

RADIO-NAVIGATION ET SECURITE.

Par G. de BURLET,

Ing. A.I.Lg., A.I.M. et A.I.Br.,
Ingénieur Conseil à la Division Electronique des ACEC.

Sommaire.

L'auteur passe rapidement en revue les différents dispositifs radio-électriques utilisés par la navigation maritime pour assurer la sécurité des vies humaines, de la cargaison et du navire lui-même.

Un certain nombre de ces dispositifs sont rendus universellement obligatoires, d'autres sont utilisés à cause des facilités et de la sécurité supplémentaire qu'ils procurent.

Un certain nombre de ces dispositifs sont utilisés conjointement par l'aviation commerciale et la navigation maritime, de sorte qu'il apparaît souhaitable de voir s'établir une certaine coordination entre ces services.

Samenvatting.

De verslaggever maakt een vluchtige beschrijving der verschillende radioelectrische toestellen die aangewend worden bij de zeevaart om de veiligheid van mensenlevens, vrachten en schepen zelf te verzekeren.

Een zeker aantal dezer schikkingen zijn algemeen verplichtend geworden, andere worden gebruikt omwege der gemakkelijkheden en der bijkomende veiligheid die zij bezorgen.

Zekere toestellen worden zowel in de handelsluchtvaart als in de zeevaart gebruikt zodat het wenselijk schijnt dat een zekere coordinatie tussen deze verschillende diensten zou tot stand komen.

Summary.

The lecturer gives a short description of the different radioelectrical fittings which are applied in maritime navigation to ascertain security of human lifes, of cargoes and of ships.

Some of this fittings are now universally imposed — others are used on account of the facilities and the additional security they give.

A lot of this fittings are used as well by commercial aircrafts as by ships so that it seems desirable to obtain a certain coordination between airmen and seafarer.

Depuis la plus haute antiquité, les hommes se sont intéressés aux choses de la mer et, ce faisant, se sont inquiétés d'assurer leur sécurité et de connaître leur position et leur direction.

Dès l'origine, les phares lumineux côtiers ont fait leur apparition : d'abord simples feux ouverts disposés au sommet d'une tour ou d'une élévation de terrain bien visible de la mer, ils ont évolué jusqu'à nos jours pour devenir le puissant projecteur muni d'optiques compliquées, que l'on connaît. Les signaux lumineux des phares sont souvent conjugués avec des signaux sonores aériens, tels que canons, cloches ou sirènes, ou sous-marins, tels que la cloche sous-marine.

Une synchronisation convenable des signaux lumineux et sonores permet au navigateur de fixer sa direction et sa distance par rapport aux sources de rayonnement.

La boussole, quoique plus récente, est pourtant utilisée depuis des siècles et a constamment évolué jusqu'à nos jours, tout en cédant progressivement le pas au gyro-compass. Elle reste pourtant toujours l'étalon de référence.

L'efficacité pratique des dispositifs optiques et sonores est toujours limitée aux petites distances et leur portée varie considérablement avec les conditions atmosphériques, pouvant même tomber à zéro.

Depuis un demi siècle environ, les ondes électromagnétiques se sont avérées un agent de premier ordre pour assurer la sécurité de la navigation. Quoique souffrant également de limitation, variable d'ailleurs avec le procédé employé, les ondes électromagnétiques ne sont que peu ou pas affectées par les perturbations atmosphériques. Leur portée pratique considérable et une stabilité de propagation relativement bonne en font un agent de premier ordre pour la sécurité de la navigation.

La sécurité de la navigation doit être considérée du triple point de vue de la sauvegarde de la vie humaine en mer, de la sécurité des biens transportés et de la sécurité du navire. En nous limitant aux procédés radioélectriques, ce triple souci est rencontré par les prescriptions contenues dans la dernière conférence internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer, qui s'est terminée à Londres en juin 1948. Elles visent à rendre obligatoire sur tout navire navigant en mer, un minimum d'installations radioélectriques. Ces obliga-

tions sont d'ailleurs quelque peu variables suivant l'affectation des navires, leur tonnage et les voyages qu'ils effectuent. Dans les grandes lignes, les appareils obligatoirement équipés sont les suivants :

Une installation principale de télégraphie comportant un émetteur, un récepteur et une source d'énergie électrique qui est généralement celle du navire.

Une installation de secours (réserve) de télégraphie comportant un émetteur, un récepteur et une source d'énergie électrique indépendante, généralement une batterie d'accumulateurs de 24 V.

Une antenne principale et une antenne de secours.

L'émission et la réception doivent pouvoir être faites dans la bande de fréquence moyenne (500 Kc/s.) en ondes entretenues modulées, avec une puissance dépendant de la classe du navire.

La puissance totale dans l'antenne est généralement, pour l'émetteur principal, de 100 à 200 watts et, pour l'émetteur de secours, de 25 à 50 watts.

Un dispositif d'émission du signal d'alarme (12 barres de 4 secondes) permettant d'émettre des signaux, non seulement manuellement, mais également automatiquement.

Un auto-alarme d'un type nouveau approuvé par les administrations intéressées. Les principales performances auxquelles doit satisfaire ce nouvel appareil par rapport à l'ancien sont :

1) répondre à des signaux d'alarme dont l'intervalle ne dépasse pas 10 millisecondes;

2) avoir une sensibilité qui se règle automatiquement sur le niveau de brouillage existant.

Un récepteur radiogoniométrique permettant d'obtenir le relèvement vrai et la direction. Cet appareil doit être étalonné et vérifié périodiquement.

Pour les canots de sauvetage, une distinction est faite entre canots à moteur et canots sans moteur.

Pour les premiers, l'émetteur et le récepteur doivent être alimentés par une source d'énergie électrique autonome. Ils doivent pouvoir émettre et recevoir dans la bande des fréquences moyennes (500 kc/s.) et dans la bande des fréquences hautes (8.364 kc/s.). Une antenne fixe doit être installée ainsi qu'éventuellement une antenne supportée par cerf-

volant ou ballon. La portée minimum exigée est de 25 miles. Pour les seconds, les prescriptions sont analogues. Leur puissance est toutefois moindre. Ils devront pouvoir être alimentés de préférence par un générateur mécanique (manivelle); de plus, ils seront facilement transportables, étanches, capables de flotter sur l'eau de mer et pouvoir y être jetés sans dommages.

Pour les navires n'utilisant qu'une station radiotéléphonique unique, cette installation doit pouvoir émettre et recevoir sur la fréquence intermédiaire de détresse (2.182 kc/s.) et au moins une autre.

Les prescriptions générales d'installation sont semblables à celles requises pour les appareils télégraphiques correspondants.

La puissance-antenne généralement utilisée est de 15 à 30 watts. Ajoutons que l'on envisage un récepteur auto-alarmer radiotéléphonique capable de répondre exclusivement à un signal téléphonique caractéristique, en dépit des brouillages. Les normes de cet appareil n'ont pas encore été fixées.

L'équipement radio-électrique à bord des navires dépasse souvent le minimum requis, en particulier sur les navires à passagers.

L'efficacité pratique de ces installations serait sérieusement limitée si l'on se bornait au matériel de bord seul; il faut en effet lui adjoindre des installations similaires réparties en des points fixes bien connus, soit côtiers, soit marins. Il faut également que les fréquences utilisées permettent des communications aisées et des relèvements précis dépendant des distances, des heures, des saisons et de la situation géographique du navire.

La conférence d'Atlantic City a réservé aux besoins de la radionavigation toute une série de bandes de fréquences, réparties dans tout le spectre des fréquences radioélectriques. La bande de fréquence la plus basse s'étend de 10 à 14 kc/s. (ondes de l'ordre de 25.000 m) et la plus élevée de 9.800 à 10.000 Mc/s. (ondes de l'ordre de 3 cm.).

Le but recherché dans une répartition aussi dispersée est de pouvoir assurer, en toutes conditions de distance, de lieu et de propagation, une utilisation sûre des services de radionavigation.

En effet, chacun sait que les ondes se propagent de façon très différente suivant leur longueur.

Du point de vue général de la propagation, les longueurs d'ondes peuvent être rangées dans quatre classes distinctes :

a) Les ondes longues, s'étendant de 30.000 à 1.000 m., soit des fréquences de 10 à 300 kc/s.;

b) Les ondes moyennes, s'étendant de 1.000 à 200 m., soit des fréquences de 500 à 1.500 kc/s.;

c) Les ondes courtes, s'étendant de 200 à 10 m., soit des fréquences de 1.500 à 30.000 kc/s.;

d) Les ondes très courtes, s'étendant au-delà de 10 m., soit des fréquences supérieures à 30.000 kc/s.

Cette classification est quelque peu arbitraire, mais assez commode à utiliser ici. D'ailleurs, la transition d'une classe à l'autre n'est pas tranchée et les caractères de la propagation évoluent progressivement.

Les ondes longues se propagent par l'onde du sol diffractée le long de la courbure terrestre; elles doivent être considérées comme conduites entre la surface de la terre et l'ionosphère.

Les ondes moyennes se propagent de jour par les ondes de sol à une distance d'autant plus grande que leur longueur d'onde est plus grande. De nuit, elles continuent à se propager par l'onde du sol à petite distance et par l'onde du ciel à plus grande distance.

Les ondes courtes se propagent très mal par l'onde du sol, sauf pour les plus longues. Au contraire, elles peuvent se propager très bien par l'onde du ciel, par réflexion dans l'ionosphère. D'autre part, cette réflexion varie de jour et de nuit, l'hiver et l'été, ainsi qu'avec le cycle solaire.

Les ondes très courtes se propagent apparemment d'une façon beaucoup plus simple. Elles ont une tendance très nette à se propager en ligne droite, comme un rayon lumineux et cela, d'autant plus qu'elles sont courtes.

Ajoutons que les ondes de l'ordre de 5 cm. et surtout inférieures à 3 cm., appelées ondes super-courtes sont plus ou moins absorbées dans la troposphère par les très fortes pluies ou la neige épaisse.

Tout récepteur radioélectrique est influencé non seulement par les signaux transportant l'intelligence que l'on veut utiliser mais également par le bruit existant dans le milieu transmissif; ce bruit est caractérisé par ce qu'on appelle générale-

ment les parasites atmosphériques. Ils existent en tout lieu et en tout temps avec des degrés d'intensité divers.

L'énergie de ces parasites absorbée par le récepteur est d'autant plus grande que la largeur de bande qu'il accepte est plus étendue.

La sécurité des communications et la précision des relèvement sont sérieusement compromises chaque fois que le rapport signal/bruit tombe en dessous d'une certaine valeur : la valeur de ce rapport peut d'ailleurs varier dans d'assez grandes limites suivant la nature des signaux à recevoir et les caractéristiques des récepteurs.

La planisphère représentée fig. 1, donne une idée de la répartition des parasites dans le monde en été. Les chiffres placés sur les courbes indiquent des niveaux croissants, en unités arbitraires. On peut remarquer que si nos régions et l'Atlantique du Nord sont relativement privilégiés, il en est tout autrement pour le Congo Belge qui est une des régions les plus perturbées du monde. Il en résulte que des dispositifs donnant pleine sécurité à nos latitudes pourront être parfaitement inopérants au Congo.

Les graphiques des figures 2 et 3 donnent les intensités de champ nécessaires à une réception satisfaisante en fonction des fréquences pour midi et minuit local au récepteur. Les numéros sur les courbes se réfèrent aux zones de parasites de la planisphère précédente.

On remarquera que les intensités de champ nécessaires à midi peuvent varier de 1 à 100 entre nos régions et les régions tropicales; un minimum très net de l'intensité des parasites existe au voisinage de la gyrofréquence. Par contre, à minuit, le rapport des intensités nécessaires n'est plus guère que de 10, mais le niveau général a, lui aussi, remonté de 10.

Aides à la navigation.

Les différents dispositifs d'aide à la navigation doivent satisfaire à certaines conditions dépendant des régions dans lesquelles ils doivent être utilisés, de la précision que l'on est en droit d'attendre d'eux et de la rapidité avec laquelle leurs indications peuvent être exploitées. Il est bien évident que les nécessités de la navigation sont très différentes suivant que l'on se trouve dans des eaux libres, dans des eaux côtières ou à l'entrée d'un port.

Ces conditions à remplir peuvent être résumées dans leurs grandes lignes dans le tableau suivant :

Régions	distance de l'obstacle	Profondeur d'eau	Précision de la position	Temps nécessaire
Entrée de port	moins de trois milles	jusque 20 brasses	\pm 50 yards	Position et direction instantanées
Eaux côtières	de 3 à 50 milles	de 20 à 100 brasses	environ $\frac{1}{4}$ mille	3 minutes
Eaux libres	plus de 50 milles	plus de 100 brasses	environ 5 milles ou 1 % de la distance	15 minutes

Les dispositifs existants actuellement satisfont, chacun dans leur domaine d'application, aux desiderata ci-dessus, plus ou moins complètement. On peut cependant les classer en différentes catégories, suivant les fonctions pour lesquelles ils sont le mieux adaptés. On peut former ainsi le tableau suivant :

Nature du service	Dispositifs les mieux adaptés
Pilotage, entrée de ports	Radar de bord, Radar de port, Decca, Bouée - radiophare, Ramark, Racon.
Navigation en eaux côtières	Radar de bord, Decca, Radiophare, Standard Loran.
Navigation en eaux libres	Standard Loran, L/F Loran, Consol, Radiophares.
Dispositifs anti-collision	Radar de bord.
Services des ports	Radar de bord et radar de port.

La diversité de ces dispositifs et des principes qu'ils mettent en œuvre demande quelques explications. Nous en profiterons pour donner en même temps leur portée pratiquement utilisable et les précisions que l'on peut atteindre.

Le dispositif de loin le plus ancien est le radiophare omnidirectionnel utilisé en liaison avec les radiogoniomètres de bord. Le relèvement d'un radiophare donne au navigateur sa direction, plusieurs relèvements lui donnent en outre sa position. Fonctionnant en onde moyenne, les relèvements ne peuvent pratiquement être pris que sur l'onde de sol.

Suivant leur puissance, leur portée nominale est de 20, 50 ou 200 milles. Ils sont fréquemment groupés par trois sur les routes les plus fréquentées, dont les émissions successives permettent de fixer rapidement une position.

La précision des relèvements sur l'onde du sol est de l'ordre de 1 degré; de nuit, sur l'onde du ciel, les portées peuvent être beaucoup plus grandes mais sont souvent entachées d'une erreur pouvant atteindre 10 degrés. Dans la zone où les deux ondes interfèrent, les relèvements sont fréquemment erratiques. Un opérateur exercé peut obtenir une direction en quelques secondes et fixer une position en quelques minutes.

A ces radiophares, se rattachent les bouées radiophares qui ne sont que des émetteurs de faible puissance installés dans des bouées. Ces bouées peuvent fournir des alignements dans des passes difficiles ou pour des entrées de port : leur portée nominale est de 10 milles (fig. 4).

La procédure à suivre pour leur relèvement goniométrique est le même que pour les radiophares ordinaires.

Radar de bord et radar de port,

Les appareils radar actuellement installés à bord sont assez connus pour qu'il soit inutile d'entrer dans le détail de leur fonctionnement, ce qui entraînerait d'ailleurs beaucoup trop loin.

Rappelons en simplement le principe général.

Les appareils radar sont des dispositifs d'émission et de réception d'impulsions très courtes mettant à profit la réflexion des ondes électromagnétiques sur les obstacles à détecter pour en obtenir une image sur un écran.

La fig. 5 montre clairement le processus de la propagation d'un train d'ondes, sa réflexion sur l'obstacle à détecter et son retour au récepteur.

Dans les installations de bord, on utilise des ondes comprises entre 3 et 10 cm., et des impulsions de l'ordre de la microseconde.

La fig. 6 donne l'essentiel d'une installation : le modulateur envoie des impulsions à l'émetteur qui les transmet à l'antenne, à travers un commutateur électronique. L'antenne rayonne un train d'ondes sous forme d'un faisceau très étroit. L'onde réfléchi par l'obstacle atteint à nouveau l'antenne qui la renvoie au récepteur et à l'indicateur.

Emetteur et récepteur sont maintenus au synchronisme par le modulateur.

Les prescriptions minima auxquelles doivent satisfaire ces appareils, ainsi que la précision que l'on peut en attendre sont les suivantes :

Dicrimination en distance (fig. 7) de 50 à 100 yards, c'est-à-dire que deux obstacles placés l'un derrière l'autre n'apparaîtront comme distincts sur l'écran que si la distance qui les sépare est supérieure à celle indiquée ci-dessus.

La précision sur la distance doit être supérieure à $\pm 2\%$.

Discrimination angulaire (fig. 8) de 2 à 3 degrés, c'est-à-dire qu'il faut que l'écart angulaire de deux obstacles se trouvant à des distances égales soit supérieur à cette limite pour apparaître comme distincts sur l'écran.

Distance maximum et minimum (fig. 9). Les distances maxima que l'on rencontre généralement s'échelonnent de 30 à 50 miles; quant à la distance minimum, elle doit pouvoir être réduite à 50 ou 100 yards et permettre encore une détection satisfaisante d'un obstacle. Cette distance minimum est un des points auxquels les marins attachent le plus d'importance.

Radar de port.

Cette application du radar date de ces dernières années. Son but principal est de guider les navires d'un poste central lorsque les conditions atmosphériques ne permettent pas au pilote de le faire. Accessoirement, il permet de régulariser la circulation des navires dans le port, de vérifier l'emplacement des bouées et, éventuellement, de contribuer à leur remise en position.

Bien que basé sur le même principe que les appareils radar de bord, il en diffère cependant considérablement par l'ampleur du matériel mis en œuvre et la haute précision qui en est demandée.

Alors que pour le radar de bord, la discrimination en distance et la discrimination angulaire ont des valeurs modérées, il s'agit ici d'obtenir une haute définition même à la limite de portée de l'appareil. C'est ainsi que la discrimination en distance est de l'ordre de 10 yards et que la discrimination angulaire n'est qu'une faible fraction de degré. Ceci implique une durée d'impulsions de quelques centièmes de microseconde

seulement et une largeur du faisceau émetteur de l'ordre du 0,1 degré. La linéarité en distance doit également être très strictement respectée.

L'exploitation d'une telle installation implique une liaison permanente entre le navire à guider et le poste central; cette liaison est faite en radiotéléphonie sur onde très courte. Il convient également dans de nombreux cas, que le poste central puisse identifier, sur l'écran, le navire dont il s'occupe, ce qui nécessite sur le navire un système répondeur.

Avant de terminer ce chapitre consacré au radar, il convient de dire quelques mots des dispositifs de sécurité fonctionnant en liaison avec ceux-ci :

Il s'agit en premier lieu de la bouée avec réflecteur tétraédrique (fig. 10). Ce réflecteur a pour but d'intensifier et de rendre visible la bouée à de beaucoup plus grandes distances. Souvent aussi, ces bouées sont disposées en groupes et forment une figure géométrique facile à identifier.

Viennent ensuite certains types de radiophares sur ondes centimétriques, dénommés Ramark et Racon.

Le Ramark est un radiophare à impulsions ayant un rayonnement omnidirectionnel. Dans son rayon d'action, il fait apparaître sur l'écran du radar de bord un mince faisceau lumineux orienté dans la direction du radiophare. On peut donc ainsi déterminer sa direction. Deux ou plusieurs de ces radiophares, reçus simultanément, permettent de fixer une position.

La réception de ces signaux ne nécessite aucune modification à l'installation de bord.

Le Racon est un radiophare répondeur, ce qui veut dire qu'il n'émet de signaux que lorsqu'il est excité par l'émission du radar de bord. Les signaux de réponse peuvent être combinés de telle façon qu'ils permettront d'identifier le radiophare de déterminer sa distance et sa direction par rapport au radar interrogateur.

De telles réalisations impliquent cependant de sérieuses modifications à l'appareillage de bord et surtout, une standardisation des caractéristiques des radars, qui n'existe pas actuellement.

Le dispositif d'aide à la navigation Consol est d'origine allemande et a été utilisé pendant la guerre sous le nom de « Sonne ». Ce dispositif fonctionne en ondes entretenues pures sur des longueurs d'ondes voisines de 1.000 mètres avec

une manipulation par signaux complémentaires (points et barres). Il est basé sur la directivité d'un réseau d'antennes convenablement alignées et parcourues par des courants dont les intensités sont dans des rapports donnés et dont les phases peuvent être variées. La fig. 11 montre le principe du dispositif tel qu'il est actuellement en service. Trois antennes verticales sont alignées à une distance de quelques longueurs d'ondes entre elles; l'antenne centrale A est parcourue par un courant quatre fois plus intense que les antennes latérales B et C. De plus, les courants dans ces deux antennes sont en quadrature avec le courant dans l'antenne centrale, augmenté ou diminué d'un angle variable.

Dans ces conditions, la paire d'antennes AC produit le diagramme de rayonnement figuré en traits pleins et émet une série de points. La paire d'antennes AB produit le diagramme en traits interrompus et émet une série de traits complémentaires. A l'intersection des deux diagrammes on entend donc une émission continue.

En faisant varier progressivement la phase des courants dans les antennes latérales, on fait tourner les deux diagrammes en sens inverses, de sorte que les zones des points se substituent progressivement aux zones de traits et vice-versa. Ce cycle a une durée d'une minute pendant laquelle soixante traits et soixante points sont émis.

Il suffira aux navigateurs de compter le nombre de points et de traits entendus pendant un cycle pour se situer avec précision dans l'un des secteurs du diagramme de rayonnement.

Ce dispositif a pour lui l'avantage de ne nécessiter à bord qu'un récepteur ordinaire; cependant, si l'on ne connaît pas approximativement sa position, un récepteur goniométrique sera nécessaire pour déterminer dans quel secteur on se trouve. De plus, le spectre des fréquences émises étant très étroit, si l'on veut profiter entièrement des avantages du procédé, il convient d'utiliser un récepteur très sélectif.

La portée dépasse les 1.000 km. de jour et les 2.000 km. de nuit, dans de bonnes conditions de parasites atmosphériques. Dans les zones équatoriales, cette portée serait considérablement réduite.

La précision des mesures dépend de divers facteurs, comme l'écartement des antennes d'émissions, la réception de l'onde directe, de l'onde réfléchiée ou de la combinaison des deux et de l'angle avec l'alignement des antennes.

L'écartement des antennes influe sur le nombre de lobes du diagramme de rayonnement; une augmentation de l'écart des antennes augmente le nombre de lobes et donc la précision. Mais on augmente également le risque de se tromper de zone. Pratiquement, on ne peut pas descendre en-dessous de 10 degrés pour la largeur minimum de chaque zone.

Les conditions de réception influent également sur la précision; la réception de l'onde directe seule, jusqu'à une distance de l'ordre de 400 km. donne le maximum de précision. Pour de plus grandes distances et jusqu'à 800 km. environ, l'onde directe et l'onde réfléchie sont reçues simultanément, surtout la nuit, la précision en est sérieusement affectée. Au-delà, la réception se fait par l'onde indirecte seule, la précision devient assez bonne.

En ce qui concerne l'angle avec l'alignement des antennes on peut voir sur la fig. 11 que la largeur des lobes du diagramme de rayonnement s'élargit au fur et à mesure que l'on se rapproche de cet alignement. La précision diminue donc dans les mêmes conditions.

Le système devient pratiquement inutilisable à l'intérieur d'angles de 30 degrés de part et d'autre de cet alignement.

Dans de bonnes conditions, la précision est, de jour, de l'ordre du demi degré et de nuit, meilleure que un degré.

Dans de mauvaises conditions, de nuit, à grande distance, la précision peut tomber à 3 degrés et même 5 degrés, si l'angle avec l'alignement des antennes d'émissions est trop petit.

Disons maintenant quelques mots des systèmes de navigation hyperboliques. Les systèmes utilisés par la marine sont le Loran et le Decca. Tous deux ont en commun un principe fondamental : la position d'un mobile dans le plan est déterminée par la différence de temps de propagation des ondes émises par deux stations.

Dans le cas du Loran, il s'agit d'émissions brèves (impulsions) émises par deux stations; tandis que dans le cas du Decca, on mesure la différence de phase de deux émissions continues.

La fig. 12 montre la formation du réseau hyperbolique. Les stations émettrices A et B émettent simultanément des trains d'ondes représentés par les cercles concentriques numérotés de 1 à 10 et de 1' à 10'.

Le temps mis par chaque train d'ondes pour s'éloigner de la station émettrice est proportionnel au rayon du cercle correspondant. En joignant entre elles les intersections des cercles ayant même différence de temps, on obtient des courbes représentées en trait fort qui sont des arcs d'hyperbole. A chacune de ces hyperboles correspond une différence de temps bien déterminée.

Le Standard Loran fonctionne par impulsions sur des ondes de l'ordre de 150 mètres (2.000 kc/s.). La durée des impulsions est de 40-50 microsecondes avec une fréquence de répétition de 25 ou $33\frac{1}{3}$ par seconde.

Chaque réseau d'hyperboles est produit par une paire de stations distantes de 300 à 500 milles, avec une fréquence de répétition d'impulsions déterminée. La fixation d'une position étant obtenue par l'intersection d'une seconde hyperbole semblable, on utilisera une autre paire de stations, fonctionnant sur la même longueur d'ondes, mais avec une fréquence de répétitions légèrement différente. La fig. 13 donne schématiquement la configuration de deux réseaux hyperboliques.

L'installation à bord implique évidemment un récepteur spécial mesurant constamment la différence de temps d'arrivée des impulsions.

Cette différence apparaît directement sur un voyant, en maintenant en coïncidence les impulsions reçues.

De par son principe même, le Standard Loran occupe une large bande de fréquence de l'ordre de 200 kc/s. pour les anciennes stations, qui est réduite actuellement à environ 100 kc/s.

Pour la même raison, le récepteur est assez sensible aux parasites atmosphériques, mais le caractère même des impulsions permet assez facilement de les en distinguer.

Etant donné la grande puissance à l'émission, qui est de l'ordre de 100 kw. de crête, et le front relativement raide des impulsions, la portée et la précision du système sont très bonnes.

De jour, la portée est de l'ordre de 1.000 milles avec une précision de 0,2 degré; de nuit, la portée atteint 2.000 milles, avec une précision de 0,3 degré. Le temps nécessaire à obtenir une position est de trois à quatre minutes pour un opérateur un peu habitué.

Depuis quelque temps, on expérimente un autre système à impulsions, appelé L.F. Loran (Low Fréquence Loran)

destiné à couvrir l'Atlantique Nord d'un réseau utilisable sur toute son étendue. Les fréquences utilisées seraient de l'ordre de 180 kc/s. environ (2.000 m.) et la puissance considérable. La mise en pratique d'un tel système donnerait satisfaction en même temps à la navigation maritime et à la navigation aérienne transatlantique.

Le procédé Decca, quoique basé sur le même principe fondamental que le précédent, en diffère profondément quant à sa réalisation pratique. Il s'agit d'un système à multi-fréquence fonctionnant en ondes entretenues. Les différences de temps de propagation sont mesurées en fonction des différences de phase des ondes entretenues émises par une paire de stations. Chaque hyperbole du réseau est caractérisée par une différence de phases constante. Cette différence de phases est indiquée en permanence par un cadran (voir fig. 14). Les indications de deux cadrans sont nécessaires pour fixer une position, correspondant à l'intersection de deux hyperboles de deux réseaux différents. En fait, le procédé souffre d'une ambiguïté multiple de phases; il est, en effet, impossible de mesurer des différences de phases supérieures à 360 degrés. Les indications des cadrans se répètent donc chaque fois que la phase relative des émissions a varié de cette valeur. Un dispositif spécial, destiné à l'identification des voies, lève cette ambiguïté; cette identification est indiquée par un troisième cadran.

Un réseau Decca comporte en réalité quatre stations : un émetteur chef et trois émetteurs asservis, fournissant trois réseaux d'hyperboles. Ceci est nécessaire si l'on veut pouvoir utiliser le réseau en tout point autour des stations, comme c'est le cas en Angleterre (fig. 16).

Ce procédé doit être considéré comme une aide à la navigation à moyenne distance, sa portée utile étant de l'ordre de 300 milles.

La précision du procédé est excellente : elle permet de fixer une position, dans la plupart des cas pratiquement rencontrés, à 1/1000 de la distance aux stations.

L'utilisation des données fournies par les indicateurs peut être faite en quelques minutes.

Par l'exposé qui précède, nous espérons avoir pu faire ressortir la diversité et la complexité des appareils et des installations mis en œuvre pour assurer la sécurité de la navigation

maritime, dans son acceptation la plus large. Si l'on peut en attendre de sérieuses garanties, il n'en reste pas moins que toute cette organisation implique une lourde charge pour la navigation.

Si certains procédés sont d'usage universel, tels les radiophares et les radiogoniomètres, leur utilisation principale reste limitée à la navigation générale.

D'autres procédés plus spéciaux, tels que le Loran et le Decca, ayant à assumer des tâches assez similaires, ne sont utilisés que dans certaines parties du monde.

Les installations de radar également, quoiqu'une tendance se dessine de plus en plus dans l'emploi de l'onde de 3 cm., présentent de nettes différences dans certaines de leurs caractéristiques essentielles qui empêchent d'en tirer tous les avantages possibles.

De plus, l'aviation au long cours se développe de plus en plus, elle fait usage d'un nombre considérable d'aides radio-électriques diverses, dont certains procédés sont utilisables en commun avec la navigation maritime. Jusqu'à présent, il n'existe que peu de coordination entre ces deux services; il en résulte souvent ou des doubles emplois, ou des lacunes.

Il semble recommandable, au double point de vue sécurité et économie, de tendre à l'uniformisation des procédés employés, par leur généralisation dans le monde entier et la standardisation de leurs caractéristiques. Une plus étroite liaison entre les services de la marine et ceux de l'aviation procurerait à tous deux un surcroît de sécurité accompagné souvent d'une sensible économie.

Références bibliographiques.

Documents de la Conférence pour la Sauvegarde de la Vie humaine en mer: Londres 1948.

Les aides à la navigation aérienne (Institut Français de Transport aérien).

Documents de la Seconde Conférence Internationale des aides à la navigation maritime. (I.M.M.R.A.N. New-York et New-London, 1947).

Ionospheric Radiopropagation (National Bureau of Standards, Circular 462).

G. de Burlet. *La propagation des ondes électromagnétiques*. Conférence faite à Anvers à l'Académie de Marine en 1949.

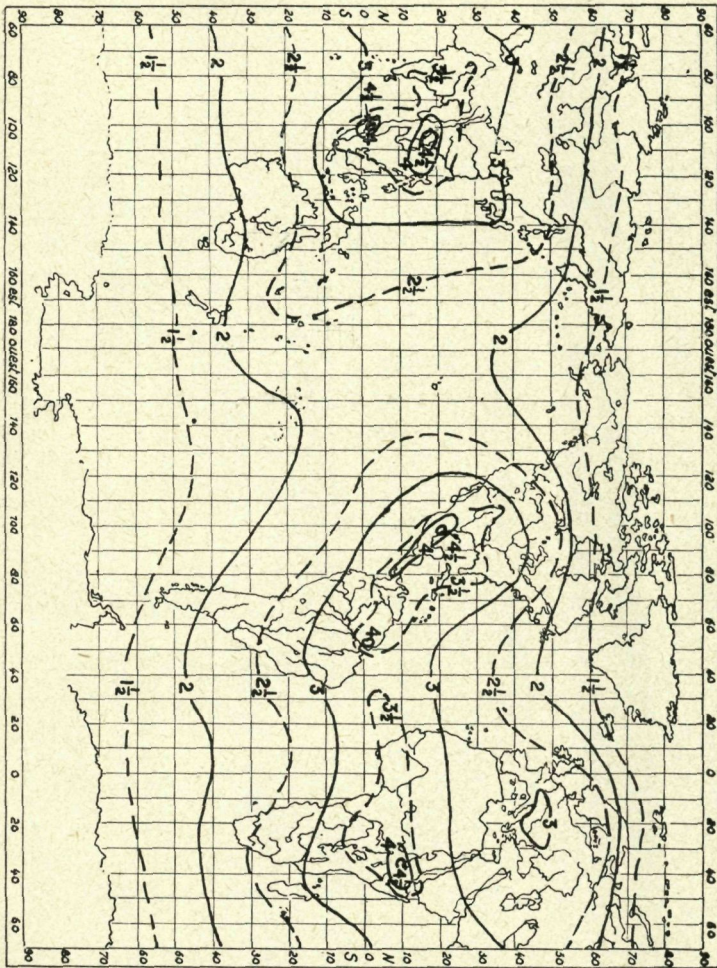


Fig. 1.

Distribution des parasites pour la période juin-juillet-août.

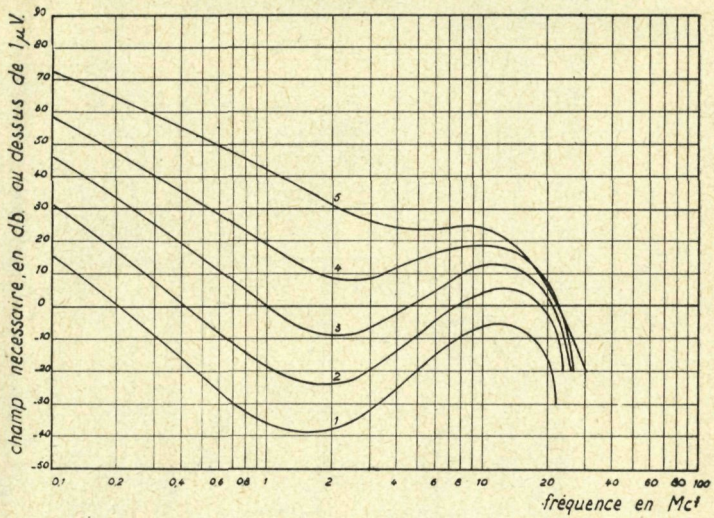


Fig. 2.

Champ minimum nécessaire pour les communications radiotéléphoniques
12,00 heure locale. Toutes saisons.

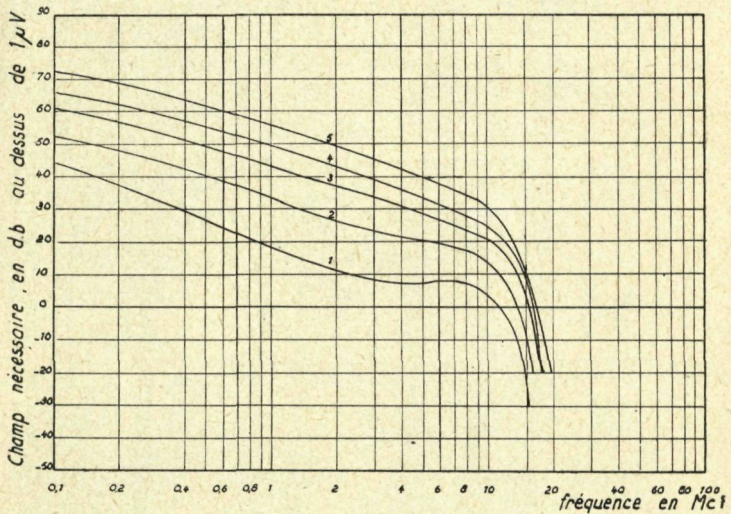


Fig. 3

Champ minimum nécessaire pour les communications radiotéléphoniques.
Minuit local. Été.

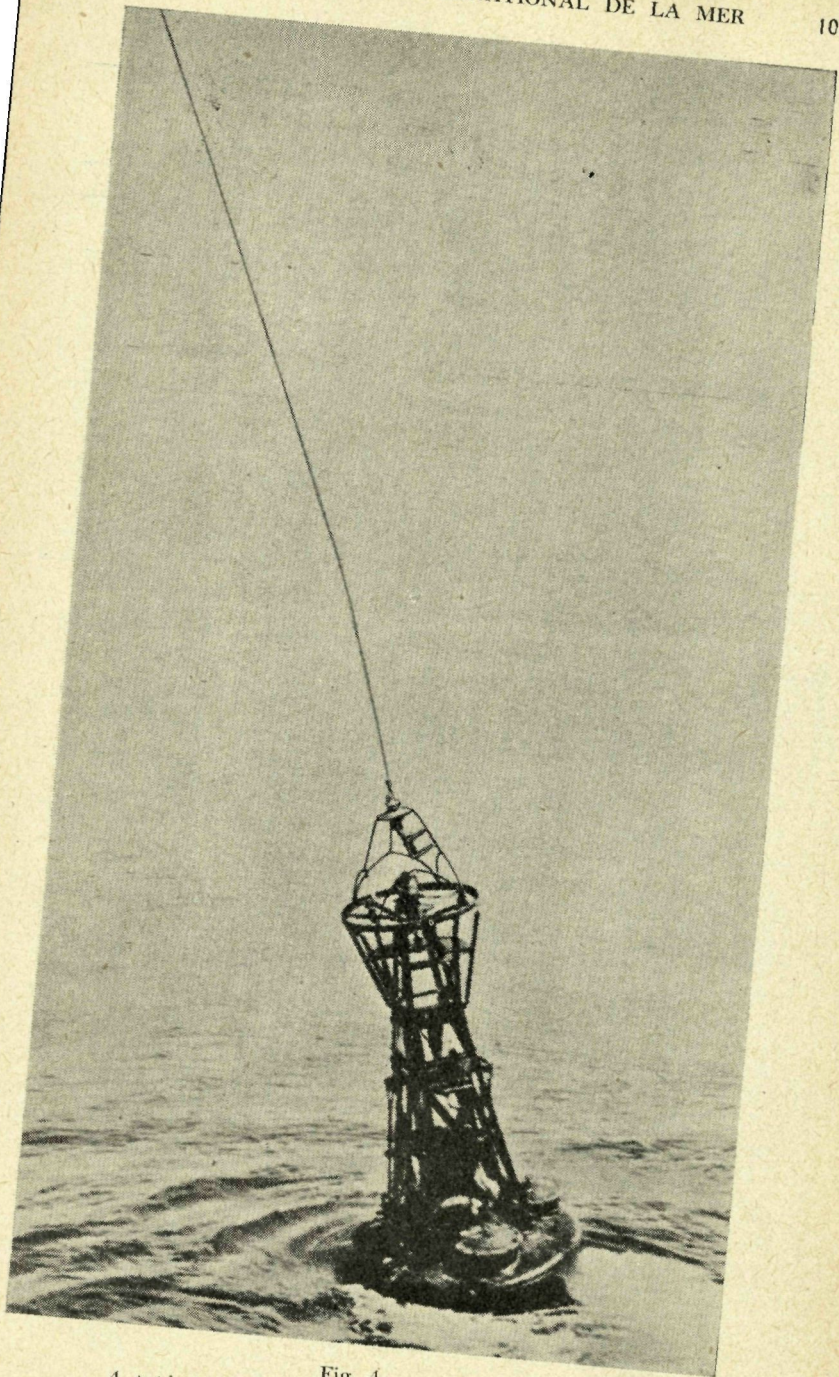


Fig. 4.
A typical marked radiobeacon on a lighted buoy.

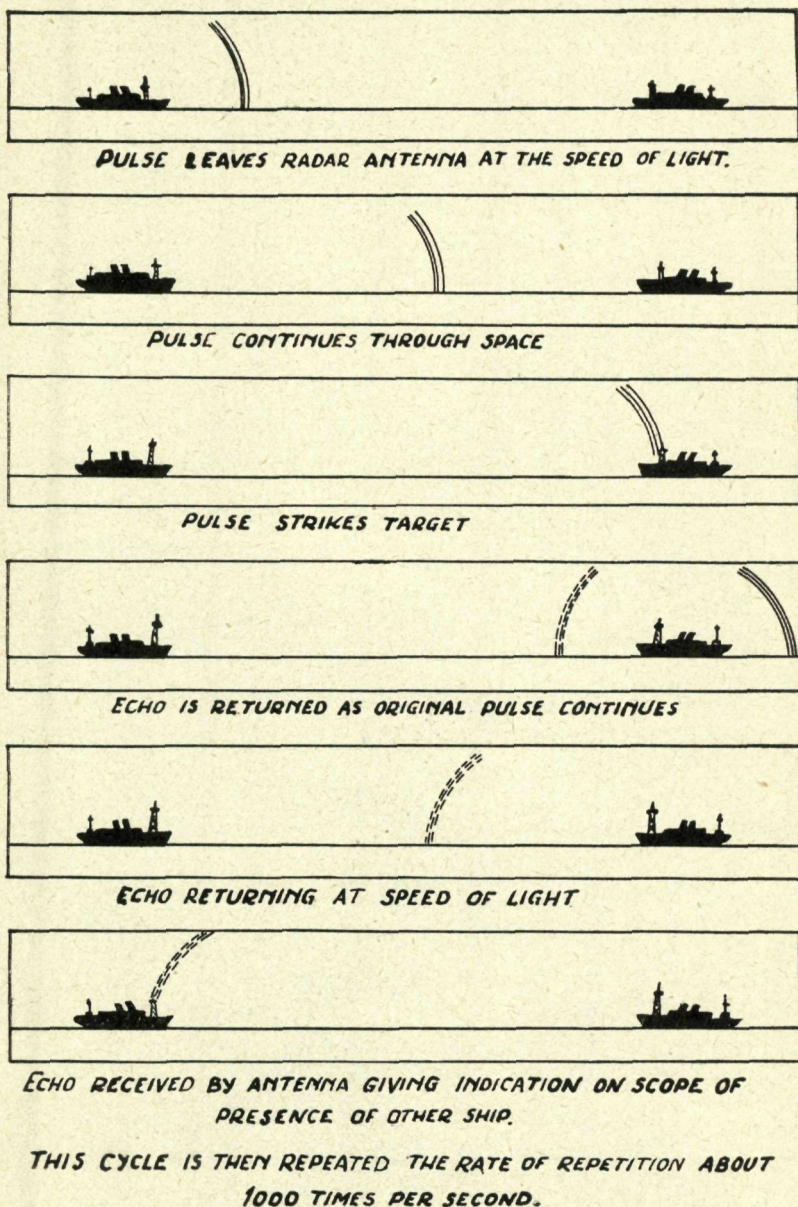
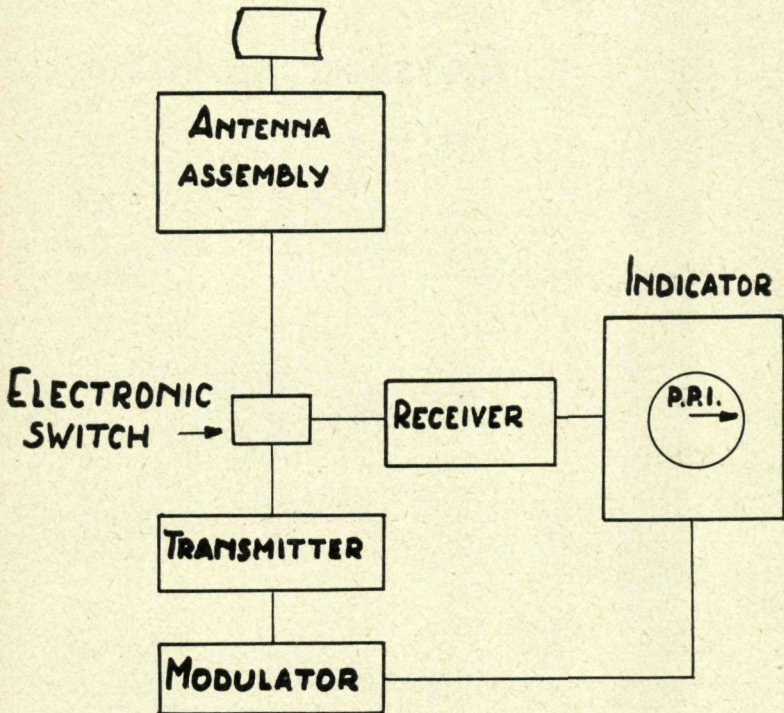


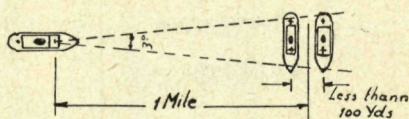
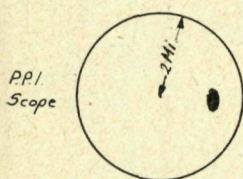
Fig. 5.



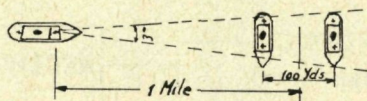
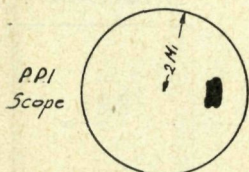
BLOCK DIAGRAM OF RADAR

Fig. 6.

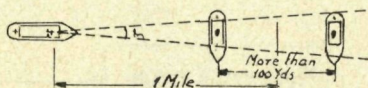
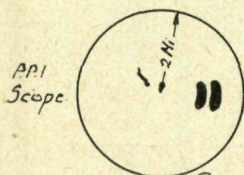
RANGE RESOLUTION



A. Pips on scope are blended together when distance in range between ships is less than designed resolution for range.



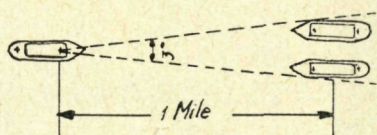
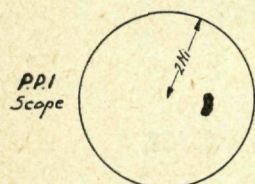
B Pips on scope are tangent when distance in range between ships is the designed resolution for range



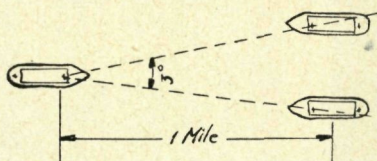
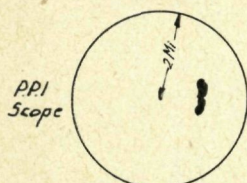
C Pips on scope are distinct for each ship when distance apart in range is greater than designed resolution for range.

Fig. 7

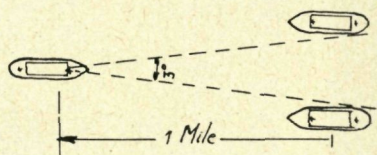
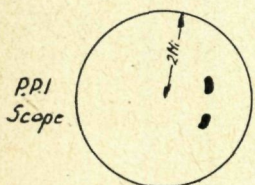
BEARING RESOLUTION



Two targets within the bearing resolution appear as a single pip



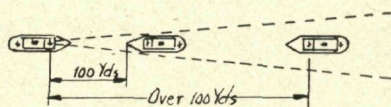
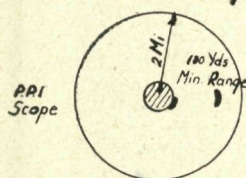
Two targets separated by the bearing resolution angle appear as two tangent pips.



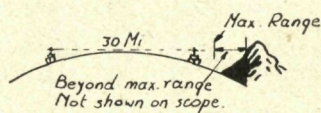
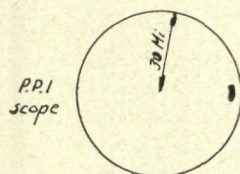
Two targets separated by more than the bearing resolution angle appear as two separate pips.

Fig. 8.

MAXIMUM AND MINIMUM RANGE.



Schematic sketch illustrating min. range any object closer than the min range would not be picked up



Schematic sketch illustrating max. range ship is picked up on scope but mountain is not.

Fig. 9

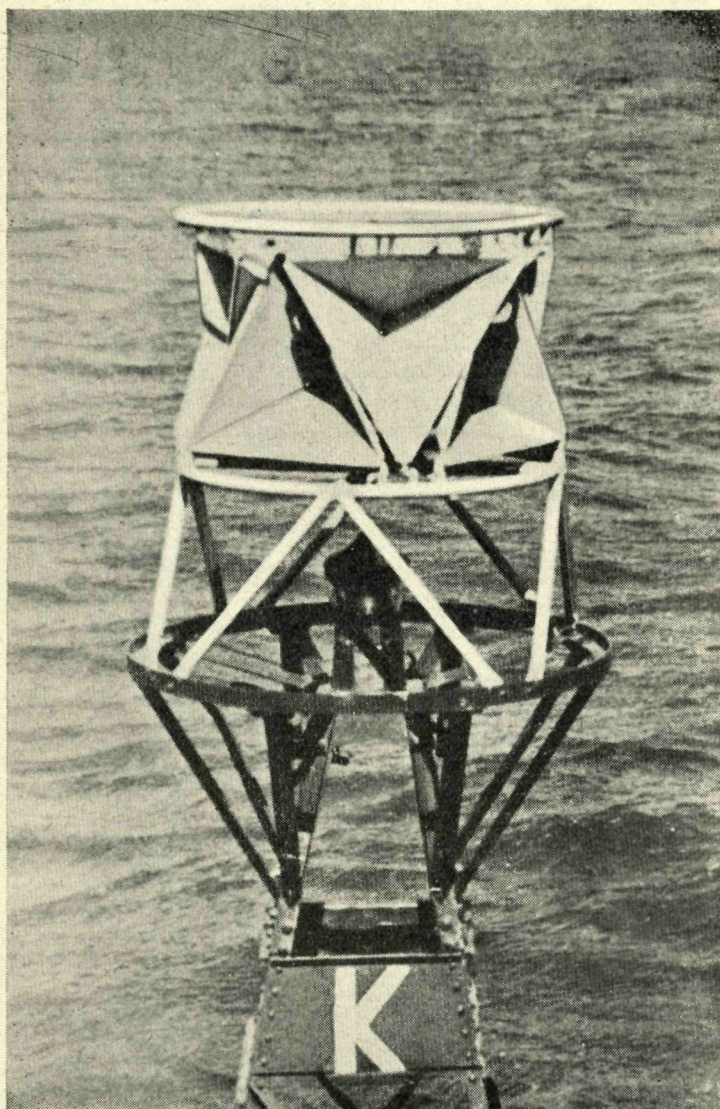


Fig. 10.

Circular cluster of radar reflectors installed on a buoy.

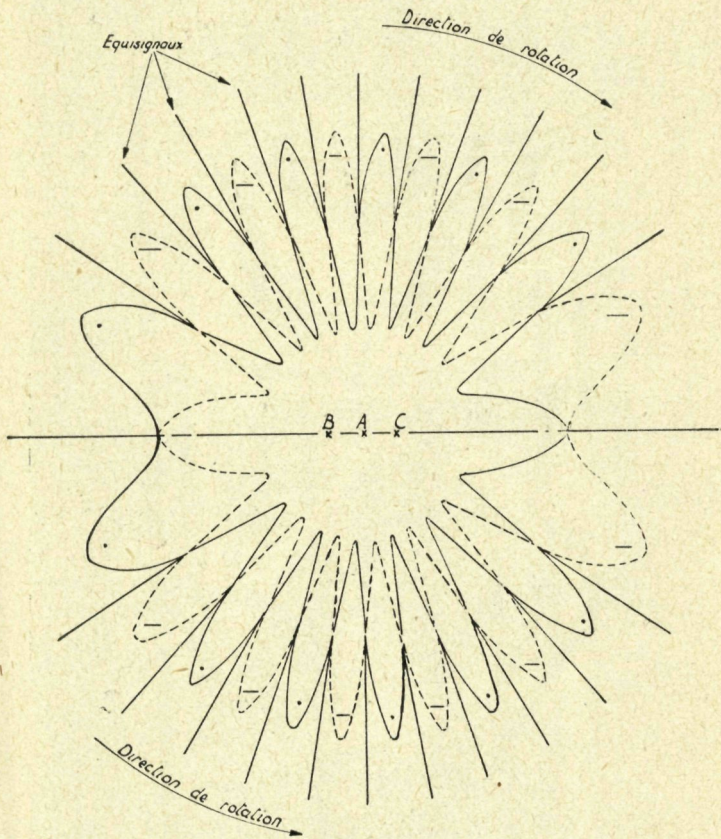


Fig. 11.

Diagramme de rayonnement des antennes Consol.

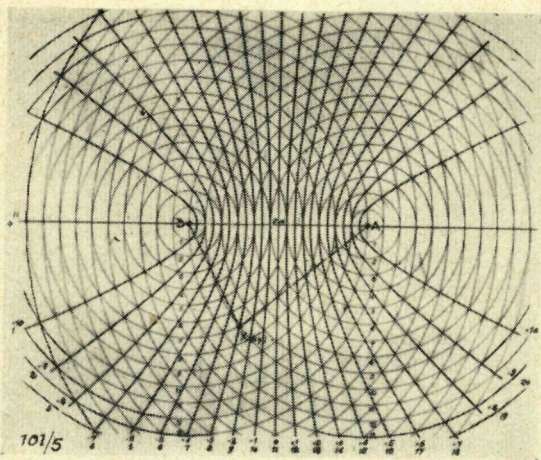


Fig. 12.

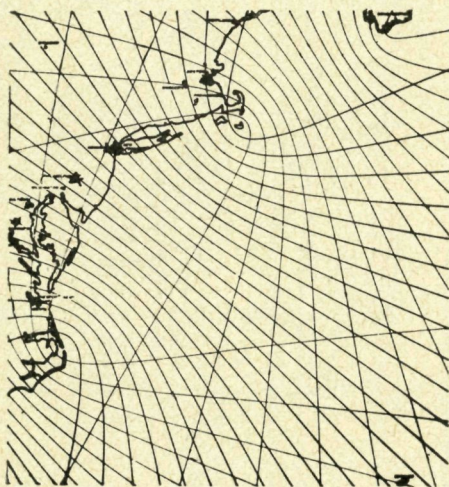


Fig. 13.

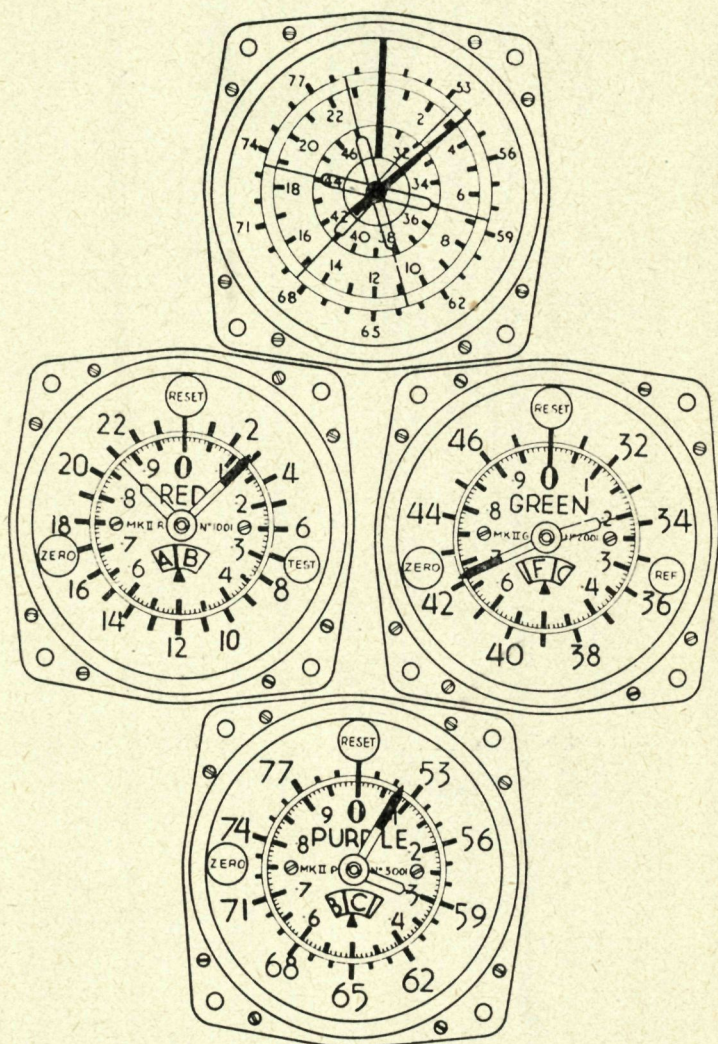


Fig. 14.

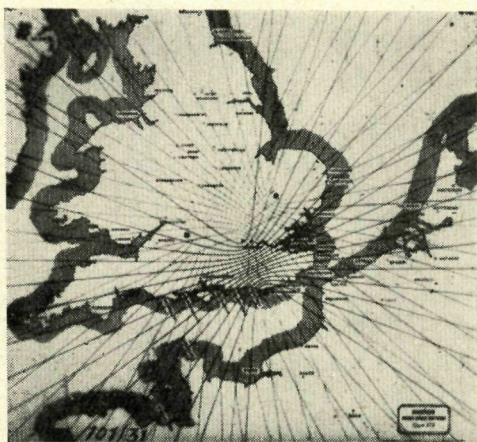


Fig. 15.