

## TEORIA DE L'ORIENTACIO PER RADIO

LA T. S. F. direccional es pot dividir en dos capítols: *emissió d'ondes di rigides* i *recepció d'ondes amb consegüent identificació de llur direcció*. Com sigui que l'objecte d'aquest article és donar a conèixer els principis fo-



Fig. 1

namentals de *l'orientació per ràdio*, ho farem estudiant simultàniament amb-  
dos capítols, però escollint les matèries que ens interessin.

El primer model d'antena directiva fou inventat i patentat per S. C.

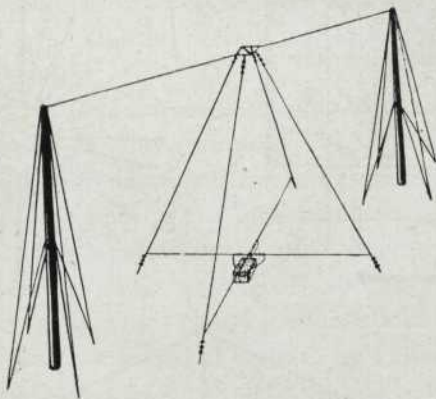


Fig. 2

BROWN en 1899, i aquest model, modificat per MARCONI, fou el que patentà i emprà en 1905, per a les estacions transoceàniques de Clifden (Irlanda) i Glace Bay (Nova Escòcia, Canadà), amb un alcanç normal—fantàstic en aque-

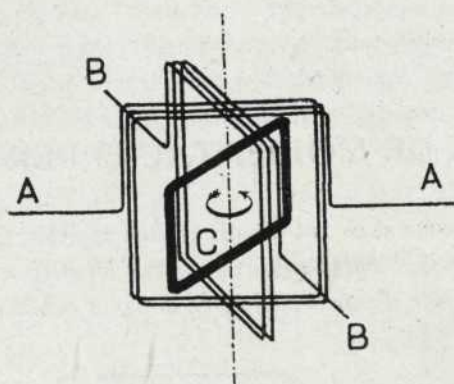


Fig. 3

lla època—de 5790 Km. Aquesta clàssica antena polifilar, en forma de *L* invertida, estava formada per una porció horitzontal molt llarga i una de vertical relativament curta, i la seva principal qualitat era radiar i rebre més intensament en la direcció indicada per la fletxa en la figura 1.

Aquesta antena, amb tot i que gaudia de marcades propietats directives, no era orientable, és a dir, no podia girar al voltant d'ella mateixa, per tal d'ex-

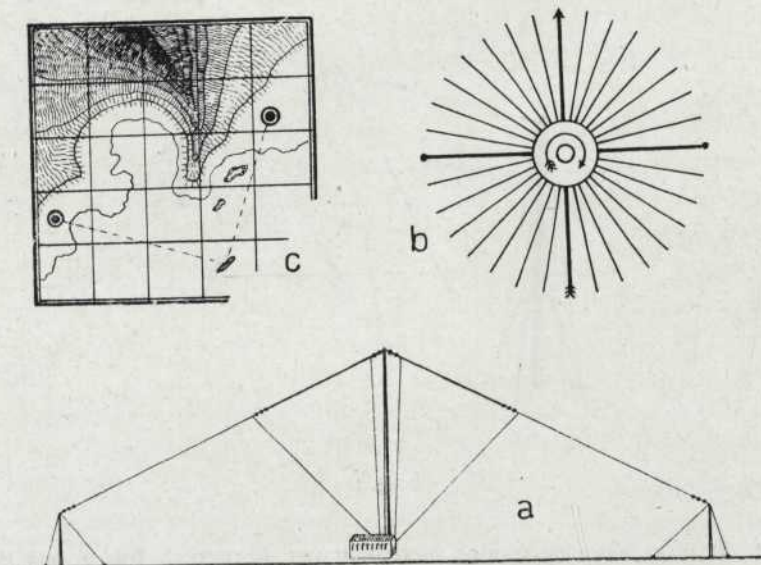


Fig. 4

plorar les diferents direccions de l'espai, i, per conseqüència, alguns investigadors es dedicaren a l'estudi de les antenes directives, ço que donà per resultat que, un any més tard, es patentessin tres models diferents: l'antena directiva de BELLINI i TOSI, el Ràdio-compàs de la "Telefunken A. E. G." de Berlín, i el Ràdiogoniòmetre de G. W. PICKARD. Actualment, podem afegir-li l'antena amb reflector "*Beam antenne*" exclusiva per a ondes extra-curtes.

El principi de l'antena de BELLINI i TOSI, dibuixada en la figura 2, es fonamenta en el fet de que els sistemes oscillatoris són més directius com més tancats són. Aquests inventors utilitzen dues antenes triangulars gairebé tancades en llur vèrtex superior (*nearly closed type*), perpendiculars mútuament i contenint cada una d'elles, en llur part horitzontal mitjana, un dels enrotllaments secundaris *AA* i *BB*, d'un transformador d'alta freqüència. Aquests enrotllaments estan disposats com indica la fig. 3, l'un dintre de l'altre i formant angle recte entre ells. A l'interior d'ambdós secundaris pot girar el primari únic *C* connectat amb els aparells d'emissió i representat en la figura per una espira tancada. Variant la posició d'aquest primari es podrà emetre en qualsevulla direcció, puig que si és paral·lel a un dels secundaris, solament aquest serà excitat i la màxima quantitat d'energia serà emesa en el sentit de l'antena corresponent; però si el primari ocupa una posició intermitja, els secundaris seran excitats desigualment i les dues antenes radiaran en una direcció que dependrà de la diferència de fase entre els corrents que les exciten i correspondrà al pla en què es troba el primari *C*. Amb aquesta antena es pot, també, rebre i reconèixer, amb un error d'uns dos graus, la direcció d'una emissora.

El ràdio compàs *Telefunken*, representat en la fig. 4, consta de dues parts: una antena no directiva en forma de paraigües, i 32 antenes directives<sup>1</sup> radialment esteses en les direccions dels rumbos i fraccions de rumb. L'estació comença trametent el seu indicatiu mitjançant l'antena no directiva i després d'una senyal especial emet successivament, per a cada una de les antenes dirigides a intervals de temps exactament iguals, altres senyals en el sentit que indica la fletxa de la figura 4 b. El marí que desitja conèixer la direcció de l'emissora, posa en marxa a la senyal especial de l'antena no directiva, un cronòmetre apropiat a aquest ús, en l'esfera del qual estan representades les direccions de la rosa dels vents i el para en el moment en què la intensitat de recepció de les senyals és mínima.

La disposició del cronòmetre és tal que el rumb que marca l'agulla del

<sup>1</sup> La figura representa una secció del Radiocompàs, en la qual es distingeixen, en traçat gruixut, dos dels fils que formen l'antena en paraigües, i en traçat prim, dues de les trenta dues antenes directives.

quadrant en aquell moment representa la direcció de l'emissora. Si el vaixell està dins del radi d'acció de dues estacions i el seu operador coneix ambdues direccions, les pot assenyalar sobre la carta, amb ço que coneixerà la seva

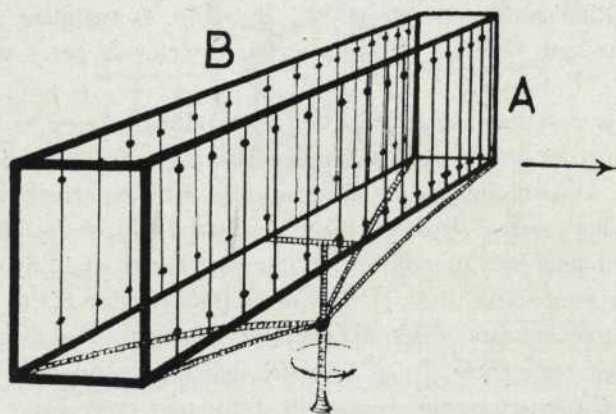


Fig. 5

situació i, per tant, la seva distància a la costa, tal com es veu en la figura 4c.

Pel que es refereix al Radiogoniòmetre de C. W. PICKARD, no és altra cosa que el dispositiu que avui coneixem amb el nom de *quadro radiogoniomètric*. Aquest dispositiu no donà resultat en aquella època degut a la poca

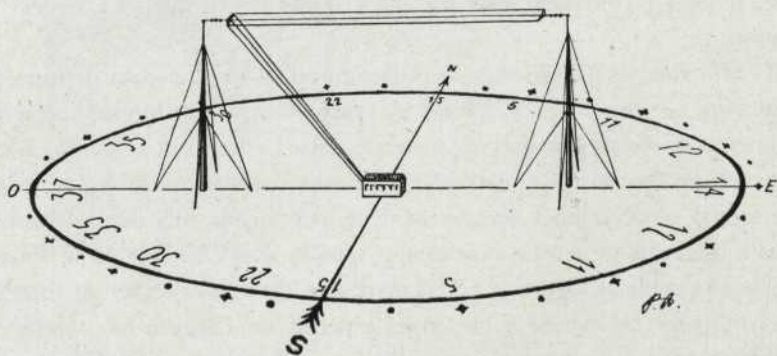


Fig. 6

sensibilitat dels detectors llavors coneguts; actualment gràcies a la làmpada de tres elèctrodes i als amplificadors de làmpades, s'ha convertit en l'auxiliar més poderós de la navegació i aviació en temps de visualitat escassa o quasi

nulla. (durant la nit o en èpoques de grans boires). Més endavant l'estudiarem detalladament.

Dues paraules sobre la "Beam antenna". Aquesta antena està formada per dos marcs rectangular, solidaris entre ells, que poden girar al voltant d'un eix. El marc *A* o antena pròpiament dita, serveix de suport a una sèrie de fils verticals, com esquemàticament demostra la fig. 5, isolats del marc, amb comunicació amb els aparells d'emissió i l'altura dels quals ha d'ésser major que la meitat de la longitud d'onda. A una distància igual a la quarta part de la longitud d'onda hi ha un altre marc *B* o reflector, de constitució idèntica al *A*. La longitud d'ambdós marcs cal que sigui, també, un múltiple de la longitud d'onda. Es comprèn que, per a ondes de determinada longitud,

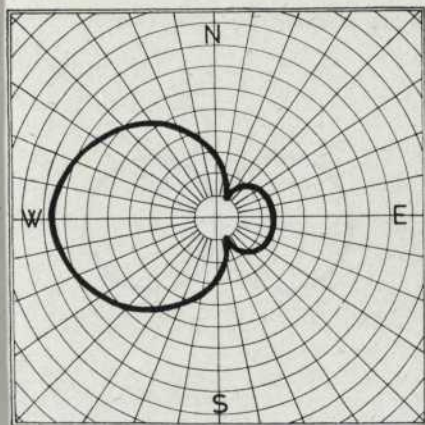


Fig. 7

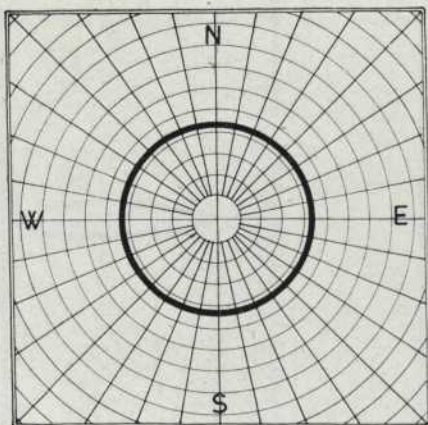


Fig. 8

l'antena hauria de tenir dimensions exagerades; això fa que el seu ús es limiti a ondes inferiors a 30 m.

S'anomena *corba característica* o senzillament *característica* d'una antena, la representació gràfica de les quantitats relatives d'energia radiada o rebuda en les diferents direccions. La manera de traçar aquesta corba varia segons que l'antena sigui emissora, receptora, fixa o mòbil.

Si l'antena es emissora i fixa, la tècnica es la següent: al seu voltant i considerant com centre el seu de simetria, es suposa traçat un gran cercle dividit en un nombre de parts iguals, que generalment és de trenta dues, corresponents a les direccions dels rumbos, mitjans, quarts i octaus de rumb, com ve dibuixat a la fig. 6. Per mitjà d'un petit receptor equipat amb detector invariable (magnètic, electrolític de potencial constant, làmpada amb potencials de filament i

placa també constants) i antena no directiva (vertical) o quadro orientat sempre a l'emissora, es mesuren les quantitats d'energia rebudes <sup>2</sup> des de cada un dels punts en què, idealment, hem dividit el cercle. Sobre un paper gràfic circular, en el qual els radis representen les ordenades i els centres concèntrics les abscisses, es marquen les valors trobades, tenint cura que cada una d'elles estigui situada sobre l'ordenada que per la seva direcció li correspongui; unint, després, aquests punts per una línia de traçat gros, tindrem la característica que busquem representada en la fig. 7 i corresponent a les valors indicades en el cercle de la figura anterior. És fàcil comprendre que si l'antena fos vertical i, per tant, no directiva, la característica seria una línia circular com la de la fig. 8.

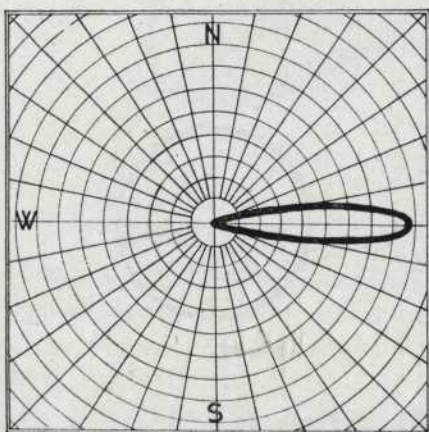


Fig. 9

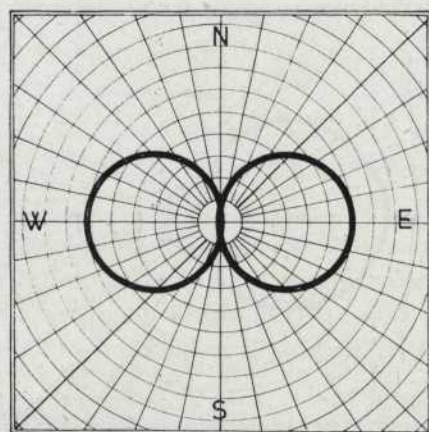


Fig. 10

Si l'antena es mòbil al voltant d'un eix (*Beam antenne*) o, encara que fixa, és de poder emissor de direcció variable (BELLINI, TOSI) l'operació és més senzilla, ja que és suficient que l'estació dirigeixi l'energia, successivament, en les trenta dues direccions de la rosa dels vents, mentre que es mesuren les quantitats rebudes per un receptor fix. Aquests valors es traslladen al paper gràfic circular, començant per una ordenada qualsevulla i seguint per les altres però en sentit contrari al de la rotació del feix dirigit. La forma d'aquestes gràfiques és, en el primer tipus, semblant a la de la fig. 9; en canvi, en la del segon tipus, el seu aspecte és com el de la fig. 10.

En allò que pertoca a les característiques de les antenes receptores, no cal

<sup>2</sup> Pràcticament proporcional a la resistència que en derivació extingeix el so en el casc.

dir que són semblants a la mateixa antena usada com a emissora. No obstant, hi ha un cas especial, i és el d'un sistema oscil·latori tancat (quadro). El seu traçat és sumament senzill, puix que basta transportar al paper gràfic les intensitats de recepció d'una emissora qualsevol, fent prendre al quadro les conegudes trenta dues posicions que formen, cada dues successives, angles de  $11^{\circ} 15'$  ( $12,5$  decimals). La seva gràfica és la de la figura 10, idèntica en la seva forma a un 8

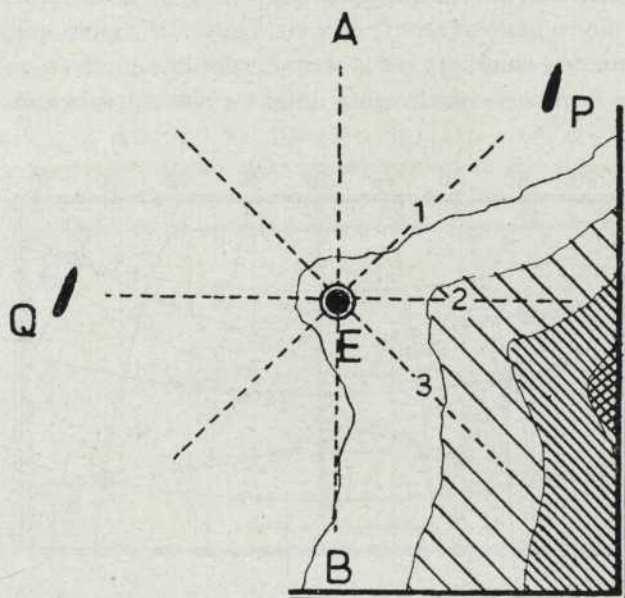


Fig. 11

Reunint les corbes característiques de les diferents antenes estudiades i agrupant-les per tipus, fàcilment podrem reduir-les a tres, anomenades *característiques, central* (fig. 8) *unilateral* (fig. 9) i *bilateral*, aquesta última podent ésser asimètrica i simètrica (figures 7 i 10 respectivament).

\* \* \*

S'anomena radiogoniometria, l'operació que permet mesurar l'angle que formen el rumb de relacions hertzianes amb el meridià de l'estació. Combinant llurs observacions, dues estacions costeres o terrestres són capaces d'identificar la posició d'un vaixell o d'un avió.

Per fixar una posició poden emprar-se dos mètodes; radiogoniometria indirecta amb auxili d'estacions fixes i radiogoniometria directa amb

els mètodes de bord solament. Anem a descriure l'operació tal com es realitza pel mètode indirecte.

Cal advertir que els angles es donen sempre en graus i minuts sexagesimals, començant a comptar-los pel nord del meridià de l'estació i sempre en el sentit de les agulles del rellotge; p. ex. els angles que forma el meridià  $AB$  de l'estació  $E$ , de la fig. 11 amb els rumbos 1, 2, 3, etc., seran, respectivament, 0, 45, 90, 135, 180, 225, 270 i 315. Advertim, també, que les antenes descrites, encara que aptes per averiguar la direcció d'una emissora, no ho són en quan al sentit; és a dir, l'estació  $E$ , sabrà que el vaixell  $P$  es troba en un dels rumbos 45 o 225, sense poder assegurar en quin dels dos; però això no ocorre si complementa les seves observacions amb les de l'al-

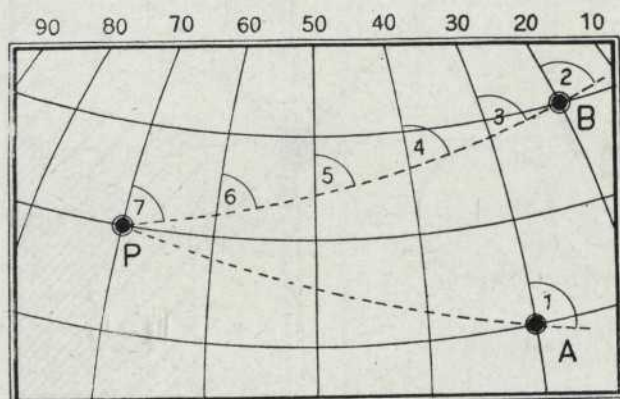


Fig. 12

tra estació, ja que traçant les dues direccions sobre la carta, en creuar-se desapareix aquesta inseguretad. Tampoc no hi ha cap dubte en el cas del vaixell  $Q$ , ja que el rumb oposat al que es troba, cau dins de la costa.

La manera d'operar és la següent: suposem el vaixell  $P$  de la figura 12 i dues estacions  $A$  i  $B$ . El vaixell sollicita de cada una d'elles, individual o simultàniament, l'angle; a tal objecte, és invitat a transmetre durant un temps donat senyals radiotelegràfiques, amb les quals  $A$  i  $B$  averigüen els angles demanats i li comuniquen llurs valors. Bastaria que l'operador del vaixell tracés sobre la carta dues línies  $AP$  i  $BP$ , que formessin amb els meridians d' $A$  i  $B$  angles 1 i 2 iguals als donats, per fixar en el punt d'encreuament la seva posició.

Pràcticament, l'operació no és senzilla, ja que els meridians terrestres, pel fet de convergir al pol de l'hemisferi respectiu, són convergents, i ai-



xò fa que tota línia, tal com la *BP*, que creua diversos meridians, sigui tallada formant angles diferents, com els 2, 3, 4, etc. S'anomena *convergència*, la diferència en graus entre el primer i l'últim (2-7). A més, les cartes emprades en la marina representen els meridians per mitjà de línies paral·leles, i a conseqüència d'aquesta rectificació de meridians, únicament podrem representar els rumbos per línies rectes, en el cas de seguir exactament la direcció nord-sud, o bé la direcció de l'equador i coincidint amb ell; tots els altres casos hauran d'ésser línies lleugerament corbes, amb la concavitat mirant a l'equador.

Comparem la figura anterior <sup>3</sup> amb la fig. 13 traçada com una carta de MERCATOR, en la qual les posicions i lletres són idèntiques i remarquem com en aquesta, la línia *BP* ha d'ésser corba perquè els angles d'intersec-

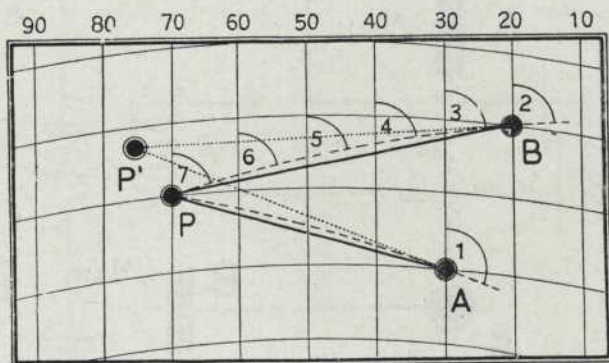


Fig. 13

ció amb els meridians 20, 30, 40, 50, 60, i 70, siguin d'iguals valors a les de la fig. 12. Per tant, si sobre una carta de MERCATOR com la de la fig 13, representem els rumbos per línies rectes *AP* i *BP*, essent els angles 1 i 2 iguals als de la fig. 12, la posició *P* del vaixell serà, com dèiem, incorrecta; però fent la correcció de convergència <sup>4</sup> la nova posició tampoc no serà exactament

<sup>3</sup> La figura 12, representa un mapa a molt petita escala. La línia *AP*, que és una línia recta, ha calgut dibuixar-la lleugerament corba a causa de la perspectiva, a l'igual que els paral·lels, que són rectes i també s'han dibuixat corbats. Per ésser aquesta figura semiesquemàtica, cal fer cas omís de la curvatura exagerada dels meridians i paral·lels, ja que el seu objecte, en dibuixar-la, ha estat fer-la el més demostrativa possible.

<sup>4</sup> La correcció de convergència per a cada una de les estacions direccionals, depèn de la diferència de longitud entre meridians (del vaixell i de la costera) i de la latitud mitjana (entre els mateixos). La fórmula és:

$$\text{Convergència en minuts} = \frac{\text{Dif. Long. en minuts}}{1} \times \text{Sen. Lat. mitjana}$$

El factor de correcció és igual a  $+$   $\frac{1}{3}$  convergència: és  $+$  si l'estació d'abord està a

la real, però l'error serà tan escàs que, pràcticament, podrem fer-ne cas omís <sup>5</sup>.

En determinats països, l'organització de les estacions directives és diferent. El vaixell ha de sol·licitar la seva posició de determinades estacions especials, que anomenarem centrals, les quals, per via telegràfica o telefònica, estan en relació amb les estacions costeres equipades amb antena directiva. L'estació central tramet a les ràdiogoniomètriques auxiliars, l'ordre de determinar el rumb; aquestes el remeten, a llur torn, a l'estació central després de fer la correcció corresponent, la qual fixa la posició en la carta i dona directament a l'operador del vaixell la seva posició en longitud i latitud.

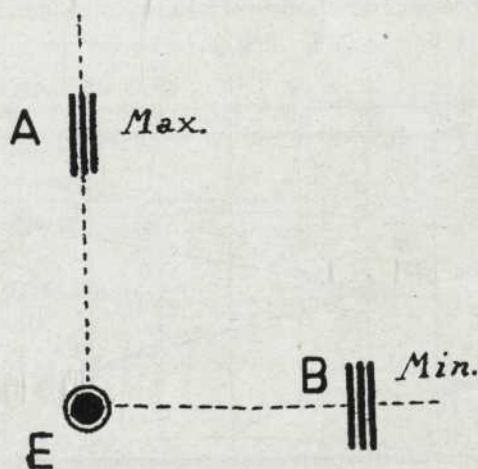


Fig. 14

En la ràdiogoniometria pel mètode directe, l'operació és en conjunt inversa a l'anterior, és a dir, el vaixell ha d'estar equipat amb antena directiva i el seu operador es pot valer dels senyals radiotelegràfics o radiotelefònics de qualsevol emissora de posició geogràfica definida.

L'equip directiu de bord, actualment, és molt simplificat, degut a haver-se substituïa l'antena BELLINI-TOSI pel quadro radiogoniomètric, l'abast del qual és considerable mitjançant l'ús dels moderns amplificadors de làmpades.

Aquest quadro no és més que una bobina rectangular circular o poligo-

l'E. de la costera, i — si al W, suposant-les en l'hemisferi N, ja que si estan en l'hemisferi S. el signe és invers. Si una d'elles està en un hemisferi i l'altra en l'oposat, el factor de correcció és, per lo petit, despreciable.

<sup>5</sup> D'un o dos graus i depèn de la qualitat dels aparells i de l'habilitat dels operadors.

nal, que pot girar al voltant d'un eix, formada per una sola capa d'espines, el nombre de les quals està en relació amb la longitud d'onda en metres que hagi de sintonitzar. Si, mentre una estació transmet, fem girar el quadro de  $36^\circ$ , la intensitat de recepció passa per dos mínims i dos màxims segons que el plà representat per les espines del quadro sigui, respectivament, perpendicular o coincideixi amb el rumb de radiacions, tal com esquemàticament representem en la fig. 14, en la qual *E* és l'emissora i *A* i *B* dues posicions del quadro.

La determinació de la direcció d'una emissora, no es fa en la posició d'in-

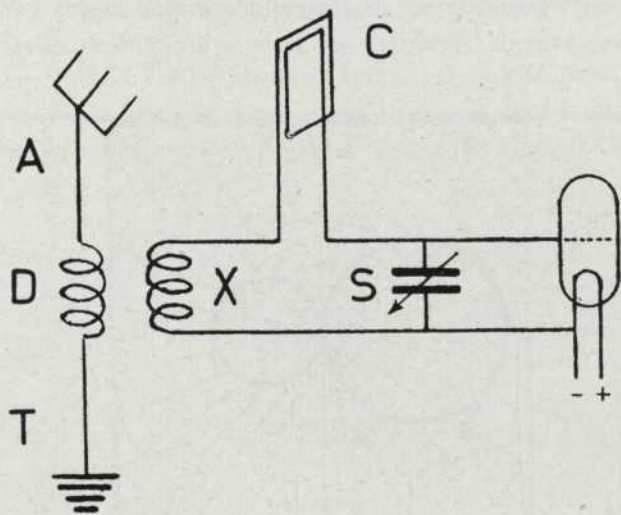


Fig. 15

tensitat màxima *A*, sinó en la de recepció mínima o *punt nul* *B*; en conseqüència, la direcció de l'emissora amb relació al quadro és precisa; podem girar el quadro lleugerament a un costat i a un altre, sense apreciar cap so en el cas; llavors, el mínim correspon a la bisectriu de l'angle descrit des de la posició en què el so desapareix fins a aquella en què torna a ésser perceptible.

La característica del quadro ràdiogoniomètric és *simètrica bilateral* i idèntica a la de la fig. 9; per aquesta raó, l'operador no pot saber el sentit de l'emissora, encara que conegui la seva direcció; hi ha, doncs, un error probable de  $180^\circ$ . Aquest fet, d'escassa importància en determinar el punt, pot tenir-la i molt gran en determinades circumstàncies. L'única manera de conèixer amb certesa el sentit és transformant la característica de simètrica en asimètrica.

El procediment emprat per la U. S. Navy, consisteix a destruir la simetria de la gràfica 9, sense variar el punt nul. Aquest dispositiu representat en la fig. 15, consta d'un quadro  $G$  i d'una antena amb la seva presa de terra  $AT$ . El circuit oscil·lant del quadro està completat pel condensador de sintonia  $S$  i la bobina auxiliar  $X$ . Acoblada a aquesta bobina, hi ha la bobina d'antena  $D$ . Els extrems del condensador  $S$  estan connectats al filament i reixa de la primera làmpada amplificadora. Les oscil·lacions de l'emissora indueixen en el quadro  $G$  una f. e. m. que fa oscil·lar el potencial del condensador  $S$  i, per tant, el de reixa de la làmpada, mentre que les mateixes oscil·lacions donen lloc en l'antena a una f. e. m. que és induïda mitjançant  $D$  i  $X$  a la reixa de la mateixa làmpada; però les oscil·lacions de l'antena, invariables sigui

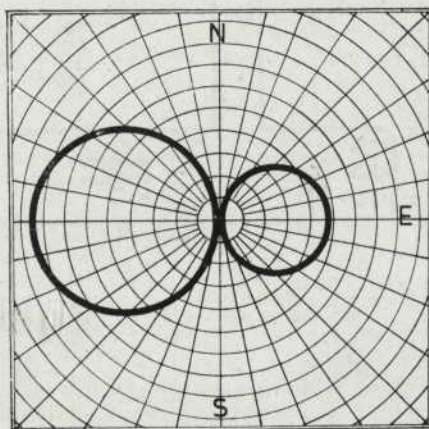


Fig. 16

quina sigui la direcció de l'emissora, es superposen a les del quadro, les quals pel fet d'estar desfasades en dues posicions oposades de  $180^\circ$ , augmenten un dels lòbuls de la característica i disminueixen l'altre, la qual cosa transforma la gràfica en una altra d'identica a la de la figura 16. Per ésser aquesta característica asimètrica podem determinar experimentalment el sentit d'una emissora que correspondrà, per exemple, al lòbul menor. Així, doncs, en rebre una emissió, es fa girar el quadro una volta completa, durant la qual, es noten *dos punts nuls*, que indicaran amb precisió la direcció de l'emissora, i *dos màxims*, un dels quals, el de menor intensitat, correspondrà al sentit absolut de l'estació.

Com a complement de la radiogoniometria, hem d'esmentar la implantació dels ràdio-farells, petites emissores automàtiques, instal·lades mar endins,

en boies ancorades, i que a intervals de temps determinat emeten senyals radiotelegràfiques especials, mitjançant les quals s'identifica el ràdio-farell, es coneix la seva posició i permeten reconèixer la situació geogràfica dels vaixells equipats amb quadre ràdiogoniomètric, encara que la principal utilitat és orientar i facilitar llur entrada en els grans ports.

Hem de remarcar, també, el gran paper que la ràdiogoniometria acompanya en l'orientació dels avions, particularment durant la nit i en els grans vols transatlàntics. La determinació pot fer-se pel mètode directe o per l'indirecte valent-se d'una nombrosa xarxa d'estacions anomenades d'aviació, equipades amb antena directiva i instal·lades en els aèrodroms de les rutes comercials.

Això que a vista d'ocell acabem d'exposar no és més que la teoria elemental de la ràdiogoniometria, sense entrar en detalls tècnics que ens haurien apartat de l'objecte que ens hem proposat en escriure el present article.

DR. PAU AGUSTÍ