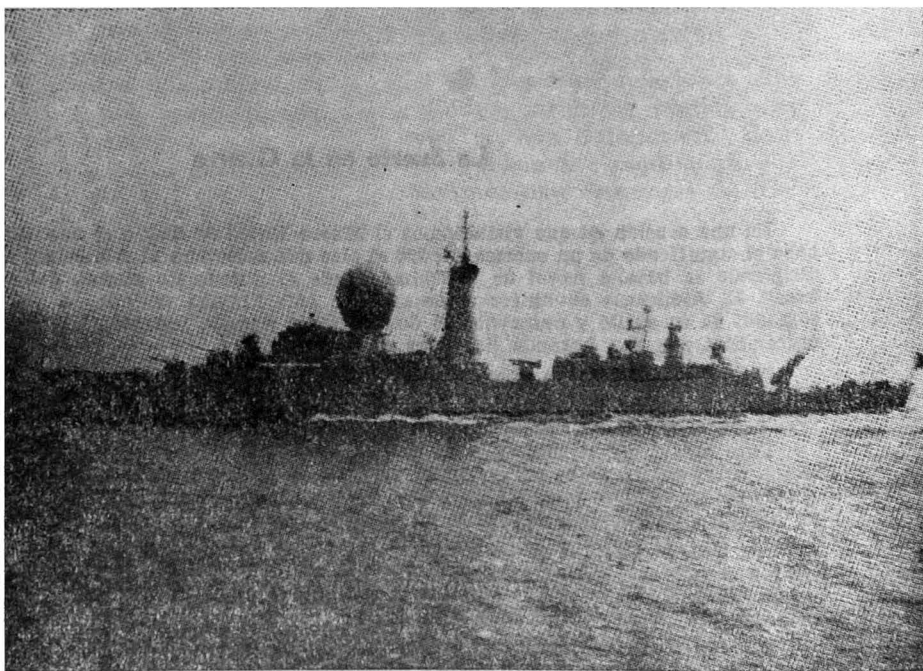


RADAR DE VIGILANCIA Y DESIGNACION DE OBJETIVO DE LAS FRAGATAS TIPO "SUFFREN"

Por

Teniente de Navío Gachot
Armada de Francia



La fragata lanzamisiles "Suffren".

La fragata lanzamisiles "Suffren", la más moderna de nuestra Marina de Guerra, acaba de pasar con éxito su examen de ingreso al servicio activo y a partir de 1969 constituirá uno de los mayores valores de nuestra escuadra del Atlántico.

En esta ocasión nos ha parecido interesante darles a conocer algunos detalles

de esta máquina compleja que es un buque de guerra moderno y de presentarles uno de los órganos esenciales para una unidad especialmente destinada a la defensa aérea de una fuerza en la mar: su radar de vigilancia aérea a gran distancia.

Este material, de concepción totalmente nueva, incorpora los más recientes

progresos de la técnica y la tecnología en el dominio de las hiperfrecuencias, verdadero ojo del buque, y es una realización francesa debida a la sociedad C.S.F. Las performances registradas durante las pruebas permiten afirmar que nuestra Marina posee con él un instrumento notable y que se ubica entre las más bellas realizaciones en el dominio de los radares de gran potencia.

GENERALIDADES

1. Las fragatas lanzamisiles "Suffren" y "Duquesne" (fig. 1).

Las fragatas lanzamisiles del programa naval francés están destinadas a llevar un armamento AA potente y moderno, que les permite asegurar no solamente su propia protección contra los ataques aéreos, sino también la de otros buques que pertenecen a la misma fuerza (portaaviones por ejemplo), por medio de sus propias armas (misiles superficie-aire tipo Masurca y artillería), o controlando las intercepciones. Es así que las fragatas tienen todos los medios para

atacar todo avión moderno o misil que vuele a gran altura y destruirlos a gran distancia.

Esta misión exige un órgano de detección de grandes performances, especialmente adaptado al problema: éste es el radar DRBI 23, radar tridimensional de vigilancia y designación de objetivos.

El radar DRBI 23 elabora, por cada objetivo detectado, un conjunto de tres coordenadas: distancia, azimut y posición (o altura). Estas informaciones son entregadas simultáneamente:

- A órganos de evaluación manual de tipo clásico (indicadores panorámicos, etc...).
- Y a un sistema automático de manipulación de datos, que incluye un calculador aritmético de gran capacidad.

Este sistema, denominado SENIT (Sistema de Evaluación Naval de Información Táctica) asegura, entre otras funciones, la evaluación de la amenaza; esta operación consiste en seleccionar, entre el conjunto de los objetivos detectados por el radar aquellos que constituyan un

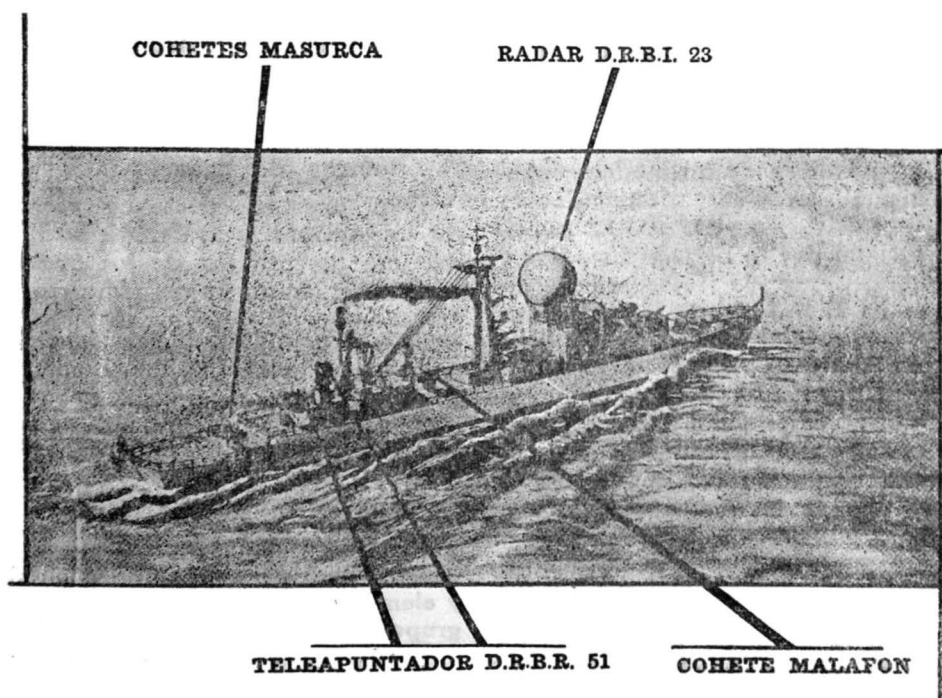


Fig. 1

mayor peligro para la fuerza naval, atribuirles un orden de prioridad, y presentarlos en forma a la vez clara y detallada, sobre las consolas de que disponen los evaluadores especializados situados en la Central de Operaciones.

Ellos destinan entonces, con todo conocimiento de causa, al blanco escogido:

- Una consola de control de intercepción.

- Un teleapuntador Masurca.

El sistema de armas Masurca asociado al radar DRBI 23 y al sistema SENIT, comprende finalmente:

- El conjunto radar-calculador DRBR 51 instalado en un teleapuntador,

- Los misiles Masurca propiamente dichos y el sistema de lanzamiento.

Para aumentar la probabilidad de intercepción, los misiles pueden ser lanzados por salvas de dos sobre un mismo blanco.

2. Historia

Los estudios preliminares cuya culminación es el radar DRBI 23, han sido llevados a cabo en tres direcciones paralelas:

- El desarrollo de una cadena de tubos amplificadores de ondas progresivas en banda ancha. La Marina nacional ha sido el promotor esencial de los estudios correspondientes.

- La realización de un modelo experimental de radar tridimensional. Este modelo llamado AC 12 fue financiado por la Sección Estudios y Fabricaciones de Telecomunicaciones (S.E.F.T.) que también efectuó las pruebas (vuelos de calibración, evaluación de las performances...) cediéndolo finalmente a la Marina. El radar AC 12 ha permitido a la C.S.F. adquirir una experiencia preciosa en el dominio de los radares tridimensionales, luego ha servido de banco de ensayos y para preparar diversos elementos del DRBI 23, así como también del sistema de manipulación de datos.

- La preparación de un modelo de antena tridimensional, que funciona en banda C y que permite obtener para la antena embarcada, caracte-

rísticas operativas que no posee la antena del radar modelo AC 12. Este estudio, financiado por la Marina, fue realizado por la C.S.F.

El año 1965 tuvieron lugar las pruebas y la realización, en fábrica o en la base, de todos los elementos.

Un conjunto fue instalado a bordo de la fragata "Suffren" a fines del año 1965.

Un segundo radar ha sido instalado a bordo de la fragata "Duquesne" en el curso del año 1968.

3. Características Generales

El radar DRBI 23 es un material de a bordo. Sus características, especialmente en potencia y en sensibilidad, han sido debidamente estudiadas para permitirle asegurar la cobertura aérea lejana (alta y baja) y, en caso urgente, la vigilancia de los objetivos de superficie.

La necesidad de localizar con precisión a la mayor distancia posible y en las tres dimensiones, objetivos que se desplazan muy rápidamente implica la realización:

- De un emisor de gran potencia;

- De receptores sensibles;

- De una antena de ganancia elevada, de haces múltiples simultáneos para la determinación de la ubicación de los ecos;

- Una estabilización de antena en función de los movimientos de plataforma del buque.

Para tener en cuenta las velocidades de los aviones, y a fin de facilitar al máximo los reflejos de los operadores, cuya duración no puede reducirse, las informaciones recogidas, amplificadas y seleccionadas por el radar son transmitidas bajo la forma de señales apropiadas a los sistemas automáticos de manipulación de datos al mismo tiempo que a indicadores panorámicos clásicos.

4. Esquema Sinóptico (fig. 2).

El radar DRBI 23 se compone de un número bastante grande de subconjuntos y elementos diferentes, repartidos en dos grupos:

- Por una parte, cuatro subconjuntos de equipos CSF;

- Emisor-receptor,

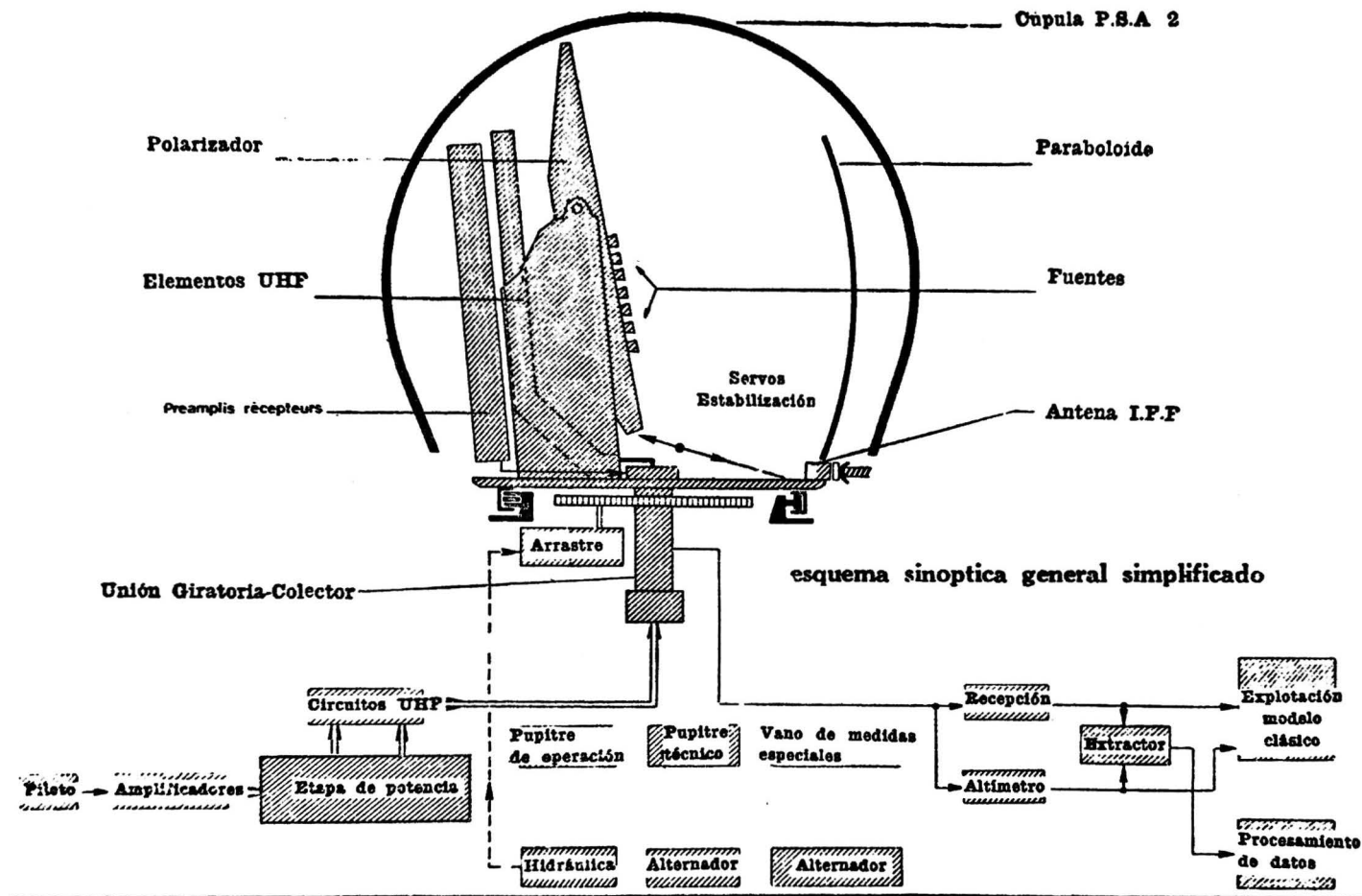


Fig. 2

- Calculador de altimetría,
- Antena tridimensional,
- Cúpula rígida.
- Por otra parte, subconjuntos y elementos diversos, entre los cuales se encuentran:
 - Un sistema de extracción, que permite alimentar los órganos de evaluación automática de datos T.I.V.,
 - Un sistema hidráulico de rotación de antena (Dennison-France),
 - Dispositivos de climatización (Arsenal de Lorient).

DESCRIPCION TECNICA

1. Cadena de emisión

Características generales

- El emisor funciona en la banda de frecuencia llamada banda L (longitud de onda cercana a los 23 cms.).
- La potencia de emisión es de varios megawatts valor de cresta.

Estructura de la cadena de emisión

El emisor del radar DRBI 23 se compone normalmente de un oscilador piloto y de una cadena de amplificación:

- El piloto es un carcinotrom,
- La cadena de amplificación se compone de una serie de etapas de banda ancha, capaces de amplificar en condiciones sensiblemente idénticas, los impulsos de frecuencias diferentes entregados por el piloto.

2. Antena

Principio - (fig. 3).

La antena es de haces sobrepuestos, del tipo Cassegrain invertido.

Un conjunto de fuentes primarias, repartidas sobre una línea notablemente vertical, ilumina un espejo parabólico semi-reflectante: las ondas emitidas por las fuentes en polarización vertical, son reflejadas por el paraboloide que asegura la focalización: los haces de ondas planas así formados caen entonces sobre un espejo plano "polarizador", cuyo efecto es enviarlas nuevamente sobre sí

mismas. La reflexión se produce de tal manera que la polarización de las ondas reflejadas es perpendicular a la de las ondas incidentes; las ondas enviadas por el polarizador encuentran de nuevo el paraboloide, pero como ellas están desde ya en polarización horizontal, lo atraviesan; franquean en seguida la cúpula, y se propagan más allá, en el espacio libre, en dirección de los posibles objetivos.

Por otra parte, la antena está totalmente descentrada en dirección (los dos espejos están al mismo lado del plano vertical que contiene las fuentes y paralelos al diagrama irradiado): de esta manera, las fuentes no interceptan la irradiación reflectada y no perturban su configuración: esta disposición permite obtener lóbulos secundarios lo más reducidos posible en su dirección.

Se puede destacar que en la óptica Cassegrain invertida, la focalización está asegurada solamente por los dos primeros elementos; las fuentes y el espejo parabólico. El espejo plano polarizador no interviene, pues, en cosa alguna para dar su forma al diagrama irradiado: su razón de ser es que permite dar al haz emitido cualquier orientación que se desee, sin modificar las condiciones de focalización (posiciones respectivas de las fuentes y del paraboloide).

Circuitos hiperfrecuentes

La antena está equipada con los siguientes circuitos UHF:

- Un conjunto giratorio simple, que asegura el encauzamiento simultáneo de:
 - Los impulsos de emisión de gran potencia,
 - La señal del oscilador local,
 - Diversas señales que pasan en una misma vía coaxial del conjunto giratorio que son asociadas y disociadas por este mismo conjunto que las integra y separa, con la ayuda de dispositivos de cambio de vía apropiados.
- Un sistema de división de potencia, destinado a distribuir el impulso de emisión a las guías de onda que conducen a las fuentes, permitiendo una repartición de la potencia entre las diferentes guías de onda.

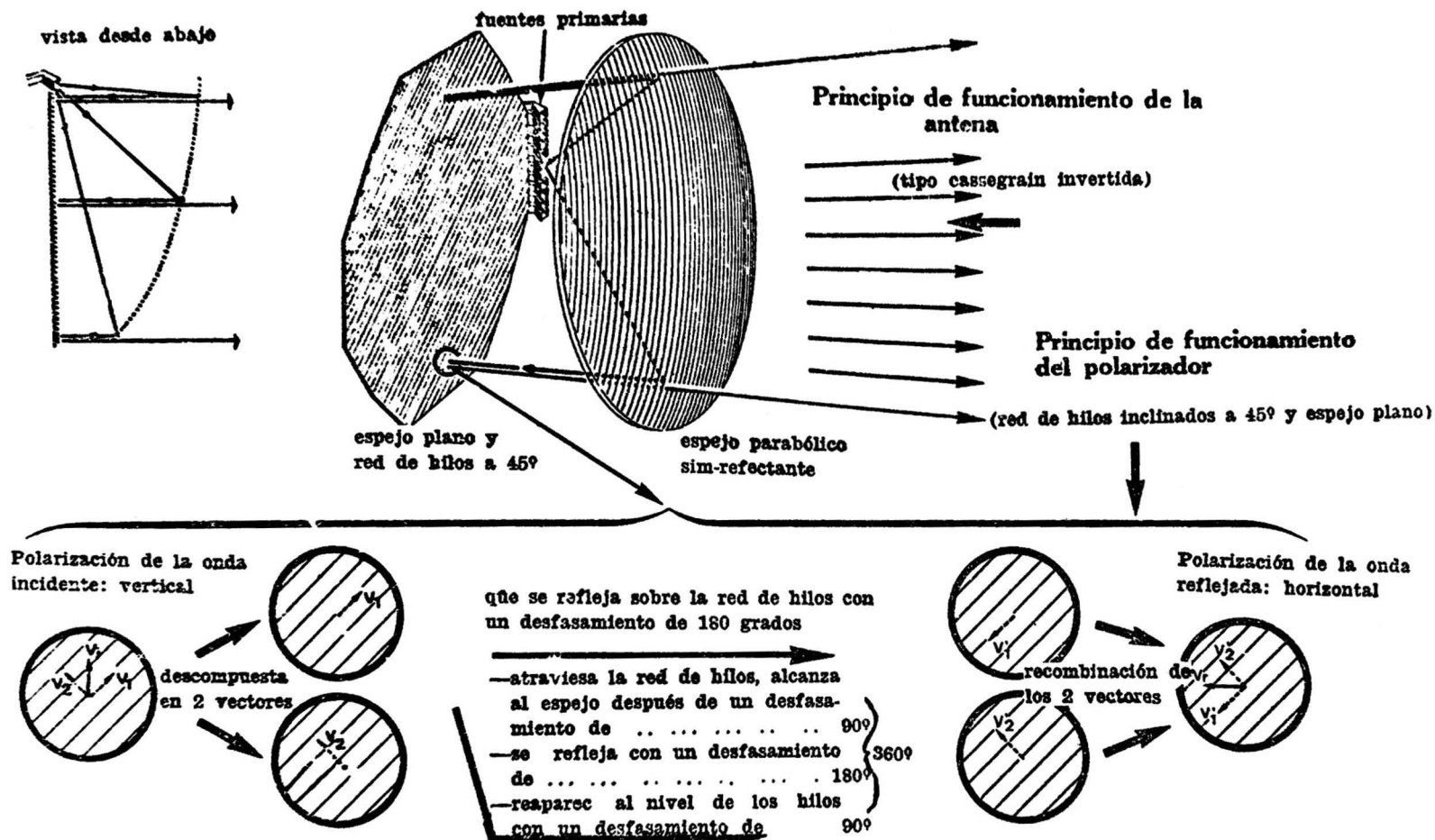


Fig. 3.

- Un conjunto de duplicadores compacto de ensambladura total,
- Un conjunto de ensambladores directivos, que permiten la inyección de las señales de prueba.
- Las fuentes primarias, dispuestas sobre una línea sensiblemente vertical.

Descripción mecánica

La estructura de base de toda la antena es una caja en forma de torre de un diámetro medio aproximadamente de 6 mts., llamada anillo.

Sobre este anillo se encuentran:

- Un soporte en forma de lira, en cuyo interior está hecho firme el espejo parabólico semi-reflectante,
- Una estructura soporte, compuesta de dos pilares reunidos por un elemento central, y sobre la cual están instalados:
 - El espejo plano polarizador oscilante,
 - El conjunto de los circuitos de hiperfrecuencia y la caja de recepción de la antena,
 - Los elementos de control y de estabilización,
 - Los elementos de enlace con los diversos órganos implicados para la rotación.

El anillo reposa sobre el pedestal de antena que forma el extremo superior de la torre, unida al buque por intermedio de dos juegos de 20 poleas que permiten el traslado y centrado de la antena, respectivamente.

La antena es movida en dirección con la ayuda de cuatro motores hidráulicos (actuando por intermedio de reductores y de piñones sobre la rueda dentada solidaria del anillo).

El fluido bajo presión necesario para esos motores es proporcionado por dos generatrices hidráulicas.

Estabilización

La estabilización está totalmente asegurada mientras la amplitud de las inclinaciones de la plataforma no sea superior a los 5° (lo que corresponde al funcionamiento normal, estando estabiliza-

do el buque mismo); también está asegurada, pero en menor proporción, cuando esta amplitud es superior a los 5°.

Cúpula

El conjunto de la antena está protegido por una cúpula rígida en forma de un "emparedado" de fibra de vidrio, compuesta por 53 elementos. Este conjunto está constituido por un apilamiento de trozos de tubo cilíndrico en fibra de vidrio, aprisionados entre dos paredes del mismo material; el espesor total es del orden de los 60 mm.

La cúpula está fija al extremo superior de la virola de repetición por intermedio de un conjunto de chapas de forma troncocónica; no es arrastrada en rotación con la antena.

NOTA: Una tecnología muy semejante ha sido utilizada para la realización del espejo parabólico semi-reflectante; el "emparedado" dieléctrico, que en sí, es transparente a la radiación electromagnética, sirve de soporte a hilos metálicos fijados en planos verticales paralelos al eje, sobre su faz interna; gracias a estos hilos, el sistema es reflectante para las ondas de polarización vertical, y transparente para las ondas de polarización horizontal (ver fig. 3).

3. Recepción

Amplificación a frecuencia intermedia

Las señales recibidas por la antena receptora son transmitidas por intermedio de duplexer después de la transferencia guía de onda-coaxial, desde los limitadores a diodos y de los filtros, a los conjuntos cabezales preamplificadores HF.

A la salida de la parte giratoria de la antena (en la cual están situados los circuitos antes nombrados) las señales de cada una de las vías de recepción pasan a la parte fija, por medio de anillos especiales del colector. Luego estas señales son aplicadas en paralelo:

- A los circuitos Recepción-Video encargados de proporcionar las informaciones necesarias para la elaboración de la imagen panorámica clásica ("Vigilancia horizontal").
- Al calculador de altimetría encargado de proporcionar las informaciones relativas a la "tercera dimensión", posición en altura.

Análisis y Procesamiento

Estos circuitos, mucho más desarrollados que en un radar típico a causa de las necesidades de análisis automático, comprenden particularmente:

- Los circuitos relativos al análisis manual, que permiten reagrupar los videos de las vías, a fin de mantener un video de "Vigilancia Total", distribuido a los diferentes operadores;
- Los circuitos relativos al análisis automático que permiten entregar señales, con una forma apropiada al sistema de extracción.

4. Altimetría (fig. 4).

El calculador de altimetría está constituido por el conjunto de circuitos FI y video relativos al tratamiento de la información de la ubicación de los blancos detectados.

El cálculo de la ubicación de un blanco implica las siguientes operaciones:

- La determinación de las dos vías en las cuales el eco producido por el blanco considerado es más fuerte: esta operación proporciona un valor aproximado de la ubicación del blanco, a saber la ubicación SN de la bisectriz de acoplamiento de las vías seleccionadas;
- El cálculo de la desviación ΔS entre la dirección del blanco y la bisectriz considerada, por interpolación del monopolso efectuada sobre las amplitudes de las señales recibidas en las dos vías: este cálculo se basa en el hecho que la forma de los diagramas de antenas es tal que la desviación ΔS es proporcional a la relación diferencia-suma de señales de las dos vías: $\Delta S = k \cdot D/S$.

A partir de estos elementos, y de los que entrega la antena, el calculador elabora en tiempo real y proporciona a los utilizadores las siguientes informaciones:

- Ubicación S de cada objetivo, resultante de la fórmula que viene a continuación (ver figura).

La ubicación S está expresada en código binario, y destinada al sistema de extracción:

- Altura H de cada objetivo, resultante de la fórmula siguiente:

$$H = D \operatorname{seno} S + \text{corrección de curvatura terrestre.}$$

Estando la ubicación S misma compuesta de un término principal (S) y de un término correctivo ($\Delta S + \Delta E$), la altura H se obtiene por la suma de tres términos elaborados separadamente de manera analógica.

Esta información es entregada a indicadores de control bajo la forma de un impulso de tensión cuya amplitud es proporcional a la altura calculada del objetivo.

- Corrección de dirección ΔG asociada a cada objetivo para tener en cuenta el hecho que la estabilización de antena no corrige la inclinación de los ejes: el término ΔG está expresado en código binario y destinado al sistema de extracción.

$$\Delta S = k \frac{n-m}{n+m} = k \frac{D}{S}$$

Ubicación del blanco = $S_N + \Delta S + \Delta E$

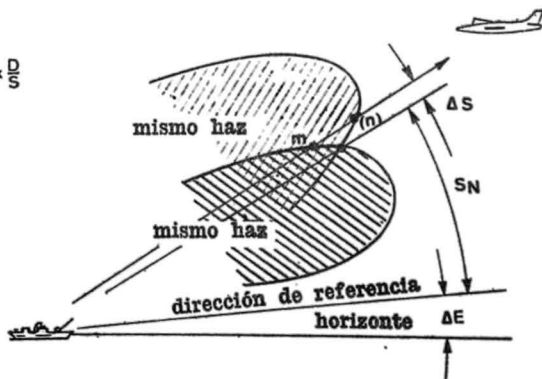


Fig. 4
Cálculo de ubicación y altura

5. Comandos y controles

Los órganos de comando, de control y de regulación del radar están concentrados especialmente en tres elementos:

- La consola principal, instalada en la Central de Operaciones, la que aporta los medios de comando y de control necesarios para el empleo del radar en las condiciones operacionales;
- La consola especial, instalada así como el espacio para las medidas, en uno de los recintos técnicos, que aporte todos los medios de comando, de control y de medidas necesarias para la colocación en ruta, la verificación del buen funcionamiento y la señalización de fallas del conjunto de radar;
- El espacio para los instrumentos de medidas especiales, que agrupa, además de los aparatos clásicos de medición, un conjunto de dispositivos especiales que permiten efectuar las verificaciones y regulaciones de mantenimiento. Estos dispositivos comprenden en particular:
- Un generador de ruido, situado en la antena, que permite la medición del factor de ruido de la vía cero,
- Un sistema de medición de señal tangencial de diferentes vías, en comparación con la vía cero,
- Un sistema de control de regulación de los preamplificadores y de las performances del conjunto de cálculo, etc...

MEDIOS DE PRUEBA

El diseño de la antena ha sido una operación muy larga y bastante compleja, cuya importancia ha implicado la creación de una base especial de pruebas en Fort Mengam (cerca de Brest).

Esta base fue construida bajo la dirección de la DCAN en Brest, a la cual la Dirección de los trabajos marítimos y la CSF aportaron su concurso. Consta principalmente de:

- Una estación de emisión, pudiendo desplazarse el emisor de regulación a lo largo de una columna de 150 mts. de altura;
- Una estación de recepción, donde estuvo instalada la antena en prueba, pudiendo tomar ésta cualquier orientación que se deseara, tanto en ubicación como en desplazamiento, en relación con el pie proveniente de la estación de emisión (cuya posición es fija).

La estación de recepción se compone de una infraestructura de hormigón (obra de atraque y rampa inclinada) y dispositivos de manipulación que permiten desembarcar la antena de la lancha e izarla en tierra hasta el tope de la estación y ponerla en posición de prueba.

La utilización de estos mismos medios permite trasladar el conjunto completo a bordo de la fragata sin tener que hacer nuevas intervenciones en ella (desmontaje...) que puedan modificar las regulaciones efectuadas en la base de ensayos.

(De la "Revue Maritime", diciembre de 1968).

