

AVEC LE RADIOCOMPAS ON PEUT DÉTERMINER L'EMPLACEMENT DES POSTES DE T. S. F.

Par E. BELLINI

DOCTEUR ÈS-SCIENCES, INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

La télégraphie sans fil ordinaire a les défauts de ses qualités. Un poste transmetteur envoie son rayonnement tout autour de lui et un poste récepteur reçoit indifféremment les ondes de toutes les directions de l'horizon. Cette propriété est précieuse pour communiquer avec des bateaux dont on ne connaît pas en général la route, pour demander du secours, etc., mais elle constitue un inconvénient pour le secret des communications et pour l'indépendance des postes. En effet, d'une part, un poste qui veut recevoir les communications d'un autre poste transmetteur n'a qu'à accorder ses appareils sur la longueur d'onde adoptée pour ces communications : il n'y a pas de syntonie qui tienne, la ténacité du radiotélégraphiste récepteur ayant toujours le dessus sur toutes les manœuvres que le radiotélégraphiste transmetteur peut employer; d'autre part, un poste récepteur peut être gêné par des transmissions qui ne lui sont pas destinées et qui sont faites avec la même longueur d'onde que celle de la communication qu'il est en train de recevoir. Cet inconvénient est très grave pour les postes commerciaux, étant donné qu'ils sont obligés, par un accord international, d'employer tous des longueurs d'onde de 300 ou de 600 mètres. Aujourd'hui, on vient à bout de cette difficulté par une discipline universellement acceptée : un poste ne doit pas transmettre tant qu'il entend d'autres postes tra-

vailler avec la longueur d'onde qu'il veut employer. Mais cet accord réciproque limite singulièrement le rendement commercial des stations de télégraphie sans fil.

Il n'est donc pas étonnant que dès les premiers temps de la T. S. F. les inventeurs aient tenté de canaliser les ondes lors de leur transmission et de limiter à une zone aussi étroite que possible la faculté de les recevoir. Ce problème en faisait naître naturellement deux autres : 1° faire varier rapidement et commodément la direction de propagation et de réception des ondes; 2° déterminer la direction d'un poste transmetteur.

Il est évident que pour obtenir la *dirigeabilité* d'un système de T. S. F. il faut employer une antenne spéciale. Il existe des antennes à ondes plus ou moins dirigées, mais la seule qui ait satisfait à toutes les conditions pratiques et la seule employée aujourd'hui, est celle du professeur Blondel, membre de l'Institut.

Considérons deux antennes verticales identiques parcourues par des oscillations électriques d'intensités égales, mais en opposition de

phases. A tout instant, les courants qui les parcourent sont égaux, mais tandis que dans l'une d'elles le courant est dirigé vers le ciel, dans l'autre il est dirigé vers la terre. Il est évident que si ces antennes verticales sont exactement semblables et très rapprochées l'une de l'autre, leurs actions sont égales mais opposées dans toutes les directions. Mais si



M. E. BELLINI

Inventeur, avec M. Tosi, du radiocompas électromagnétique.

nous venons à les éloigner d'une certaine distance, les conditions ne sont plus les mêmes et d'autres phénomènes se présentent.

En effet, supposons que A et B (fig. 1) soient les projections sur un plan horizontal de ces deux antennes et désignons par d la distance qui les sépare. Il est clair qu'une station réceptrice située sur la ligne MN , perpendiculaire à AB et passant par le centre O , ne peut recevoir quoi que ce soit, les ondes électriques générées par le courant circulant dans l'antenne A engendrant dans l'antenne réceptrice une force électromotrice égale mais opposée à celle engendrée dans cette même antenne par les ondes émanant de l'antenne B .

Mais si l'antenne réceptrice est située sur la ligne AB , les forces électromotrices induites en elle ne sont plus du tout en opposition complète de phase, car les ondes émises par l'une des deux antennes émettrices ont à parcourir, avant d'atteindre l'antenne réceptrice, une plus grande distance que les ondes radiées par l'autre; leurs actions respectives ne se faisant pas sentir en même temps, elles ne peuvent s'annuler complètement.

De plus, si la distance d est égale à la demi-longueur d'onde (la longueur d'onde est la distance parcourue, à raison de 300.000 kilomètres à la seconde, par une onde, du moment où elle est radiée au moment où l'onde qui suit prend à son tour naissance), on voit aisément que les deux forces électromotrices induites dans une antenne réceptrice située dans le plan des deux antennes verticales, non seulement ne sont plus déphasées, mais sont en concordance exacte de phase et s'ajoutent entièrement l'une à l'autre. Mais mieux que toute explication, la figure 2, qu'on trouvera à la page suivante, donne à ce sujet les éclaircissements désirables.

Dans toutes les directions autres que AB , la différence de phase entre les ondes provenant des deux antennes considérées, sera sensiblement celle qui existerait si les deux antennes AB , tout en étant séparées l'une de l'autre de la même distance d , se trouvaient reportées sur la direction considérée. Ainsi, dans le cas de la direction OC , la différence de phase correspondrait à la distance ab , ab étant la projection de d sur OC .

Si l'on suppose que la station réceptrice,

qui peut être quelconque, dirigée ou non, peut se déplacer autour de l'antenne directive tout en demeurant constamment à la même distance du point O , on peut représenter l'intensité du courant induit dans l'antenne de réception suivant les différentes directions de l'horizon, par les deux boucles tangentes de la figure 3, dans le cas que nous venons de considérer où la distance d qui sépare les deux conducteurs verticaux constituant l'antenne directive émettrice est égale à une demi-longueur d'onde. L'intensité du courant dans l'antenne réceptrice sera donnée, dans une échelle déterminée,

par la longueur du segment compris entre le point de contact des deux boucles et le point d'intersection avec la boucle de la droite ayant la direction considérée. On observera que ces deux boucles sont aplaties et présentent une

forme à peu près elliptique. Mais, lorsque d diminue par rapport à la longueur d'onde, ces boucles tendent à devenir des cercles et, en fait, elles sont des circonférences parfaites lorsque d ne dépasse pas

le sixième de cette longueur (fig. 4).

Nous avons supposé jusqu'ici que les deux antennes verticales étaient reliées à la terre comme toutes les antennes ordinaires, mais il est facile de voir que la terre ne joue ici aucun rôle important. En réalité, elle reçoit de l'une des antennes une quantité d'électricité qui, à chaque instant, est égale mais de signe opposé à celle qu'elle reçoit de l'autre.

Considérons maintenant des antennes fermées sur elles-mêmes et de quelque forme que nous voulons, pourvu toutefois qu'elles soient symétriques de part et d'autre d'un axe vertical MN . Adoptons pour la démonstration la forme triangulaire (fig. 5, page 521).

Nous pouvons imaginer cette antenne comme divisée en paires d'éléments par des plans horizontaux très rapprochés tels que mn et op . Les courants dans les deux éléments a et b sont égaux et en opposition de phase; a et b fonctionneront donc comme une antenne directive du type déjà étudié, mais de dimensions extrêmement petites, ayant, cependant, ses branches non pas verticales mais également inclinées sur la verticale. Cette inclinaison aura pour résultat de rendre l'action de la paire d'éléments considérée plus faible que si les deux éléments étaient

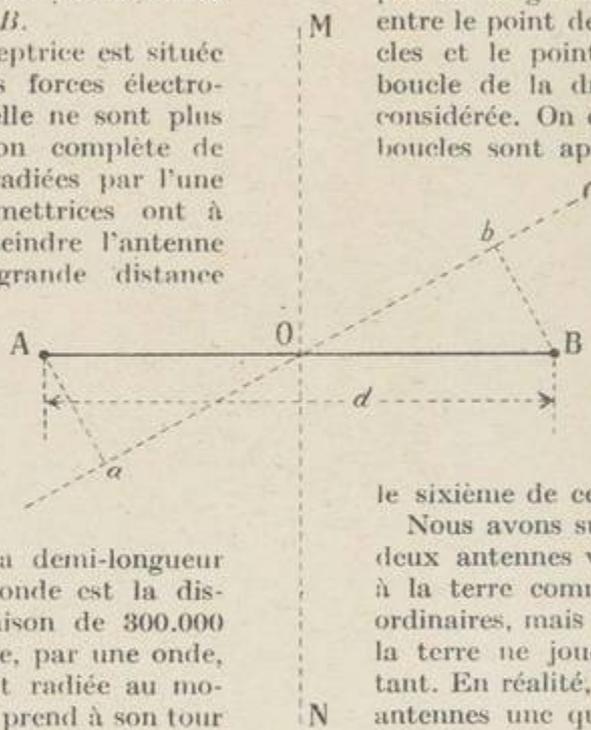


Fig. 1

verticaux, mais elle ne modifiera en rien la forme du diagramme des intensités. L'action résultante de toutes les paires d'éléments tels que *a* et *b* (c'est-à-dire l'action totale de l'antenne triangulaire) sera la somme de toutes les actions des paires d'éléments considérées isolément; et si la plus grande largeur de l'antenne (la largeur à la base) n'excède pas un sixième de la longueur d'onde, la courbe de l'intensité du champ électro-magnétique induit par cette forme d'antenne sera représentée par les deux circonférences régulières tangentes de la figure 4. Les antennes bouclées (triangulaires, rectangulaires, etc...) sont donc directives et la direction de leur radiation maximum est contenue dans leur propre plan; perpendiculairement à celui-ci la radiation est complètement nulle.

L'analogie parfaite qui existe entre le pouvoir émetteur et le pouvoir récepteur d'une antenne indique tout de suite que ces antennes captent également mieux les ondes hertziennes dans la direction issue de leur plan que dans toute autre direction.

Si c'est l'antenne émettrice ordinaire ou directive qui, par hypothèse, est mobile et

tourne autour de la station réceptrice, nous pouvons représenter les intensités des courants induits dans l'antenne de réception, au fur et à mesure que la direction de la station émettrice change, par des diagrammes en forme de boucles identiques à celles qui représentent les courbes d'intensité du champ électro-magnétique induit par les mêmes antennes directives transmettent les ondes.

Ceci étant bien compris, la façon d'utiliser ces antennes directives tombe sous le sens. Supposons, par exemple, qu'une station *A* (fig 6) veuille entrer en communication avec la station *B*, mais en désirant que les messages qu'elle se prépare à envoyer ne soient pas interceptés par une station *C*. Que va-t-elle faire? Une chose bien simple: tourner son antenne de manière que le plan de celle-ci soit dans une direction perpendiculaire à *AC*. Ainsi, et comme nous l'avons montré plus haut, la station *C* ne pourra rien intercepter des messages envoyés par la station *A*.

Supposons maintenant qu'on veuille déterminer la direction d'une station émettrice inconnue. Pour cela, nous pouvons faire tourner l'antenne directive-réceptrice autour

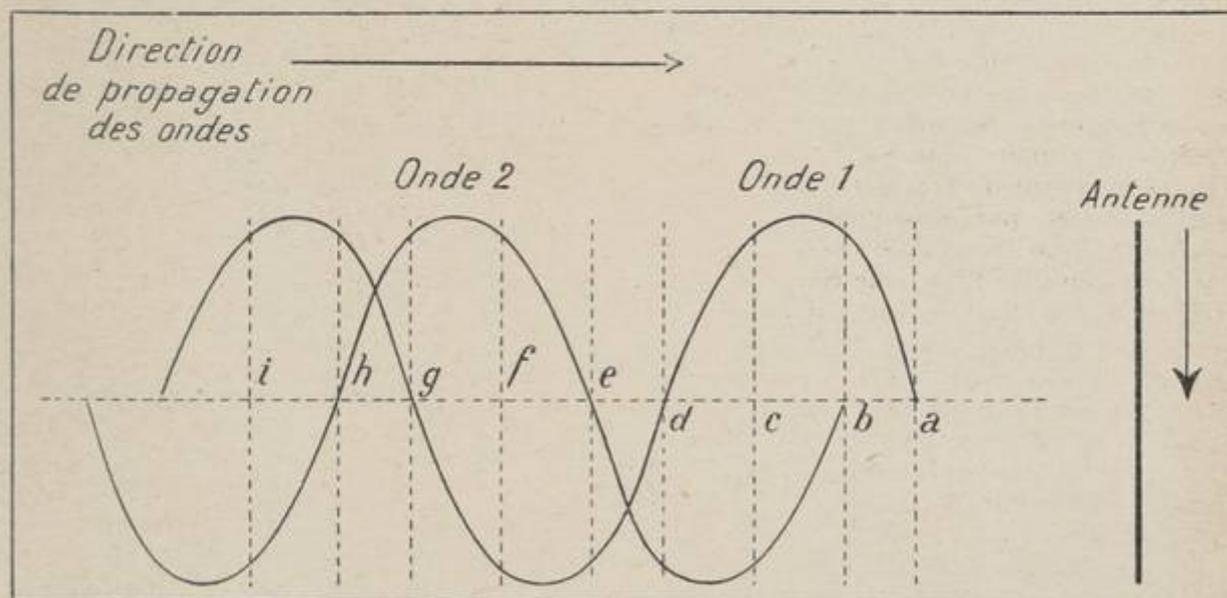


FIG. 2. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE L'ACTION SUR UNE ANTENNE RÉCEPTRICE DE DEUX ONDES HERTZIENNES DE PHASES DIFFÉRENTES

Les deux courbes représentent les deux ondes qui se propagent dans l'espace suivant la direction de la flèche. L'onde 2 est en retard sur l'onde 1 de la quantité *ab* et son front a le signe contraire du front de l'onde 1. Il y a lieu de considérer plusieurs phases:

PREMIÈRE PHASE. — L'onde 1 aborde l'antenne et induit dans celle-ci un courant supposé avoir le sens de la flèche (positif).

DEUXIÈME PHASE. — L'onde 2 aborde l'antenne et y induit un courant opposé; le courant diminue mais reste toujours positif jusqu'au moment où le plan *c* des deux ondes frappe les antennes; à ce moment les actions des deux ondes sont égales et opposées; le courant dans l'antenne est nul.

TROISIÈME PHASE. — De *c* à *d*, les actions bien qu'étant contraires, le courant dans l'antenne change de direction (négatif).

QUATRIÈME PHASE. — De *d* à *e* les actions sont concordantes; le courant est toujours négatif.

CINQUIÈME PHASE. — De *e* à *f* le courant diminue et s'annule en *f*.

SIXIÈME PHASE. — Le courant est positif de *f* à *i*, et ainsi de suite.

d'un axe vertical et trouver la position suivant laquelle on entend les signaux de cette station inconnue avec le maximum d'intensité. La station qui transmet se trouve alors située dans le prolongement du plan de l'antenne de réception.

Mais la direction suivant laquelle le maximum d'intensité est obtenu n'est pas déterminée avec la précision qu'on voudrait. En effet, les courbes d'intensité (fig. 3 et 4) ont, comme nous l'avons vu, une forme soit à peu près elliptique, soit circulaire. Le maximum d'intensité n'est donc pas nettement défini. Aussi, la meilleure méthode consiste à faire tourner l'antenne des deux côtés du maximum d'intensité et de déterminer les deux directions limites au delà desquelles on ne perçoit plus rien. La bissectrice de l'angle formé par ces deux directions limites donne la direction requise.

Cependant, on comprendra que cette rotation nécessaire des antennes autour d'un axe est chose matériellement impossible à réaliser, pour la transmission comme pour la réception, à moins que les antennes ne soient de très petites dimensions et, par conséquent, n'aient qu'une très faible portée. Un moyen s'offre pour remédier à cet inconvénient; il consiste à employer un certain nombre d'antennes disposées en étoile, en utilisant pour la transmission celle dont le plan se rapproche le plus de la direction requise et, pour la réception, celle qui procure l'audition la plus forte, la plus sonore, dans les écouteurs.

Mais, au lieu d'employer cette méthode, qui présente de nombreux inconvénients, on peut ne faire usage que de deux antennes, se coupant à angles droits, en combinaison avec un instrument dénommé *radiogoniomètre*, ou bien encore *radiocompas*.

Il existe deux genres de radiogoniomètres : le type *magnétique* et le type *électrostatique*.

Le radiogoniomètre magnétique (fig. 7), que j'ai créé avec la collaboration de M. Tosi, consiste essentiellement en deux enroule-

ments de fils de cuivre isolés, identiques, disposés perpendiculairement et l'un dans l'autre. Dans l'espace formé par ces enroulements est disposé un troisième enroulement dénommé *bobine exploratrice*, mobile autour

d'un axe vertical. Un limbe gradué de 0° à 360°, indique la position en azimut de cette bobine. Des condensateurs variables sont intercalés au centre des enroulements fixes et servent à régler les antennes sur les différentes longueurs d'ondes; ce réglage s'opère simultanément pour les deux antennes. Un détecteur approprié permet de recevoir les signaux dans un récepteur téléphonique.

On peut expliquer sommairement le fonctionnement du radiogoniomètre ou radiocompas, de la façon suivante :

Nous avons déjà vu qu'un courant dont l'intensité varie en fonction de la direction de la station émettrice est induit

dans l'antenne de réception par les ondes envoyées par le poste transmetteur. Si cette antenne — et c'est le cas qui nous occupe — comprend en réalité deux antennes dispo-

sées en croix, un courant prendra en général naissance dans chacune d'elles. Ces courants sont amenés chacun à parcourir un des enroulements fixes du radiogoniomètre; ceux-ci sont donc excités, c'est-à-dire sont parcourus par des oscillations électriques et engendrent dans l'espace fermé qui environne la troisième bobine, celle qui est mobile, deux champs magnétiques à angle droit, dont les intensités et les sens dépendent de la direction du poste transmetteur. Ces deux champs se combinent par suite eux-mêmes en un champ résultant dont la direction est toujours exactement perpendiculaire à celle de la station qui transmet, à condition, bien entendu, que les plans des enroulements fixes

coïncident avec ceux de leurs antennes respectives. Il en résulte que la bobine mobile, la bobine exploratrice, est traversée par un courant dont l'intensité est maximum lorsque son axe longitudinal coïncide avec

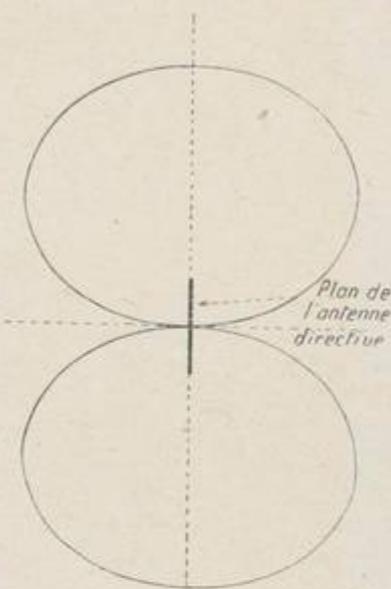


FIG. 3.

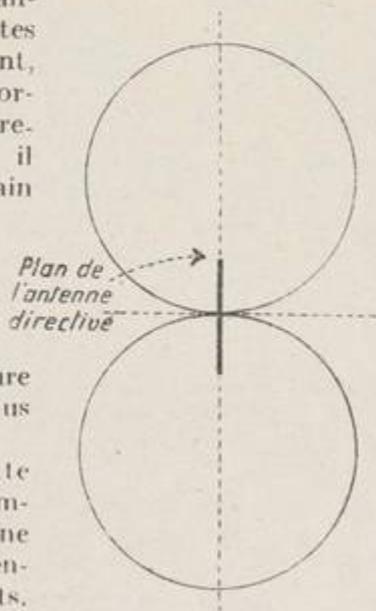
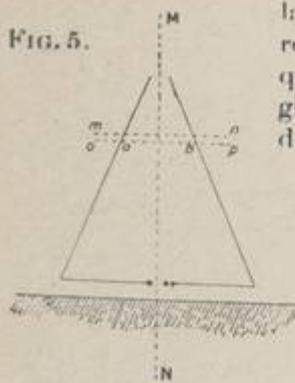


FIG. 4.

FIG. 5.



la direction du champ résultant et nulle lorsque cet axe coupe à angle droit la direction dudit champ. Il est clair que la direction suivant laquelle la bobine exploratrice est parcourue par l'intensité la plus grande, et, par conséquent donne l'audition des signaux la

plus forte est celle de la station émettrice.

Le radiogoniomètre électrostatique, que j'ai inventé plus tard, emploie l'induction électrostatique au lieu de l'induction magnétique utilisée dans l'appareil précédent. Considérons un disque métallique coupé en quatre segments égaux avec une grosse scie. Remettons ensuite en place les quatre quartiers, qui se trouveront, par conséquent, très rapprochés, mais ne se toucheront pas. Relions chaque couple de segments opposés à l'une des antennes Blondel perpendiculaires entre elles, par l'intermédiaire, bien entendu, des dispositifs ordinaires utilisés pour accorder à la longueur d'onde de réception. Disposons maintenant au-dessus des quartiers fixes un couple de plaques mobiles contenu aussi dans un plan horizontal. Ces plaques, qui peuvent tourner autour de l'axe vertical passant par l'intersection des deux traits de scie, ont une forme qui rappelle beaucoup celle des boucles du diagramme de la figure 3, mais elles ne se touchent pas; ces deux plaques sont reliées au détecteur et au téléphone.

Considérons le fonctionnement de cet appareil lors de la réception. Le courant oscillant dans chaque antenne directive engendre entre chaque couple de quartiers opposés une différence de potentiel dont la valeur et le sens dépendent de la direction du poste transmetteur. En particulier, quand cette direction est perpendiculaire au plan de l'antenne reliée au couple considéré, la différence de potentiel entre les deux éléments de ce couple est nulle; elle est, au contraire, maximum quand cette direction coïncide avec le plan de l'antenne directive.

Le couple de plaques mobiles subit l'influence électrostatique des quatre segments fixes; un courant prend donc naissance dans le circuit du détecteur et du téléphone. On

démontre théoriquement et pratiquement que ce courant, et par conséquent l'intensité de réception, est maximum quand l'axe des plaques mobiles est dirigé vers le poste transmetteur et est nul quand cet axe coupe à angle droit la direction de ce poste. Toutes les opérations à effectuer pour trouver avec certitude cette direction sont exactement les mêmes que celles qu'il faut exécuter avec le radiogoniomètre magnétique.

Mais les radiogoniomètres peuvent servir aussi pour la transmission. Dans ce cas, le couple de plaques mobiles ou la bobine mobile est relié aux appareils générateurs des oscillations électriques, tels que les condensateurs, l'arc, l'alternateur, etc. Il suffit, dans ce cas, de tourner la partie mobile pour faire varier la direction de propagation des ondes électromagnétiques.

Par cette courte description, on voit que, électromagnétique ou électrostatique, le radiogoniomètre est un instrument d'une extrême simplicité de conception. Nous allons voir quelles sont jusqu'ici ses principales applications.

On sait que pour diminuer les risques d'abordage ou d'échouage des navires, il est nécessaire de réduire leur vitesse par temps de brume; il en résulte une perte de temps appréciable dans la durée des traversées qui, tout en étant loin d'assurer la sécurité de la

navigation et par conséquent celle des passagers et équipages, se traduit désagréablement par une notable diminution des profits pour les affrêteurs ou les armateurs.

Pour remédier à cet état de choses, nous avons vu (*La Science et la Vie*, n° 21, Juin-Juillet, page 73) que l'on s'est appliqué, au moyen de signaux sonores sous-marins, à renseigner les navires parvenus non loin d'un littoral sur leur situation exacte par rapport à la côte et

à établir, entre les bâtiments dont les routes se croisent, une communication indépendante des conditions de temps, qui écartât sûrement tout danger de collision. Mais cette méthode,

FIG. 6.

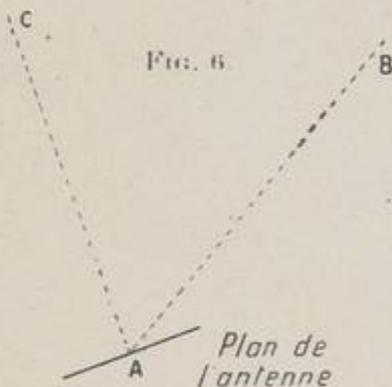
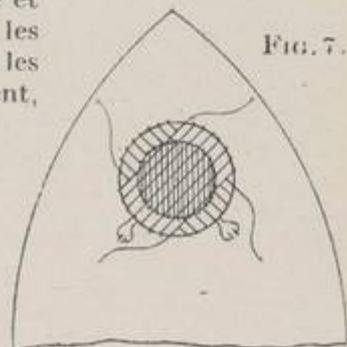
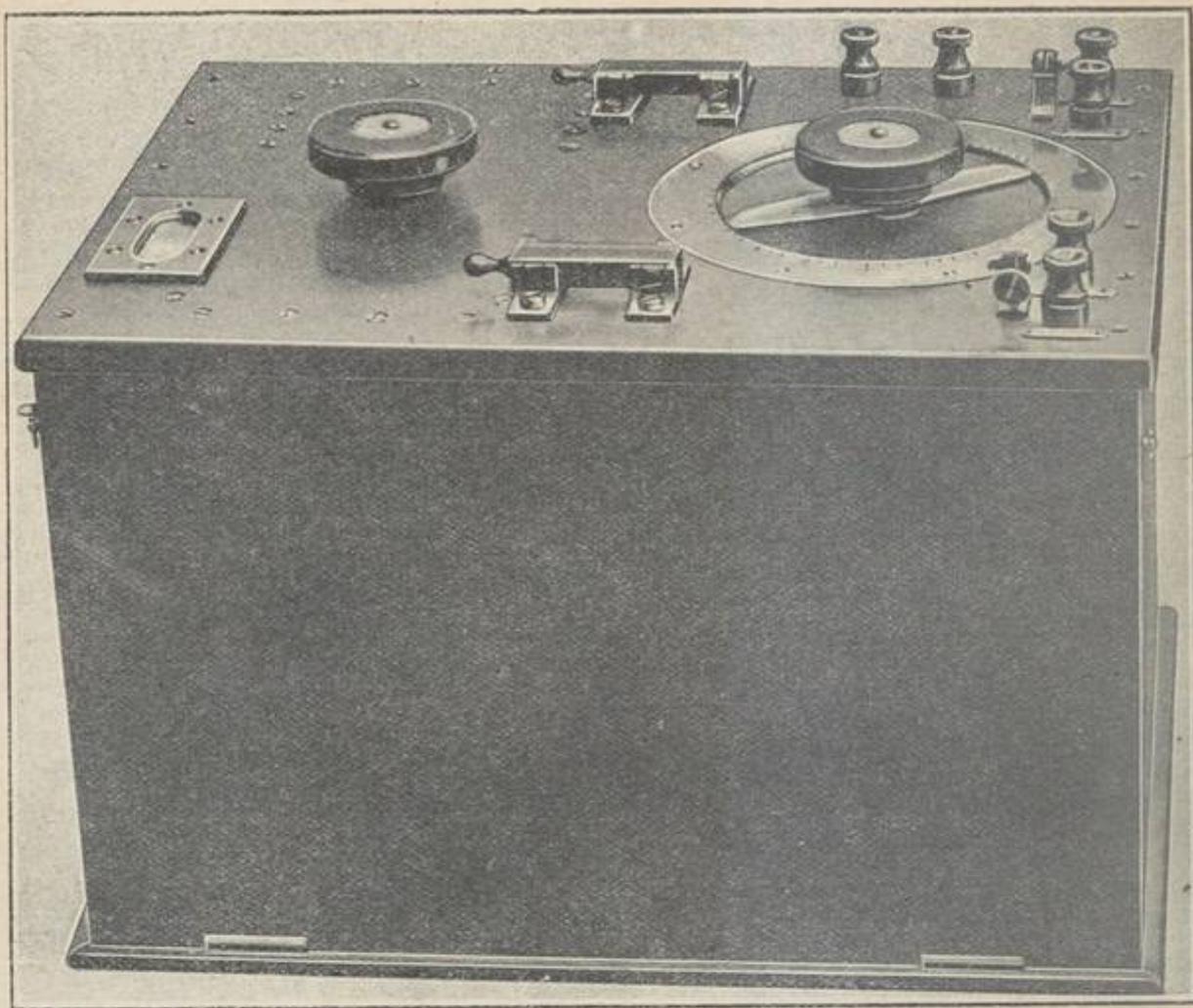


FIG. 7.

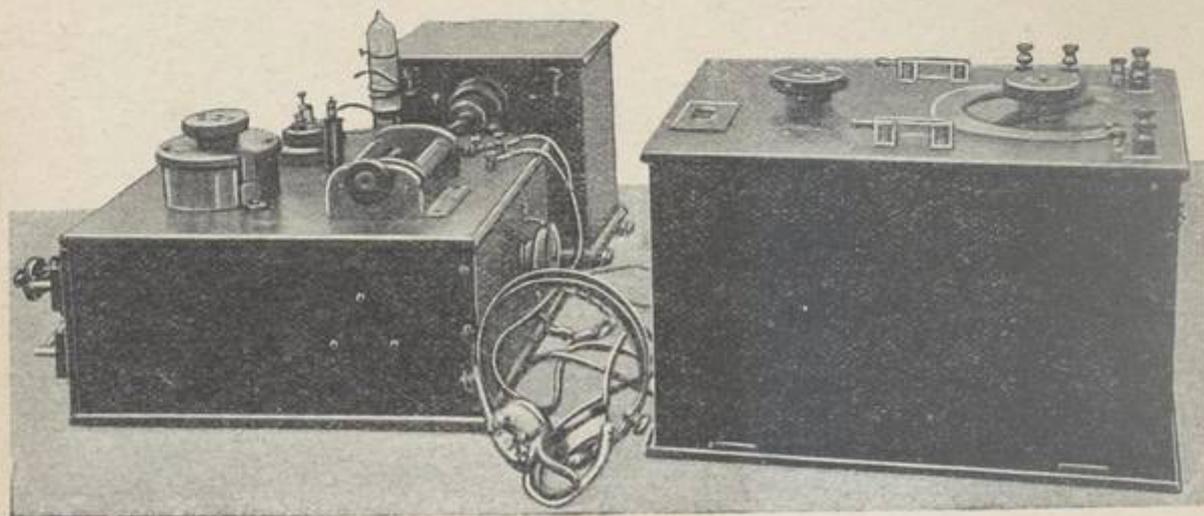


SCHEMA DU RADIOCOMPAS



LE RADIOGONIOMÈTRE, AVEC SES BORNES DE CONNEXION ET SES INTERRUPTEURS

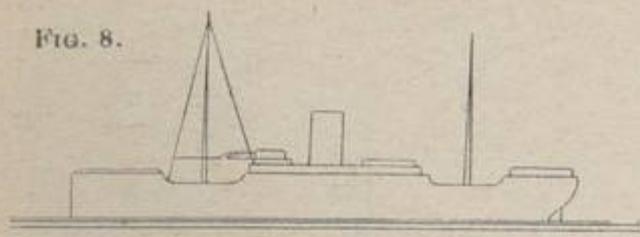
On voit à droite le cercle divisé en degrés d'azimut sur lequel on promène au moyen d'un bouton moleté un index qui, arrêté sur la division correspondant à l'audition la plus forte des signaux interceptés, indique la direction de la station de T. S. F. que l'on désire repérer.



POSTE COMPLET DE RADIOGONIOMÉTRIE DU TYPE INSTALLÉ SUR LES NAVIRES

A droite, se trouve l'appareil déjà reproduit ci-dessus; à gauche, figurent les appareils de réception: bobines d'accord, détecteur à gaz ionisé Fleuring et à cristaux, condensateurs, etc., ainsi que le casque écouteur.

FIG. 8.



SCHEMA D'UNE ANTENNE DE RADIOCOMPAS

d'ailleurs excellente en elle-même, ne donne de bons résultats que pour des distances relativement courtes, quant à présent du moins, et puis elle n'est pas encore généralisée — je parle des signaux codifiés et non des sons de cloches sous-marines utilisés depuis longtemps — les appareils expérimentés n'étant pas définitivement au point.

Il est, au contraire, un autre moyen qui, découvert lui aussi assez récemment, s'est présenté tout de suite sous une forme pratique et a pu, par conséquent, être appliqué rapidement sur un grand nombre de navires. Il s'agit précisément du radiogoniomètre, devenu pour la circonstance, le radiocompas.

Le radiocompas comprend deux éléments principaux et distincts : le système d'antennes réceptrices et le radiogoniomètre proprement dit.

Les antennes (fig. 8 et 9) consistent en deux triangles égaux formés chacun d'un fil métallique fermé sur lui-même, disposés

de façon que leurs plans se coupent exactement à angles droits. Les sommets de ces triangles sont soutenus par un isolateur en porcelaine supporté par un mât ou un maroquin du navire; les côtés et la base de chaque triangle sont maintenus et isolés du bateau de la façon la mieux appropriée aux conditions locales.

Les bases sont coupées en leur milieu et les quatre bouts de fil ainsi obtenus sont connectés au radiogoniomètre.

Le détecteur est relié à la bobine ex-

ploratrice ou au couple de plaques mobiles, comme nous l'avons déjà indiqué. Divers appareils de réglage d'accord (sintonisation) tels que des condensateurs et des selfs variables, sont intercalés dans le circuit de ladite bobine ou desdites plaques afin de permettre la réception sur n'importe quelle longueur d'onde d'émission. Les signaux sont perçus dans un récepteur téléphonique approprié.

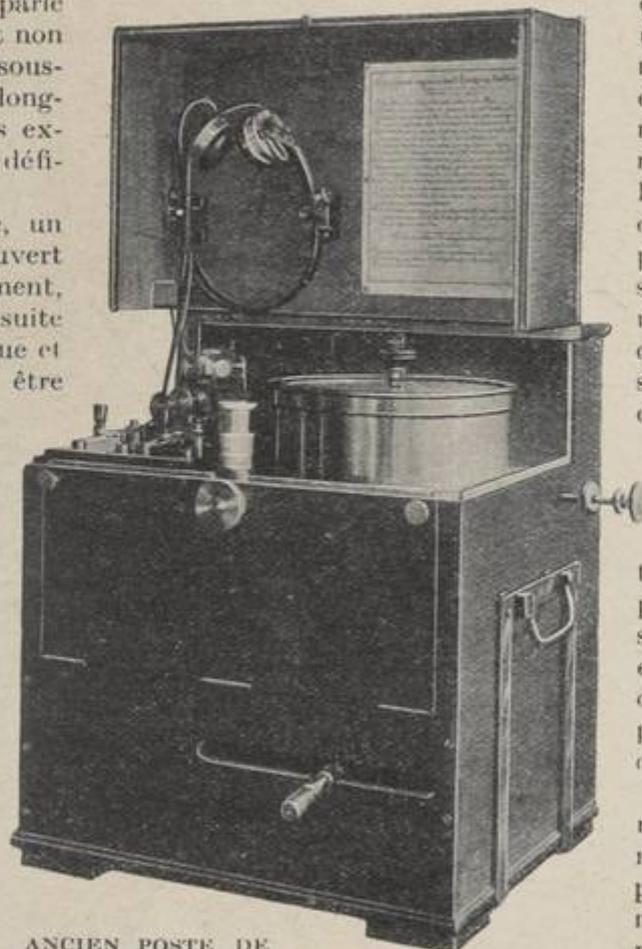
Les indications du radiocompas ne correspondent pas aux degrés et minutes tels que les donne le compas de route à aiguille

aimantée des navires; elles sont données par rapport à l'axe du navire, axe dont le compas ordinaire fait nécessairement connaître l'orientation. Le radiocompas n'indique pas non plus, pour la position d'une station, une direction unique, mais donne deux directions possibles et exactement opposées, et cela est

évident. En effet, que les ondes radiées proviennent d'une station située au nord-ouest, par exemple, ou d'une station située au sud-est, les antennes réceptrices n'en sont pas moins influencées de la même façon.

C'est malheureusement là un inconvénient, mais dont il importe cependant qu'on n'exagère point l'importance. Un capitaine sait, généralement, si une station

de T. S. F. côtière se trouve à droite ou à gauche de son navire; en tout cas, il peut toujours s'en assurer en faisant deux relevements successifs de la manière que nous allons indiquer: supposons qu'un navire (fig. 10) passe au large d'une terre et en-



ANCIEN POSTE DE RADIOGONIOMÉTRIE DUCRETET ET ROGER

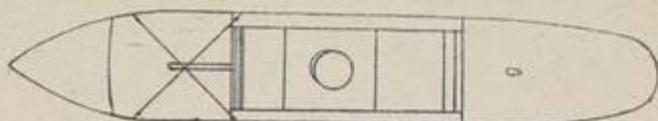


FIG. 9. — L'ANTENNE CI-DESSUS VUE EN PLAN

tende en A les signaux provenant de la station O dont il ne connaît pas la position. En quelques instants, le capitaine aura déterminé avec le radiogoniomètre la direction $X-Y$. Mais cette première lecture ne lui aura pas permis de définir si les sons perçus dans le récepteur proviennent d'un point O de cette ligne, situé à bâbord, plutôt que d'un point O' , situé à tribord, de la même ligne. Le navire continue sa route pendant une demi-heure, par exemple. Parvenu en A' , il fait un second relevement et détermine la ligne $W-Z$. On connaît alors la portion de droite AA' en direction, en grandeur et en position et les angles que font avec elle les directions XY et WZ . On a toutes les données pour construire le triangle $AA'O$ qui fournit par intersection le point O , c'est-à-dire la position du poste transmetteur. Et si ce poste est un poste côtier connu, on obtient tout de suite la position du bateau, si celle-ci est, au contraire, inconnue.

Point n'est toujours besoin d'opérer deux relevements du même poste pour déterminer, en mer, la position d'un navire, car il est possible que celui-ci entende à la fois les signaux de deux et même de trois stations côtières et les relève en même temps, en procédant pour chacune d'elles de la manière que nous avons déjà indiquée.

Les difficultés rencontrées dans la mise au point du radiocompas et surtout la détermination des conditions d'installation à bord ont été considérables, et il a fallu dépenser des mois et des mois de labeur opiniâtre pour arriver à obtenir des résultats considérés par tous les techniciens de la T. S. F. comme satisfaisants. Le degré d'exactitude qu'on peut demander à un radiocompas bien installé à bord d'un bateau est de l'ordre de deux ou trois degrés. Les travaux que poursuivent les spécialistes aboutiront, dans un temps qui n'est pas très éloigné, à obtenir, nous en sommes persuadés, l'exactitude absolue.

Et maintenant, quels sont les problèmes qui se posent en T. S. F. dirigée, et dont la solution constituera le prochain progrès de cette science passionnante qui, on peut le dire, est encore au berceau ?

Nous avons vu que les diagrammes de l'intensité du champ électromagnétique engendré par un poste dirigé ont la forme des figures 3 et 4. La concentration des ondes au poste émetteur et la limitation de la zone active au poste récepteur sont donc extrêmement loin de l'idéal. La comparaison de ces diagrammes avec celui que donne un

projecteur lumineux est très favorable à ce dernier; en effet, un projecteur concentre l'énergie lumineuse en un faisceau dont l'ouverture ne dépasse souvent pas quelques degrés.

Pourra-t-on arriver à obtenir une concentration pareille pour les ondes employées en télégraphie sans fil? Jusqu'ici rien ne permet d'en douter, et un avenir prochain nous apportera vraisemblablement la solution finale attendue de tous.

M. Blondel, ce pionnier de la T. S. F., a montré la voie à suivre pour résoudre ce problème d'une importance fondamentale.

Installons côte à côte, à la distance d'une demi-longueur d'onde, deux antennes à ondes dirigées analogues à l'antenne directive que nous avons considérée au début de cet article, par conséquent faites chacune de deux conducteurs verticaux reliés par une connexion horizontale et espacés d'une certaine distance. Les quatre antennes verticales ainsi obtenues se trouveront disposées aux quatre coins d'un rectangle.

Supposons que les courants dans les antennes dirigées soient égaux et de même phase: on démontre très facilement, et il est aisé de s'en rendre compte par la simple réflexion, que le diagramme de cette antenne complexe a une forme plus allongée que le diagramme de chaque antenne directive considérée séparément. En effet, à cause de l'écartement d'une demi-longueur d'onde qui existe entre les antennes directives leurs actions ne se manifestent au même instant au poste récepteur que pour des postes situés

dans la direction du plan des deux antennes; dans les autres directions, ces actions se font sentir avec des différences de phases d'autant plus grandes qu'elles se rapprochent plus de la direction normale aux plans des antennes à ondes diri-

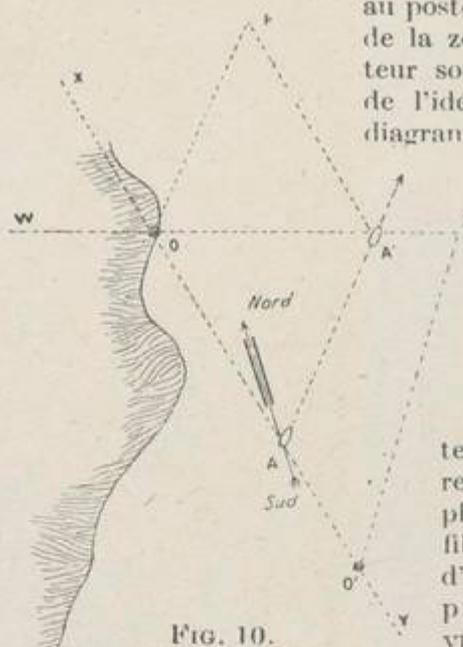


FIG. 10.

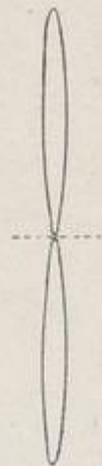


FIG. 11.

gées; elles sont donc plus ou moins contraires. Plaçons maintenant à une distance d'une demi-longueur d'onde, et dans le même alignement, deux autres de ces antennes complexes. Le résultat sera un ensemble de six antennes directives dont les deux du centre sont parcourues par des courants d'intensité double des quatre antennes extrêmes. Le diagramme, dans ce cas, est encore plus allongé que dans le cas cité précédemment.

En disposant encore à une demi-longueur d'onde de distance deux de ces derniers systèmes, et ainsi de suite, on peut obtenir une concentration des ondes aussi forte que l'on veut. La figure 11 montre le diagramme pour 50 antennes à ondes dirigées, disposées côte à côte. Les intensités des courants diminuent suivant une certaine loi du centre de la rangée aux extrémités. On voit que la concentration est parfaite, ou mieux, qu'elle le serait si le rayonnement vers l'arrière n'existait pas.

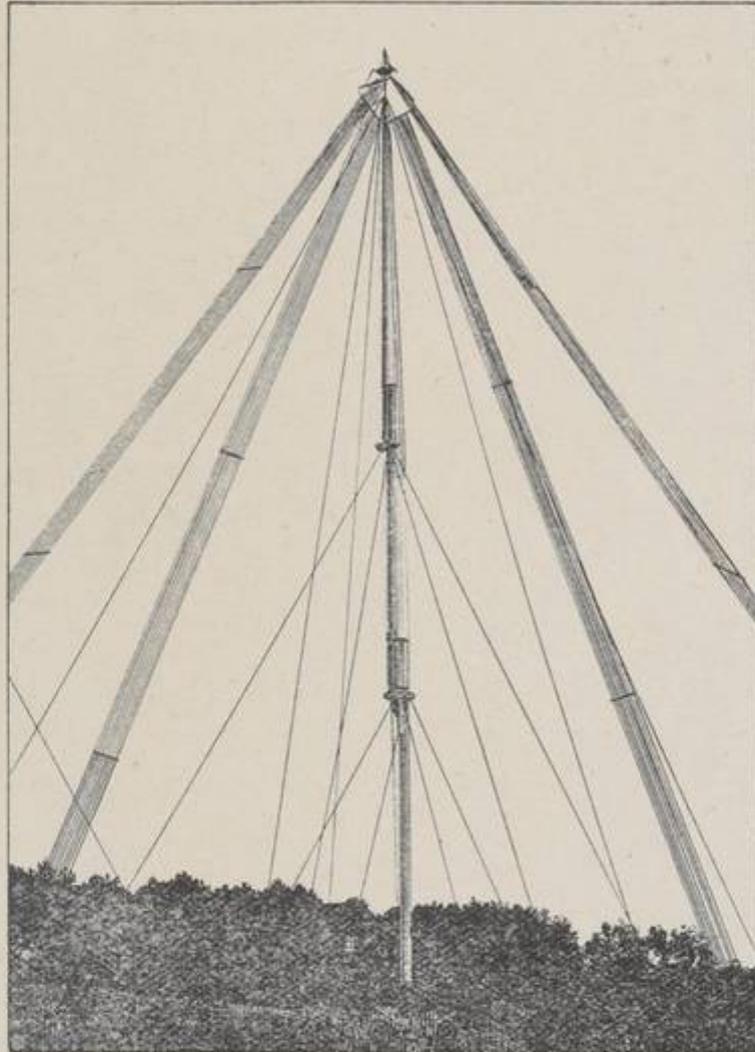
Mais on peut même supprimer cette radiation postérieure en changeant les phases des courants dans les antennes dirigées élémentaires et, précisément, en établissant entre les courants des deux antennes verticales de chacune de ces antennes une différence de phase d'un quart de période. Cela revient à dire que l'un des courants doit atteindre son maximum à l'instant où l'autre est nul. Le diagramme,

dans le cas des 50 antennes dirigées, est juste la moitié — en hauteur — de celui de la figure 11. La solution de la dirigeabilité ne saurait être plus parfaite. Ce qui nous manque maintenant pour réaliser ces systèmes d'antennes dirigées est le moyen d'engendrer des courants oscillatoires permanents ayant les phases et les intensités voulues, c'est-à-dire l'alternateur à haute fréquence. Et il est intéressant de remarquer que la machine qui donnera la solution complète de la syntonie donnera aussi la solution complète de la dirigeabilité des ondes.

Mais après avoir résolu le problème de l'antenne directive, il faudra reprendre celui du radiogoniomètre pour arriver à varier rapidement et commodément la direction de projection des ondes et la direction suivant laquelle on veut exclusivement les recevoir.

On voit qu'un large champ d'action s'ouvre à la télégraphie sans fil par ondes dirigées. Au point de vue commercial, on peut prévoir avec certitude un rapide et prochain essor de cette branche de la Technique qui a été trop longtemps traitée comme la Cendrillon de la grande famille des communications sans fil, mais qui, au moment où les pressantes nécessités de l'heure ont rendu son concours indispensable, a donné tout ce qu'on attendait d'elle, — et même davantage.

E. BELLINI.



ANTENNE DE RADIOCOMPAS POUR SERVICE EN CAMPAGNE
Les deux triangles (à angle droit) des fils parallèles dont elle est constituée sont supportés par un mât démontable que l'on dresse et soutient à l'aide de haubans.