

Origine et principe de l'antenne directive HB9CV

RUDOLF BAUMGARTNER HB9CV

L'antenne dipôle demi-onde est la forme classique d'un aérien pour ondes de radio. Considérée comme élément résonnant, elle peut être mise en oscillation sur sa fréquence propre. Les courants et tensions alternatifs produits dans l'antenne par l'émetteur font apparaître autour de celle-ci un champ électromagnétique, alternatif, dont l'étendue dans l'espace est très grande. Par suite de la vitesse de propagation finale du champ, qui est de 300 000 km/s, la partie extérieure des lignes de force ne revient plus à l'antenne en temps voulu, mais est substituée par le front des lignes de force suivantes. Ce phénomène de substitution, qui confère au spectre spatial de l'énergie un aspect allongé, en forme de soucoupe, caractérise le rayonnement.

Au moyen de cette explication simple et logique, on peut se faire une idée du rayonnement énergétique. Bien que, au siècle dernier déjà, par ses travaux de génie, Maxwell ait fait connaître, dans ses grandes lignes, la théorie du rayonnement d'énergie et qu'il ait posé les fameuses équations du champ électro-magnétique, le mécanisme exact d'une antenne émettant de l'énergie est resté jusqu'à nos jours un mystère.

Le dipôle demi-onde a un rayonnement maximum dans le plan normal au conducteur, et minimum dans l'axe de l'antenne (Fig. 1). Si on alimente simultanément plusieurs dipôles, placés parallèlement les uns aux autres, ou à la suite les uns des autres, la caractéristique de rayonnement sera modifiée par l'écartement des conducteurs et les déphasages des courants et tensions dont ils sont les sièges. Cette modification est une conséquence de la superposition des rayonnements produits par les différents dipôles. C'est sur ce principe d'interférence que sont basées toutes les antennes directives de ce type.

La plupart du temps, le besoin s'impose de concentrer l'énergie rayonnée dans une direction donnée. Une solution génialement simple en fut indiquée, il y a de longues années, déjà, par le savant japonais Yagi. Deux dipôles sont disposés parallèlement l'un à l'autre, à une faible distance de $\lambda/4$ à $\lambda/10$ (λ étant la longueur d'onde). L'un d'eux est alimenté par l'émetteur, cependant que le second se trouve mis en oscillation simultanée par l'effet d'un couplage électro-magnétique. On dira qu'il oscille de façon parasite. Si la longueur de l'élément parasite est quelque peu augmentée, il ne peut plus entrer exactement en résonance avec la fréquence de l'émetteur, et il sera entaché d'une composante réactive inductive, avec le déphasage correspondant. Il s'ensuit un effet de réflexion qui favorise le rayonnement des deux éléments dans la direction A (Fig. 2), et qui, au contraire, s'y oppose dans la direction B. Réciproquement, un élément parasite de longueur légèrement plus courte que la longueur de résonance aura pour effet d'engendrer une composante réactive capacitive, cette fois, avec un déphasage correspondant, mais dans le sens inverse. Il agira comme directeur, et, vu depuis la direction de rayonnement, il sera placé devant le dipôle alimenté. Un dipôle classique de l'antenne directive Yagi à trois éléments (Fig. 3). Comparée à un simple dipôle, une telle antenne permet des performances bien meilleures. Par l'adjonction d'autres éléments, en particulier de directeurs, comme c'est le cas pour les antennes à ondes ultra-courtes, on peut encore augmenter le gain. Cependant, à partir du quatrième élément déjà, l'amélioration est bien modeste, et elle le devient encore plus pour chacun des suivants. La vogue extraordinaire des antennes Yagi tient au fait qu'un seul des éléments doit être alimenté. L'antenne peut être réalisée comme une construction entièrement métallique et résistant aux intempéries.

Cependant, le rendement de chaque élément parasite excité est plutôt faible. Dans le meilleur des cas, la moitié seulement de la puissance reçue est restituée sous forme de rayonnement secondaire. Il vient de ce fait à l'esprit de ne pas exciter réflecteurs et directeurs d'une façon parasite, mais au contraire de les alimenter directement depuis l'émetteur, avec une phase correcte, de manière à s'approcher d'un rendement de 100 %. Ainsi, la mise en faisceau du rayonnement, proprement étudiée, au moyen de deux éléments seulement, mais directement excités, devrait être aussi bonne, si ce n'est meilleure, qu'avec les trois éléments Yagi. On a aujourd'hui la preuve que c'est bien le cas. La question qui reste à résoudre est de savoir si une telle antenne peut être construite aussi simplement et durablement qu'une antenne Yagi, en dépit de son alimentation compliquée.

En 1951, H. J. Gruber décrivait une antenne directive à deux éléments alimentés complètement (W8MGP), connue comme antenne-trombone ou ZL-spéciale. Elle consiste en deux éléments repliés (Fig. 4). Bien que l'on ait la preuve de ses excellentes performances, il n'en reste pas moins qu'une grande antenne double à dipôles reliés n'est pas une petite affaire. Il n'est guère possible d'éviter un montant robuste et non métallique, en plusieurs parties, pour chaque dipôle replié.

antenne directive HB9CV joint les avantages électriques des deux éléments directement alimentés aux avantages mécaniques de l'antenne Yagi. Elle consiste en deux dipôles simples, alimentés au moyen d'un dispositif d'adaptation en double T (Fig. 5). La simplification principale réside en ce que tout le système d'alimentation est réalisé en fil de cuivre. Elle peut donc être facilement montée, son prix représente peu de chose ; il n'y a guère à dire au point de vue électrique et enfin, elle a prouvé, pendant cinq années d'exploitation, qu'elle était insensible aux intempéries.

CARACTÉRISTIQUES

Dans les paragraphes suivants, les propriétés caractéristiques de l'antenne directive HB9CV seront discutées en détail. Il faut peut-être prendre la peine de les résumer dès le début en une courte forme, de manière à montrer que cette antenne apporte à tous égards un bilan positif.

Simplicité eu égard à ses performances, équivalence avec une antenne Yagi, dimensionnée de façon optimum, à trois éléments avec écart large (wide spaced), ou à quatre éléments avec écart faible (close spaced).

Comportement électrique à l'abri des critiques ; pas de défaillances à noter. Après le montage, l'antenne est prête à être utilisée.

Bonne largeur de bande ; même la bande des 10 m, de 28 à 29,5 MHz est couverte sans atténuation notable. Condition d'alimentation favorable ; taux d'ondes stationnaires modéré à la résonance, qui n'augmente que légèrement lors de désaccord.

Comparaison avec d'autres types d'antennes directives

Il devrait être clair que cela n'a pas de sens de construire une antenne à trois ou quatre éléments avec réflecteurs ou directeurs parasites, lorsqu'on peut obtenir le même résultat avec les deux éléments de l'aérien HB9CV. Ce progrès peut en particulier devenir déterminant pour l'amateur dans la bande des 20 m. Cette bande permet, contrairement à celle des 10 et 15 m., des liaisons lointaines à tous les instants du cycle des taches solaires et constitue la bande classique Dx. Cependant, les pertes par absorption sont déjà sensiblement plus fortes que pour les 10 et 15 m. A cela s'ajoute le fait que, en tant que bande étroite, elle n'est plus seulement remplie en totalité par des stations d'amateurs, mais aussi par de puissants émetteurs commerciaux. Un trafic satisfaisant n'est possible que si l'intensité du signal dépasse le niveau moyen de bruit. Pour atteindre ce but, l'expérience montre qu'une station plus puissante, de 50 à 200 W environ, est nécessaire, station disposant d'une bonne antenne directive. Par suite de l'encombrement d'une telle antenne pour la bande des 20 m, beaucoup d'amateurs reculent devant sa construction. Deux éléments seraient le maximum de ce qu'on pourrait risquer, mais le gain d'un aérien à deux éléments, dont un parasite, n'est guère élevé. Et on pourrait se demander si l'amélioration obtenue justifierait un tel luxe. C'est ici que l'antenne HB9CV comble une lacune, en permettant, grâce à des moyens modestes, d'atteindre une puissance suffisante pour se tirer d'affaire avec succès. Il n'y a aucun doute que dans beaucoup de cas l'unique solution à envisager pour la bande des 20 m est l'antenne HB9CV.

Il est évident, d'après les exécutions dans la bande des 20 m, que les résultats seront excellents dans les conditions plus faciles des 10 et 15 m, si bien que la construction de systèmes d'antennes plus volumineux dans ces bandes-là devient superflue.

Comme point essentiel, il faut mentionner les antennes directives multibandes. L'antenne à trois bandes G4ZU et ses variantes sont d'excellents perfectionnements. Cette dernière est responsable de ce que la présente description ait vu le jour si tard. L'auteur croyait que l'antenne HB9CV était dépassée par la G4ZU. Ce n'est cependant pas le cas. Il s'agit de savoir quels buts envisage un amateur en construisant un aérien directif. S'il désire un dispositif qui travaille également sur les trois bandes et qui soit le plus économique possible, alors le système G4ZU s'impose. Mais il faut savoir que chaque aérien multi-bande est un compromis. Il est malheureux qu'un aérien à trois bandes ait le gain le plus faible dans la bande des 20 m, où un gain maximum serait nécessaire, et le plus élevé dans celle des 10 m, où, dans de bonnes conditions, on pourrait renoncer à la directivité. Il n'en reste pas moins que l'antenne G4ZU, malgré son comportement à contre-sens, possède d'excellentes performances, vue sous l'angle économique. Pour celui qui doit avoir une antenne directive à une ou plusieurs bandes, en désirant le maximum sans compromis, l'antenne HB9CV est une solution. Sans doute doit-on construire pour chaque bande séparément une antenne à deux éléments. Comme il apparaîtra plus tard, trois antennes HB9CV peuvent sans difficulté être montées les unes au-dessus des autres.

Il est bien connu que les antennes directives multi-bandes que l'on construit soi-même ne sont accordées qu'avec peine. Celui qui ne possède pas les bases techniques nécessaires pour comprendre clairement le fonctionnement de telles antennes ferait mieux d'en acheter une en fabrique. C'est peut-être justement un avantage tout particulier de l'antenne HB9CV, de laisser tomber complètement cet accord délicat. Elle s'impose aussi, comme construction à réaliser soi-même, pour les gens qui n'ont pas d'expérience dans le domaine des antennes directives.

Il faut encore mentionner les antennes appelées Mini-Beam. Chaque antenne peut être raccourcie à volonté et cependant avoir la fréquence de résonance désirée, si on remplace la capacité et l'inductivité de l'antenne, rendues plus faibles par le raccourcissement de celle-ci. Ceci se fait, le plus souvent, au moyen de bobines placées à l'endroit où le courant est maximum, ou de condensateurs là où la tension est maximum. Il est clair que chaque raccourcissement diminue l'étendue du champ électro-magnétique autour de l'antenne et agit de la même façon sur l'efficacité de rayonnement. Electriquement, cela entraîne une diminution de la résistance de rayonnement. Réciproquement, les pertes Joule sont augmentées, lorsqu'on connecte une bobine à faible section à la place du conducteur formant l'antenne. Avec des antennes directives dipôles à plusieurs éléments, la résistance de rayonnement est de toute façon faible, de l'ordre de 10 à 20 ohms, cependant que la résistance dissipative de perte en haute fréquence pour des antennes tubulaires en métal léger se monte souvent à 1 ou 2 ohms. Le rendement se tient donc favorablement autour de 90 %. En raccourcissant les éléments, on peut même atteindre le cas où la résistance de rayonnement s'abaisse à 5 ohms, par exemple, et celle correspondant aux pertes se monte à 5 ohms, d'où un rendement maximum de 50 %. La perte de la moitié de l'énergie n'agit encore pas tellement au point de vue de l'intensité du signal. Cependant la distribution sinusoïdale des courants et tensions le long de l'antenne est perturbée par l'adjonction de bobines, et le bon fonctionnement de celle-ci s'en ressent. Un Mini Beam peut s'envisager là où il n'y a pas de place pour toute l'antenne. Mais si l'on a cette place à disposition, il serait dommage de se priver du gain optimum possible, en raccourcissant l'antenne.

Il y a encore différents types d'aériens directifs, dont la discussion ici mènerait trop loin. C'est ainsi que des aériens directifs avec dipôles parallèles peuvent se construire facilement d'après l'antenne HB9CV, en tant qu'antenne pivotante et insensible aux intempéries, alors que tous les systèmes compliqués comportent des exigences bien plus dures, sous l'angle de la longévité déjà. Pour la plupart des amateurs, il s'agit de construire un aérien qui soit une source de satisfaction et non de tracasseries. Il doit donc être construit de façon à résister aux années et à laisser dormir en paix son propriétaire, qu'il pleuve, qu'il vente ou qu'il neige.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Dimensions complètes de l'antenne

La description qui va suivre contient toutes les cotes nécessaires à la construction. Il s'agit de valeurs vérifiées par l'expérience.

L'antenne de la fig. 6 est le modèle original HB9CV, qui fut maintes fois déjà réalisé.

La fig. 7 montre l'alimentation en Gamma, qu'on envisage pour les émetteurs à sortie asymétrique. L'auteur aimerait faire ressortir qu'il ne possède pas d'expérience personnelle sur l'alimentation en Gamma et qu'il ne peut de ce fait en porter aucune garantie. Cependant bien des amateurs ont déjà constaté que l'alimentation en Gamma fonctionne aussi bien que celle en T.

Toutes les autres questions de détail se rapportant aux cotes nettes données dans ce chapitre seront traitées en détails dans la partie technique et constructive qui suivra. On y donnera aussi les dimensions de 3 antennes pour 20, 15 et 10 m (Fig. 17).

Intensité du signal – Décibel – Energie

Avant de discuter des antennes en général et des antennes à faisceau dirigé en particulier, il est nécessaire de se faire une idée de la façon dont les modifications de la puissance de sortie, d'une part, et les gains des antennes directives, d'autre part, agissent sur l'intensité du signal à la réception. Celui qui est déjà familier de ces questions peut sauter ce chapitre.

Pour la plupart des liaisons de radio, le signal capté dans le récepteur est transformé en un son. Une liaison radio est jugée bonne, si le bruit propre du récepteur se tient très en-dessous de l'intensité sonore du signal. En l'absence de toute perturbation extérieure, le signal (qu'il s'agisse de signes Morse, de la voix humaine ou de musique) est parfaitement clair et n'est accompagné d'aucun bruit de fond audible. On attribue au signal l'intensité S9, d'après l'échelle S du système RST. L'expérience a montré que, pour de bons récepteurs à onde courtes, une tension haute fréquence de 50 μ V à l'entrée de l'antenne correspond à l'intensité S9. Les constructeurs de récepteurs à ondes courtes étalonnent le S-mètre la plupart du temps sur cette base.

Il est cependant nécessaire de parler de la notion de décibel. Le décibel est le quotient logarithmique de deux puissances P1 et P2, selon la formule :

$$\text{db} = 10 \log \frac{P1}{P2}$$

ANTENNE DIRECTIVE HB9CV

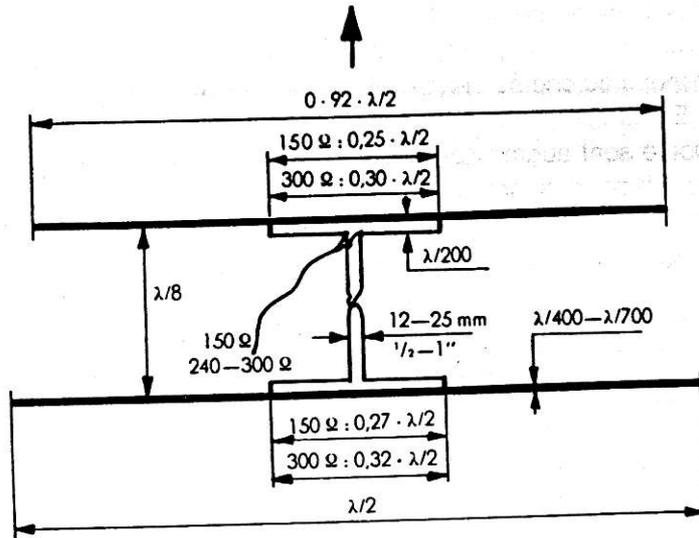


FIGURE 6. Dimensions complètes de l'antenne HB9CV.

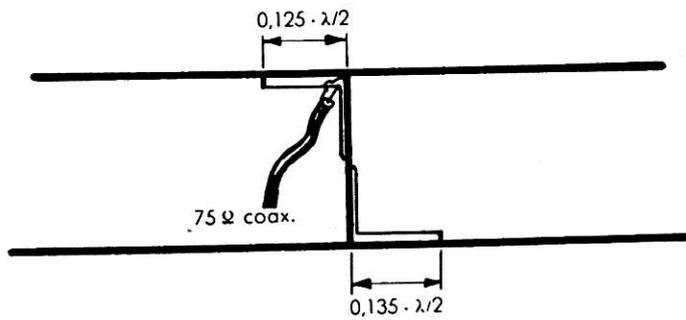


FIGURE 7. Alimentation en GAMMA.

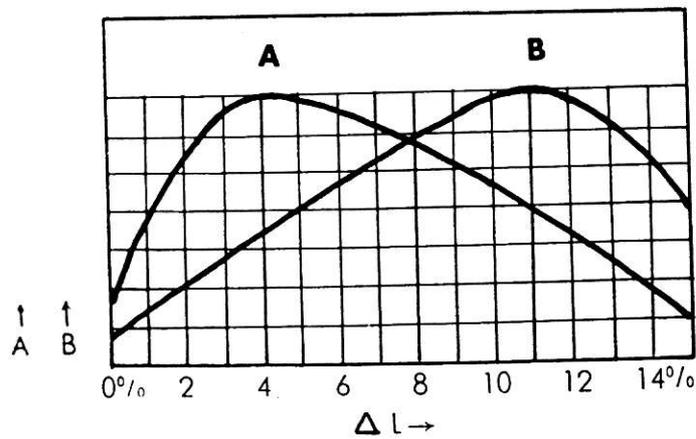


FIGURE 10. Gain et rapport avant-arrière

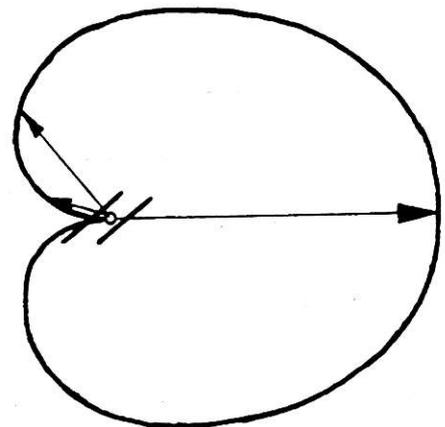


FIGURE 11. Influence de l'angle vertical

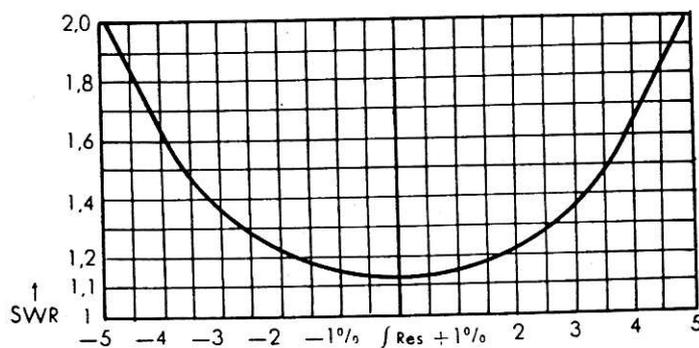


FIGURE 12. Variation du taux d'ondes stationnaires en fonction de la fréquence.

La formule se comprend facilement au moyen de la table comparative de la fig. 8, qui donne les équivalences entre décibels et quotients de puissances qui se rencontrent le plus souvent en radio-technique.

Le tableau de la fig. 9 montre la dépendance entre intensité sonore, rapport de puissances en db, tension d'antenne et sensation sonore, jugée à l'oreille. Le lecteur est prié de l'étudier soigneusement, car les indications relatives à l'intensité de signal ne sont guère unifiées entre stations d'amateurs.

Dans le tableau, l'intensité S9, correspondant à une tension d'entrée de 50 μ V, a été prise comme niveau de puissance zéro (en db). Pour des niveaux supérieurs à S9, on donnera l'indication habituelle : S9 + 12 db, par exemple, cependant que les niveaux inférieurs à S9 auront un chiffre en db négatif, ce qui ne présente aucune difficulté.

Le pas d'un niveau S au suivant comporte toujours 6 db, correspondant à une différence de puissance dans le rapport de 1 à 4.

Admettons qu'on capte le signal d'un émetteur de 100 W avec le niveau S9 ; le niveau tombe à S8 (- 6 db) lors d'une réduction de la puissance émise à 25 W, à S7 (- 12 db) lors d'une réduction à 6,24 W, etc. Inversement pour hausser le niveau d'intensité à S9 + 6 db, la puissance émise doit être augmentée à 400 W.

Dans la 3^e colonne (tension d'antenne), on voit que, pour augmenter l'intensité d'une quantité S, la tension de l'antenne doit être chaque fois doublée. Cela entraîne que la puissance quadruple, car l'on peut admettre que la résistance d'une antenne reste constante. Si celle-ci est en résonance et correctement adaptée, il n'y aura qu'une résistance ohmique, si bien que la loi d'Ohm constante, d'après la loi d'Ohm $U = R \cdot I$, le courant double aussi. De la relation $P = U \cdot I$, on tire que la puissance quadruple, c'est-à-dire qu'elle augmente quadratiquement avec le courant ou la tension.

Dans la colonne relative à l'intensité du signal, à l'intelligibilité et au bruit, les chiffres indiqués sont ramenés à la sensibilité de notre oreille. Aussi peut-on se faire une idée des améliorations à obtenir par l'augmentation de la puissance émise ou par les gains des antennes.

On voit ainsi qu'il est à vrai dire inutile de doubler l'énergie émise, car on ne gagnerait que 3 db, soit $\frac{1}{2}$ de niveau S. Il faut au moins quadrupler cette énergie si l'on veut une amélioration rentable. On voit en outre que le gain d'un dipôle à deux éléments parasites de 5 db n'entraîne pas tout à fait un niveau S supplémentaire, ce qui implique déjà une amélioration sensible, mais cependant pas très importante. Un gain de 8 à 10 db, atteint avec l'antenne HB9CV, correspond à un niveau S de 1,5, ce qui est à souligner.

Fonctionnement

Il est difficile de trouver dans la littérature spécialisée des renseignements sur le fonctionnement de deux dipôles de longueur inégale, distant de $\lambda/8$, alimentés tous deux et couplés par rayonnement mutuel. Il est difficile de traiter ce problème mathématiquement. On en vient à bout plus facilement par des considérations logiques et par des essais pratiques. Ayant obtenu de bons résultats démontrés pratiquement, on pourra, par des investigations scientifiques, découvrir encore d'autres résultats. Il est possible d'éclaircir le fonctionnement de l'antenne de manière à obtenir une compréhension générale.

L'écartement des deux dipôles fut établi à $1/8$ de la longueur d'onde, parce que cela s'est avéré avantageux au point de vue électrique et constructif. Avec cet écartement, le meilleur effet directionnel se produit lorsque l'élément placé derrière a sur celui de devant un retard de phase de 225° ($180^\circ + 45^\circ$), respectivement une avance de 135° ($180^\circ - 45^\circ$). Afin de mettre en service deux dipôles avec cet écart de phase, dipôles réalisant une antenne travaillant sans défaut, trois conditions doivent être remplies :

1. Le système d'alimentation doit être dimensionné de façon que les deux dipôles soient excités avec le déphasage indiqué. Et tournant le câble d'alimentation entre dipôles de 180° , il se produit un déphasage électrique de 180° pour ce qu'on appelle la ligne déphaseuse. Le temps de propagation depuis le point d'alimentation sur la ligne déphaseuse jusqu'à l'élément situé derrière provoque une rotation supplémentaire de phase de 45° .

2. Le couplage par rayonnement mutuel doit de même produire la même différence de phase de 225° , sinon il agit à l'opposé de l'alimentation directe. Cela se produit lorsqu'on allonge l'élément postérieur et qu'on raccourcit l'élément antérieur. L'antenne consiste à proprement parler seulement d'un réflecteur alimenté et d'un directeur.

3. Pour que l'antenne travaille avec le rendement optimum et puisse être alimentée sans réflexions, elle doit être équivalente à une résistance ohmique, ramenée au point d'alimentation. En fait les longueurs des éléments peuvent être choisies de façon à compenser totalement la composante inductive réactive du réflecteur et capacitive du directeur.

Le système d'alimentation

Les deux éléments sont excités par deux dispositifs d'adaptation en T, reliés ensemble par la ligne déphaseuse. L'énergie en provenance de l'émetteur est injectée à l'extrémité antérieure de la ligne déphaseuse, où est connecté

en même temps le dispositif en T du directeur. Tout le système est réalisé en fil de cuivre. Du câble isolé en matière plastique, comme on en utilise pour les installations domestiques, convient parfaitement. Le diamètre des conducteurs doit naturellement correspondre à celui du câble d'alimentation. Les considérations suivantes ont conduit à cette forme bon marché de l'alimentation : l'énergie haute fréquence de l'émetteur atteint le point d'alimentation de l'antenne avec l'impédance correspondant à la résistance caractéristique d'onde du câble d'alimentation. A partir de là, elle aboutit par le double dispositif en T aux centres des deux dipôles avec l'impédance correspondante. Ainsi le double dispositif en T, y compris la ligne déphaseuse conduit les ondes progressives avec la même impédance que le câble d'alimentation. Il ne se produit alors en aucun point du système d'alimentation des courants ou tensions supérieures à ceux du câble d'alimentation. Il devient ainsi parfaitement inutile de réaliser le dispositif en T en tube.

Une alimentation symétrique en câble plat (Twin Lead) de 150 ou de 240 à 300 ohms a donné de bons résultats ; par contre, un essai avec du câble plat à 75 ohms s'est révélé insatisfaisant. A l'alimentation symétrique en T avec 150 ohms correspond l'alimentation assymétrique en Gamma avec du câble coaxial à 75 ohms.

On insiste, dans la littérature sur l'imperfection du système d'alimentation en T. La partie médiane du tube formant dipôle, située entre les deux points terminaux du dispositif en T forme, vu du côté alimentation, une boucle en court-circuit et provoque une composante réactive indésirable. On peut la compenser au moyen de condensateurs placés en série dans les brins du T. Des essais ont indiqué que l'accord, au moyen de ces condensateurs, de l'antenne HB9CV est beaucoup trop critique. De petits écarts de part et d'autre de la valeur correcte font que l'énergie de l'émetteur ne se répartit que d'un côté, soit vers le réflecteur soit vers le directeur. L'emploi de tels condensateurs de correction est à déconseiller.

Par contre, la composante réactive provoquée par la boucle en court-circuit que nous venons de mentionner peut être compensée par de petites modifications de la longueur des éléments. Cela s'est déjà produit avec l'antenne HB9CV. Le taux d'ondes stationnaires favorable montre que ce léger inconvénient du dispositif en T ne joue ici qu'un rôle sans importance.

La ligne de déphasage doit remplir les conditions suivantes :

1. Afin qu'elle ne rayonne pas, l'écart de deux conducteurs ne doit pas dépasser 12 à 25 mm. Cela n'est pas critique. La résistance caractéristique de la ligne déphaseuse ne joue aucun rôle, surtout si l'on tient compte de la faible longueur de $\lambda/8$.

2. La ligne de déphasage doit rester isolée, de façon que les deux conducteurs ne puissent en aucune façon entrer en court-circuit ou provoquer des contacts avec d'autres parties métalliques. Le fait que la ligne déphaseuse isolée repose sur le montant transversal ou qu'elle soit montée à une bonne distance ne semble jouer aucun rôle du point de vue électrique.

3. La longueur électrique de la ligne de déphasage doit être de $\lambda/8$. Il est bien connu que la vitesse de propagation sur deux conducteurs parallèles et isolés est légèrement en-dessous de la vitesse de la lumière c , et vaut environ $0,9 c$. Lorsqu'on monte le dispositif en T ou Gamma dans le plan des éléments, exactement comme sur les fig. 6/7, la ligne de déphasage devient automatiquement plus courte de 10 % environ et a juste la bonne longueur électrique. On peut aussi utiliser un câble plat à 300 ohms ; sa vitesse de propagation vaut 82 à 86 % de c . Des câbles avec une résistance de propagation est trop faible et leur longueur électrique de ce fait trop élevée. Des essais ont montré que les variations de la longueur électrique de la ligne déphaseuse peuvent atteindre 10 % sans inconvénient notable.

En conclusion de ce paragraphe, donnons quelques indications concernant le choix du câble d'alimentation. Il dépend en première instance de la manière dont est réalisée la sortie de l'émetteur. En cas de sortie symétrique, on peut envisager du câble plat (Twin Lead) de 150 ou de 240 à 300 ohms. Des câbles minces, utilisés pour des buts de réception, conviennent jusqu'à des puissances d'environ 200 W. et pour des longueurs atteignant 12 m au maximum. Pour des puissances ou des longueurs supérieures, on choisira des câbles du type « émetteur » avec diamètre correspondant plus gros et pertes plus faibles. L'auteur donne la préférence au câble à 150 ohms, et ceci pour les motifs suivants : les pertes sont à peine plus élevées qu'avec celui à 300 ohms, et il est si étroit que, pour la plupart des antennes, on peut l'amener par les trous d'alésage à l'intérieur du mât vertical. Il n'est pas nécessaire de l'éloigner du tube métallique, car sa résistance caractéristique n'est modifiée que de 5 %, s'il repose sur des surfaces métalliques, alors que cette modification atteint 30 % pour celui à 300 ohms. ⁴⁾

Pour des sorties d'émetteur assymétriques, le câble coaxial à 75 ohms avec dispositif d'adaptation en Gamma est le plus judicieux. Là aussi, la qualité du câble (c'est-à-dire, la section des conducteurs et les pertes) doit être déterminée par la puissance émise et par la longueur d'amenée. Pour un bon câble d'alimentation, les pertes ne devraient pas dépasser 2 db, c'est-à-dire les 20 % du gain de l'antenne. Les fabricants de câbles haute fréquence donnent tous renseignements sur la charge et les pertes en db par unité de longueur.

Naturellement, selon les circonstances, des transformations d'impédances le long du conducteur d'alimentation selon les méthodes connues peuvent se faire. La méthode la meilleure et la plus simple est-encore d'utiliser un câble homogène conduisant de l'émetteur à l'antenne, cas où l'émetteur aussi bien que l'antenne doivent être adaptés à la résistance caractéristique du câble d'alimentation, si l'on désire une transmission d'énergie sans réflexion.

Fréquence de résonance et longueur des éléments

L'antenne, considérée globalement, est en résonance, lorsque les longueurs des deux éléments sont égales à $0,96 \cdot \lambda/2$. La fréquence de résonance reste inchangée, si l'un des éléments est d'autant allongé que l'autre est raccourci. Déjà lorsque les deux éléments sont de même longueur, l'antenne présente une caractéristique de directivité, mais qui est cependant mauvaise, parce que la phase de l'alimentation ne coïncide pas avec celle du couplage mutuel. Des essais ont établi avec quelle différence de longueur des éléments l'antenne présente ses meilleures propriétés.

Gain et rapport avant-arrière

Le comportement en ce qui concerne le gain et le rapport avant-arrière en fonction des différences de longueur des éléments se trouve représenté à la fig. 10. Il s'ensuit qu'on obtient le gain le plus élevé pour une longueur de réflecteur égale à $0,98 \cdot \lambda/2$ et $0,94 \cdot \lambda/2$ pour le directeur, c'est-à-dire pour une différence de longueur des éléments entre eux de 4 % en gros, tandis que le meilleur rapport avant-arrière se produit pour une différence de 11 %. Avec la valeur moyenne de 8 %, on obtient en même temps l'optimum de gain et de rapport avant-arrière. Cela correspond à une longueur de réflecteur de $\lambda/2$ et de $\lambda/2 \cdot 0,92$ pour le directeur. Il y a deux raisons qui font apparaître ces longueurs comme les plus favorables. La pratique dans le trafic radio mondial d'amateurs montre que le rapport avant-arrière est aussi important que le gain, surtout à la réception, où l'affaiblissement de signaux provenant de directions non désirées est importante. Encore plus important est le fait que, avec cette différence de longueurs, l'antenne fait preuve d'une largeur de bande favorable.

En pratique, on admet un gain effectif de 8 à 10 db. Cela correspond à un gain d'énergie de 6,3 à 10 fois par rapport au simple dipôle. Si les deux stations qui communiquent sont toutes deux équipées avec un aérien prévu pour l'émission et la réception, les gains des antennes réceptrice et émettrice s'additionnent. Dans ce cas, il se produit un gain de 16 à 20 db, et, au point de vue de l'intensité du signal, on gagne 3 niveaux S par rapport à ce qu'on aurait si chaque station avait un dipôle simple. Sur la base de multiples observations et essais comparatifs, ces améliorations d'intensité se vérifient en moyenne. Naturellement il y a toujours des écarts de part et d'autre.

On ne pourrait obtenir d'autres éclaircissements sur le rapport avant-arrière qu'au moyen de longues expériences d'exploitation. Il se trouve entre 10 et 40 db, et il est fortement dépendant de l'angle vertical d'incidence ou de rayonnement. On a mesuré pour des liaisons lointaines, par exemple entre la Suisse et la Californie, des rapports avant-arrière de 40 db, alors que, pour de courtes distances (short skips) de quelque 200 km, avec réflexion simple sur la ionosphère, et dans des conditions de rayonnement oblique, on ne mesurait que des différences de 10 db. Lors d'essais rapprochés entre deux stations distantes de 8 km, en terrain plat, le rapport avant-arrière se tenait toujours autour de 25 db, ce qu'on peut admettre comme valeur moyenne. En tout cas il faut calculer avec des gros écarts à partir de la valeur moyenne, en ce qui concerne le rapport avant-arrière.

Influence de l'angle vertical

Les différences mentionnées dans le gain de l'antenne et plus particulièrement dans le rapport avant-arrière sont dépendantes en grande partie de la caractéristique de rayonnement de l'antenne dans le plan vertical. Afin de comprendre la façon dont le diagramme de rayonnement vertical influe sur le rapport avant-arrière, considérons la représentation valable pour l'espace libre de la fig. 11. Le minimum se trouve derrière l'antenne et dans son plan horizontal. Pour un rayonnement très plat partant de l'antenne ou y aboutissant, par derrière, sous un angle vertical d'environ 10° , comme on peut s'y attendre avec des stations éloignées, particulièrement dans la bande des 10 m, on peut compter avec un très bon rapport avant-arrière. Mais déjà lors d'un angle d'incidence oblique, l'affaiblissement d'un rayonnement venu de derrière diminue. Cela s'accorde bien avec l'observation empirique. Le principe reste valable, malgré que le diagramme vertical effectif au-dessus du sol se réduise à la moitié supérieure de la fig. 11, et qu'il apparaisse beaucoup plus compliqué du fait des interférences produites par des réflexions sur le sol.

Taux d'ondes stationnaires et largeur de bande

Lorsqu'elle fonctionne sur sa fréquence de résonance, l'antenne directive HB9CV possède un bon taux d'ondes stationnaires, entre 1,05 et 1,02, ce qui est vérifié par l'expérience de l'auteur et celle d'autres personnes. Connaissant le taux d'ondes stationnaires d'un conducteur d'alimentation, on peut, d'une façon bien connue,

ANTENNE DIRECTIVE HB9CV

S	db	μV	R	
0	-54	0,1	1	1
1	-48	0,2	1	1
2	-42	0,4	2-4	1-2
3	-36	0,8	3-5	2-3
4	-30	1,5	4-5	3-4
5	-24	3	5	4-5
6	-18	6	5	5
7	-12	12	5	5
8	-6	25	5	5
9	-0	50	5	5
9	+6	100	cw	fone
9	+12	200	A1	A3
9	+18	400		
9	+24	800		
9	+30	1,6 mV		

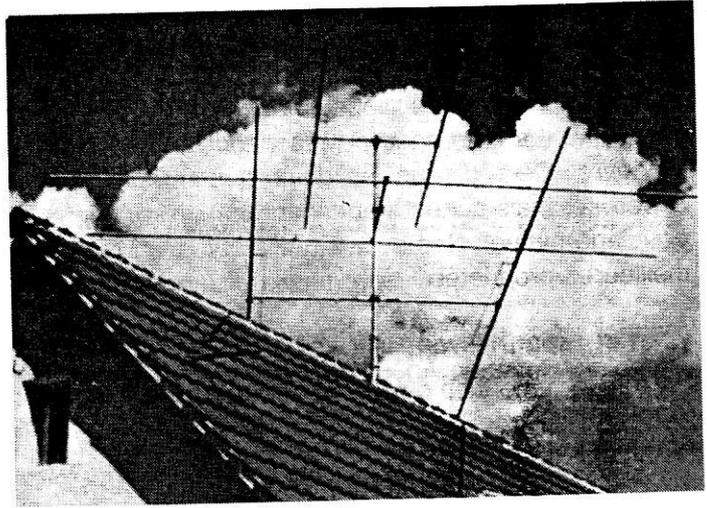


FIGURE 15

FIGURE 9

db	P	
0	x	1
+10	x	10
+20	x	100
+30	x	1000
+40	x	10000
etc.	etc.	
-10	x	1/10
-20	x	1/100
-30	x	1/1000
-40	x	1/10000

db	P	db	P	db	P
1	1.26	11	12.6	21	126
2	1.58	12	15.8	22	158
3	2	13	20	23	200
4	2.5	14	25	24	250
5	3.16	15	31.6	25	316
6	4	16	40	26	400
7	5	17	50	27	500
8	6.3	18	63	28	630
9	7.95	19	79.5	29	795
10	10	20	100	30	1000

FIGURE 8

$$*f_{kc} = \frac{300\,000}{\lambda_m}$$

$$**\lambda_m = \frac{300\,000}{f_{kc}}$$

		14-Mc-Beam		21-Mc-Beam		28-Mc-Beam	
		cm	inches	cm	inches	cm	inches
Longueur du réflecteur	$\lambda/2$	1060	417	708	279	526	207
Longueur du directeur	$0,92.\lambda/3$	974	384	652	257	484	191
Intervalle entre éléments	$\lambda/8$	265	104	177	70	132	52
T d'adaptation réflecteur	$0,27.\lambda/2$	286	112	191	75	142	50
T d'adaptation directeur	$0,25.\lambda/2$	265	104	177	70	132	52
Intervalle entre T et élément		12	5	9	3 1/2	6	2 1/2

FIGURE 17.

représenter le taux dans sa variation entre les points où le courant – ou la tension – est maximum et ceux où il est minimum. Pour le cas idéal où le taux est égal à 1, il n'y a pas d'ondes stationnaires, et le câble conduit partout le même courant ou la même tension. Nous avons une onde progressive pure, avec les pertes minimum. Au cas où il n'y a pas adaptation, il se produit sur le câble des ondes stationnaires plus ou moins fortement marquées, c'est-à-dire des maxima de courant avec pertes Joule plus élevées, ou des maxima de tension avec pertes diélectriques correspondantes. C'est pourquoi il ne faut pas dimensionner d'une manière trop serrée les conducteurs d'alimentation, sous l'angle de la section des conducteurs et de la rigidité d'isolation. Il est important de savoir quelles pertes supplémentaires entraîne l'aggravation du taux d'ondes stationnaires. A taux d'ondes stationnaires croissant, il se produit les pertes supplémentaires suivantes :

Taux d'ondes stationnaires	Pertes supplémentaires
1 ou 1 : 1	0 %
2 ou 2 : 1	25 %
3 ou 3 : 1	55 %
5 ou 5 : 1	125 %

Par exemple, lorsque l'affaiblissement d'un conducteur d'alimentation en l'absence d'ondes stationnaires se monte à 2 db, il atteindra 25 %, soit 2,5 db avec un taux de 2. Cette aggravation de 0,5 db n'est pas sensible à l'oreille. On peut aussi dire, en toute quiétude, que, jusqu'à 2, un taux peut être considéré comme bon. L'opinion répandue largement parmi les amateurs, selon laquelle on devrait maintenir de toute façon un taux d'ondes stationnaires à 1, est pour le moins qu'on puisse dire exagérée.

Pour en revenir à l'antenne HB9CV, on voit que les conditions d'adaptation à la résonance sont quasi idéales. Par suite de l'alimentation directe, les deux éléments compensent presque exactement toutes les composantes réactives, si bien que l'antenne représente une charge presque purement formée de la résistance de rayonnement, le tout avec un rendement optimum.

Lorsqu'on se trouve en-dessus ou en-dessous de la fréquence de résonance, les composantes réactives du directeur et du réflecteur ne se compensent plus. Au point d'alimentation de l'antenne, il se produit des réflexions d'énergie, et, par suite, une augmentation des ondes stationnaires. La fig. 12 montre la variation du taux d'ondes stationnaires en fonction de la fréquence. Lorsque la fréquence de résonance d'une antenne est choisie au milieu, à peu près, d'une bande d'amateur, celle-ci pourra fonctionner avec un bon rendement jusqu'aux extrémités de la bande. Si l'on prend une largeur de bande égale aux 2 % de la fréquence de travail, notre expérience a montré qu'on ne remarque aucune perte dans tout le domaine, que ce soit au point de vue de l'alimentation ou du rayonnement. Même lorsqu'on s'écarte de 5 % de la résonance, l'antenne se comporte encore favorablement, en dépit de ce qu'on aurait pu attendre. (Voir le diagramme de rayonnement de la fig. 14). La largeur de bande est ainsi tout à fait suffisante, dans le domaine relativement large des 10 m.

Diagramme de rayonnement

Les mesures pratiques des diagrammes de rayonnement sont d'un intérêt tout particulier. Comme exemples typiques, les fig. 13 et 14 montrent le diagramme de l'antenne pivotante pour ondes de 20 m de la station HB9MC et celui de la station HB9CV, tous deux mesurés à 8 km de distance, en terrain plat. Lors de toutes les mesures du même genre, il n'est guère possible d'éviter l'influence locale de circonstances diverses sur les mesures, entraînant des irrégularités. Cependant, on peut reconnaître que la forme du diagramme s'accorde bien avec les propriétés décrites. Il y a lieu de mentionner les minima qui se produisent de part et d'autre, entre la boucle principale et la première boucle latérale. Dans ces deux directions qui, en règle générale, s'écartent d'un angle de 100° de la direction de rayonnement principale, l'affaiblissement par rapport au rayonnement principal se monte souvent en pratique à 50 ou 60 db. A la réception, de forts parasites ayant un niveau d'intensité S9, produits soit par des perturbations électriques locales, soit par des stations émettant sur la même fréquence, peuvent être complètement étouffés grâce à ces minima, alors que toute réception serait impossible au moyen d'antennes habituelles.

Réciprocité

On n'a pas fait de distinction jusqu'ici entre le fonctionnement de l'antenne en émetteur et en récepteur. Pour une claire compréhension des faits, il faut mentionner que la loi de réciprocité est entièrement valable pour les antennes. Les propriétés d'une antenne, que l'on constate lorsque celle-ci fonctionne en émetteur, telles que le gain, les caractéristiques de rayonnement, le rapport avant-arrière, etc., restent entièrement valables lors de son utilisation comme réceptrice. Les avantages d'un aérien directif sont ainsi doublement favorables. Il est ainsi compréhensible qu'aucun autre dispositif technique n'améliorera une station autant qu'un aérien directif. Du côté émetteur, une compensation par l'augmentation correspondante de la puissance reste possible. Par contre, du côté récepteur, il n'y a aucune possibilité de ce type, car il est bien connu que la sensibilité du récepteur est limitée par l'état de la circuiterie et de la technique des tubes.

accord et comportement électrique

Une antenne directive HB9CV n'a besoin d'aucun accord après le montage. L'expérience montre que la fréquence de résonance se tient près de la fréquence de travail désirée. De même, dès le début, le taux des ondes stationnaires est bas. Aussi le couplage à l'émetteur s'effectue-t-il d'une manière facile et non critique. La largeur de bande de l'antenne, relativement bonne, a pour conséquence que, même pour de gros écarts de fréquence, il n'y a pas besoin de procéder à un nouvel accord du côté de l'émetteur.

Influence réciproque de plusieurs antennes directives

Lorsque plusieurs aériens directifs sont montés sur le même mât, la question se pose de savoir à quelle distance ils doivent être placés les uns des autres, pour éviter des influences réciproques défavorables.

Un aérien pour les 10 m et un autre pour les 20 m sont dans un rapport harmonique. L'antenne pour les 10 m pourrait exciter l'autre, fonctionnant comme antenne pleine onde. Lorsqu'on regarde les choses de plus près, on constate que, par suite de la fixation centrale des deux antennes au même mât, le couplage est quasiment nul. Au cas où l'antenne pour les 20 m serait excitée en 10 m, le centre de courant de celle pour 10 m se trouverait placé en face du centre de tension de celle pour 20 m. Ainsi le danger d'une oscillation mutuelle indésirable est pratiquement écarté.

Une autre possibilité d'influence réciproque vient du fait que des éléments proches, appartenant à une autre antenne, pourraient jouer le rôle de composants capacitifs additionnels et ainsi changer la fréquence de résonance de l'antenne. Lorsqu'on dispose plusieurs aériens dans le même plan, c'est effectivement le cas et on est conduit à des mises au point fastidieuses sur les antennes une fois montées. Des essais ont montré que des barreaux d'antennes peuvent être placés à une distance de l'antenne en question égale à $1/20$ de la longueur d'onde, sans qu'il apparaisse un désaccord, même lorsque les barreaux sont plus longs que ceux de l'antenne en question. S'ils sont plus courts, le voisinage peut encore être rendu plus étroit. En pratique, une antenne pour les 15 m devrait aussi être montée à une distance de 1 m au-dessus ou au-dessous d'un aérien de 20 m, lorsqu'il faut éviter en toute sécurité des désaccords capacitifs.

Possibilités d'utilisation de l'antenne directive HB9CV

Si nous nous occupons principalement des aériens directifs pour la bande des 10, 15 et 20 m, c'est parce que la question de la construction de grosses unités se pose le plus fréquemment. L'antenne HB9CV convient naturellement tout aussi bien pour le domaine des ondes ultra courtes. La construction d'antennes pour ces faibles longueurs d'ondes est très facile et bon marché. Leur largeur de bande suffit même pour des canaux de télévision situés plus bas en fréquence. Ainsi la bande des émetteurs en ondes ultra courtes est presque entièrement couverte. Pour les bandes en ondes ultra courtes du trafic amateur, elle s'impose pour des stations fixes et portables. Il en résulte des performances déjà bonnes, et même en partie étonnantes.

Développements ultérieurs

Les essais de développement et les mesures relatives à cette antenne ont été effectués sur la bande des 2 m. Au vu des bons résultats obtenus avec deux éléments alimentés, il vint à l'esprit de tenter des essais avec trois éléments alimentés. Ils furent malheureusement tout à fait négatifs. Dans tous les cas, ils furent nettement plus mauvais qu'avec deux éléments. Avec trois éléments alimentés, les conditions deviennent si compliquées qu'on peut se demander si l'amélioration obtenue de cette façon en vaut la peine. Cependant, il n'y a aucun doute que la voie reste ouverte dans d'autres directions.

CONSTRUCTION DE L'ANTENNE

Lors de la construction d'une antenne directive, il s'agit tout d'abord d'accorder les désirs du constructeur avec les données locales, de la façon la plus rationnelle. Comme les désirs ainsi que les données locales varient fortement d'un cas à l'autre, on mentionnera, dans la description qui va suivre, d'autres variétés constructives, comme celles qu'a choisies l'auteur. Il sera ainsi plus facile, dans un cas particulier, de traiter la construction de l'antenne sur une base plus large, de manière à trouver pour chaque cas la solution la plus favorable.

Influence de l'endroit où est placée l'antenne et de la hauteur de celle-ci

L'espace environnant d'une station, qu'il soit proche ou éloigné, comme on le sait, a une influence déterminante sur le rayonnement. L'effet d'écran des montagnes est connu de chacun et on ne peut naturellement pas y remédier au moment d'une antenne directive. C'est en espace libre, avec un sol bon conducteur, que l'antenne rayonne dans les meilleures conditions. Dans ce cas, le rayonnement direct et celui qui est réfléchi par le sol s'additionnent. Le meilleur emplacement est donc une colline plate, bien dégagée, avec un sol ayant de bonnes propriétés conductrices. Des cimes montagneuses, ainsi que de très hauts bâtiments sont moins favorables, du fait que les réflexions au sol se font d'une manière imprécise et la plupart du temps moins favorable. Les navires en haute mer ont, grâce à la surface conductrice de l'eau, des conditions de rayonnement excellentes.

La plupart des stations disposées en ville ou dans des quartiers très habités perdent la plus grande partie des réflexions au sol à cause des nombreux obstacles environnants. Même le rayonnement direct est plusieurs fois affaibli par l'action des bâtiments élevés se trouvant dans les parages. La différence entre un emplacement situé en ville, soit dans de mauvaises conditions, et un autre, situé en rase campagne, peut atteindre l'ordre de grandeur de 10 db.

Un aérien directif donnera partout la même amélioration. S'il est utilisé en un mauvais emplacement, il subsiste la perspective d'obtenir un signal supérieur à la moyenne avec une puissance de 50 à 200 Watts, ce qui est parfois considéré comme une bonne liaison à distance, également en téléphonie.

Celui qui a la chance d'habiter une colline idéale, peut s'amuser, avec une antenne directive et une puissance de 20 W, à jouer sur un niveau dépassant toute concurrence, ce qui lui est d'autant plus facile qu'il peut entendre les faibles stations, qui, en milieu urbain et avec les niveaux locaux élevés de perturbations, restent inaudibles.

La hauteur de l'antenne est d'une importance capitale pour le rayonnement. Il est recommandé d'étudier ce chapitre dans la littérature spécialisée.

De toute façon, il faut dire, d'une manière restrictive, que le fonctionnement d'une antenne théoriquement favorable ne concorde avec la pratique que lorsque l'aérien est monté sur un mât en espace libre. Il est rarement possible de réaliser de telles solutions idéales. Là où il y a beaucoup de bâtiments, les divers conducteurs métalliques dans les maisons (béton armé, conduites de toutes sortes, paratonnerres, etc.) font que le potentiel de terre est élevé en hauteur, et que, de ce fait, la hauteur effective de l'antenne au dessus du sol est diminuée. Ainsi, dans la plupart des cas pratiques, à la question : à quelle hauteur faut-il construire l'antenne ?, on peut répondre : le plus haut possible. Comme solution approchée, on peut envisager de construire une antenne sur un toit de maison. Une deuxième variante, considérablement plus chère et plus compliquée au point de vue technologique, serait de monter l'antenne sur un mât en construction métallique.

Lorsque l'aérien se trouve à la même hauteur que le pignon de la maison voisine, ou au-dessus, on peut certainement s'attendre à obtenir de bons résultats. L'expérience a montré que des bâtiments laissent encore passer les ondes courtes en dessous de 30 MHz. Ce n'est que dans le domaine des ondes ultra-courtes qu'ils forment écran infranchissable. Comme fait réjouissant, on peut retenir que même des aériens placés très bas, entre des murs de maisons, ont donné des résultats dépassant ce qu'on attendait. Des antennes fixes, suspendues au plafond comme antennes d'intérieur, ont donné des intensités de signaux bien supérieures à des antennes normales, en espace libre et haut placées (center fed, Zepp, Windom, etc., exception faite, peut-être, d'une bonne antenne Ground Plane). C'est pourquoi, nous allons parler tout d'abord de telles antennes directives simples.

Antennes directives fixes en fil, antennes d'intérieur

Il y a de bonnes raisons qu'un amateur ne veuille ou ne puisse pas construire une antenne directive pivotante sur son toit, mais qu'il désire entreprendre des essais avec une telle antenne. Souvent, il s'agit pour lui d'émettre dans une direction où se trouve ses amis préférés, ou bien il désirerait, comme complément, construire un aérien directif aussi simple et bon marché que possible, pour une direction déterminée, dans laquelle son antenne normale travaille mal ; Ou bien encore, il désirerait simplement, avant de sacrifier son argent et son temps pour un aérien directif, s'assurer au moyen d'une installation provisoire qu'il y a lieu d'obtenir une amélioration par rapport à l'antenne déjà construite.

Dans tous ces cas, l'antenne HB9CV s'impose, mais elle est alors constituée par de simples fils et elle doit être déployée à un endroit adéquat. De grandes pièces sous les combles conviennent bien, lorsqu'elles offrent à l'antenne une place suffisante, dans la direction voulue. Si la pièce est juste trop étroite, les extrémités de l'antenne peuvent sans inconvénient être rabattues vers le bas. Naturellement il ne faut pas qu'il y ait d'autres fils ou conducteurs dans le voisinage immédiat de l'antenne.

En plein air également, on peut monter un tel aérien en fil entre des arbres, des bâtiments ou de simples mâts de bois. Nous laisserons au constructeur le soin de décider, d'après les données locales ou d'après son imagination, comment il suspendra les deux éléments dans les meilleures conditions et avec l'écartement correct.

Pour toutes ces solutions simples, on prendra garde aux points suivants. Du fait de la faible résistance de rayonnement, les courants circulant dans l'antenne sont très élevés. On choisira donc des fils suffisamment gros. De même, les tensions aux extrémités des dipôles sont élevées et exigent de bons isolateurs, suffisamment longs pour que la capacité qui existe entre les extrémités et les fils détendus ne puisse provoquer aucun désaccord. Lors d'une construction en fil, il est difficile d'amener à la dimension indiquée l'écartement des dispositifs d'adaptation en T des deux dipôles. Cet écartement peut, sans conséquence notable, être rendu plus faible et même indéterminé, mais, par contre, les parties en T doivent rester isolées, pour qu'en aucune façon il ne puisse se produire un contact avec les parties médianes des dipôles.

Lorsque les éléments ont été réalisés en fil plutôt qu'en tube, leur longueur doit être quelque peu plus grande. Malheureusement, il n'est guère possible d'indiquer des valeurs empiriques. On proposera de choisir pour le réflecteur la valeur $1,02 \cdot \lambda/2$ et $0,94 \cdot \lambda/2$ pour le directeur. Si le taux d'ondes stationnaires est trop élevé, il ne

ANTENNE DIRECTIVE HB9CV

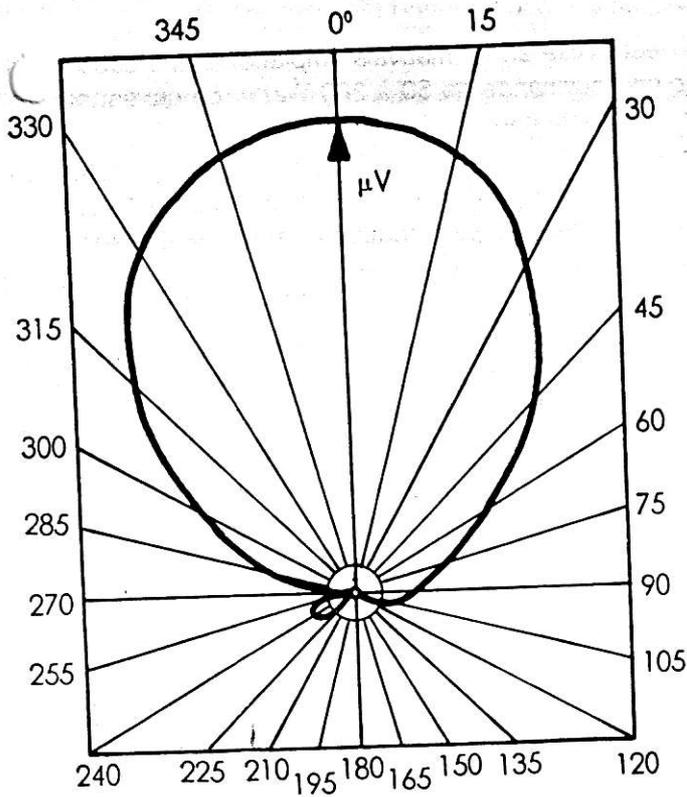


FIGURE 13. Diagramme de Rayonnement (Bande 20 m. Station HB9MC)

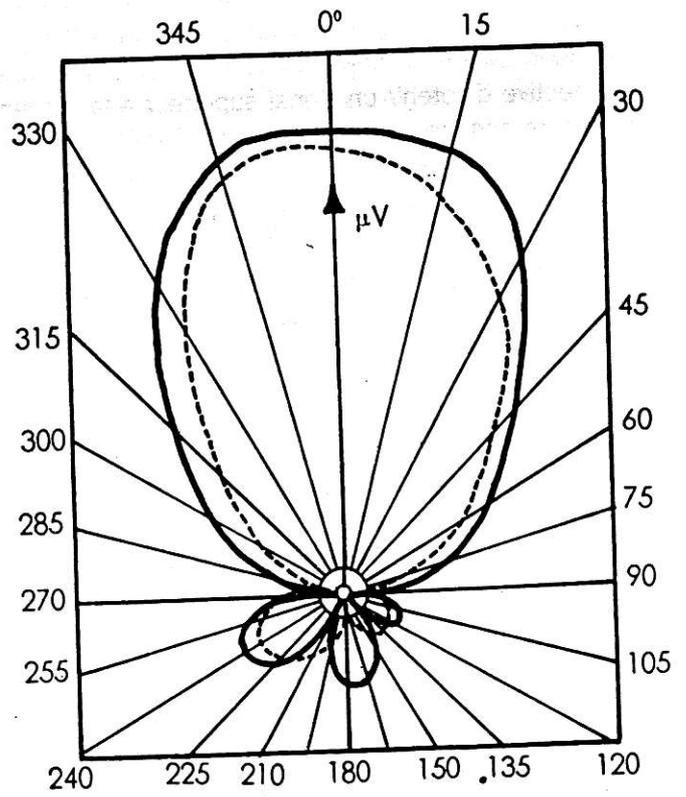
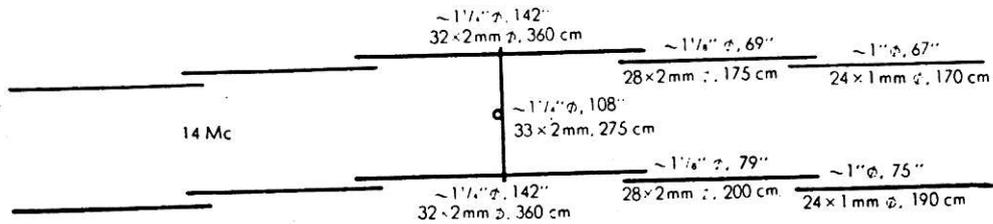
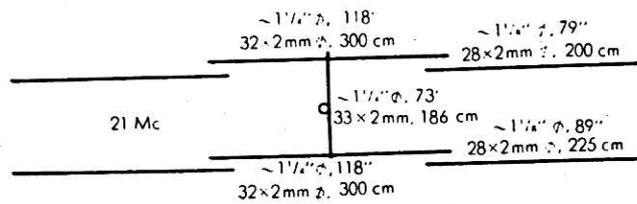


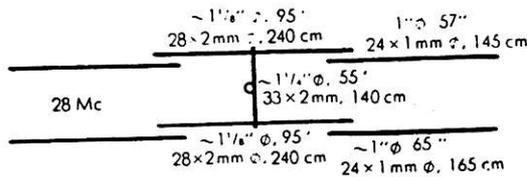
FIGURE 14. Diagramme de Rayonnement (Bande 10 m. Station HB9CV)



Dimensions pour HB9CV : Bande 14 Mc



Dimensions pour HB9CV : Bande 21 Mc



Dimensions pour HB9CV : Band 28 Mc

FIGURE 18

doit pas être très fastidieux de trouver le taux minimum et, partant, le point de résonance, grâce à de petites modifications de la longueur des éléments. Il faut naturellement faire attention au fait que la différence de longueur entre les éléments réflecteurs et directeurs doit toujours rester de 8 %.

Antennes pivotantes en construction totalement métallique

Un aérien directif n'offre son plein emploi que lorsqu'il peut être tourné rapidement et facilement dans toutes les directions de l'espace désirées. La solution optimum consiste à faire reposer le mât porteur vertical sur deux gros roulements à billes, de façon que l'antenne puisse pivoter comme un tout. De cette façon, on peut disposer les roulements à l'intérieur de la maison et en un endroit protégé, et ils sont ainsi accessibles en tout temps. Si l'on divise l'antenne en une partie inférieure fixe et une partie supérieure mobile, on devra disposer les roulements entre les deux tronçons du mât, fixe et mobile, sans pouvoir y accéder facilement. On ne pourra pas les contrôler et ils seront facilement endommagés par l'humidité.

Une antenne pivotante doit être mécaniquement robuste, et elle doit présenter au vent une résistance minimum, de façon qu'on puisse la tourner dans toutes les directions, même en cas de tempête. La meilleure solution pour l'extérieur est une construction purement métallique (plumbers delight). Toute construction mixte bois-métal n'a qu'une courte durée de vie.

On peut aussi monter sur le même mât rotatif une, deux ou trois antennes directives, les unes au-dessus des autres. Un système d'antennes avec trois aériens pour les 20, 15 et 10 m aura un poids total de 40 à 50 kg. Ceci constituera une forme de sapin frappante, mais qui, en raison des gains élevés dans les trois bandes, offrira d'excellentes possibilités de liaison. Mais il faut penser qu'un tel système d'antennes triple ne sera pas utilisé rationnellement par l'amateur moyen, qui ne dispose que de peu de temps de libre pour son passe-temps. Aussi, beaucoup d'amateurs ne se sont-ils spécialisés que dans une ou deux bandes Dx et se satisfont d'un ou de deux aériens. Chacun décidera d'après ses moyens de la dépense qu'il compte faire.

Solidité mécanique

On sousestime généralement les influences perturbatrices du climat. La rapidité avec laquelle une antenne directive est atteinte par les tempêtes, l'air marin salé, la neige, le givre, la pluie ou le soleil est totalement incroyable, qu'il s'agisse de corrosion ou de dommages mécaniques. Les parties en fer ou en acier ne peuvent être garanties que pour une courte période de 1 à 3 ans contre la rouille, même au moyen de la meilleure couche protectrice. Les alliages d'aluminium se comportent mieux du fait de leur fine pellicule d'oxyde, mais seulement s'ils ne se trouvent pas au voisinage de la mer.

Une antenne tournante ne sera donc jamais assez robuste. On choisira, de préférence à une construction légère, quelque chose de lourd. On se gardera aussi de mâts trop hauts et trop minces, qui, entrant en vibrations, ploient sous les rafales. Il faut savoir que l'on porte la pleine responsabilité des dégâts à des personnes ou à des objets occasionnés par la chute d'une antenne. Une bonne protection contre les pertes financières consiste en une assurance pour responsabilité civile. Elle ne doit cependant pas nous délivrer de l'obligation d'éviter toute possibilité de dommages ou d'accidents, grâce à une construction bien étudiée.

Mât porteur vertical et montage de l'antenne

Comme exemple, dans ce qui va suivre, nous traiterons de l'antenne triple pivotante. La construction a résisté pendant cinq ans sans défaut au vent et à la pluie.

Le mât vertical est disposé de façon que le montage puisse se faire pas à pas, sans qu'aucune performance acrobatique et dangereuse soit nécessaire. Il consiste en deux tubes métalliques de 60 à 48 mm de diamètre, s'emboîtant l'un dans l'autre. La première phase de la construction consiste à préparer les deux roulements à billes à l'intérieur de la maison et à ménager une ouverture dans le toit. Cette ouverture, réalisée en tôle de fer galvanisée ou en cuivre, sera confiée de préférence à un plombier. Là dessus, on peut monter à l'intérieur de la maison les deux tubes du mât, qui s'emboîtent l'un dans l'autre. La commande et l'indicateur d'azimut peuvent déjà être installés. L'extrémité supérieure du mât doit dépasser le toit autant que possible, mais cependant de façon que l'on puisse l'atteindre commodément. Maintenant vient la deuxième phase de la construction, le montage de l'antenne proprement dite sur le toit. On la préparera au sol déjà en trois tronçons : le porteur transversal avec la ligne déphaseuse posée dessus, et les quatre extrémités libres du dispositif en T, ainsi que le câble d'alimentation déjà connecté et enroulé. Ensuite on assemble réflecteur et directeur et on les pourvoit des montants de liaison pour le dispositif en T. Une fois sur le toit, on retire un peu le tube intérieur du mât en dehors du tube extérieur, et on élève tout d'abord le montant transversal, puis les éléments. Finalement on fait pénétrer le conducteur d'alimentation à l'intérieur du mât. Si l'on doit monter encore une deuxième ou une troisième antenne, on élève la partie intérieure du mât avec la première antenne simplement d'une différence de hauteur d'environ 90 cm par rapport à la deuxième antenne, et celle-ci sera fixée exactement de la même manière. De cette façon, on peut monter commodément trois antennes l'une après l'autre, au-dessus du toit.

Une fois le montage terminé, la partie supérieure du mât est amenée à la hauteur définitive et fixée à la partie supérieure du mât inférieur. Etant donné les gros efforts de torsion en cas de tempête, la fixation devra être presque complètement supprimée par deux anneaux métalliques, vissés ou soudés au tube intérieur. La partie supérieure du tube inférieur sera pourvue de deux fentes situées l'une en face de l'autre, de 10 cm de longueur. Ainsi, à l'aide d'une solide virole en fer le tube supérieur est encastré en toute sécurité dans le tube du bas. Tous les joints seront obstrués soigneusement avec du mastic pour bateaux, et peints à une bonne peinture protectrice, au moins deux fois (par exemple, la peinture aluminium-bronze).

Construction de l'antenne proprement dite

Comme montants transversaux, pour les trois antennes (10, 15 et 20 m), du tube d'acier de 33 mm de diamètre extérieur et de 2 mm d'épaisseur s'est révélé favorable. Pour les éléments, des tubes en métal léger d'un alliage d'aluminium dur conviennent le mieux (Duralumin, Anticorodal, etc.). On a choisi des tubes en Duralumin de dimensions $32 \times 2,28 \times 2$ et 24×1 mm. Les éléments de l'antenne pour les 20 m consistent en 5 parties, ceux pour les antennes pour 15 et 10 m en chacun trois parties. La fig. 17 contient toutes les cotes des trois antennes, cependant qu'à la fig. 18 sont représentées toutes les parties tubulaires nécessaires. Suivant les pays et les fournisseurs, il n'est pas toujours possible d'obtenir ces tubes à la cote exacte. On peut sans autre s'en écarter légèrement, par contre on ne prendra pas un diamètre inférieur de 20 %. De même, la solidité de la paroi ne devra pas être essentiellement réduite, à cause des charges de neige ou des bourrasques. En tout cas, on s'arrangera que les diamètres des tubes permettent à ceux-ci d'être enfilés les uns dans les autres. La meilleure façon de fixer deux parties tubulaires consiste à pourvoir le tube extérieur d'une ou deux fentes longitudinales et à serrer les deux parties l'une contre l'autre au moyen d'une bride avec une vis. On peut se procurer de telles brides, usuelles dans la construction automobile, dans les magasins d'accessoires pour voitures. Au cas où l'on n'arriverait pas à chasser deux tubes l'un dans l'autre, parce que le diamètre extérieur du plus petit est égal au diamètre intérieur du plus gros, la meilleure façon de procéder consiste à les fendre tous deux. Diminuer leur diamètre à la lime ou à la toile d'émeri, à la main, est vraiment une tâche par trop fastidieuse.

Pour la fixation du montant transversal au mât vertical et pour celle des éléments au montant transversal, ce qu'on appelle un serre-tube en croix, tel qu'on en trouve dans les constructions métalliques de tous les pays civilisés, convient tout particulièrement. On s'adressera, pour en obtenir, à des maisons spécialisées dans la construction métallique. Celui qui choisit un autre dispositif de fixation doit faire attention au fait que les éléments ne doivent être fixés en leur milieu qu'au point où la tension de l'antenne est nulle. En aucun cas, on ne doit utiliser un étrier de fixation métallique avec deux points de jonction, car il en résulterait une spire en court circuit qui transformerait en chaleur la plus grande partie de l'énergie fournie par l'émetteur. Partout où différents métaux entrent en contact, il se produit à la longue de la corrosion. Une fine couche intermédiaire d'isolant suffit déjà comme protection contre la corrosion. Lorsque l'on choisit l'alimentation en Gamma, les points milieux des deux éléments situés sur le montant transversal doivent être bien reliés entre eux électriquement, car ici le montant transversal appartient au système d'alimentation. Il faudra renoncer dans ce cas aux couches isolantes intermédiaires.

Les autres particularités de l'antenne, du point de vue de sa construction, ressortent des figures 19 à 22. Le système d'alimentation est fixé sur le dessous du montant transversal et se trouve dans le même plan horizontal que les éléments, eux-mêmes suspendus au-dessous du dit montant. Comme mentionné précédemment, du fil de cuivre isolé en matière plastique convient très bien pour l'alimentation en T et la ligne déphasée. On enlève l'isolation seulement aux points où une soudure est nécessaire. Les petits isolateurs, vissés sur le montant transversal, sont, dans notre cas, ce qu'on appelle des installations d'éclairage. Là où on ne peut obtenir de tels isolateurs, on peut utiliser d'autres pièces appropriées, de préférence en céramique. Ces isolateurs n'ont pas à remplir de conditions sévères, car les tensions ne sont pas élevées, et parce que, en outre, les fils soutenus sur les isolateurs ont été eux-mêmes laissés isolés. Même les efforts de traction qui peuvent se produire sont modestes.

Pour l'antenne directive dans la bande des 20 m, il y a lieu de noter deux particularités qu'entraîne sa grandeur. Les éléments fléchissent peu, quoique d'une manière déjà nettement visible. Ils ont été soulagés au moyen de deux étais en céramique et d'un fil de fer conducteur placé dessus. La portée du fil doit être divisée par au moins quatre isolateurs, pour éviter tout désaccord capacitif. Des cordelettes de nylon conviennent encore mieux et évitent les complications électriques. Mais comme le fléchissement de l'antenne ne gêne pas la vue, il est à conseiller de renoncer à une suspension là où c'est possible. Comme deuxième particularité, le dispositif d'adaptation en T devient si long que de chaque côté un étai intermédiaire est nécessaire, voir aux fig. 21/22. Pour les antennes dans les 15 et 10 m une suspension et des étais intermédiaires pour le dispositif en T ne sont pas nécessaires.

On ferme les extrémités des tubes de tous les éléments au moyen d'un bouchon adéquat de manière à éviter ces concerts d'orgue indésirables la nuit, lorsque souffle le vent.

Un chapitre important concerne la protection contre la corrosion au moyen d'une peinture. Toutes les parties en fer seront traitées avant le montage à la peinture anti-rouille (par exemple au minium) et ensuite on les passera deux fois au moins à la peinture désirée (par exemple, à l'aluminium-bronze). Toutes les parties en métal léger restent telles quelles. Les dommages occasionnés à la peinture, pendant le montage, seront immédiatement réparés sur place. Peu de peinture et un petit pinceau suffisent.

Il ressort de la vue d'ensemble de la fig. 15 que l'antenne intermédiaire pour les 15 m est tournée de 90°. On a désiré au moyen de cette mesure, éviter encore plus sûrement les influences réciproques entre les antennes et améliorer la résistance au vent. L'expérience a cependant montré que les deux positions n'ont que peu d'importance et que les trois antennes peuvent toutes être montées dans la même direction.

Fixation du mât

Ce sont deux équerres exactement pareilles formées de tôle de fer de 4 mm, avec des renforcements latéraux soudés, qui sont chacun ancrés avec quatre fortes vis dans la poutraison du toit. Le mât repose sur des roulements à billes. Sur le support supérieur se trouve un roulement axial de 65 mm de diamètre intérieur (qu'on peut se procurer chez les magasins d'accessoires pour voitures ou chez les marchands de bric-à-brac), qui supporte tout le poids de l'antenne. Il est vissé en quatre butées métalliques sur l'équerre. Entre le mât de 60 mm et celui de 65 mm se trouve un anneau d'adaptation. Il est réalisé au moyen d'une pièce tubulaire de 4 cm de longueur. Le bord inférieur de l'anneau a été disposé de telle façon qu'il s'insère exactement entre le mât et le roulement. Au moyen de trois vis, régulièrement disposées sur le pourtour, l'anneau est fixé au mât.

Le roulement inférieur est inversé, monté depuis le haut. Il ne sert qu'au guidage et de ce fait il n'est qu'un roulement radial habituel, dont le diamètre est également de 65 mm. Tout le reste est identique au roulement supérieur.

Bien que des roulements à billes constituent la meilleure solution du fait de leur fonctionnement facile, des pivots à frottement peuvent aussi être réalisés de manière très simple, qui, avec une bonne lubrification, suffisent amplement.

L'écartement entre le roulement inférieur et le roulement supérieur doit être suffisamment grand pour que, en cas de tempête le couple de renversement ne dépasse pas une valeur convenable. L'écartement de 1,5 m peut être considéré comme une valeur raisonnable. L'appui supérieur doit être aussi près que possible de l'ouverture dans le toit, afin que les déformations du mât restent modestes. Lorsqu'on monte les appuis, on s'assurera qu'ils sont exactement à la verticale l'un de l'autre, au moyen d'un fil à plomb.

Amenée du câble d'alimentation

On résout le problème de la rotation de l'antenne et d'une ouverture pour le passage du câble en faisant descendre celui-ci à l'intérieur du mât. Les trois câbles d'alimentation à 150 Ohms pendent sous le mât tubulaire, sortant librement de son extrémité ouverte, et sont amenés delà à la station. Ils pendent d'une manière absolument libre et ne sont écartés ni les uns des autres, ni de la paroi du tube. On peut tourner le mât plusieurs fois d'un angle de 360° sans que les câbles d'alimentation s'entortillent. On n'y a constaté aucun inconvénient électrique. Si on utilise du câble de gros diamètre, peu flexible, on pourra réaliser les prises de courant au moyen d'anneaux coulissants. Une transmission d'énergie par voie inductive, à l'extrémité inférieure du mât est possible, comme on l'indique dans la littérature spécialisée ³⁾, mais il faut penser que la livraison d'énergie ininterrompue de la station à l'antenne au travers d'un câble d'alimentation homogène permet d'éviter, le mieux possible, des fautes et des pertes.

Commande

Un aérien directif ne peut être utilisé pleinement que si on peut le faire pivoter facilement et rapidement depuis la table même de l'opérateur.

Lorsqu'on peut le faire, on donnera la préférence à une commande au moyen d'une roue que l'on fait tourner à la main et d'un système formé de cordelettes et de poulies. Une telle commande est simple, bon marché, silencieuse et ne provoque pas de parasites radiophoniques, ce qu'on ne peut prétendre obtenir d'une commande à moteur. Comme cordelettes, des câbles d'acier, torsadés, et de faible diamètre conviennent bien, et on peut se procurer dans les magasins d'accessoires pour voitures, à un prix très bas. Pour que la tension dans ces cordelettes reste uniforme, on intercalera dans le circuit, à l'endroit adéquat, un fort ressort d'acier.

Pour terminer, nous signalons que des maisons, principalement américaines, livrent des commandes à moteur prêtes au montage, avec les indicateurs pour la direction, et ceci dans toute dimension et exécution.

ANTENNE DIRECTIVE HB9CV

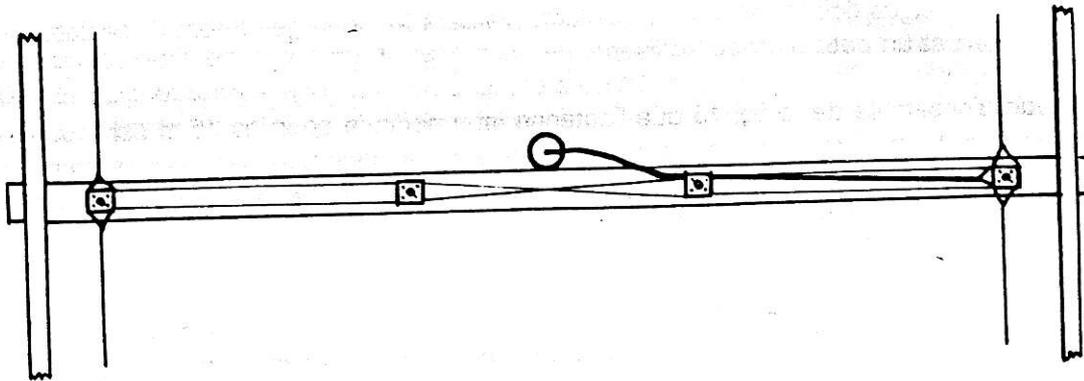


FIGURE 19

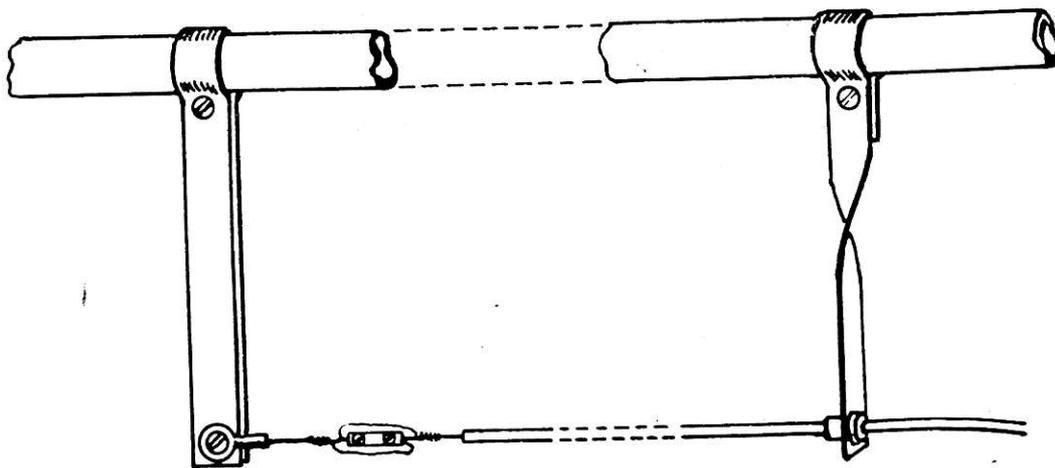


FIGURE 21

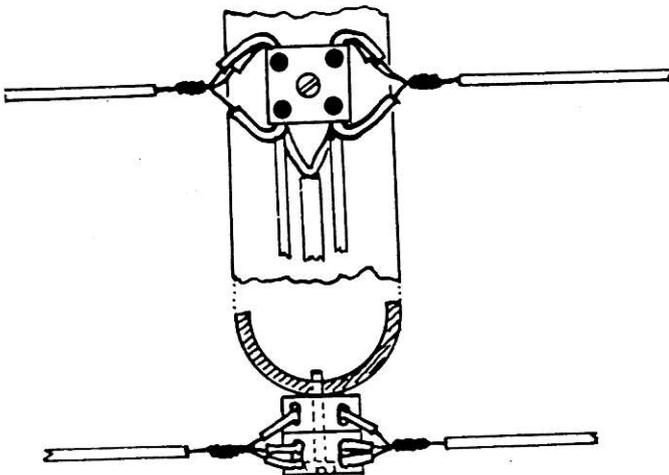


FIGURE 20

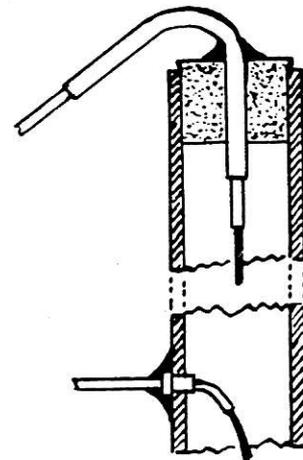


FIGURE 22

Les essais et la construction de l'antenne décrite dans cet ouvrage furent son dernier travail important. Les bons résultats de cette antenne ont stimulé son intérêt pour des développements ultérieurs. Des essais pour une amélioration plus poussée sur une base nouvelle sont en préparation.

D'APRES LA PUBLICATION « L'ANTENNE DIRECTIVE HB9CV » de DL1CU
STUTTGART 1 BOX 585

Avec nos remerciements à l'éditeur FELIX KÖRNER

Indicateurs d'azimut

L'opérateur devrait naturellement toujours savoir dans quelle direction est pointée son antenne. Comme le faisceau émis par l'antenne est assez large, une précision de 10° sur la direction indiquée par le cadran est tout à fait suffisante. Lors d'une commande par système de cordelettes, on peut placer le long de la corde un indicateur linéaire, pour autant qu'elle passe en partie à travers la pièce de travail. Une autre solution simple consiste à disposer en cercle autour du mât des contacts qui allument de petites ampoules situées dans la pièce. Avec huit lampes déjà, on obtient une indication sur la direction assez grossière, mais suffisamment précise. Une autre solution consiste en l'emploi d'un potentiomètre solidaire du mât et alimentant un voltmètre ou un ampèremètre dans la pièce de travail. Si la tension d'alimentation est stable, on obtient une bonne indication de direction, qui est continue.

La solution parfaite consiste à employer un groupe Selsyn, formé d'un pilote et d'un piloté, qui fournit toujours d'une façon stable l'indication de direction exacte. Une telle disposition permet de pointer rapidement et sûrement l'antenne vers tous les pays de la terre.

Verrouillage en cas de non-emploi

L'auteur a eu une fois la déveine suivante ; lors d'une longue absence à l'étranger, imprévue, une violente tempête brisa les cordelettes du système de rotation, et l'antenne pivota plusieurs fois sur elle-même, si bien que les câbles présentaient un enchevêtrement tout à fait désordonné.

Pour éviter de telles circonstances fâcheuses, le mât devrait pouvoir se bloquer de lui-même, pour ainsi décharger le système de commande. Un dispositif qui a fait ses preuves est le frein. Il consiste simplement en deux sabots de bois qui peuvent être serrés par deux tire-fonds, lorsqu'on n'utilise pas l'antenne. L'un de ces sabots de bois est ancré dans la poutraison par un solide fer plat.

Trafic radio avec antenne directive

Le passage d'une antenne ordinaire à un aérien directif est sans exagération un événement enthousiasmant. On ne reconnaît plus sa station et on gagne l'impression qu'un monde nouveau s'est ouvert. Ces pays lointains, dont on ne pouvait entendre quoi que ce soit, se sont soudain trouvés rapprochés et on les atteint facilement. Lorsque les deux partenaires d'une liaison radio possèdent une antenne directive, on peut, dans de bonnes conditions, qualifier de magnifiques les résultats obtenus, même aujourd'hui, à l'époque du superlatif. N'est-il pas merveilleux de penser qu'une liaison téléphonique Suisse - Australie soit possible avec une puissance de 12 Watts et une intensité de signal de 8 à 9.

Lorsqu'un amateur habile peut obtenir davantage avec la même station qu'un autre, moins adroit, cela implique aussi une différence dans la façon de se servir de l'antenne directive. Cela nécessite bien quelque exercice, pour apprendre à connaître la portée de l'antenne et pour apprendre à se servir le plus efficacement possible de ses avantages. Mais cependant c'est un encouragement unique, que de pouvoir capter et entendre, en dépit des obstacles, des stations lointaines et faibles.

Il faut encore mentionner le fait intéressant que, pour les compétitions internationales d'amateurs, une antenne directive tournante n'est pas infailliblement la meilleure. Des adeptes expérimentés de la compétition préfèrent souvent une bonne antenne Ground Plane, parce qu'elle possède une bonne réception pour toutes les directions et qu'elle permet d'entendre plus de stations simultanément. Pendant la courte transmission du texte, la qualité de la liaison, de même que les perturbations ne jouent qu'un rôle secondaire. La rapidité est tout ce que l'on désire et l'usage d'une antenne directive n'est qu'une perte de temps.

A part ce cas spécial, les avantages caractéristiques de l'antenne directive pivotante sont évidents. Aucune décision concernant l'amélioration d'une station ne portera de meilleurs fruits que la construction d'une telle antenne.

Rudolf Arthur Baumgartner s'occupe de radio-technique aussi bien comme amateur, que sur le plan professionnel. Né à Berne, le 11 octobre 1914, il commença dès l'âge de 20 ans à s'intéresser vivement à la technique de la haute fréquence. En 1937, il obtenait sa licence d'émission pour amateur. Il termina ses études électro-techniques en 1943. Dès lors, il s'occupa de la technique des courants porteur chez Brown Boveri, à Baden (Suisse), et chez Hasler, à Berne. En 1947, il entra à l'Administration fédérale ; il est aujourd'hui ingénieur en haute fréquence au Département militaire fédéral.

Son expérience pratique comme amateur lui fut de la plus grande utilité dans le cours de sa carrière civile aussi bien que militaire. Il fut incorporé, dès le début de la deuxième guerre mondiale, dans les troupes de transmission de l'armée suisse ; il porte aujourd'hui le grade de major.

Comme amateur enthousiaste, dans ses jeunes années, il construisit sa station entièrement seul. Aujourd'hui, il pratique son passe-temps sur une base plus modérée. A l'heure actuelle, il a donné une forme définitive à sa station de 100 Watts, et il entretient avec plaisir, principalement, un trafic Dx avec ses amis, dans le vaste monde.