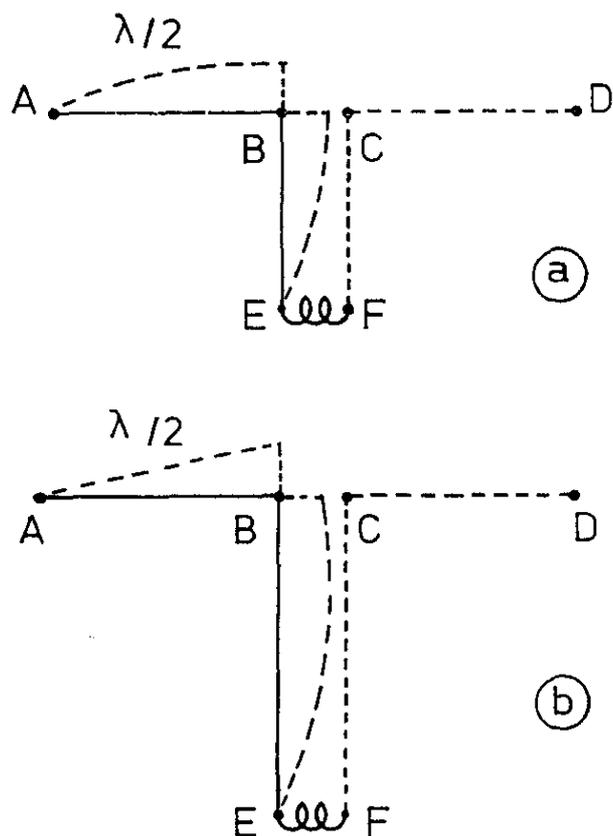


FIGURE 12

L'augmentation de la longueur d'onde, bloquée en a par le déplacement du nœud d'intensité jusqu'en E, peut reprendre, comme en b, si l'on allonge la ligne (on voit que λ' est plus grande que λ).

Mais, si nous voulons reculer la limite et faire travailler l'aérien sur une longueur d'onde plus grande, il suffira d'allonger la ligne comme en 12 b. La bobine pourra comprendre davantage de tours, jusqu'à « contenir » une demi-onde (sur la nouvelle fréquence) entre E et F.

LE RACCOURCISSEMENT ARTIFICIEL DE L'AERIEN

Nous venons de voir comment une bobine insérée dans un système d'aérien était capable d'en augmenter artificiellement la longueur. Mais, en admettant que l'on veuille s'en tenir uniquement à ce procédé, la progression des réglages ne pourrait avoir lieu que par échelons d'une spire, c'est-à-dire selon un mode discontinu. Or, un palliatif existe : allonger un peu trop le système accordé (par la bobine) et pratiquer un raccourcissement artificiel continu à l'aide de condensateurs variables.

La répartition d'ondes stationnaires commencée sur la partie rayonnante de l'antenne, se poursuivant dans des conditions pratiquement identiques sur la ligne accordée alimentant le système, il sera très commode, quand on souhaitera représenter sur un tel ensemble le « placement » d'une onde stationnaire de longueur donnée, de « déplier » cette antenne, pour la tracer sous une forme rectiligne ; cela sera facile en utilisant un papier quadrillé et en respectant telle échelle que l'on aura choisie.

Quel effet de raccourcissement peut-on attendre de l'emploi de condensateurs variables ?

Pour répondre à cette question, nous avons repris le dipôle de la figure 1, mais en insérant en BC, la bobine de 15 tours connectée entre deux condensateurs variables de 150 pF (fig. 13).

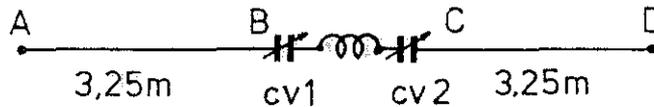


FIGURE 13

Deux condensateurs placés en série de part et d'autre de la bobine médiane, apportent au dipôle un effet de raccourcissement réglable.

Le grid-dip étant couplé à la bobine et réduisant simultanément la capacité des deux condensateurs variables, nous relevons la courbe de la figure 14. Il apparaît qu'avec cette bobine de 15 tours, notre ensemble peut être accordé valablement entre 13 et environ 22 ou 23 MHz au minimum de capacité de CV1 et CV2.

De 13 MHz (valeur qui correspond à celle donnée par la figure 2, en l'absence de CV1 et CV2), on arrive presque à une fréquence de travail double, ce qui montre l'étendue de cette ressource de « raccourcissement » artificiel.

Le même avantage s'applique naturellement à l'aérien « plié » selon l'aspect de la figure 8, autrement dit à l'antenne Lévy, avec tout le profit que l'on peut tirer d'un accord toujours exact de l'aérien, puisqu'il est contrôlé par le bas de la ligne, grâce à des moyens que l'on a sous la main !

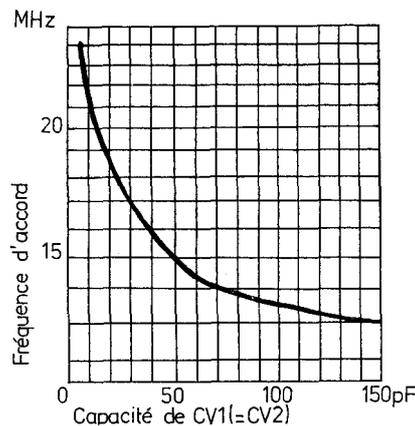


FIGURE 14

L'effet de raccourcissement obtenu (en fonctionnement demi-onde) grâce à deux condensateurs variables de 750pF, sur le dipôle de la figure 1, associés à la bobine de 15 tours.

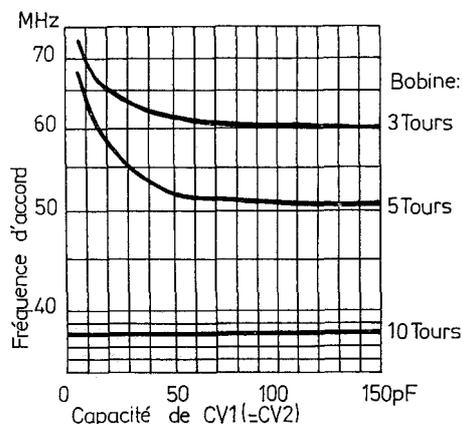


FIGURE 15

Comment M et CV2 , -agissent dans le cas d'un fonctionnement en $3 \lambda/2$ de l'aérien, avec les bobines 3, 5 et 10 tours.

AUTRES MODES DE FONCTIONNEMENT...

Sous ce même titre, nous allons reprendre un autre aspect de fonctionnement déjà examiné quand on « loge » plus d'une demi-onde sur le doublet (rectiligne ou « plié » selon la figure 8). Mais nous ajouterons cette fois, les condensateurs variables CV1 et CV2, tandis que nous reprendrons les mesures de fréquence de résonance pour diverses valeurs (maintenues sensiblement égales entre elles) de ces deux condensateurs, tout en utilisant diverses bobines. La figure 15 montre l'efficacité du procédé, selon les réglages de CV1 et CV2, lors de l'emploi des bobines 3 et 5 tours. Les constatations auraient été les mêmes si l'on avait « plié » le doublet, afin de lui donner la forme que représente la figure 12 (antenne Lévy).

Avec la bobine 10 tours, nous avons vu précédemment (fig. 6) que l'allongement artificiel se trouvait bloqué au moment où les deux nœuds d'intensité M et N venaient coïncider avec les points B et C, correspondant aux extrémités de l'enroulement (soit, dans le cas de notre exemple, pour une fréquence voisine de 44 MHz).

La nouvelle mesure effectuée sur l'ensemble auquel sont ajoutés CV1 et CV2, montre non seulement que le blocage se situe à présent sur 42 MHz (en raison de quelques capacités parasites apportées par CV1 et CV2), mais qu'en outre ces deux condensateurs sont devenus sans action sur la fréquence de résonance dudit ensemble.

Ce fait, également présent si le doublet est « plié » pour ménager une « partie ligne » (selon la figure 12) est dû à la coïncidence de nœuds d'intensité (tels que M et N) avec l'emplacement des deux condensateurs variables CV1 et CV2. En d'autres termes, l'accord série n'est plus viable quand deux nœuds d'intensité se situent au bas de la ligne. C'est alors que s'impose l'accord parallèle de la bobine.

ACCORD PARALLELE ET ACCORD SERIE

Dans le mode d'accord parallèle, on trouve précisément deux nœuds d'intensité aux bornes du circuit L, CV (et un ventre au milieu de la bobine), ce qui correspond bien à l'inscription d'une demi-onde entre les points M et N de la figure 16, soit à un « raccordement » exact en ces deux points, avec l'onde stationnaire siégeant sur le reste de l'aérien.

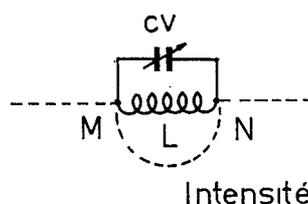


FIGURE 16

Un classique circuit accordé en parallèle présente deux nœuds d'intensité en ses extrémités.

On voit, de ce fait, que l'accord parallèle constitue un cas précis, tandis que l'accord série contrôle une évolution continue de la - fréquence d'accord, dont on exploite aisément toute la souplesse dès qu'on a bien assimilé les processus d'allongement et de raccourcissement artificiels de l'aérien, respectivement par le choix de la bobine et par l'action des deux condensateurs variables.

Ainsi, dans le cas de l'accord parallèle, sera-t-il bon que l'aérien présente bien les deux nœuds d'intensité aux points M et N de la figure 16. Il existe pour s'en assurer, un moyen très simple. Ayant déconnecté la ligne aux points M et N, on pratique l'accord du circuit L, CV, couplé par quelque méthode classique à l'émetteur (cet accord se traduit normalement par le passage à une déviation maximale de l'aiguille du milliampèremètre de plaque d'étage final). Après avoir noté ce réglage de CV, on rebranche la ligne en M et N, et l'on refait l'accord par CV. Si le réglage n'a pas changé, c'est que les nœuds d'intensité de la distribution d'onde stationnaire

sur la ligne sont exactement en M et N.

Dans le cas d'un réglage quelque peu différent, on ajouterait 25 à 50 cm de fil à chacun des conducteurs de la ligne, et l'on contrôlerait le sens dans lequel il faudrait tourner CV pour retrouver l'accord. On en déduirait s'il faut encore allonger la ligne ou la raccourcir, de manière que le branchement de celle-ci laisse inchangé l'accord du circuit L, CV.

S'il est bon de satisfaire cette condition précise, nous venons de voir que dans l'accord parallèle, le condensateur variable CV autorise quand même un « rattrapage » de part et d'autre de l'accord optimal, mais nous sommes loin de la large étendue couverte par l'accord série.

Soulignons encore le fait qu'avec l'accord parallèle, la bobine employée doit pouvoir être accordée sur la fréquence d'émission, grâce au condensateur CV elle est donc nettement définie.

Par contre, avec l'accord série, il faut bien rejeter l'idée que c'est la bobine considérée, qui conviendra. Cela est tout à fait faux, car dans cet accord série la bobine intervient pour « allonger » le système antenne-ligne et tout dépend de l'allongement nécessaire, autrement dit du placement des ondes stationnaires sur cet ensemble antenne-ligne.

TRACES

Nous avons vu (figures 7, 8, 9) comment la longueur de fil utilisée pouvait passer de « l'aspect doublet » à « l'aspect ligne ».

Pour une disposition intermédiaire, telle que celle de la figure 8, on facilitera l'étude du système (nous l'avons déjà mentionné), si l'on amène ce dernier à une forme rectiligne. Et comme la symétrie est toujours assurée sur les deux moitiés dudit système, il suffit de pratiquer l'étude sur une seule moitié de l'aérien, en établissant un tracé à l'échelle la plus convenable, sur un ordinaire papier quadrillé.

Prenons pour exemple un dipôle de deux fois 3,50 m, alimenté par une ligne de 4m de longueur (fig. 17). Comment attaquer cette antenne, aux points E, F, sur les bandes 28, 21 et 14 MHz ?

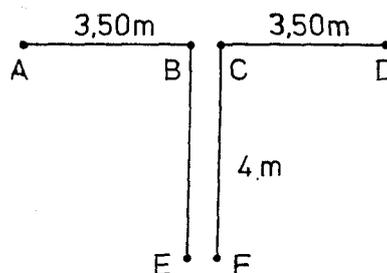


FIGURE 17

Etude de la répartition des ondes stationnaires sur un dipôle de 2 x 3,50 m, muni d'une ligne de 4 m.

Une moitié d'antenne « dépliée », peut être représentée selon la figure 18. Pour 28 MHz, la longueur d'onde est de 10,71 m, et en nous noterons (en pointillé) la sinusoïde correspondante. Au point E, nous voyons que l'onde stationnaire n'est pas tout à fait au ventre d'intensité ; il y aura donc peu à « allonger » et la bobine ne demandera qu'un nombre de tours assez faible pour dépasser le ventre d'intensité, le « raccourcissement » réglable étant obtenu ensuite par les condensateurs variables série.

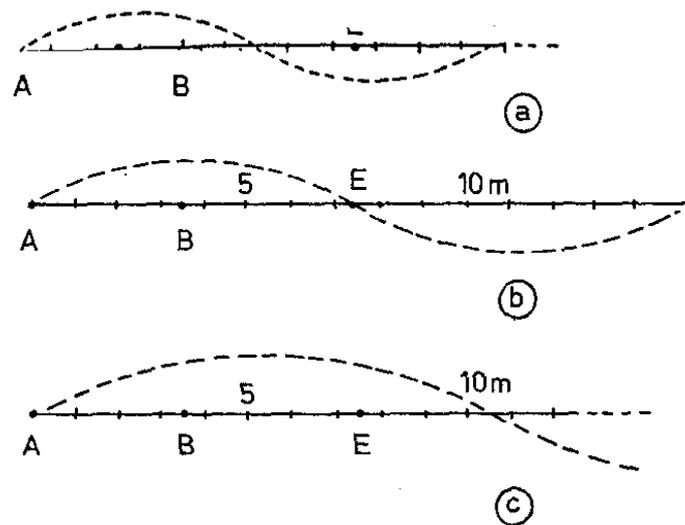


FIGURE 18

Une moitié, « dépliée », du dipôle de la figure 17, et les répartitions de l'onde stationnaire : sur 28 MHz en a, sur 21 MHz en b, sur 14 MHz en c.

Pour la bande 21 MHz (14,29 m) le tracé serait celui de la figure 18 b. L'extrémité E de la ligne est alors très proche du nœud d'intensité, et c'est l'accord parallèle qui s'imposerait, la bobine comprenant un nombre de tours offrant la possibilité d'un accord en parallèle sur la bande 21 MHz.

Et pour la bande 14 MHz ($J = 21,43$ m), nous ferions le tracé noté en 18 c (la demi-onde étant de l'ordre de 10,70m). Le point E se plaçant entre le premier ventre d'intensité et le nœud lui faisant suite (à 10,70 m), il faudra choisir une bobine dont le nombre de tours autorisera un couplage suffisant avec l'émetteur, sans forcer cependant, afin de ne pas allonger l'ensemble jusqu'à mener le point E trop près du nœud d'intensité, et l'on « raccourcirait » toujours par les deux condensateurs série, afin de retrouver l'accord. Une vérification (très facile avec le grid-dip) montre que le résultat est atteint avec une bobine de 10 tours (diamètre de l'ordre de 42 mm) et une valeur de capacité de 27 pF à chacun des deux condensateurs variables série. Nous remarquerons encore que le doublet, ou l'antenne Lévy, de la figure 17, est viable pour trafiquer dans de bonnes conditions sur la bande 14 MHz, puisque l'on a $AD = 7$ m, soit plus du quart de la longueur d'onde sur cette même bande.

L'ANTENNE LEVY ET TOURNANTE

Tout ce que nous venons d'exposer s'applique de façon immédiate à l'antenne Lévy.

Et, pour chaque bande, un tracé méthodique de la répartition des ondes stationnaires, tel que nous l'avons montré à la figure 18, permettra de choisir la bonne solution selon la longueur de la moitié de l'ensemble doublet-ligne.

L'antenne Lévy est la seule qui soit capable d'autoriser l'émission dans la bande 3,5 MHz, si l'on ne dispose que d'un espace libre de 20 mètres (doublet de deux fois 10 m). Par exemple, avec un tel doublet et une ligne d'une dizaine de mètres de longueur, l'accord série serait obtenu grâce à une bobine de 30 à 40 tours, les condensateurs variables CV1 et CV2 étant des modèles de 200 pF de capacité maximale.

Les propriétés directives de l'antenne Lévy étant très marquées, il est permis de les exploiter grâce à une formule d'antenne tournante. A l'égard des bandes 14, 21 et 28 MHz, un dipôle de deux fois 3,50 m n'offre pas de difficultés insurmontables dans les problèmes mécaniques.

Toutefois, la rotation tendant à faire « vriller » la ligne, on se trouve obligé d'abandonner celle à fils espacés (qu'il faut bien se garder de nommer « 600 ohms », attendu qu'il s'agit là d'une

impédance caractéristique n'ayant nullement à être prise en considération pour une ligne à ondes stationnaires). La ressource la plus avantageuse est d'employer du « ruban H.F. », dit « twin lead » (ne prononçons surtout pas les mots « 300 ohms » pour la même raison que ci-dessus !). Cette ligne comprend, elle aussi, deux fils parallèles, mais plus rapprochés, et un isolant entre ceux-ci. Cela évoque l'idée de pertes ! Mais comme la formule d'aérien toujours exactement accordé par le bas, donnera un gain notable, le bilan restera positif, les pertes étant très largement surmontées par le gain.

Aucune « question d'impédance » n'ayant à intervenir dans ce cas de ligne accordée (où nous aurons seulement à veiller au bon placement de l'onde stationnaire), il sera permis de limiter la ligne en « ruban HF » à la longueur nécessaire pour accompagner la rotation de l'antenne, le reste de la ligne étant constitué par les classiques deux fils espacés de 10 à 12 cm.

Mais, il ne faudra pas oublier que le ruban H.F. » présente un coefficient de vitesse de l'ordre de 0,82. Autrement dit, telle répartition d'onde stationnaire s'inscrivant sur un mètre de fil d'antenne ou d'une ligne à fils espacés, se

« comprimera » sur 0,82 m du « ruban HF ». Donc s'il faut, par exemple, employer 2,50 m de « ruban HF », cette longueur se comportera comme $2,50/0,82 = 3,04$ m de ligne ordinaire, et c'est cette dernière w leur qu'il faudra totaliser avec celle d reste de la moitié de l'aérien, pour se livrer à l'étude représentée à la figure 18.

L'ANTENNE ZEPPELIN

L'antenne Zeppelin (fig. 19) n'est plu un aérien symétrique, comme l'antenn Lévy. Il est donc obligatoire de sépare son étude en deux parties : le brin rayor nant DE et la ligne AB, DC.

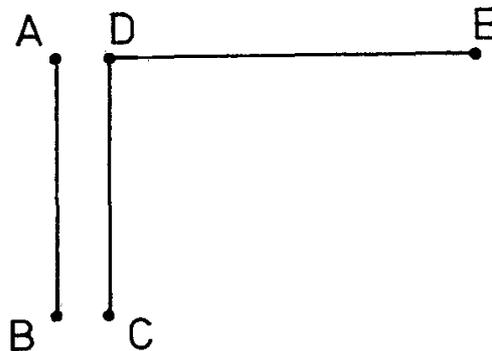


FIGURE 19
L'antenne Zeppelin

Sur la partie rayonnante, des nœuds d'intensité s'imposent en D et E. Le premier mode de vibration viable est donc celui en $1/2$, auquel viennent s'ajouter tous les modes, pairs et impairs, des multiples de $\lambda/2$. Ainsi, c'est une antenne dont il faudra calculer la longueur de façon précise, selon la formule :

$$DE \text{ (en mètres)} = 143/f \text{ (en MHz)}.$$

En ce qui concerne la ligne, la longueur n'en est pas critique. Deux nœuds d'intensité sont obligatoires en A et D, mais ensuite nous retrouvons tout ce qui vient d'être expliqué sur l'allongement et le raccourcissement artificiels d'une ligne. Si cette dernière est un peu longue, la présence de nœuds intermédiaires est possible. De toute manière, la méthode des tracés exposée à la figure 18 est à employer pour l'étude de la ligne d'une telle antenne Zeppelin ; elle permettra de savoir comment, à la fréquence considérée, l'onde stationnaire se présente au bas de la ligne, en B, C (fig 19) et ce qu'il faut prévoir comme mode d'accord et dispositions pratiques pour le couplage à l'émetteur.

CONCLUSION

Nous espérons que cet article aura clarifié diverses notions sur les ondes stationnaires et leur inscription au long des antennes et des lignes.

Jamais on ne « figole » trop le réglage d'une antenne, toute peine que l'on se donne à cet effet se révélant des plus « payante ».

Les problèmes d'antennes et de leur couplage à l'émetteur ont notamment été traités par F3LG dans :

- Technique de l'émission réception sur ondes courtes (Sté des Editions Radio),
- La pratique des antennes (Société des Éditions Radio),
 - Radio-REF 11-1970 « Un nouveau coupleur d'antenne pour l'émission