

42

votre Carrière

REVUE de TECHNIQUE RADIO

magazine des futurs électroniciens



hebdomadaire pour la formation professionnelle - 11 - 17 decembre 1965 - le numéro 1,60 F.

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

ALGERIE 1,80 FA
TUNISIE 180 M
ALLEMAGNE 1,80 DM

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

vo^{tre} 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.

Le Directeur: Georges Giniaux
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 - 4^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
★ Air France à l'âge de l'électronique	» 4
★ Propagation des Ondes	» 5
★ Types d'Antennes	» 14
★ Questions sur les 124 ^{ème} et 125 ^{ème} leçons	» 23
★ Réponses aux questions du numéro précédent	» 23
★ Quelques conseils concernant la construction des antennes	» 24
★ Dictionnaire Anglais-Français d'Electronique	» 29

Petites Annonces

"Votre Carrière" décide d'accepter désormais les **Petites Annonces**, brèves (maximum 4 lignes), pour les rubriques suivantes:

- offres d'emploi
- demandes d'emploi
- achat, vente et échange de matériel d'occasion
- offre de service, tels que dépannage, montage*, etc.

* à l'exclusion de la vente de matériel neuf, qui est réservée à nos pages de publicité.

TARIF: 6 F la ligne de 40 signes et espaces.

DEMANDES D'EMPLOI

n° 314 C - **INGENIEUR ELECTRICIEN** - 50 ans - diplômé de l'Ecole Bréguet et de l'Ecole Supérieure d'Electricité - Nombreuses années de référence dans le matériel électronique basse fréquence - Recherche poste dans bureau d'études de contrôle ou de recherches en électronique ou électricité. Service CAE 314 C.

AGENT TECHNIQUE électro - mécanique cherche emploi. Offres à « Votre Carrière », service EAM, 2210.

DESSINATEUR d'exécution électricité industrielle cherche emploi. Offres à « Votre Carrière », service C.I.T. 2210.

DESSINATEUR projeteur électricité industrielle cherche emploi. Offres à « Votre Carrière », service C.I.T. 2210.

DESSINATEUR projeteur deux ans en électronique et servo-mécanismes cherche emploi. Offres à « Votre Carrière », service C.I.T. 2210.

TECHNICIENS ELECTRONIQUES T1, T2 et T3 cherchent emplois. Offres à « Votre Carrière », service EAM 2210.

n° 319 C - **CHEF DE SERVICE** technico-commercial - 37 ans - Bachelier - 2 années d'études au Conservatoire National des Arts et Métiers pour la formation des cadres supérieurs de la vente - Très bonne connaissance de l'espagnol. Référence dans la vente et la prospection du matériel électronique et électrique - Recherche poste de responsabilité commerciale ou technico-commerciale s'adressant aux usines, constructeurs installateurs ou revendeurs. Service CAE 319 C.

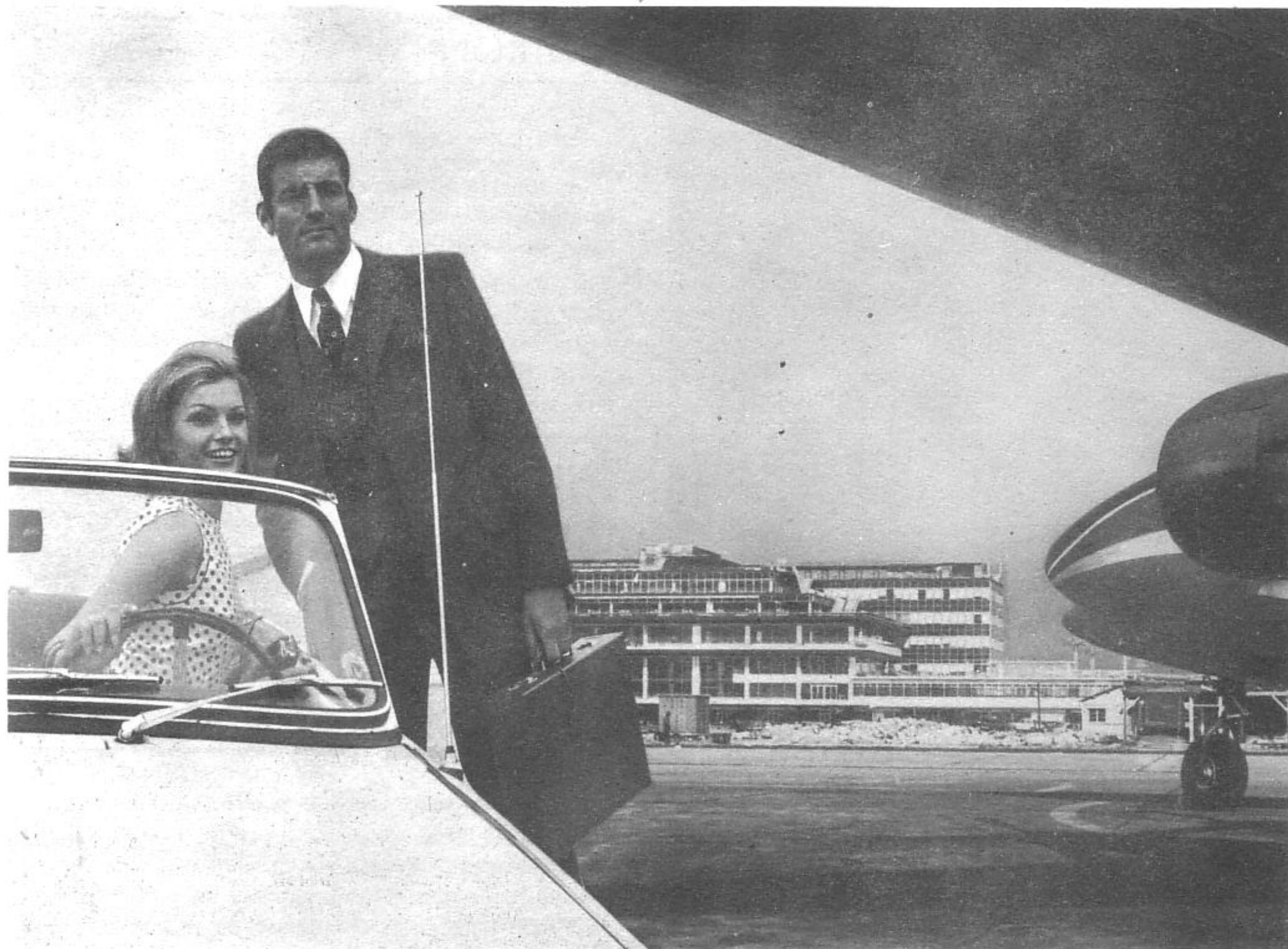
ACHAT - VENTE et ECHANGE de MATERIEL

- 1 - **Vends** Récept. BC 342 bon état 300 F.
- 2 - **Vends** Ampli-Préampli 90 watts. FLA. 27-34".

Madame Veuve Etienne Chiron, Président directeur général des EDITIONS CHIRON S. A., qui poursuivait l'oeuvre de son mari, à la tête de la firme fondée en 1908, s'est éteinte à Paris le 14 novembre 1965.

Les Editions Chiron éditeurs de livres et périodiques de Sciences et de Techniques, étaient animées depuis 1947 par la défunte et par Monsieur Paul Escarfail neveu du fondateur.

Président directeur - général des Papeteries de Moulin - Vieux, directeur général - adjoint de la S. A. Editions Chiron, Monsieur Paul Escarfail poursuivra désormais le développement de l'entreprise fondée par Monsieur Etienne Chiron.



havas-dijon

J'étais sûr de réussir!

● A l'heure où vous décidez du choix ou de l'orientation nouvelle de votre carrière, n'hésitez pas : choisissez la branche qui vous offre le plus bel avenir et la plus grande sécurité d'emploi : l'Electronique.

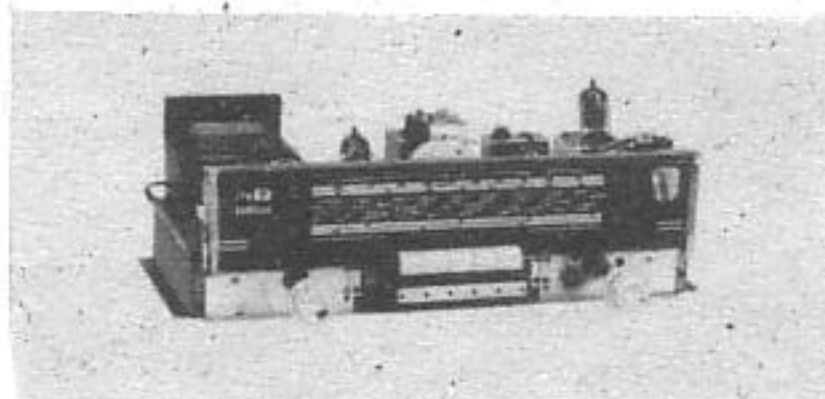
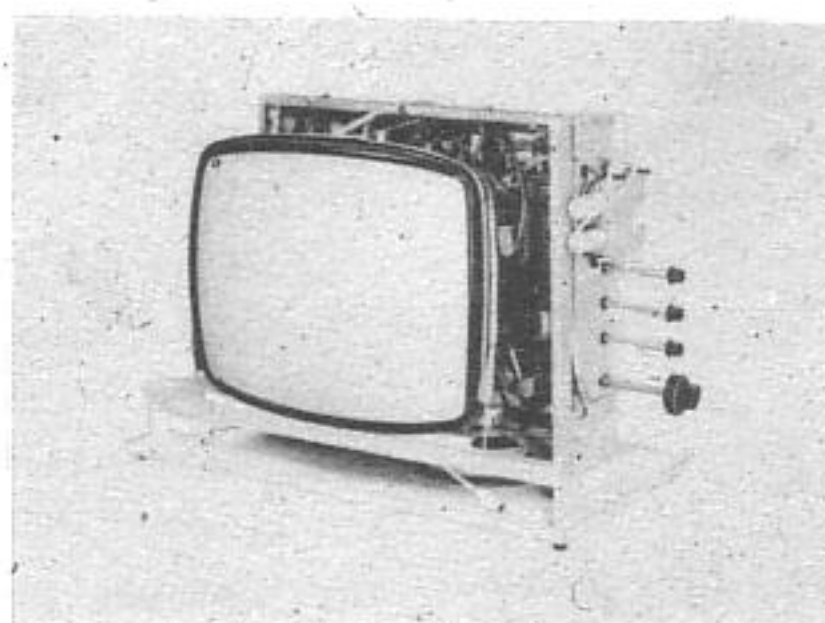
Quel que soit votre niveau d'instruction et votre profession actuelle, EURELEC vous donne l'assurance de devenir chez vous, brillamment et rapidement l'électronicien recherché,

● EURELEC, filiale CSF, vous apporte la garantie du succès, grâce à son importance et à son expérience.

● EURELEC vous apporte une méthode d'enseignement progressif, adaptée à votre cas particulier et vous laisse le soin de régler vous-même le rythme de vos études.

● EURELEC vous assure l'aide d'un professeur technicien chargé de vous suivre et de vous conseiller personnellement durant toutes vos études.

● EURELEC vous permet de ne payer qu'une leçon à la fois à sa réception et quand vous le désirez, sans aucun engagement préalable.



Tous
ces appareils
deviennent
votre propriété

● EURELEC vous délivre un certificat de scolarité qui vous donne l'assurance de trouver un poste dans l'électronique, à la hauteur de vos capacités et aptitudes de technicien.

● Les 100.000 élèves qu'ont déjà formés les professeurs d'EURELEC vous garantissent à vous aussi de réussir votre carrière dans l'électronique clé du Monde Moderne. Soyez réaliste, saisissez l'occasion. N'attendez pas demain pour envoyer le bon ci-dessous qui vous apportera immédiatement, gratuitement et sans engagement, la documentation EURELEC, complète, illustrée et en couleurs.

EURELEC



INSTITUT
EUROPÉEN
D'ÉLECTRONIQUE

BON à adresser à
EURELEC-DIJON (Côte-d'Or)

Veuillez m'envoyer gratuitement votre
brochure illustrée CTR 1-640

Nom

Adresse

Profession

(Ci-joint 2 timbres pour frais d'envoi)

pour PARIS : Hall d'information 9, Boulevard Saint-Germain - **Pour le BENELUX** : EURELEC 11, rue des 2 Églises BRUXELLES 4

AIR FRANCE A L'AGE DE L'ELECTRONIQUE (voir Numéro 40)



Poste de réservation électronique - La carte mobile (que l'agent dispose ici sur son poste) sélectionne huit vols pour lesquels la machine répond en une fraction de seconde, s'il y a de la place ou non. La date de celui des huit vols visés, la classe et le nombre des places demandées étant composées sur le clavier pendant le temps de conversation avec le client, la réponse est immédiate. Après accord, une touche du clavier permet d'enregistrer numériquement la réservation. Une carte nominative rédigée alors à la main, réunit le numéro de téléphone pour rappel éventuel et les éléments particuliers, puis s'en va vers la salle de contrôle.

DEUX CENTRAUX TELEPHONIQUES

Au même étage sont installés les deux centraux téléphoniques desservant les deux systèmes de réservation — installation comparable à celle d'une ville de l'importance de Vannes.

— Le central 535.66.00 qui dessert le reliquat de l'ancien système groupe 15 lignes P.T.T.

— Le central 535.61.61 qui dessert le système électronique de réservation groupe, à lui seul, 62 lignes P.T.T. (150 possibles)

Il faut ajouter à ces deux faisceaux 25 lignes intérieures en liaison avec les comptoirs de vente des Champs - Elysées, des Invalides et d'Orly.

Au total, dès maintenant, 130 clients d'Air France peuvent interroger simultanément ses services de réservation parisiens.

LA SALLE de VENTES par TELEPHONIE et SES 130 POSTES

L'extrême rapidité de la machine électronique a permis de multiplier l'efficacité des agents de réservation. Chacun des 130 agents installés dans cette salle peut en effet intervenir pour la totalité des vols dont la gestion est confiée à l'électronique, grâce à un poste de maniement simple, mais particulièrement ingénieux.

Fonctionnement d'un poste

Le répertoire des vols gérés par la machine électronique est inscrit sur une série de cartes métalliques, chacune de ces cartes contenant 64 vols.

A l'appel du client, l'agent introduit dans un logement de son poste la carte portant le vol considéré. Un clavier lui permet de composer les autres éléments de la demande (date et nombre de places); au fur et à mesure qu'ils sont énoncés. Il ne reste qu'à appuyer sur une dernière touche pour obtenir de façon quasi immédiate une réponse indiquant, sous forme de voyant lumineux, la disponibilité sur le vol considéré et sur les vols voisins.

Lorsque le choix du client est fixé, il reste à l'opérateur à faire enregistrer, d'un geste, par la machine, le nombre de places réservées. Il rédige en outre, une carte nominative identifiant le passager à toutes fins utiles (numéro de téléphone personnel, réservation d'hôtel...).

Tableau de supervision

La salle de vente par téléphone est actuellement divisée en 10 groupes et un poste de supervision, véritable cerveau de l'organisation, aménagé dans une vaste cabine vitrée, permet de contrôler en permanence, grâce à un vaste tableau, l'activité de chacun des groupes (postes en fonctionnement, postes en contact avec les clients, etc...) et de vérifier qu'aucun demandeur n'est en attente.

Une extension à 50 postes de vente est prévue, dont la capacité sera de plus de 5 000 appels téléphoniques par heure.

LES SALLES de CONTROLE et de VENTES par MESSAGERIES

Les cartes rédigées par les agents de vente par téléphone (au 2e étage) sont acheminées par des transporteurs à bande vers une salle de contrôle où elles prennent place dans des casiers qui matérialisent les vols.

Quelques jours avant la date du vol, alors que les interventions se font plus denses, les casiers sont d'ailleurs déplacés vers une seconde zone où leur étalement permet des interventions manuelles extrêmement rapides.

Les nombreuses ventes réalisées par les représentations d'Air France réparties dans le monde et notifiées par messages télétypes sont centralisées ici, enregistrées par la machine électronique et traduites en cartes nominatives, comme au 2e étage.

LA SALLE des CALCULATEURS TELEREGISTER

300 000 vols en mémoire...

Les deux calculateurs installés à cet étage sont l'âme de la réservation électronique. Chacun assurant la totalité du trafic, toute éventuelle défaillance de l'une des machines est immédiatement détectée et redressée.

(suite page 31)

PROPAGATION des ONDES

Dans les premières leçons, nous avons vu que les ondes électromagnétiques étaient constituées par la coexistence d'un **champ électrique** et d'un **champ d'induction magnétique** qui se propagent perpendiculairement entre eux. Les deux champs se présentent à chaque instant, dans l'espace, comme l'indique la **figure 1**. Ils sont en quadrature dans l'espace et en phase dans le temps. Cela résulte de la théorie électromagnétique de Maxwell. Les deux champs, qui sont également perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde sont inséparables puisque l'un (le champ magnétique) est la conséquence de l'autre (le champ électrique).

La **figure 2** représente, vue en perspective, la propagation des ondes électromagnétiques. L'axe **r** indique la direction de propagation. Les deux ondes sinusoïdales représentent, en un point quelconque de l'espace et en fonction du temps, les variations de champs électrique et magnétique. L'onde sinusoïdale dessinée dans le plan vertical indique l'intensité du **champ électrique E** et celle dessinée dans le plan horizontal, l'intensité du **champ magnétique H**. A chaque instant, les amplitudes des champs **E** et **H** sont liées entre elles par l'équation :

$$\frac{E}{H} = \frac{\mu}{\epsilon}$$

dans laquelle μ et ϵ sont respectivement la perméabilité magnétique et la permittivité (ou constante diélectrique) du milieu de propagation de l'onde.

L'onde plane, que nous venons de décrire, n'est pas la seule forme d'onde existante.

En effet, si l'on considère une source d'énergie dont le rayonnement est identique dans toutes les directions de l'espace, à un instant déterminé, l'onde rayonnée est une sphère dont le centre est situé sur la source. Nous avons alors affaire à une **onde sphérique**.

Cependant, à grande distance, pour un observateur placé sur une surface d'onde de grand rayon, l'onde apparaît plane, de même que la terre nous apparaît comme étant une surface plane.

Pratiquement, une antenne d'émission rayonne toujours des ondes sphériques mais, à une certaine distance de celle-ci, de l'ordre de quelques dizaines de longueurs d'ondes, l'onde sphérique pourra être assimilée à une onde plane; contrairement à l'onde sphérique, elle s'atténue en se propageant.

Signalons enfin, que les ondes sphériques ne sont pas elles non plus, les seules que nous puissions trouver dans les aériens: il existe en effet, certains types

d'antennes qui rayonnent des **ondes cylindriques**. C'est le cas par exemple, pour un alignement de petites antennes dipôles identiques, toutes en phase, à la suite les unes des autres et alimentées par la même source.

Dans l'étude de la propagation des ondes électromagnétiques, il faut également tenir compte du phénomène de **polarisation**. En effet, dans les ondes électromagnétiques planes, les champs électrique et magnétique vibrent toujours dans le même plan. C'est cette propriété que désigne le terme: polarisation.

L'onde représentée par les figures 1 et 2 est une onde polarisée, puisque le champ électrique a toujours une direction verticale et le champ magnétique une direction horizontale. Etant donné qu'en radiotechnique on considère surtout le champ électrique, le plan de polarisation de l'onde est, par définition, celui dans lequel vibre le champ électrique. Si ce champ est horizontal, la polarisation est horizontale; elle est verticale si **E** est vertical.

En plus de la polarisation « plane », que nous avons signalée, il faut considérer la polarisation circulaire phénomène assez fréquent dans la propagation des ondes électromagnétiques à haute fréquence. Dans ce cas, la direction du champ électrique tourne uniformément et, par suite, la direction du champ magnétique, à 90°.

La polarisation est un facteur très important, étant donné qu'une perte d'énergie à haute fréquence considérable se produit dans le cas où l'antenne réceptrice n'est pas située dans le plan de polarisation de l'onde. Par exemple, si l'antenne réceptrice est verticale, alors que l'onde est polarisée horizontalement, le rendement de l'antenne est très mauvais.

Lorsqu'une onde s'éloigne d'une antenne émettrice verticale, elle se propage dans l'espace de la manière indiquée par la **figure 3**. Comme on peut le voir, l'énergie rayonnée avec une inclinaison positive par rapport au plan horizontal (vers le haut) continue à se répandre, en formant ce qu'on appelle **l'onde spatiale**. Une partie de l'énergie rayonnée vers le bas, c'est-à-dire avec une inclinaison négative par rapport au plan horizontal, est, nous le savons d'ailleurs, réfléchi. Quant à l'autre partie, ou bien elle est absorbée par la surface terrestre, ou bien elle se propage le long de cette dernière, formant ce qu'on appelle **l'onde terrestre**, (ou onde de sol).

L'onde terrestre et l'onde spatiale sont utilisées de différente manière dans les transmissions par voie ra-

LIGNES DE FORCE ELECTRIQUE

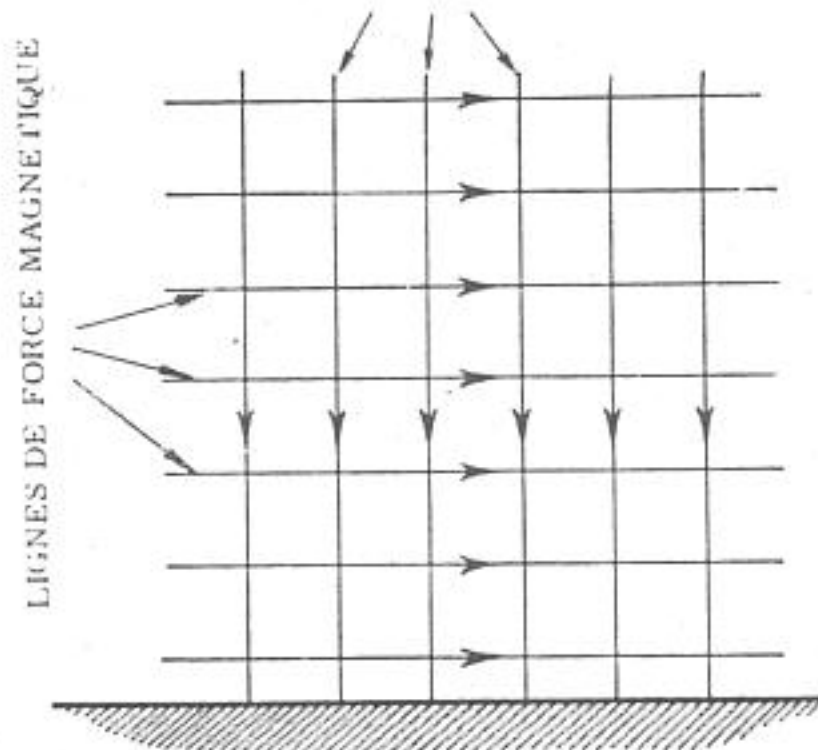


Fig. 1 - Les lignes de force électrique et magnétique d'une onde sont toujours perpendiculaires entre elles. La direction de l'onde est, à son tour perpendiculaire aux 2 champs. Dans ce cas elle fait face à l'observateur, en dehors de la feuille, et elle se continue dans le sens opposé, c'est-à-dire au-delà de la feuille.

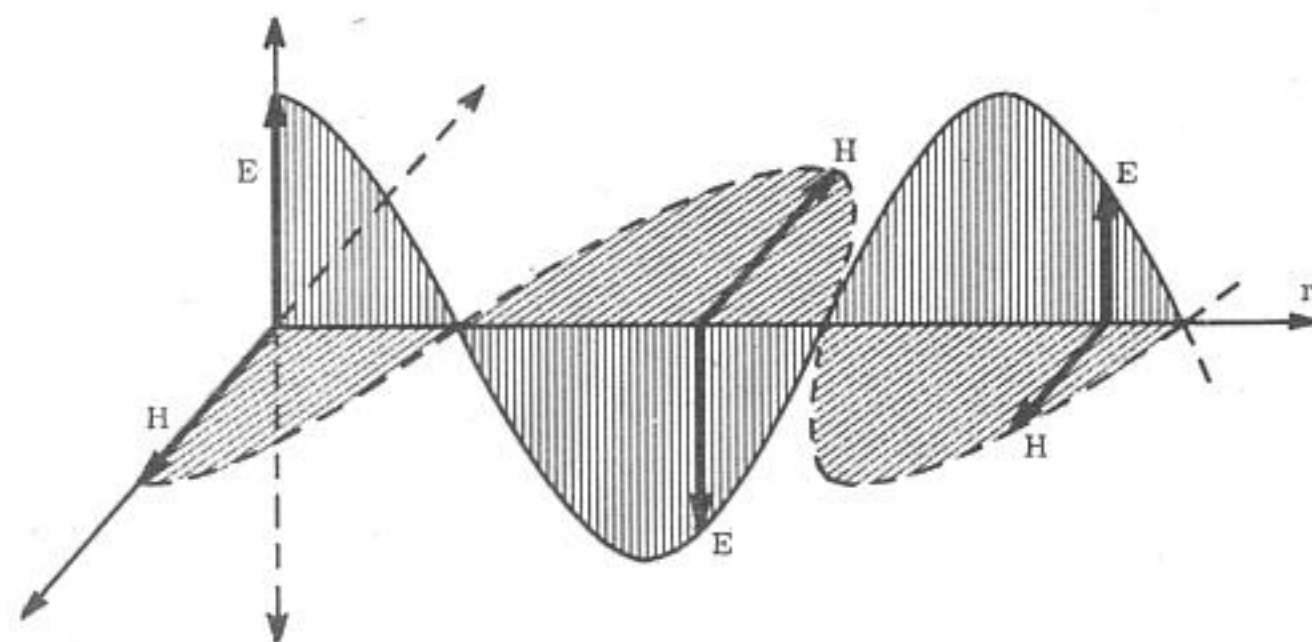


Fig. 2 - Représentation du comportement des deux champs d'une onde électromagnétique, et de l'onde elle-même, qui se propage le long de la direction « r ». « E » représente le champ électrique, et « H » le champ magnétique. Les trois dimensions sont bien évidentes.

dioélectrique. La première est employée soit pour les transmissions à courte distance, de faible puissance et de fréquence élevée, soit pour les communications à grande distance à fréquence basse et puissance considérable. La réception diurne des stations radioélectriques placées dans le voisinage du récepteur dépend, dans la gamme des ondes moyennes, de l'onde terrestre. L'onde spatiale, au contraire, est employée pour les communications diurnes à fréquence plus élevée (ondes courtes) et à grande portée. Pendant la nuit, elle constitue une excellente méthode de transmission à grande portée, même au moyen de fréquences basses.

ONDES TERRESTRES

Les ondes terrestres se divisent en deux groupes: les **ondes superficielles** et les **ondes aériennes**. Les premières se propagent effectivement à la surface de la terre tandis que les secondes se propagent dans l'espace situé immédiatement au-dessus d'elle, suivant deux parcours différents. Un de ces parcours emprunte la ligne droite reliant l'émetteur et le récepteur tandis que le second, avant d'atteindre le récepteur, tombe sur le sol qui le réfléchit (**figure 4**). Puisque ces deux ondes suivent des parcours de longueurs différentes, elles peuvent arriver au récepteur, soit en phase, soit déphasées l'une par rapport à l'autre, selon que la différence entre les distances correspond à des multiples pairs ou impairs de la demi-longueur d'onde. Par conséquent, selon la distance séparant le récepteur de l'émetteur, ces deux composantes peuvent se renforcer ou bien s'annuler. De toute façon, aucune d'elles ne subit l'influence de la couche réfléchissante et réfringente, qui se trouve très éloignée de la surface du sol et appelée « **ionosphère** ».

La partie aérienne de l'onde de sol devient considérable lorsque la fréquence de transmission est élevée, ou bien dans le cas où les antennes d'émission ou de réception se trouvent à une hauteur assez importante du sol. Lorsque les deux antennes — émettrice et réceptrice — se trouvent à proximité du sol, la composante réfléchie est déphasée de 180° , son amplitude res-

tant la même que celle de la composante directe. Comme aucun autre déphasage ne se produit, étant donné que la longueur des deux parcours est approximativement égale, les deux composantes arrivent à l'antenne de réception en opposition de phase et s'annulent.

C'est pour cette raison que, dans la plupart des transmissions diurnes, on utilise la partie superficielle de l'onde de sol. Celle-ci au fur et à mesure qu'elle se propage à la surface du sol, induit dans celui-ci des tensions qui déterminent des courants de dispersion. L'énergie nécessaire à l'établissement de ces courants est prélevée à l'onde superficielle, de sorte que celle-ci s'affaiblit rapidement en fonction de la distance de l'antenne émettrice.

Une éventuelle augmentation de la fréquence d'émission détermine un important affaiblissement et pour cette raison, les communications au moyen de la composante superficielle de l'onde terrestre sont limitées aux fréquences relativement basses (ou ondes longues).

Du moment que les caractéristiques électriques de la surface du sol, sur laquelle l'onde superficielle se propage, restent, en fonction de temps, relativement constantes, l'intensité du signal provenant d'une station déterminée ne subit pas, en un point donné de l'espace, de variations considérables. En pratique, cela est valable pour toutes les régions du globe, à l'exception toutefois, de celles où la saison des pluies et la saison sèche sont bien définies. L'augmentation du taux d'humidité détermine de fortes variations de la conductivité et de l'absorption d'énergie par le sol.

La conductivité de l'eau de mer est environ 5 000 fois supérieure à celle du sol bien sec et cette conductivité plus grande détermine une meilleure propagation des ondes superficielles.

Ainsi la composante superficielle de l'onde terrestre est progressivement et en partie absorbée par la terre qui représente un milieu semiconducteur. De plus, sur terre, les reliefs du terrain (montagnes, collines), les arbres, les forêts, les constructions métalliques, les bâtiments, les lignes électriques constituent autant d'obstacles plus ou moins conducteurs.

Leur influence est faible, tant qu'ils sont **petits** par

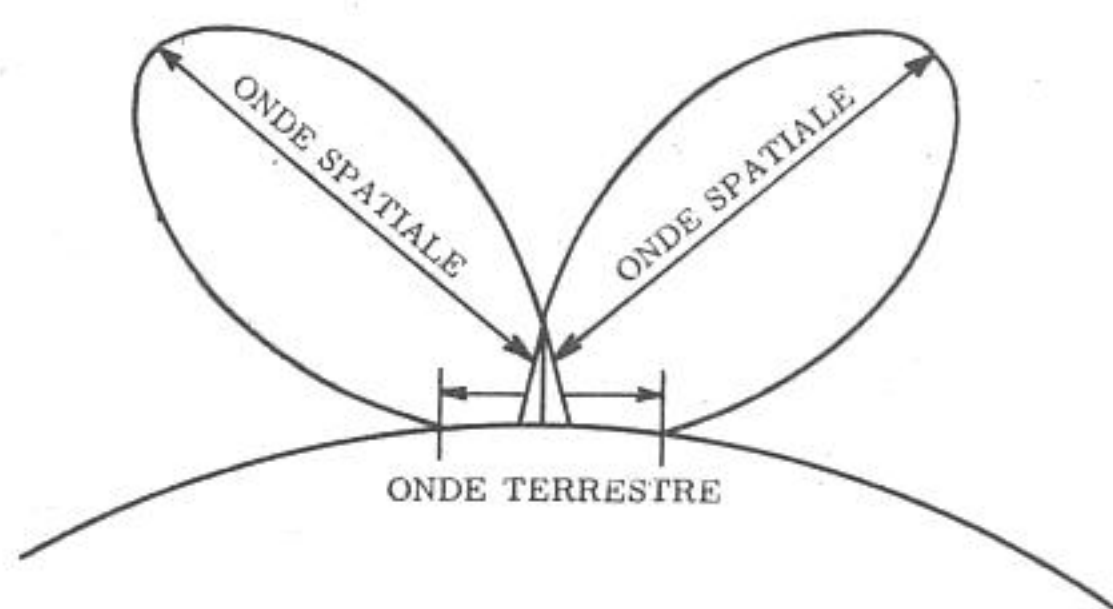


Fig. 3 - Diagramme de rayonnement des ondes émises par une antenne. On a deux directions de rayonnement vers le haut (ondes spatiales) et deux directions horizontales (ondes directes, appelées aussi « de sol »).

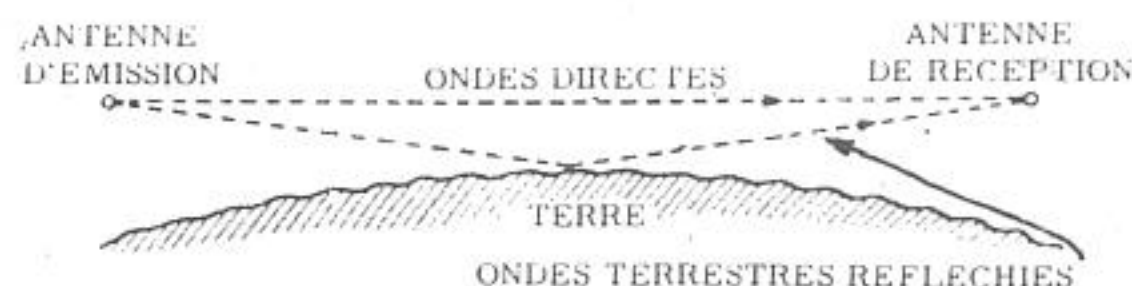


Fig. 4 - Propagation des ondes terrestres: comme on le voit, une fraction de celles-ci se propage en ligne droite, et une autre fraction est en partie absorbée et en partie réfléchi par la surface du sol.

rapport à la longueur d'onde. Ainsi, la propagation des **ondes longues** (kilométriques) est peu troublée par les maisons, les arbres, les collines, etc. Par contre, cette influence est grande lorsque les obstacles sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde.

C'est ainsi que les **ondes moyennes** s'affaiblissent plus rapidement dans les villes et particulièrement dans les cités comportant des bâtiments très élevés (gratte-ciels), que dans les campagnes.

Enfin, les ondes courtes et ultra-courtes sont encore plus profondément perturbées; pour celles-ci, non seulement les moindres reliefs du sol, mais également les maisons, les arbres constituent un obstacle sérieux.

ONDES SPATIALES

La partie de l'énergie rayonnée qui se propage vers le haut et vers l'extérieur, sans entrer en contact avec le sol, constitue l'onde spatiale, autrement dit « l'onde indirecte », qui se comporte d'une manière différente sur plus d'un point, de l'onde de sol.

Les ondes spatiales peuvent être subdivisées en **ondes troposphériques** et en **ondes ionosphériques**. Les unes comme les autres arrivent à l'antenne réceptrice non pas en suivant la surface du sol, mais par le haut.

La troposphère est la partie de l'atmosphère d'une dizaine de kilomètres d'épaisseur, constituée par une succession de couches concentriques à la surface de la terre, où se forment les nuages et dans laquelle nous vivons; la température y décroît avec l'altitude.

Si la troposphère était un milieu homogène, les ondes électromagnétiques s'y propageraient en ligne droite. Dans ces conditions, la portée d'un émetteur **E** situé à une altitude **h** serait donnée par la formule:

$$d = \sqrt{2 h r}$$

dans laquelle **d** est la distance séparant l'émetteur du récepteur et **r**, le rayon de la terre.

Pratiquement, on constate que la portée réelle est supérieure à la portée calculée. Cela est dû au phénomène de **réfraction** atmosphérique dû à la stratosphère. Cette réfraction incurve le trajet des ondes en leur

faisant tourner leur concavité vers le bas, accroissant ainsi leur portée.

Le brouillard provoque, en général, et contrairement à ce que l'on pourrait croire, une **diminution de l'intensité de la réfraction** (par diminution de l'indice de réfraction). En effet, en présence de brouillard, les ondes hertziennes sont incurvées vers le haut (au lieu de l'être vers le bas); il en résulte un affaiblissement considérable du signal dans les couches basses de l'atmosphère, qui peut aller jusqu'à l'extinction complète.

Enfin, les ondes électromagnétiques de très haute fréquence (ondes centimétriques) sont affaiblies par la pluie. Cela est dû à la réflexion, par les gouttelettes de pluie, dans toutes les directions, des ondes incidentes.

Les ondes ionosphériques sont, au contraire, réfléchies ou réfractées par l'ionosphère, de sorte qu'elles retournent, accompagnées d'un certain déphasage qui dépend de la réflexion, vers la terre. Il en résulte un accroissement considérable de la portée d'un émetteur.

Rappelons brièvement ce que nous avons dit dans la leçon 4, à propos de la structure de l'atome. L'atome est, nous l'avons vu, électriquement neutre; les charges négatives (électrons) équilibrant parfaitement les charges positives (protons). Supposons maintenant qu'un phénomène quelconque provoque la séparation d'un électron d'un atome; il en résulte un déséquilibre, puisque le nombre des charges négatives existant dans l'atome devient inférieur à celui des charges positives. Le déséquilibre produit met l'atome dans un état d'instabilité, puisqu'il tend toujours à reprendre l'électron qu'il a perdu. Cet état, qui donne à l'atome des caractéristiques particulières, s'appelle « ionisation ». L'ionisation peut se produire spontanément dans la nature pour plusieurs raisons, principalement par suite du **bombardement des atomes** par des particules ou des radiations.

Toutes les couches de l'atmosphère sont plus ou moins soumises au phénomène d'ionisation, mais la région où il est le plus intense s'appelle l'**ionosphère**.

Parmi les causes principales qui déterminent l'ionisation des couches élevées de l'atmosphère, signalons les radiations ultraviolettes du soleil et les rayons cos-

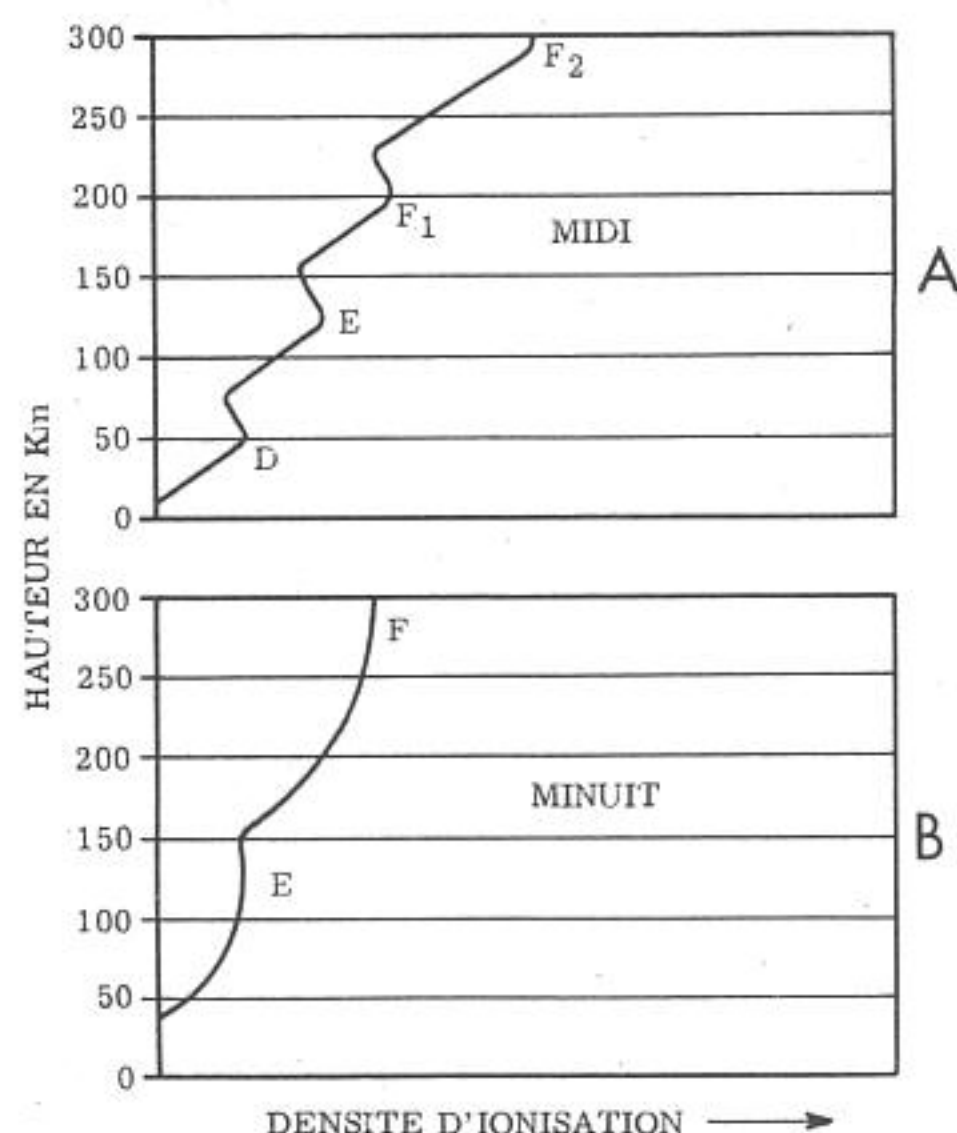


Fig. 5 - En A, densité d'ionisation pendant les heures du jour, c'est-à-dire en présence de la lumière solaire. En B, densité d'ionisation pendant la nuit: remarquons en B l'absence de la couche « D » et de la subdivision de la couche « F ».

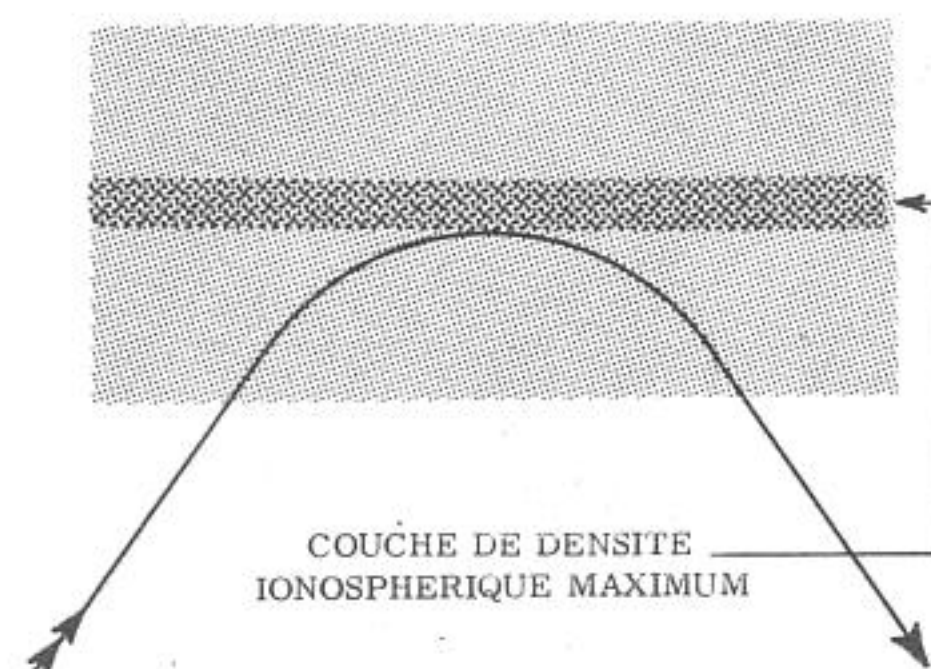


Fig. 6 - Représentation de la réfraction d'une onde. Du point de départ (à gauche) l'onde monte vers l'espace. Aussitôt qu'elle s'approche de la couche ionisée, elle est réfractée par cette dernière jusqu'à émerger de nouveau vers le bas.

miques; la rotation de la terre autour de son axe propre, sa révolution annuelle autour du soleil, contribuent à modifier, périodiquement la densité de l'ionisation.

Les variations continues du nombre des atomes ionisés sont dues au fait que les ions, négatifs et positifs, ont tendance à se recombiner pour constituer des atomes neutres tandis qu'en même temps, d'autres atomes s'ionisent à cause de la séparation d'électrons de leurs orbites tournant autour du noyau. Le rapport entre les ions qui se forment et ceux qui se recombinent, en se neutralisant, dépend de l'intensité des radiations et du nombre d'ions déjà présents. A une altitude supérieure à 500 km, les molécules d'air sont très rares pour permettre une formation intense d'ions tandis qu'à une altitude inférieure à 30 km, peu d'ions sont présents, à cause de la grande facilité de recombinaison des ions de signe opposé. De plus, à une telle altitude, les radiations solaires ultraviolettes, qui sont la cause principale du phénomène d'ionisation, ont été déjà presque entièrement absorbées pendant le passage à travers les couches supérieures de l'ionosphère.

La différence d'intensité d'ionisation aux différentes altitudes rend possible une subdivision de l'ionosphère en plusieurs couches. En réalité, la densité varie graduellement, couche par couche et, par conséquent, la subdivision en plusieurs couches n'est pas bien définie du point de vue physique; toutefois, son introduction facilite la discussion.

La haute atmosphère (ou atmosphère raréfiée) où sont réparties les couches ionisées constituant l'ionosphère, s'étend depuis l'altitude de 30 km jusqu'à plus de 1 000 km pour se perdre insensiblement dans les espaces interplanétaires.

L'atmosphère ionisée située à 70 km d'altitude constitue la **couche D**. Elle n'a été découverte qu'assez récemment. Son degré d'ionisation est faible et elle est généralement responsable de l'absorption des ondes qui la traversent. Cette couche, qui est due principalement aux radiations solaires les plus pénétrantes, existe seulement dans la journée et disparaît dès le coucher du soleil. C'est ce qui explique que les radiocommuni-

cations par ondes moyennes sont beaucoup plus intenses la nuit que le jour et que tous les amateurs l'ont constaté, les postes lointains émettant sur ondes hectométriques ne sont audibles que la nuit.

La **couche E** ou couche de **Kennely-Heavyside** est située en moyenne à 100 km. Cette couche est très intense pendant le jour et continue à être présente, bien que plus faiblement, pendant la nuit. Sous nos latitudes, sa densité électronique maximale est de l'ordre de $1,5 \times 10^5$ électrons par cm^3 en hiver et de 2×10^{11} en été. Elle lui permet de réfléchir, en les envoyant vers la terre, les ondes de fréquence inférieure à 3,5 ou 4 MHz. Une telle action est très importante vis à vis des transmissions diurnes, aux distances supérieures à 2000 km. L'ionisation de cette couche augmente après le lever du soleil et passe par un minimum vers midi.

La **couche F** ou couche d'**Appleton** est située entre 200 et 300 km. En été, au milieu de la journée, elle se subdivise en deux couches F1 et F2. Normalement, la couche F2 atteint sa densité maximum pendant les premières heures de l'après-midi; toutefois, dans quelques zones, la densité maximum se produit pendant les heures les plus avancées. De toute façon, après le coucher du soleil, les deux couches F1 et F2 se recombinent pour reformer la couche F proprement dite.

La densité électronique maximale est de l'ordre de 3 à 6×10^{11} électrons par cm^3 en hiver; sous l'équateur, ces valeurs sont environ trois fois plus grandes.

Le mécanisme de l'ionisation de cette couche, comme du reste la précédente, est assez mal connu. On pense qu'elle serait due à l'ionisation d'atomes d'oxygène et peut-être d'azote, tandis que celle de la couche E serait due à une émission photoélectrique sous l'influence des rayons ultra-violettes du soleil. La couche F permet de réfléchir les ondes jusqu'à la fréquence de 7 MHz.

Sur la **figure 5-A**, on a représenté la densité d'ionisation pendant les heures du jour, en fonction des différentes altitudes. Comme on peut le voir, entre une couche et l'autre on n'a pas une séparation bien définie puisque la densité d'ionisation ne descend jamais, à l'intérieur de l'ionosphère, à zéro. La figure

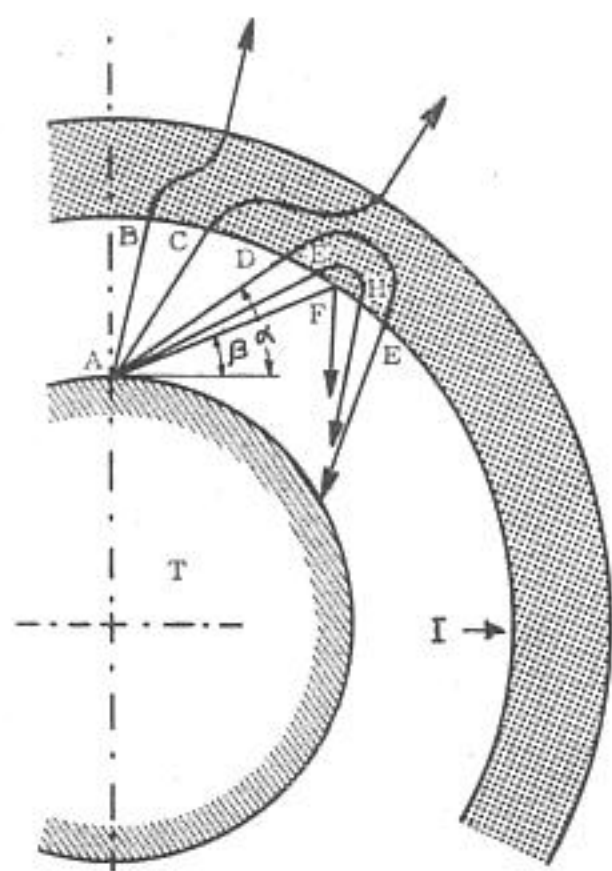


Fig. 7 - Influence de l'angle d'incidence sur la réfraction. L'émetteur, indiqué par A sur la terre T, rayonne dans les directions B, C, D, etc. Aussitôt que les ondes rencontrent l'ionosphère I, elles sont réfractées par cette dernière, avec des angles qui ne permettent pas toujours de les renvoyer vers le sol. Pour que cela soit possible, il faut que l'angle de rayonnement ne soit pas supérieur à l'angle « α ».

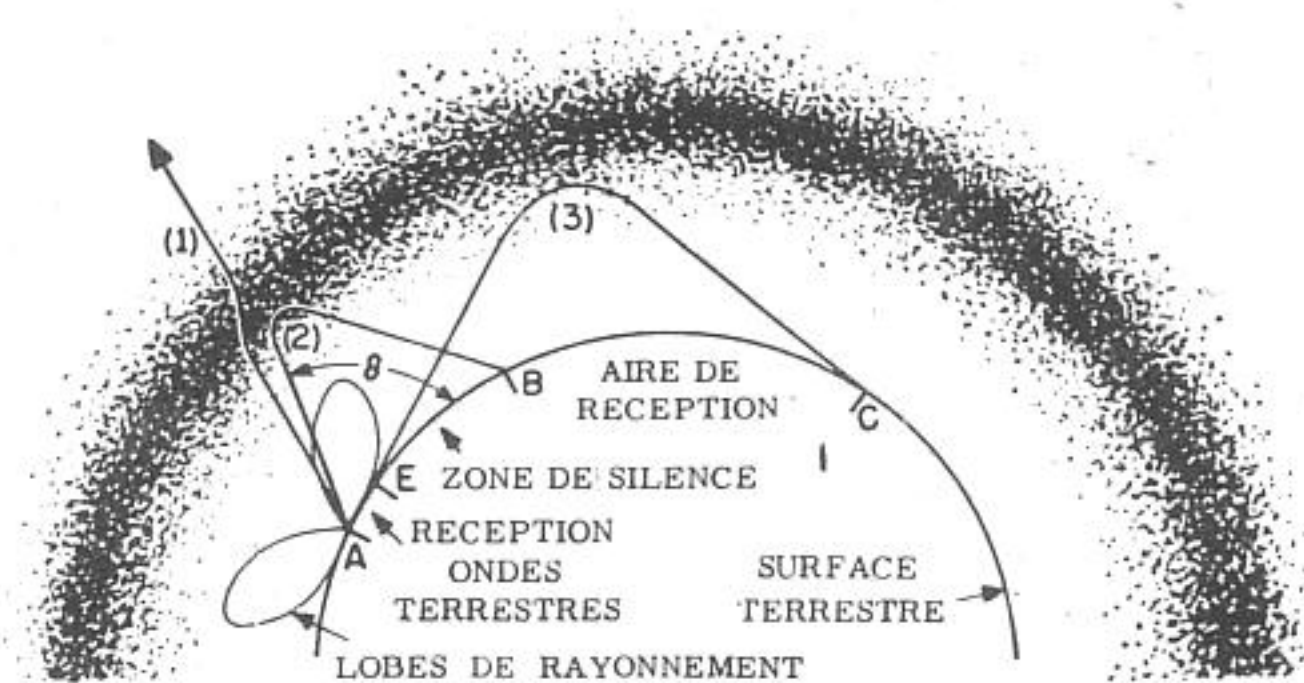


Fig. 8 - Répartition des ondes rayonnées par l'émetteur « A ». Dans la zone située entre A et E, on peut recevoir au moyen des ondes de sol; dans celle comprise entre E et B, la réception n'est pas possible (zone de silence); elle ne redevient possible qu'au-delà du point B, grâce aux ondes spatiales réfléchies.

5-B donne un graphique qui représente également les densités d'ionisation, mais pendant la nuit. Dans ce cas, la couche D n'existe pas et la couche F n'est pas subdivisée en deux couches F1 et F2.

En plus des couches ionisées mentionnées plus haut, lesquelles se produisent régulièrement, il existe souvent des zones ionisées mobiles, à la hauteur de la couche E, qui sont dues principalement, selon Appleton, à la présence de nuages d'électrons à forte densité ionique qui seraient imbriqués dans la couche F, ce qui explique leur action discontinue. Ces couches permettent de bonnes transmissions dans la gamme des ondes très courtes, à des distances qu'il serait normalement impossible d'atteindre. Elles sont appelées « couches ionisées sporadiques ». Elles semblent se manifester surtout en été et sont très rares sous l'équateur.

EFFETS de L'IONOSPHERE sur les ONDES SPATIALES

Nous pouvons maintenant entreprendre de façon plus approfondie l'étude de la propagation des ondes. L'ionosphère se comporte comme un conducteur et elle absorbe une certaine quantité d'énergie des ondes électromagnétiques qui se propagent à travers elle. Elle se comporte comme une couche réfléchissante et réfringente, en renvoyant une partie des ondes vers la terre.

Réfraction

L'aptitude de l'ionosphère à réfracter vers la terre une onde électromagnétique, dépend de l'angle d'incidence qu'elle forme avec l'onde qui l'atteint, de la fréquence de transmission et de la densité ionique. Lorsque l'onde provenant d'une antenne atteint l'ionosphère, elle commence à s'incurver, sous l'effet de la réfraction.

La figure 6 représente la réfraction d'un rayon de propagation. Comme on le voit, à condition que la fréquence, l'angle d'incidence et la couche d'ionisation soient appropriés, l'onde émerge de nouveau de l'ionosphère et retourne vers la terre.

À égalité de densité ionique, la réfraction dépend

essentiellement de deux éléments propres de l'onde incidente: l'angle d'incidence et la fréquence de transmission. Ces deux éléments affectent **simultanément** la propagation de l'onde; pour la commodité de l'exposé, nous étudierons séparément les effets de chacun d'eux.

Tout d'abord, voyons l'influence de l'angle d'incidence sur la réfraction et considérons, dans ce but, la figure 7. Sur cette dernière, T représente la terre et I l'ionosphère. Supposons, pour le moment, que l'ionosphère soit constituée d'une seule couche réfringente, afin de simplifier l'examen du phénomène.

Imaginons qu'en A soit disposé un émetteur et que l'antenne relative rayonne des ondes électromagnétiques dans toutes les directions. Considérons séparément les rayons qui se propagent avec des inclinaisons différentes par rapport à la surface du sol. L'angle que le rayon forme avec le plan horizontal est appelé angle de rayonnement.

Le rayon de propagation AB possède un angle de rayonnement presque maximum, à savoir très proche de 90° . Dans ces conditions, aussitôt que le rayon pénètre dans l'ionosphère, il commence à s'incurver mais pas suffisamment, pour qu'il puisse retourner vers le sol; il se perd dans l'espace situé au-delà de l'ionosphère. Le rayon AC qui présente un angle de rayonnement inférieur, subit le même effet, mais il est plus incurvé à l'intérieur de l'ionosphère. Jusqu'à ce que l'angle de rayonnement soit supérieur à un certain angle critique correspondant au rayon AD, les rayons se perdent dans l'espace extérieur à l'ionosphère après avoir été plus ou moins incurvés par la réfraction.

Le rayon AD, au contraire, pendant qu'il pénètre dans l'ionosphère, s'incurve d'une façon telle qu'il amorce un trajet de retour vers la terre. Le rayon AE suit un parcours identique, avec cette différence, toutefois, qu'il pénètre moins profondément dans l'ionosphère. Lorsque diminue l'angle de rayonnement, le rayon est toujours réfracté, en pénétrant de moins en moins dans l'ionosphère, jusqu'à un angle minimum β .

Sur la figure, le rayon AF présente justement cet angle minimum, il est renvoyé vers la terre sans avoir pénétré à l'intérieur de l'ionosphère. Dans ce cas, on

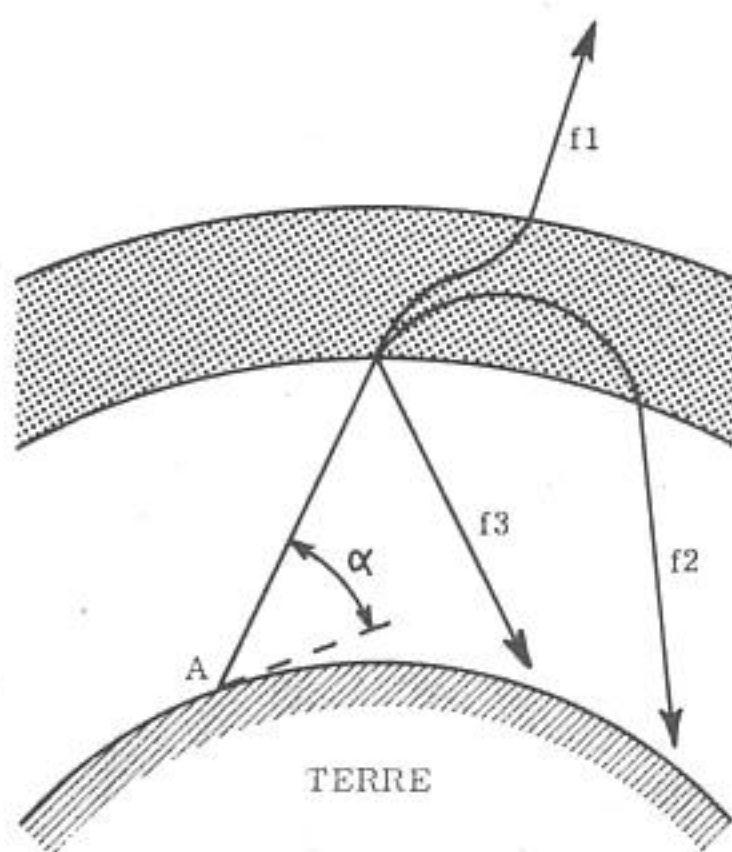


Fig. 9 - Si trois signaux (f_1 , f_2 , f_3) sont rayonnés sous le même angle vers l'ionosphère, mais avec une fréquence différente, chacun d'eux aura un angle de réfraction différent, d'autant plus grand que la fréquence du signal est petite.

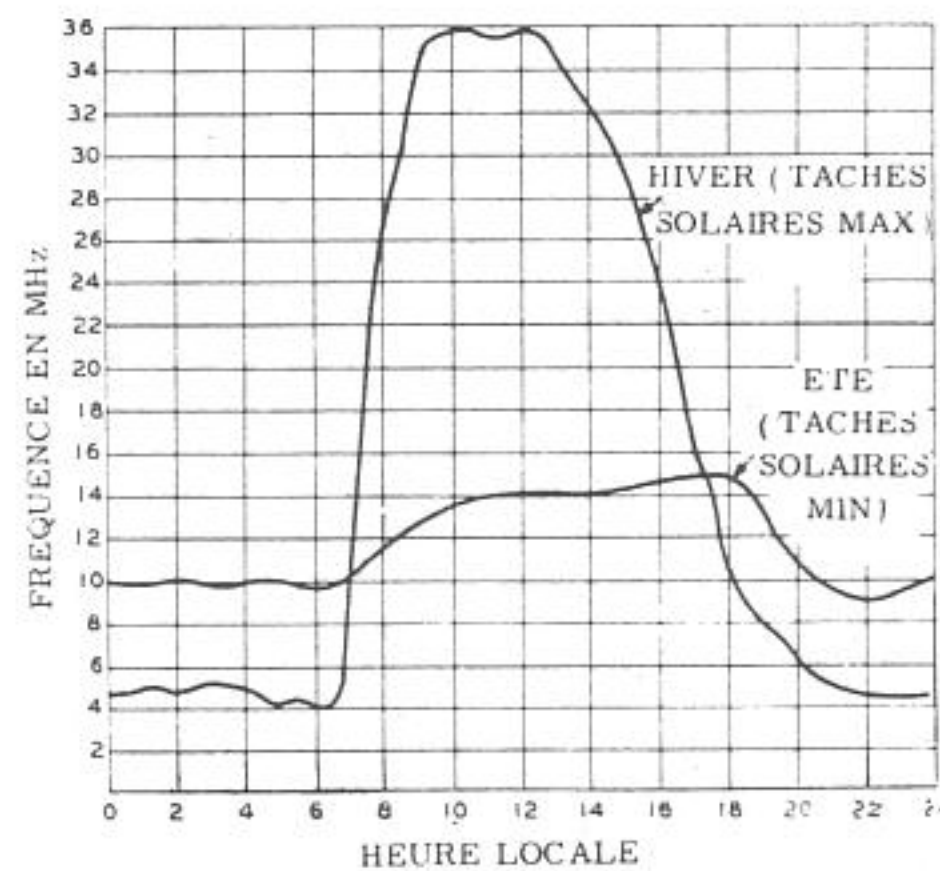


Fig. 10 - Graphique représentant les diverses fréquences de transmission au moyen desquelles on obtient la meilleure propagation, en fonction de l'heure locale, pendant la saison d'hiver et celle d'été.

ne peut plus parler de réfraction mais de réflexion. Nous nous occuperons de ce phénomène, qui a lieu pour des angles de rayonnement compris entre zéro et β , dans un prochain paragraphe.

Etant donné qu'une antenne émet des ondes dans toutes les directions, il en résulte que, simultanément, quelques rayons vont se perdre dans l'espace tandis que d'autres retournent sur la terre. Les premiers sont ceux qui sont émis par l'antenne sous un angle de rayonnement supérieur à l'angle critique α et les autres ceux qui sont émis sous un angle inférieur à α .

Considérons maintenant la **figure 8** et imaginons de tracer sur la surface du sol des circonférences concentriques de rayons AE, AB et AC ayant leur centre au point A de transmission. La zone comprise à l'intérieur de la circonférence AE est couverte par l'émetteur, au moyen des ondes de sol. La zone comprise entre la circonférence AE et la circonférence AB, n'est pas atteinte par les ondes de sol qui s'arrêtent au point E, ni par les ondes spatiales qui ne commencent à se manifester qu'après le point B. Dans cette zone, la réception est pratiquement nulle et c'est pourquoi on l'appelle « **zone de silence** ». Entre AB et AC, la réception est réalisable au moyen des ondes spatiales réfractées tandis qu'au-delà de C, les ondes ne peuvent plus être captées à cause de la courbure de la terre, sauf dans le cas où l'on a une réfraction multiple, dont nous parlerons plus loin.

L'angle critique au-dessus duquel la réfraction est trop faible pour pouvoir renvoyer les ondes vers la terre, dépend de la fréquence de l'onde incidente. En effet, l'indice de réfraction d'un milieu dépend essentiellement de la fréquence du signal qui le traverse. Plus précisément, à mesure que la fréquence augmente, l'angle critique diminue et, par conséquent, la zone de silence s'étend.

Considérons à présent la **figure 9**. Nous pouvons y voir trois rayons lancés vers l'ionosphère, ayant le même angle de rayonnement γ . Les trois rayons ont cependant des fréquences différentes; à savoir, f_1 est plus grande que f_2 et f_2 plus grande que f_3 . Le rayon f_1 , de fréquence très élevée, n'est pas réfracté suffi-

samment et il se perd au-delà de l'ionosphère. A mesure que la fréquence décroît, les rayons vont toujours se perdre, jusqu'à ce qu'on obtienne la fréquence f_2 pour laquelle le rayon émerge de nouveau à l'intérieur de l'ionosphère. On peut dire qu'à la fréquence f_2 , l'angle de rayonnement γ correspond à l'angle critique α . Ensuite, à mesure que la fréquence continue à décroître, les rayons sont tous réfractés jusqu'à ce que l'on descende à la fréquence F_3 , pour laquelle le phénomène de réflexion commence à se manifester. Ce qui veut dire que, pour le même angle γ de rayonnement, correspond, pour cette fréquence, l'angle critique β . Pour les fréquences inférieures, le rayon à inclination γ est toujours réfléchi.

Réflexion

La réfraction n'est pas l'unique phénomène qui peut intéresser la propagation des ondes radio électriques. Comme nous l'avons vu par ailleurs, pour des angles de rayonnement inférieurs à l'angle critique β , le phénomène de réflexion se produit. Toutefois, même pour les angles de rayonnement supérieurs à β , on a toujours une réflexion partielle. On peut même affirmer que pour des fréquences se trouvant au-dessous d'une certaine valeur, on constate une certaine réflexion pour n'importe quel angle de rayonnement. A ce propos, la notion de « fréquence critique » qui correspond à la fréquence maximum réfléchi sous un angle de rayonnement de 90° , est fondamentale. La réflexion augmente dans la journée tandis qu'elle diminue pendant la nuit. La fréquence critique peut être de l'ordre de 12 MHz dans la journée et de 2 MHz pendant la nuit.

Les phénomènes de réflexion et de réfraction sont, nous l'avons dit d'ailleurs, simultanés, donc ils affectent tous les deux radiocommunications. Ils deviennent, toutefois, de moins en moins importants au fur et à mesure que la fréquence augmente; on peut, par suite, définir une « fréquence maximum utilisable », se rapportant aux communications à grande distance.

Il s'agit de la fréquence maximum qu'il est possible d'utiliser pour effectuer une transmission d'un lieu à un autre, au moyen des ondes spatiales. La **figure 10**

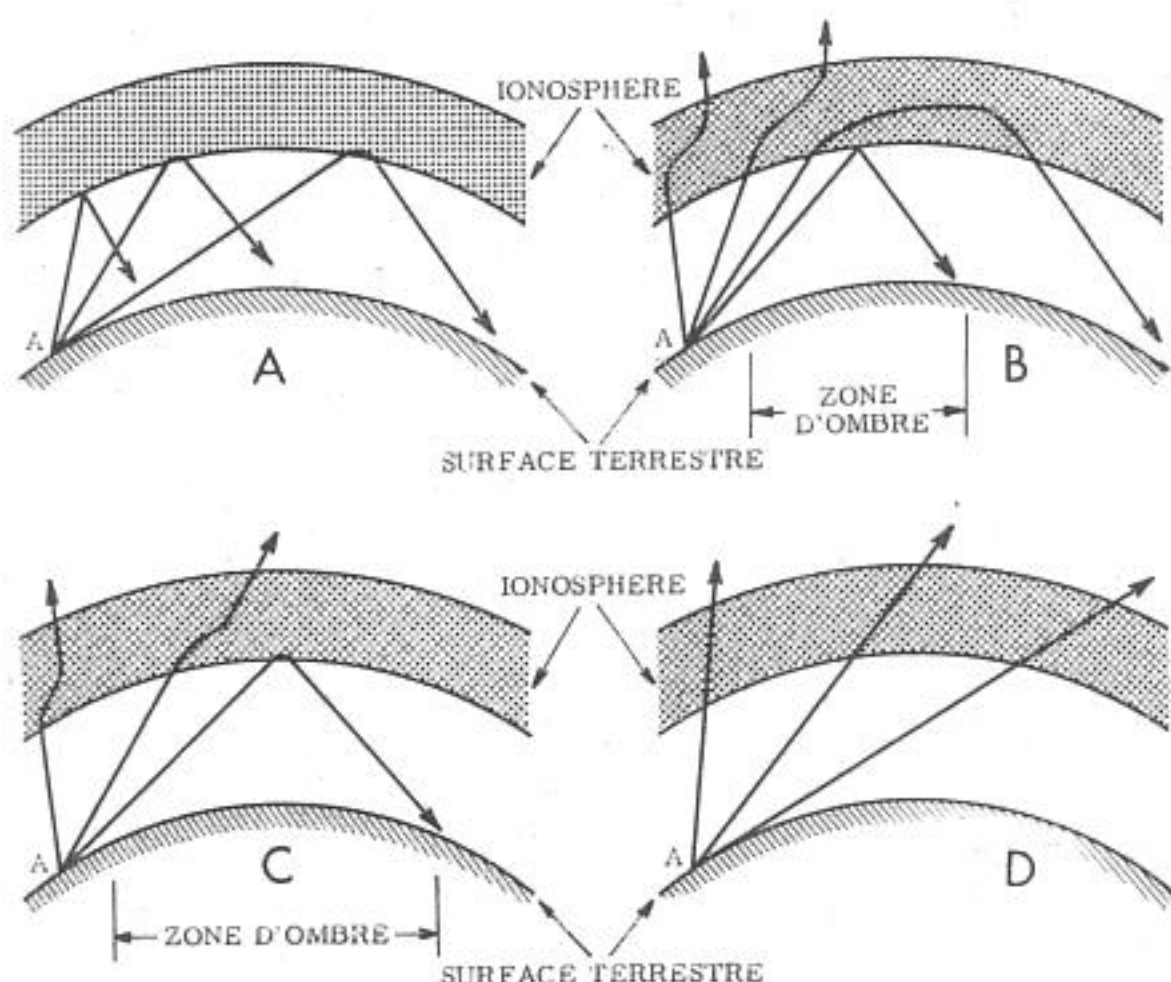


Fig. 11 - Comportement des diverses fréquences par rapport à l'ionosphère. En A, ondes moyennes et longues; en B, ondes courtes; en C ondes très courtes et, en D, ondes ultra-courtes. Remarquons les divers degrés de réfraction.

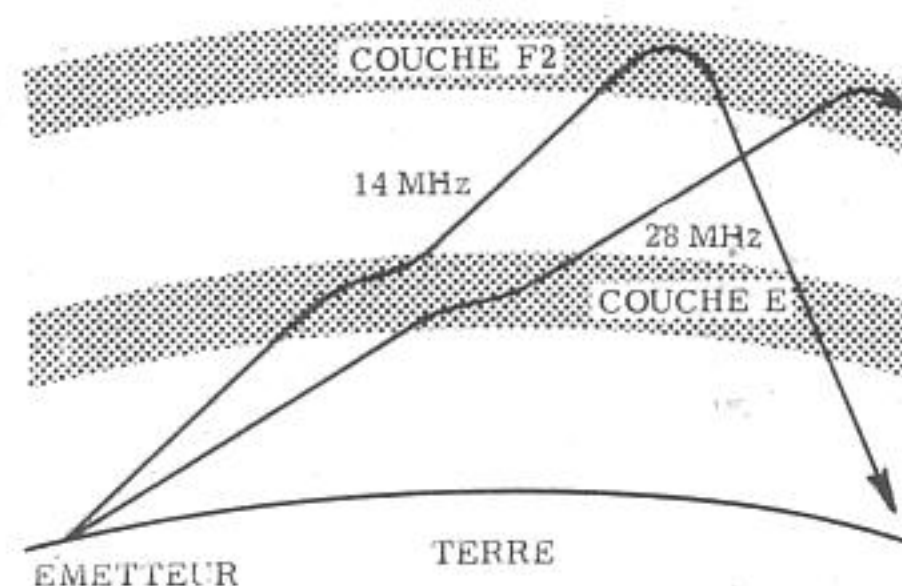


Fig. 12 - Variation de la direction de propagation due à l'influence des différentes couches. Dans les couches E et F1 (cette dernière n'est pas représentée), on a une réfraction insuffisante qui est complétée par la couche F2, pour la seule fréquence de 14 MHz.

représente deux diagrammes qui indiquent la fréquence d'utilisation maximum, en fonction des différentes heures du jour. Ces courbes dépendent aussi de la saison et de l'activité solaire, c'est pour cette raison que nous avons représenté deux cas parmi les plus typiques: l'un relatif à la saison d'hiver, pendant l'activité maximum du soleil, l'autre durant l'été, la saison où l'activité du soleil est minimum.

Les figures 11-A, B, C et D représentent le comportement des diverses fréquences, lorsqu'elles rencontrent les couches ionosphériques. La figure A concerne les ondes moyennes et les ondes longues: si les angles de rayonnement sont considérables, on a une réflexion qui peut être employée pour la transmission à courte distance, tandis que si les angles sont réduits, on obtient une réfraction; ce dernier phénomène n'est pas cependant, utilisable dans la pratique, étant donné qu'il s'accompagne d'une importante absorption, surtout dans la journée, imputable aux couches inférieures de l'ionosphère. La figure B montre le comportement des ondes courtes: les rayons correspondant à des angles de rayonnement assez grands sont réfractés, après avoir pénétré profondément dans l'ionosphère; ceux ayant une faible inclinaison sont réfléchis. Le comportement des ondes très courtes est similaire, sauf en ce qui concerne l'angle critique qui est plus petit; par suite, on a une plus grande dispersion dans l'espace; la réfraction s'accomplit sans une pénétration profonde et, souvent, c'est une réflexion que l'on obtient (figure 11-C). En D, nous voyons comment les ondes ultra-courtes et les microondes se propagent presque en ligne droite, pour n'importe quel angle de rayonnement.

Effet de la lumière de jour

L'augmentation de l'ionisation dans la journée est la cause d'importantes modifications du comportement des ondes. Étant donné la forte ionisation, plusieurs phénomènes se produisent. Tout d'abord, l'onde réfléchie prend une importance particulière et, par suite, les régions situées à proximité de l'émetteur reçoivent un signal intense. En second lieu, puisque l'onde ré-

fractée doit effectuer un parcours assez long avant d'émerger de nouveau de l'ionosphère et que l'ionisation élevée apporte des affaiblissements considérables de l'amplitude des ondes qui traversent l'ionosphère, le phénomène de réfraction qui en résulte est très atténué. En tenant compte du fait que ce phénomène est très important pour la transmission dans les régions lointaines, il s'ensuit que, dans la journée, on a une meilleure réception dans les localités voisines de l'émetteur, due à la meilleure réflexion et, au contraire, une mauvaise réception dans les régions plus lointaines, étant donné que l'onde réfractée est presque entièrement absorbée par l'ionosphère.

Le phénomène de l'absorption, toutefois, est inversement proportionnel à la fréquence de transmission et, par suite, il devient moins important pour les fréquences relativement élevées. C'est pourquoi il est possible, dans la journée, d'effectuer des communications radioélectriques, même à grande distance, à condition que la fréquence soit suffisamment élevée. Dans ce cas on utilise le pouvoir réfringent des couches E, F1 et F2.

Communications diurnes sur fréquences élevées

La forte ionisation de la couche F2 dans la journée permet une réfraction optimum des ondes courtes qui, nous l'avons déjà dit, ne sont que très rarement absorbées. Au moyen de ces fréquences, il est possible de réaliser par suite, des transmissions diurnes à longue portée. La figure 12 montre comment la couche F2 complète la réfraction, commencée pendant le passage à travers les couches E et F1, en renvoyant vers la terre l'onde transmise.

Comme on peut le voir, les ondes sont déjà partiellement déviées pendant qu'elles traversent les couches E et F1, mais une telle déviation n'est pas suffisante pour les faire retourner vers la terre. Par conséquent, la couche F2 est essentielle pour les radio-transmissions de ce genre. On ne doit pas croire que les communications diurnes s'améliorent de plus en plus au fur et à mesure que la fréquence augmente, puisqu'à une fréquence élevée correspond une faible ab-

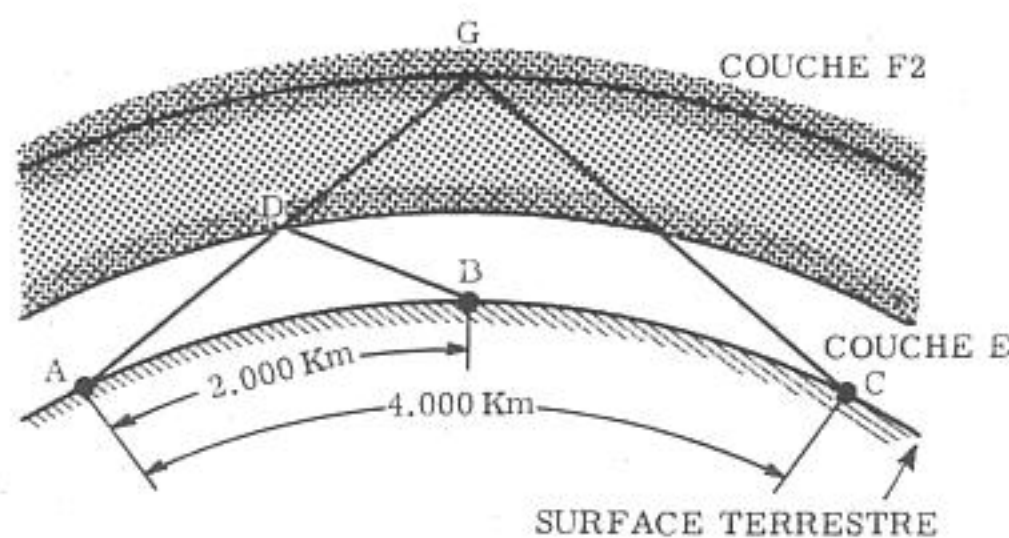


Fig. 13 - A est l'émetteur et D le point de réfraction dû à la couche E. Le rayon retourne sur le sol au point B, c'est-à-dire à 2 000 km. Si, au contraire, la réfraction a lieu en G (couche F2), le rayon retourne sur la terre au point C, 4 000 km.

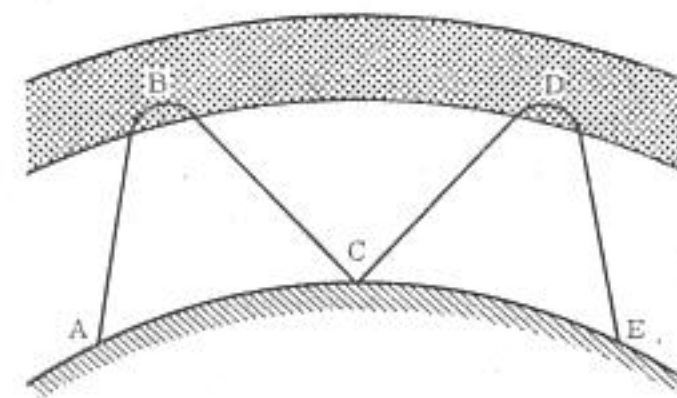


Fig. 14 - En se servant aussi de la réflexion déterminée par la surface de la terre, on obtient une portée plus grande. L'onde est émise du point A; après avoir été réfléchi en B, elle atteint le point C, et, après une dernière réflexion, elle arrive en D, d'où elle retourne vers la terre encore une fois en E.

sorption. En effet, si on dépasse une certaine limite, les communications ne sont plus possibles, parce que les ondes ne sont pas suffisamment réfractées pour retourner au-dessous de l'ionosphère, et se perdent dans l'espace.

La fréquence maximale utilisable pour une transmission donnée dépend de l'état de l'ionosphère ainsi que de la distance de transmission; puisque les caractéristiques de l'ionosphère varient tout le temps, on fait usage de nomogrammes et de tables de fréquences, afin de pouvoir déterminer la fréquence de transmission convenant le mieux, en tenant compte de la distance à laquelle on doit transmettre et de l'heure du jour.

La détermination de ces tables est basée sur la connaissance de la hauteur des couches ionosphériques et des fréquences critiques. Ces renseignements sont recueillis par un grand nombre de stations de sondage réparties dans le monde entier, à intervalles réguliers de quelques heures. Ces données sont ensuite représentées au moyen de graphiques.

Grâce à cette représentation systématique des caractéristiques de l'ionosphère, il est possible de mettre à la disposition des expérimentateurs privés et des services publics de télécommunications, toute une série de données qui servent, en pratique, à formuler des prévisions assez exactes sur les conditions de propagation des ondes. Cependant, il se produit souvent de fortes variations spontanées imprévues des caractéristiques de l'ionosphère qui peuvent amener des troubles sérieux dans les radio-communications.

REFRACTION SIMPLE et MULTIPLE

Examinons la figure 13, sur laquelle nous avons représenté le rayon qui sort du point A avec une inclinaison nulle. Supposons que ce rayon soit réfléchi ou réfracté par la couche E, il retournera sur la surface du sol au point B, après avoir été réfléchi en D. Si, au contraire, le rayon est réfléchi ou réfracté au point G de la couche F2, c'est-à-dire de la couche la plus externe, il atteint la surface du sol au point C. B se trouve à 2 000 km de A, et C à 4 000 km. Ces distances sont les portées maximales qu'on peut ob-

tenir au moyen d'une seule réflexion, ou d'une seule réfraction. Il est possible, toutefois, d'obtenir des portées plus importantes à l'aide du procédé illustré par la figure 14. Le rayon transmis du point A, est réfracté en B et, ensuite, il revient au sol au point C, d'où il est réfléchi vers l'ionosphère. Une seconde réfraction, identique à la première se produit alors, et le rayon atteint le récepteur placé en E. Il est bien évident que ce mode de propagation permet d'atteindre des distances considérables.

Ce type de propagation n'est pas facile à calculer exactement, parce que, pratiquement, on s'éloigne trop de la simple représentation géométrique que nous avons donnée à la figure 14. De toute façon, il est possible de calculer, connaissant le nombre des réfractions que l'on veut obtenir et la portée de l'émetteur, l'angle sous lequel les ondes arrivent au récepteur, de façon à orienter les antennes de réception. En général, il vaut mieux que la transmission s'opère au moyen d'une onde ayant subi le moins possible de réfractions, puisque chaque réfraction apporte une diminution sensible de l'amplitude du signal à cause de l'absorption.

PERTURBATIONS dans la PROPAGATION

Ce qui a été dit plus haut sur la propagation des ondes électromagnétiques reste, en règle générale, valable. Cependant, il existe des phénomènes divers qui peuvent provoquer de fortes variations du comportement des ondes électromagnétiques. L'un des phénomènes les plus connus affectant la propagation est l'effet d'évanouissement des ondes, ou « fading ».

Evanouissement - Ce terme désigne un phénomène qui se traduit par des fluctuations de l'intensité du signal capté par les antennes de réception. Les fluctuations à très basse fréquence (période longue de l'ordre d'une minute) sont dues aux variations continues de la hauteur et de la densité d'ionisation des couches de Kennely-Heavyside et d'Appleton.

En un instant déterminé, la couche d'Heavyside, soit qu'elle s'élève, soit qu'elle s'incline, est en mouvement. Il en résulte que la phase de l'onde qui arrive au récepteur est modulée par ce mouvement.

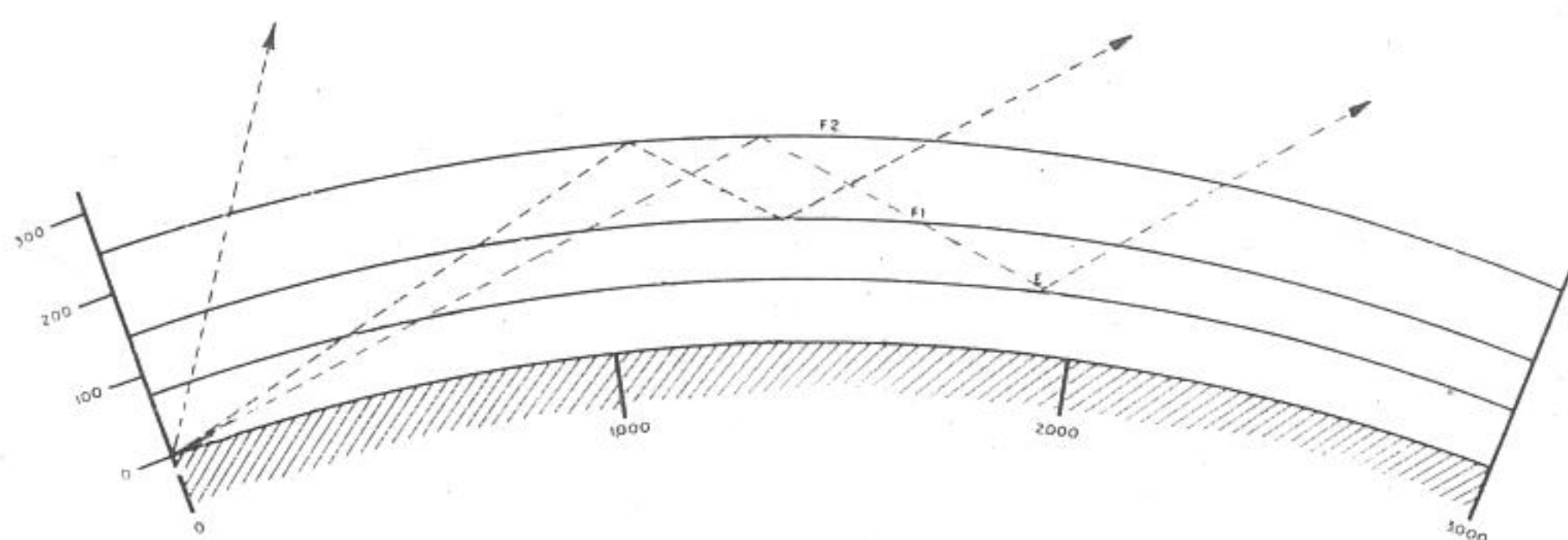


Fig. 15 - Dans cette figure on voit l'allure et la réflexion des ondes radio à partir de couches différentes, représentées simplement par des lignes, qui sont comprises entre 0 et 300 miles (1 mile = 1,609 km) pour des distances sur des surfaces terrestres comprises entre 0 et 3000 miles.

Les variations de la densité d'ionisation de ces couches entraîne une modification de l'indice de réfraction (donc, de l'angle de réfraction), ainsi que de la fraction d'énergie qui, au lieu d'être renvoyée vers la terre, est absorbée. En outre, la polarisation de l'onde varie aussi fortement, mais cette question est très compliquée et nécessiterait un très long développement que nous ne pouvons pas aborder ici.

Les ondes qui atteignent l'antenne du récepteur sont généralement constituées par un groupe de rayons qui ont été soumis à plusieurs actions pendant leur passage à travers l'ionosphère. Ces différents rayons présentent souvent entre eux des déphasages. S'ils sont en phase, on obtient un renforcement considérable de l'intensité du signal reçu. Si, au contraire les déphasages sont importants, on obtient un affaiblissement du signal (qui peut même aller jusqu'à l'extinction, en cas d'opposition de phase). Ces renforcements et réductions successifs de l'intensité du signal reçu ont une durée comprise entre quelques fractions de seconde et quelques minutes.

Le fading peut n'affecter que certaines fréquences des bandes latérales d'un signal haute fréquence modulé en amplitude ou en fréquence, émis par une station de radiodiffusion. Ce type particulier d'évanouissement est appelé fading sélectif.

Il en résulte que les fréquences affectées par le fading sont plus affaiblies que les autres. Cela entraîne une forte distorsion du signal à Basse Fréquence.

Le phénomène du « fading », en général, varie considérablement d'un récepteur à un autre, même dans le cas où ceux-ci sont séparés par une distance de quelques mètres. C'est pourquoi dans les récepteurs professionnels on utilise souvent plusieurs antennes installées à une certaine distance l'une de l'autre, de sorte que, dans le cas où le signal présent sur l'une d'elle est affecté par le fading, on en utilise momentanément une autre qui permet de meilleures conditions de réception.

Parmi les causes les plus courantes de « fading », il faut signaler en plus de celles déjà mentionnées, l'interférence entre l'onde de sol et l'onde spatiale, qui

peuvent arriver au récepteur en opposition de phase, ou bien entre l'onde qui arrive au récepteur après avoir subi une seule réfraction et celle ayant subi deux réfractions successives.

Orages magnétiques

A côté des évanouissements brusques, dont l'effet est limité à une portion du globe terrestre, il existe d'autres perturbations plus importantes qui, elles, se manifestent en même temps (à une minute près), en tous les points de l'écorce terrestre. Ce sont les **orages magnétiques**.

Les orages magnétiques sont dus aux éruptions solaires. Ils sont fréquents et leur durée est comprise entre quelques heures et plusieurs jours. Ils provoquent des troubles de l'ionosphère qui persistent longtemps après la fin de l'orage (une semaine et même davantage), ainsi que des variations des caractéristiques du champ magnétique terrestre. L'effet des orages magnétiques sur l'ionosphère est le suivant:

De nuit, la densité électronique de la couche F diminue. Cette couche perd son homogénéité et se transforme en un ensemble de nuages, à travers lesquels les ondes peuvent passer pour aller se réfléchir plus haut.

De jour, la couche F2 se sépare de la couche F1, pendant que son altitude croît et que sa densité d'ionisation diminue et peut même disparaître complètement.

Au contraire, la densité ionique de la couche E augmente considérablement, de sorte qu'elle réfléchit toutes les ondes, permettant ainsi des communications à très grandes distances. De plus, une couche fortement absorbante se forme au dessous de la couche E.

En somme, on assiste à une exagération des phénomènes qui se produisent normalement pendant l'été, dans la journée, durant les premières heures de l'après-midi, et que nous avons déjà soulignés.

La densité de la couche D subit, elle aussi, une augmentation considérable. Or c'est cette couche qui est responsable de l'absorption des ondes qui la traversent. Ce phénomène explique les difficultés de propagation des ondes courtes, lors des orages magnétiques.

Leçon n° 125

TYPES D'ANTENNES

Dans la leçon théorique sur les antennes, nous avons considéré principalement, le dipôle demi-onde, appelé aussi « antenne Hertz », parce qu'il représente le type le plus simple d'antenne. Il en existe, toutefois, plusieurs autres et le choix dépend de la fréquence de transmission, de la puissance que l'on veut rayonner, de la portée que l'on désire atteindre, et enfin, de l'espace disponible pour l'installation de l'antenne.

Nous avons vu qu'un même type d'antenne peut être alimenté de différentes façons. Le type d'alimentation dépend, principalement, des caractéristiques de la ligne de transmission adoptée. Quelquefois — surtout dans le cas où l'espace disponible est limité — on évite l'usage des lignes de transmission et on connecte directement une extrémité de l'antenne à l'émetteur; dans ces conditions, il convient, afin de ne pas diminuer le rendement, de faire en sorte que la partie de l'antenne qui rayonne le plus soit autant que possible élevée et ouverte à l'autre extrémité. Un exemple typique de ce mode d'alimentation est celui des antennes « Fuchs », vibrant en demi-onde. C'est de celles-ci que nous nous occuperons maintenant.

Antennes « Fuchs »

Pour l'alimentation de ce type d'antenne, on ne fait pas usage d'une ligne de transmission. Cette dernière est, au contraire, constituée par la partie descendante de l'antenne, qui est reliée directement à l'émetteur, ou à un coupleur spécial, du type de ceux représentés par la figure 1.

Avec les antennes Fuchs, dont la longueur totale, descente y comprise, est égale à la demi-longueur d'onde, il est indispensable de brancher des filtres dans le circuit de couplage avec l'émetteur. Les antennes alimentées par une extrémité sont incapables d'éliminer les harmoniques de la fréquence de travail.

Il s'agit d'introduire, entre l'émetteur et l'extrémité de l'antenne, un filtre spécial passe-bas, de manière que seule la fréquence fondamentale de travail puisse arriver à l'antenne, comme dans la figure 1. Ce résultat peut être obtenu en utilisant soit un circuit résonnant, comme en A, soit un filtre en π , comme en B. De plus, on peut voir sur la même figure, un filtre qui sert à éliminer les éventuelles interférences avec des émissions de télévision. Ces filtres ne sont pas seulement employés dans le cas de l'antenne Fuchs, mais, en général dans tous les cas où l'on considère que de telles interférences sont possibles.

Afin que le dipôle demi-onde puisse rayonner le maximum d'énergie électromagnétique, il est nécessaire que des ondes stationnaires s'y produisent. De plus, il est nécessaire que les ondes stationnaires de tension soient telles que l'on obtienne un noeud au centre du dipôle et deux ventres à chaque extrémité; les ondes stationnaires de courant présenteront, par suite, un ventre au centre et deux noeuds aux extrémités. Ces conditions auxquelles doivent satisfaire les ondes stationnaires, sont valables également dans le cas d'antennes alimentées directement par une extrémité.

Cependant, il existe une différence sensible entre les deux types d'alimentation considérés. En fait, les dipôles sont alimentés par le centre, c'est-à-dire en un point où le courant est maximum et la tension minimum, tandis que les antennes Fuchs sont alimentées par une extrémité, c'est-à-dire en un point où le courant est minimum et la tension est maximum. C'est pour cette raison que les deux types d'alimentation considérés sont appelés, respectivement, **alimentation en courant et alimentation en tension**.

Puisqu'une partie du conducteur qui constitue une antenne Fuchs se trouve, obligatoirement, à l'intérieur du bâtiment où l'émetteur est installé, une partie de la puissance rayonnée n'est pas dirigée vers l'espace libre. Afin que l'on puisse obtenir un rendement satisfaisant, il est nécessaire qu'au moins les 3/4 du conducteur soient à l'extérieur et loin de tout obstacle.

Evidemment, cela est vrai pour n'importe quel type d'antenne, mais dans ce cas il est particulièrement important, puisqu'il est impossible d'installer l'antenne à une hauteur suffisamment élevée parce que la ligne de transmission fait défaut.

Nous avons dit que l'antenne Fuchs était du type à alimentation en tension. Par conséquent, dans la partie terminale du conducteur, c'est-à-dire celle qui se trouve à l'intérieur du bâtiment, il existe une tension élevée à haute fréquence. Donc, il faut prendre plus de précautions que dans le cas des dipôles à alimentation en courant, où l'on n'a pas de fortes tensions de sortie aux bornes de l'émetteur. Quoique les tensions élevées à haute fréquence ne soient pas très dangereuses, elles peuvent cependant provoquer sur le corps humain de vraies « brûlures ».

Antennes « Zeppelin »

Il s'agit d'une antenne semblable à celle décrite dans le paragraphe précédent. En effet, l'alimentation se

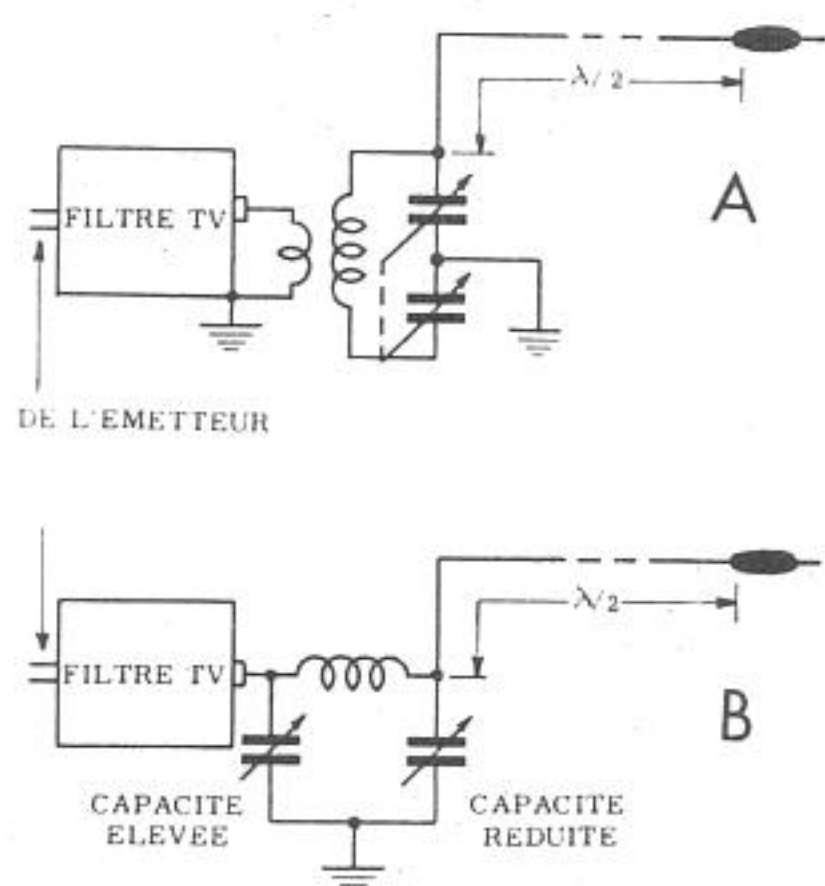


Fig. 1 - Types de coupleurs pour antennes « Fuchs ». En A, coupleur à circuit résonnant; en B, coupleur à filtre en « π ».

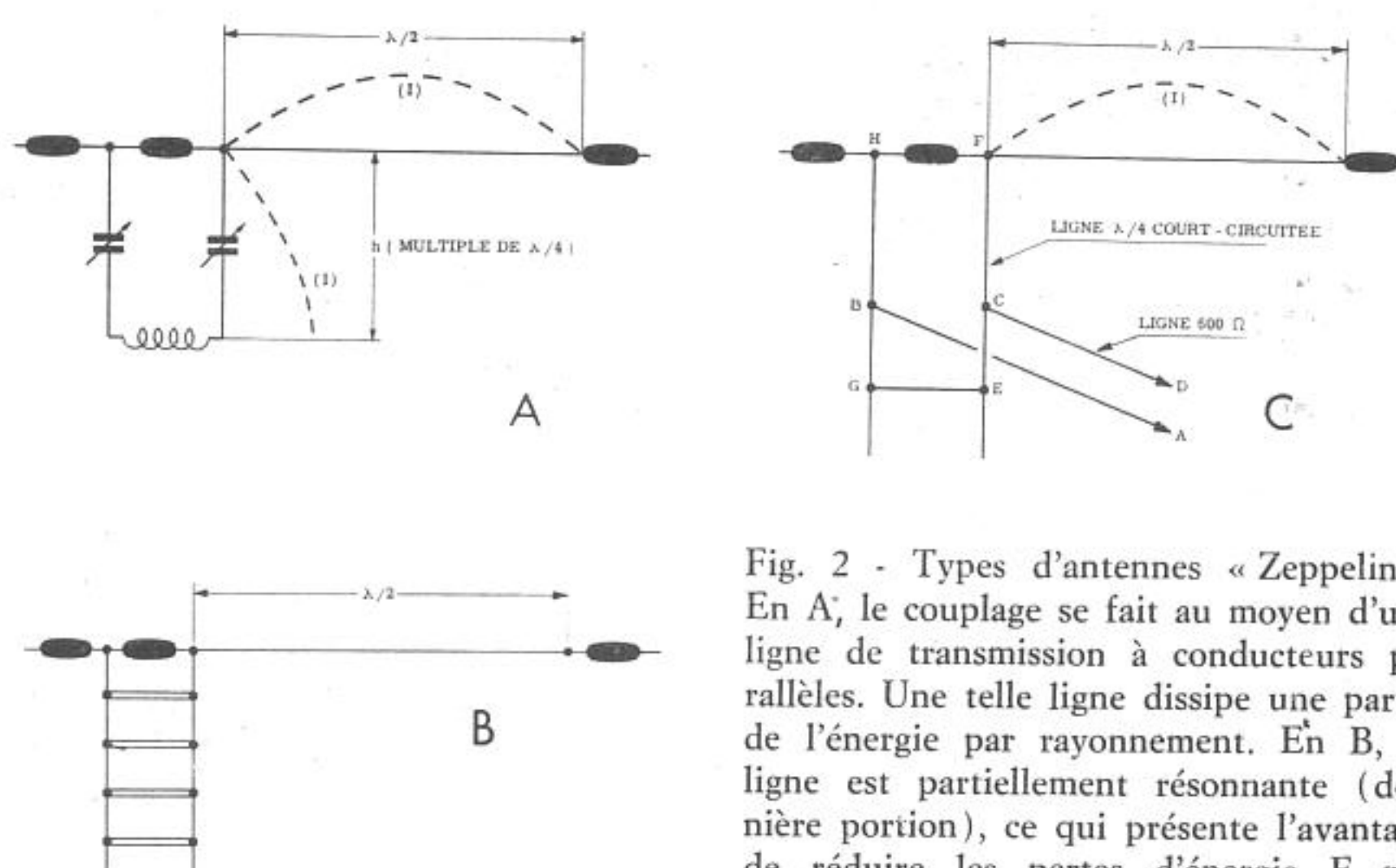


Fig. 2 - Types d'antennes « Zeppelin ». En A, le couplage se fait au moyen d'une ligne de transmission à conducteurs parallèles. Une telle ligne dissipe une partie de l'énergie par rayonnement. En B, la ligne est partiellement résonnante (dernière portion), ce qui présente l'avantage de réduire les pertes d'énergie F par rayonnement. En C, on utilise une ligne quart d'onde en court-circuit.

fait, dans ce cas aussi, par une extrémité (alimentation en tension). Il existe, toutefois, entre les deux antennes, une différence importante. Celle-ci réside dans l'alimentation qui, pour l'antenne Zeppelin, se fait à l'aide d'une ligne de transmission. Deux types d'antennes Zeppelin, sont représentés par les figures 2-A et 2-B. Elles diffèrent l'une de l'autre — nous le verrons — par leur mode d'alimentation.

Quelquefois, il est avantageux de pouvoir émettre sur des fréquences différentes en utilisant la même antenne: c'est justement dans ce cas que l'antenne Zeppelin se révèle intéressante. En effet, son couplage sur les différentes fréquences s'obtient en accordant la ligne de transmission, la longueur du conducteur rayonnant restant invariable. Dans le cas illustré par la figure 2-A, la ligne est constituée par deux conducteurs parallèles. Selon que la largeur de la ligne sera égale à un nombre pair ou impair de quart de longueur d'onde ($\lambda/4$), on adoptera un circuit d'accord de la ligne du type série ou parallèle. La longueur de la ligne est choisie de façon à obtenir un ventre de tension à l'entrée de l'antenne.

Pour éliminer l'inconvénient que constitue le rayonnement parasite de la ligne de transmission, on fait appel à la disposition de la figure 2-B. Dans ce cas, la partie principale de la ligne, c'est-à-dire le segment compris entre l'émetteur et les points A et B, n'est pas résonnante, car c'est une ligne normale à conducteurs parallèles d'impédance comprise entre 300 et 600 Ω . La dernière partie, c'est-à-dire celle comprise entre les points A et B et l'antenne est résonnante, sa longueur étant égale à un quart de longueur d'onde. La connexion des deux segments de la ligne est réalisée aux points convenables, choisis de façon que l'amplitude des ondes stationnaires, soit minimale dans le segment qui ne doit pas rayonner.

On peut également alimenter l'antenne au moyen d'une ligne quart-d'onde en court-circuit, comme l'indique la figure 2-C. La ligne ABCD attaque une ligne EFGH court-circuitée en GE; cette dernière, à son tour, excite l'antenne en FH. Or, une ligne $\lambda/4$ en court-circuit est équivalente à un circuit résonnant pa-

rallèle, dont l'impédance à la résonance est infinie. Or aura donc bien, en FH un noeud de courant et un ventre de tension. Il faut déterminer les distances EC et CF de façon que la ligne ABCD débite sur une résistance égale à sa résistance caractéristique R_c .

Antennes « Hertz » et « Lévy »

Il s'agit de dipôles classiques demi-onde qui sont déjà connus de nos lecteurs. Si le dipôle est horizontal, on a affaire à une antenne Lévy qui rayonne vers le ciel. Le rayonnement se propage alors à grande distance après avoir subi des réflexions sur les couches ionisées de l'ionosphère.

Le couplage de cette antenne avec l'émetteur est réalisé au moyen de lignes de transmission reliées au centre du dipôle, comme l'indique les figures 3-A, 3-B et 3-C.

Les points E et F sont des ventres (A et B) ou des noeuds (C) de courant. Si E et F sont des noeuds de courant, on peut couper le fil soit en E, soit en F et ne laisser subsister qu'un bras du dipôle; on retrouve alors l'antenne Zeppelin.

Si le dipôle est vertical, on a affaire à une antenne Hertz (figure 3-D) (l'antenne est verticale mais pour faciliter la lecture, le dessin la représente en position horizontale) qui rayonne vers le sol, parallèlement à la surface de la terre et tout autour du dipôle. Il en résulte que cette antenne favorise les ondes de sol, étant donné qu'elle rayonne la plupart de l'énergie dans le plan horizontal et d'une façon homogène dans toutes les directions.

Il faut toutefois, ajouter que les antennes verticales demi-onde sont soumises à des interférences, plus que les antennes horizontales tant à l'émission qu'à la réception. De plus, dans ce dernier cas, toute sorte de perturbations sont captées avec une intensité considérable, surtout celles engendrées par des moteurs électriques industriels, puisque ces dernières sont polarisées verticalement.

Antennes « Marconi »

Le choix de l'un de l'autre type d'antenne dépend principalement de l'espace dont on dispose et de la

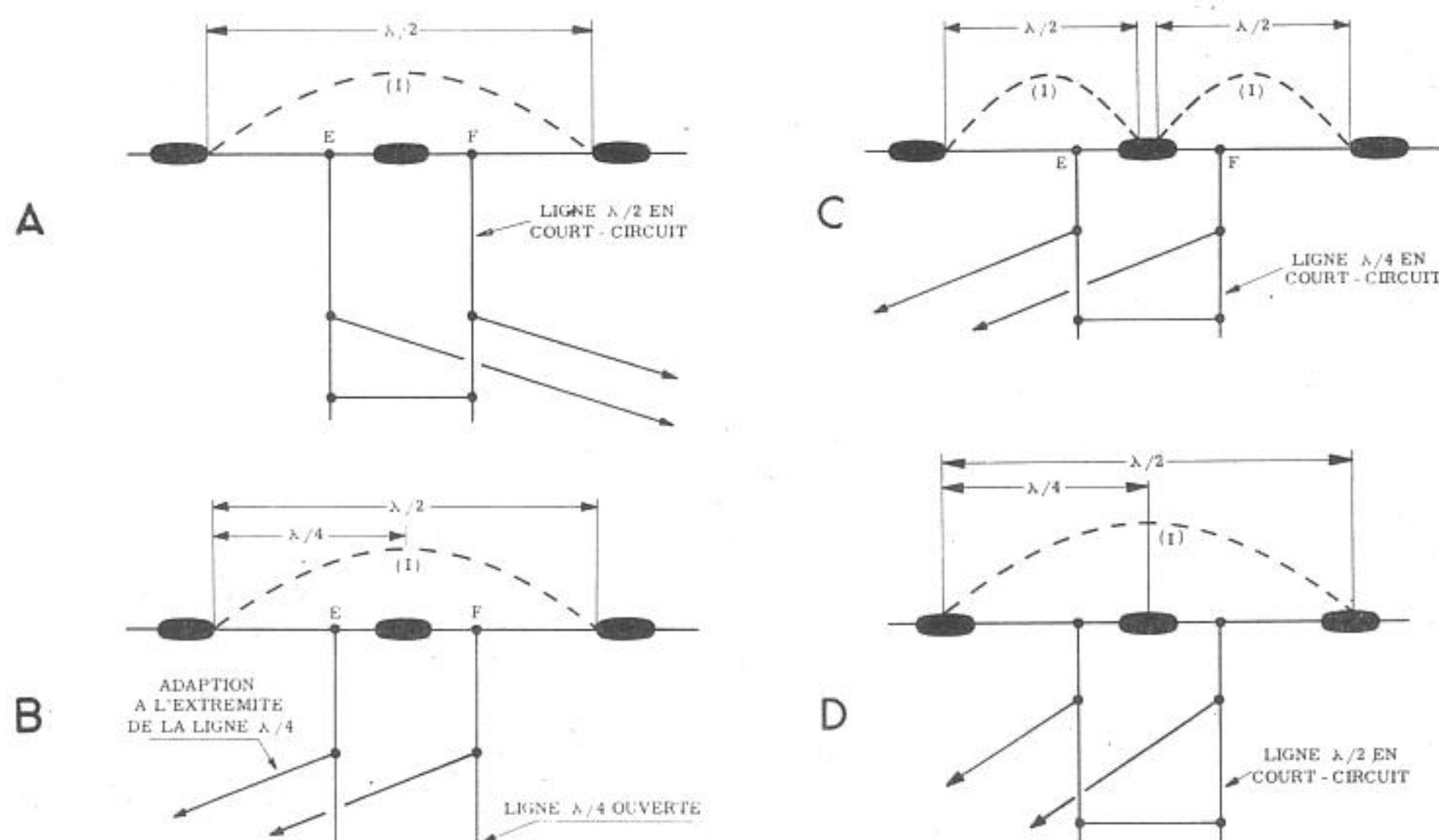


Fig. 3 - Antennes dipôle demi-onde du type Lévy (A-B-C) et Hertz (D); alimentées au centre au moyen de lignes de transmission.

fréquence de travail. Les antennes décrites jusqu'à présent ont une longueur égale à $\frac{1}{2} \lambda$; cela signifie que, dans le cas des fréquences relativement basses, au-dessous de 4 MHz, pour lesquelles la longueur d'onde du signal rayonné est de l'ordre de 80 mètres, il faut des antennes très longues, de l'ordre de 40 mètres.

Dans ce cas on a recours à l'antenne Marconi dont la longueur est égale à $\frac{1}{4}$ de λ seulement. Supposons, par exemple, que nous voulions transmettre un signal de fréquence 3,5 MHz: une antenne demi-onde requiert, pour une telle fréquence, un conducteur rayonnant d'une longueur d'environ 43 mètres; avec une antenne Marconi, au contraire, une longueur de 21,5 mètres environ est suffisante.

De plus, il faut considérer un second facteur très important. Aux fréquences assez basses (ondes longues et moyennes), la propagation s'effectue principalement au moyen des ondes de sol. Les ondes d'espace sont en fait fortement absorbées par la couche D de l'ionosphère. Comme l'antenne Marconi est constituée par un conducteur vertical, (figure 4-A), il en résulte un fort rayonnement dans le plan horizontal, correspondant à un angle de rayonnement de 0° ; ce qui correspond à une amplitude maximum de l'onde de sol.

Tâchons maintenant de comprendre le principe de fonctionnement de l'antenne Marconi. Il a été dit que la longueur la plus petite, que doit avoir un conducteur, afin que des ondes stationnaires s'y produisent, est égale à une demi-longueur d'onde. On pourrait penser que dans le cas de l'antenne Marconi, ces conditions ne puissent pas être réalisées. Au contraire, comme nous allons le voir l'antenne Marconi se comporte, en réalité, comme un bras de dipôle demi-onde. Pour cela, appliquons le principe des images. Si nous observons la figure 3, nous voyons qu'une extrémité de l'antenne est reliée à la terre. Etant donné que la masse de la terre est très grande elle se comporte comme un conducteur. L'antenne étant verticale le champ électromagnétique rayonné est contenu dans un plan perpendiculaire à la surface du sol.

Si la terre se comporte comme un milieu conducteur par ce fait, l'énergie absorbée par elle est nulle.

Considérons alors la figure 4-B. En un point quelconque M de l'espace, le rayonnement produit par l'antenne verticale A, située en un point P, peut être considéré comme résultant:

- a - d'un rayonnement direct PM, se propageant en ligne droite et caractérisé par un champ électrique E1;
- b - d'un rayonnement indirect POM, constitué par le rayon PO réfléchi en O par la surface de la terre, et caractérisé par le champ électrique E2.

Tout se passe comme si le rayon réfléchi OM était issu d'un point P' symétrique du point P par rapport à la surface du sol. En d'autres termes, tout se passe comme si le rayonnement POM émanait d'une antenne fictive A', symétrique de l'antenne A par rapport à la surface du sol et située en P'.

Le point P' est l'image du point P; A' est « l'antenne-image ». Le sol étant considéré comme un conducteur parfait, l'amplitude du champ électrique E3, dû à l'antenne fictive A', est égale à celle du champ E0 issu de l'antenne A. Cela suppose que l'intensité du courant circulant dans l'antenne A soit égale à celle du courant circulant dans l'antenne-image. Par conséquent, on peut considérer que tout se passe pratiquement comme si les ondes électromagnétiques étaient rayonnées par une antenne de longueur double (2l), donc vibrant en $\frac{1}{2}$ onde, excitée en son centre par une ligne de transmission bifilaire (ligne $\lambda/2$ en court circuit - fig. 4-C).

En d'autres termes, on peut imaginer le système antenne Marconi-Terre comme étant un dipôle demi-onde, dont l'un des bras est l'antenne et le second, la Terre. Par suite, on a un ventre de courant (noeud de tension) à la base de l'antenne (la terre) et un noeud de courant (ventre de tension) à l'extrémité opposée (isolée).

En introduisant une charge, il est possible de réduire la longueur du conducteur constituant l'antenne Marconi. Les figures 5-A et 5-B représentent la répartition des courants et des tensions dans deux cas correspondant à des longueurs inférieures à $\lambda/4$. La charge est introduite pour compenser la diminution de longueur et faire en sorte que l'antenne puisse résonner sur la même fréquence. Quand une antenne possède une longueur inférieure à celle nécessitée par l'accord, elle présente

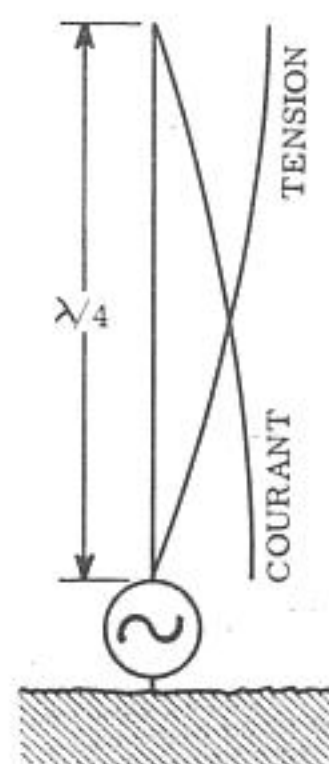


Fig. 4 A - Type d'antenne Marconi. Il permet la plus grande amplitude de l'onde de sol.

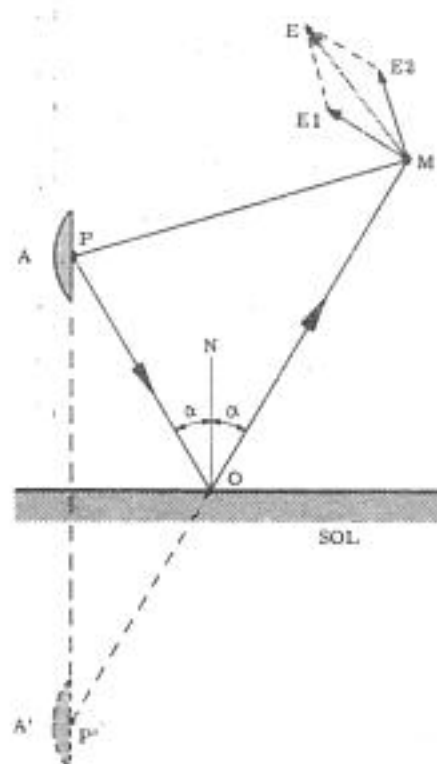


Fig. 4 B - Principe des images: une onde électromagnétique, rayonnée par une antenne A située au point P, est réfléchiée en O par une surface conductrice (sol). Le point P', symétrique du point P par rapport au sol, est « l'image » de ce dernier A' est « l'antenne-image ».

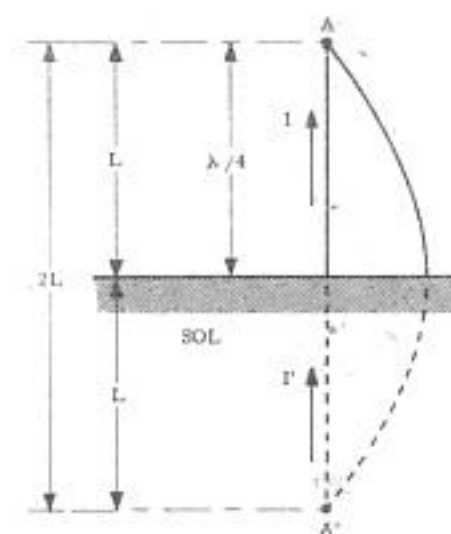


Fig. 4 C - Tout se passe comme si on avait affaire à une antenne AA' de longueur deux $l = \lambda/2$, excitée en son centre par une ligne de transmission $\lambda/2$ en court circuit.

une réactance capacitive; pour compenser une telle réactance, il faut introduire une réactance inductive.

Voyons, d'une manière analogue, comment on peut utiliser un conducteur plus long que $\lambda/4$ figure 5-C. Si le conducteur est très long, la réactance de l'antenne est inductive; il est, par conséquent, nécessaire d'ajouter un condensateur, dans le but d'introduire une réactance capacitive égale et de signe contraire. La répartition des ondes stationnaires de courant et de tension est, ici, modifiée dans le sens opposé au précédent.

Connexion de masse. - Etant donné que l'antenne Marconi est alimentée en courant et que cette alimentation s'effectue à l'extrémité inférieure, au voisinage de la connexion de masse, il en résulte que cette dernière est le siège d'un ventre de courant: par suite, si on veut obtenir un bon rendement, il est nécessaire qu'elle présente la plus petite résistance possible.

Une bonne connexion de masse peut être réalisée au moyen d'un réseau de conducteurs enterrés, comme le montre la figure 6. Le nombre de conducteurs peut varier d'un minimum de 15-20 à un maximum de 120 (valeur idéale) et la longueur de chaque conducteur doit être égale au moins à une demi-longueur d'onde. En travaillant avec moins de 15 conducteurs, on obtient des résistances très élevées vers la masse et le rendement qui en résulte est faible. Le système ainsi construit peut être enterré; on peut aussi obtenir un bon résultat en disposant tous les conducteurs au-dessus de la surface du sol en les maintenant bien isolés de cette dernière. Dans le premier cas, on réalise un vrai contact électrique à la masse tandis que dans le second, on réalise ce que l'on appelle un « contre-poids », qui assure le passage du courant à haute fréquence à travers la capacité par rapport à la masse répartie le long de tous les conducteurs du contre-poids.

Charge à l'extrémité supérieure. - Tenant compte de la difficulté d'obtenir une faible résistance vers la masse, il est préférable de faire en sorte que l'antenne puisse présenter une résistance de rayonnement élevée. La résistance de rayonnement dépend de la hauteur effective, donc de la longueur de l'antenne, ainsi que le montre le diagramme de la figure 7. Pour faire en sorte que

la hauteur effective soit le plus possible voisine de la longueur du conducteur, il faut s'efforcer d'obtenir un courant constant le long du fil vertical. Pour cela, il faut charger l'antenne afin que le courant ne soit pas nul au sommet.

Le moyen le plus simple pour obtenir cette charge consiste à utiliser une nappe de fils horizontale, formant capacité, et supportée par des pylônes métalliques aussi hauts que possible. La partie rayonnante de l'antenne est constituée par un ou plusieurs fils formant la « montée d'antenne », qui, d'ailleurs, ne sont pas obligatoirement verticaux (il suffit qu'ils se rapprochent le plus possible de la verticale).

L'alimentation de l'antenne se fait par l'intermédiaire d'une inductance accordant la capacité formée par la nappe horizontale et disposée à la base (figure 5-A).

L'emplacement de cette dernière n'a aucune importance. On peut ainsi, l'insérer en série au sommet de l'antenne. Cette dernière disposition, représentée par les figures 8-A et 8-B, est plus avantageuse, car elle provoque un déplacement vers le haut des ventres de courant. De cette façon, le courant est plus petit vers la masse et, par conséquent, on a une dissipation plus faible de puissance.

Un autre avantage de la disposition d'une charge inductive à l'extrémité supérieure concerne la directivité de l'antenne. On obtient ainsi un plus grand taux d'énergie émise sous de faibles angles de rayonnement: cela renforce considérablement l'onde de sol à propagation stable, ce qui est avantageux parce que, nous le savons, l'antenne Marconi est utilisée principalement en ondes longues et moyennes pour lesquelles la propagation s'effectue principalement au moyen de l'onde de sol. On peut également utiliser, au lieu d'une nappe capacitive, un simple fil horizontal, ce qui nous amène aux antennes en T ou en L.

Soit $2l$ la longueur de la partie horizontale. Chaque brin du T se comporte comme une ligne ouverte de longueur l et, par conséquent, ramène au sommet de l'antenne une réactance qui est capacitive si l est inférieure à $\lambda/4$.

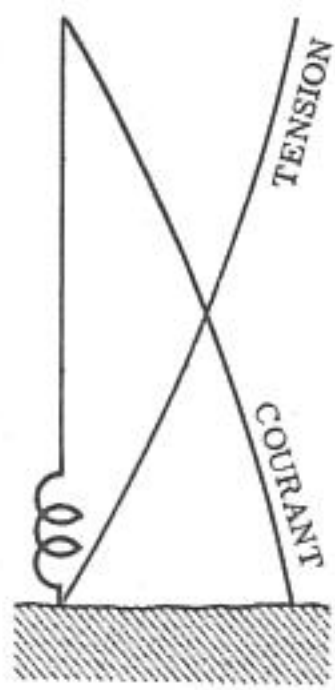


Fig. 5 A - L'introduction, en série avec l'antenne, d'une charge inductive, permet de compenser la diminution de longueur du conducteur.

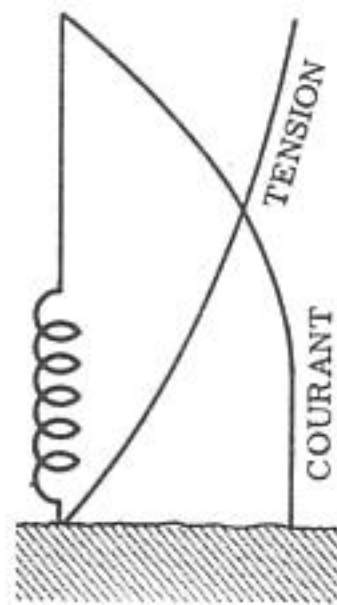


Fig. 5 B - Variation du courant, par suite de l'accroissement de l'inductance introduite.

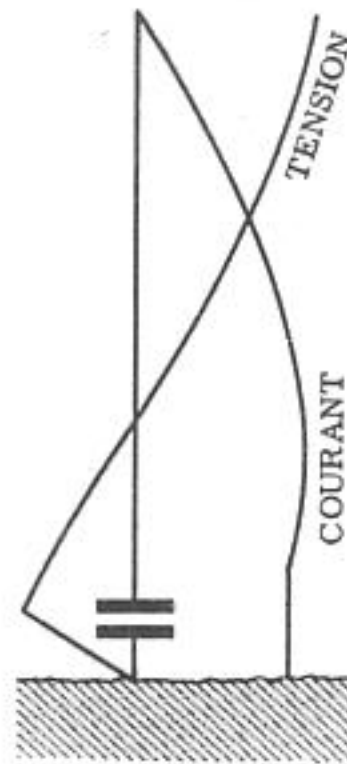


Fig. 5 C - En insérant une capacité, on peut utiliser une antenne plus longue que $1/4 \lambda$.

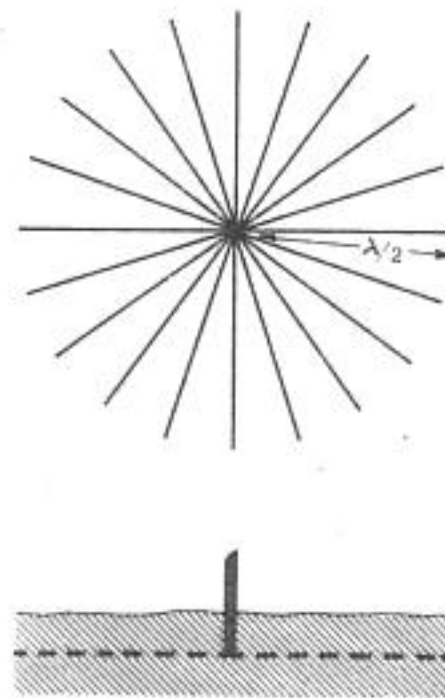


Fig. 6 - Exemple de connexion de masse, effectuée au moyen d'un réseau de conducteurs enterré (d'un minimum de 15 à un max. de 120)

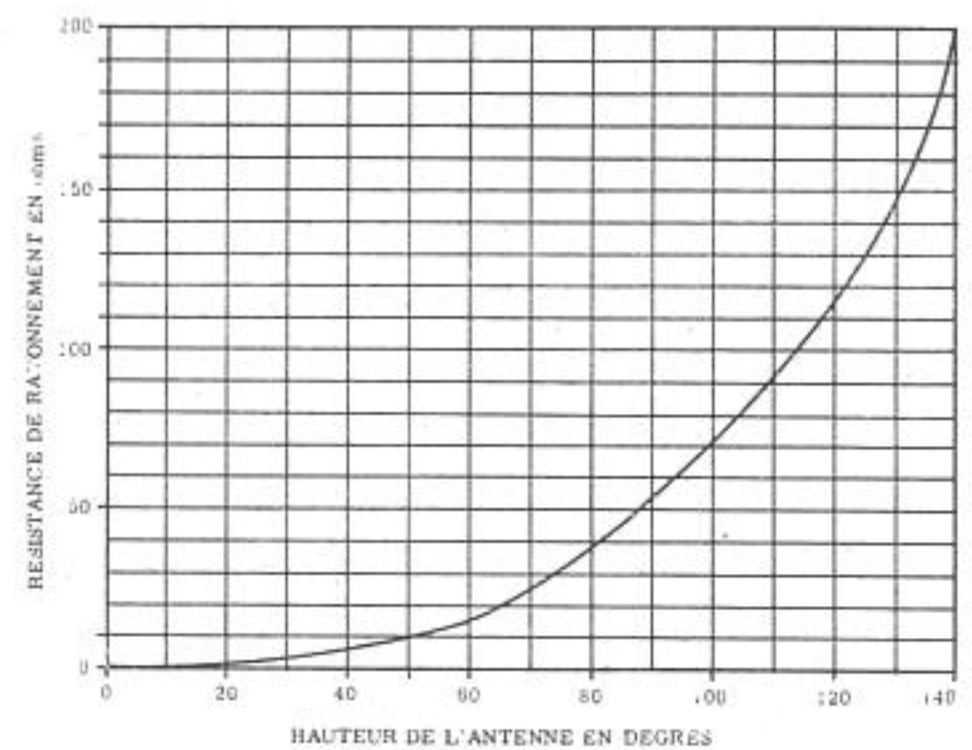


Fig. 7 - Résistance de rayonnement, en fonction des dimensions de l'antenne Marconi. La longueur peut être exprimée en degrés ou en sous multiples de « lambda ». En effet, 90° correspondent à $1/4 \lambda$, 135° à $3/8 \lambda$, etc.

Pour l'antenne en L, de longueur $2l$, il faut que :

$$2l < \lambda/4$$

ou

$$l < \lambda/4$$

Pylônes rayonnants

Les antennes en nappe, en T ou en L nécessitent l'emploi d'au moins deux pylônes haubannés. Or, le prix de revient d'une antenne d'émission dépend, en majeure partie, des pylônes et de leur hauteur.

En utilisant, pour constituer l'antenne elle-même, un pylône unique, on divise par deux le prix de revient.

Il est constitué par deux pyramides accolées par leurs bases. Il est haubanné, chacun des haubans étant électriquement coupé par de nombreux isolateurs. Un mât télescopique M, fixé au sommet du pylône, joue le rôle de capacité terminale. C'est en faisant varier sa longueur que l'on peut régler la longueur d'onde propre de l'antenne-pylône.

Antennes à spire fermée: cadre

Il s'agit d'antennes constituées d'une ou de plusieurs spires de fil conducteur; les deux bornes libres sont connectées à la ligne d'alimentation. Les dipôles bifilaires que nous avons décrits appartiennent à cette catégorie d'antennes. Ils peuvent en effet être considérés comme formés d'une spire rectangulaire, aux bornes de laquelle on connecte la ligne de transmission.

Voyons maintenant comment s'opère le rayonnement d'ondes électromagnétiques au moyen d'antennes du type à spire fermée. On peut distinguer deux cas, selon que les dimensions des spires et la longueur totale du conducteur sont très petites par rapport à la longueur d'onde du signal, ou bien qu'elles sont du même ordre de grandeur que la longueur d'onde.

Spires réduites. - Un conducteur enroulé en spires très réduites par rapport à la longueur d'onde du signal qui le traverse, peut être considéré comme une simple bobine. La répartition des courants et des ten-

sions le long de ce conducteur est fort analogue à celle d'une bobine normale pour haute fréquence. Cela signifie que le courant possède la même valeur et la même phase en tous les points du circuit.

Les spires peuvent être enroulées de n'importe quelle façon: elles peuvent être de forme circulaire, carrée en triangulaire, sans que cela puisse modifier de façon importante la répartition des courants. Par contre, il est essentiel que la longueur totale du conducteur enroulé ne dépasse pas une certaine limite, si l'on désire que cette répartition ne s'approche pas de celle que l'on rencontre dans les lignes de transmission et dans les antennes. D'après ces considérations, on peut parler d'antennes à spires réduites tant que la longueur totale du conducteur ne dépasse pas 10% de la longueur d'onde.

La figure 9 représente une spire circulaire. Elle se comporte comme une inductance classique et elle est accordée sur la fréquence convenable au moyen du condensateur variable existant à ses bornes. Ce type particulier d'antenne, comme en général toutes les spires réduites, n'est pas très apte à l'émission, parce qu'elle présente une résistance de rayonnement très basse: les différentes pertes montent donc à des niveaux très élevés. Par contre, elle convient très bien à la réception pour les raisons suivantes: Tout d'abord, bien qu'un dipôle demi-onde est préférable à une antenne à spire, cette dernière présente une efficacité nettement supérieure à l'antenne constituée par un morceau de conducteur de longueur quelconque, comme on rencontre fréquemment dans les postes récepteurs. En second lieu, la présence du condensateur variable permet d'accorder le circuit sur la fréquence de réception choisie à l'avance; on peut, au moyen d'une même antenne, s'accorder sur les émissions de fréquences diverses en obtenant des résultats également bons.

Enfin, étant donné que le diagramme de rayonnement, donc de réception, d'une spire de ce genre est très directif, il est possible d'utiliser ce type d'antenne comme radiogoniomètre. Dans ce but, on accorde le cadre sur la fréquence désirée et on le fait tourner, afin de l'amener dans la position correspondant au signal maximum: le plan du cadre est alors dans la direction de l'émetteur.

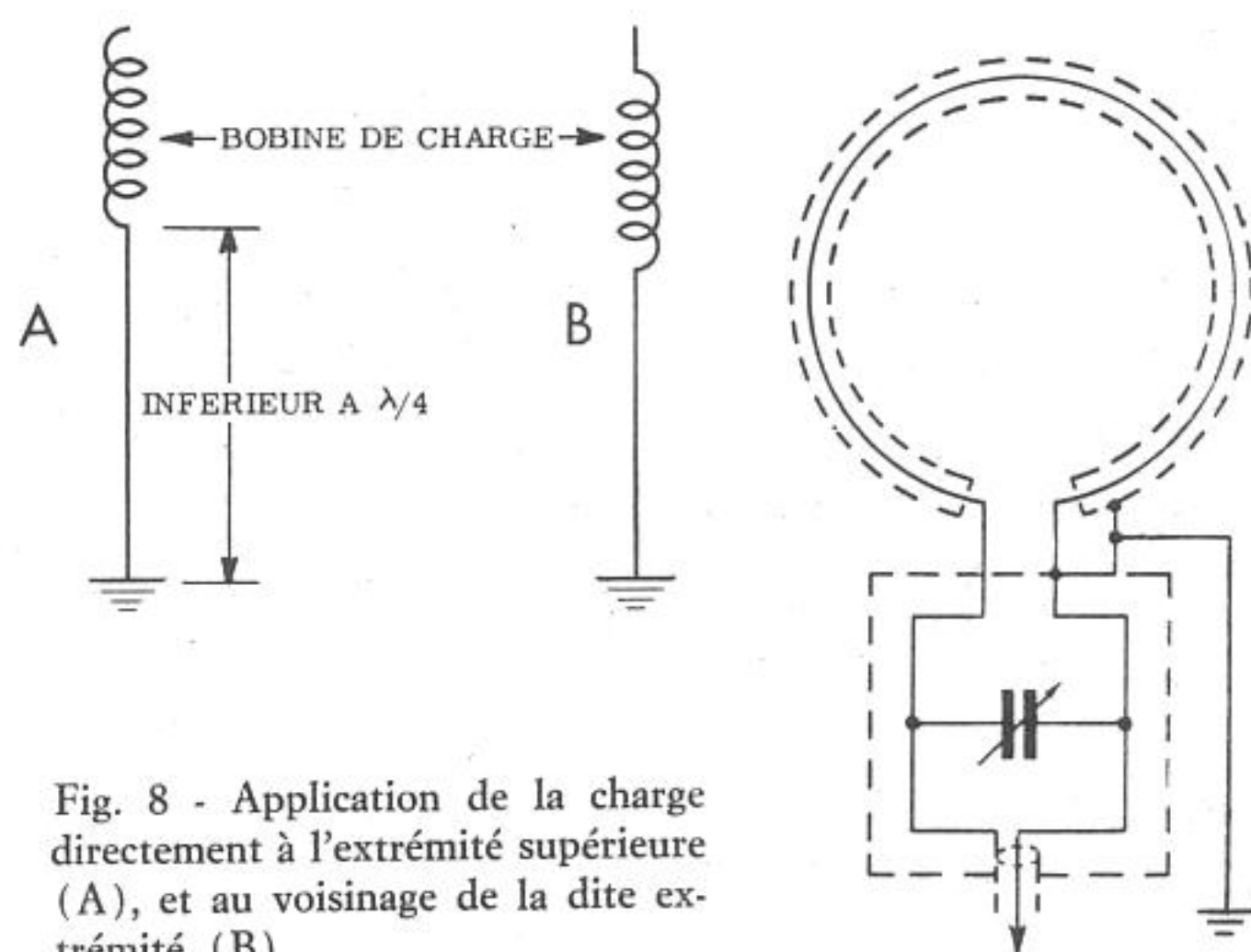


Fig. 8 - Application de la charge directement à l'extrémité supérieure (A), et au voisinage de la dite extrémité (B).

Fig. 9 - Antenne à spire circulaire, accordable au moyen de la capacité variable. Le blindage évite de capter le champ électrique.

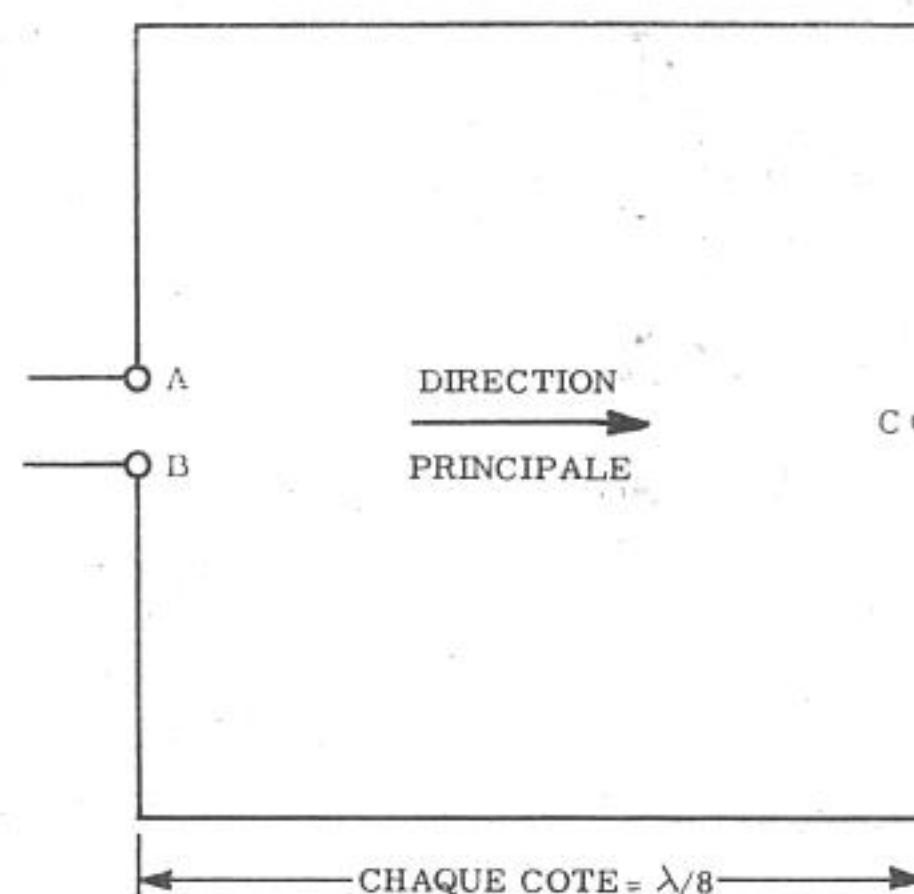


Fig. 10 - Antenne à spire carrée, de longueur égale à $1/2 \lambda$. La ligne de transmission est branchée entre A et B.

Il est donc possible à un navire en mer, ou à un avion dans les airs, de déterminer sa position par rapport à un émetteur fixe, à terre, dont la position est connue.

Le blindage électrostatique qu'on voit à l'extérieur du conducteur, sur la figure 9, sert à éliminer l'effet d'antenne, c'est-à-dire qu'il empêche le champ électrique d'induire dans la spire des variations de courant. Cet effet a pour conséquence une destruction de la symétrie du diagramme de rayonnement, l'un des deux lobes, devenant plus important que l'autre. C'est donc un effet parasite.

Le blindage est constitué par un tore métallique (cuivre ou aluminium) à l'intérieur duquel est placée la spire. Seul, par conséquent, le champ magnétique rayonné induit une f.é.m. Le cadre est donc une catégorie spéciale d'antennes, utilisant le champ magnétique de rayonnement.

Spires demi-onde. - Quand la longueur totale du conducteur est comparable à la longueur d'onde du signal, on obtient un brusque changement des caractéristiques électriques du circuit. Considérons, par exemple, la spire représentée par la figure 10. Il s'agit d'une spire carrée constituée par un conducteur ayant une longueur totale égale à une demi-longueur d'onde; ce qui correspond à $1/8$ de la longueur d'onde pour chaque côté du carré.

Alimentons une spire de ce genre par le centre de l'un des côtés. La répartition du courant n'est plus uniforme, mais son allure est identique à celle qui se manifeste dans un conducteur rectiligne demi-onde. Cela signifie qu'un ventre de courant apparaît au centre du côté opposé à celui où se trouvent les bornes A et B d'alimentation, c'est-à-dire au point C, tandis que deux noeuds apparaissent aux bornes elles-mêmes. Cette caractéristique électrique particulière fait que le champ est maximum dans le plan de la spire et dans la direction allant des bornes A et B vers le côté opposé. La résistance de rayonnement d'une antenne de ce genre est de l'ordre de 50 ohms. Cela est valable si la résistance de rayonnement est mesurée à un ventre de courant, c'est-à-dire au point C. Si, au contraire, nous mesurons l'impédance aux points A et B où le courant

est minimum et la tension maximum, on peut trouver une valeur de l'impédance beaucoup plus élevée, de l'ordre de plusieurs milliers d'ohms.

Les antennes de ce type peuvent être utilisées à l'émission. Leur directivité n'est pas très prononcée; par exemple, les diagrammes de rayonnement d'un dipôle demi-onde ou d'une spire réduite présentent quelques directions où le rayonnement est nul tandis que dans le cas de la spire carrée demi-onde, le rayonnement est le même dans toutes les directions. En effet, il est maximum dans la direction que nous avons signalée, mais, en même temps, il continue d'exister, quoique plus faiblement, dans la direction perpendiculaire et dans la direction opposée.

Spires onde entière. - Les spires carrées qui présentent une longueur totale égale à une longueur d'onde entière, ont des caractéristiques différentes de celles vibrant en demi-onde. Tout d'abord, l'alimentation peut se faire soit par le centre de l'un des côtés, soit par l'un des sommets. En ce qui concerne l'effet directif, la différence est importante. En effet, la spire demi-onde produit un rayonnement maximum dans le plan même de la spire tandis que celle à onde entière fournit, dans un tel plan, un rayonnement minimum.

La direction dans laquelle le rayonnement d'une spire carrée vibrant en onde entière est maximum, correspond à la perpendiculaire au plan de la spire et les ondes émises ont une polarisation différente, suivant le point par où on l'alimente. Si, en effet, on alimente la spire par le centre d'un côté, la polarisation est verticale tandis que si on l'alimente par une extrémité, elle est horizontale.

ANTENNES DIRECTIVES

Gain. - Nous avons dit que toutes les antennes, même les plus simples, ont un rayonnement directif, c'est-à-dire variable en fonction de la direction. Nous avons donné aussi la définition de l'antenne isotropique. Supposons maintenant que nous fournissons à une telle antenne une certaine puissance qui déterminera un champ électromagnétique d'intensité uniforme dans

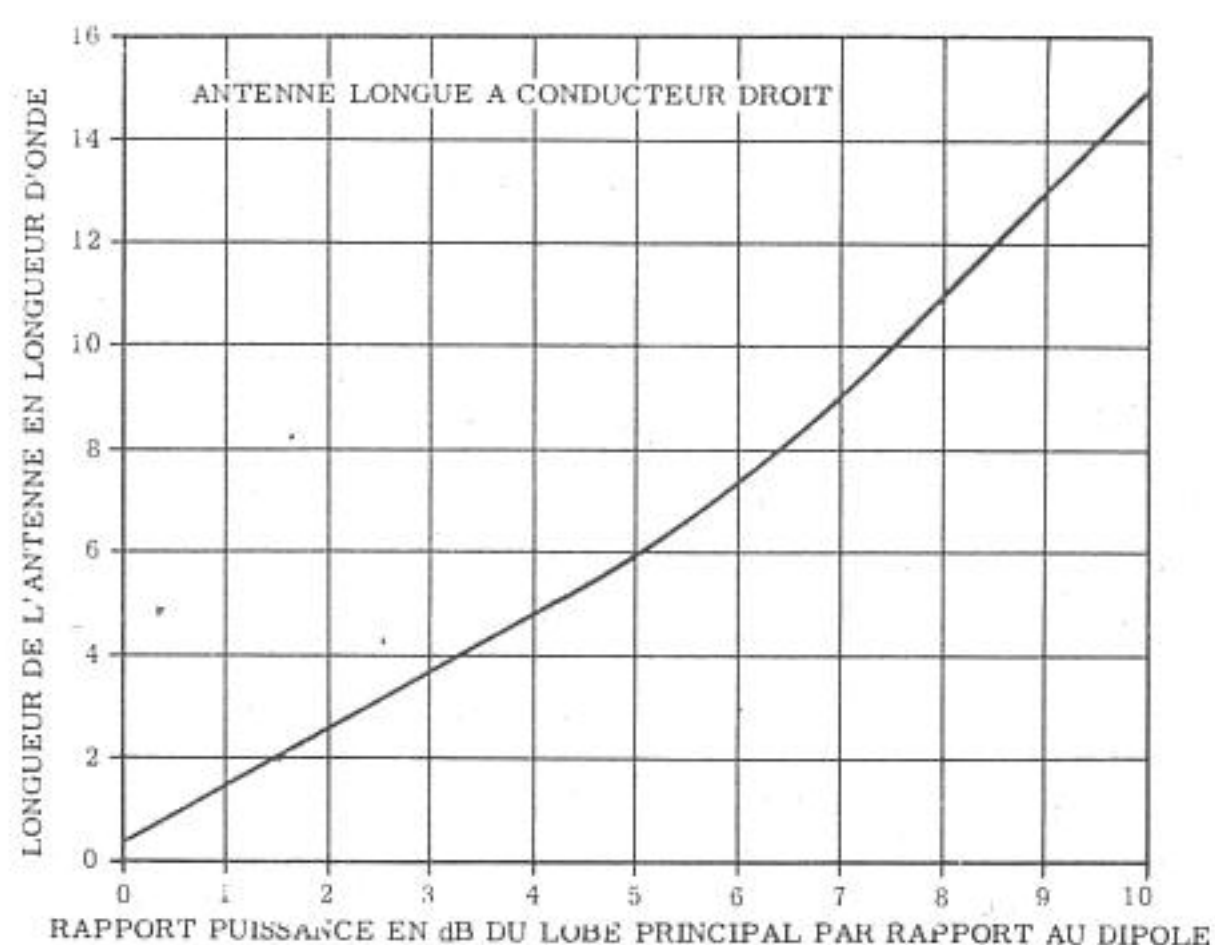


Fig. 11 - Courbe donnant le gain en puissance, dans la direction principale d'une antenne à fil long, par rapport à un dipôle demi-onde, en fonction de la longueur de l'antenne elle-même.

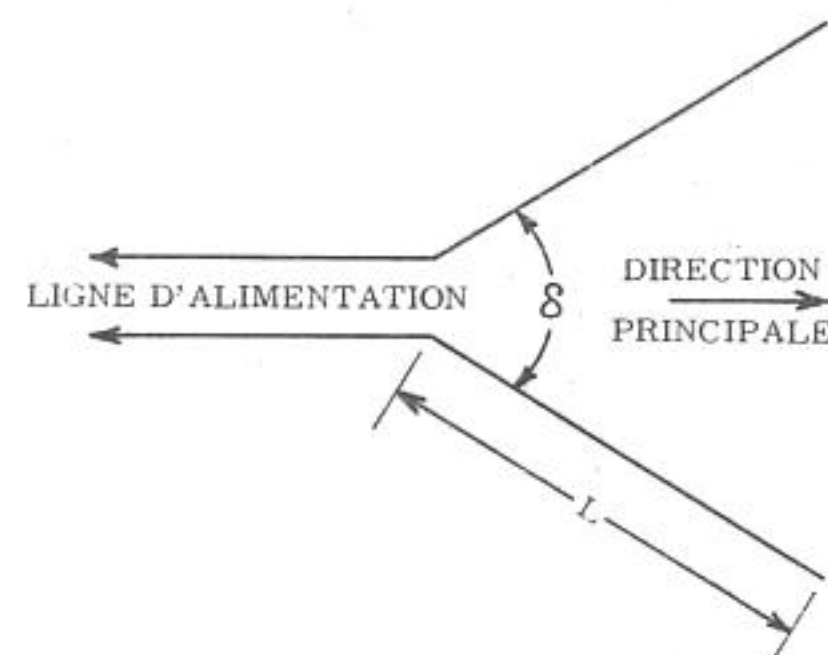


Fig. 12 - Exemple d'antenne en « V », constituée pratiquement de deux antennes à fil long faisant un certain angle entre elles. En faisant varier l'angle « δ », on peut faire coïncider les deux directions principales de propagation au profit du rendement.

toutes les directions; ensuite, remplaçons l'antenne isotropique par une antenne réelle, en maintenant toujours constante la puissance fournie et la position. Il en résulte un diagramme de rayonnement très différent, au moyen duquel on peut déterminer des directions où l'intensité du champ rayonné est plus grande que celle relative au champ de l'antenne isotropique et d'autres où elle est plus petite.

Considérons maintenant la direction où le rayonnement est maximum (direction principale) et soient E_1 l'intensité du champ produit à une distance d ; P_1 , la puissance rayonnée. Soit, d'autre part, P_2 la puissance rayonnée par une antenne omnidirectionnelle (isotropique) produisant à la distance d le même champ E_1 . Le gain de l'antenne est défini par l'un des rapports:

$$g = P_1/P_2; G_{dB} = 10 \log_{10} P_1/P_2$$

Par exemple, le gain d'un dipôle demi-onde est égal à 1,64; soit: 2,148 dB.

Lorsque l'antenne est orientée dans une direction déterminée, le gain est un facteur décisif, étant donné qu'il détermine la portée de la transmission. On étudie donc des antennes particulières, comportant souvent des éléments multiples de rayonnement, qui permettent d'obtenir des gains très élevés (antennes directives). Examinons sommairement les principes généraux et décrivons quelques types particuliers d'antennes directives.

Principes généraux. - La directivité intéresse aussi bien l'angle de rayonnement situé dans le plan vertical que celui situé dans le plan horizontal. La valeur de l'énergie électromagnétique qu'une antenne rayonne dans une direction déterminée, au moyen des ondes de sol, dépend en effet des intensités de champ rayonnées dans les différentes directions intéressant le plan horizontal; la directivité verticale, au contraire, entre en jeu surtout dans les transmissions réalisées au moyen des ondes d'espace, puisque, nous le savons, il faut que ces émissions soient effectuées sous un angle de rayonnement vertical bien défini, de façon qu'on puisse obtenir la réfraction désirée sur les couches de l'ionosphère.

Toutes les antennes, sauf celles disposées verticalement, présentent une plus ou moins grande directivité dans le plan horizontal. Une telle directivité peut être augmentée au moyen de systèmes constitués de plusieurs éléments, dont chacun contribue à renforcer le champ dans la direction principale de rayonnement choisie d'avance. Les conditions de directivité optimum sont beaucoup plus facilement remplies lorsque l'on travaille avec des fréquences très élevées et, aussi, lorsqu'on diminue les dimensions des éléments rayonnants.

Antennes à fil long. - Il s'agit d'antennes constituées d'un seul élément, alimentées de la même manière qu'un dipôle demi-onde. Elles ont une longueur correspondant à un multiple élevé de la demi-longueur d'onde. Comme on peut le voir en examinant les diagrammes de rayonnement représentés dans la leçon 123, se rapportant à des conducteurs de différentes longueurs, on constate qu'au fur à mesure que la longueur électrique de l'antenne augmente, ses propriétés directives augmentent aussi. En effet, quoique le diagramme de rayonnement se divise en un certain nombre de lobes, il existe toujours deux lobes principaux pour lesquels on obtient un gain très net.

Un second avantage à l'actif des antennes à fil long, réside dans la possibilité de les utiliser pour des transmissions sur des fréquences différentes. Dans le cas du dipôle demi-onde, la fréquence d'accord est très critique tandis que dans les antennes accordées sur le double de la longueur d'onde, elle peut varier entre des limites plus étendues. Au fur et à mesure qu'on augmente la longueur électrique, la fréquence de transmission devient de moins en moins critique, jusqu'à ce que l'on arrive à couvrir, avec une même antenne, une bande de fréquence de transmission relativement large.

Les antennes à fil long présentent aussi des inconvénients surtout aux fréquences les plus basses; elles requièrent, en fait, un emplacement très vaste, si l'on tient compte des dimensions considérables correspondant à plusieurs longueurs d'onde. De plus, pour la même raison, une structure mécanique plus solide est né-

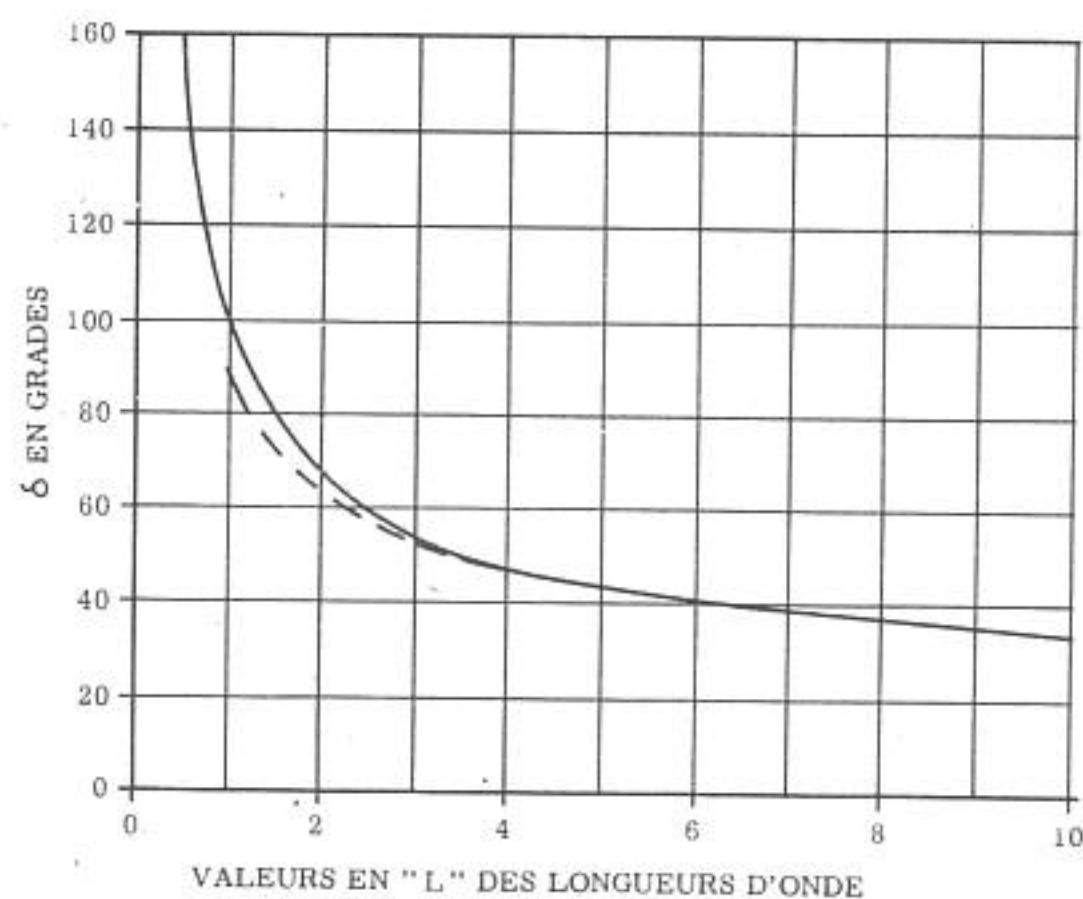


Fig. 13 - Courbe pour la détermination de l'angle « δ », en fonction de la longueur des deux bras de l'antenne en « V », exprimée en multiples de la longueur d'onde.

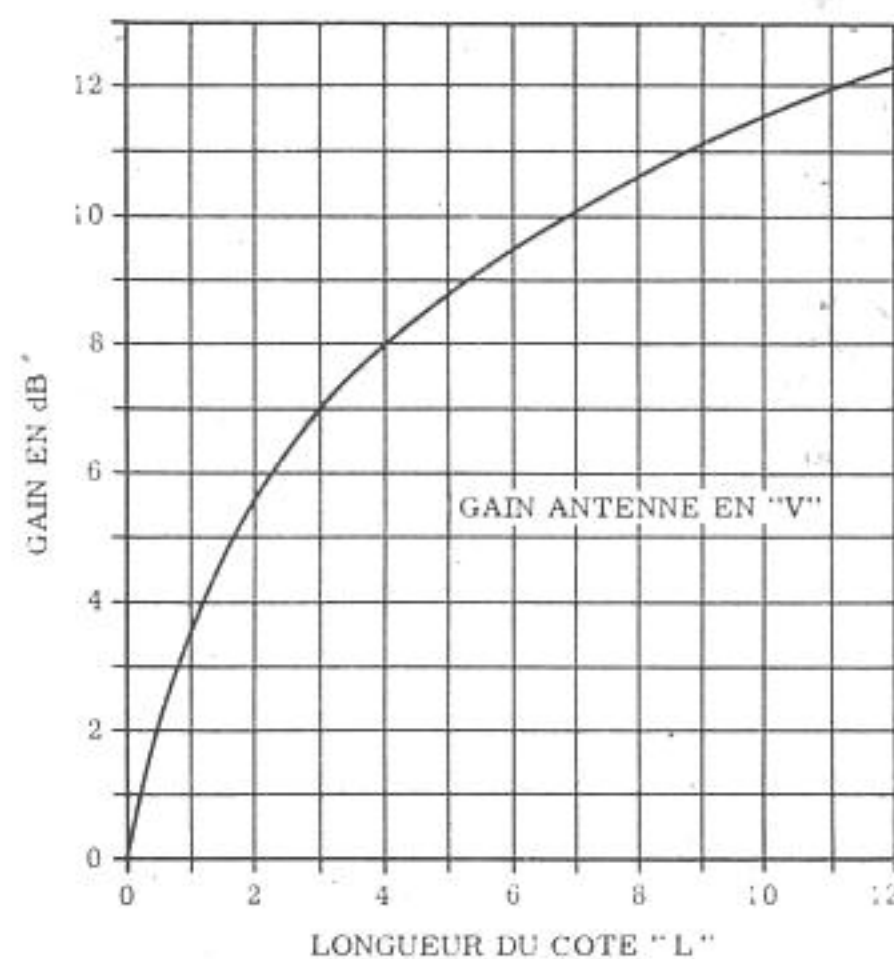


Fig. 14 - Courbe représentant le gain en dB d'une antenne en « V », de longueur supérieure à $1/2 \lambda$, par rapport à celui d'un dipôle demi-onde.

cessaire, afin de supporter le poids considérable du système rayonnant.

L'alimentation d'une antenne à fil long peut se faire en courant ou en tension. L'alimentation en courant s'effectue en coupant le fil à un ventre de courant et, aux deux bornes ainsi obtenues, on branche la sortie de la ligne de transmission au moyen d'une adaptation convenable. L'alimentation en tension doit, au contraire, s'effectuer à une extrémité, c'est-à-dire à un ventre de tension; elle peut être effectuée soit au moyen d'une ligne de transmission soit en se servant de la partie descendante de l'antenne, que l'on relie directement à l'émetteur. Cette dernière disposition est donc semblable à celle qui concerne l'antenne Fuchs.

Nous avons dit que l'effet directif d'une antenne à fil long est nettement supérieur à celui d'un dipôle demi-onde, ce qui signifie que cette antenne offre un gain plus grand. Etant donné que le dipôle demi-onde est le type d'antenne le plus simple, les gains des antennes directives s'expriment souvent par rapport au gain du dipôle demi-onde. Par exemple, la figure 11 représente une courbe qui indique, en fonction de la longueur, le gain d'une antenne à fil long par rapport au gain obtenu au moyen d'un dipôle demi-onde.

Antennes en « V ». - Ces antennes appartiennent, en quelque sorte, à la catégorie précédente, étant donné qu'elles sont pratiquement formées de deux antennes à fil long reliées à une extrémité et ouvertes à l'autre. Les deux conducteurs forment entre eux un certain angle δ , comme le montre la figure 12. En choisissant convenablement l'angle δ , il est possible de faire coïncider les directions relatives avec les lobes de rayonnement principaux des deux conducteurs. En d'autres termes, il s'agit de faire en sorte que les deux branches du « V » puissent rayonner dans la même direction et par suite, se renforcer mutuellement.

La valeur optimale de l'angle δ peut être déterminée expérimentalement, ou bien au moyen de la courbe représentée par la figure 13. Sur l'axe des abscisses on a reporté la longueur du conducteur L exprimée en multiple de la longueur d'onde λ . Sur l'axe des ordonnées, on peut lire la valeur optimale correspondante de

l'angle δ calculé théoriquement (courbe en trait pleins). Pour des longueurs de L inférieures à 3λ , on a constaté, dans la pratique, que l'on obtient les meilleurs résultats avec des angles légèrement inférieurs à ceux calculés théoriquement. Nous voyons, en effet, que la courbe en pointillés, qui correspond justement aux valeurs pratiques du gain maximum, se sépare au-dessous de 3λ de celle en trait plein.

En ce qui concerne la longueur L des deux branches du « V », il est nécessaire qu'elle soit un multiple exact de $\lambda/2$. Toutefois, pour obtenir une directivité optimum, il est intéressant qu'elle soit égale à plusieurs longueurs d'onde. On peut remarquer cela en observant l'allure de la courbe de la figure 14, qui représente le gain d'une antenne en « V », exprimé en dB, par rapport au gain d'un dipôle demi-onde. Si on compare une telle courbe avec celle de la figure 11, relative au gain d'une antenne à fil long simple, on note une forte augmentation du gain dans la direction principale.

L'antenne en « V » est en général disposée parallèlement au sol, c'est-à-dire ayant les deux bras situés dans le même plan horizontal. La distance au dessus de la surface du sol, doit être au moins égale à une demi-longueur d'onde. On obtient les meilleurs résultats avec des hauteurs correspondant à une longueur d'onde entière.

Antennes en losange. - Ces antennes peuvent être subdivisées en deux catégories fondamentales: « antennes en losange résonnantes » et « antennes en losange non résonnantes ». Commençons par étudier les premières.

La forme d'une antenne en losange résonnante est représentée à la figure 15. Il s'agit de deux conducteurs repliés, formant un losange ouvert aux deux sommets opposés. A l'un des sommets est branchée la ligne d'alimentation tandis que les deux bornes correspondantes à l'autre extrémité restent libres.

L'antenne en losange résonnante est analogue, par ses propriétés directives, à l'antenne en « V », mais on la préfère à cette dernière parce que, à égalité de longueur totale des conducteurs qui la forment, elle

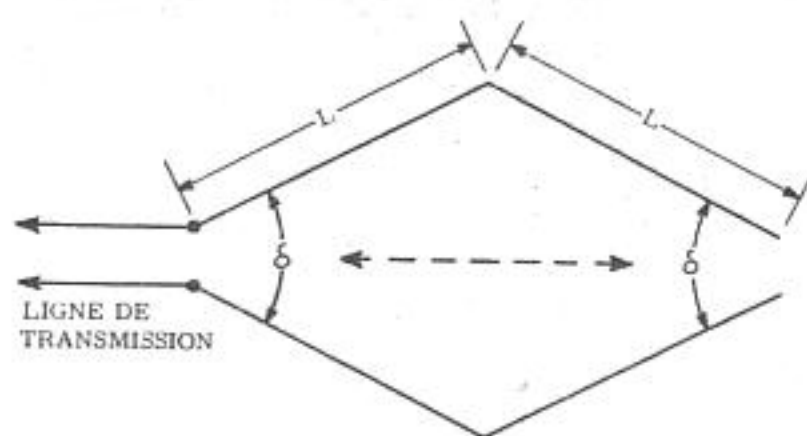


Fig. 15 - Exemple d'antenne en losange résonnante, les câbles se trouvent sur la même poutre.

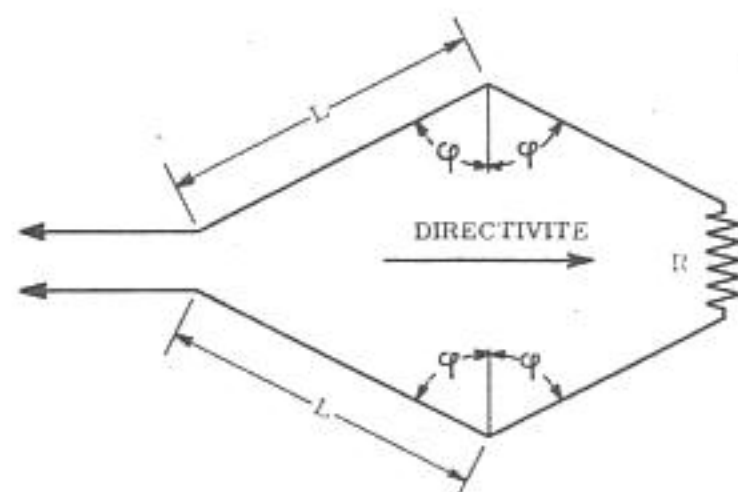


Fig. 16 - Type d'antenne en losange non résonnante. Le sommet opposé à la ligne de transmission est fermé sur une résistance (R) de environ 600 Ω.

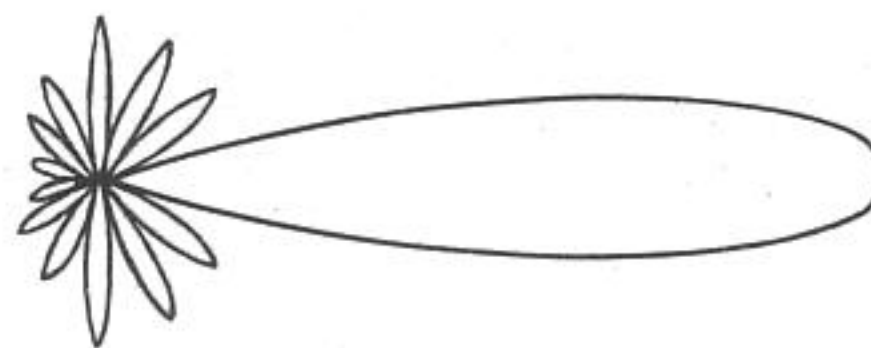


Fig. 17 - Diagramme représentant la directivité d'une antenne en losange non résonnante (unidirectionnelle).

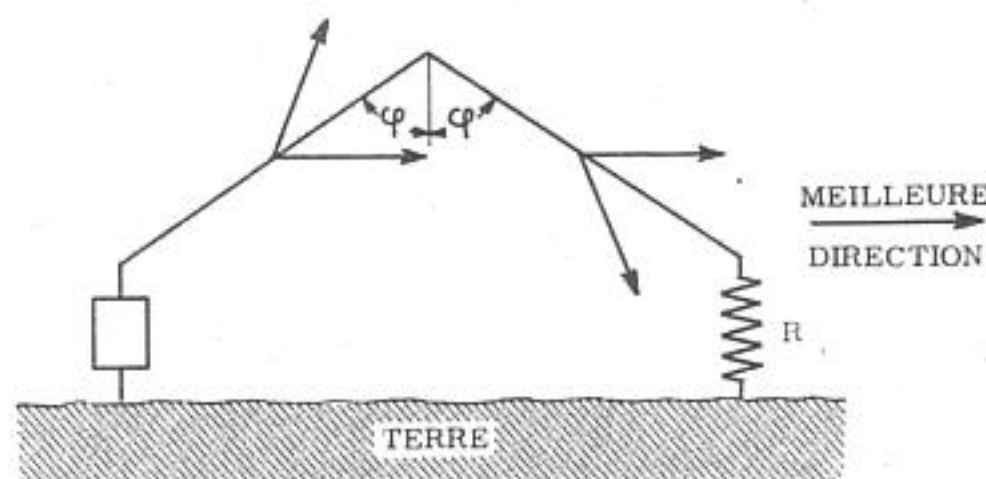


Fig. 18 - Disposition d'une demi-antenne en losange non résonnante, capable de donner le diagramme de rayonnement de la figure 17.

présente un gain plus grand. Ce qui signifie qu'une antenne en losange dont le côté L correspond à 4 longueurs d'onde, possède un gain plus grand qu'une antenne en « V » dont le côté est égal à 8 longueurs d'onde. De plus, l'antenne en losange a un diagramme de rayonnement qui est moins affecté par les variations de la fréquence de transmission; par conséquent, elle peut être employée dans une gamme de fréquence plus étendue que l'antenne en « V ». L'inconvénient fondamental de l'antenne en losange, c'est sa construction mécanique. On a besoin d'un support de plus (quatre supports, au lieu de trois pour une antenne en « V »).

Pour calculer une antenne en losange résonnante, on peut avoir recours à la même méthode que celle exposée à propos des antennes en « V ». La longueur L de chaque bras est calculée de façon qu'elle soit un multiple de $\lambda/2$ et l'angle peut également déterminer au moyen la courbe de la figure 13. On installe le système d'antenne tout entier dans un plan parallèle à la surface du sol, à une distance égale à environ une longueur d'onde.

Le principe de fonctionnement d'une antenne en losange est très simple et il est analogue à celui de l'antenne en « V ». Il s'agit de choisir l'angle δ de façon que les quatre directions principales de rayonnement des quatre côtés du losange puissent coïncider, en donnant naissance, par suite, à un effet directif total très prononcé, relatif, cette fois, à deux directions principales de sens opposé, indiquées par les flèches pointillées sur la figure 15. Il s'agit donc d'une antenne « bidirectionnelle ».

L'alimentation de ce type d'antenne dépend des gammes de fréquence dans lesquelles on l'emploie. Si on l'utilise dans une seule gamme, une ligne de transmission non résonnante est suffisante tandis que dans le cas où l'on désire l'employer dans plusieurs gammes, il est intéressant d'utiliser des lignes de transmission résonnantes, comme nous l'avons vu pour l'antenne Zeppelin.

Bien que les antennes en losange non résonnantes aient la même structure mécanique que les antennes

résonnantes, elles diffèrent de ces dernières par leur comportement électrique. En effet, comme on peut l'observer sur la **figure 16**, les deux bornes du losange opposées au sommet d'alimentation ne sont pas libres, mais fermées sur une résistance R . La valeur optimale de cette résistance est de l'ordre de 600 ohms.

A cette différence d'ordre électrique existant entre les deux types d'antennes en losange, s'en ajoute une autre relative aux diagrammes de rayonnement. L'antenne en losange non résonnante est, en fait, unidirectionnelle, contrairement à l'antenne résonnante qui est, nous l'avons vu, bidirectionnelle. Comme le montre la figure 16, la direction principale de l'antenne non résonnante coïncide avec l'une des deux directions propres de l'antenne résonnante, à savoir avec celle allant du sommet où la ligne d'alimentation est reliée, vers le sommet opposé.

La caractéristique de directivité d'une antenne en losange non résonnante est représentée sur le diagramme de la **figure 17**. Voyons comment il est possible d'obtenir un tel diagramme de rayonnement. Considérons à ce propos l'antenne représentée par la **figure 18**. Elle est équivalente à la moitié de l'antenne en losange non résonnante et chacune des deux portions du conducteur rayonne dans les deux directions principales indiquées par les flèches. Si on choisit convenablement l'angle ϕ entre les deux côtés rayonnants, on peut faire en sorte que deux des directions principales puissent coïncider entre elles, comme le montre la figure.

Passons maintenant à l'antenne en losange et imaginons qu'elle soit constituée de deux antennes du même type que celle de la figure 18, disposées l'une à côté de l'autre, symétriquement. Il s'ensuit que les deux autres côtés auront aussi deux directions principales coïncidant entre elles; de plus, ces directions correspondent aussi, naturellement, à celles des deux premiers côtés et la directivité résultante est presque augmentée de quatre fois, par rapport à un seul côté.

Rappelons, enfin, qu'une telle antenne fonctionne en ondes progressives tandis que l'antenne résonnante fonctionne, elle, en ondes stationnaires.

QUESTIONS sur les LEÇONS 124 et 125

N. 1 — Dans quelle direction réciproque s'effectue la propagation du champ électrique et celle du champ magnétique d'une onde ?

N. 2 — Qu'entend-on par polarisation d'une onde ? Comment se distingue-t-elle ?

N. 3 — De quelle façon, dans les communications par voie radio-électrique, les ondes spatiales et les ondes de sol sont-elles exploitées ?

N. 4 — En combien de parties peut-on subdiviser l'onde de sol rayonnée par une antenne ?

N. 5 — Comment les communications à grande distance sont-elles rendues possible au moyen des ondes spatiales dirigées vers le haut ?

N. 6 — Qu'est-ce que l'ionosphère ? Où se trouve-t-elle par rapport à la surface du sol ?

N. 7 — En combien de couches peut-on diviser l'ionosphère ?

N. 8 — Qu'est-ce qu'une « zone de silence » ? Quelle différence y a-t-il entre elle et la zone de propagation ?

N. 9 — En quoi consiste le phénomène de l'évanouissement ? A quoi est-il dû principalement ?

N. 10 — Quelle est la caractéristique principale des antennes du type « Fuchs » ?

N. 11 — Quelle différence existe-t-il entre l'alimentation en courant et l'alimentation en tension d'une antenne ?

N. 12 — Pour quelle raison les antennes Marconi sont-elles préférables aux antennes « Fuchs » et « Zeppelin » ; pour le rayonnement des ondes longues ?

N. 13 — De quelle façon est-il possible d'augmenter la résistance de rayonnement d'une antenne ?

N. 14 — Pour quelle raison une antenne à spire ronde réduite convient-elle mieux pour la réception que pour la transmission ?

N. 15 — Suivant quel principe les antennes à spire fermée permettent-elles de déterminer la direction d'où proviennent les signaux à haute fréquence reçus ?

N. 16 — Comment définit-on le gain d'une antenne ? Comment est-il exprimé ?

N. 17 — Comment est-il possible de rendre maximum la portée et la directivité d'une antenne en « V » ?

N. 18 — Quelle est la différence entre une antenne en losange résonnante et une antenne en losange non résonnante ?

REPONSES aux QUESTIONS de la p. 969

N. 1 — Un circuit oscillant ouvert. Selon le type d'appareil auquel il est relié, il capte l'énergie rayonnée dans l'espace ou, au contraire, la rayonne dans l'espace.

N. 2 — De la longueur du conducteur qui la constitue, ainsi que de l'intensité du courant qui circule dans le conducteur.

N. 3 — Lorsqu'elle est en résonance avec la fréquence du signal.

N. 4 — Lorsque la longueur du conducteur est égale à une demi-longueur d'onde du signal, ou bien à un multiple d'une telle valeur.

N. 5 — On a un « noeud » de courant ou de tension aux points où la valeur de ces grandeurs est égale à zéro et un « ventre » aux points où la valeur est maximum.

N. 6 — Le taux d'ondes stationnaires est le rapport entre les valeurs maximum et minimum de la tension le long du conducteur.

N. 7 — Parce que la vitesse de propagation de la haute fréquence dans un conducteur est inférieure à celle que l'on obtient dans l'air ; la longueur d'onde étant calculée sur la base de la vitesse dans l'air, il est évident que dans le conducteur la dite longueur est plus petite.

N. 8 — Une antenne dont le conducteur est interrompu au centre, c'est-à-dire au point où la ligne de transmission l'attaque.

N. 9 — Le rapport entre la tension et le courant en un point donné. Non, parce que sa valeur varie de point en point.

N. 10 — La résistance de rayonnement doit avoir la valeur d'une résistance qui connectée en série avec l'antenne en un point où existe un ventre de courant, dissipe une puissance égale à celle rayonnée.

N. 11 — Un graphique qui permet d'établir empiriquement les propriétés directives d'une antenne.

N. 12 — Une antenne imaginaire, dont le diagramme de rayonnement est constitué par une sphère et qui rayonne dans toutes les directions avec la même intensité.

N. 13 — Un câble qui relie un circuit à un autre. Dans la pratique, le mot est utilisé pour désigner les câbles de liaison entre un récepteur ou un émetteur et l'antenne correspondante.

N. 14 — En réalisant la ligne elle-même au moyen de deux conducteurs parallèles situés à une distance constante l'un de l'autre. De cette façon, les deux champs électromagnétiques produits sont en opposition de phase et s'annulent mutuellement.

N. 15 — Deux : à conducteurs parallèles, et à conducteurs coaxiaux. A leur tour, ils sont subdivisés en câbles à diélectrique air et câbles à diélectrique solide.

N. 16 — La résistance apparente, égale au rapport entre la tension et le courant du signal à haute fréquence. Contrairement à ce qui se passe avec les antennes, cette valeur est constante en tous les points de la ligne. De plus, elle est indépendante de la longueur de la ligne et de la fréquence de la ligne.

QUELQUES CONSEILS CONCERNANT la CONSTRUCTION des ANTENNES

Du moment que les antennes sont exposées aux agents atmosphériques et, en particulier, au vent et à la pluie, l'emploi de matériaux de qualité et de caractéristiques particulières s'impose pour leur construction. Afin de réduire les pertes d'énergie à haute fréquence à un niveau négligeable, il est nécessaire que les conducteurs que l'on utilise pour construire l'antenne, aussi bien que ceux destinés à la construction de la ligne d'alimentation, aient une résistivité très faible. Les isolateurs doivent présenter des pertes aussi petites que possible ainsi que de faibles courants parasites superficiels, même s'ils sont mouillés.

Conducteurs

Le diamètre et le type du fil à employer dans la construction d'une antenne dépendent principalement de sa longueur, surtout dans le cas des antennes horizontales. Pour des antennes courtes, il est suffisant d'utiliser des conducteurs de cuivre émaillé de 1,5 mm de diamètre. Pour des antennes de longueur moyenne, au contraire, il est nécessaire que le diamètre du conducteur soit au moins de 2 mm, afin d'éviter l'allongement dû au poids et aux sollicitations mécaniques.

Le fil de cuivre recuit n'est pas à conseiller pour la construction des antennes, même de courte longueur. En effet, il subit — à cause du vent — des allongements notables; même s'il n'arrive pas à se rompre, il se peut que des désaccords se produisent par rapport à la fréquence de résonance de l'antenne. Le fil de cuivre émaillé qu'on trouve dans le commerce est du type recuit: si on veut l'utiliser, il est nécessaire de provoquer le premier allongement au moyen de secousses violentes. Ce faisant, on peut obtenir des caractéristiques presque équivalentes à celle du fil de cuivre brut. De toute façon, la tresse est toujours préférable.

Quand il s'agit d'antennes très longues, ou bien soumises à une forte tension mécanique due à la présence de lourds isolateurs dans la portion centrale, le fil de cuivre n'est plus utilisable, étant donné qu'il pourrait se rompre facilement. Dans ce cas, on préfère utiliser le fil d'acier cuivré et émaillé. Ce type de fil rend les opérations d'installation plus difficiles. Toutefois, en ne subissant ni allongements ni ruptures, il offre une plus grande sécurité; en outre, son emploi est indispensable dans le cas où l'éventuelle rupture de l'antenne peut être la cause d'accidents graves.

Pour éviter des pertes de puissance à haute fréquence, il est nécessaire que le conducteur formant l'antenne soit d'une seule pièce; lorsque cela n'est pas possible et qu'il faut, en conséquence ajouter une certaine longueur de fil, la soudure doit être faite très soigneusement, tant du point de vue mécanique que du point de vue électrique. Si la soudure se trouve au point où existe un ventre de courant, elle doit être réalisée à la perfection; même une toute petite résistance provoquerait une forte dissipation de puissance.

Lignes de transmission

Dans la construction d'une ligne à deux fils parallèles, les supports séparateurs doivent présenter un isolement parfait, au moins égal à celui nécessité par les isolateurs d'antenne. Dans les zones où l'atmosphère contient beaucoup d'impuretés et, en particulier, de la fumée, après un certain temps, les isolateurs peuvent se couvrir d'une couche présentant une certaine conductivité. Par conséquent, on obtient une diminution de l'isolement ainsi que la présence d'éventuels courants superficiels de dispersion. C'est pourquoi on doit nettoyer de temps en temps les isolateurs des lignes de transmission. On ne doit pas penser que, dans ce but, les pluies soient suffisantes, étant donné que les couches d'impuretés qui déterminent les courants superficiels ne sont pas solubles dans l'eau.

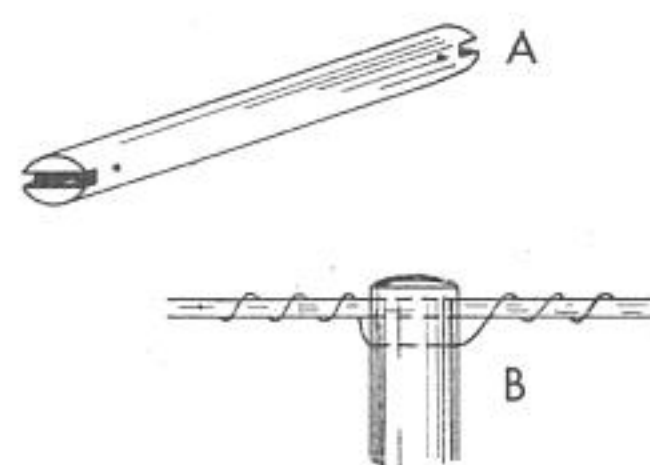


Fig. 1 - Exemple de séparateurs pour lignes de transmission à fils parallèles (A). Les entailles servent à porter le conducteur, maintenu par le fil qui passe par des trous spéciaux, comme en B.

Les lignes de transmission à fils parallèles avec isolement par l'air peuvent être facilement construites à l'aide de matériaux qu'on peut trouver dans le commerce. *Pour maintenir constante la distance entre les deux conducteurs, on peut utiliser des supports séparateurs en **céramique** du type de ceux indiqués par la **figure 1**. En **A**, on voit la forme du séparateur et en **B** la méthode de connexion avec un conducteur de la ligne. La connexion est effectuée au moyen d'un fil plus fin qui traverse le trou existant à l'extrémité du séparateur, en l'enroulant autour du conducteur par les deux côtés.

Les lignes prévues pour des fréquences comprises entre 3,5 et 7 MHz utilisent des séparateurs ayant une longueur d'environ 15 cm; pour des fréquences comprises entre 15 et 30 MHz, on préfère des supports de 10 cm. Pour des fréquences supérieures, la distance entre les conducteurs est plus petite.

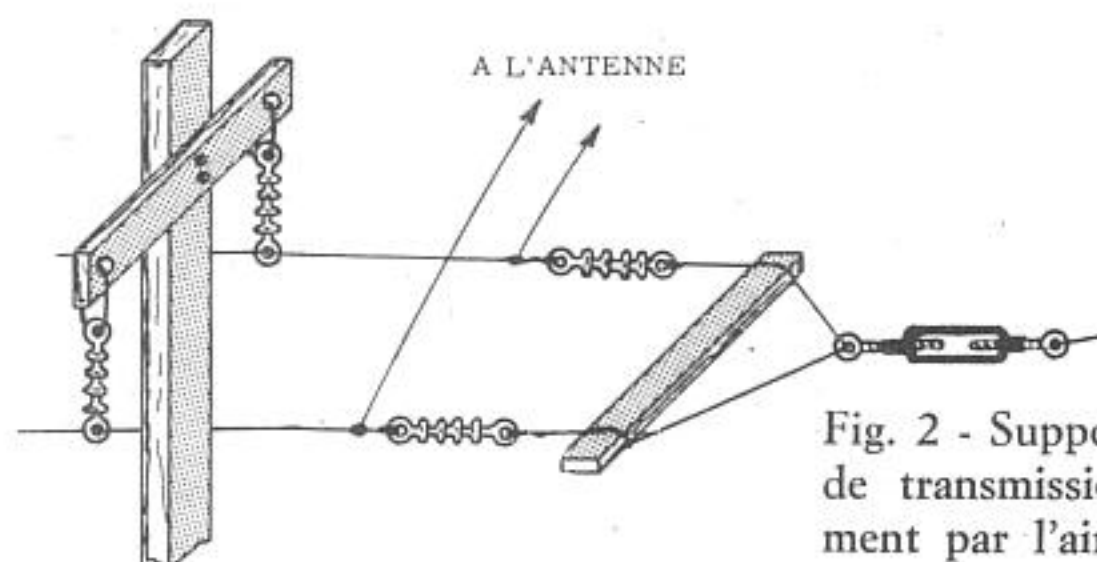


Fig. 2 - Support pour lignes de transmission avec isolement par l'air. Les conducteurs peuvent glisser librement dans les trous des isolateurs.

La **figure 2** représente une seconde méthode de construction des lignes de transmission à fils parallèles à isolement par l'air. Dans ce cas, les supports eux-mêmes font office de séparateurs. Naturellement, ils doivent être assez rapprochés l'un de l'autre, de sor-

te que des variations de distance entre les deux fils, et, donc, de l'impédance de la ligne, ne se produisent pas. Comme on peut le voir en observant la figure, la connexion mécanique entre les conducteurs et les supports est effectuée au moyen d'isolateurs en céramique. Au bout de la ligne, en plus des deux isolateurs, il existe un système destiné à assurer la tension mécanique nécessaire aux conducteurs, que l'on obtient au moyen d'un tendeur. Ce tendeur permet d'établir la tension mécanique de toute la ligne, et non, seulement, de sa dernière portion, puisque les conducteurs ne sont pas fixés rigidement aux isolateurs des supports, mais peuvent glisser librement dans les trous pratiqués dans ces derniers.

Lorsqu'on utilise des lignes de transmission à diélectrique solide, leur appui peut être formé de simples isolateurs ou de supports en céramique ou en matériau plastique, du type de ceux utilisés couramment dans les installations d'antennes de télévision. Il est nécessaire de faire en sorte que ces lignes ne puissent pas s'enrouler autour des fils métalliques, comme, par exemple, les fils tendeurs du support de l'antenne.

Le type de ligne de transmission qui requiert le moins de précautions pendant son installation, est sans doute le câble coaxial à diélectrique solide. Tout d'abord, étant donné la présence de l'enrobage extérieur, la possibilité de couplage avec d'autres conducteurs diminue, même si ces derniers se trouvent très rapprochés l'un de l'autre, ou disposés parallèlement. Les câbles coaxiaux peuvent être fixés directement aux murs d'un immeuble, en utilisant des crochets spéciaux en céramique ou en métal.

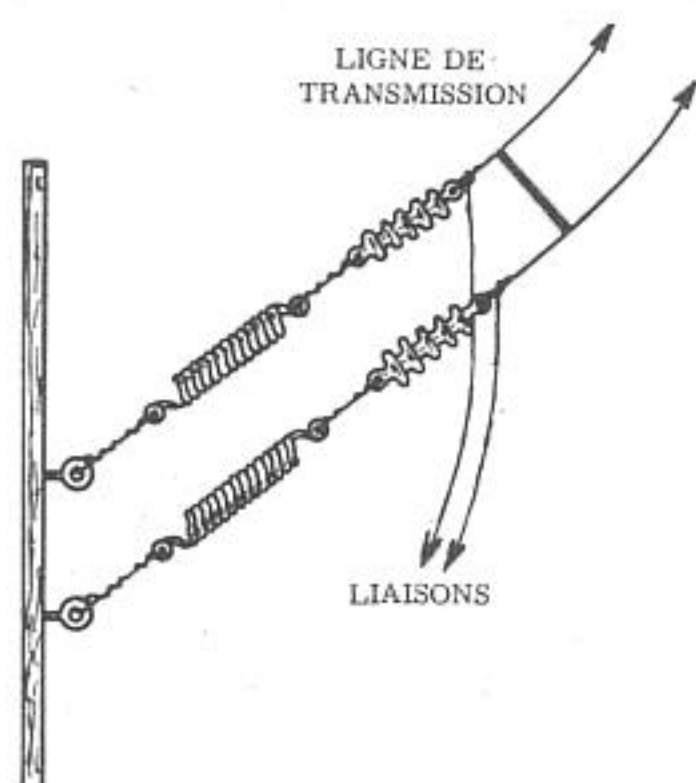


Fig. 3 - Fixation, au mur extérieur, d'une ligne de transmission. Les deux crochets à anneau sont fixés dans le mur: les deux ressorts assurent une certaine tension mécanique. Les deux raccords atteignent l'appareil installé dans l'immeuble en passant à travers deux isolateurs fichés dans le mur.

Occupons-nous maintenant de la technique de raccordement des bornes des lignes de transmission et, en particulier, de la connexion à la sortie de l'appareillage. Étant donné que l'appareil se trouve, en général, à l'intérieur du local, il est nécessaire que la ligne de transmission provenant de l'antenne pénètre à l'intérieur du local. Pour éviter de fortes tractions mécaniques aux bornes de la ligne, il faut que celle-ci, soit fixée solidement à l'extérieur, avant de pénétrer à l'intérieur de l'immeuble, comme le montre la figure 3.

Aux mêmes maillons des isolateurs où les bornes de la ligne aboutissent, on relie deux conducteurs de descente qui servent à continuer la ligne de transmission jusqu'à l'intérieur de l'immeuble. La meilleure solution pour supporter les conducteurs, jusqu'à leur arrivée à l'émetteur, consiste à pratiquer deux trous dans le mur pour fixer un type particulier d'isolateur d'en-

trée, ou « pipe ». Il faut veiller à ce que les trous pratiqués dans le mur, aussi bien que les isolateurs d'entrée, aient un diamètre notablement supérieur à celui du conducteur; parce que, étant donné que dans plusieurs cas la tension existant le long des lignes de transmission est assez élevée, on a besoin d'un très bon isolement pour éviter des dispersions vers la masse.

Fixation des antennes

Le problème relatif à l'installation de l'antenne à la hauteur nécessaire, par rapport au sol, peut être résolu de plusieurs manières, selon la situation locale. En général, on doit faire appel à des poteaux ou treillis spéciaux qui sont souvent maintenus en position verticale à l'aide de câbles de fixation. Parfois, on peut avoir recours — pour fixer l'antenne — à des constructions qui existent déjà ou à des arbres; par exemple, le conducteur peut être tendu entre deux cheminées, ou bien entre un bâtiment et un poteau ou, encore, entre un immeuble et un arbre.

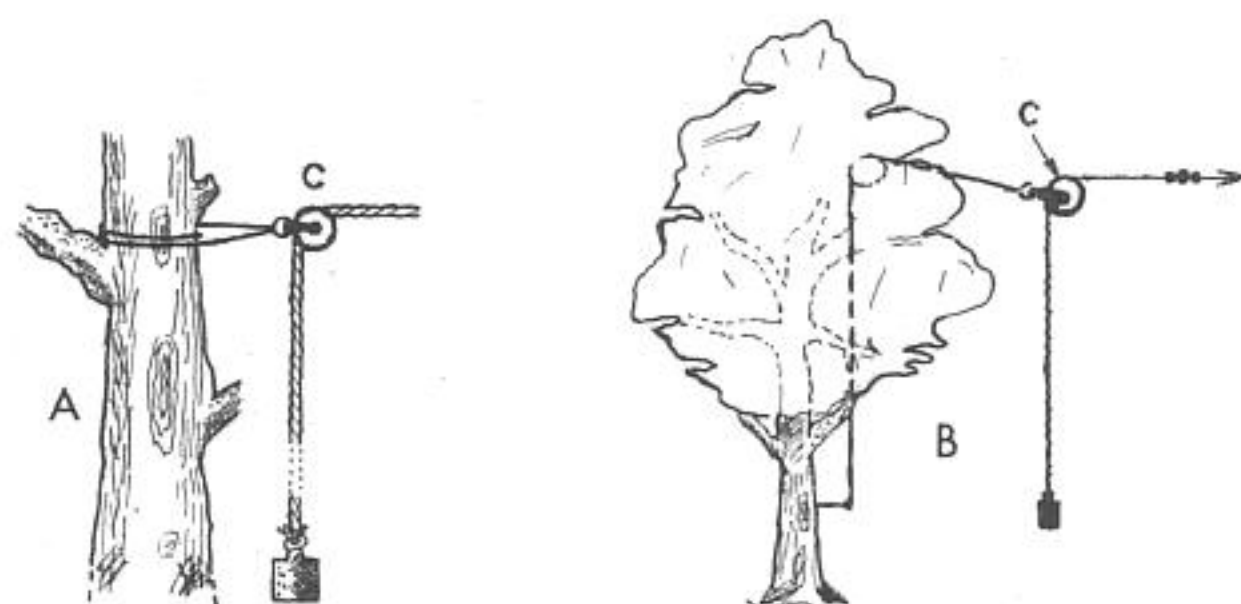


Fig. 4 - En A, fixation de la poulie (C) directement au tronc d'un arbre. Le contre-poids assure la tension mécanique. En B, fixation au moyen d'une double poulie, nécessaire pour lutter contre les oscillations fortes des branches.

Si, comme support d'une extrémité de l'antenne on utilise un arbre, il faut prendre quelques précautions, surtout si ce dernier est plutôt frêle. En effet, les arbres oscillent fortement à cause du vent: par conséquent, en effectuant une fixation de type normal, il pourrait se produire de violentes secousses, capables d'amener la rupture du conducteur, ou, de toute façon, un allongement considérable. Pour éviter ces inconvénients, on peut avoir recours à une fixation au moyen de poulies et de contre-poids, du type représenté par les figures 4-A et 4-B.

Dans les deux cas, l'antenne est reliée, au moyen d'un isolateur céramique du type courant, à une corde, libre de se mouvoir autour de la poulie C. À l'autre bout de la corde, on attache un contre-poids, dont la fonction est d'assurer la tension mécanique du système formant l'antenne. La différence entre les deux méthodes réside dans la façon de fixer la poulie à l'arbre. En A, elle est fixée directement au tronc; c'est une méthode normalement utilisée quand la fixation est effectuée à une hauteur supérieure à celle de l'arbre. En B, au contraire, la poulie est soutenue par une corde qui passe par une autre poulie; la dite corde est reliée par son extrémité à un crochet fixé à la base du tronc. Ce système est utilisé lorsque la présence de branches empêche le libre mouvement de la corde avec le contre-poids au voisinage du tronc. Com-

me on peut le noter sur la figure, on obtient, en fait, un écartement du système de tension de l'antenne par rapport au tronc de l'arbre, vis à vis du cas A.

Poteaux de soutènement

Parmi les supports pour antennes, citons, en premier lieu, les poteaux télégraphiques. Ils sont adaptés à des hauteurs d'environ 10-12 mètres et leur installation ne présente aucune difficulté particulière, surtout par le fait que, dans les usages courants, il n'y a pas besoin d'employer de câbles de fixation. Dans ce cas, il est suffisant d'enterrer la partie inférieure du poteau, jusqu'à une profondeur égale à environ 1/10 de la hauteur totale. Pour une meilleure conservation, la partie enterrée doit être protégée par des peintures à base de créosote ou de goudron et la partie extérieure par des peintures communes.

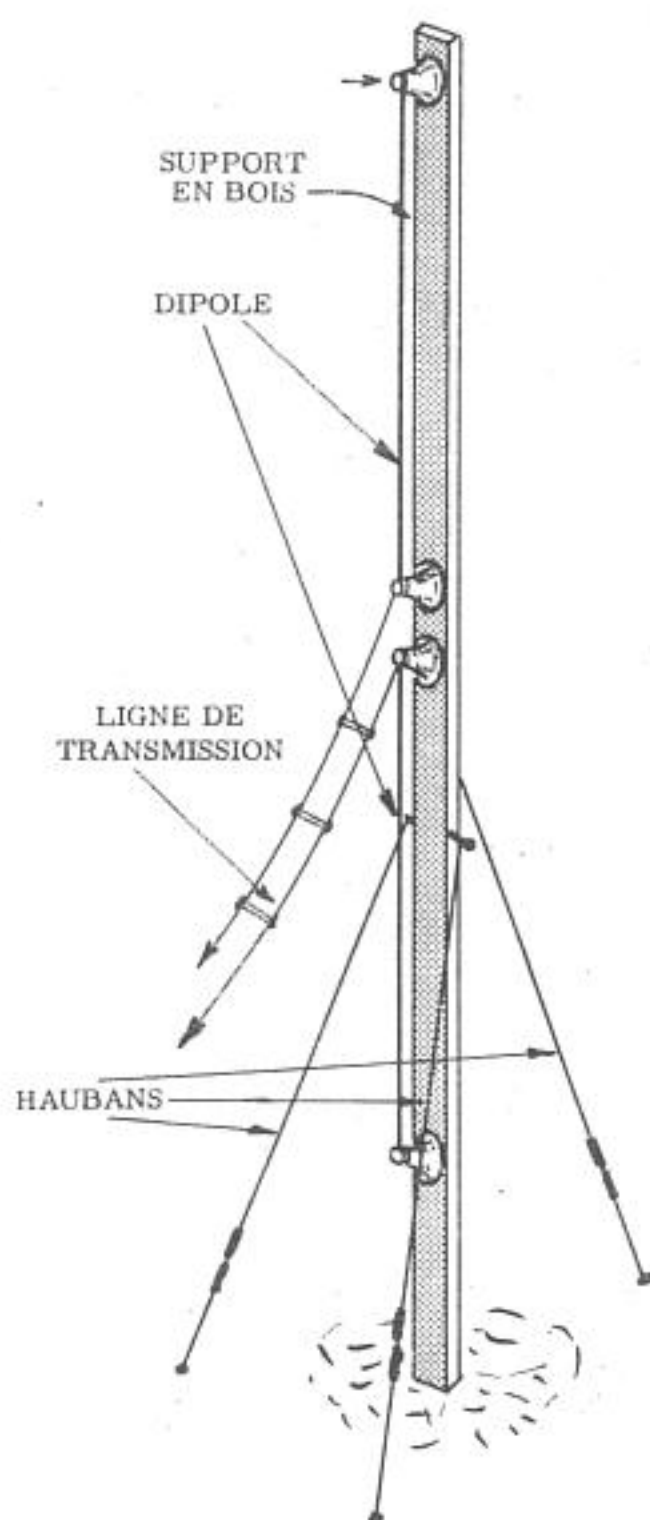


Fig. 5 - Exemple de dipôle vertical, fixé à un poteau en bois. Remarquons les haubans fixés au sol, afin d'assurer au système la rigidité maximum, et la ligne de transmission avec isolement à air (séparateur).

En cas d'emploi de poteaux d'une hauteur supérieure à 12 mètres, il est presque toujours nécessaire de recourir à des câbles de fixation. Pour savoir si ces derniers sont indispensables, il faut tenir compte, en plus de la hauteur du poteau, des tractions mécaniques auxquelles il est soumis. Ces tractions dépendent principalement du vent et du poids de l'antenne. De plus, il est clair que — dans le cas d'antennes horizontales — la force exercée par ces dernières sur les poteaux est normalement supérieure à celle exercée par les antennes verticales. Le câble qu'on emploie normalement pour la fixation de poteaux est du type en fer zingué, afin d'éviter la possibilité d'oxydation; son diamètre doit être considérable, étant donné qu'il est soumis à de fortes tensions mécaniques.

En ce qui concerne les mâts des antennes qui sont installées sur le toit d'un immeuble, une remarque particulière s'impose. Puisqu'ils sont installés dans une position déjà élevée par rapport au sol, il n'est pas nécessaire qu'ils soient très grands. Naturellement, il

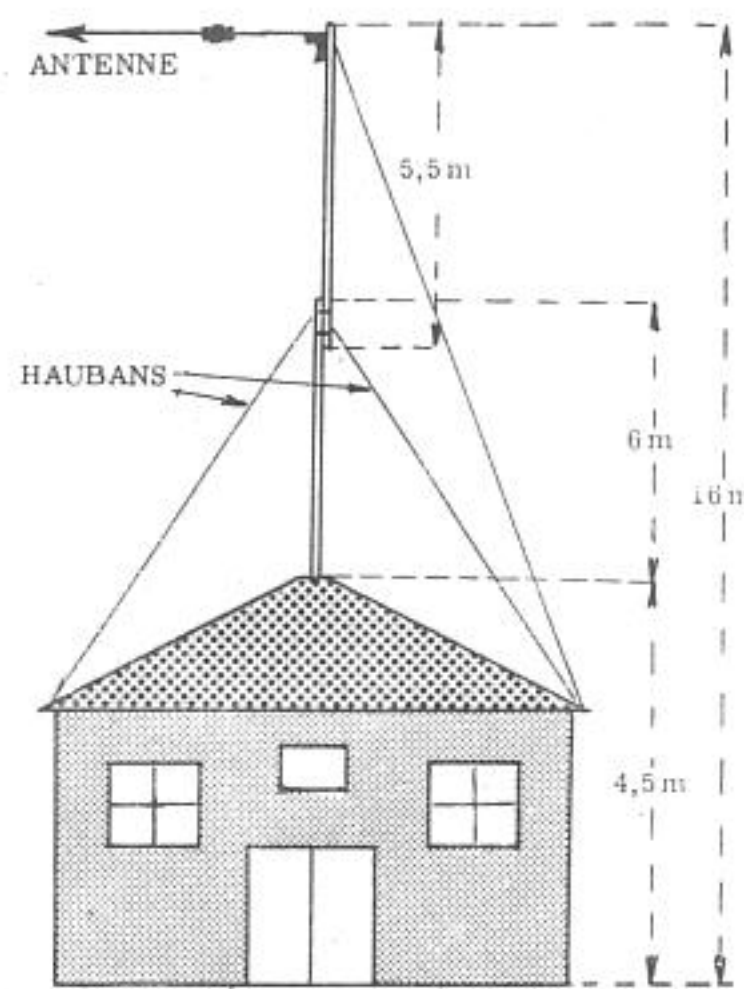


Fig. 6 - Installation d'un support sur le toit d'une construction de hauteur limitée. La portion inférieure est maintenue au moyen de quatre haubans et la portion supérieure, au moyen, de 2 seulement, installés de façon à équilibrer la traction exercée par l'antenne. De cette façon on peut atteindre des hauteurs relativement élevées.

est indispensable de faire appel à la fixation au moyen de câbles. Voyons maintenant deux exemples pratiques de constructions de ce genre, l'une pour antenne verticale et l'autre pour antenne horizontale.

La figure 5 représente un poteau pour dipôle demi-onde disposé verticalement, prévu pour travailler dans la bande des 6 mètres ou dans celle des 10 mètres. La hauteur totale du support en bois ne dépasse pas, de toute façon, 8 mètres. La section du poteau peut être, à titre d'exemple, de 5 x 8 cm, puisqu'une grande robustesse n'est pas nécessaire, comme il s'agit d'une antenne verticale. Les dimensions indiquées sont seulement indicatives, elles peuvent être modifiées selon les disponibilités pratiques.

Au sommet du poteau, l'antenne n'exerce pas une traction transversale; donc on n'a pas besoin de câbles de fixation nombreux. D'habitude, trois câbles disposés symétriquement, c'est-à-dire faisant entre eux des angles de 120° autour du poteau et fixés à peu près à la moitié de la hauteur de celui-ci, sont suffisants. Dans le cas où le toit est plan, ou bien lorsque l'antenne est installée sur une terrasse, il n'est pas nécessaire de fixer le bas du support; celui-ci, une fois que les câbles de fixation sont bien tendus, tient automatiquement. Si, au contraire, le toit est incliné, on doit pratiquer dans le bas du poteau une encoche en « V », afin qu'il puisse s'adapter parfaitement à l'angle d'inclinaison du toit.

Considérons maintenant la figure 6 qui représente un système de soutènement pour une antenne horizontale, disposé au sommet du toit d'une petite construction comme, par exemple, un garage. Dans ce cas, étant donné que le toit se trouve à une hauteur de 6 mètres seulement par rapport au sol, on emploie un

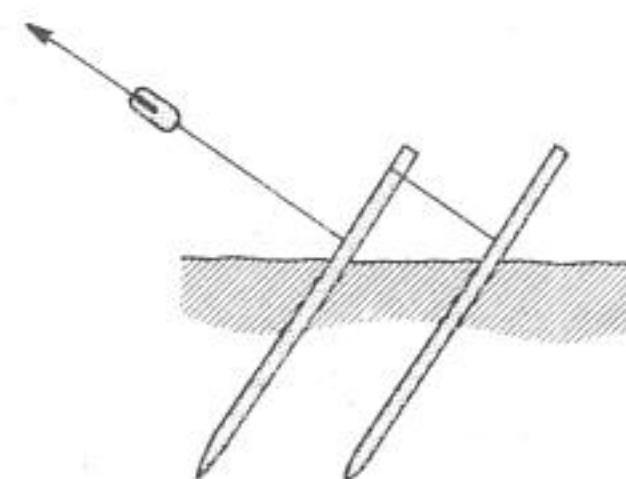


Fig. 7 - Système de fixation au sol au moyen de câbles de fixation. On peut noter deux piquets qui, grâce à leur disposition, subdivisent l'effort. Dans quelques cas, un seul piquet est suffisant.

poteau d'antenne plus haut, que l'on obtient au moyen de deux tiges disposées l'une à la suite de l'autre. Naturellement, la hauteur totale des deux tiges étant

supérieure à celle du cas précédent, il est nécessaire que leur section soit aussi plus grande.

L'antenne étant horizontale, exerce une forte tension transversale sur le sommet du poteau, dans la direction indiquée par la flèche. Donc, un plus grand nombre de câbles de fixation y est nécessaire. Ils sont six au total dont quatre au point central (zone de jonction des deux tiges) et deux au sommet. Les quatre câbles fixés au centre sont dirigés vers les quatre angles du toit; les deux autres, fixés à l'extrémité supérieure, sont dirigés vers les deux angles qui se trouvent du côté opposé à l'antenne horizontale, par rapport au poteau. De cette façon, on équilibre la traction exercée en sens opposé par l'antenne.

Câble de fixation

Pour la fixation des poteaux et des mâts dont la hauteur est comprise entre quelques mètres et 15 mètres environ, on peut utiliser des câbles constitués de fil de fer zingué de 2 mm de diamètre. Etant donné la longueur élevée des câbles de fixation, il est possible qu'elle puisse être égale à un multiple exact de $\lambda/2$. Dans ces conditions, les câbles de fixation se comporteraient comme des antennes résonnantes et pourraient provoquer des interférences avec le système d'antenne.

Pour éviter l'inconvénient que nous venons de signaler, on fait appel à une subdivision des câbles de fixation en plusieurs portions, reliées l'une à l'autre au moyen d'isolateurs. Chaque portion doit avoir une dimension inférieure à la plus petite longueur capable d'entrer en résonance sur la fréquence de transmission. Par exemple, si la longueur d'onde est de 10 mètres, chaque portion doit avoir une longueur inférieure à 3 ou 4 mètres, de façon qu'elle ne puisse pas se comporter comme un conducteur vibrant en demi-onde.

La fixation des haubans au terrain peut être réalisée de diverses manières. L'une des méthodes les plus simples consiste à les accrocher à la base d'un arbre ou à une construction; toutefois, cela n'est possible que dans des cas particuliers, c'est-à-dire lorsque les arbres ou les constructions, sont disposés convenablement.

Une autre méthode relativement simple, que l'on peut utiliser dans le cas où les poteaux ne sont pas très élevés, est la suivante: il s'agit essentiellement de ficher dans le terrain un piquet de 2 ou 3 cm de diamètre, avec un angle d'inclinaison approprié, par rapport à la surface du sol. Naturellement, il faut aussi considérer la direction du câble de fixation: les meilleures conditions de stabilité sont obtenues avec un angle piquet-câble de fixation de 90° .

Un système peut-être plus efficace, consiste à utiliser deux piquets enfoncés dans le sol, comme le montre la figure 7. Dans ce cas, la traction appliquée par le câble de fixation au premier piquet est partiellement répartie sur le second piquet.

Sur la figure 8, on peut noter un autre type de fixation au sol des haubans. Il s'agit d'une lourde planche de bois, ayant une longueur d'environ 1,5 m, et une section rectangulaire de 5×15 cm au moins. A cette planche, qui est enterrée à environ 1 m de profondeur, parallèlement à la surface du sol, sont fixés

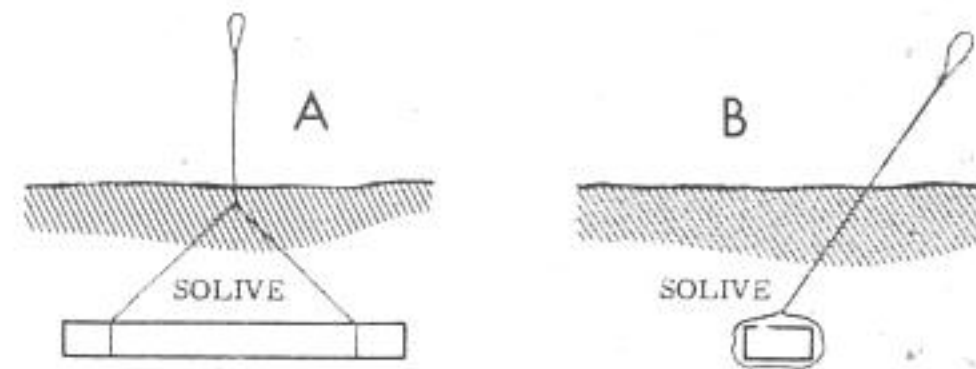


Fig. 8 - Fixation au sol des haubans, au moyen d'une petite planche en bois enterrée à une certaine profondeur. Le câble de fixation est relié à la planche par une bifurcation qui distribue l'effort sur toute la longueur. En A, vue frontale et en B, vue latérale. Remarquons l'inclinaison du câble de fixation.

deux câbles. En A, on voit une coupe longitudinale et en B, une coupe transversale.

Les isolateurs qu'on utilise pour relier chaque portion de câble de fixation à la suivante sont en forme d'oeuf. Nous en voyons un exemple sur la figure 9. Ce type d'isolateur est excellent parce que, même en cas de rupture due à une tension excessive du câble, l'ensemble de la structure n'est pas affectée.

Lorsque le câble de fixation possède un diamètre considérable, l'opération de repliage, après insertion du câble dans le trou ou la rainure de l'isolateur, est plutôt longue et difficile, si on l'effectue à la main ou à l'aide des pinces normales. Dans ce but, il est avantageux d'utiliser l'outil simple représenté sur la figure 9. Il s'agit d'une simple plaque de fer ou d'acier, plus ou moins épaisse, pourvue d'un trou de diamètre supérieur à celui du câble de fixation, pratiqué au voisinage d'une extrémité. Après avoir fait passer le câble dans le trou ou la rainure spéciale existant sur l'isolateur, on tâche de faire à la main, ou à l'aide d'une pince, un ou deux tours de fixation, et ensuite on passe la borne du câble à travers le trou de l'outil dont nous avons parlé. Il est alors facile, en tournant ce dernier dans le sens indiqué par la flèche sur la figure, d'obtenir un joint mécanique parfait, avec la tension désirée.

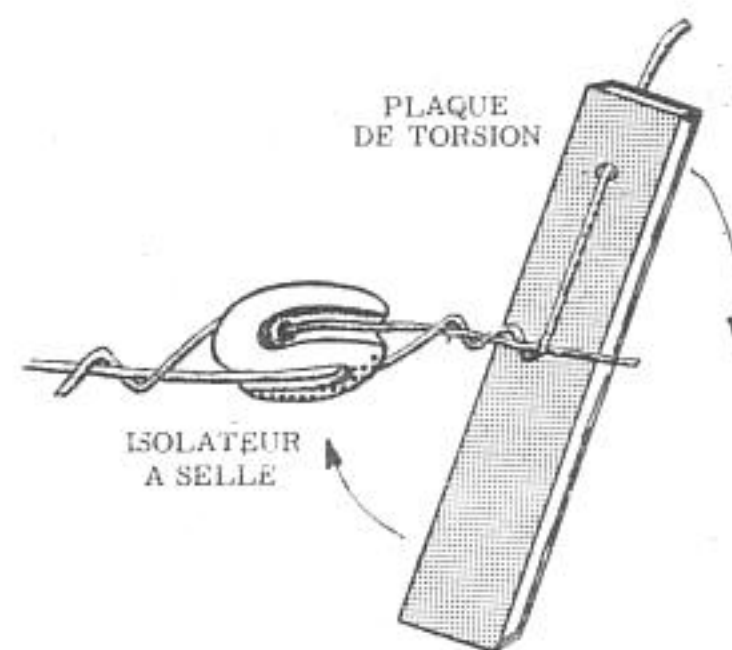


Fig. 9 - Méthode pour la fixation du câble d'acier à un isolateur. La plaque de torsion permet d'enrouler le fil sur lui-même, en assurant au système la robustesse maximum.

L'obtention d'une bonne tension mécanique des câbles de fixation est absolument indispensable, si l'on veut que la structure portant l'antenne puisse rester bien fixe et solide, même en cas de vent. Par conséquent, en plus des joints, on introduit parfois des tendeurs. Ceux-ci sont indispensables seulement dans le cas où les câbles de fixation doivent soutenir des poteaux ou des mâts très grands, de hauteur supérieure à 15 mètres.

Poulies et cordes

Nous avons vu que le meilleur système pour fixer les antennes horizontales aux supports relatifs — po-

- Probe** — « Probe », sonde, cordon de mesure, qui contient à l'intérieur un réseau passif ou actif; conducteur métallique placé dans un « guide d'ondes » ou résonateur à cavités, en vue du couplage avec un circuit extérieur pour injecter ou prélever de l'énergie.
- Probe microphone** — Microphone à sonde (microphone réduit employé pour mesurer la pression sonore en un point, sans altérer d'une manière appréciable le champ sonore au voisinage du dit point).
- Procedure message** — Message de procédure (message dont le texte contient des informations sur l'interprétation et identification des messages qui suivront).
- Procedure sign** — Signe de procédure (une ou plusieurs lettres ou caractères employés pour faciliter les communications en réunissant, sous forme « standard » condensée, des ordres, instructions, informations, etc.).
- Procedure word** — Mot ou phrase de procédure (dans les communications radio-phoniques ou télégraphiques).
- Proceed-to-send signal** — Signal d'invitation à transmettre.
- Process control** — Commande (automatique) d'un procédé.
- Processing** — Manipulations d'informations, afin de les convertir d'une forme en une autre, ou bien de les rendre intelligibles.
- Product demodulator** — Démodulateur de produit (démodulateur dont la sortie est le produit de la porteuse et de l'onde modulante).
- Production control** — Contrôle de production.
- Production model** — Modèle de production (un modèle de la forme mécanique et électrique).
- Production reactor** — Réacteur de production (réacteur nucléaire pour la production de produits de transmutation, comme par exemple, le plutonium).
- Product modulator** — Modulateur de produit (modulateur dont la sortie est proportionnelle au produit de la porteuse et de l'onde modulante).
- Profilometer** — Instrument pour mesurer le profil du sol.
- Program** — Programme (une séquence d'instructions en code employée par un ordinateur pour résoudre un problème).
- Program amplifier** — Voir « Line amplifier ».
- Program circuit** — Circuit téléphonique employé pour la transmission de programmes musicaux aux stations d'un réseau radio.
- Program failure alarm** — Circuit relais électronique qui fournit une alarme visuelle et acoustique lorsque la production d'un programme s'interrompt.
- Program loop** — Ligne de transmission entre deux stations.
- Programmed check** — Vérification du fonctionnement d'un ordinateur, (réalisée en insérant dans ce dernier un problème dont on connaît la solution et choisi de façon à avoir une programmation similaire à celle du problème que le ordinateur doit réaliser).
- Programmed marginal check** — Programme d'un ordinateur qui fait varier la propre tension de façon à contrôler un tube donné ou autre composant, pendant le contrôle préventif de manutention.
- Programmer** — Programmeur (la personne qui prépare des séquences d'instructions pour un ordinateur).
- Programming** — Programmation (dans les ordinateurs, la traduction d'un problème en mots ou caractères compréhensibles de la part d'une machine).
- Program monitor** — Appareil de contrôle pour observer la qualité d'une transmission radio ou TV.
- Program parameter** — Paramètre de programme (un paramètre qui peut prendre des différentes valeurs pendant le développement d'un programme déterminé dans un ordinateur numérique).
- Program register** — Enregistrement de programme (l'enregistrement, d'un ordinateur numérique, qui reçoit les instructions du programme et contrôle le fonctionnement du ordinateur pendant le développement des dites instructions).
- Program-sensitive error** — Erreur dans un ordinateur, qui se produit lorsqu'une combinaison d'instructions déterminée du programme n'a pas eu lieu.
- Program step** — Une partie d'un programme (d'un ordinateur).
- Program tape** — Ruban, magnétique ou perforé, qui contient la séquence d'instructions nécessaires à un ordinateur pour résoudre un problème.
- Progressive wave** — Onde progressive (une onde qui se propage librement dans un milieu).
- Progressive-wave antenna** — Antenne à ondes progressives.
- Projection** — Projection.
- Projection power response** — Le rapport entre la pression sonore effective à la distance de 1 mètre et la puissance électrique d'entrée d'un haut-parleur.
- Projection PPI** — Unité PPI où l'image d'un tube à rayons cathodiques de 4" est projetée sur une surface horizontale de 24". Les échos « radar » apparaissent comme des zones couleur magenta sur un fond blanc.
- Projector** — Projecteur; diffuseur. Pavillon qui sert à diffuser le son d'un haut-parleur dans une direction donnée. Dispositif pour faire rayonner les ondes sonores, dans une direction désirée, à travers l'eau, du fond d'un navire.
- Projector efficiency** — Le rapport entre la puissance acoustique totale de sortie et la puissance électrique d'entrée d'un haut-parleur ou autre transducteur électro-acoustique.
- Promethium** — Promethium (élément chimique).
- Prompt fission neutron** — Neutron, émis pendant une fission nucléaire.
- Prompt gamma** — Radiation gamma émise au moment de la fission d'un noyau.
- Prompt radiation** — Radiation émise en un temps trop court pour pouvoir être mesurée.
- Prong** — Broche, contact, fiche.
- Propagated error** — Erreur, dans un ordinateur, présente dans plusieurs opérations successives.
- Propagation** — Propagation (d'ondes acoustiques ou électromagnétiques à travers un milieu).
- Propagation anomaly** — Anomalie, irrégularité de propagation.
- Propagation coefficient** — Coefficient de propagation.
- Propagation factor** — Rapport de propagation.
- Propagation loss** — Perte de propagation (d'un signal).
- Propagation ratio** — Rapport de propagation (d'une onde).
- Propagation time delay** — Retard de propagation (temps requis par une onde pour voyager entre deux points sur une ligne de transmission).
- Propagation velocity** — Vitesse de propagation (d'une onde à travers un milieu).
- Proper motion** — Mouvement propre.
- Properties** — Propriétés.
- Property** — Propriété.
- Proportion** — Proportion.
- Proportional** — Proportionnel.
- Proportional control** — Contrôle proportionnel (contrôle où la quantité d'action corrective est proportionnelle à la quantité de l'erreur).
- Proportional counter** — Compteur proportionnel (de radiation).
- Proportional counter tube** — Tube compteur proportionnel (tube compteur de radiations où l'ionisation totale est proportionnelle à l'ionisation produite par l'action ionisante initiale).
- Proportional ionisation chamber** — Chambre d'ionisation proportionnelle (le courant dû à l'ionisation initiale est amplifiée au moyen de la multiplication électronique dans une région de haute intensité du champ électrique, comme il se passe dans un compteur proportionnel).
- Proportional-position action** — Action (de contrôle où il existe une relation linéaire entre la valeur de la variable contrôle et la position d'un élément final de contrôle).
- Proportional region** — Région proportionnelle (d'un tube compteur de radiations).
- Proportioning reactor** — Réacteur à noyau saturable employé pour le réglage et le contrôle.
- Proportion of choke coils** — Dimensions des bobines d'arrêt.
- Prosign** — Abréviation de « procedure sign » (signe de procédure).
- Protactinium** — Protactinium (élément radioactif, ayant le numéro atomique 91).
- Protactor** — Instrument pour la mesure des angles.
- Protected circuit** — Circuit protégé (circuit muni de dispositifs de protection contre les tensions ou courants de valeurs considérables).
- Protected motor** — Moteur protégé.
- Protected switch** — Interrupteur protégé.
- Protected-type** — Du type protégé.
- Protecting choke** — Bobine de réactance.
- Protecting shield** — Plaque (écran) de protection.
- Protection from high voltage** — Protection de la haute tension.
- Protection network** — Réseau de protection.
- Protection survey** — Evaluation des dangers dus aux radiations pendant la production ou l'emploi de matières radioactives.
- Protective cable** — Câble de protection.
- Protective device** — Dispositif de protection.
- Protective gap** — Déchargeur de protection (entre un conducteur et la terre).

Protective goggles — Oeillets de protection (pour la manipulation du tube cathodique).

Protective horn — Déchargeur à corne.

Protective reactor — Réacteur qui limite le courant à travers un circuit, lorsque les conditions de fonctionnement sont anormales.

Protective relay — Relais de protection (dont le rôle principal est celui d'éviter des interruptions ou empêcher des pannes aux appareils).

Protective resistance — Résistance de protection (utilisée en série avec un tube à gaz ou autre dispositif, pour limiter le flux de courant à une valeur de sécurité).

Protective screen — Ecran de protection.

Protective signalling — Transmission et réception de signaux relatifs à la détection et la prévention d'endommagements dus à plusieurs causes, comme incendie, etc.

Protector — Protecteur (dispositif pour protéger les appareillages ou le personnel, contre les hautes tensions ou courants).

Protective system — Système de protection.

Protector tube — Tube de protection (tube à gaz à cathode froide qui devient conducteur pour une tension déterminée, pour protéger un circuit contre les surtensions).

Protium — Le plus léger isotope de l'hydrogène.

Proton — Proton (particule positive dans un atome; la plus petite quantité d'électrons positive qui peut exister à l'état libre).

Proton binding energy — Energie nécessaire pour écarter un seul proton d'un noyau.

Proton-chain — Une série de réactions thermonucléaires commencées par une réaction entre deux protons.

Proton microscope — Microscope protonique (dispositif similaire au microscope électronique, mais où les particules chargées sont des protons).

Proton synchrotron — Synchrotron pour l'accélération des protons.

Proword — Abréviation de « Procedure word » (mot de procédure).

Proximity detector — Détecteur de proximité.

Proximity effect — Effet de proximité (la répartition du courant dans un conducteur en raison de la présence d'un autre conducteur parcouru par un courant).

Proximity fuse — Fusée de proximité (fusée qui provoque la détonation d'une charge explosive lorsque la cible se trouve à une certaine distance de celle-ci).

PRR — Abréviation de « Pulse Repetition Rate » (fréquence de répétition des impulsions).

PRT — Abréviation de « Pulse-recurrence time » (temps de récurrence des impulsions).

P-scan — Voir « PPI-scan ».

Pseudo-code — Pseudo-code (dans les calculateurs, un code arbitraire non directement compréhensible de la part d'une machine).

Pseudo stereo — Pseudo stéréo (Modification d'une source sonore monophonique, de façon à obtenir un effet similaire à celui stéréo. La méthode plus simple con-

siste à séparer les deux signaux ainsi obtenus à deux haut-parleurs séparés. D'autres méthodes comportent le retard du signal, de sorte que les signaux soient entendus par le « second canal » une fraction de seconde après ceux du signal principal).

Pseudosynchronizer — Pseudosynchronisateur élément qui délivre des données simulées pour le contrôle d'un décodificateur.

P shell — Couche P (la sixième couche d'électrons autour du noyau d'un atome).

psi — Abréviation de « Pound per square inch » livres par pouce carré.

Psophometer — Instrument qui fournit une indication visuelle, équivalente à l'effet acoustique de tension perturbatrice).

Psophometric electromotive force — Force électromotrice psophométrique.

Psophometric factor — Facteur psophométrique.

Psophometric power — Puissance psophométrique.

Psophometric voltage — Tension psophométrique.

PST — Abréviation de « Pacific Standard Time » (temps standard du Pacifique, basé sur 120° méridien; longitude Ouest).

Psychogalvanometer — Instrument pour contrôler les réactions mentales en déterminant la variation de la résistance de la peau lorsqu'on applique à cette dernière une tension au moyen d'électrodes spéciales.

Psychointegroammeter — Voir « Lie detector ».

Psychosomatograph — Instrument pour enregistrer des courants dus à l'action musculaire.

PT — Nomenclature « JAN » pour « Plotting Equipment » (appareillage de traçage).

pt — Abréviation de « Point » (point).

PTM, ptm — Abréviation de « Pulse-Time Modulation ».

P-type conductivity — Conductivité type P (conductivité, dans un semiconducteur, due à des cavités, c'est-à-dire à des charges positives).

P-type crystal rectifier — Redresseur à cristal de type P (redresseur à cristal où le courant direct circule lorsque le semiconducteur est positif par rapport au métal).

P-type semiconductor — Semiconducteur de type P (un semiconducteur extrinsèque dans lequel la densité des cavités dépasse celle des électrons de conduction, ce qui fait que les porteurs majoritaires sont les cavités).

PU — Nomenclature « JAN » pour « Power equipment » (alimentateur).

Public-address amplifier — Amplificateur de Basse Fréquence employé dans un équipement sonore de diffusion publique.

Public aviation service — Service de radio-communications ouvert au public, pour les communications, avec des aéronefs, dans le sens air/sol, sol/air ou air/air.

Public communications service — Service (téléphonique ou télégraphique, pour la transmission de communications pour le public).

Pull-in current — Voir « Pick-up current ».

Pulling — Entraînement; petites variations de la fréquence d'un oscillateur

causées par des variations de l'impédance de charge.

Pulling figure — La variation de fréquence totale d'un oscillateur.

Pulling frequency — Fréquence d'entraînement (tendance d'une charge quelconque à faire varier la fréquence d'un oscillateur).

Pull-out torque — Couple de décrochement.

Pull-up current — Le courant minimum qui attire l'armature d'un relais contre le noyau de ce dernier.

Pull switch — Interrupteur à chaîne.

Pulsance — Pulsation (de grandeur alternative, égale 2π fois la fréquence en hertz).

Pulsating — Pulsatoire.

Pulsating direct current — Courant pulsé continu (courant continu qui change de valeur à des intervalles réguliers ou irréguliers, mais qui possède toujours la même direction).

Pulsating electromotive force — Force électromotrice pulsatoire (la somme d'une force électromotrice continue et d'une force électromotrice alternative).

Pulsating voltage — Tension pulsatoire (tension variable dont les variations ont lieu pendant les périodes régulières de temps — en cycles — et elles peuvent, ou non, avoir des inversions de polarité).

Pulsation — Pulsation.

Pulsation welding — Soudure au moyen d'un courant pulsé.

Pulse — Impulsion (variation brusque et momentanée d'une quantité normalement constante, caractérisée par un temps de montée et de descente et par une durée déterminée).

Pulse altimeter — Altimètre « radar » (qui émet des impulsions électriques sans altérer d'une manière appréciable la forme d'onde).

Pulse amplitude — Valeur maximum instantanée d'une impulsion.

Pulse amplitude modulation — Modulation en amplitude d'une porteuse par impulsions.

Pulse-averaging discriminator — Discriminateur qui fournit une sortie proportionnelle à l'amplitude moyenne des impulsions.

Pulse bandwidth — Largeur de bande d'une impulsion.

Pulse carrier — Porteuse composée d'une série d'impulsions.

Pulse-carrier modulation — Modulation d'une porteuse par impulsions.

Pulse-code modulation — Modulation par impulsions codées.

Pulse coder — Dispositif qui engendre un code au moyen d'un groupage d'impulsions qui ont des longueurs et ou des intervalles variables.

Pulse coding — Codification d'impulsions. (dispositif qui indique le nombre total d'impulsions reçues pendant un certain intervalle de temps).

Pulse corrector — Correcteur d'impulsions.

Pulsed Doppler system — Système « radar » qui utilise l'effet Doppler.

Pulse decay time — Durée d'amortissement d'impulsions (l'intervalle de temps nécessaire à un front ascendant d'une impulsion pour descendre de 90% à 10% de l'amplitude).

Pulse-delay network — Réseau pour le passage des impulsions.



Poste de supervision générale - Un clavier permet de contrôler un à un le travail des postes de vente et de vérifier en permanence, à une unité près, le nombre des appels téléphoniques. Dès que la saturation approche, des postes supplémentaires sont mis en activité par le responsable du poste de supervision. Toute attente au standard est ainsi supprimée.

En outre, deux tambours magnétiques, qui constituent la mémoire de stockage des informations, méritent une attention particulière.

Ces tambours, en effet, tournent à 1 200 tours-minute — c'est-à-dire que la tonalité des données enregistrées est offerte à la lecture chaque 1/20e de seconde. Sur chaque tambour, 700 têtes de lecture explorent chacune une piste totalisant 5 000 points d'aimantation... et ces têtes de lecture étant situées à 20 microns de la couche d'oxyde ferreux qui constitue la surface du tambour, il est nécessaire de maintenir dans cette salle une température constante (à un demi-degré centigrade près).

Des convertisseurs, situés dans une cabine vitrée, permettent d'alimenter en courant continu et particulièrement stable les quelques 3 000 tubes électroniques de ces calculateurs.

Le système de réservation Teleregister adopté par Air France est essentiellement un système de gestion numérique des vols.

Chacun des vols d'Air France pour les six mois à venir — soit une possibilité de 300 000 vols — est inscrit sur les tambours avec le nombre de places disponibles en 1ère classe et en classe touriste.

A chaque nouvelle réservation, le nombre des places libres dans le vol visé diminue d'autant.

Mais si la machine est capable de dire, à la demande, le nombre des places encore disponibles, elle est également équipée pour avertir automatiquement les agents de contrôle, chaque fois que, pour un vol, ce nombre descend au-dessous d'un seuil donné.

(suite dans le prochain Numéro)

DECOUVREZ L'ELECTRONIQUE 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 antérieure. Ce cours utilise uniquement LA PRATIQUE et L'IMAGE sur l'écran d'un oscilloscope. Pour votre plaisir personnel, améliorer votre situation, préparer une carrière d'avenir aux débouchés considérables : **LECTRONI-TEC**

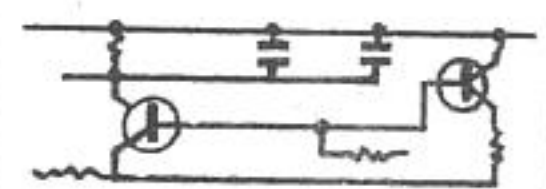
1 - CONSTRUISEZ UN OSCILLOSCOPE

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 SCHEMAS DE CIRCUIT

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



3 - ET FAITES PLUS DE 40 EXPERIENCES

L'oscilloscope vous servira à vérifier et à comprendre visuellement le fonctionnement 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'ELECTRONIQUE !

GRATUIT BON N° 42 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.

DYNAKIT DYNACO

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 ± 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-Sémard - PARIS-9^e - LAM. 43-09

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

teaux ou arbres — est celui qui fait appel à une corde libre de se mouvoir sur une poulie, réunie par une extrémité avec l'antenne et par l'autre avec un contre-poids. Le choix de la corde est assez critique, étant donné que le frottement continu de cette dernière le long de la poulie et la corrosion due aux intempéries,

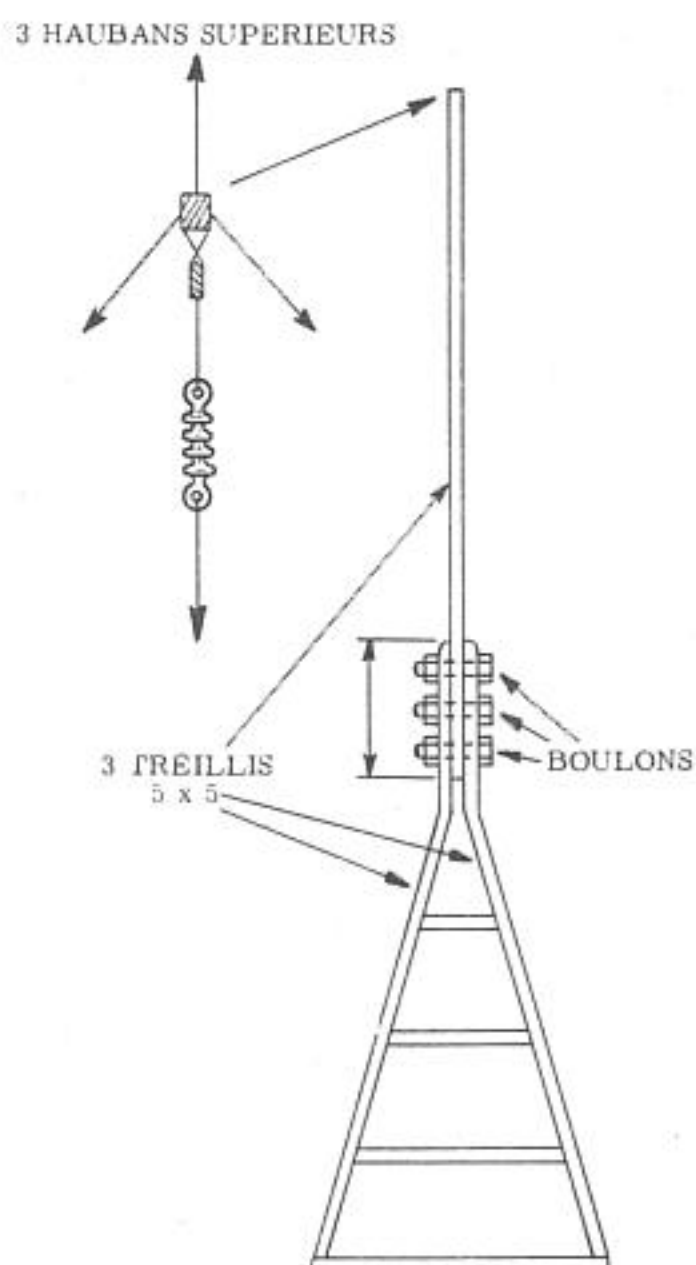


Fig. 10 - Exemple de treillis en « A ». Le support supérieur est fixé au support inférieur au moyen de trois boulons. En haut et à gauche, on voit le même treillis vu d'en haut. Remarquons la disposition des câbles de fixation, et la direction du conducteur d'antenne, fixé à l'aide d'un isolateur courant en céramique.

requièrent l'emploi de matériaux très résistants. Les câbles métalliques ne sont pas aptes, soit parce qu'ils sont trop rigides, même s'ils sont tressés, soit parce qu'ils pourraient entrer en résonance, perturbant ainsi le fonctionnement de l'antenne. Les cordes en « nylon » sont peut-être la meilleure solution, étant donné qu'à cause de leur résistance élevée, elles peuvent être utilisées pendant plusieurs années avant qu'on soit obligé de les remplacer. Elles sont, toutefois, coûteuses et c'est pourquoi on utilise souvent des cordes du type courant, mais celles-ci doivent être convenablement im-

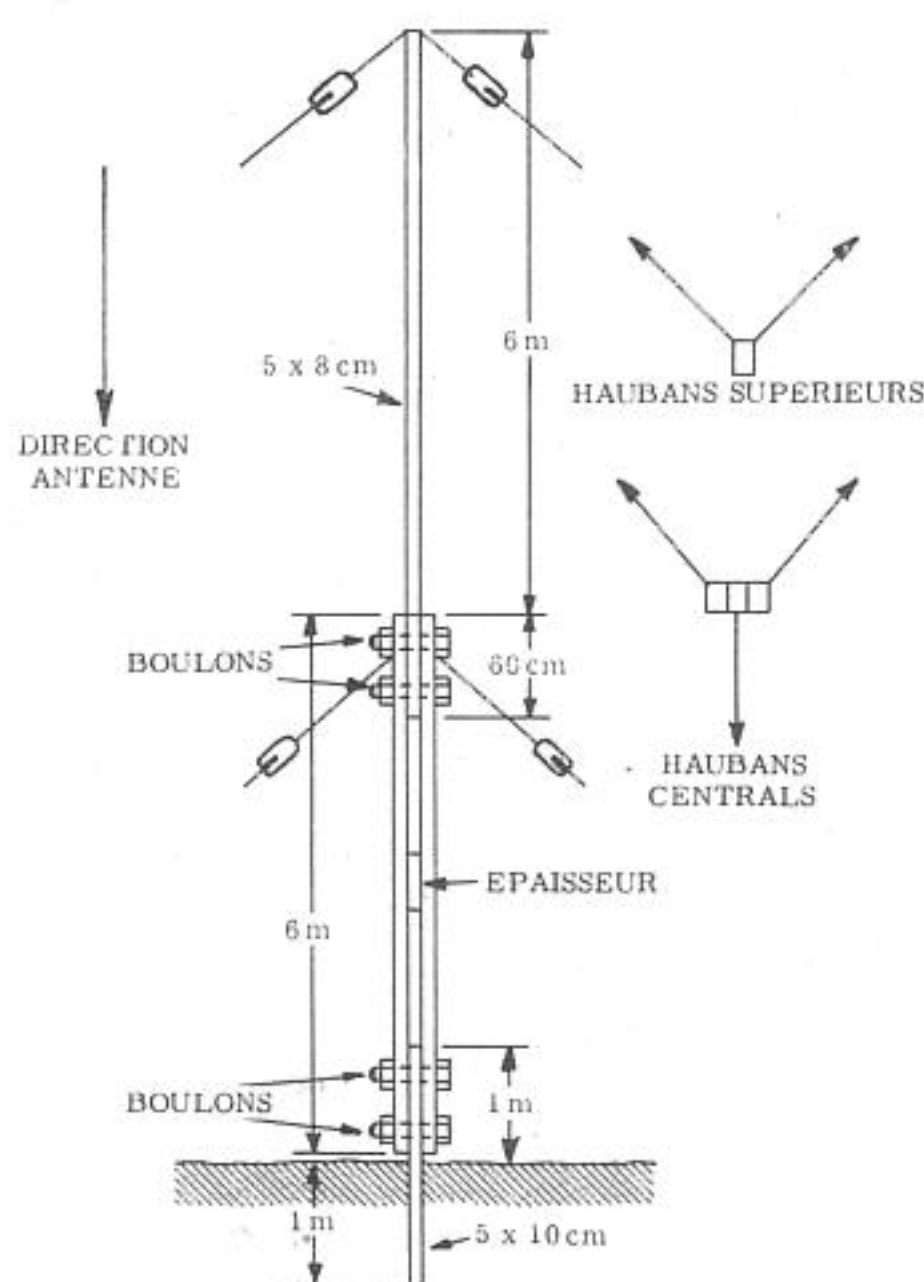


Fig. 11 - Autre type de treillis de réalisation plus simple. Les deux tiges inférieures, convenablement séparées, maintiennent le support supérieur et la portion inférieure qui doit être enterrée. Trois haubans sont fixés vers la mi-hauteur et deux autres, opposés à l'antenne, sont fixés au sommet.

perméabilisées. La durée de ces cordes dépasse deux années et il est bon de vérifier périodiquement leur état, si on veut éviter une rupture imprévue avec, pour conséquence, la chute de l'antenne.

En ce qui concerne les poulies, les modèles en fer galvanisé sont très utilisés, mais ces modèles ont une durée limitée, surtout dans les zones humides ou côtières. Dans ce cas, il est préférable d'employer des poulies en bois dur, à disques latéraux et supports en bronze. Une bonne lubrification est essentielle, si on désire éviter une usure prématurée. Pour cela, on peut utiliser des graisses minérales tandis qu'on doit éviter toutes les huiles.

Vis à vis du contre-poids, aucune remarque particulière est nécessaire. Il peut être constitué d'un bloc de ciment, pourvu d'un anneau métallique d'accrochage, aussi bien que d'un bloc métallique, par exemple de plomb. On doit éviter les matériaux ferreux, à cause de la rouille. Le poids doit être adapté à celui du conducteur qui constitue l'antenne, de façon à le tendre suffisamment mais sans effort excessif. Pour plus de sécurité, il est préférable que le contre-poids se trouve à peine soulevé du sol et qu'il soit accroché très solidement. Pour cette raison, on doit éviter l'usage de pierres comme contre-poids.

Treillis

Les poteaux télégraphiques ne sont pas toujours faciles à trouver. De plus, ils ont des hauteurs ne dépassant pas 12 mètres. Dans plusieurs cas, on préfère faire appel aux treillis fixés au moyen de câbles. Ces treillis, dont nous voyons deux exemples sur les figures 10 et 11, peuvent être construits avec des tiges en bois de section moyenne, ils sont alors légers et faciles à installer.

Le type de treillis le plus simple est celui de la figure 10: il est à conseiller pour les hauteurs allant de 10 à 12 mètres et il est appelé treillis en « A », à cause de sa forme particulière. Les tiges nécessaires à sa construction sont en bois, et elles peuvent avoir, par exemple, une section carrée de 5 cm de côté. La portion supérieure, à tige unique, possède une hauteur de 6 ou 7 mètres; trois haubans de type normal sont fixés à son sommet, disposés entre eux à 120°. Il est bon que l'un de ces câbles de fixation soit disposé exactement dans la direction opposée à celle de l'antenne, afin d'équilibrer la traction.

Le treillis de la figure 11 est, lui aussi assez robuste, facile à construire et peu coûteux. Il convient à des hauteurs d'environ 12 mètres et il est constitué de deux sections. La section supérieure est une simple tige en bois, de 5 x 8 cm de section, fixée entre deux tiges du même type, qui constituent la section inférieure, au moyen de boulons. La distance entre ces deux tiges est maintenue constante à l'aide de deux séparateurs, l'un au centre et l'autre en bas. Ce dernier de section plus grande, par exemple, 5 x 10 cm, est fixé dans le sol à environ 1 mètre de profondeur, afin d'assurer une plus grande stabilité.

Les câbles de fixation de ce treillis sont au nombre de cinq, disposés à des hauteurs différentes. Trois sont fixés à demi-hauteur, d'une façon symétrique tandis que les deux autres sont disposés de façon asymétrique comme le montre la figure. Ces derniers servent à exercer une traction prédominante dans la direction opposée à celle de l'antenne.

— 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
Tél. : 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
ACER Envoi contre 6F pour frais
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
Châssis Haute Fidélité • Amplis • Tuners FM

RADIO-VOLTAIRE

GROSSISTE OFFICIEL "COPRIM TRANSO"
GROSSISTE TUBES INDUSTRIELS "RADIOTECHNIQUE"
155, Avenue Ledru-Rollin, PARIS-11^e ROQ. 98-64

EMY-RADIO

Spécialiste des grandes marques d'importation
Téléviseurs - Récepteurs - Transistors - Magnétophones
Electrophones - Hi-Fi - Enceintes acoustiques - Emetteurs
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 BOÉTIE - 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
LAMPEMETRE
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

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).