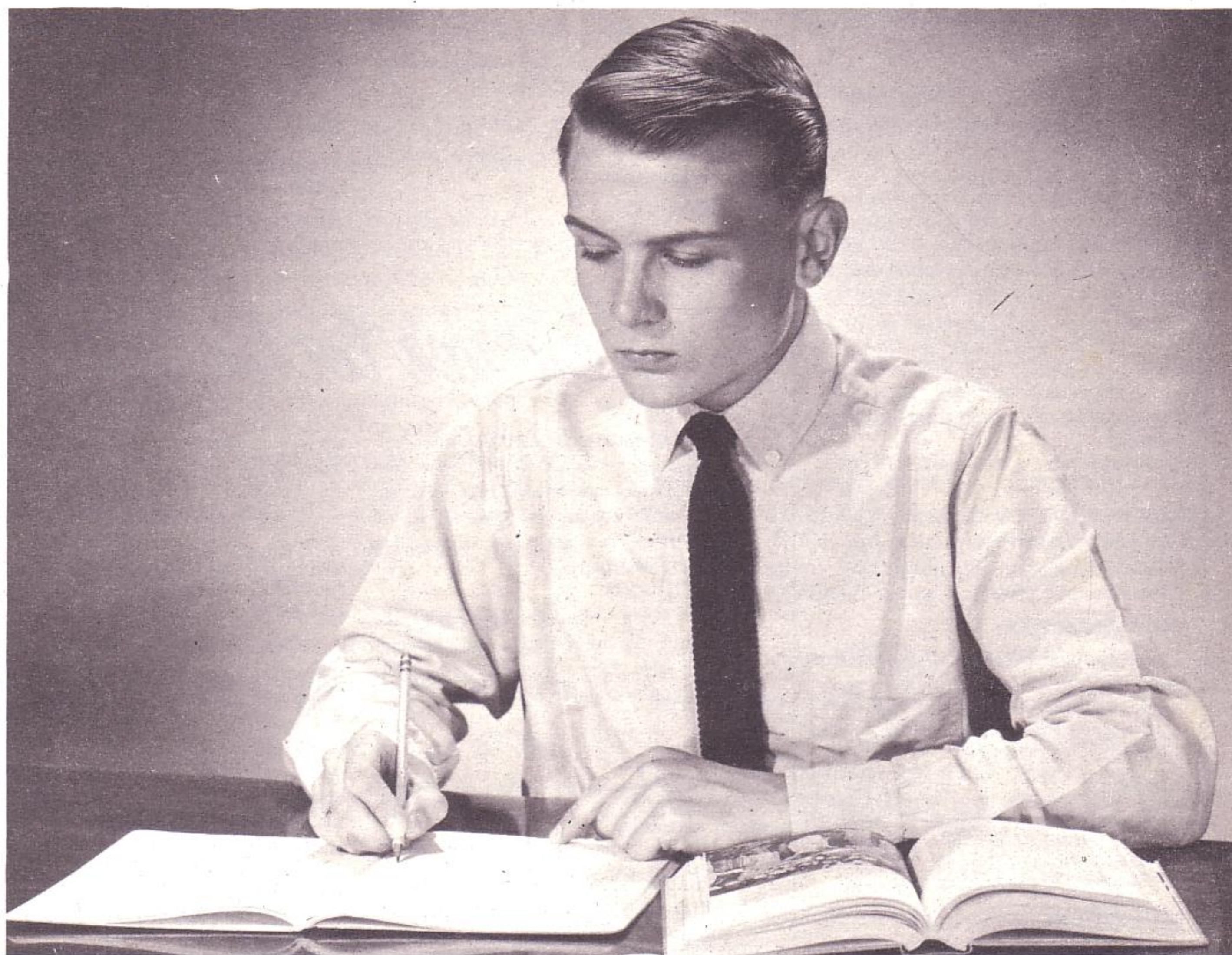


41

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 5 - 11 decembre 1965 - le numéro 1,60 F.

SUISSE 1,70 FS
BELGIQUE 23 FB
MAROC 1,85 Dh

ALGERIE 1,80 FA
TUNISIE 1,70 M
ALLEMAGNE 1,80 DM

GRANDE - BRETAGNE 3,5 sh
CANADA 50 cts
U.S.A. 50 cts

vosre Carrière

revue hebdomadaire

DIRECTION - ADMINISTRATION - ABONNEMENTS: Editions CHIRON - 40, rue de Seine
Tél. 633.18-93 - Paris (6^e) - C.C.P. 53-35.



La revue est en vente aux kiosques, chaque semaine: si le kiosque en est démuné, demandez l'envoi hebdomadaire directement à votre domicile.

Directrice: *Mme Etienne Chiron*.
Secrétaire de rédaction: *J. Lavergne*

ABONNEMENTS

Les abonnements peuvent être souscrits en cours d'année, à n'importe quelle date. Les numéros déjà parus au moment de la souscription seront envoyés en une seule expédition.
France - 1 an (52 numéros) = 70 F;
6 mois (26 numéros) = 38 F. -
Etranger - 1 an = 90 F - Si vous possédez déjà des numéros, vous pouvez déduire la somme de 1,20 F par numéro.

S'adresser aux Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris - C.C.P. 53-35.

Les anciens numéros peuvent être commandés séparément au prix unitaire (1,60 F).

Aucun envoi contre remboursement.

RENSEIGNEMENTS

Toute demande de renseignements doit être accompagnée d'une enveloppe timbrée à votre adresse.

S'adresser: Editions CHIRON - rue de Seine, 40 - Paris.

PUBLICITE

PUBLEDITEC - 13, Rue C. Lecocq
Tél. 250.88-04 et 88-05 - Paris, 15^e.

Cette Revue sera contrôlée par l' O. J. D.

DISTRIBUTION

Nouvelles Messageries de la Presse Parisienne - 11, Rue Réamur - Paris.

COPYRIGHT

Dépôt légal éditeur 34 - 2^e trim. '65
Periodique N. 42 905 à la Commission Paritaire de la Presse.

Tous droits de reproduction, même partielle, réservés pour tous pays.

Sommaire

★ Petites Annonces	page 2
★ Courrier Technique	» 2
★ Une antenne sur mesure... l'Antenne en « kit » et F.M.	» 3
★ Les antennes	» 5
★ Lignes de transmission	» 14
★ Questions sur les 121 ^{ème} et 122 ^{ème} leçons	» 23
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 23
★ Réalisation et réglage de Kit'antenne	» 24
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 29

Petites Annonces

DEMANDES D'EMPLOI

DESSINATEURS

Mécanique: débutants avec C.A.P. calculateurs - exécution - petites études.

Tôlerie: petites études 2 - projeteur 1.

Outillage: petites études exécution - études 1 - projeteur 1 et 2.

Electro-mécanique: études 1 et 2.

Electricité: exécution - petites études - études 1 et 2.

INGENIEURS

Mécanique et électro-mécanique

Cadres administratifs et commerciaux

recherchent emplois. Faire offres à revue "Votre Carrière" (Service C.I.T.) 40, rue de Seine, Paris 6ème, qui transmettra.

Agents techniques en électro-mécanique

Contremaîtres en mécanique générale

Chef d'atelier en mécanique générale

Magasiniers teneurs de stocks

recherchent emplois. Faire offres à revue "Votre Carrière" (Service E.A.M.) 40, rue de Seine, Paris 6ème, qui transmettra.

Courrier technique

M. J. M. PRIZIAC - Morbihan - voudrait réaliser une alimentation en courant continu délivrant une tension de 6 volts approximativement et une intensité de 0,5 ampères et nous demande une correction de son montage.

1^o) Votre «bleeder», en parallèle sur la sortie de l'alimentation est beaucoup trop faible. Elle vous amène, en effet, un accroissement de débit de:

$$6/150 = 40 \text{ mA}$$

Le débit total passe alors de 500 mA à 540 mA.

Il faut multiplier la valeur de la résistance par 10, au minimum.

2^o) La résistance de la cellule de filtrage est:

a) d'une part, beaucoup trop faible pour que vous obteniez une efficacité suffisante de la cellule;

b) d'autre part, beaucoup trop élevée, étant donné le débit important de l'alimentation.

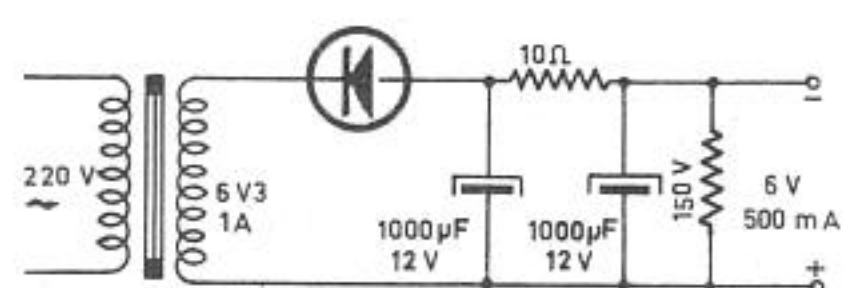
En effet, la composante continue du courant redressé, qui parcourt cette ré-

sistance y détermine une chute de tension:

$$U = RI = 10 \times 0,5 = 5 \text{ volts,}$$

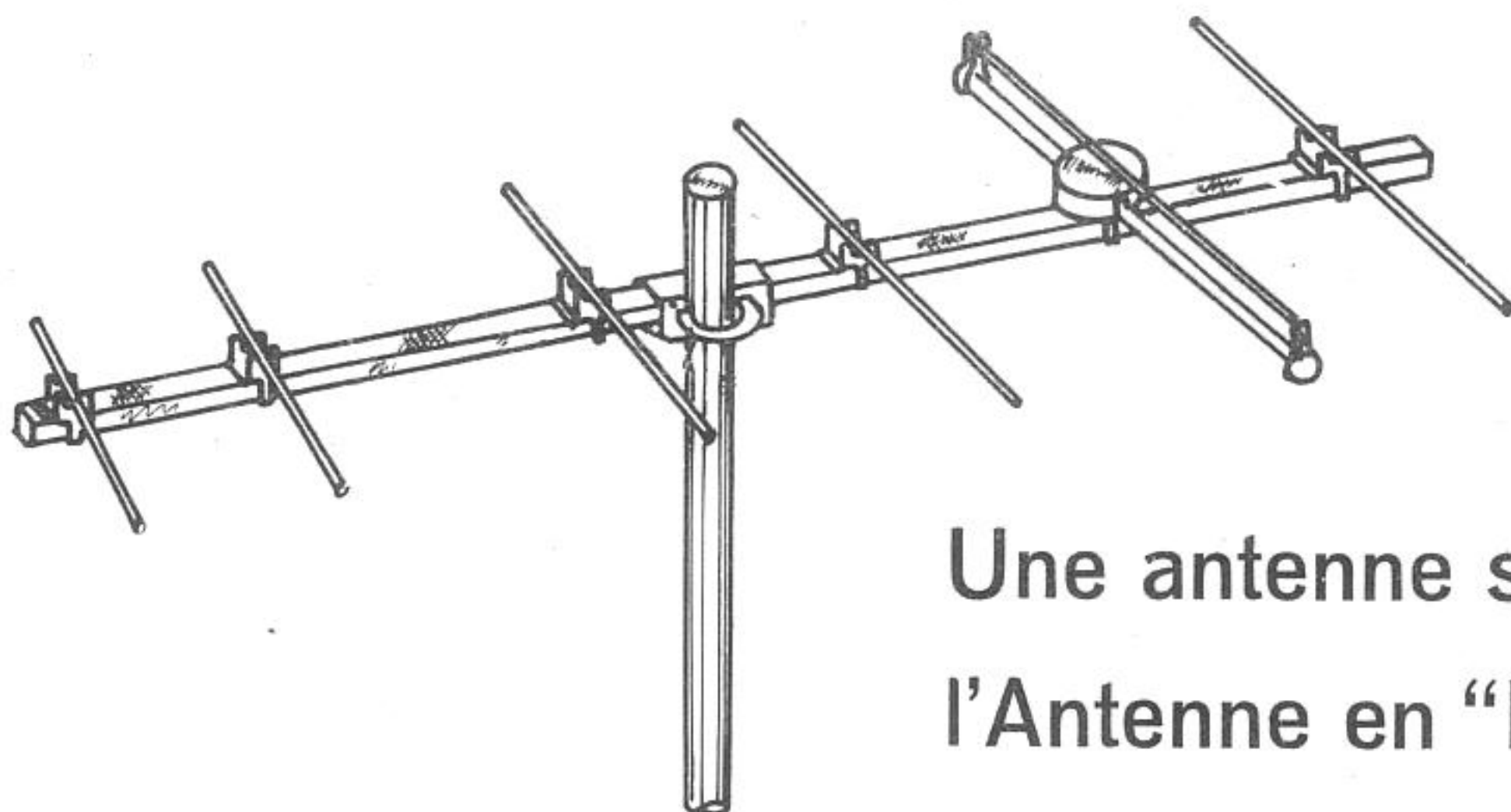
qui se retranche de la tension de sortie. Celle-ci tombe alors à une valeur très faible.

En conséquence, il vous faut à la fois, remplacer la résistance par une inductance de filtrage de quelques henrys, ayant une faible résistance ohmique (mais, il y a beaucoup de chances pour que celle-ci dépasse 10 ohms), et augmenter la valeur de la tension alternative à redresser. Il faut la porter, au moins, à 8 volts efficaces.



Mieux encore, nous vous conseillons le montage redresseur en pont de Graët Mais, dans ces conditions, il est évident qu'il vous faudra utiliser 4 redresseurs identiques, au lieu de 1.

Équipement et Composants



Une antenne sur mesure... l'Antenne en "kit", T.V. et F.M.

Prologue

Les antennes industrielles sont bien connues de nos lecteurs et il serait vain de vouloir en expliquer les divers processus de fabrication.

Quel est celui d'entre vous qui n'a pas eu en main, au moins une fois, le traditionnel « rateau », qui, lorsqu'il est placé au-dessus de votre maison, dans le grenier ou tout simplement sur votre récepteur, devient le capteur d'énergie électro-magnétique, communément appelé « Antenne ».

Que vous soyez amateurs ou professionnels, vous avez été tenté, à plusieurs reprises, par la fabrication d'antennes réalisées par vous mêmes; c'était déjà une raison valable si ce n'est l'esprit inventif et de recherche qui hante chacun de vous.

Combien de problèmes se sont alors posés, qui vous ont obligé à rebrousser chemin ?

- a) L'approvisionnement en matière première, leur prix exorbitant par petite quantité.
- b) Comment réaliser la fixation des brins directeurs ou réflecteurs sur le tube support ?
- c) où acheter des fixations simples, fixes ou orientables ?
- d) Comment rendre étanche le raccordement au dipôle ?

Le résultat en était beaucoup de tâtonnements, de recherches, d'achats parfois onéreux d'un matériel plus ou moins adapté, provoquant un énorme travail d'atelier pour un résultat médiocre.

Pour pallier ces inconvénients, on a donc été amené à concevoir une antenne en « kit », facile à réaliser et présentant de larges possibilités d'utilisation.

A la lecture des différents « Courriers des lecteurs », des revues techniques, au cours des visites qui ont été faites à des Techniciens, des amateurs, des commerçants, des installateurs, une certaine ligne de condui-

te a été définie, non seulement basée et fondée exclusivement sur des techniques de laboratoire, mais par un ensemble de souhaits, de désirs et de conseils pratiques émanant des utilisateurs aussi bien que des chercheurs.

Le choix des matériaux a donc été le premier souci des réalisateurs, et les matières premières destinées à la fabrication des antennes « kit », ont été choisies pour leurs qualités, tant au point de vue physique, (tenue mécanique) que chimique (tenue aux agents atmosphériques).

Le Duralinox a été choisi pour les tubes et barres rondes.

Toutes les pièces de fixation des éléments (clips) sont également réalisées à partir de produits à base d'aluminium. Seule la boulonnerie est en acier ayant subi un traitement de surface poussé pour éviter toute corrosion intempestive.

LES PIÈCES DÉTACHÉES

Les éléments: (directeurs, réflecteurs)

Le principal et nécessaire avantage d'une antenne « kit » est que l'utilisateur n'ait à percer **aucun trou**. Il était en effet impensable qu'amateurs ou professionnels transforment leur domicile ou leur local de montage et dépannage, en un atelier de mécanique générale.

Le fait de fournir des tubes percés à l'avance et à des distances précises et intangibles supprimait ipso facto tous les avantages que présente l'antenne « Kit ». C'est pourquoi tous les éléments doivent pouvoir coulisser et même s'orienter sur le tube support et être placés à un endroit déterminé pour procéder aux essais; ils peuvent ainsi à nouveau être déplacés et fixés définitivement sur la position qui donne le meilleur rendement.

Les éléments sont fixés sur la bague coulissante par

l'intermédiaire d'un « clips », lui même orientable pour un transport éventuel.

Le Clips - Réalisé à partir d'une bande en alliage d'aluminium ressort.

Les fixations - Orientables ou non destinées à maintenir l'antenne proprement dite au tube porteur. Elles sont réalisées en fonte d'aluminium.

Les manchons - Permettent à partir de petites longueurs de tubes, facilement transportables, d'accoupler ceux-ci entre eux pour obtenir une grande antenne tout en lui conservant une bonne tenue mécanique dans le temps.

Les raccords en T - Facilitent la pose éventuelle de réflecteurs double ou triple en forme de digone ou trigone.

Les manchons et les raccords en T sont également en fonte d'aluminium.

LA FABRICATION

Les tubes - Reçus par longueur de six mètres, sont coupés à dimension à l'aide de tronçonneuses à fraises circulaires, rapides ou lentes suivant le matériau.

Les tubes ainsi coupés sont percés à 30 mm des deux extrémités, d'un trou de 6 mm pour fixer leur prolongement à l'aide des manchons; cet usinage est obtenu à l'aide d'une poinçonneuse qui détermine elle-même la distance requise.

Les éléments - A partir du feuillard, il est découpé un « flanc » qui représente la surface totale exigée; il est obtenu par une machine appelée « Guillotine ».

A l'aide d'une presse de 30 tonnes le « flanc » ainsi obtenu est découpé et percé d'un coup, puis il repasse à nouveau sous la presse pour être cambré et plié; il est ainsi formé définitivement.

Les différents outillages de découpe et de cambrage ont nécessité un usinage précis, réalisé par des spécialistes; ces machines sont d'ailleurs d'un prix de revient élevé que seules les grandes séries peuvent amortir.

Les fixations et divers raccords - A partir d'un modèle fait « à la main » en bois ou tout autre matériau, les premiers prototypes sont réalisés « au sable », procédé de fonderie dans lequel le modèle est incrusté dans un sable spécial, puis enlevé; l'empreinte du modèle est alors rempli d'aluminium en fusion pour obtenir la pièce prototype qui subira tous les essais de résistance mécanique.

Après ces différents essais, une « coquille » est usinée: c'est un moule en acier qui représente en « creux » la pièce que l'on veut obtenir, c'est-à-dire une empreinte; plusieurs empreintes peuvent être prévues, dans le moule. Ce travail requiert beaucoup d'habileté, la fraiseuse, le tour et de petits outils à main sont utilisés par le spécialiste qui réalise cette véritable oeuvre d'art.

L'aluminium est alors fondu dans un creuset, chauffé par un brûleur à mazout. Une fois en fusion, il est alors versé dans un orifice situé en haut du moule et pénètre à l'intérieur de la coquille par un conduit et remplit ainsi les différents creux usinés à l'image du prototype; une fois refroidi, le moule est ouvert et une ou plusieurs pièces en fonte d'aluminium sont ainsi, après ébarbage, disponibles et mises en stock et le cycle recommence.

ONDOCALCUL

Afin de déterminer rapidement la longueur et l'écartement entre éléments, cette règle vous donne tous les paramètres techniques de votre antenne par simple affichage d'un canal ou d'une fréquence connue.

Théoriquement votre antenne sera dégrossie. A vous de faire une antenne parfaite adaptée au lieu de votre réception. Car bien entendu, chaque récepteur pose en quelque sorte son problème particulier, notamment par sa position géographique, c'est-à-dire par son éloignement de l'émetteur, le relief et les obstacles sur le parcours des ondes, ces derniers pouvant facilement provoquer de mauvaises réceptions et des échos. Et vous aurez ainsi une antenne sur mesure.

« **RADIO et TV: Arts et techniques** », seule revue technique consacrée exclusivement aux matériels « Grand public » en radio et en télévision, est particulièrement adaptée aux lecteurs de « Votre Carrière » pour compléter leur initiation dans ce domaine. Tarif d'abonnement spécial sur envoi de ce bon:

Je soussigné, _____
Adresse, _____

Lecteur de « *Votre Carrière* », souscris un abonnement de 1 an à « *Radio et TV - Arts et techniques* » à partir du numéro de _____
au prix spécial de 19 F. (11 numéros) versement au CCP - Paris 53-35

(Signature)

Sommaire de « Radio et TV »

numéro de novembre 1965

Un arrêté attendu. - Convertisseur de normes. - Le téléviseur Blaupunkt « Courchevel ». - Au deuxième Salon International de la Radio et de la Télévision. Les téléviseurs français. - Cascode en FI, nouveau rotacteur. - Application des diodes Zener en audio fréquence et à applications diverses. - Récepteur transistorisé universel. - Le « T 1 000 » de Braun. - Animaux cybernétiques.

LES ANTENNES

L'antenne constitue un type particulier de circuit électrique qui sert à rayonner dans l'espace, ou à recevoir de l'espace, l'énergie électromagnétique. Dans le premier cas il s'agit d'une antenne émettrice que l'on relie à la sortie d'un émetteur pour rayonner dans l'espace libre le signal H.F. engendré; dans le second cas, il s'agit d'une antenne réceptrice, qui capte les ondes électromagnétiques.

Qu'il s'agisse d'une antenne d'émission ou d'une antenne de réception, le principe de fonctionnement est le même. C'est pour cette raison que lorsque nous considérons les antennes d'émission, les résultats que nous obtiendrons s'appliqueront pleinement aux antennes de réception. Non seulement le principe de fonctionnement est le même pour les deux types d'antennes, mais la structure l'est également.

C'est ce que l'on nomme « le principe de réciprocité » des antennes. Malgré cela, dans la pratique, les antennes émettrices et les antennes réceptrices sont réalisées différemment pour les raisons suivantes: tout d'abord, les antennes d'émission doivent être construites de façon à pouvoir supporter des courants et des tensions considérables, puisque c'est à elles qu'on applique toute la puissance fournie par l'émetteur; les antennes de réception, par contre, sont parcourues seulement par des signaux faibles dont l'amplitude est fonction de l'intensité du champ électromagnétique qui règne à l'endroit considéré. En second lieu, les émetteurs fonctionnent d'habitude sur une seule fréquence bien déterminée et, par conséquent, les dimensions des antennes émettrices sont calculées de façon à ce que l'on obtienne le rendement maximum, sur cette fréquence. Les récepteurs, au contraire, doivent être capables de recevoir des émissions comprises dans une vaste bande de fréquence déterminée, mais de façon à fournir un bon rendement sur la bande entière.

GENERALITES

Examinons maintenant les différences principales qui existent entre les antennes et les autres circuits électriques. Lorsqu'un circuit est parcouru par un courant à haute fréquence, une partie de l'énergie est utilisée et l'autre partie est dissipée sous forme de chaleur. Cela se passe dans les circuits oscillants que l'on rencontre dans les récepteurs et dans les émetteurs.

Lorsque les dimensions géométriques du circuit sont appréciables (devant la longueur d'onde) il existe une cause supplémentaire de dissipation d'énergie, due au

fait qu'une partie de la dite énergie est rayonnée dans l'espace, sous forme d'ondes électromagnétiques. Les circuits étudiés et réalisés de façon à ce que l'énergie qui leur est fournie soit complètement rayonnée (ou presque) dans l'espace, sont les antennes d'émission.

L'intensité du champ électromagnétique rayonné par un segment de fil conducteur parcouru par un courant à haute fréquence, dépend de la longueur du fil et de l'intensité du courant. A dimensions égales de l'antenne, le rayonnement est maximum pour un courant maximum; par conséquent, il est souhaitable qu'à égalité de puissance délivrée à l'antenne, la valeur du courant soit autant que possible élevée.

Nous savons déjà que dans un circuit offrant une résistance et une réactance à un signal de haute fréquence, le courant maximum est obtenu lorsque le circuit est accordé sur la fréquence du signal, c'est-à-dire, lorsqu'il est en résonance. En effet, dans ces conditions, les réactances capacitive et inductive sont égales et, comme elles sont opposées, s'annulent; le courant est réduit à sa composante résistive. Cela est vrai dans le cas des circuits à constantes localisées, c'est-à-dire dans les circuits accordés classiques, où l'inductance est concentrée dans un élément unique (la bobine) et la capacité dans un autre, différent du premier (le condensateur). L'antenne est, au contraire, un circuit à constantes réparties uniformément tout le long du conducteur. Par conséquent, dans le cas d'une antenne, il n'est pas étonnant que les conditions de résonance sur une fréquence déterminée puissent être obtenues par une modification de la longueur étant donné qu'à une telle modification correspondent des changements de la valeur de l'inductance et de la capacité.

La résonance. - On trouve expérimentalement que les conditions de rayonnement maximum subsistent lorsque la longueur de l'antenne est égale à une demi-longueur d'onde du signal, ou bien à un multiple de cette valeur. On peut aussi arriver à la même conclusion par une voie tout à fait théorique, mais au prix de calculs compliqués.

Le rayonnement maximum qui correspond aux conditions de résonance, est accompagné d'ondes stationnaires, de tension et de courant, qui s'établissent dans le conducteur. Nous allons maintenant illustrer l'idée d'onde stationnaire. La figure 1 représente un récipient contenant de l'eau, où une tige reliée à un moteur dont la vitesse est réglable à volonté, se meut

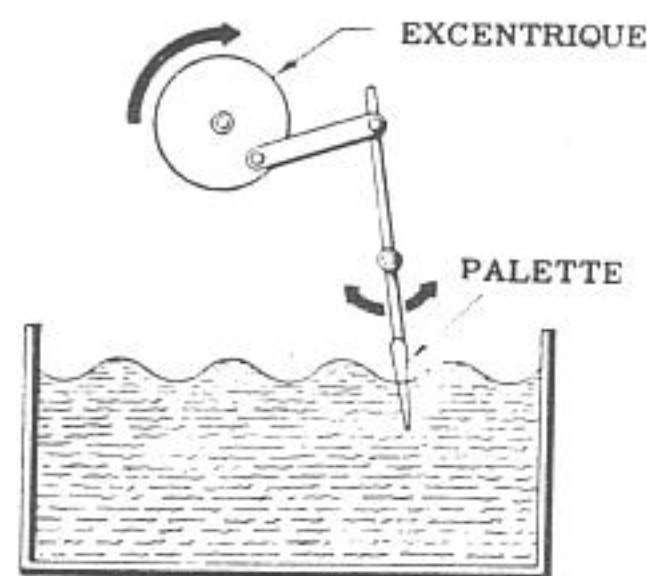


Fig. 1 - Formation d'ondes stationnaires dans l'eau contenue dans un récipient, au moyen d'une tige actionnée par un excentrique. En donnant à la tige une vitesse convenable, les oscillations coïncident avec les ondes de retour: la surface semble alors immobile, bien qu'elle soit ondulée.

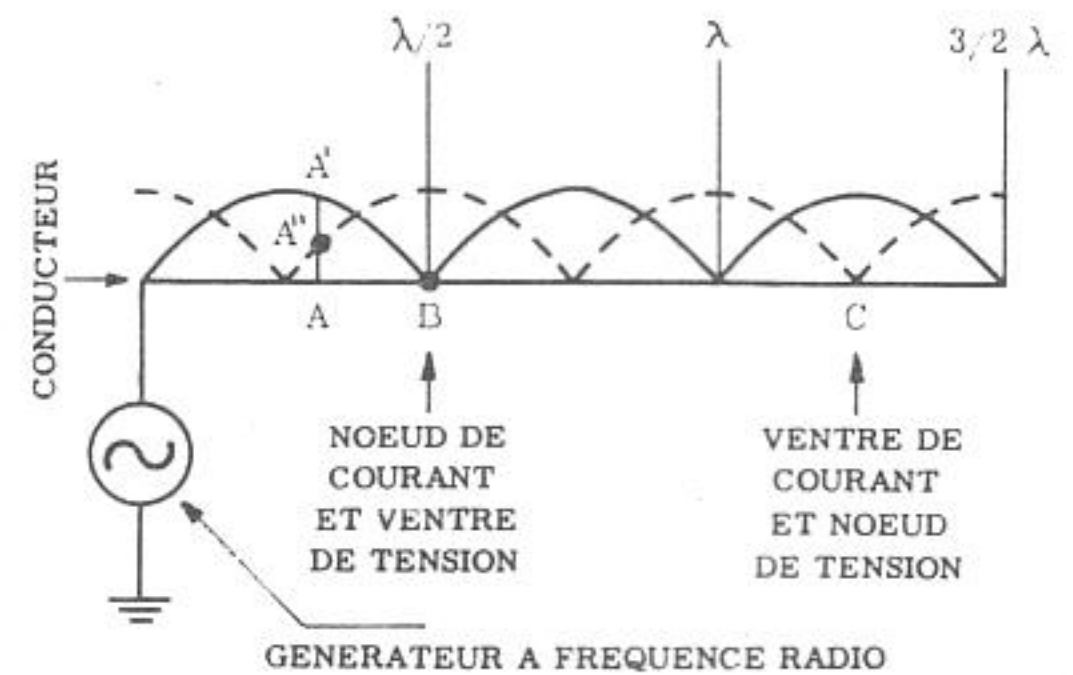


Fig. 2 - Répartition de la tension (en pointillé), et du courant (en trait continu), dans un conducteur résonnant ayant une borne reliée au générateur et d'autre borne libre. La longueur est égale à $3\lambda/2$.

en avant et en arrière. Le mouvement de la tige détermine des rides sur la surface de l'eau (ondes), qui se propagent vers les bords du récipient avec une vitesse bien définie. Les ondes atteignent les bords, et, en heurtant la paroi du récipient, sont réfléchies.

Les ondes réfléchies s'approchent du point central et, si la tige est bien centrée par rapport au récipient, elles l'atteignent au même instant et en opposition de phase avec les ondes directes. En général, le mouvement de la tige n'est pas en phase avec celui des ondes de retour, et la surface de l'eau prend une allure agitée, sans aucune caractéristique particulière. Si on choisit, au contraire, une vitesse convenable de la tige, on peut faire en sorte que le mouvement des ondes engendrées puisse coïncider avec celui des ondes de retour: c'est alors que des ondes stationnaires se produisent et restent toujours dans la même position. La surface de l'eau prend alors un aspect bien déterminé, invariable dans le temps; on dit que le récipient est en résonance avec la fréquence de la tige.

On a constaté expérimentalement que la plus petite dimension que le récipient doit avoir, pour que des ondes stationnaires puissent y prendre naissance, est égale à une demi-longueur d'onde; dans ce cas, la surface de l'eau prend, une allure identique à celle de la moitié d'une onde, positive ou négative. Ainsi la plus petite longueur qu'un conducteur doit avoir, afin que des ondes électriques stationnaires puissent y prendre naissance, c'est-à-dire afin qu'il puisse entrer en résonance avec la fréquence du signal appliquée, est égale à une demi-longueur d'onde du signal.

Répartition des courants et des tensions. - Examinons la manière dont les tensions et les courants se propagent dans un conducteur à l'une des extrémités duquel est appliqué un générateur de signaux sinusoïdaux à haute fréquence, l'autre extrémité du conducteur étant libre (ligne ouverte). Si le fil est infiniment long, des ondes sinusoïdales de tension et de courant se propagent tout le long de ce dernier, à partir de l'extrémité reliée au générateur. La vitesse de ces ondes est considérable, presque égale à la vitesse de la lumière et, en tenant compte des pertes iné-

vitables, après un parcours plus ou moins long, les ondes s'atténuent toujours de plus en plus, jusqu'à s'an-nuler. Ce sont des **ondes progressives**.

Si le conducteur possède, au contraire, une longueur finie, les ondes « heurtent » l'extrémité libre et sont réfléchies par cette dernière; les ondes réfléchies se propagent de l'extrémité libre du conducteur vers le générateur. Si le conducteur possède une longueur arbitraire, il n'est pas facile de déterminer la répartition des tensions et des courants. Si, au contraire, la longueur est un multiple de $\lambda/2$ (c'est-à-dire de la demi longueur d'onde), il se produit des **ondes stationnaires** dues à l'interférence de l'onde directe et de l'onde réfléchie qui parcourent le conducteur en sens inverse. En conséquence, la répartition des courants et des tensions est conforme à celle indiquée par la **figure 2**. La courbe du courant est celle en trait plein et la courbe de la tension, celle en trait pointillé.

Considérons le segment A-A': il représente la valeur efficace du courant à haute fréquence existant au point A, choisi par hasard le long du conducteur. De la même façon, le segment A-A' représente la valeur efficace de la tension à haute fréquence existant au point A.

En examinant la figure, on peut noter la présence de certains points où l'amplitude des oscillations est nulle. Ces points sont appelés des **noeuds**. Par exemple, le point B est un **noeud de courant**, et le point C est un **noeud de tension**. D'une manière analogue, il y a des points où l'amplitude des oscillations est maximum et ces points sont appelés des **ventres**.

Il est important de remarquer que là où la tension est maximale, le courant est nul; donc, à un ventre de tension correspond un noeud de courant et inversement. La distance d'un ventre à un noeud est égale à $\lambda/4$. Par exemple, au point B la tension est maximum et le courant est nul tandis qu'au point C le courant est maximum et la tension est nulle. On peut affirmer, par conséquent, que les ondes stationnaires de tension et de courant sont déphasées entre elles de 90° dans le temps et dans l'espace, le long de la ligne. On comprend ainsi que c'est l'extrémité de la ligne qui détermine l'intensité du courant en ce point. Comme la

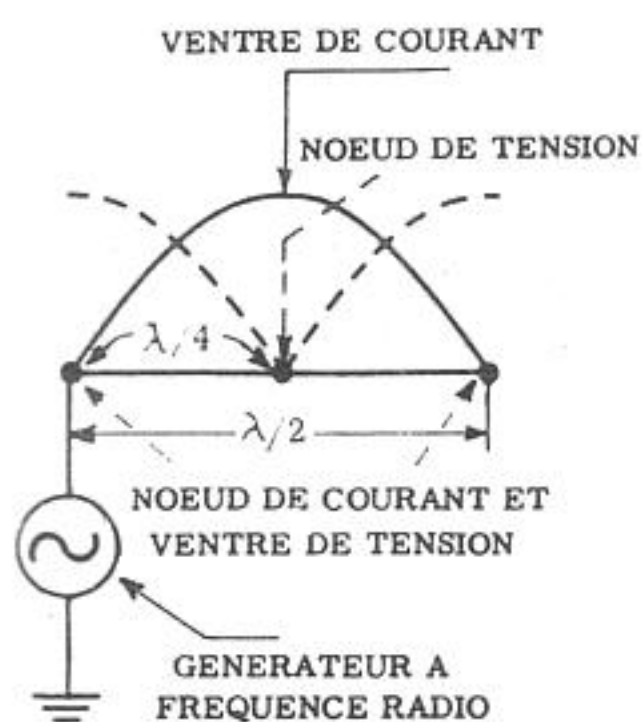


Fig. 3 - Un cas semblable au précédent, avec la seule différence que la longueur du conducteur est égale à $\lambda/2$. Dans ce cas aussi, on est en présence d'ondes stationnaires.

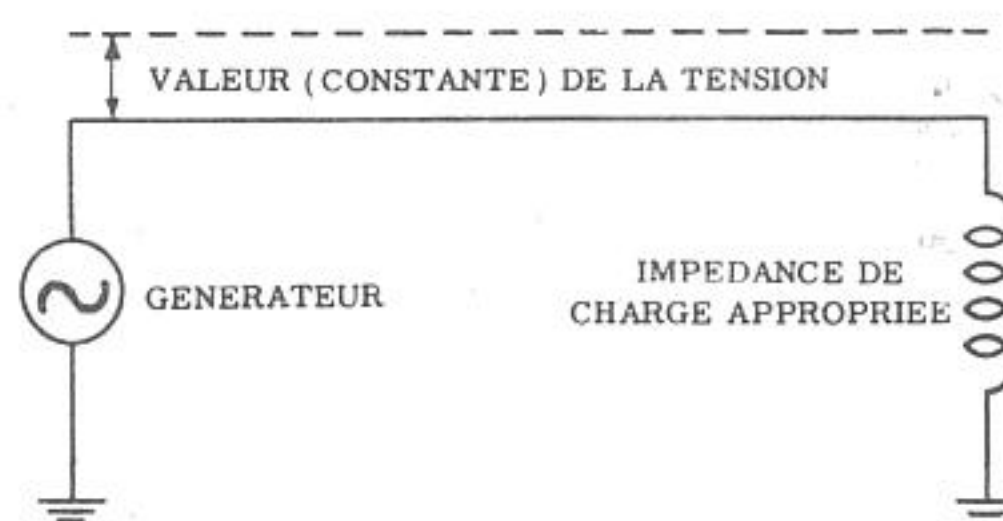


Fig. 4 - En fermant la ligne sur une impédance de charge égale à son impédance caractéristique on n'a plus aucune réflexion le long du conducteur, donc, plus d'ondes stationnaires. La tension est alors constante en chaque point.

ligne est ouverte, on obtiendra un ventre de tension, donc un noeud de courant à l'extrémité libre.

La figure 3 représente le cas où la longueur du conducteur est égale à une demi-longueur d'onde; on a deux noeuds de courant et deux ventres de tension aux extrémités et un ventre de courant et un noeud de tension au point central. Sur cette figure on peut remarquer que les noeuds, les ventres de courant et de tension sont séparés par une distance égale à $\lambda/2$ (demi-longueur d'onde) tandis que la distance entre un noeud et un ventre est égale à $\lambda/4$ (quart de longueur d'onde).

Considérons une mesure simple afin d'éclaircir le concept d'ondes stationnaires, qu'il est possible d'effectuer sur un conducteur dont l'une des extrémités est reliée à un générateur de signaux à haute fréquence et dont l'autre extrémité est ouverte. Supposons que l'on dispose d'un voltmètre pour hautes fréquences et que l'on effectue tout le long du conducteur une mesure de tension. En considérant une fois de plus le cas représenté par la figure 2, on obtient une valeur nulle au point C et à tous les autres points correspondant à des noeuds de tension. Par contre, on obtient une valeur maximum au point B et à tous les autres points qui correspondent à des ventres de tension.

Taux d'ondes stationnaires (T.O.S.). - Dans le cas précédent, le conducteur a été supposé ouvert à une extrémité. Supposons maintenant que le conducteur soit de longueur infinie ou bien qu'il soit fermé sur son impédance caractéristique. Dans ces conditions on n'a aucune réflexion, donc pas d'ondes stationnaires. En effet, dans le cas d'une ligne infinie, les ondes de tension et de courant ne rencontrent jamais une extrémité qui puisse les réfléchir; dans le cas où la ligne est fermée sur son impédance caractéristique, toute l'énergie est absorbée par la charge. Le premier cas est purement théorique puisqu'on ne peut jamais avoir un conducteur de longueur infinie, tandis que le second se rencontre très fréquemment en pratique. La figure 4 en donne un exemple.

Si nous répétons l'expérience du paragraphe précédent et si nous mesurons la tension alternative présente en tous les points du conducteur, nous constatons

qu'une telle tension est constante. Cela est compréhensible si l'on songe que les ondes, n'étant pas réfléchies, circulent librement dans le conducteur. Par conséquent on n'a aucune formation d'ondes stationnaires, **pour laquelle il est indispensable qu'on ait un phénomène de réflexion.**

En résumé, lorsque la réflexion est totale, la valeur efficace de la tension alternative varie entre une valeur maximum et zéro, comme l'indique la figure 2; lorsque la réflexion est au contraire nulle, la valeur efficace de la tension alternative est toujours constante (cas de la figure 4). De plus, on peut montrer que dans le cas d'une réflexion totale, la valeur de la tension correspondant à un ventre est égale ou double de la valeur de la tension en l'absence de réflexion.

Voyons maintenant ce qui se passe dans les cas intermédiaires entre les deux cas extrêmes que nous venons de considérer, c'est-à-dire lorsque la réflexion est partielle.

La condition de réflexion partielle est réalisée, en pratique, lorsque le circuit est fermé sur une impédance qui diffère beaucoup ou peu de l'impédance caractéristique de la ligne. On obtient alors, une réflexion importante (se rapprochant de la réflexion totale) ou faible (se rapprochant de la réflexion nulle).

La figure 5-A correspond à une réflexion très élevée, mais incomplète. Par rapport à la réflexion totale, on note une tension maximum plus petite et une tension minimum différente de zéro. La figure 5-B illustre un cas similaire, mais qui correspond à une réflexion très inférieure. Dans ce dernier cas, on se rapproche des conditions de la réflexion nulle, étant donné que la valeur efficace de la tension est presque constante.

Autrement dit, plus l'impédance de charge de la ligne est différente de l'impédance caractéristique, plus l'ondulation des ondes stationnaires est accentuée et réciproquement. Nous avons seulement représenté deux cas intermédiaires, mais, en réalité, le passage de la condition de réflexion totale à celle de réflexion nulle se fait graduellement. Le **taux d'ondes stationnaires**, appelé aussi T.O.S., nous indique dans quelle mesure une onde qui circule dans un conducteur est réfléchie.

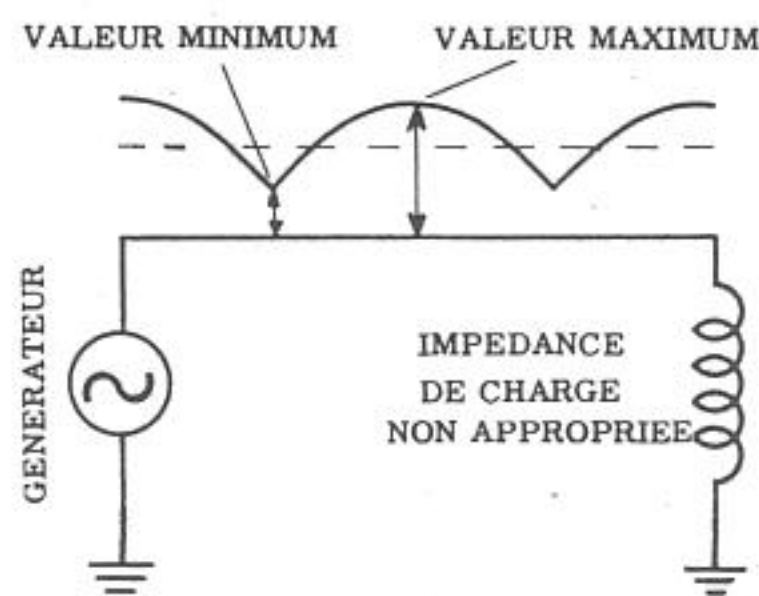


Fig. 5 A - Si l'impédance de charge diffère beaucoup de l'impédance caractéristique de la ligne, on obtient une réflexion importante, mais incomplète.

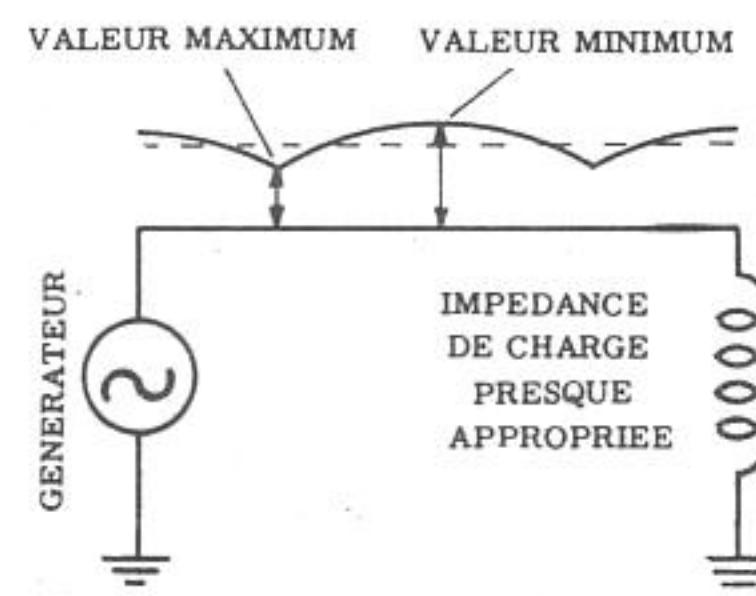


Fig. 5 B - Avec une valeur d'impédance voisine de l'impédance caractéristique, on a une réflexion encore plus petite et la valeur efficace de la tension tend à devenir constante (le T.O.S. s'approche de 1).

Il est défini comme étant le rapport entre la valeur maximum et la valeur minimum atteintes par la tension le long du conducteur:

$$S = \frac{V \text{ max.}}{V \text{ min.}}$$

On peut encore écrire:

$$S = \frac{Z_c}{Z_r} \quad (\text{avec } Z_r < Z_c)$$

et

$$S = \frac{Z_r}{Z_c} \quad (\text{avec } Z_r > Z_c)$$

Z_c et Z_r étant respectivement l'impédance caractéristique de la ligne et l'impédance du récepteur qui charge la ligne.

Dans le cas d'une ligne ouverte à l'une de ses extrémités, Z_r est infinie et, puisque $Z_r \gg Z_c$, on a:

$$S = \frac{Z_r}{Z_c} = \text{l'infini}$$

$V \text{ min.}$ est nulle: la **réflexion est totale**.

De même, dans le cas d'une ligne en court-circuit à l'une de ses extrémités, $Z_r = 0$ et, puisque $Z_r \ll Z_c$, on a:

$$S = \frac{Z_c}{Z_r} = \text{l'infini}$$

$V \text{ min.}$ est encore nulle: la **réflexion est encore totale**.

Si la ligne est fermée sur son impédance caractéristique, $Z_r = Z_c$ et $S = 1$.

$V \text{ min.} = V \text{ max.} = \text{constante}$: la **réflexion est nulle**. On a des **ondes progressives**.

Dans tous les autres cas, le TOS a des valeurs intermédiaires entre 1 et l'infini. Par exemple, si $Z_r = 3 Z_c$:

$$S = \frac{Z_r}{Z_c} = \frac{3 Z_c}{Z_c} = 3$$

Dans ce cas, la tension correspondant à un ventre a pour valeur:

$$V \text{ max.} = 1,5 V_r$$

et la tension correspondant à un noeud:

$$V \text{ min.} = 0,5 V_r$$

V_r étant la tension aux bornes du récepteur en l'absence de réflexion ($Z_r = Z_c$).

D'après ces considérations, on peut affirmer que les conditions de résonance parfaite sont atteintes lorsque le T.O.S. est infini. Donc, dans le cas des antennes, il est intéressant de pouvoir obtenir une telle valeur. Dans les lignes destinées simplement à transmettre de l'énergie électromagnétique d'un circuit dans un autre, il est, au contraire, souhaitable que la réflexion soit nulle (T.O.S. = 1), afin d'utiliser toute l'énergie disponible.

Longueur d'une antenne. - Tout ce que nous venons de dire concernant la longueur que doit avoir un conducteur pour entrer en résonance avec un signal d'une fréquence donnée n'est qu'approximatif.

Alors que la fréquence d'un signal est constante, sa longueur d'onde est une grandeur variable qui dépend de la vitesse de propagation. Celle-ci, à son tour, dépend du milieu dans lequel les ondes se propagent et, dans le cas de matériaux non ferromagnétiques, on peut la calculer au moyen de la formule suivante

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$$

où c est la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide (ou, à peu près, dans l'air) et ϵ est la permittivité ou constante diélectrique du milieu. Etant donné que ϵ est, dans un milieu matériel, toujours supérieur à $\epsilon_0 = 8,8510^{-12}$ (dans le système MKSA) il s'ensuit que la **vitesse des ondes électromagnétiques dans ce milieu est toujours plus petite que dans l'air**. D'autre part, la longueur d'onde d'un signal alternatif dépend de sa vitesse de propagation selon l'expression bien connue:

$$\lambda = \frac{v}{F}$$

où F est la fréquence du signal. On peut donc dire que dans un conducteur, la vitesse de propagation est infé-

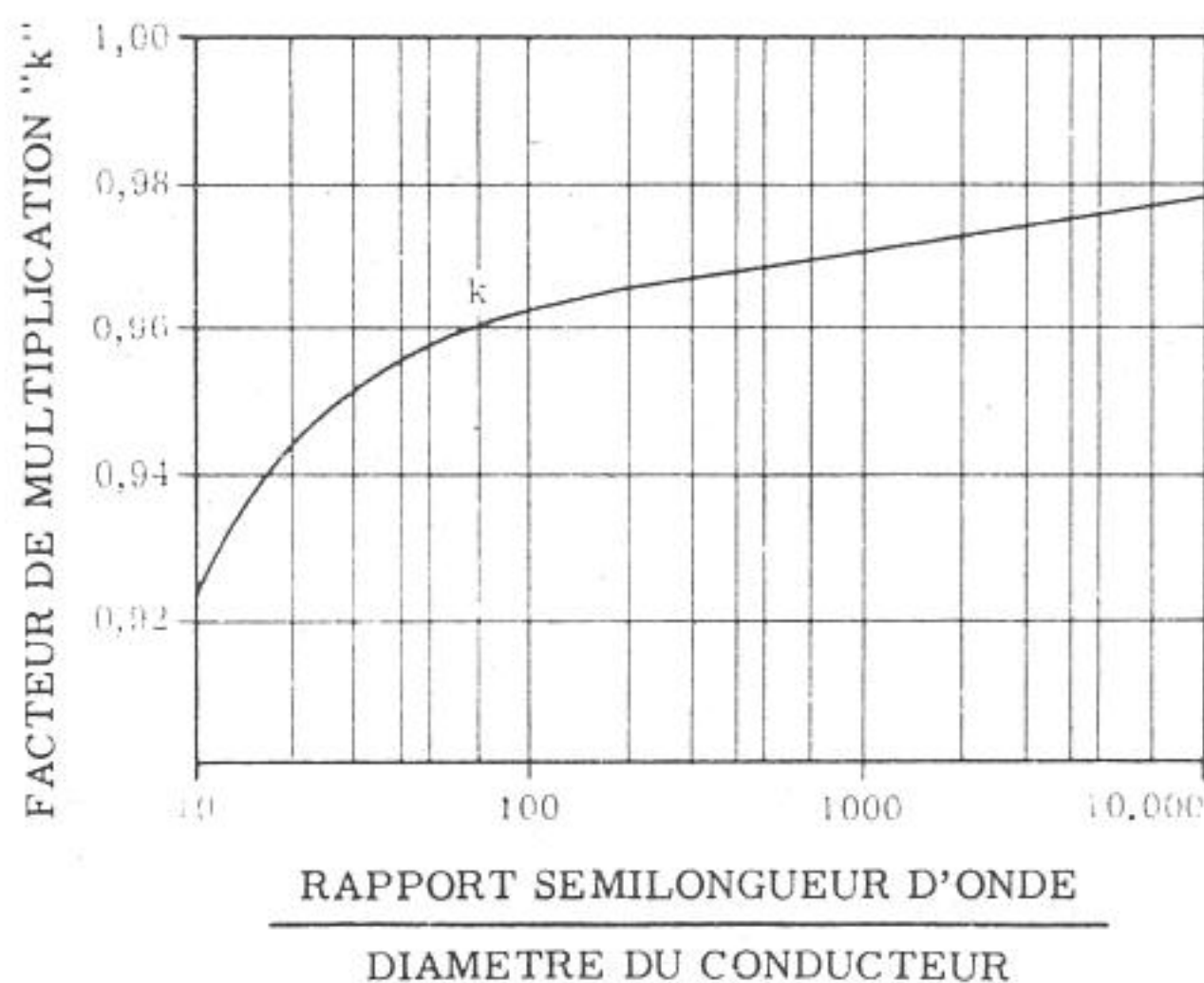


Fig. 6 - Calcul de la longueur d'une antenne en fonction du diamètre du conducteur. Pour chaque rapport entre $\lambda/2$ et le diamètre du conducteur, il existe une valeur de k au moyen de laquelle on calcule la longueur effective.

rieure à celle que l'on mesure dans l'air et donc il en est de même de la longueur d'onde. Dans un diélectrique la vitesse descend encore plus et, avec elle, la longueur d'onde.

Puisque la vitesse de propagation que l'on considère habituellement est celle du vide, il en résulte qu'une antenne demi-onde doit être, en réalité, **un peu plus courte que ne l'indique le calcul**. Il existe encore d'autres phénomènes de nature complexe, qui contribuent à modifier la vitesse de propagation des ondes et, par conséquent, la longueur que doit avoir une antenne.

Il faut principalement tenir compte du diamètre du conducteur comme on le voit sur la **figure 6**. Pour chaque rapport entre la demi-longueur d'onde dans le vide et le diamètre du conducteur qui constitue l'antenne, on lit sur l'axe des ordonnées, la valeur du coefficient k . Pour obtenir la longueur d'une antenne demi-onde, il suffit de multiplier la valeur de la longueur que l'antenne devrait avoir en considérant la vitesse de propagation de l'onde égale à celle de la lumière, par le coefficient k .

La valeur de k est toujours inférieure à 1; en effet la longueur est toujours légèrement plus petite que celle calculée. De plus, k diminue avec le rapport entre la demi-longueur d'onde et le diamètre du conducteur.

Cela indique que plus le diamètre du conducteur constituant l'antenne est grand, plus petite doit être la longueur du conducteur lui-même pour obtenir les conditions de résonance.

CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES des ANTENNES

Etant donné que l'antenne est un circuit électrique circuit oscillant ouvert, pour connaître et pour contrôler son fonctionnement, il faut tenir compte, en plus de la longueur et du diamètre du conducteur, de quelques grandeurs électriques, parmi lesquelles nous citerons en premier lieu: l'impédance, la réactance, la résistance de rayonnement et la résistance ohmique. Quelques unes de ces grandeurs sont semblables à celles des circuits accordés à constantes localisées, tandis que d'autres requièrent des définitions particulières et sont exclusivement caractéristiques des antennes.

Impédance. - Considérons une antenne du type représenté par la **figure 7**. Il s'agit d'une antenne appelée **dipôle**, constituée par un conducteur interrompu en son milieu; aux deux bornes ainsi obtenues est relié un générateur de signaux à haute fréquence.

Un tel générateur fournit à l'antenne une tension alternative qui donne naissance à un courant correspondant. Dans les circuits électriques à constantes localisées, la valeur efficace du courant est constante en tous les points du conducteur; dans une antenne, au contraire, des ondes stationnaires se produisent pendant la résonance et en dehors de la résonance la répartition des courants et des tensions n'est pas non plus constante tout le long du conducteur. Du reste, cette variation des grandeurs électriques d'un point à un autre est essentielle pour un bon rayonnement des ondes.

L'impédance d'un circuit parcouru par un courant alternatif est définie comme étant le rapport entre la tension présente à ses bornes et le courant qui le traverse. Pour les antennes, cette définition n'est pas valable, puisque la valeur efficace du courant et de la tension n'est pas constante en tous les points du circuit.

Au contraire, il est possible de définir correctement l'impédance en chaque point du conducteur qui constitue l'antenne, comme étant le rapport entre la tension et le courant au point considéré. L'impédance d'une antenne est par conséquent variable d'un point à l'autre et, pendant la résonance (réflexion totale), elle s'annule aux noeuds de tension et elle devient infinie aux noeuds de courant. Aux points intermédiaires elle a des valeurs intermédiaires.

Lorsqu'une antenne rayonne des ondes électromagnétiques, elle absorbe de la puissance, ce qui signifie que le courant et la tension qui correspondent à un noeud ne sont pas nuls, mais ont une valeur minimale. Il en résulte que l'impédance varie en pratique, d'une valeur minimum (aux noeuds de tension) à une valeur maximum (aux noeuds de courant).

Impédance à la base. - L'impédance à la base est celle que l'antenne oppose au générateur qui l'excite, c'est-à-dire, généralement, la ligne, ou le réseau d'adapt-

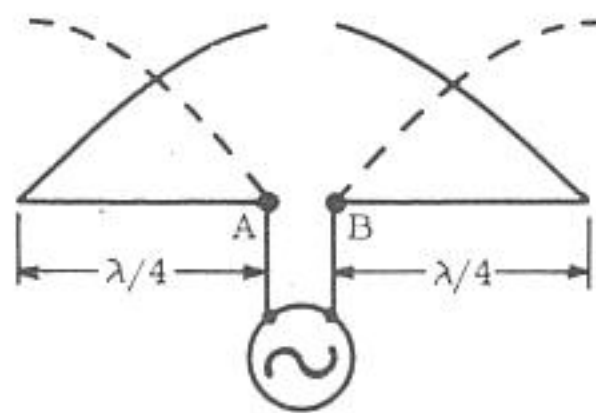


Fig. 7 - Principe du dipôle. Il s'agit d'un conducteur interrompu au centre: les deux bornes déterminées par la coupure correspondent aux bornes reliées à la sortie du générateur de signaux à haute fréquence. La figure représente aussi la distribution du courant (courbe en trait plein) et de la tension (courbe en pointillé).

tation à cette ligne reliant l'émetteur (ou récepteur) à l'antenne.

Le calcul de cette impédance est très complexe et, en vue de l'adaptation de l'antenne dans une bande de fréquences, il doit être fait pour de nombreuses valeurs de la longueur d'onde. Il est donc souvent plus commode, plus rapide et également plus précis de la relever expérimentalement.

Enfin, l'impédance à la base d'une antenne dépend des objets qui l'entourent.

Impédance et résonance. - Pendant la résonance, les variations de tension et de courant le long de l'antenne sont maximales et sont déphasées entre elles de 90°. L'impédance, qui est égale au rapport entre ces deux grandeurs, varie entre des limites plus étendues. En l'absence de résonance, les variations de tension, de courant et d'impédance, sont inférieures.

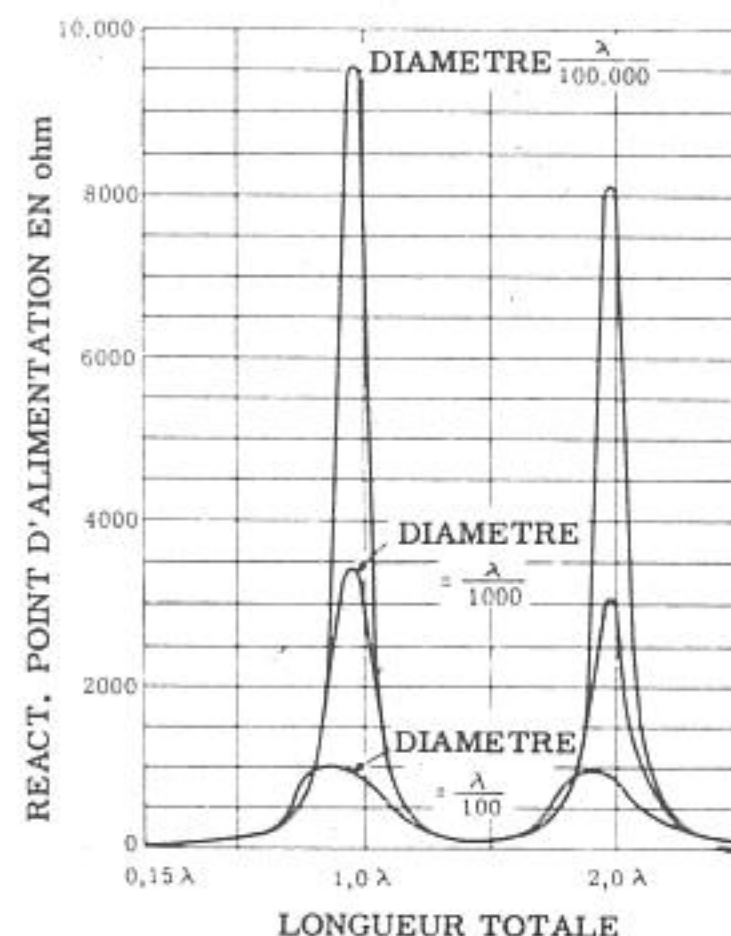
Tout ce que nous venons de dire est essentiel pour comprendre pourquoi, pendant la résonance, le rayonnement d'ondes électromagnétiques par l'antenne est maximum.

En général, lorsqu'un courant alternatif traverse un conducteur, il détermine dans l'espace environnant un champ électromagnétique alternatif. Ce champ n'arrive pas cependant à se propager dans l'espace, étant donné que l'énergie correspondante est périodiquement rayonnée et absorbée ensuite par le conducteur lui-même. Avec l'accroissement de la fréquence, la fraction de l'énergie absorbée par le conducteur diminue; il en résulte que la plus grande partie de l'énergie est rayonnée sous forme d'ondes électromagnétiques qui se propagent dans l'espace. On peut démontrer que ce procédé de rayonnement augmente notablement lorsque les grandeurs électriques du circuit varient d'une manière brusque.

D'autre part, nous avons vu qu'à la résonance, l'impédance, la tension et le courant varient entre des limites très étendues, tandis qu'en l'absence de résonance ces variations sont beaucoup plus faibles: on en déduit que, dans le premier cas, on a un rayonnement plus important.

Résistance de rayonnement et résistance propre. - Une antenne d'émission rayonne de l'énergie sous

Fig. 8 - Résistance de rayonnement d'une antenne en fonction de la longueur totale du conducteur. Les valeurs maximales de la résistance coïncident avec une longueur du conducteur égale à un multiple de λ (longueur d'onde).



formes d'ondes électromagnétiques qui se propagent à travers l'espace libre. On peut donc l'assimiler à une résistance. Comme le courant varie tout le long de l'antenne on considère la résistance de rayonnement à un ventre du courant. Si I_0 est la valeur correspondante de l'intensité du courant, P_r la puissance totale rayonnée par l'antenne a pour expression: $P_r = R_r I_0^2$. R_r est la **résistance de rayonnement** de l'antenne:

$$R_r = \frac{P_r}{I_0^2}$$

Cependant, une petite partie de la puissance fournie à l'antenne est dissipée sous forme de chaleur à l'intérieur de celle-ci: $P_d = R_o I^2_{eff}$

R_o étant la **résistance propre** de l'antenne:

$$R_o = \frac{P_d}{I^2_{eff}}$$

La résistance propre d'une antenne comporte: la résistance H.F. des conducteurs la constituant; la résistance de la prise de terre; la résistance due aux pertes de puissance provoquées par les courants induits dans les conducteurs voisins; la résistance représentée par un mauvais isolement. La résistance de la prise de terre est souvent, de beaucoup la plus grande.

La résistance de rayonnement d'un dipôle (ou doublet) est donnée par la relation:

$$R_r = 80 \pi^2 \cdot \frac{h_e^2}{\lambda^2}$$

h_e étant la **hauteur effective** de l'antenne, que nous définirons plus loin. R_r est (pour un dipôle) de 72 à 73 ohms. Pour une antenne reliée au sol, on a:

$$R_r = 160 \pi^2 \cdot \frac{h_e^2}{\lambda^2}$$

Dans le cas d'une antenne verticale vibrant en quart d'onde ($\lambda = 4/1$) $R_r = 40 \Omega$. En pratique, le sol n'étant pas parfaitement conducteur, on table sur 36 Ω .

Examinons le graphique de la figure 8. Il représente la résistance de rayonnement d'une antenne, en fonc-

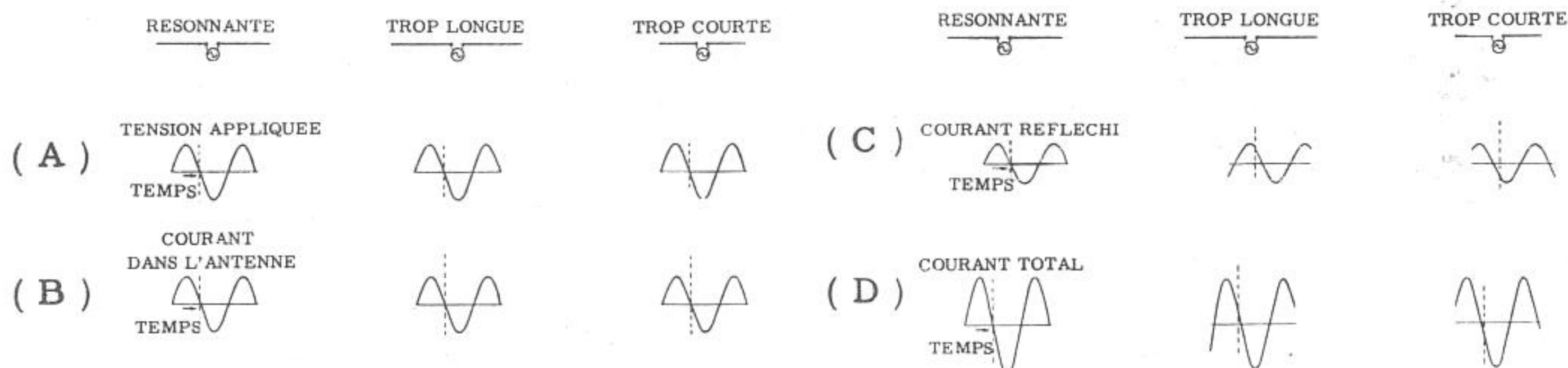


Fig. 9 - Allure de la tension et du courant (direct et réfléchi) dans une antenne (dipôle) à la résonance et en l'absence de résonance.

La tension et le courant direct (A et B) sont en phase entre eux; le courant réfléchi (C) se combine avec le courant direct, à l'entrée de l'antenne (D).

tion de sa longueur. Les crêtes correspondant à une résistance de rayonnement maximum sont obtenues pour chaque multiple entier de la longueur d'onde ou, plus précisément, pour des valeurs légèrement inférieures. Par conséquent, on pourrait penser que les meilleures conditions de rayonnement soient obtenues au moyen d'antennes qui correspondent à une longueur d'onde ou à un multiple de λ ; en fait, le rendement d'une antenne croît lorsqu'on augmente au maximum la résistance de rayonnement et lorsqu'on réduit au minimum la résistance propre. En pratique, on obtient, au contraire, de meilleurs résultats au moyen d'antennes demi-onde.

La raison d'une telle affirmation repose sur les bases suivantes:

- 1 - la puissance rayonnée n'est jamais, en pratique, proportionnelle à la résistance R_r . En fait, on définit le **rendement d'une antenne** comme étant le rapport:

$$\eta = \frac{R_r}{R_r + R_o}$$

dans laquelle R_r est la résistance de rayonnement, et R_o est la résistance propre de perte.

Comme R_o est toujours plutôt faible, c'est-à-dire de l'ordre de quelques ohms, même si R_r descend à environ 70 ohms, comme dans le cas des antennes demi-ondes, le rendement reste toujours bon.

- 2 - Le rayonnement est meilleur, à égalité de puissance, lorsque le courant est très élevé et la tension faible. La résistance de rayonnement R_r est donc un peu faible.

- 3 - Il faut tenir compte également de la réactance de l'antenne, en plus de R_r . La puissance effective rayonnée est maximale, les autres éléments étant constants, lorsque la réactance est nulle.

Hauteur effective. - Dans les gammes d'ondes de fréquence relativement basse, ($\lambda > 100$ m), on apprécie commodément la qualité d'une antenne de réception, au moyen d'une grandeur fondamentale = la **hauteur effective**.

Dans ces bandes de fréquences, l'énergie captée par l'antenne est proportionnelle au champ électrique existant au voisinage de l'antenne: $e = h_e E$ formule dans laquelle:

e = f.é.m. induite dans l'antenne, qui s'exprime généralement en microvolts;

h_e = hauteur effective de l'antenne, en mètres;

E = intensité du champ électrique, qui s'exprime généralement en microvolts par mètre.

Donc, la hauteur effective est, par définition, le quotient de la f.é.m. induite dans l'antenne, par l'intensité du champ électrique:

$$h_e = \frac{e}{E}$$

On démontre que la hauteur effective, quel que soit le type d'antenne, a pour expression:

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} \left(1 - \cos \frac{2\pi l}{\lambda}\right)$$

l étant la longueur de l'antenne.

Pour une antenne verticale vibrant en quart d'onde, on trouve facilement, en remplaçant, à l'intérieur du crochet, soit l par $\lambda/4$, soit $\lambda = 4l$:

$$h_e = \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{2l}{\pi}$$

Pour une antenne demi-onde, on trouve, de même:

$$h_e = \frac{\lambda}{\pi} = \frac{2l}{\pi}$$

En pratique, la hauteur effective varie de quelques dizaines de centimètres, pour les antennes de voiture ou d'intérieur, à quelques mètres, pour les antennes extérieures.

Réactance. - Considérons la figure 9 dans laquelle est représentée la valeur de la tension et du courant, direct et réfléchi, dans un dipôle, conjointement au courant total qui en résulte. Trois cas y sont représen-

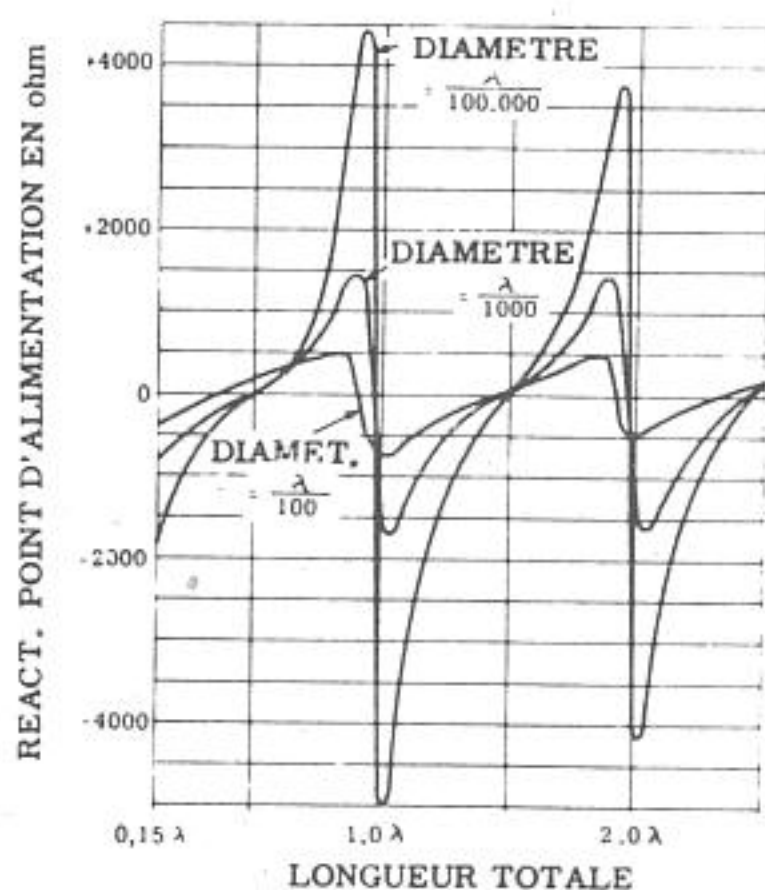


Fig. 10 - Variation de la réactance en fonction de la longueur de l'antenne. A la résonance la réactance est nulle. La figure représente trois courbes relatives à trois diamètres différents du conducteur.

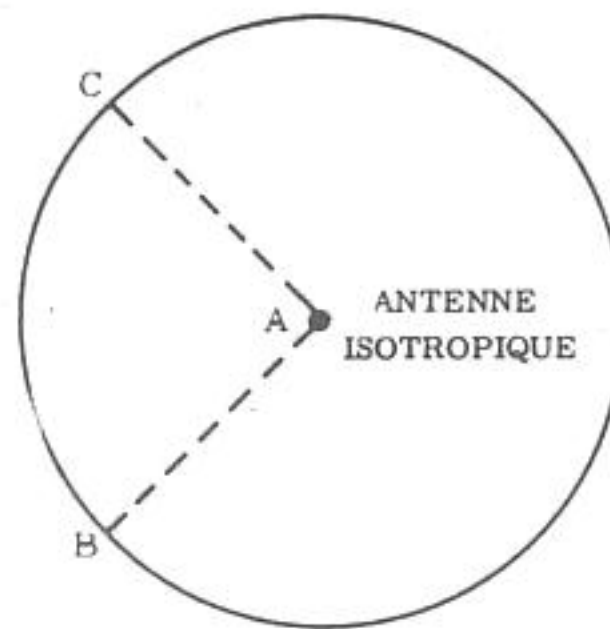


Fig. 11 - Le diagramme de rayonnement d'une antenne isotropique est une sphère dont nous voyons une coupe par un plan passant par le centre.

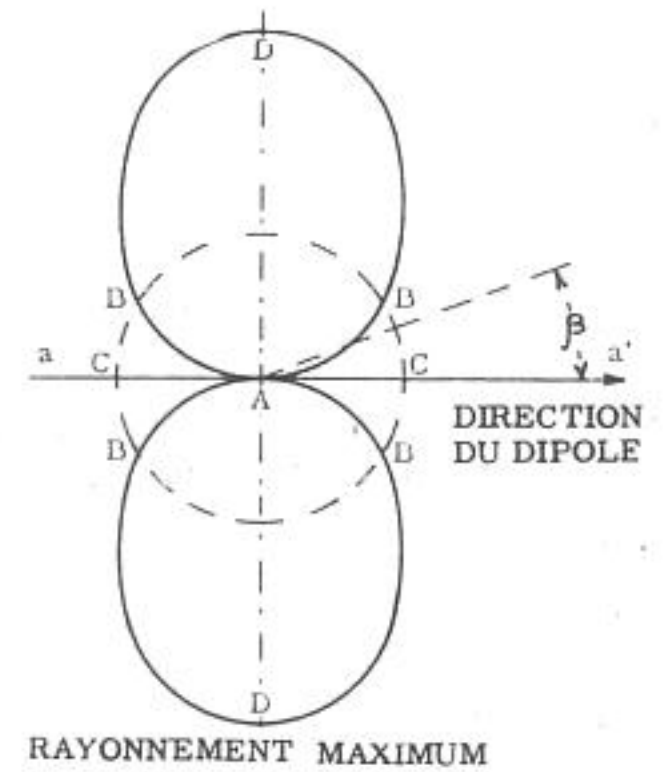


Fig. 12 - Diagramme de rayonnement d'un dipôle demi-onde ($\lambda/2$).

tés, à savoir: 1) à la résonance; 2) avec une antenne très longue; 3) avec une antenne très courte. Le courant total est, à la résonance, en phase avec la tension. Si l'antenne est très longue, le courant est déphasé en arrivée sur la tension d'un certain angle; on note la présence d'une réactance inductive dans le circuit. Dans le cas de l'antenne très courte c'est le courant qui est en avance sur la tension, exactement comme dans les condensateurs; par conséquent, l'antenne offre une certaine réactance capacitive.

Plus la réactance, inductive ou capacitive, est élevée par rapport à la résistance de rayonnement, plus la fraction d'énergie perdue l'est aussi; cette énergie, au lieu d'être rayonnée dans l'espace, est réfléchie vers le générateur. La puissance qui correspond à cette dernière énergie est dissipée à l'intérieur du générateur; souvent, des pannes sérieuses se produisent dans les étages finaux des émetteurs, justement parce que l'antenne ne se trouve pas en résonance.

Le rapport entre la réactance et la résistance R_r de rayonnement est aussi très important à l'égard de la puissance transformée en onde électromagnétiques. Considérons la **figure 10**, dans laquelle sont représentées les variations de la réactance, en fonction de la longueur de l'antenne. La réactance s'annule à la résonance, c'est-à-dire pour une longueur légèrement inférieure à un multiple de la longueur d'onde. La réactance est indiquée positivement ou négativement, suivant qu'il s'agit de réactance inductive ou capacitive.

Si nous comparons la figure 10 et la figure 8, nous constatons que R_r est très élevée vis à vis d'une longueur d'onde; toutefois, à la même valeur, la réactance aussi est considérable. Dans le cas de la demi-longueur d'onde, R_r est très basse, mais la réactance s'annule presque et on arrive à obtenir des résultats souvent meilleurs. Les deux figures que nous venons de citer indiquent trois types de courbe, correspondant à divers diamètres des conducteurs, se rapportant à la longueur d'onde. Les variations de résistance et de réactance, suivant la variation de la longueur de l'antenne, sont moins sensibles dans le cas d'une vibration

en onde entière et avec des conducteurs de grand diamètre plutôt qu'avec des conducteurs fins.

DIRECTIVITE des ANTENNES

Jusqu'à présent nous nous sommes occupés des conditions nécessaires pour qu'une antenne puisse rayonner la puissance maximum, indépendamment des directions dans laquelle elle est rayonnée. En réalité, les ondes électromagnétiques sont émises par une antenne avec une intensité différente dans des directions différentes. Dans certaines directions, le rayonnement peut s'annuler, pour monter, dans d'autres, à de fortes intensités. Chaque antenne possède à ce sujet ses caractéristiques propres appelées **propriétés directives**.

Afin d'établir les propriétés directives de chaque antenne, on a recours à la comparaison avec l'intensité du rayonnement d'une antenne appelée **antenne isotropique**. Cette antenne, qui en réalité ne peut pas exister, est introduite pour la commodité du raisonnement: elle peut assurer, en théorie, un rayonnement identique dans toutes les directions.

Nous introduisons maintenant la notion de **diagramme de rayonnement**, caractéristique de chaque antenne: La connaissance de ce diagramme est d'une grande importance, en particulier dans la technique de l'émission dirigée. C'est une figure à trois dimensions, imaginaire, qui entoure l'antenne. Il s'agit d'une figure construite de sorte qu'en considérant une direction de rayonnement quelconque, la longueur du segment (vecteur) qui relie, dans cette direction, l'antenne à la surface extérieure de la figure, soit proportionnelle à l'intensité du champ rayonné par l'antenne dans la même direction.

Pour l'antenne isotropique, le diagramme de rayonnement est une sphère dont le centre correspond à l'antenne. Considérons une direction de rayonnement quelconque; pour obtenir l'intensité correspondant à cette direction, traçons une droite qui part de l'antenne, c'est-à-dire du centre de la sphère et ayant la direction choisie. L'intensité du rayonnement est proportionnelle à la longueur du segment compris entre l'antenne et la sur-

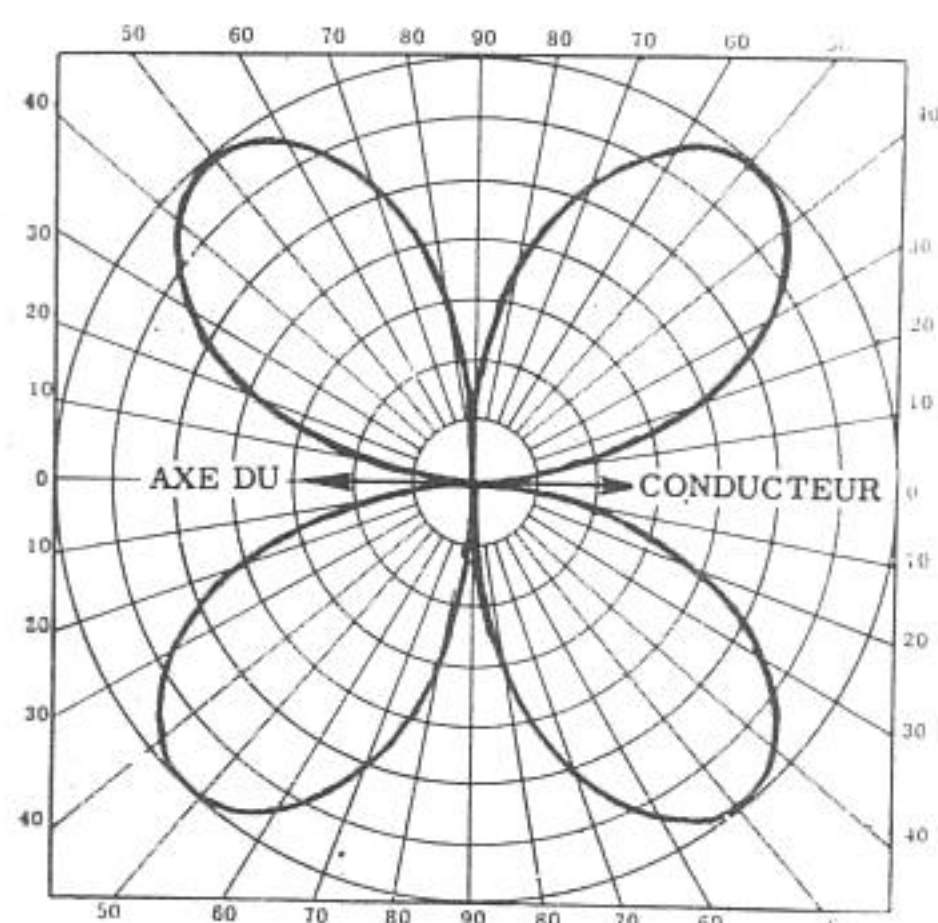


Fig. 13 - Diagramme de rayonnement d'une antenne de longueur égale à λ , c. à d. à une onde entière. Remarquons la variation des propriétés directives par rapport à l'antenne demi-onde de la figure 12.

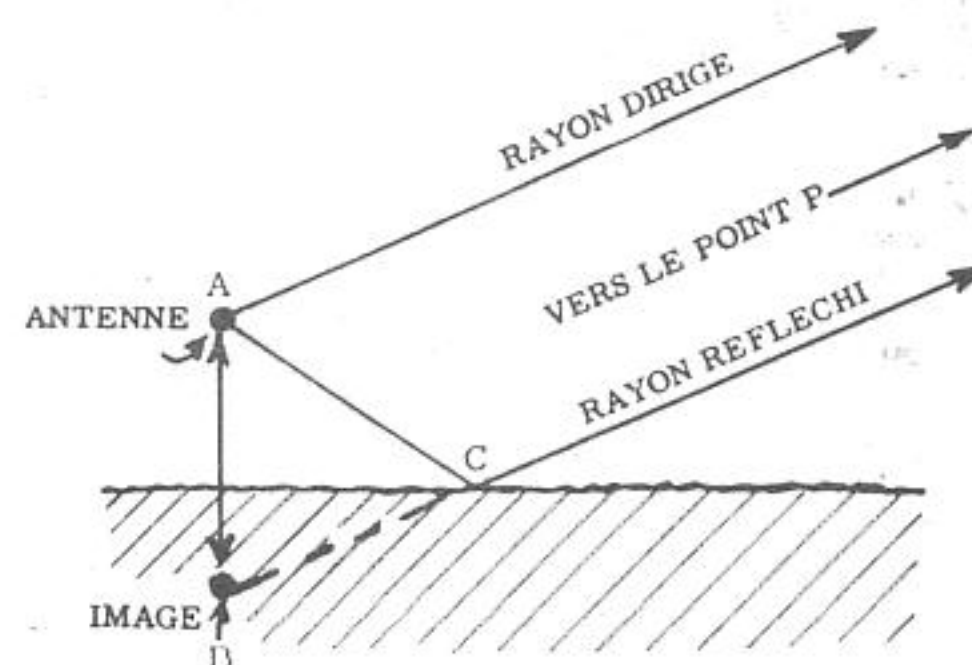


Fig. 14 - Réflexion des ondes électromagnétiques par la surface de la terre. Les deux ondes sont déphasées entre elles en quelques points et en phase en d'autres. Vers le point P, on a par conséquent, des zones où la réception est maximum et d'autres où elle est, au contraire, minimum.

face du diagramme de rayonnement. Donc dans ce cas, elle est proportionnelle au rayon de la sphère.

Si nous considérons n'importe quelle autre direction, l'intensité correspondante est encore proportionnelle au rayon de la sphère. Les rayons d'une sphère sont tous égaux entre eux et, par conséquent, l'intensité est constante dans toutes les directions.

Du moment que les diagrammes de rayonnement sont à trois dimensions, il n'est pas possible de les représenter convenablement au moyen d'une figure à deux dimensions. On se contente donc de coupures, l'une par un plan vertical et l'autre par un plan horizontal: on parle alors de diagramme dans le plan vertical et de diagramme dans le plan horizontal.

Par exemple, le diagramme de rayonnement de l'antenne isotropique peut se croiser avec un plan quelconque qui passe par son centre; on obtient, dans chaque cas, une circonférence (figure 11).

Voyons maintenant comment on peut établir les diagrammes de rayonnement d'antennes réelles. On les trace par comparaison avec une antenne isotropique qui puisse rayonner la même puissance. Le diagramme ainsi obtenu ne sera plus, en général, une sphère. Dans les directions qui correspondent à un rayonnement égal à celui de l'antenne isotropique équivalente, les points du diagramme coïncident effectivement avec ceux de la surface de la sphère, tandis que dans les directions où l'intensité est plus grande les points se trouvent à l'extérieur. Dans les directions où l'intensité est plus petite les points se trouvent, au contraire, à l'intérieur. Considérons, par exemple, un dipôle demi-onde. L'intersection de son diagramme de rayonnement avec un plan quelconque contenant le dipôle est représentée par la figure 12. En ligne pointillée, on a indiqué le diagramme de l'antenne isotropique correspondante. Dans les directions AB, l'intensité du rayonnement est égale à celle de l'antenne isotropique; dans les directions AC l'intensité est nulle; dans les directions AD l'intensité est maximum. En règle générale, pour les angles de rayonnement inférieurs à β , l'intensité est plus petite que celle de l'antenne isotropique de puissance égale

tandis que pour les angles supérieurs elle est plus grande.

La figure ne représente pas le diagramme, mais plutôt son intersection avec un plan. Toutefois la représentation est suffisante pour caractériser les propriétés directives du dipôle, étant donné que celles-ci sont symétriques. En effet, le diagramme (figure à trois dimensions) s'obtient simplement en faisant tourner la figure à deux dimensions autour de la droite a-a', qui indique la direction du conducteur constituant l'antenne.

La figure 12 est valable dans le cas d'un dipôle en résonance et, plus précisément, du type demi-onde. Pour la vibration en onde entière, au contraire, on obtient le diagramme de rayonnement représenté par la figure 13. Les propriétés directives varient, par conséquent, considérablement avec la longueur de l'antenne; dans la leçon 123, est représenté une série de diagrammes de rayonnement à plusieurs types de résonance.

Les diagrammes des figures 12 et 13 sont valables dans le cas où un dipôle se trouve très loin d'un corps solide quelconque. Chaque surface solide au voisinage modifie les propriétés directives en altérant les diagrammes de rayonnement. En particulier, la surface terrestre qui se trouve toujours au voisinage de toutes les antennes, modifie les diagrammes assez fortement. En fait, elle détermine la réflexion des ondes rayonnées vers le bas (avec des angles de rayonnement négatifs). Les ondes réfléchies se dirigent successivement vers l'espace, (figure 14), et elles s'ajoutent à celles qui sont rayonnées directement par l'antenne dans la même direction. En certains points, les ondes sont en phase et s'additionnent tandis qu'en d'autres points, elles sont plus ou moins déphasées. A l'endroit où elles sont en opposition de phase, les ondes s'annulent.

Sur la fig. 14 deux rayons vont dans la même direction dirigés vers le même point P. Le rayon réfléchi qui provient de A et réfléchi en C, est comme s'il provenait du point B, au-dessous de la surface terrestre. Le point B est parfaitement le symétrique du point A, et prend le nom de « antenne image ». Dans le calcul théorique des diagrammes de rayonnement, on tient compte de l'antenne image, et on additionne ses effets à ceux de l'antenne réelle.

Leçon n° 122

LIGNES DE TRANSMISSION

Dans la leçon précédente, nous avons étudié le comportement des antennes d'émission. Pour tenir compte d'une part, des effets produits par la proximité de la surface terrestre, que nous avons déjà signalés, d'autre part, des caractéristiques particulières de propagation des ondes radio électriques, que nous étudierons dans une prochaine leçon, il est nécessaire que les antennes soient orientées et, le plus souvent, situées à une hauteur importante du sol. Pour toutes ces raisons, il n'est pas toujours possible d'installer l'émetteur à proximité immédiate de l'antenne; c'est alors que l'utilisation de circuits particuliers, destinés à transmettre à l'antenne l'énergie existant à la sortie de l'émetteur, s'avère nécessaire.

Ces circuits sont précisément les **lignes de transmission**. Les lignes de transmission sont utilisées non seulement pour transférer à l'antenne la puissance engendrée par l'émetteur, mais aussi pour relier les antenne de réception aux récepteurs correspondants. Quelquefois, particulièrement dans le domaine des télécommunications par courants porteurs, on réalise des communications d'une localité à une autre au moyen de signaux à haute fréquence modulés, qui sont transmis par un câble coaxial. Les câbles coaxiaux représentent, eux aussi, des lignes de transmission.

Dans cette leçon, nous nous occuperons, parmi les différents types de lignes de transmission, uniquement de ceux qui se rapportent directement à la technique radioélectrique, c'est-à-dire les liaisons entre les émetteurs et les antennes et entre les récepteurs et les antennes. Comme pour les antennes, les caractéristiques des lignes utilisées à l'émission valent aussi bien pour celles utilisées à la réception.

Caractéristiques générales

Tout conducteur d'une longueur appréciable par rapport à la longueur d'onde du signal qui le traverse émet, nous le savons, des ondes électromagnétiques. Il est donc, de ce point de vue, une antenne émettrice. Il est facile à comprendre qu'une bonne ligne de transmission ne doit absolument pas présenter une telle dispersion, puisque sa fonction est de transmettre le signal et non de le rayonner dans l'espace. Etant donné que les lignes sont souvent très longues, l'existence d'un rayonnement, quelquefois assez important, est possible si l'on ne prend pas de précautions particulières.

Outre l'énergie perdue sous forme de rayonnement,

il faut distinguer, parmi toutes les pertes qui peuvent se produire dans les lignes de transmission, celle due à la résistance ohmique du conducteur qui transforme en chaleur une partie de l'énergie.

Comment éviter le rayonnement. - Le rayonnement des ondes électromagnétiques par des lignes de transmission, peut être évité en faisant en sorte que le circuit soit constitué par **deux** conducteurs dont les champs électromagnétiques puissent s'annuler mutuellement. Dans ces conditions, le champ produit par l'un des conducteurs est égal mais de signe opposé à celui engendré par l'autre.

Une disposition possible est indiquée par la **figure 1**. On y voit deux conducteurs parallèles parcourus par les courants I_1 et I_2 , qui circulent dans des directions opposées. Si le courant I_1 , qui circule dans le conducteur A, possède la même valeur que le courant I_2 , qui circule dans le conducteur B, les champs engendrés par ces deux courants sont égaux en intensité, mais puisqu'ils circulent dans des directions opposées, le champ créé par I_1 se trouve en opposition de phase avec celui produit par I_2 .

Etant donné qu'entre les deux conducteurs, il existe une certaine distance, d , et que les champs électromagnétiques ne se propagent pas instantanément, mais avec une vitesse, c , qui, dans l'air, correspond à la vitesse de la lumière, le champ qui existe à un certain moment en un point donné de l'espace dépend des valeurs des courants aux instants précédents.

Supposons que les courants I_1 et I_2 soient alternatifs: ce cas nous intéresse particulièrement, puisque les lignes de transmission sont toujours parcourues par des signaux à haute fréquence. Pendant l'intervalle de temps où le champ électromagnétique engendré en B par le courant I_2 est transféré en A, le courant I_1 est légèrement déphasé et, par suite, le champ qu'il engendre n'est pas tout à fait égal ni opposé à l'autre. Les deux champs se trouveraient en tout point exactement en opposition de phase uniquement dans le cas où les deux conducteurs parviendraient à occuper la même position, ce qui est impossible puisqu'il s'agit de deux conducteurs séparés.

Par conséquent, on a recours à un compromis, en faisant en sorte que les deux champs soient le plus parfaitement possible en opposition de phase. Cela peut être obtenu en réduisant la distance d entre les conducteurs à une valeur très petite, compatible avec les autres exigences mécaniques et électriques de la ligne. Quoi-

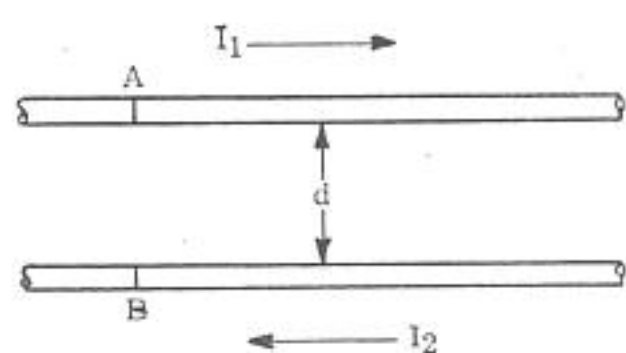


Fig. 1 - Exemple de ligne bifilaire. Les deux champs égaux et opposés, s'annulent mutuellement.

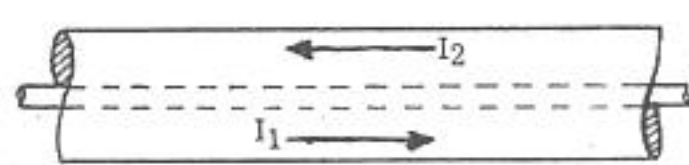


Fig. 2 - Aspect d'un câble coaxial. La partie extérieure est un enrobage métallique, qui neutralise le flux du câble intérieur.

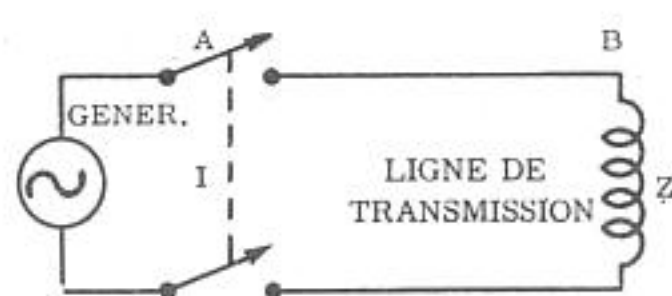


Fig. 3 - Ligne assurant la liaison entre un générateur (A) et une charge (B). Une fois l'interrupteur (I) fermé, les ondes de courant et de tension atteignent la charge.

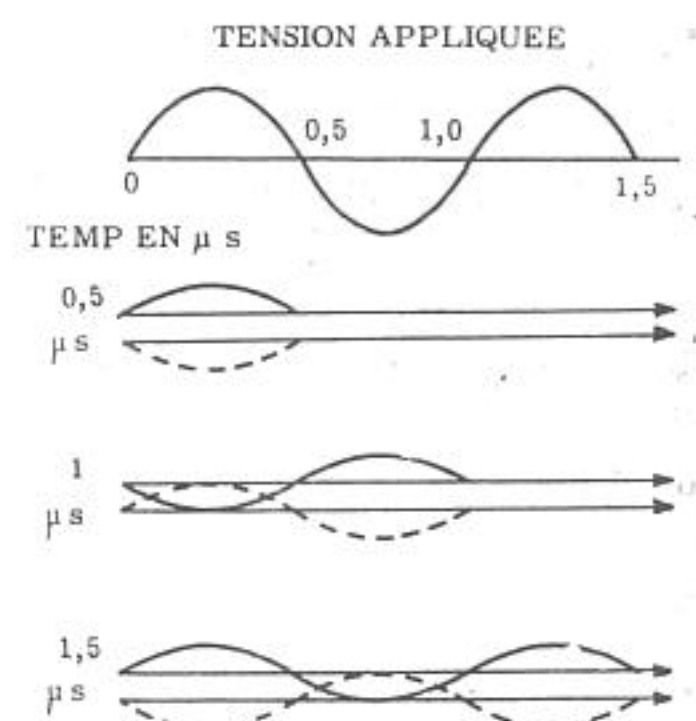


Fig. 4 - Pour une fréquence de 1 MHz, la propagation le long de la ligne se produit en un temps déterminé, que l'on peut représenter, comme l'indique la figure, selon la phase. Si la charge absorbe toute l'énergie fournie, la valeur efficace de la tension est constante en tous les points de la ligne.

qu'en réduisant d on se rapproche des conditions idéales, puisque le déphasage dont nous avons parlé diminue, un certain rayonnement se produit toutefois parce que les champs engendrés par les deux courants ne s'annulent jamais complètement. Comme nous le verrons dans l'exemple qui suit, le rayonnement dépend de la fréquence du signal, en plus de la distance d et, précisément, il augmente lorsque la fréquence croît, comme le montreront les exemples suivants.

Supposons que d soit égal à 10 cm, que la fréquence du signal soit de 1 MHz, et calculons le déphasage produit par la distance entre les deux conducteurs. En supposant que ces derniers soient situés dans l'air, le champ magnétique engendré en B par I_2 mettra, pour atteindre A, un temps :

$$t = d : c$$

où c est la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air (3×10^{10} cm/s). On obtient donc :

$$t = \frac{10}{3 \times 10^{10}} = \frac{1}{3} \times 10^{-9} \text{ secondes,}$$

c'est-à-dire 1/3 000 de microseconde. Etant donné que le temps qui correspond à la fréquence de 1 MHz est de 1 μs , il s'ensuit qu'en 1/3 000 de μs le signal réalise 1/3 000 de cycle, correspondant à environ 1/8 de degré de déphasage. On peut donc affirmer qu'à la fréquence de 1 MHz, la distance de 10 cm provoque un déphasage supplémentaire, s'ajoutant à celui de 180° dû à l'opposition de phase des champs, d'environ 1/8 de degré; il est absolument négligeable.

En faisant le calcul pour une fréquence de 60 MHz, on trouve que l'angle de déphasage atteint 7° et 12', ce qui est déjà important. Pour une fréquence de 200 MHz, enfin, l'angle est d'environ 25° et modifie complètement le rapport de phase entre les deux champs, de sorte que ceux-ci ne s'annulent pas complètement.

Par ces exemples, nous pouvons déduire l'importance du rapport entre la distance d et la longueur d'onde du signal. Celui-ci doit être inférieur à 1/100 pour que

les champs s'annulent presque complètement cela signifie que d doit être inférieur à 1% de la longueur d'onde. En travaillant à 20 MHz, c'est-à-dire à une longueur d'onde de 15 m, la distance maximale entre les conducteurs de la ligne de transmission doit être 15 cm, ce qui correspond à un angle de déphasage de 3° 36'.

Les lignes de transmission du genre de celle représentée par la figure 1, sont appelées **lignes à conducteurs parallèles**, et elles sont très utilisées pour les couplages avec les antennes. Pour éviter l'inconvénient du rayonnement, il est également possible d'utiliser un autre type de ligne : la ligne **coaxiale**. Dans ce cas l'un des deux conducteurs, de forme cylindrique, est creux et renferme à l'intérieur le second conducteur, comme le montre la figure 2.

Le courant qui circule dans le conducteur intérieur crée un champ électromagnétique qui est annulé par celui engendré par le courant circulant dans le conducteur extérieur, étant donné que ces deux courants ont une même intensité mais sont de sens contraire. A l'émission, l'emploi d'une ligne coaxiale permet de réduire les pertes par rayonnement. De plus, le conducteur extérieur est toujours relié à la masse et joue ainsi le rôle de blindage; de ce fait, à la réception, la ligne coaxiale assure une protection très efficace contre les perturbations extérieures (parasites).

Répartition du courant et de la tension. - Nous connaissons déjà la répartition du courant et de la tension le long d'une antenne. Lorsque cette dernière est en résonance, des ondes stationnaires y prennent naissance, à cause du phénomène de réflexion par l'extrémité libre de l'antenne. Dans le cas d'une ligne de transmission, si celle-ci est fermée sur une impédance de charge absolument quelconque, le même phénomène d'ondes stationnaires se manifeste. Par contre si nous considérons une ligne de longueur infinie ou, ce qui revient au même, une ligne de longueur finie fermée sur une impédance de charge égale à son impédance caractéristique, et si nous branchons à l'origine de cette ligne un générateur de haute fréquence, comme l'indique la figure 3, des ondes progressives se propagent sans arrêt le

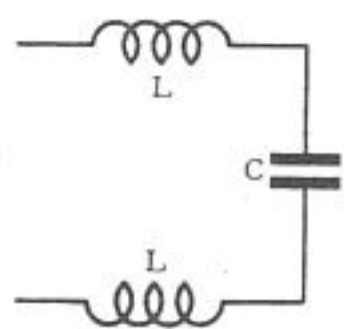


Fig. 5 - Circuit équivalent, par unité de longueur, à une ligne de transmission. L et C représentent, respectivement l'inductance et la capacité réparties. On a négligé la résistance ohmique et la résistance d'isolement de la ligne.

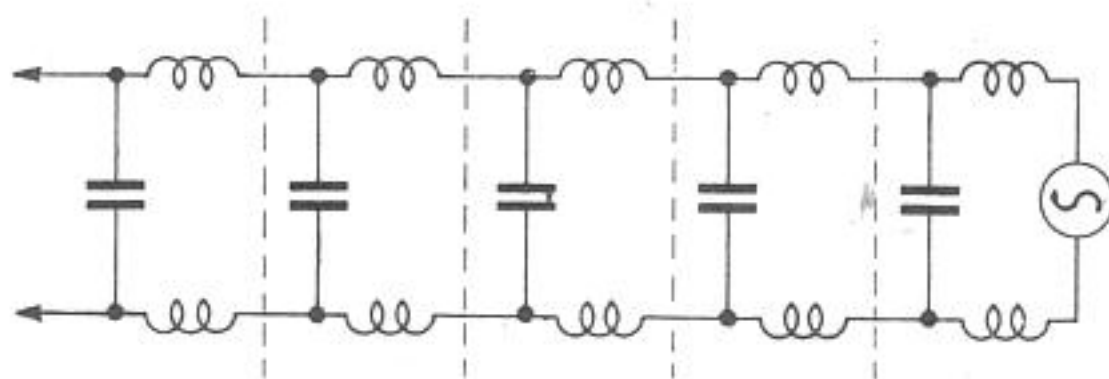


Fig. 6 - Circuit équivalent à la ligne considérée dans son ensemble. Celle-ci est formée par la juxtaposition d'un grand nombre de cellules élémentaires.

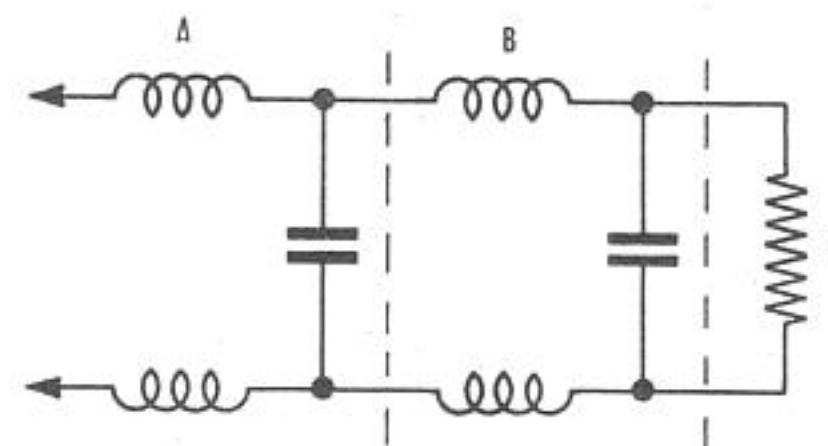


Fig. 7 - Si, à l'extrémité de la ligne, on branche une charge (R) égale à l'impédance caractéristique de la ligne, on obtient le transfert maximum d'énergie, égal à celui qui s'opère entre une section LC et la suivante, comme l'indique la figure 6.

long de la ligne qui, pour cette raison est dite apériodique ou non résonnante. La propagation s'accomplit en un temps déterminé, ainsi que le montre la **figure 4**. Dans cet exemple, nous avons considéré un signal de fréquence égale à 1 MHz. Le temps mis par l'onde pour atteindre la charge après la fermeture de l'interrupteur est donné par la formule: $t = l/c = 1 \sqrt{LC}$.

L et C étant les constantes réparties de la ligne, l étant la longueur de la ligne, et c, la vitesse de la lumière (3.10^8 m/s). Dès que l'énergie fournie par le générateur a atteint l'extrémité de la ligne, elle est complètement absorbée par la charge (généralement une antenne), sans réflexion. La valeur efficace de la tension est alors constante en tous les points de la ligne.

Circuit équivalent à une ligne

Quelle soit du type coaxial ou du type bifilaire, une ligne de transmission présente 4 constantes électriques uniformément réparties le long du conducteur: une résistance ohmique R; une capacité C, entre les deux fils ou bien entre un fil et le sol; une inductance L; une résistance R' d'isolement. Il y a en effet des fuites dans les isolateurs ou bien entre les deux fils lorsque ceux-ci sont isolés et côte à côte.

Comme nous l'avons déjà dit, une ligne de transmission parfaite doit présenter une très petite résistance ohmique et une très grande résistance d'isolement, afin d'éviter les pertes. Nous négligerons donc à la fois R et R'. Dans ces conditions, le circuit équivalent, par unité de longueur, à une ligne de transmission est conforme au schéma de la **figure 5**.

Prise dans son ensemble, la ligne peut être considérée comme étant formée par la juxtaposition d'un très grand nombre de cellules élémentaires du même type que celle représentée par la figure 5. On aboutit alors à la représentation de la **figure 6**.

On peut calculer l'inductance linéique et la capacité linéique (c'est-à-dire par unité de longueur) d'une ligne de transmission de la façon suivante:

1) Dans le cas d'une ligne bifilaire, l'inductance L

est donnée par la formule:

$$L = 4.10^{-7} \log_{\eta} \frac{d}{r}$$

dans laquelle:

L, est l'inductance par unité de longueur, en henrys par mètre (H/m) - dans le système MKSA; $\log_{\eta}$, représente le symbole des logarithmes népériens (ou naturels); d est la distance, qui sépare les deux conducteurs, en mètres; r, le rayon d'un conducteur, en mètres.

On se rappellera que:

$$\log_{\eta} x = 2.3 \log_{10} x$$

$\log_{10}$ étant le symbole des logarithmes décimaux.

En tenant compte de cette relation et en exprimant L en microhenrys par mètre (μ H/m), on a aussi:

$$L = 0.92 \log_{10} \frac{d}{r}$$

Quant à la capacité C, elle est donnée par:

$$C = \frac{10^{-9}}{36 \log_{\eta} (d/r)}$$

C, en farads par mètre (F/m) — dans le système MKSA.

On a également:

$$C = \frac{12}{\log_{10} (d/r)}$$

C, en picofarads par mètre (pF/m).

2) Dans le cas d'une ligne coaxiale, on a, respectivement:

$$L = 2.10^{-7} \log_{\eta} \frac{D}{d}$$

avec L en H/m; D = diamètre extérieur ou bien:

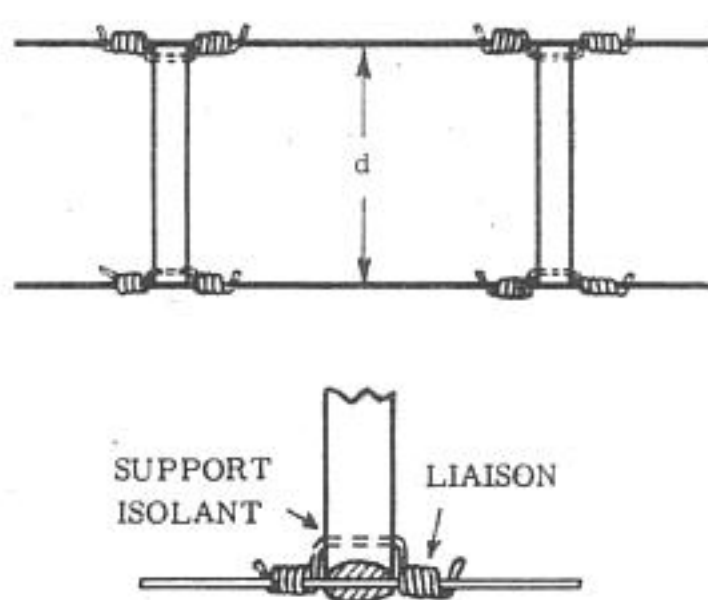


Fig. 8 - Ligne à conducteurs parallèles à diélectrique air. La distance entre les deux conducteurs est maintenue constante au moyen de supports séparateurs situés à des intervalles réguliers.

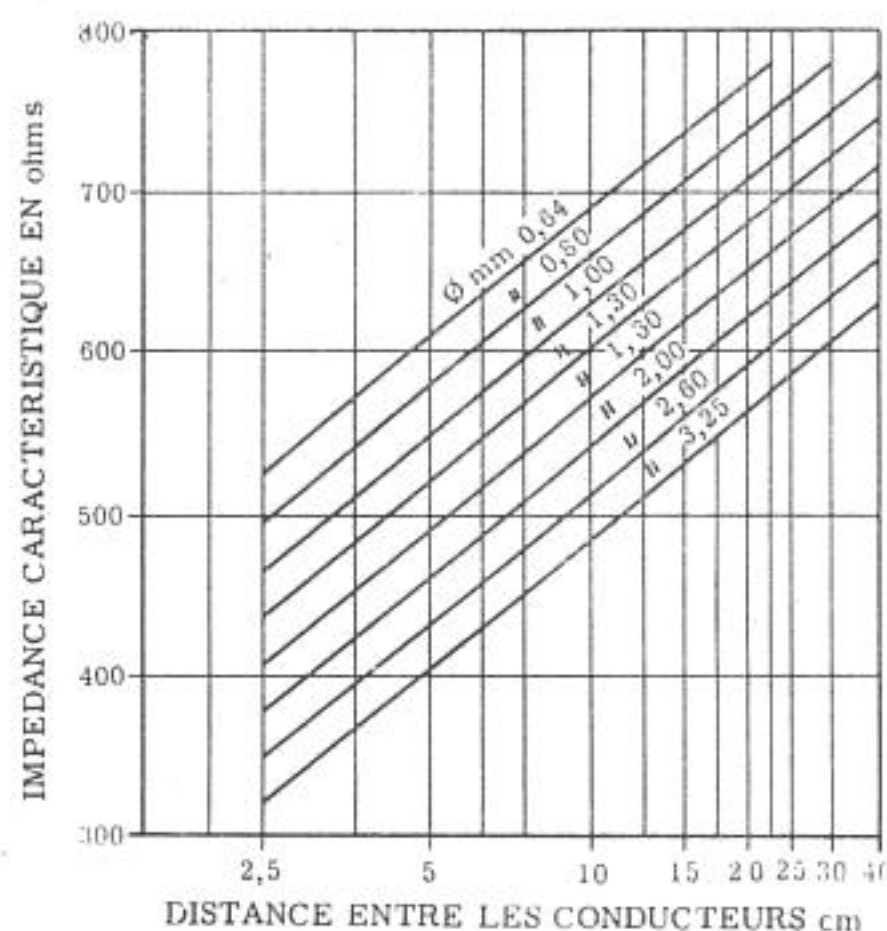


Fig. 9 - Graphique pour le calcul de l'impédance caractéristique d'une ligne à conducteurs parallèles, en fonction de la distance qui les sépare et de leur diamètre. La valeur de Z est lue directement sur l'axe vertical.

$$L \text{ (en } \mu\text{H/m)} = 0.46 \log_{10} \frac{D}{d}$$

et

$$C \text{ (en pF/m)} = \frac{24.1}{\log_{10} \frac{D}{d}}$$

Impédance caractéristique. - Une ligne supposée de longueur infinie, attaquée par un générateur de haute fréquence est parcourue par un courant d'intensité I sous une tension V .

Si, de plus, nous supposons que la ligne n'a aucune perte, V et I sont en phase.

En un point P quelconque de la ligne, le quotient:

$$\frac{V}{I} = \frac{L}{C}$$

représente une impédance. Celle-ci est indépendante de la longueur de la ligne et de la fréquence; elle est donc constante en tous les points de la ligne et elle caractérise celle-ci, c'est la raison pour laquelle on l'appelle: **impédance caractéristique** Z_c ou **impédance itérative**:

$$Z_c = \sqrt{L/C}$$

En pratique, la longueur d'une ligne est bien définie et à ses bornes de sortie on branche une charge d'impédance convenable qui absorbe l'énergie transmise par la ligne. La charge peut être de deux types, selon la valeur de son impédance: si cette dernière est égale à l'impédance caractéristique de la ligne, on est en présence d'une « ligne adaptée », tandis que si elle en diffère, on a une « ligne désadaptée ».

Considérons la figure 7. Cette figure représente les deux dernières cellules élémentaires équivalentes à la ligne de transmission et la résistance R constituant la charge. Dans une ligne de longueur infinie, le signal se propage dans un seul sens, à partir du générateur.

Chaque cellule élémentaire pourvoit au transfert de l'énergie à la cellule suivante. Si, par conséquent, l'on remplace l'une des cellules LC par une résistance égale à l'impédance caractéristique de la ligne, les cellules précédentes ne subissent aucune modification et continuent à jouer leur rôle d'éléments de transfert de l'énergie.

La valeur de R est égale à l'impédance caractéristique de la ligne, et, pour cette raison, la ligne se comporte comme si elle était de longueur infinie.

Dans une ligne de transmission adaptée et sans perte, l'énergie fournie par le générateur se propage le long de celle-ci sans aucune atténuation; elle est transmise intégralement aux bornes de la charge, quelle que soit la longueur de la ligne (du moins jusqu'à ce que la résistance ohmique reste négligeable). L'impédance caractéristique aussi est indépendante de la longueur de la ligne; elle détermine, avec la tension, le courant qui la parcourt. Ce dernier est égal, comme dans un circuit classique, au rapport entre la tension et l'impédance:

$$I = V/Z_c = V/\sqrt{L/C}$$

formule dans laquelle L est l'inductance et C la capacité par unité de longueur. Remarquons que, par suite de l'absence supposée de perte, Z_c représente en fait, une résistance ohmique, la **résistance caractéristique** de la ligne; cependant, en pratique, on continue à employer l'expression « **impédance caractéristique** ».

On peut construire des lignes de transmission de n'importe quelle impédance caractéristique en tenant compte du fait que la **capacité** par unité de longueur augmente avec la diminution de la distance qui sépare les deux conducteurs, tandis que l'**inductance** par unité de longueur augmente avec la diminution de leur diamètre. Il s'ensuit qu'une ligne constituée par deux conducteurs parallèles de très grand diamètre, situés très près l'un de l'autre, présente une impédance caractéristique très faible. Réciproquement, une ligne formée de conducteurs fins et éloignés l'un de l'autre possède une impédance caractéristique très élevée, puisqu'elle présente une forte inductance et une faible capacité.

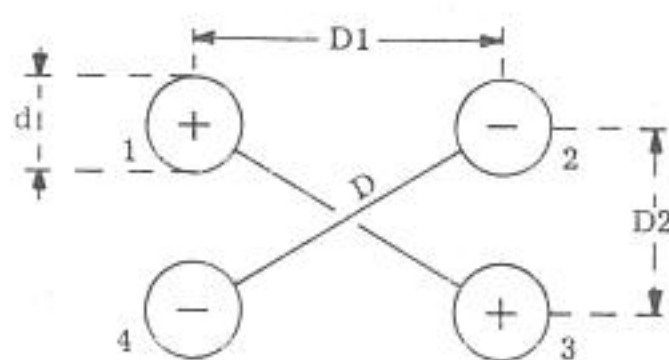


Fig. 10 - Exemple de ligne à quatre conducteurs, disposés aux quatre angles d'un carré. Les conducteurs correspondant à deux sommets opposés sont réunis entre eux et aux bornes de la ligne.

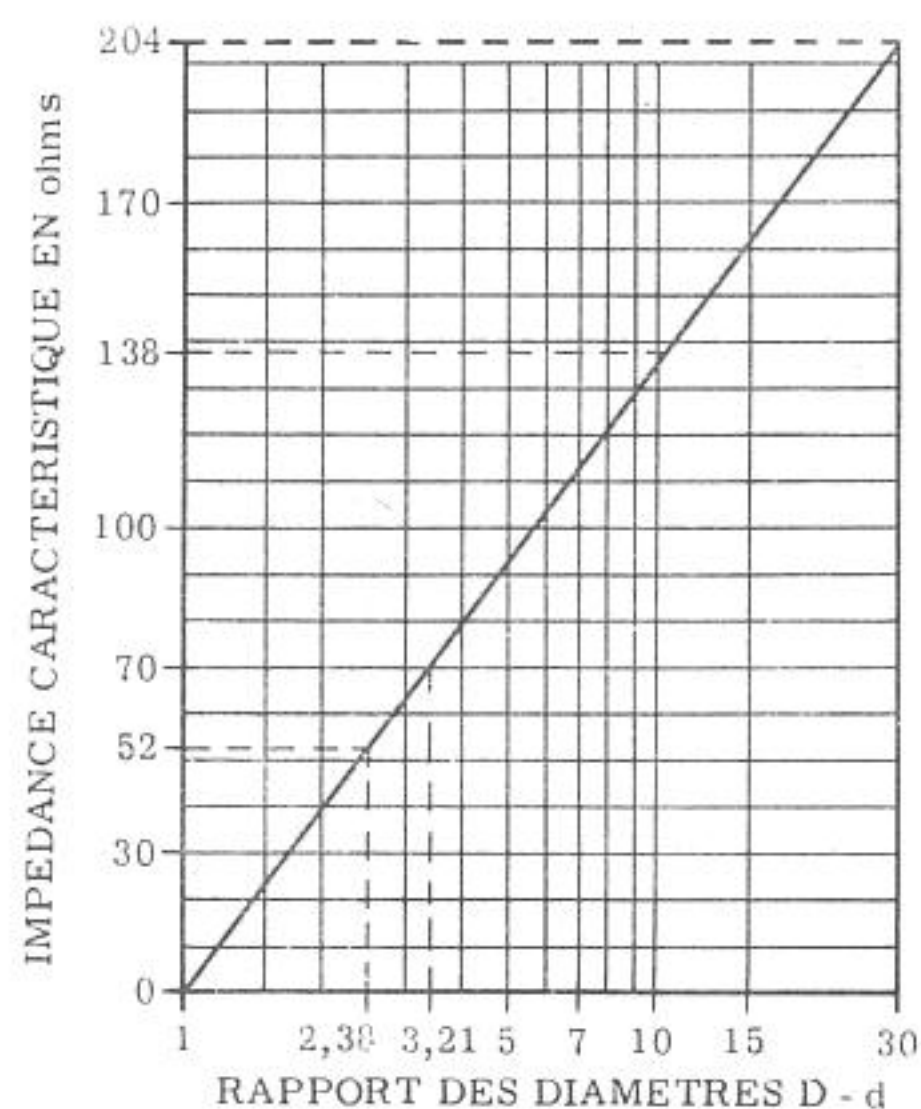


Fig. 11 - Graphique pour le calcul de l'impédance caractéristique d'une ligne à 4 conducteurs. L'emploi est semblable à celui de la figure 9, avec la différence que, en abscisses, on a porté le rapport entre la diagonale du carré et le diamètre des conducteurs.

Une formule pratique de Z_c est la suivante :

$$Z_c = \frac{3 \cdot 10^3}{C}$$

dans laquelle, Z_c est exprimée en ohms et C en pF/m.

Enfin, on peut en déduire la valeur de la vitesse de propagation v_p dans l'air ou dans un métal parfaitement conducteur :

$$v_p = \frac{1}{LC} = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

c'est la vitesse de la lumière.

Adaptation des lignes à la charge. — Jusqu'à présent nous avons traité les lignes de transmission indépendamment de la charge branchée à la sortie, c'est-à-dire comme si elles possédaient une longueur infinie.

De même, la puissance se calcule facilement, au moyen de l'une des expressions :

$$P = I^2 Z; P = V^2/Z; P = VI$$

Supposons maintenant que la résistance R ait une valeur différente de celle de l'impédance caractéristique de la ligne. Dans ce cas, le comportement de la cellule élémentaire B (figure 7) est influencé par la présence de R , pour la raison suivante : une partie de la puissance transmise par la ligne n'est pas absorbée par la charge, elle est réfléchie et parcourt la ligne dans le sens opposé à travers B, A, etc..., jusqu'à ce qu'elle atteigne le générateur ; il y a production d'ondes stationnaires. La ligne se comporte alors comme si elle était ouverte ou en court-circuit, selon la valeur de R .

CARACTERISTIQUES de CONSTRUCTION

Comme nous l'avons dit par ailleurs, les deux catégories principales de lignes de transmission sont : le câble coaxial et le câble à conducteurs parallèles. Toutefois, il est impossible d'établir une subdivision d'après le milieu où les deux conducteurs sont situés. Considérons, par exemple, une ligne constituée par deux con-

ducteurs parallèles. La distance séparant les deux conducteurs est, nous le savons, très importante et doit être maintenue constante tout le long de la ligne. Cela peut être obtenu de deux façons distinctes :

1) En utilisant des séparateurs en matériau isolant, disposés à une certaine distance fixe l'un de l'autre. Pour le reste, les conducteurs se trouvent situés dans l'air. Ces lignes sont dites à « diélectrique air ».

2) Les conducteurs peuvent, au contraire, être entièrement enfermés dans un isolant solide qui les maintenant à la distance voulue et, en même temps, les protège contre d'éventuels contacts accidentels avec des objets extérieurs. On obtient de la sorte un type de ligne de transmission extérieurement semblable à un fil bipolaire normal pour installations électriques ; une telle ligne est dite : à « diélectrique solide ».

Lignes à diélectrique air. — Sur la figure, 8 nous pouvons remarquer la manière dont il est possible d'obtenir une ligne de transmission constituée par 2 conducteurs parallèles. Les deux conducteurs sont maintenus à une distance constante l'un de l'autre au moyen de supports solides isolants en matériel plastique comme, par exemple, le polythène. Les supports ne doivent pas être éloignés l'un de l'autre, de sorte que les deux conducteurs puissent rester bien tendus sans se déplacer, afin d'éviter des variations de la capacité linéique. Les valeurs de l'impédance caractéristique d'une telle ligne de transmission sont de l'ordre de 600 ohms.

L'impédance caractéristique de ce type de ligne est calculée au moyen de la formule :

$$Z_c = 276 \times \log_{10} \frac{d}{r}$$

obtenue en remplaçant, dans l'expression générale $\sqrt{L/C}$, L et C par leurs valeurs précédemment établies Z_c est l'impédance caractéristique, d la distance entre les deux conducteurs (ou, plus exactement, entre leurs axes), et r le rayon d'un conducteur. Les unités de mesure pour d et r n'ont aucune importance, à condition qu'elles soient les mêmes dans les deux cas, étant

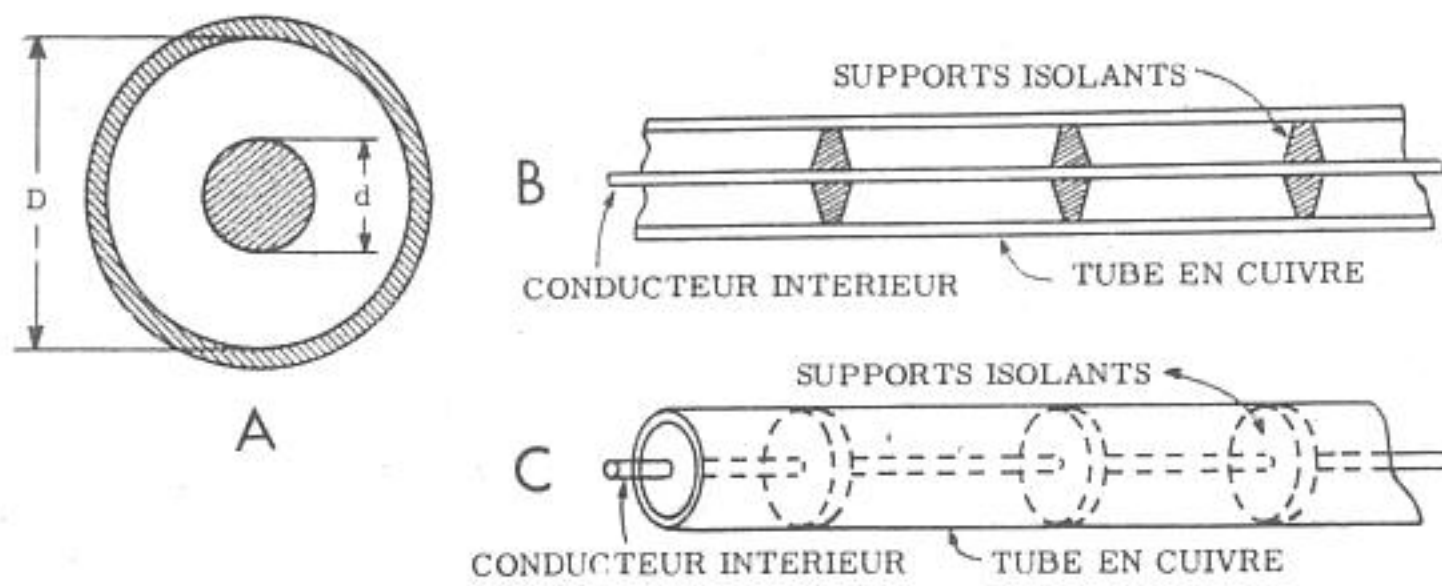


Fig. 12 - Structure d'un câble coaxial. En A, coupe transversale (perpendiculaire à l'axe), agrandie pour plus de précision. En B, coupe longitudinale de long de l'axe du conducteur central. En C enfin, on a représenté le câble dans son aspect effectif. Remarquons la répartition régulière des supports isolants entre le câble et l'enrobage intérieur.

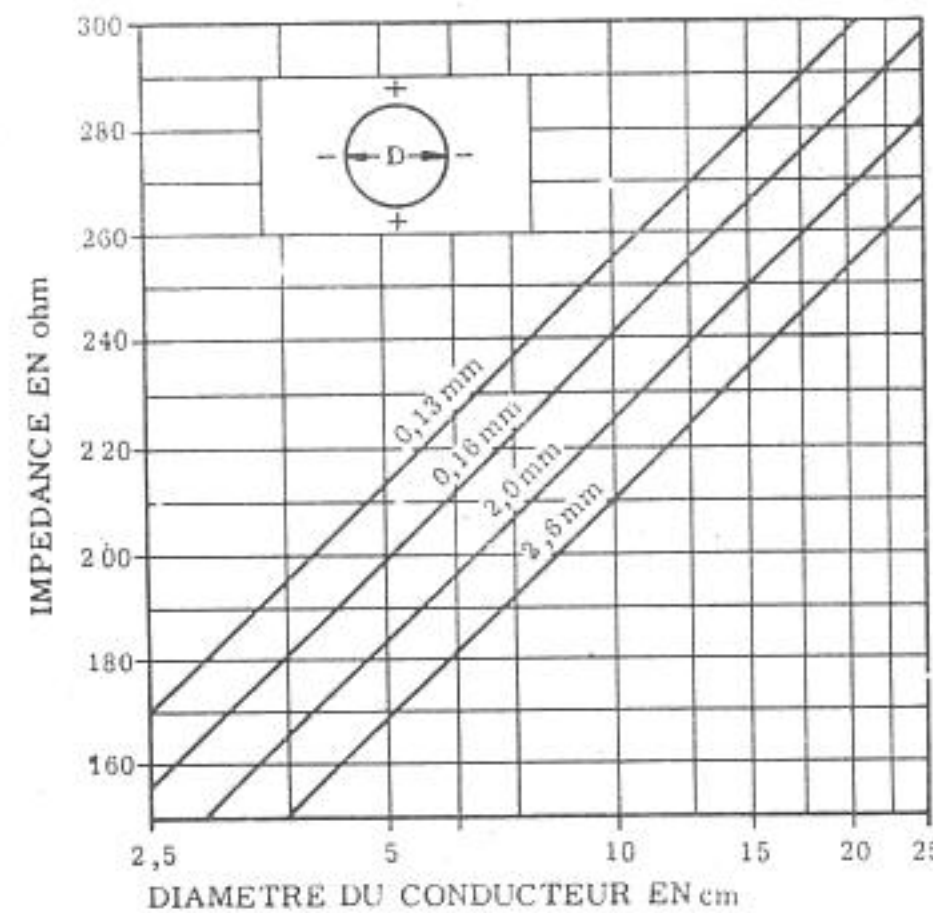


Fig. 13 - Graphique pour le calcul de l'impédance caractéristique d'une ligne coaxiale, en fonction du diamètre du conducteur extérieur (enrobage), et du diamètre du conducteur intérieur. La valeur de Z_c est lue sur l'axe vertical.

donné que nous avons un rapport de deux longueurs.

La figure 9 représente un abaque qui permet d'obtenir, d'une façon très simple et sans aucun calcul, l'impédance caractéristique. On cherche la valeur de la distance entre les deux conducteurs correspondant au cas qui nous intéresse, sur l'axe des abscisses, ensuite on trace une verticale qui coupe la ligne inclinée correspondant au diamètre des conducteurs. Par cette intersection on trace une droite horizontale et on lit, sur l'axe des ordonnées, la valeur de l'impédance en ohms.

Dans certains cas, principalement lorsqu'on veut obtenir une impédance plus basse, on utilise des lignes à quatre fils; elles sont formées de quatre conducteurs disposés comme si elles se trouvaient aux sommets d'un carré. Ce type de ligne est illustré, en coupe transversale, par la figure 10. La distance entre deux fils adjacents correspondant au côté du carré est du même ordre que celle des lignes bifilaires. On obtient, toutefois, une plus grande capacité répartie et, par conséquent, une plus petite impédance caractéristique; cela parce que les quatre fils sont connectés en parallèle deux à deux, en réunissant entre eux, aux deux bornes de la ligne, les deux paires de fils qui se trouvent aux sommets opposés du carré, c'est-à-dire le conducteur 1 avec le conducteur 3 et le 2 avec le 4.

Dans la pratique, pour la construction de ce type de lignes, on utilise des supports isolants de forme circulaire, afin de donner une plus grande robustesse.

L'impédance d'une ligne à quatre fils est obtenue au moyen du graphique représenté par la figure 11. Le processus à suivre est le même que celui des abscisses on n'a pas représenté la distance entre deux fils de polarité opposée, correspondant à la diagonale du carré et au diamètre des conducteurs (D/d). On calcule l'impédance caractéristique d'une ligne à 4 fils, au moyen de la formule ci-dessous:

$$Z_c = 138 \log_{10} \frac{2 D_2}{d_1 + (D_2/D_1)^2}$$

Pour la signification des symboles, voir la figure 10. Si on veut, même avec le système à quatre fils, ob-

tenir une impédance légèrement supérieure, on peut faire appel à la « double ligne bifilaire ».

La double ligne bifilaire peut être représentée, en coupe transversale, d'une manière analogue à celle à quatre conducteurs, c'est-à-dire, comme sur la figure 10. La différence réside dans la liaison en parallèle entre les conducteurs; cette fois on réunit entre eux deux conducteurs adjacents. Par exemple, on pourrait connecter entre eux le conducteur 1 avec le 2 et le 3 avec le 4. On pourrait aussi connecter le 2 avec le 3 et le 4 avec le 1.

Considérons enfin, le cas du câble coaxial à diélectrique air. Dans ce cas, étant donné la difficulté de maintenir une symétrie parfaite entre le conducteur intérieur et le conducteur extérieur (leurs axes doivent coïncider parfaitement, d'où, justement, le nom de « câble coaxial »), il est nécessaire d'utiliser un grand nombre de supports séparateurs rapprochés.

La figure 12 montre la structure d'un câble coaxial: en A on voit une coupe transversale perpendiculaire à l'axe du câble, en B une coupe transversale passant par l'axe du câble et en C une vue complète. L'impédance caractéristique d'un câble coaxial est calculée d'après la formule:

$$Z = 138 \log_{10} \frac{D}{d}$$

Dans ce cas, D représente le diamètre du conducteur extérieur et d le diamètre du conducteur intérieur. Il va sans dire que cette formule est valable seulement tant que les deux conducteurs sont parfaitement coaxiaux. Si, par suite d'un déplacement des supports isolants, le conducteur intérieur se déplace par rapport au conducteur extérieur, les conditions de travail de la ligne sont complètement modifiées.

Le fait que dans les câbles coaxiaux la présence d'un nombre important de supports isolants soit nécessaire, amène des pertes plus grandes, ainsi qu'une impédance caractéristique inférieure à celle donnée par le calcul. Toutefois, et malgré cela, les lignes de transmission du type coaxial présentent, jusqu'à des fréquences de

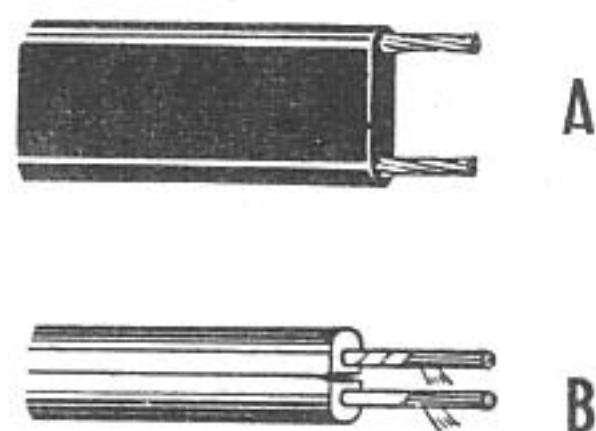


Fig. 14 - Exemples de supports pour lignes bifilaires. A, du type 300 Ω ; B, du type 75 Ω . Remarquons, entre les deux types, la différente distance entre les deux conducteurs.

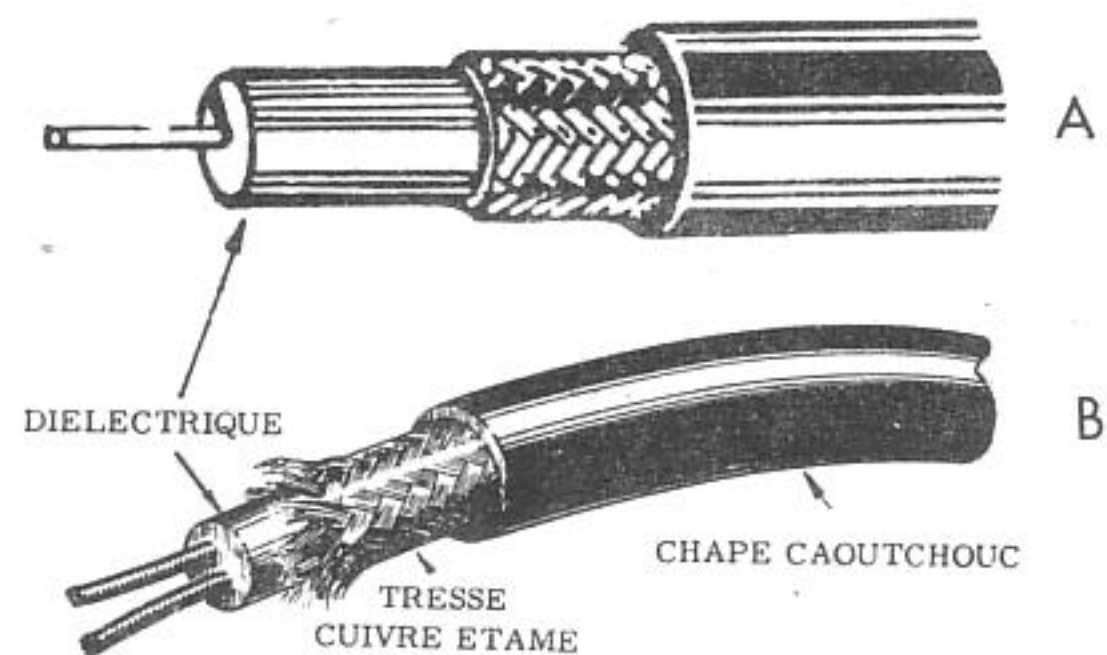


Fig. 15 - En A, exemple de câble pour ligne coaxiale à diélectrique solide. Etant donné la robustesse diélectrique, le conducteur central peut être du type à tresse blindée, flexible. En B, exemple d'un câble blindé à deux conducteurs centraux.

l'ordre de 100 MHz, des pertes plus petites que celles dues aux autres types précédemment décrits. La **figure 13** représente un diagramme qui permet d'obtenir l'impédance caractéristique de la ligne, quand'on connaît les diamètres des conducteurs intérieurs et varie et, par suite, provoque des variations d'impédance caractéristique. La sensibilité aux agents atmosphériques peut être éliminée en grande partie en protégeant les lignes par des substances imperméables.

Dans le cas des lignes à diélectrique solide aussi, il faut distinguer entre les lignes bifilaires les lignes à quatre conducteurs et les lignes coaxiales. Les lignes bifilaires à diélectrique solide sont les plus utilisées à la réception, spécialement pour la liaison entre l'antenne et l'entrée des récepteurs FM et de télévision.

La **figure 14** représente deux types différents de ligne bifilaire d'usage courant: en A on voit une ligne à 300 ohms et en B une à 75 ohms. Cette dernière est apte à assurer la liaison aux dipôles demi-onde qui, nous le savons d'ailleurs, présentent une impédance d'entrée d'environ 73 ohms.

Un type de câble coaxial à diélectrique solide est représenté par la **figure 15**. Dans ce cas, étant donné que les conducteurs sont maintenus à leur place par le diélectrique, il est possible d'employer à l'intérieur un conducteur à tresse blindée, qui présente l'avantage de permettre une meilleure conduction des signaux à haute fréquence. Contrairement au cas des lignes bifilaires dont on emploie, selon les besoins, les deux types, à air et à diélectrique solide, dans le cas du câble coaxial, on utilise presque toujours le type à diélectrique solide.

Les câbles coaxiaux à diélectrique solide que l'on trouve dans le commerce ont une impédance caractéristique de 50 ou 75 ohms. L'impédance d'un câble coaxial à diélectrique solide peut être calculée facilement lorsqu'on connaît la permittivité du diélectrique utilisé. Il est suffisant de déterminer l'impédance d'un câble coaxial constitué de conducteurs ayant le même diamètre, mais situés dans l'air; ce qui est très facile au moyen du graphique de la **figure 13**. Ensuite on divise la valeur obtenue par $\sqrt{\epsilon}$, où ϵ re-

présente la permittivité ou constante diélectrique; celle-ci étant pour n'importe quel matériau, supérieure à celle de l'air, il s'ensuit que l'impédance caractéristique des câbles coaxiaux à diélectrique solide est, dans tous les cas, plus petite que celle correspondant aux câbles coaxiaux à diélectrique air.

Réflexion de l'énergie le long d'une ligne

Dans une ligne de transmission, de longueur indéfinie, le signal de l'émetteur se transforme en ondes qui se propagent le long du conducteur.

Considérons une ligne de longueur déterminée, $\lambda/2$ par exemple, avec les deux conducteurs interrompus aux extrémités comme s'ils étaient coupés net. Dans ce cas les ondes qui se propagent le long de la ligne atteignent l'extrémité ouverte et sont réfléchies.

Ce phénomène provoque la formation d'ondes stationnaires de tension et de courant, hors de phase comme dans une antenne (**figure 17**).

Les ondes réfléchies constituent l'énergie qui n'a pas été absorbée par la charge mais réfléchi le long de la ligne. Cet inconvénient ne devrait pas se vérifier dans une ligne de transmission dont le but est de transférer le plus d'énergie possible à la charge.

Si l'énergie est réfléchi, il se forme des ondes stationnaires, ce qui indique un changement dans le rapport tension courant le long de toute la ligne.

Si toute l'énergie est réfléchi par la borne de sortie, c'est que l'impédance est purement réactive le long de la ligne. Si une partie de l'énergie est absorbée et le reste est réfléchi, c'est que l'impédance de la ligne est résistive (plus grande ou plus petite de l'impédance caractéristique) ou bien possède soit des composants résistifs soit réactifs.

Si on n'a pas d'ondes réfléchies et, par conséquent, d'ondes stationnaires, on a affaire à une ligne de longueur indéfinie. Dans ce cas, l'impédance est égale à l'impédance caractéristique. Lorsque l'émetteur envoie un signal dans une ligne d'impédance égale à l'impédance caractéristique, il n'y a ni ondes stationnaires ni réflexions. Si aux bornes de sortie on place une charge

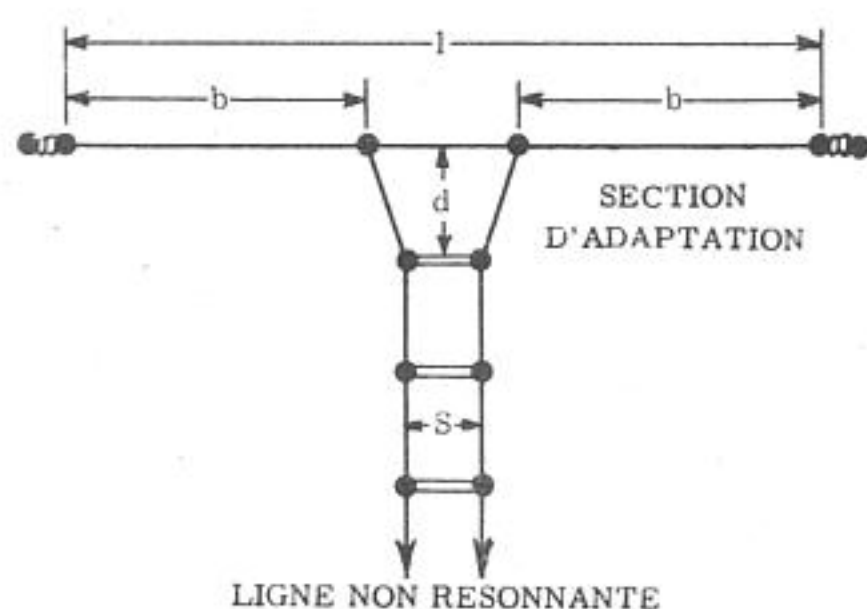


Fig. 16 - Adaptation en « delta » entre une ligne bifilaire et un dipôle. La ligne se termine à une distance critique de l'antenne et elle est reliée à deux points de celle-ci, symétriques par rapport au centre.

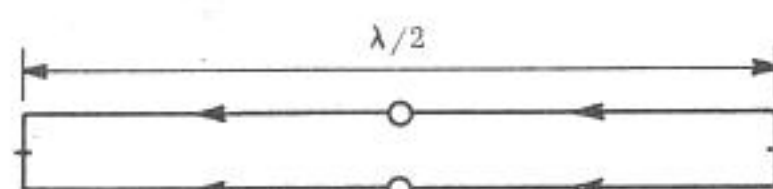


Fig. 17 - A - Dipôle multifilaire, constitué par plusieurs conducteurs, dont l'un est détaché des autres, sauf aux extrémités. L'impédance caractéristique qui en résulte est quadruple de celle d'un dipôle normal.

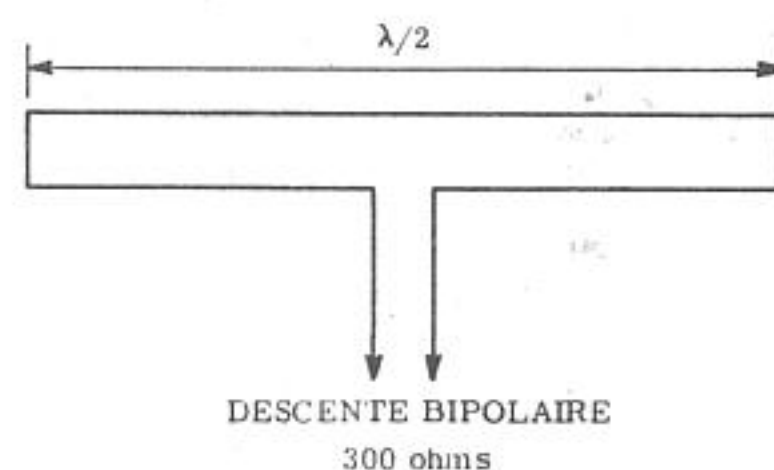


Fig. 17 B - Adaptation de la ligne de transmission à un dipôle du type de la figure 17 A. Elle est plus simple que l'adaptation « delta », et elle est moins critique.

résistive égale à l'impédance caractéristique, on obtient le même résultat que si l'on avait réuni l'émetteur à une ligne de longueur indéfinie.

Par conséquent, une ligne fermée de cette façon ne donne pas lieu à des réflexions d'énergie ni à des ondes stationnaires. Il en suit le maximum d'énergie transféré de l'émetteur à l'antenne.

Comme on a déjà vu, c'est comme si les inductances, les capacités et les résistances étaient réparties uniformément le long de la ligne de transmission.

Ainsi aucune réflexion d'énergie ne se produit, à moins que l'impédance en un point de la ligne ne soit différente de celle due aux constantes réparties. Les ondes qui se propagent, atteignant la charge, se trouvent en présence d'une impédance différente de celle qu'on a le long de la ligne, donnant lieu à des ondes stationnaires ou bien à des réflexions d'énergie. On rencontre ces dernières dès que la charge s'éloigne quelque peu de l'impédance caractéristique.

Dans le cas où la ligne se ferme sur une charge résistive de basse valeur, ou bien de valeur plus élevée que l'impédance caractéristique. On obtient respectivement le même résultat qu'avec une ligne fermée ou ouverte à une extrémité.

Dans le premier cas, lorsque la charge résistive est basse, il se forme des ondes stationnaires qui présentent des noeuds et des ventres aux mêmes points que dans une ligne ayant la même extrémité fermée.

Toutefois, les amplitudes des ondes stationnaires sont plus faibles et les noeuds n'atteignent plus la valeur zéro.

Ce phénomène se produit parce qu'une partie de l'énergie est absorbée par la résistance de basse valeur, même si la plus grande partie est réfléchie vers la source. A ce point confrontons la fig. 17-A avec la figure 18-A afin d'observer l'allure des tensions et des courants le long d'une ligne fermée.

Dans la figure 18-B, la ligne se ferme sur une résistance de valeur élevée qui donne lieu à des ondes stationnaires semblables à celles de la figure 17-B. Dans ce cas aussi la différence réside seulement dans l'amplitude de l'onde stationnaire.

Jusqu'à présent on a supposé que la charge était placée au bout de la ligne, même si elle pouvait l'être en des points intermédiaires. On peut relier la charge par exemple, à $1/16$ de λ de la borne d'une ligne fermée, de $\lambda/4$ de longueur. Dans ce cas le générateur, ou la source, est relié en un point de haute tension et de bas courant, tandis que la charge est connectée en un point de basse tension et de haut courant. Ce type de branchement n'est pas très facile à réaliser car il est très difficile de fermer la ligne sur une charge égale à l'impédance caractéristique, ce qui donnera lieu à des réflexions et à des ondes stationnaires.

COUPLAGE avec les ANTENNES

En ce qui concerne la liaison émetteur-antenne, les lignes de transmission adoptées le plus fréquemment sont: la ligne bifilaire à diélectrique solide de 300Ω , la ligne bifilaire à air d'environ 500Ω et le câble coaxial de 50Ω . De ce qui a été dit plus haut, nous pourrions déduire que des ondes stationnaires ne se produisent pas dans le cas où l'impédance d'entrée de l'antenne est totalement résistive et égale l'impédance caractéristique de la ligne, parce que l'énergie circule exclusivement dans le sens émetteur-antenne, sans subir de réflexion.

Lorsqu'au contraire, à l'extrémité de la ligne de transmission reliée à l'antenne, il se produit une réflexion partielle, des ondes stationnaires d'amplitude proportionnelle au T.O.S. se forment le long de la ligne. La réflexion peut avoir deux causes:

- 1 - Une désadaptation d'impédance entre la ligne de transmission et l'antenne.
- 2 - Le fait que l'impédance d'entrée de l'antenne soit partiellement réactive.

Naturellement, une réflexion totale ne se produira jamais dans aucun des deux cas et il n'y aura pas de noeuds où la tension s'annule, ni de ventres où elle devient le double de celle fournie par l'émetteur. Toutefois, en mesurant la tension le long de la ligne, on peut constater des maxima et des minima fortement prononcés.

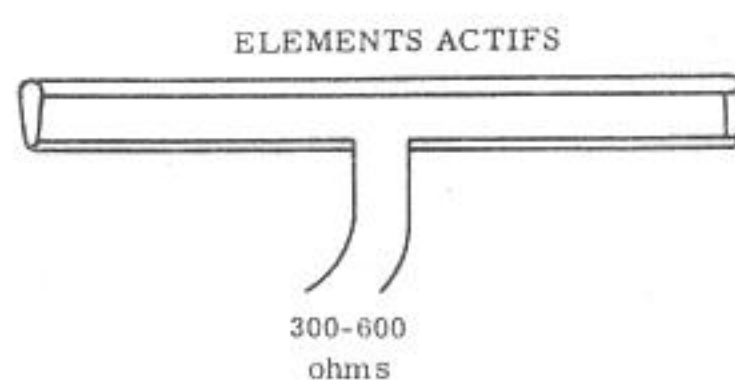


Fig. 18 A - Dipôle dans lequel le conducteur supérieur possède un diamètre plus grand que le conducteur inférieur. L'impédance caractéristique qui en résulte est beaucoup plus grande que celle d'un dipôle normal et dépend du rapport entre les deux diamètres des conducteurs.

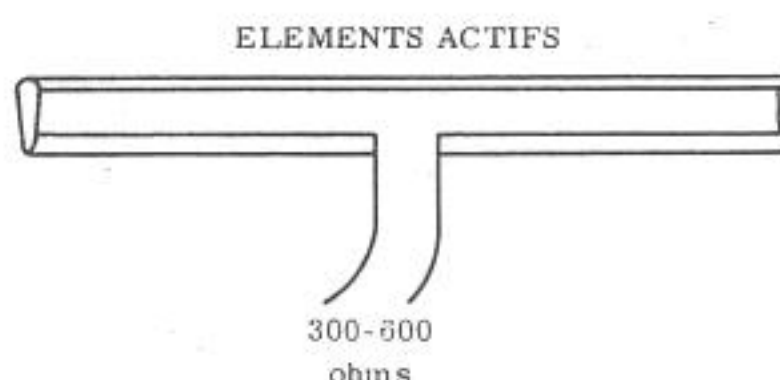


Fig. 18 B - Cas opposé au précédent. Le conducteur supérieur possède un diamètre plus petit que le conducteur inférieur. L'impédance qui en résulte est plus petite que le quadruple de celle d'un dipôle normal.

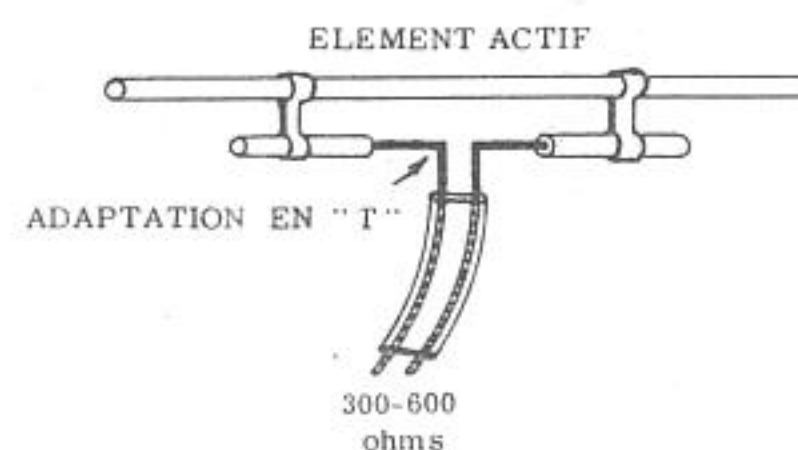


Fig. 19 - Adaptation en « T », analogue à celle d'un dipôle bifilaire. Dans ce cas, on a une différence entre les longueurs des deux segments. L'adaptation d'impédance s'améliore en faisant varier la position des deux pinces de fixation.

Lignes non accordées. - Comme nous le savons, les lignes de transmission non accordées sont celles où l'on fait en sorte d'éviter les ondes stationnaires, c'est-à-dire les réflexions d'énergie vers l'émetteur.

Les types les plus communs de liaison ou, plus exactement, **d'adaptation** sont: l'adaptation en «delta» pour les «dipôles multifilaires» et l'adaptation en «T».

Considérons tout d'abord l'**adaptation en «delta»**, représentée par la **figure 16**. La ligne de transmission est une ligne bifilaire normale à diélectrique air, jusqu'à une distance **d** de l'antenne. En ce point, les deux conducteurs commencent à s'éloigner l'un de l'autre, en formant une marche en forme d'Y. Cela apporte une diminution graduelle de la capacité répartie et, par conséquent, une augmentation de l'impédance caractéristique. Les deux branches de l'Y sont reliées à l'antenne en des points symétriques par rapport au point central et correspondant à une impédance caractéristique intermédiaire entre l'impédance normale de la ligne et celle qu'elle présente aux bornes de l'Y (ce qui est, nous l'avons déjà dit, important).

Cette adaptation est très critique et les valeurs de **l** (longueur de l'antenne), de **d**, et de **b** doivent être soigneusement calculées, d'après les expressions suivantes qui dépendent de la fréquence de transmission:

$$l = 140, 2 F; \quad b = 53 F; \quad d = 45 F$$

dans lesquelles **F** est la fréquence en MHz; toutes les longueurs sont exprimées en mètres. Une différence même très légère est suffisante pour déterminer des réflexions, avec pour conséquence des ondes stationnaires dans la ligne de transmission.

Un **dipôle multifilaire** est une antenne normale dipôle, formée de plusieurs conducteurs rapprochés ou entrelacés. L'impédance d'un dipôle multifilaire est à peine supérieure à celle d'un dipôle à conducteur unique, jusqu'à ce que tous les conducteurs qui le constituent soient étroitement en contact en tous les points de sa longueur. Si, au contraire, un conducteur se sépare totalement des autres, sauf aux points extrêmes, on obtient une antenne du type de la **figure 17-A**. Ce

type particulier de multifilaire possède une impédance caractéristique égale au quadruple du type normal. C'est pourquoi dans le cas du dipôle demi-onde, l'impédance d'entrée passe de 75 à 300 ohms.

L'adaptation d'un dipôle multifilaire du type que nous venons de décrire est obtenue au moyen de la disposition de la **figure 17-B**. Elle est, on le voit, plus simple que celle en «delta» précédemment décrite, étant donné qu'aucun calcul n'est nécessaire pour obtenir les points de liaison, ni aucune modification dans la dernière partie de la ligne. On a, en outre, un second avantage: l'impédance de l'antenne n'est plus invariable, mais au contraire elle peut être modifiée à volonté, au moyen du procédé suivant.

Si les deux conducteurs, supérieur et inférieur, qui constituent le dipôle en question, sont du même diamètre, l'impédance est effectivement le quadruple de celle du dipôle simple. Si, au contraire, la partie supérieure a un diamètre plus grand que la partie inférieure, comme on le voit sur la **figure 18-A**, on obtient une impédance supérieure. Elle dépend, de toute façon, du rapport entre les deux diamètres. Dans le cas contraire, à savoir lorsque la partie supérieure, a un diamètre plus petit que la partie inférieure, comme le montre la **figure 18-B**, on obtient une impédance inférieure à celle correspondant au quadruple du dipôle normal.

Considérons, enfin, le cas de l'**adaptation en T**. Il s'agit (**figure 19**) d'une adaptation similaire à celle du dipôle bifilaire, à moins que la partie inférieure soit plus courte que la partie supérieure. Cette adaptation donne des résultats meilleurs que ceux du dipôle bifilaire pour des fréquences allant jusqu'à 30 MHz; pour les fréquences supérieures cette dernière est préférable.

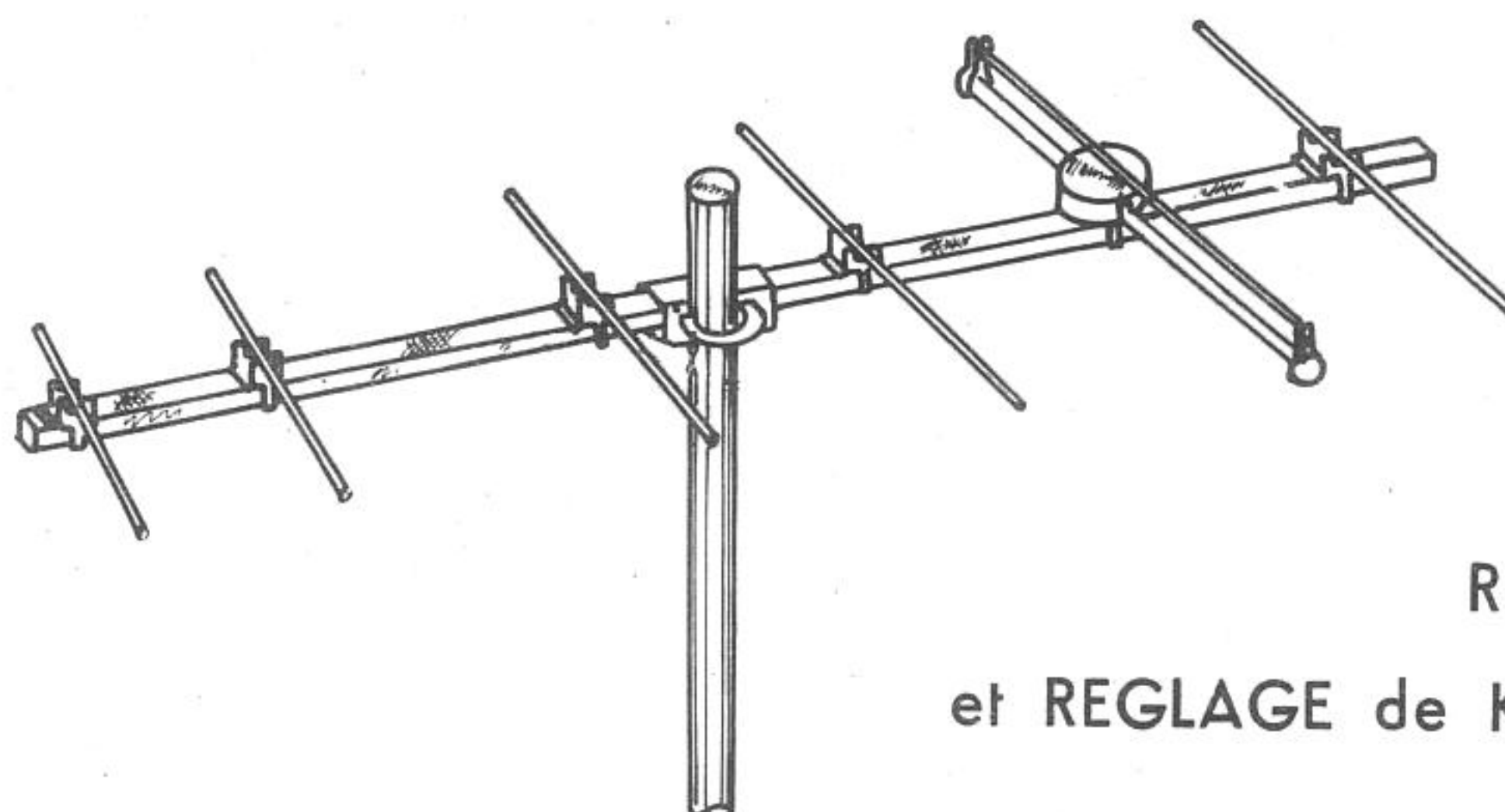
Les deux conducteurs d'adaptation (ceux qui forment la partie inférieure), sont reliés à la partie supérieure au moyen de deux pinces de fixation. La position de ces pinces de fixation peut être modifiée, permettant ainsi de régler l'adaptation par rapport à la fréquence du signal d'entrée, afin d'obtenir les meilleures conditions (le maximum de rayonnement et le minimum de réflexion).

QUESTIONS sur les LEÇONS 121 et 122

- N. 1 — Qu'entend-on par « antenne » ? Quel est son rôle spécifique vis à vis d'un récepteur ou d'un émetteur ?
- N. 2 — De quels facteurs dépend l'intensité du champ électromagnétique rayonné par une antenne dans l'espace environnant ?
- N. 3 — Dans quel cas une antenne est-elle parcourue par un courant ayant l'intensité maximum possible ?
- N. 4 — Quels sont les cas où l'on obtient, le rayonnement maximum d'énergie à haute fréquence ?
- N. 5 — Dans l'étude de la répartition le long d'une antenne de la tension et du courant, qu'entend-t-on par « ventre » et par « noeud » ?
- N. 6 — De quelle façon définit-on d'habitude le « taux d'ondes stationnaires » (T.O.S.) ?
- N. 7 — Pour quelle raison une antenne calculée suivant la longueur d'onde, doit-elle avoir une longueur effective légèrement inférieure à la valeur calculée, c'est-à-dire inférieure à un multiple de demi-longueur d'onde ?
- N. 8 — Qu'est-ce qu'un dipôle ?
- N. 9 — Qu'entend-on par impédance d'une antenne ? Peut-on considérer cette valeur comme une valeur absolue ?
- N. 10 — De quelle façon peut-on définir la résistance de rayonnement d'une antenne ?
- N. 11 — Qu'est-ce qu'un diagramme de rayonnement, et à quoi sert-il ?
- N. 12 — Qu'entend-t-on par « antenne isotropique » ?
- N. 13 — Qu'est-ce qu'une ligne de transmission ?
- N. 14 — De quelle façon est-il possible d'éviter le rayonnement d'énergie à haute fréquence, de la part d'une ligne de transmission ?
- N. 15 — Combien de types de câbles utilise-t-on pour les lignes de transmission ? Comment sont-ils, à leur tour, subdivisés ?
- N. 16 — Qu'entend-on par « impédance caractéristique » d'une ligne de transmission ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 955

- N. 1 — La perception simultanée de sons provenant de directions différentes, procurant ainsi une sensation de relief sonore.
- N. 2 — En envoyant à deux amplificateurs différents les signaux qui proviennent de deux microphones séparés, disposés de chaque côté d'un côté de la source sonore (orchestre).
- N. 3 — Sur un disque, ou sur un ruban ayant au moins deux pistes disponibles simultanément.
- N. 4 — Alignées, c'est-à-dire de sorte que les entrefers relatifs puissent se trouver sur la même perpendiculaire à l'axe longitudinal du ruban.
- N. 5 — Dans l'enregistrement des deux canaux sur un sillon unique, avec un angle de 90° . En d'autres termes, ils sont inclinés de 45° , en sens opposé, par rapport à la normale (perpendiculaire à la surface du disque).
- N. 6 — Pour la répartition équitable entre les deux canaux des distorsions inévitables, et pour la réduction importante des perturbations dues à la structure granuleuse du matériau du disque (bruit de fond).
- N. 7 — L'influence mutuelle entre les deux canaux d'un ensemble stéréophonique c'est-à-dire l'intermodulation des deux canaux.
- N. 8 — Sur le fait que les signaux peuvent être prélevés séparément au moyen de deux paires d'électrodes métalliques disposées sur les côtés du cristal, correspondant aux deux faces perpendiculaires aux axes de vibration. De plus, il est à 45° par rapport au plan horizontal du disque.
- N. 9 — Lorsque les signaux de magnétisation d'une des deux traces arrivent à s'étendre jusqu'à atteindre la trace de l'autre canal.
- N. 10 — A répartir équitablement les deux signaux entre les canaux, jusqu'à obtenir un bon équilibre entre les deux puissances sonores.
- N. 11 — La commande de balance est utilisée pour régler l'équilibre entre les 2 haut-parleurs (stéréophonie) et permettre de centrer le son.
- N. 12 — Normalement l'équilibre est réalisé et la commande de balance est à mi-course, mais quelquefois, il peut se passer que la position de la commande soit comprise un peu plus d'un côté ou de l'autre, cela ne révélant pas une anomalie.
- N. 13 — Lorsque cette commande est en position « filtre », il se produit une atténuation simultanée des hautes et des basses fréquences. Ce dispositif peut être utilisé avec les sources musicales de médiocres qualités comme des disques rayés, etc...
- N. 14 — Oui, on peut l'utiliser pour l'écoute des bandes magnétiques enregistrées mais on ne peut pas l'utiliser pour l'enregistrement sur une platine dépourvue de préamplificateur d'enregistrement.



REALISATION et REGLAGE de KIT'ANTENNE

DECOUPAGE DES ANTENNES KIT EN BANDE, CANAUX ET NOMBRE D'ELEMENTS

Utilisation	Bande	Canaux fréquences d'émission en MHz	nombre d'éléments	Réf. « Kit Antenne »
Télé 1ère chaîne	I	de 40 à 67	1	B 11
télé » »	I	de 40 à 67	2	B 12
télé » »	I	de 40 à 67	3	B 13
télé » »	I	de 40 à 67	4	B 14
FM	II	de 87 à 104	1	B 21
FM	II	de 87 à 104	2	B 22
FM	II	de 87 à 104	3	B 23
FM	II	de 87 à 104	4	B 24
FM	II	de 87 à 104	5	B 25
FM	II	de 87 à 104	additif + 2	AB 2
Télé 1ère chaîne	III	de 164 à 223	2 - 3	B 33
télé » »	III	de 164 à 223	3 - 4	B 34
télé » »	III	de 164 à 223	5 - 6	B 36
télé » »	III	de 164 à 223	7 - 8	B 38
télé » »	III	de 164 à 223	9 - 10	B 310
télé » »	III	de 164 à 223	11 - 12	B 312
télé » »	III	de 164 à 223	13 - 14	B 314
télé » »	III	de 164 à 223	additif + 2	AB 3
Télé 2ème chaîne	IV-V	de 470 à 862	6	B 456
télé » »	IV-V	de 470 à 862	10	B 4510
télé » »	IV-V	de 470 à 862	14	B 4514
télé » »	IV-V	de 470 à 862	18	B 4518
télé » »	IV-V	de 470 à 862	22	B 4522
télé » »	IV-V	de 470 à 862	26	B 4526
télé » »	IV-V	de 470 à 862	32	B 4532
télé » »	IV-V	de 470 à 862	additif + 2	AB 45
	B I	de 470 à 862	additif radiateur	AR I
	B II	de 470 à 862	» »	AR II
	B III	de 470 à 862	» »	AR III
	B IV-V	de 470 à 862	» »	AR IV

La conception mécanique des ensembles Kit'antennes permet d'exécuter une antenne dans les meilleures conditions sans usinage particulier. L'antenne en Kit répond à toutes les exigences techniques et permet ainsi d'accéder facilement aux performances idéales de réception.

DU CHOIX de VOTRE ANTENNE

Les fréquences en mégahertz (MHz) utilisées pour la transmission du son FM ou des images télévisées se répartissent en bandes I, II, III, IV et V. Ces bandes se subdivisent en un certain nombre de canaux.

Le choix de votre antenne se fera donc dans une bande déterminée, sans tenir compte du canal à recevoir (voir tableau ci-contre). Vous ajustez vous même les différentes longueurs d'éléments et déterminez leur espacement à l'aide du système « Ondocalcul » décrit plus loin.

DESCRIPTION et ROLE de CHAQUE COMPOSANT de L'ANTENNE

L'antenne en Kit comprend:

- 1°) Un tube devant supporter les éléments, appelé tube support.
- 2°) Les éléments: Réflecteurs - Dipôles, Directeurs.
- 3°) Les accessoires de montage et de fixation.
- 4°) Le système de calcul des dimensions; la règle « Ondocalcul ».

DESCRIPTION DETAILLEE

1°) **Le tube support.** - Ce support est réalisé à partir d'un tube de section carrée de 20 millimètres, en alliage Duralinox AMG 3/4 dur. Ces tubes se présentent aux différentes longueurs prévues, pour réaliser tous les types d'antennes; la figure 1 montre le système de raccordement mécanique.

2°) **Les éléments.** - Les éléments sont la partie active de l'antenne. Ils ont pour rôle de concentrer l'énergie électro-magnétique sur le capteur de cette énergie qu'est le dipôle. Ces éléments prennent, des noms différents suivant leurs rôles respectifs.

a) Le réflecteur joue le rôle d'un miroir réfléchissant les ondes vers le dipôle, et fait écran à celles qui pourraient éventuellement venir de l'arrière (échos).

3°) **Le dipôle** capte l'énergie électromagnétique et la transforme en courant. Nous notons qu'afin d'obtenir des impédances diverses suivant le type d'antenne construit, un additif est prévu, (voir planche n° 1).

4°) **Les directeurs** rayonnent à nouveau, après avoir été induit, l'énergie électromagnétique qu'ils ont captée et la transmettent en chaîne, d'éléments en éléments jusqu'au dipôle.

Pour que les différentes sources d'énergie émanant des divers directeurs puissent s'additionner, les espacements entre ceux-ci devront être ajustés afin d'obtenir le maximum de gain. Ainsi que leurs noms l'indiquent, les directeurs donnent de la directivité à l'antenne et ceux-ci devront être dirigés vers l'émetteur.

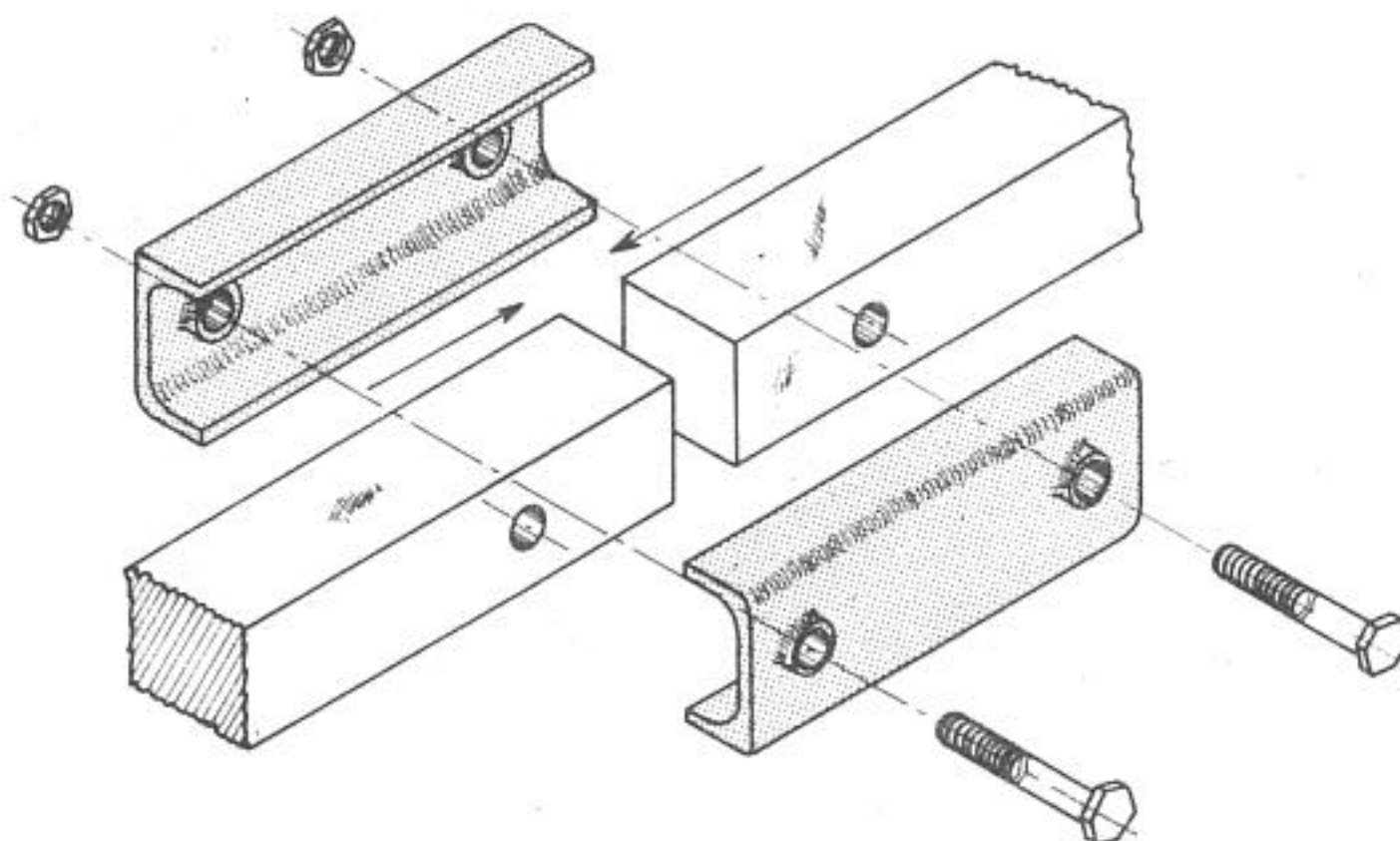


Figure 1

LES ACCESSOIRES de MONTAGE

La fixation des éléments est fabriquée industriellement et répond à tous les critères, de simplicité, maniabilité et solidité, elle est réalisée à partir d'un alliage d'aluminium spécial lui conférant une certaine élasticité; elle comprend 4 parties:

- Le clips lui-même (a)
- Les vis de fixation (b)
- Le ressort conique (c)
- La bague (d)

Cet ensemble permet la rotation à 90° de l'élément pour le transport ou le stockage.

L'originalité, sans précédent, sur le marché international, de l'antenne « Kit » est le déplacement possible de l'élément tout le long du mât support, avec possibilité de fixation définitive à l'endroit précis, là où le maximum de gain est obtenu. Cela confère aux antennes ainsi réalisées des qualités certaines, pour chaque cas ou point de réception. A partir de ces données, il sera possible de construire toutes les antennes que l'on désirera.

LES FIXATIONS D'ANTENNES AU MAT PORTEUR

Celles-ci sont destinées à fixer l'antenne sur le mât porteur. Il en existe 4 types.

a) fixation simple.

b) fixation simple orientable; cette fixation permet l'inclinaison de l'antenne dans le plan vertical jusqu'à 30°. On sait déjà qu'une antenne doit être placée dans le plan de rayonnement de l'émetteur, or ce rayonnement peut très bien être modifié par un

obstacle qui le diffracte, le train d'ondes se trouvant ainsi dirigé vers le sol. Le fait d'incliner l'antenne vers le ciel replacera celle-ci exactement dans le plan de rayonnement et captera ainsi le maximum d'énergie électromagnétique.

c) fixation orientable grand modèle.

d) fixation orientable modèle géant, pour antenne très longue.

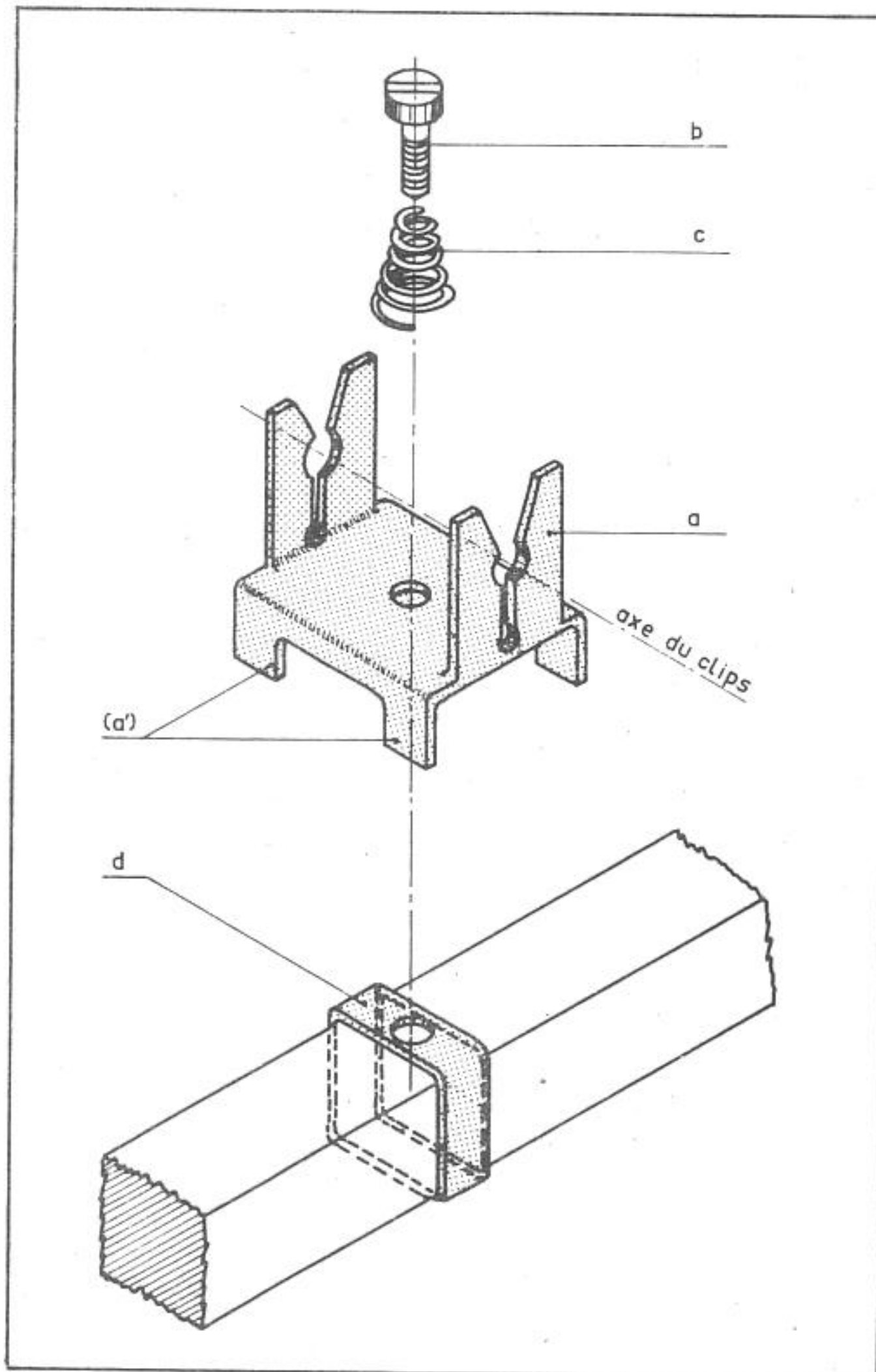


Figure 2

ONDOCALCUL

Mode d'emploi.

Vous désirez connaître les fréquences son et image de l'émetteur Paris 1ère chaîne (8 A).

Faire apparaître dans la fenêtre marquée « canal » le chiffre « 8A » en agissant sur la glissière. Dans les fenêtres marquées « fréquence son », « fréquence image », paraissent respectivement, 174,10 et 185,25.

Vous pouvez aussi connaître, à partir de cette donnée la fréquence médiane 179,67 MHz, la longueur d'onde moyenne 1,669 mètre et la demi-longueur d'onde 0,834 m.

En face des éléments des antennes dessinées apparaissent les dimensions à donner à ceux-ci, les fenêtres situées entre les éléments indiquent les espacements.

Il est évident qu'à partir d'une de ces données, on peut retrouver les autres.

Ondocalcul est un véritable outil de travail pour tous les techniciens si l'on pense que tous les canaux, toutes les bandes VHF et UHF sont répertoriées, tant en normes françaises, CCIR et Britanniques, sans oublier la FM.

MISE au POINT des ANTENNES

Après vous être servi de « Ondocalcul » vous avez dégrossi votre antenne, vous connaissez la longueur de vos éléments, et la longueur totale de votre antenne, par les espacements nécessaires entre les éléments.

Cette antenne ainsi réalisée vous donnera d'excellents résultats qui pourront se comparer aux meilleures antennes distribuées dans le commerce.

Mais là commence votre véritable rôle de technicien si vous voulez obtenir le maximum de rendement.

Afin de simplifier les explications, nous appellerons les éléments de la manière suivante, en regardant dans la direction de l'émetteur.

- réflecteur, le brin situé derrière le dipôle;
- dipôle, le brin sur lequel est connecté le câble coaxial;
- 1er directeur, le brin situé après le dipôle;
- 2ème directeur, le brin situé après le 1er directeur;
- directeurs communs, le 3ème brin et au-delà.

1°) Placer les directeurs communs à la distance requise et les fixer.

2°) Aux distances indiquées pour le réflecteur, le dipôle, le premier et le deuxième directeur, les placer sur le tube carré sans les fixer, puis en les glissant délicatement l'un vers l'autre, rechercher la position qui donne le maximum de gain.

Le premier directeur sera ajusté au maximum de gain sur l'image pour les canaux pairs et au maximum de son pour les canaux impairs (standard français).

Le deuxième directeur sera ajusté au maximum de gain sur le son pour les canaux pairs et au maximum de gain sur l'image pour les canaux impairs (standard français). Parfaire le réglage en éloignant ou rapprochant le réflecteur du dipôle.

MONTAGE

Présenter bout à bout les différents éléments du tube support.

Placer à côté les pièces de raccordement figure 2.

Assembler la vis de fixation (b) le clips (a), sur la bague (d) en intercalant le ressort (c) entre la tête de la vis et le clips (figure 2). Déterminer les espace-

ments des différents éléments à l'aide du système ONDOCALCUL.

Positionner les ensembles de fixation (a. b. c. d.), axe longitudinal du clips, en glissant les bagues (d) autour du tube support, de manière à ne pas être gêné par les pièces de raccordement pour un réglage éventuel. Mettre le clips (a) en position de cavalier de manière à ce que les petites pattes (a') positionnent l'axe du brin perpendiculaire au tube support et que l'effet de ressort l'applique sur ce dernier. Les deux bagues avec vis sans tête nécessaires pour la fixation du boîtier de radiateur (**figure 3**) doivent être positionnées à 25 mm de part et d'autre de l'axe déterminé de celui-ci.

Raccorder les éléments du tube support à l'aide des raccords et des boulons accessoires; les bossages intérieurs doivent s'inscruster dans les trous des tubes (fig. 1).

Couper éventuellement les extrémités du tube support non utiles.

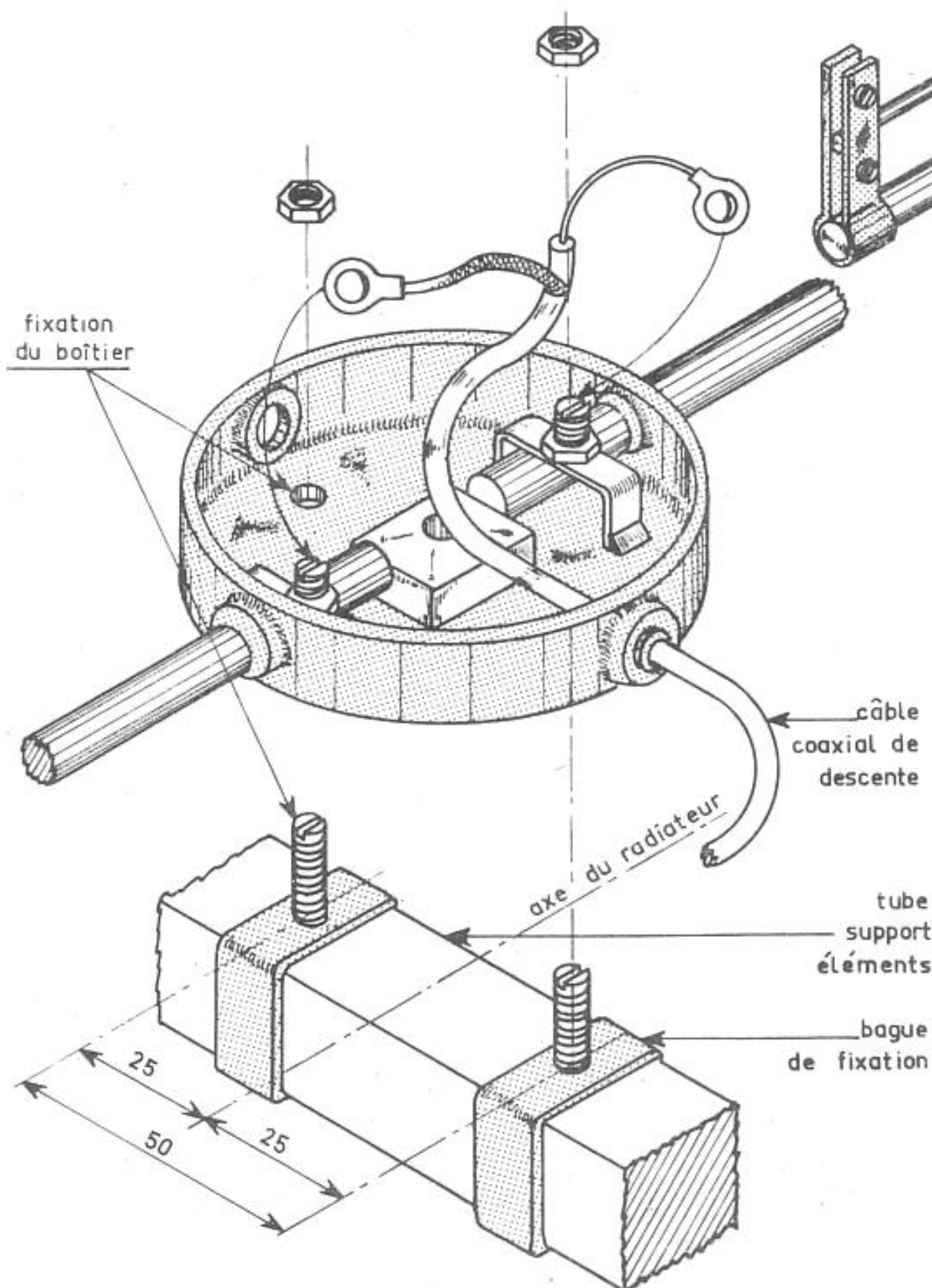


Figure 3

Le système ONDOCALCUL ayant déterminé la longueur des différents brins, couper ceux-ci à dimension et les fixer par clips, après avoir réglé leur centrage, en exerçant une pression sur le brin. Tenir compte pour le tube radiateur qui est en deux parties, d'un

espace central isolant de 10 mm qui se répercutera de 5 mm en moins sur chaque demi-élément, boucher ces deux demi-éléments avec les embouts plastiques, les positionner dans le boîtier après avoir coupé les extrémités des tétines d'étanchéité à une dimension des deux tiers environ du diamètre du tube. Serrer les vis sans tête; les écrous de ces dernières serviront à la connexion du câble coaxial après l'avoir passé dans une tétine d'étanchéité coupée à un diamètre inférieur d'un tiers, afin d'obtenir un serrage étanche.

Votre antenne proprement dite est faite il ne

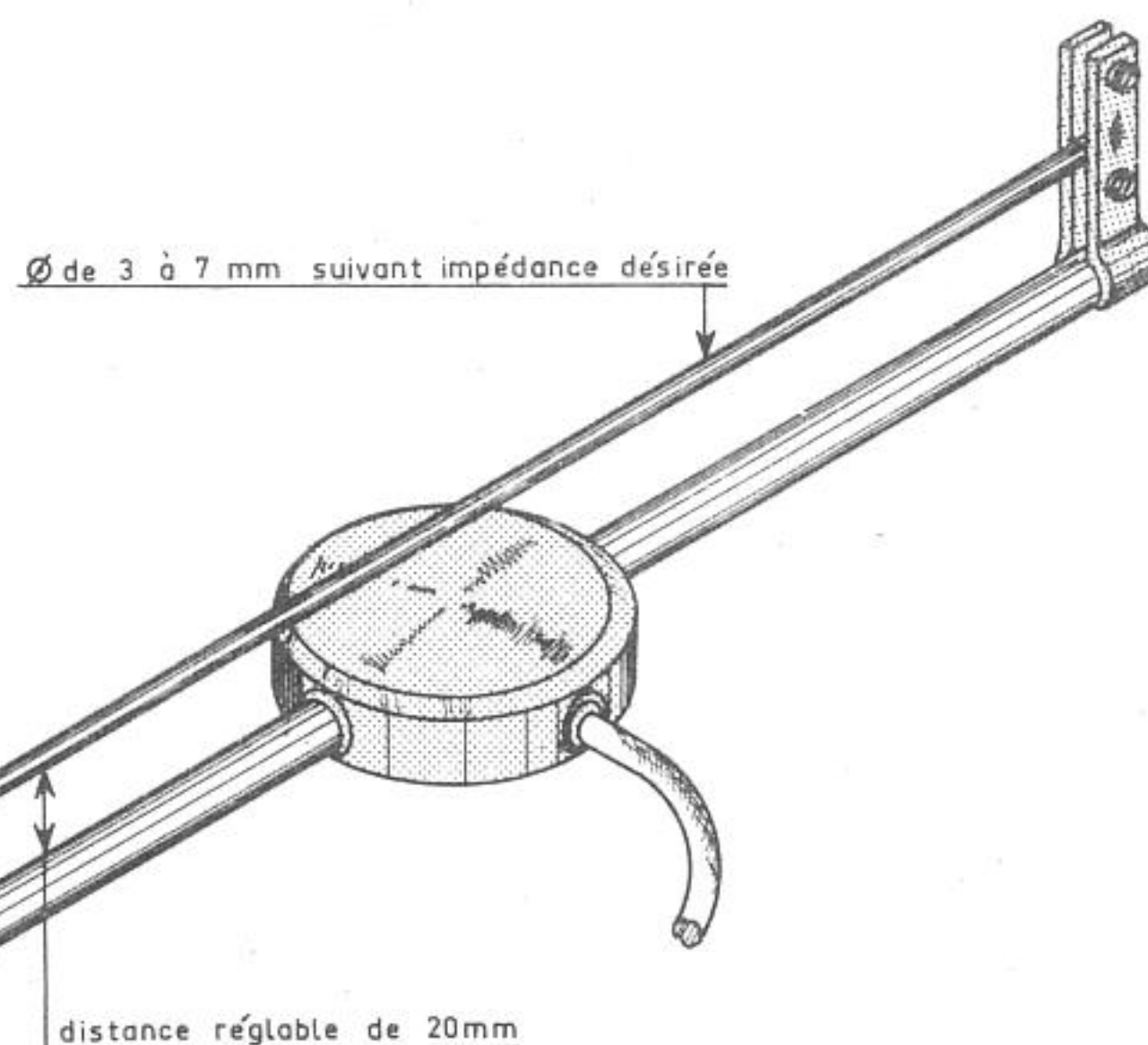


Figure 3 bis

vous reste plus qu'à en effectuer le réglage particulier. Pour le transport ou le stockage, vous réduirez son encombrement sans en modifier le réglage, par simple traction sur le brin afin de dégager les pattes de centrage, ce qui permet la rotation de l'ensemble autour de sa vis de positionnement. Le retour à la position initiale reconstitue instantanément votre antenne.

Maintenant il faut fixer cette antenne à un mât. Pour ce faire « Kit - Antenne » met à votre disposition quatre fixations différentes, qui toutes se superposent aux pièces de raccordement, dont on remplace les boulons par un étrier passant autour du mât. Ces fixations se positionnent par leurs creux sur les bossages extérieurs des pièces de raccordement.

a) **Figure 4:** Fixation simple.

b) **Figure 4:** Fixation simple orientable en cinq positions de 0 à 30°.

Ces deux fixations conviennent aux petites antennes.

Lorsque l'antenne atteint une certaine dimension, il est nécessaire de renforcer sa linéarité. Les ensembles Kit pour grandes antennes comprennent donc un certain nombre de tubes, qui servent de rail inférieur de renfort, assemblés par des pièces de raccordement identiques à celles de l'antenne et des plaques en-

PPI repeteur — Élément « radar » qui reproduit la présentation PPI à une certaine distance de l'appareillage « radar » principal.

PPI scan — Présentation « radar » panoramique.

PPI scope — Présentation « radar » panoramique.

P-P junction — Jonction P-P (région de transition entre deux régions qui ont des propriétés différentes dans un matériau semiconducteur de type P).

PPM — Abréviation de « Pulse-Position Modulation » (Modulation à impulsions à variations de temps).

PPPI — Abréviation de « Precision Plan Position Indicator » (indicateur panoramique de précision).

PPPII — Abréviation de « Photographic Projection Plan Position Indicator » (indicateur panoramique à projection photographique).

pps — Abréviation de « Pulses per second » (impulsions par seconde).

Practical system of electrical units — Système pratique d'unité électrique (où les unités sont des multiples ou bien sous-multiples des unités du système centimètre-gramme-seconde).

P (r) curves — Courbes de probabilité.

Preamble — Préambule (la partie initiale d'un message radiotélégraphique, contenant le numéro du message, la date, l'office d'origine, l'heure, etc.).

Preamp — Abréviation de « Preamplifier » (Préamplificateur).

Preamplifier — Préamplificateur (amplificateur, placé en amont de l'amplificateur principal, dont la fonction principale est d'élever le signal à un niveau intermédiaire de sorte qu'il puisse être amplifié sans détérioration du rapport signal/bruit).

Precedence designations — Désignations de précedence (des appels téléphoniques). Dans NATO on a les désignations suivantes, en ordre de précedence: « Flash », « éclair » et « Urgent ».

Precedence indicator — Indicateur de précedence.

Precession — Variation dans l'orientation de l'axe d'un gyroscope.

Precipitation — Précipitation (isolement d'un corp d'une solution au moyen de l'action physique ou chimique; chute de pluie ou de neige).

Precipitation noise — Bruits engendrés dans un circuit d'antenne, généralement sous forme d'une oscillation relâchée, provoquée par la décharge périodique de l'antenne ou de conducteurs au voisinage de l'antenne dans l'atmosphère.

Precipitation static — Type d'interférence qui peut se produire dans un poste récepteur pendant les tempêtes de neige, de pluie. Elle se produit souvent par le heurt de particules de poussière contre l'antenne, ou bien par l'existence de champs d'induction créés par des décharges sous l'influence de l'effet couronne produite au voisinage.

Precipitator — Dépoussiéreur électrostatique (appareillage électronique pour déplacer des petites particules de l'air au moyen de précipitation électrostatique).

Precipitron — Marque de fabrique de la Westinghouse pour un appareillage électronique apte à éloigner la fumée, la poussière, l'huile, la vapeur et d'autres particules réduites de l'air.

Precision approach radar — « Radar » d'approche à grande précision (pour l'atterrissage d'avions guidés de la terre).

Precision bridge — Pont (de mesure) de précision.

Precision plan position indicator — Indicateur panoramique couplé à un écran « radar » à présentation visuelle type B, pour la mesure précise des coordonnées d'une cible.

Precision range unit — Élément pour l'indication des mesures de portée, de grande précision pour « radar » de contrôle de tir.

Precision resistor — Résistance de précision.

Precision sweep — Balayage de précision; (expansion sur l'écran « radar » tout entier d'une portion réduite de la ligne de balayage afin de permettre des mesures précises de la portée).

Precision switch — Interrupteur de précision.

Precision wavemeter — Ondemètre de précision.

Preconduction — Préconduction.

Preconduction current — Courant de préconduction (courant anodique faible qui circule dans un « thyatron » ou autre tube à gaz, contrôle en grille avant le commencement de la conduction proprement dite).

Predicted-wave signalling — Système de communication télégraphique où on fait usage de filtres résonateurs et d'autres circuits particuliers dans le détecteur, afin de servir des informations connues sur les temps d'arrivée et de durée, sur la forme, etc. des impulsions qui arrivent, et rendre ainsi optimum la détection même en présence de fortes perturbations.

Prediction formula — Formule qui met en relation la luminosité et persistance d'une image « radar » à l'aide des propriétés physiques et l'orientation d'une structure urbaine que produit l'image.

Predictor — Calculateur.

Predistortion — Voir « Preemphasis ».

Preemphasis — Préaccentuation (préaccentuation accrue de l'intensité de quelques composantes de fréquence par rapport à d'autres, afin d'en réduire la distorsion).

Preemphasis network — Réseau de préaccentuation (filtre RC qui augmente une certaine gamme de fréquences par rapport à d'autres).

Preequalization — Voir « Preemphasis ».

Pre-fade listening — Ecoute d'un programme dans le but de contrôler avant qu'il soit augmenté graduellement l'intensité pour la transmission.

Preferential recombination — Recombinaison préférentielle (qui a lieu aussitôt après qu'une paire d'ions s'est formée).

Preferred tube types — Types de tubes dont on recommande l'emploi.

Prefiring — Temps de pré-démarrage.

Prefix — Préfixe. Signal de déclenchement.

P region — Région P (la région d'un semiconducteur où la densité des cavités dé-

passé celle des électrons).

Preheating — Préchauffage.

Preheating bench — Banc de préchauffage (appareillage pour porter les tubes électroniques à une température désirée dans le but de vérification).

Preoscillation current — Courant de démarrage.

Preoplemped system — Lignes de transmission coaxiales fixes, non syntonisables.

Prerecorded tape — Enregistrement sur ruban magnétique disponible dans le commerce.

Preselection — Présélection.

Preselector — Présélecteur (étage amplificateur H.F. accordé, placé avant le convertisseur de fréquence dans un poste superhétérodyne afin d'augmenter la sélectivité et la sensibilité).

Preselector circuit — Circuit présélecteur.

Presence — Présence (la qualité d'un équipement de reproduction du son qui crée l'illusion d'écouter le programme original et non sa reproduction).

Presentation — Aspect (forme que les signaux d'écho « radar » prennent sur l'écran d'un tube à rayons cathodiques).

Presentation selector — Sélecteur de présentation (circuit installé où des équipements « radar » qui permettent à l'opérateur de choisir le type de présentation désirée).

Preset guidance — Guidage d'un missile dont la route est établie avant le lancement, en réglant, sans aucune possibilité ultérieure de modifications, le mécanisme de contrôle.

Preset parameter — Paramètre, dans un calculateur électronique, dont la valeur est fixée, pour chaque problème, à une valeur établie par le programmeur.

Presetting — Prédiposition, réenclenchement.

Press — Procédé de fabrication d'un disque phonographique; presse.

Press (to) — Presser, imprimer.

Press board — Carton isolant.

Pressed cathode — Cathode formée par un alliage de tungstène-molibdène et par aluminate de baryum et calcium en rapport tel que la surface d'émission d'électrons et continuellement reconstituée.

Pressed-glass base — Support en verre imprimé.

Pressing — Disque phonographique obtenu d'un moule.

Press switch — Interrupteur à poussoir.

Press-to-talk switch — Interrupteur monté directement sur la poignée d'un microphone d'appareillage radio récepteur-émetteur, de sorte qu'en le pressant n'ait pu émettre.

Pressure hydrophone — Hydrophone à pression (microphone qui transmet les ondes sonores qui se propagent dans l'eau).

Pressure microphone — Microphone à pression (dont la sortie électrique correspond à la pression instantanée des ondes qui agissent sur lui, comme par exemple dans les microphones à carbone et à cristal).

Pressure pick-up — Dispositif qui convertit les variations de pression d'un gaz liquide en des variations correspondantes d'une quantité donnée que l'on peut me-

surer plus rapidement, comme l'inductance ou la résistance.

Pressure potentiometer — Transducteur où les variations de pression font changer de position le contact mobile d'un potentiomètre.

Pressure relay — Relais qui fonctionne à une pression déterminée d'un gaz ou liquide.

Pressure roller — Rouleau de pression (du mécanisme de vitesse du ruban d'un magnétophone).

Pressure switch — Interrupteur à pression (interrupteur qui est actionné par une variation de pression d'un gaz ou liquide).

Pressure-type capacitor — Condensateur fixe ou variable, employé particulièrement dans les émetteurs, monté dans un étui métallique rempli d'azote sous pression, ce qui permet de faire usage de tensions de travail élevées.

Pressurization — Pressurisation (emploi d'un gaz inerte ou air sec à l'intérieur d'une ligne coaxiale ou bien dans les parties critiques d'un appareillage).

Pressurized component — Composant pressurisé.

Pre-TR tube — Abréviation de « Pre-Transmit-Receive Tube » (tube à gaz employé comme commutateur dans un équipement « radar »).

Preventive maintenance — Manutention préventive.

PRF — Abréviation de « Pulse Repetition Frequency » (Fréquence de répétition des impulsions).

Pri — Abréviation de « Primary winding » (enroulement primaire).

Primary — Primaire.

Primary battery — Batterie sèche.

Primary cable — Câble pour circuits à basse tension.

Primary carrier flow — Courant primaire (le flux de courant dû aux porteurs dans un semiconducteur).

Primary cell — Pile sèche.

Primary circuit — Circuit primaire.

Primary coil — Bobine primaire.

Primary cosmic rays — Rayons cosmiques.

Primary current — Courant primaire (le courant qui circule dans l'enroulement primaire d'un transformateur).

Primary dark space — Région non lumineuse présente dans quelques types de tube à gaz à décharge.

Primary detector — Élément sensible.

Primary electron — Electron primaire.

Primary element — Élément sensible.

Primary emission — Emission primaire (émission d'électrons due à des causes primaires, par exemple le chauffage d'une cathode, et non à des effets secondaires comme le bombardement d'électrons).

Primary fault — Perforation initiale de l'isolation d'un conducteur.

Primary filter — Filtre primaire (inséré dans le faisceau d'un rayonnement afin d'en absorber les composantes moins importantes).

Primary flow — Courant primaire.

Primary frequency standard — Fréquence échantillon primaire (fréquence échantillon émise par la station WWV du National Bureau of Standard).

Primary grid emission — Emission thermoionique de grille.

Primary ionization — Ionisation primaire (l'ionisation produite dans un tube compteur de la radiation incidente).

Primary ionizing event — Événement ionisant primaire.

Primary ion pair — Paire d'ions primaire.

Primary keying — Manipulation, d'un radioémetteur, sur le primaire du transformateur d'alimentation.

Primary radar — « Radar » primaire (« radar » où le faisceau incident est réfléchi par la cible de façon à former le signal de retour).

Primary radiation — Rayonnement primaire (rayonnement qui arrive directement de la source origine).

Primary radiator — Radiateur primaire (élément d'une antenne d'où l'énergie rayonnée quitte le système de transmission).

Primary service area — Zone de réception primaire (zone où l'onde de surface d'un émetteur n'est pas soumise en pratique à des interférences ou affaiblissements considérables).

Primary skip zone — Zone de silence primaire zone autour d'un émetteur où la réception peut s'accomplir uniquement par des réflexions sporadiques).

Primary standard — Unité échantillon définie et établie par une autorité quelconque.

Primary transit-angle gap loading — Charge de l'espace d'interaction pour l'angle de transit primaire).

Primary voltage — Tension primaire (la tension appliquée à l'enroulement primaire d'un transformateur).

Primary winding — Enroulement primaire.

Primary wire — Fil primaire ou inducteur.

Primer — Démarreur (électrode auxiliaire dans un tube à gaz employé comme relais électronique).

Priming illumination — L'illumination, faible et constante, appliquée à un phototube ou cellule photoélectrique pour le rendre plus sensible aux variations des illuminations à mesurer.

Priming speed — Vitesse de chargement (d'un tube de mémoire à charge électrostatique).

Principal axis — Axe principal.

Principal circuit — Schéma de principe.

Principal E plan — Plan E principal (plan qui contient la direction de rayonnement maximum et le vecteur magnétique).

Principal focus — Foyer principal (d'un faisceau de rayons parallèles à l'axe d'une lentille ou miroir).

Principal H plane — Plan H principal (plan qui contient la direction de rayonnement maximum et le vecteur magnétique).

Principal mode — Mode principal ou fondamental (de fonctionnement d'un guide d'ondes).

Printed circuit — Circuit imprimé (circuit formé en déposant, suivant un dessin déterminé, un matériau conducteur sur la surface d'un support isolant).

Printed-circuit assembly — Plaque à circuit imprimé sur laquelle on a ajouté les composants, les bornes, etc.

Printed-circuit board — Plaque en matière isolante qui sert de support à un circuit imprimé.

Printed component — Composant imprimé (bobine, résistance, condensateur, etc. formés sur un circuit imprimé).

Printed-component assembly — Plaque à circuits d'imprimés (sur laquelle on a ajouté les composants séparables).

Printed-component board — Plaque isolante qui sert de support pour les composants imprimés.

Printed contact — Contact imprimé (la partie d'un circuit imprimé qui fait office de surface conductrice).

Printed wiring — Type de circuit imprimé qui sert principalement à fournir des points de liaison électrique entre les divers composants.

Printed-wiring assembly — Un panneau à liaisons imprimées sur lequel on a monté des composants séparables.

Printed-wiring board — Plaque isolante qui fait office de support pour les liaisons imprimées.

Printergram — Télex (télégramme envoyé par télex).

Printer — Mécanisme d'un ordinateur électronique qui pourvoit à l'impression de caractères; dispositif d'équipement télégraphique, actionné par le signal reçu, pour imprimer automatiquement les messages qui arrivent (imprimante).

Printing — Le transfert des informations enregistrées par une couche de ruban à celle adjacente sur une bobine.

Printing keyboard perforator — Perforateur imprimeur (en télégraphie).

Printing recorder — Enregistreur imprimeur (dispositif électromagnétique d'enregistrement qui reçoit des signaux électriques et les convertit en un enregistrement imprimé).

Printing reperforator — Reperforateur imprimeur (en télégraphie).

Printing telegraphy — Télégraphie munie d'un dispositif qui convertit les signaux en paroles écrites.

Print through — Voir « Printing ».

Priority — Priorité.

Prism — Prisme (un morceau de verre optique ou autre matériel transparent ayant une section transversale triangulaire, employé pour réfléchir ou réfracter les rayons lumineux).

Prism antenna — Antenne à prisme.

Prismatic — Prismatique, c'est-à-dire de forme analogue à celle d'un prisme.

Prisme diopter — Unité de mesure de la réfraction d'un prisme.

Privacy — Appareillage pour rendre incompréhensible une conversation radiotéléphonique de la part de personnes non autorisées.

Privacy system — Système, dans les transmissions radio, pour rendre incompréhensible l'écoute de la part de personnes non autorisées.

Private broadcasting — Radiotransmission privée.

Probability — Probabilité.

Probability of collision — Probabilité de collision (d'un électron avec un atome).

Probability of ionization — Probabilité d'ionisation (rapport entre le nombre de collisions suivies d'ionisation et le nombre total de collisions dans un gaz pendant le temps spécifique).

Probable error — Erreur probable (quantité d'erreur qu'on peut, d'après les lois de la probabilité, rencontrer facilement pendant une mesure).

DYNAKIT DYNA CO

Le plus facile à monter
parce que le mieux étudié



SCA 35
2 x 17,5 W par canal
en continu
2 x 22 W par canal
en pointe
Ultra linéaire
20-20000 Hz $\pm$ 0,05 dB

UNE GAMME COMPLETE

PAM 1 Pré- Ampli MONO	PAS 3 Pré- Ampli Stéréo	STEREO 35 Ampli- double 2x17,5W	STEREO 70 Ampli- double 2 x 35 W	MARK IV Ampli- Mono 40 W	MARK III Ampli- Mono 60 W	TUNER FM 3 Stéréo- matic Multi- plex
En kit :						
399 F	765 F	570 F	864,50 F	532 F	760 F	856 F

LE SEUL KIT DONT LA DURÉE DE MONTAGE A ÉTÉ
CONTROLÉE PAR HUISSIER (revue du son n° 139) ET
DONT LE BANC D'ESSAI TECHNIQUE EFFECTUÉ APRÈS,
A CONFIRMÉ LES PERFORMANCES EXCEPTIONNELLES
(revue du son n° 143)

Importateur-Distributeur :

HIGH-FIDELITY-SERVICES : 14, rue Pierre-Sémar - PARIS-9^e - LAM. 43-09

Marseille-Fidelex : 231, Vallon-de-l'Oriol - MARSEILLE-7^e (B.-du-R.)

grâce à "votre Carrière"

VOUS CONNAISSEZ MAINTENANT



et la règle "ONDOCALCUL"

que vous pouvez recevoir contre rembour-
sement au prix spécial de **Frs 8.-** franco
accompagnée du tarif des **26** ensembles
que vous propose **KIT'ANTENNE**
ainsi que votre carte de commande
d'antenne et d'accessoires

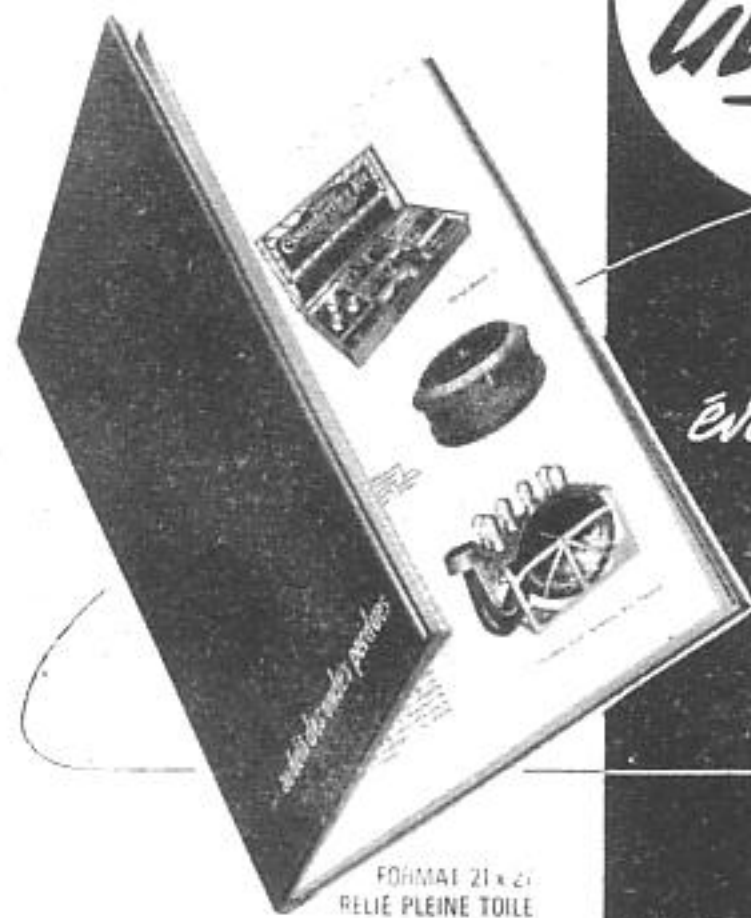
POUR | VOS INSTALLATIONS
VOS ETUDES
VOS RECHERCHES
VOS TRAVAUX PRATIQUES

commandez dès aujourd'hui à

KIT'ANTENNE boîte postale 53 LES ANDELYS (Eure)

POUR LA **1^{re}** FOIS

en
Librairie



230 PAGES
300 ILLUSTRATIONS

évoquent

LE PASSÉ et le
DEVENIR de la
RADIO et de la
TELEVISION...

dans votre bibliothèque...

UN OUVRAGE PRESTIGIEUX
QUE CHAQUE
AMI DE LA RADIO
SE DOIT DE POSSÉDER...

FORMAT 21 x 27
RELIE PLEINE TOILE

au delà des ondes perdues

En plus d'un véritable musée iconographique
...25 témoignages autobiographiques de per-
sonnalités et pionniers de la Radio et l'Elec-
tronique vous permettent de suivre pas à pas

UNE DES PLUS PASSIONNANTES AVENTURES INDUSTRIELLES DE NOTRE SIECLE !

PRIX 60 F + PORT : 1,70 F
ou 50 F PORT COMPRIS
POUR LES ABONNÉS A
"VOTRE CARRIERE"

aux **ÉDITIONS CHIRON**
40, RUE DE SEINE - PARIS 6^e
C. C. P. PARIS 53-35

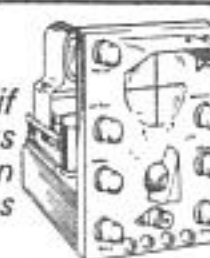
DECOUVREZ L'ÉLECTRONIQUE PAR LA PRATIQUE ET L'IMAGE



Un nouveau cours par correspondance - très moderne - accessible à
tous - bien clair - SANS MATHS - SANS THEORIE compliquée -
pas de connaissance scientifique préalable - pas d'expérience anté-
rieure. Ce cours utilise uniquement LA PRATIQUE et L'IMAGE sur
l'écran d'un oscilloscope. Pour votre plaisir personnel, améliorer vo-
tre situation, préparer une carrière d'avenir aux débouchés consi-
dérables : **LECTRONI-TEC**

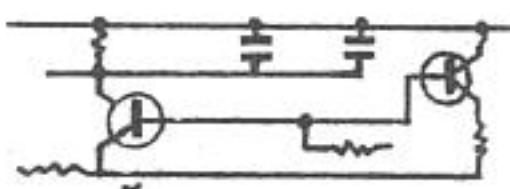
1 - CONSTRUISEZ UN OSCILLOSCOPE

Le cours commence par la construction d'un oscilloscope portatif
et précis qui restera votre propriété. Il vous permettra de vous
familiariser avec les composants utilisés en Radio-Télévision et en
Electronique. Ce sont toujours les derniers modèles de composants
qui vous seront fournis.



2 - COMPRENEZ LES SCHÉMAS DE CIRCUIT

Vous apprendrez à comprendre
les schémas de montage et de
circuit employés couramment en
Electronique.



3 - ET FAITES PLUS DE 40 EXPÉRIENCES

L'oscilloscope vous servira à vérifier et
à comprendre visuellement le fonction-
nement de plus de 40 circuits.

- Action du courant dans les circuits
- Effets magnétiques
- Redressement
- Transistors
- Amplificateurs
- Oscillateur
- Calculateur simple
- Circuit retardateur
- Récepteur Radio
- Circuit photo-électrique
- Commutateur transistor
- Etc.

LECTRONI-TEC REND VIVANTE
L'ÉLECTRONIQUE !

GRATUIT BON N°V4 pour une brochure en couleur de 20 pages
(à découper ou à recopier)

envoyez ce bon à **LECTRONI-TEC** 1, rue Kieffer, DINARD (I.-&-V.)

Nom

Adresse majuscules

S.V.P.

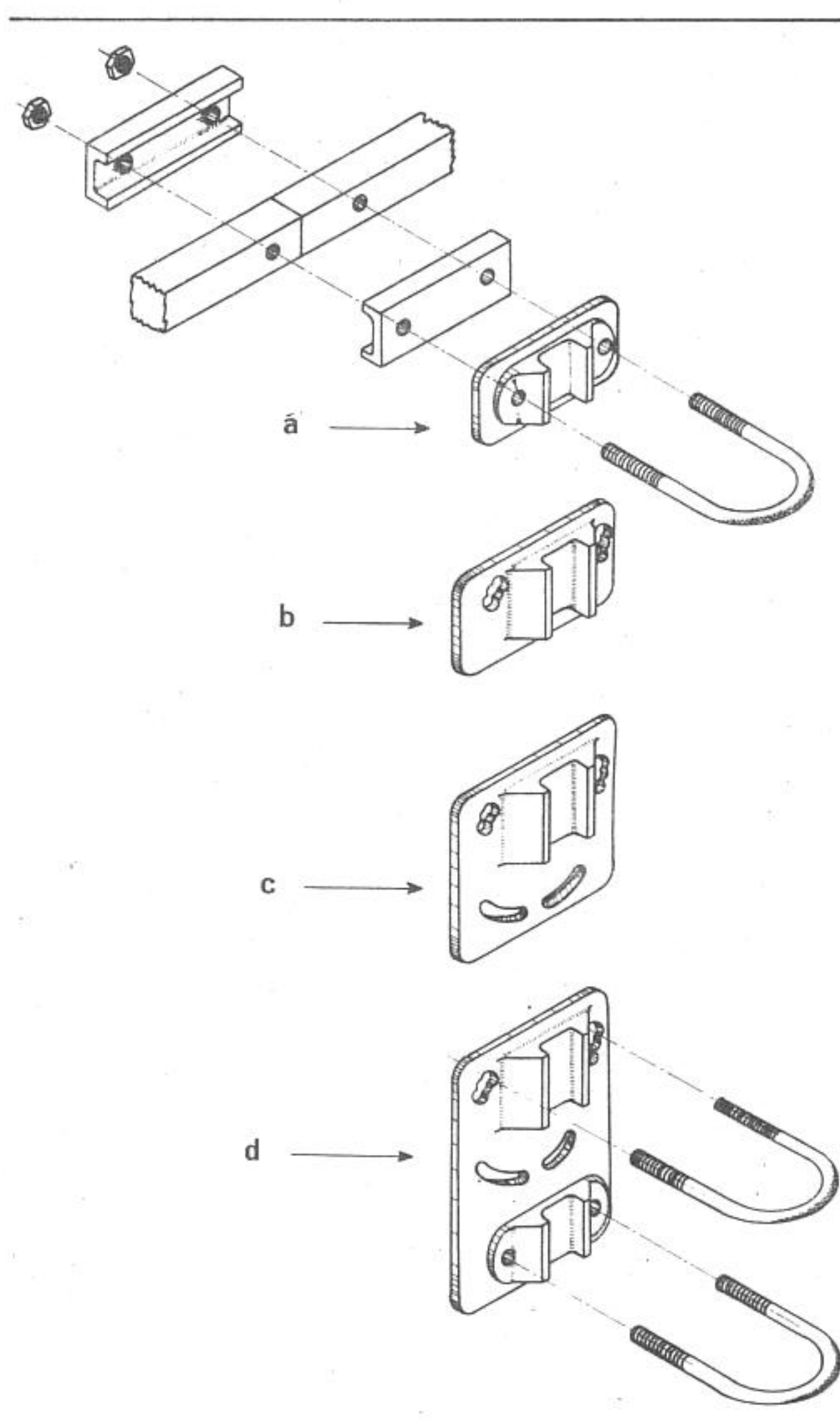


Figure 4

- a) fixation simple
- b) fixation simple orientable
- c) fixation double orientable
- d) fixation double orientable renforcée à double étrier

tretoises (figure 5) carrées, percées de quatre trous, se fixant à l'aide des vis des pièces de raccordement et de part et d'autre de celles-ci, afin d'assembler

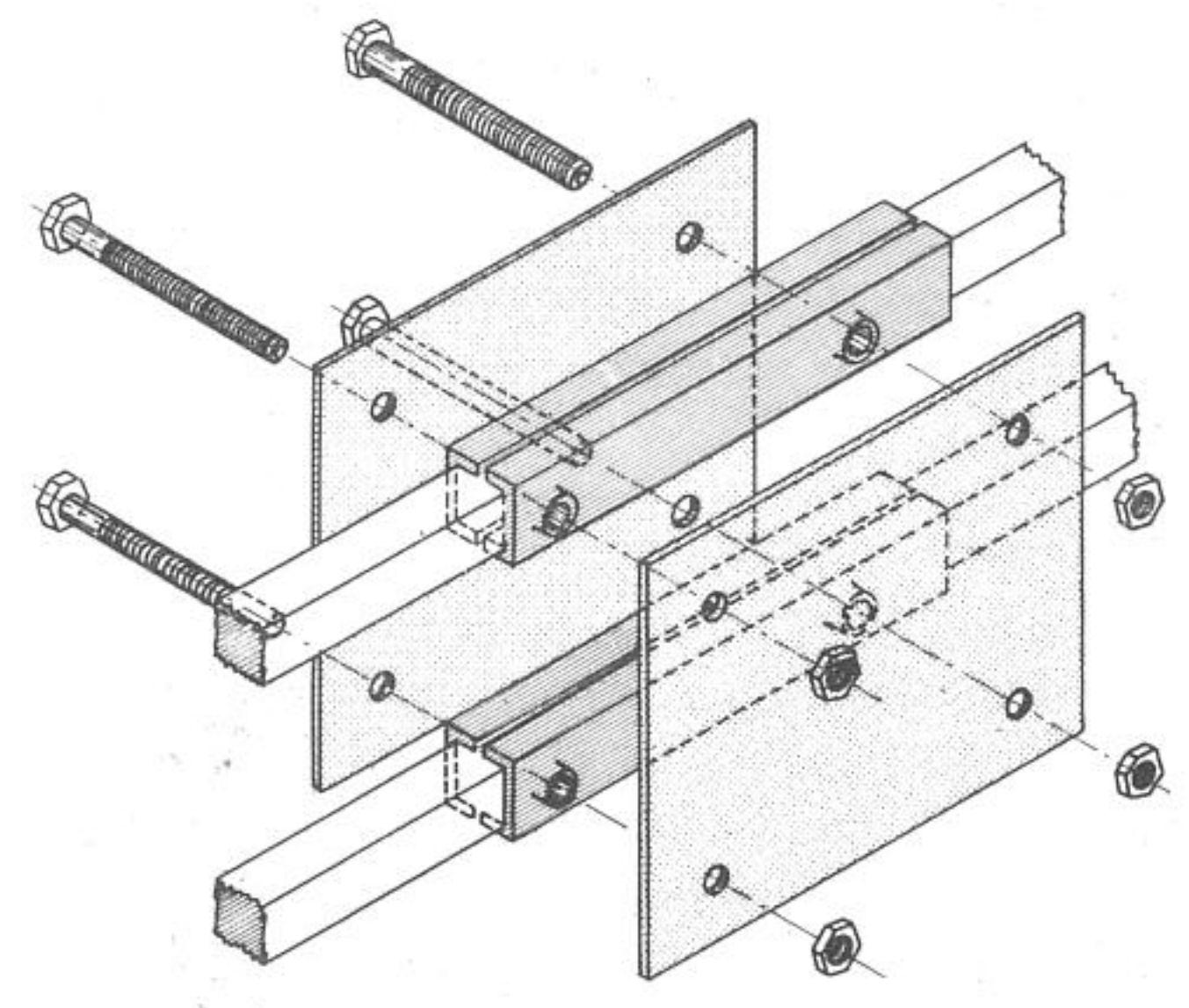


Figure 5

l'antenne et son renfort. Ce rail de renfort inférieur est boulonné à la pièce de fixation (c) fig. 4, dans les boutonnières en arc de cercle, laissant la possibilité d'orientabilité de l'ensemble tout en lui conférant une grande rigidité.

Pour obtenir l'orientabilité, il suffit de desserrer les boulons du renfort sur la pièce de fixation ainsi que le cavalier de manière à échapper les bossages des pièces de raccordement, des trous de positionnement de la fixation.

Pour les très grandes antennes, il est bon d'avoir une fixation attachée au mât par deux étriers, ce qui est obtenu avec la fixation (d) fig. 4.

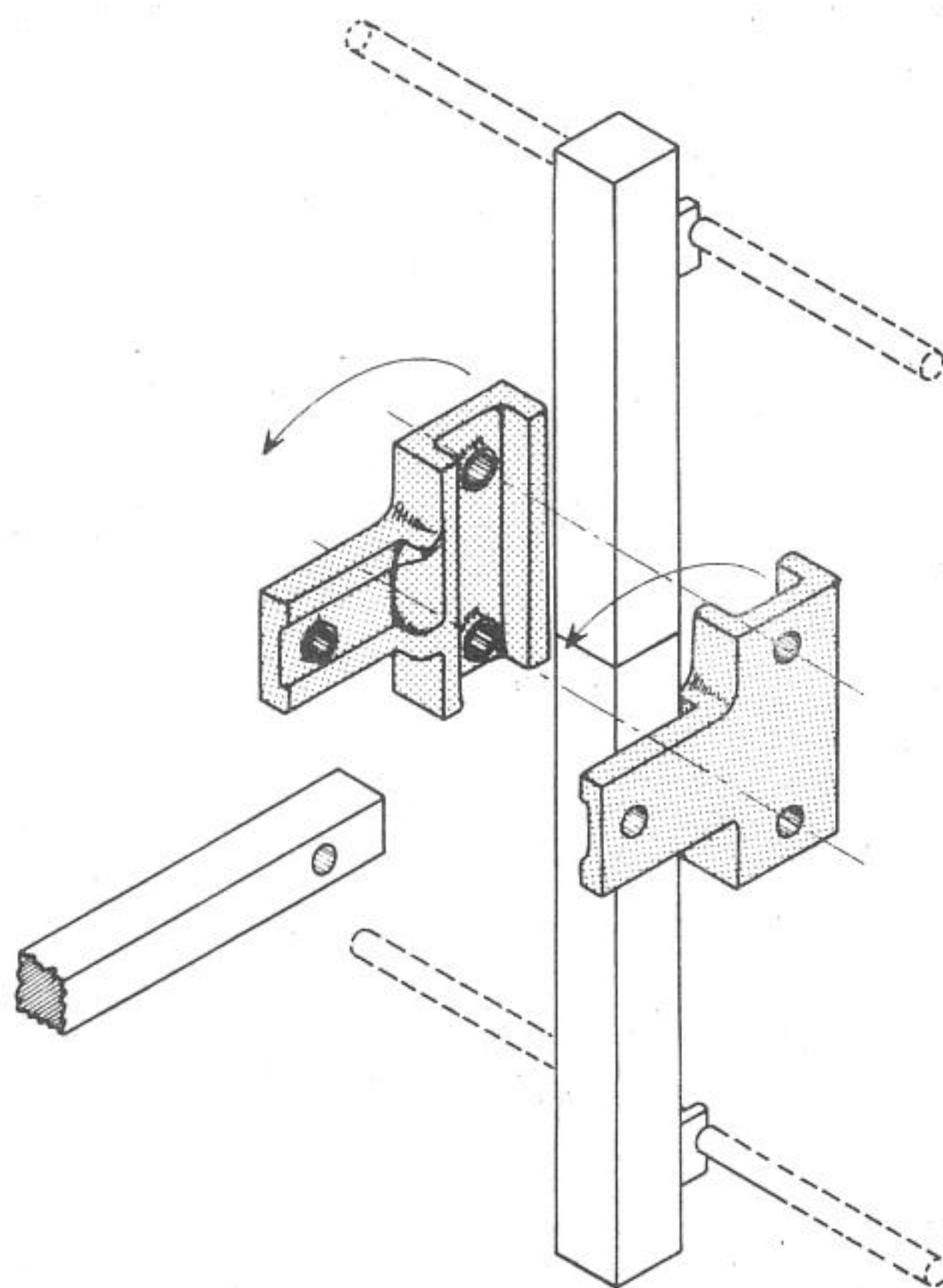


Figure 6

Pour de meilleurs résultats, il est quelques fois nécessaire d'adapter à l'arrière de l'antenne un réflecteur digone ou trigone. Kit - Antenne met à votre disposition un additif permettant la réalisation de cet ensemble.

Une double pièce en T, avec bossage intérieur de positionnement des tubes se fixe à l'extrémité arrière de l'antenne, par la jambe du T, à l'aide d'un boulon.

Les deux tubes se fixent dans les bras du T. En desserrant le boulon de fixation sur l'antenne, il est possible de basculer l'ensemble et d'en réduire l'encombrement, soit pour le transport, soit pour le stockage (figure 6).

Le mât ainsi que sa fixation, soit après une cheminée (cerclage), un mur (pattes à sceller) ou une poutre (pattes à visser), peuvent être fournis sur demande par Kit - Antenne.

Kit disponible à Kit'Antenne B.P. 53, Les Andelys 27.

— LES FOURNISSEURS DE VOTRE MATERIEL —

ELECTRONIQUE MONTAGE

111, BD RICHARD LENOIR - PARIS XI^e
(métro oberkampf)
SPÉCIALISTE MODULES RÉUSSITE COMPLÈTE
TOUS LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES
EXPÉDITION PROVINCE

Amateurs, Installateurs, Dépanneurs,
les valises de dépannage Radio TV Sptés
PAUL sont en vente dans toute la France.
5 modèles.
Adresse de nos Agents sur simple demande.
Spécialités Ch. PAUL - 28, rue Raymond Lefebvre
MONTREUIL (Seine) Tél. : 287-54-16

CIBOT RADIO

1 à 3, RUE DE REUILLY - PARIS 12^e
TEL. : DID. 66-90

TOUT L'OUTILLAGE
POUR L'ÉLECTRONIQUE

Catalogue complet de pièces détachées : 5 F

Catalogue de Kit

Ensemble de pièces détachées

Du poste à galène au téléviseur

EXPÉDITION A LETTRE LUE PARIS-PROVINCE

RADIO-BEAUGRENELLE

6, RUE BEAUGRENELLE - PARIS 15^e
TEL. : 828.58.30
TOUTE LA PIÈCE DÉTACHÉE RADIO
LAMPES-TRANSISTORS-TÉLÉVISION
EXPÉDITION PROVINCE
Envoi du tarif contre 3 timbres-lettre

MIEUX QU'UN CATALOGUE !

Tous ceux qui s'intéressent à la radio se doivent de posséder
le **MEMENTO ACER**
VÉRITABLE DIGEST DE L'ÉLECTRONIQUE
TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES
TOUTE UNE GAMME DE MONTAGE EN KIT
Envoi contre 6F pour frais
ACER 42bis, rue de Chabrol - PARIS 10^e



80 PAGES contre 2.50 en timbres pour frais d'envoi

● HIFI (amplis - HP - tuners FM - enceintes
acoustiques) ● Grand choix de pièces
détachées ● Appareils de mesures ●
Outillage ● Appareils électriques ● De
nombreuses réalisations ● Sur place : un
choix énorme à des prix "champion".

Comptoirs CHAMPIONNET

14, RUE CHAMPIONNET - PARIS 18^e
Tél. ORN. 52-08 - C.C.P. 12.358.30 Paris
Métro : Porte de Clignancourt et Simplon

RETEXKIT

CONSTRUISEZ-LE VOUS-MÊME
KIT POUR RADIO-AMATEURS
KIT D'APPAREILS ÉLECTRONIQUES

Demandez notre catalogue
sans engagement de votre part

TERA-LEC 51, RUE DE GERGOVIE
PARIS-14^e - SEG. 09-00

MAGNETIC-FRANCE SPÉCIALISTE DU "KIT" PIÈCES DÉTACHÉES POUR :

Tuners, magnétophones, amplis, orgue élec-
tronique, chambre d'échos, réverbérateurs.

- Lampes
- Transistors

SERVICES ET CONSEILS TECHNIQUES
175, RUE DU TEMPLE - PARIS-3^e
ARCHIVES 10-74 Métro : Temple, République

COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Radio-Télévision • Industrie • Télécommande
Chaines Haute Fidélité • Amplis • Tuners FM
GROS
DETAIL
RADIO-VOLTAIRE
GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSCO"
GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIO TECHNIQUE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-64
R. C. S. 118 12429 Métro : Gare Saint-Pierre (11^e) Archives : 46 16 47-74 48 C. P. 5408-71 PARIS

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation
Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Elec. phones - HI-FI - Enceintes acoustiques - Émetteurs
récepteurs - Interphones, etc...
Toutes expéditions en province. Catalogue de nos prix sur
simple demande - 19, rue de l'Ancienne Comédie
PARIS 6^e Tél. : DAN. 63-05

POUR TOUS VOS BESOINS EN COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ET ENSEMBLES A MONTER SOI-MÊME

AUX CONDITIONS LES PLUS AVANTAGEUSES GRACE A NOTRE FORMULE DE VENTE DIRECTE

Magasins pilotes :

3, RUE LA BOËTIE - PARIS-8^e
9, BD ST-GERMAIN - PARIS-5^e

COGEREL

Départements :
VENTE PAR CORRESPONDANCE
COGEREL - DIJON (cette adresse suffit)

DOCUMENTATION GRATUITE SUR DEMANDE :

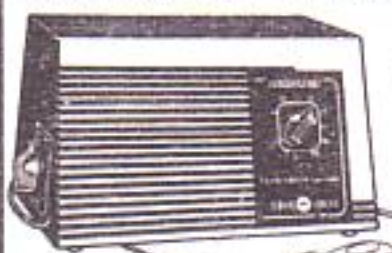
Catalogue KITS - CTR 8-493 - Catalogue PD - CTR 9-492
(joindre 4 timbres pour frais d'envoi)

RÉALISEZ VOS
POSTES A TRANSISTORS

LAMPOMETRE
SIGNAL TRACER



CONTROLEUR
UNIVERSEL



Economie
Sécurité
Réussite
assurée

Pièces détachées, en ensembles
complets, ou séparées avec schéma
et plans très détaillés

Documentation CA - contre 1,20 F en timbres

TECHNIQUE SERVICE

fermé le lundi
Métro
Charonne

17, Passage Gustave-Lepeu, Paris-11 - Tél. : ROQ. 37-71

CENTRAL-RADIO

35, rue de Rome - PARIS 8^e
522 12-00 et 12-01 CCP 728-45

Expédie dans toute la France toutes
les pièces détachées - Appareils de
mesure et l'outillage du Radio-
électricien.

CATALOGUE contre 4 timbres,
conseillers techniques à votre
disposition à nos magasins.

LE GRAND SPECIALISTE

des Petits Montages Récepteurs de Radio
et de la Radiocommande des Modèles Réduits.
- Ouvrages pour débutants -
Envoi du catalogue général contre 3 F
PERLOR-RADIO
16, R. Hérold, Paris (1^{er}) - Tél. CEN. 65-50

POUR
RECTA **REUSSIR** **RECTA**
A
COUP SUR ?
ESSAYEZ AVEC NOS
SCHEMAS
GRANDEUR
NATURE

MONTAGES FACILES

AMPLIS GUITARE 3 A 50 W
125 SCHÉMAS DE LAMPES
REMISE 25 à 30 %
SUR LAMPES-MAGNÉTOPHONES

Documentation complète c. 4,50 TP

Soc. **RECTA**
37, Av. LEDRU-ROLLIN - PARIS-12^e

NORD RADIO

TOUTES LES PIÈCES DÉTACHÉES ET
ACCESSOIRES DES MEILLEURES MARQUES
A DES PRIX IMBATTABLES

TÉLÉVISEURS - RÉCEPTEURS à transistors
AMPLIS HI-FI - ELECTROPHONES
MAGNÉTOPHONES - INTERPHONES, etc...
Vendus en "KIT" et en ordre de marche.

139, RUE LA FAYETTE, PARIS-10^e
Tél. TRUdaine 89-44 - Autobus et Métro : GARE DU NORD

TOUS LES MAGNÉTOPHONES
(GRUNDIG, PHILIPS, etc.)
TÉLÉVISEURS - ENCEINTES ACOUSTIQUES
PLATINES TOURNE-DISQUES, etc. (Consultez-nous).