

ESTUDIO DE LA ORIENTACION DE LA
LINEA DE BASE PARA EL INTERFERO-
METRO DEL INSTITUTO ARGENTINO DE
RADIOASTRONOMIA.

Fernando R. Colomb y
Valentín Boriakoff



COMISION DE INVESTIGACION CIENTIFICA
INSTITUTO ARGENTINO DE RADIOASTRONOMIA
RADIOASTRONOMIA 11

PROVINCIA DE BUENOS AIRES
GOBERNACION

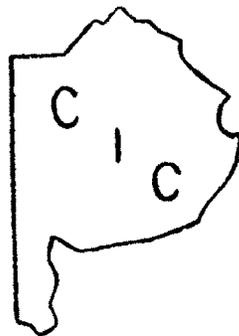
COMISION DE INVESTIGACION CIENTIFICA
NOTAS

Vol. IV

Nº 9

**ESTUDIO DE LA ORIENTACION DE LA LINEA DE BASE
PARA EL INTERFEROMETRO DEL INSTITUTO
ARGENTINO DE RADIOASTRONOMIA**

por FERNANDO R. COLOMB - VALENTIN BORIAKOFF



LA PLATA

1967



PROVINCIA DE BUENOS AIRES
GOBERNACION

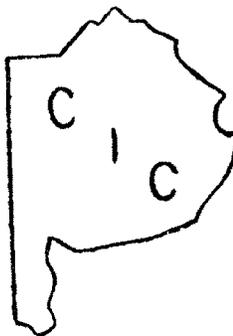
COMISION DE INVESTIGACION CIENTIFICA
NOTAS

Vol. IV

Nº 9

**ESTUDIO DE LA ORIENTACION DE LA LINEA DE BASE
PARA EL INTERFEROMETRO DEL INSTITUTO
ARGENTINO DE RADIOASTRONOMIA**

por FERNANDO R. COLOMB - VALENTIN BORIAKOFF



LA PLATA

1967

Estudio de la orientación de la línea de base para el interferómetro del Instituto Argentino de Radioastronomía

Por Fernando R. Colomb - Valentín Boriakoff (*).

Abstract. -- Given two equatorially mounted antennas which can track a source during only four hours, a study is made of the geometry required to use these two antennas to obtain aperture synthesis.

Parámetros que se toman en cuenta en este estudio:

Diámetro antenas: 30 m

Latitud del lugar: $-34^{\circ} 00' 00''$. Se hizo el estudio para el hemisferio norte ya que las conclusiones son las mismas que para el hemisferio sur.

Límites de ángulo horario de las antenas -2 hs y $+ 2$ hs

Límite de declinación de las antenas: -90° a -9°

Dos problemas principales serán estudiados con el interferómetro: 1) síntesis de la distribución de brillo en radiofuentes y 2) posición de radiofuentes casi puntuales.

Se analizará ahora el punto 1).

La distribución bidimensional de brillo en una radiofuente, $T(\alpha, \delta)$, se puede estudiar por medio de la transformación bidimensional de Fourier. O sea, que si se conocen completamente las componentes de frecuencias espaciales u, v , se puede reconstruir a partir de ellas la distribución de brillo que las origina.

A cada frecuencia espacial corresponde una componente caracterizada por su amplitud y fase. El total de estas componentes forman la función de visibilidad compleja, $V(u, v)$. Aproximando el entorno del punto estudiado de coordenadas α_0, δ_0 , a un plano de coordenadas cartesianas x, y :

$$\begin{aligned}x &= (H - H_0) \cos \delta \\y &= \delta - \delta_0\end{aligned}$$

(*) Instituto Argentino de Radioastronomía.

Las relaciones están dadas por 1:

$$(1) \quad T(x, y) = c \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} V(u, v) \exp [2\pi j (ux + vy)] \, du \, dv$$

Donde $C = \frac{\lambda^2 S}{2k}$ (por la aproximación de Rayleigh-Jeans usada).

λ : longitud de onda, S : densidad de flujo, k : const. de Boltzman.

$T(x, y)$: temperatura de brillo.

$$(2) \quad V(u, v) = A(u, v) \exp [- j\Phi(u, v)]$$

$A(u, v)$: amplitud de la componente de Fourier de frecuencia espacial u, v .

$\Phi(u, v)$: fase de la componente de Fourier de frecuencia espacial u, v .

Llamaremos:

$$t(x, y) = \frac{T(x, y)}{c}$$

La antitransformada de (1) es:

$$(3) \quad V(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} t(x, y) \exp [- 2\pi j (ux - vy)] \, dx \, dy$$

Como $t(x, y)$ es real $V(u, v)$ debe cumplir, como se demuestra a partir de (3):

$$(4) \quad V(u, v) = V_1(-u, -v) \quad (\text{hermitiana})$$

O sea que conociendo los valores de $V(u, v)$ en la mitad del plano, conoceremos todos los valores de $V(u, v)$.

Reemplazando (2) en (1) y teniendo en cuenta (4), obtenemos:

$$(5) \quad t(x, y) = 2 \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} A(u, v) \cos 2\pi \left[ux + vy - \frac{\Phi(u, v)}{2\pi} \right] \, du \, dv$$

Si conociéramos $A(u, v)$ y $\Phi(u, v)$ en la mitad del plano u, v por (5) podríamos reconstruir $t(x, y)$ o $T(x, y)$.

Según Alain T. Moffet², la respuesta función del tiempo de un interferómetro de dos antenas que sigue a la radiofuente es una sinusoides cuya amplitud y fase determinan la función de visibilidad $V(u, v)$.

Las coordenadas u, v de esta función resultan ser las proyecciones de la línea de base del interferómetro en un plano

perpendicular a la dirección de observación y en direcciones N-S (v) y E-O (u).

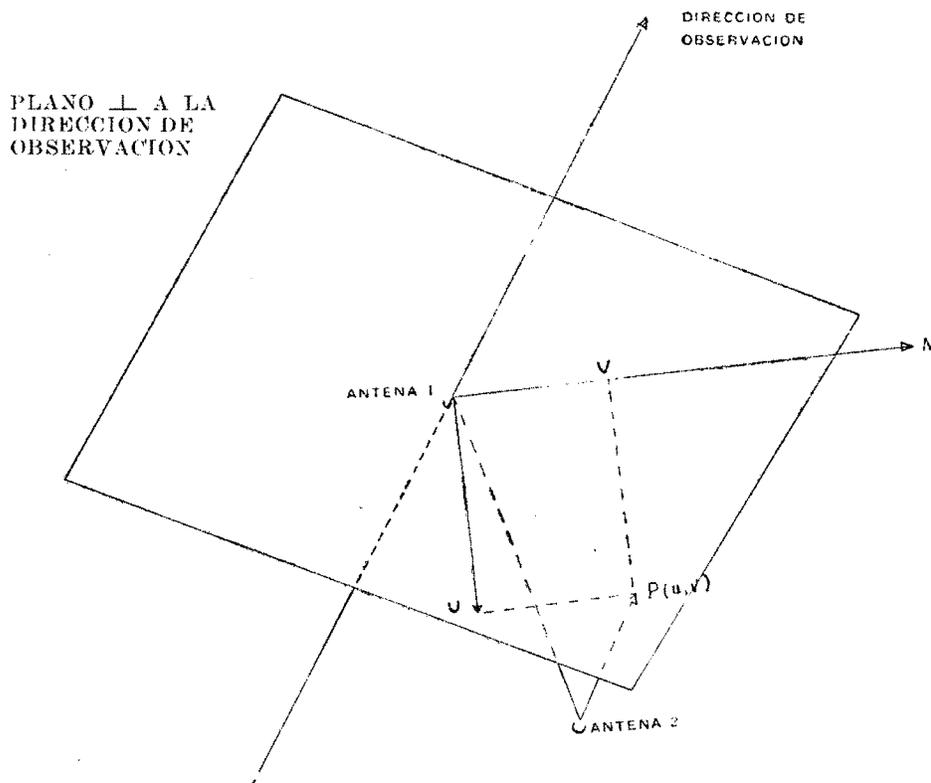


Fig. 1

Cuando un interferómetro sigue la radiofuente en el curso de la rotación diurna, se demuestra que el punto P (u, v) describe en este plano una elipse cuyas ecuaciones paramétricas son ³:

$$(6) \quad u = \frac{D}{\lambda} \cos (d) \operatorname{sen} (H - h)$$

$$(7) \quad v = \frac{D}{\lambda} [\operatorname{sen} (d) \cos (\delta) - \cos (d) \operatorname{sen} (\delta) \cos (H - h)]$$

Donde:

D = separación entre antenas.

λ = longitud de onda.

H = ángulo horario de la radiofuente.

h = ángulo horario de la intersección norte de la línea que une las dos antenas con la esfera celeste.

d = declinación de la intersección norte de la línea que une las dos antenas con la esfera celeste.

δ = declinación de la radiofuente.

Otros parámetros de esta elipse son:

Centro de la elipse: $u_0 = 0, v_0 = -D \sin d \cos \delta.$

Semieje mayor: $a = D \cos d.$

Semieje menor: $b = D \cos d \sin \delta.$

Una rotación de 24 horas significa recorrer la elipse una vez.

Debido a nuestra limitación en ángulo horario, tendremos recorridos de arcos de elipse.

El objeto de este estudio, es hallar la orientación de la línea de base del interferómetro, de tal manera que el área cubierta en el plano u, v sea máxima, suponiendo que la información esté equidistribuida en el plano u, v .

Para estudiar la variación de los arcos de elipses con la orientación del interferómetro y la declinación de la radiofuente, se hizo un programa en la computadora IBM 7040 del NRAO para resolver las ecuaciones (6) y (7). Los resultados se adjuntan en las figuras 2, 3 y 4.

Se tomó $D = 1$, azimut de la línea de base A desde 0° (N-S) a 90° (E-O) cada 10° , declinación de las radiofuentes desde 10° a 80° cada 5° .

Los resultados obtenidos se pueden resumir así:

1) No hay una única línea de base que nos dé un cubrimiento suficiente para realizar síntesis de distribuciones de brillo en 2 dimensiones. Para comprobar si existe una orientación óptima se aplicó una variante del método de S. Zisk⁴

Suponiendo una distribución uniforme de radiofuentes en el cielo, el número de ellas, comprendidas en un intervalo de declinación variará con el coseno de la declinación: $N = K \cos(\delta).$

Suponiendo varias orientaciones de la línea de base, caracterizadas por el azimut A , medido desde el punto norte del horizonte hacia el este, y hallando el área cubierta en el plano (u, v) entre el arco de elipse y el origen, $S(\delta, A)$, se puede estimar un valor que nos da aproximadamente la cantidad de información obtenida con cada orientación A (Tabla I):

$$(8) \quad I(A) = \int_0^{90} N(\delta) S(\delta, A) d\delta$$

Haciendo la sumatoria en lugar de la integral se obtuvo una serie de valores que se ven en la Tabla II, de donde se ve que no hay mayor diferencia entre $A = 0^\circ$ (orientación N-S) y $A = 90^\circ$ (orientación E-O).

Para mayor precisión se tomó la distribución real de radiofuentes del hemisferio sur del Catálogo de Parkes, Australia, y se repitió el cálculo con igual resultado.

2) Para poder hacer síntesis de distribución de brillo en 2 dimensiones, es necesario un mayor cubrimiento del plano u, v , cosa que se puede obtener teniendo dos orientaciones de línea de base y dos antenas móviles sobre las mismas.

TABLA I

Area comprendida entre arcos de elipse y origen:

| δ | A = 90 | A = 70 | A = 40 | A = 0 | cos δ |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 10° | 14.956 | 17.785 | 30.085 | 42.084 | .985 |
| 20° | 28.937 | 30.460 | 38.135 | 45.000 | .940 |
| 30° | 42.519 | 42.665 | 44.391 | 45.547 | .866 |
| 40° | 54.282 | 53.345 | 49.221 | 45.760 | .766 |
| 50° | 65.302 | 62.974 | 52.978 | 44.767 | .643 |
| 60° | 73.162 | 69.120 | 54.570 | 41.77 | .500 |
| 70° | 79.470 | 74.73 | 55.29 | 36.265 | .342 |
| 80° | 82.85 | 74.64 | 53.55 | 32.69 | .174 |

TABLA II

| δ | A = 90° a cos δ | A = 70° a cos δ | A = 40° a cos δ | A = 0° cos δ |
|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| 10 | 14.732 | 17.518 | 29.634 | 41.453 |
| 20 | 27.201 | 28.632 | 35.847 | 42.300 |
| 30 | 36.821 | 36.948 | 38.443 | 39.444 |
| 40 | 41.580 | 40.862 | 37.703 | 35.052 |
| 50 | 41.989 | 40.492 | 34.065 | 28.785 |
| 60 | 36.581 | 34.560 | 27.285 | 20.885 |
| 70 | 27.179 | 25.558 | 18.909 | 12.402 |
| 80 | 14.42 | 13.00 | 9.318 | 5.688 |
| $\Sigma =$ | 240.503 | 237.632 | 231.204 | 225.989 |

Informaciones
relativas

Σ = cantidad de información obtenida con interferómetros de distinta orientación teniendo en cuenta distribución uniforme de radiofuentes.

La configuración que nos da el mejor cubrimiento del plano u, v es una T, pues el área intermedia entre las secciones N-S y E-O es cubierta por las direcciones oblicuas.

La dirección N-S nos da una medición precisa de la declinación de las radiofuentes y de igual forma es posible una medición de la ascensión recta, por crossover cero⁵.

La dirección E-O nos da también una medición precisa de la ascensión recta pero las declinaciones tendrán un error que será función de $\text{cosec } \delta$.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se propone como configuración la T con un brazo N-S y otro E-O, Fig. 5.

La disposición de las bases sugerida, que no es la única, se hizo con el criterio de tener un máximo de longitudes y orientaciones de línea de base con un mínimo de estaciones.

Charlottesville, septiembre, 1966.

Agradecemos a los integrantes del National Radio Astronomy Observatory la colaboración brindada para que se concrete este trabajo.

Elipses en el plano $u v$ del Interferómetro del I.A.R.

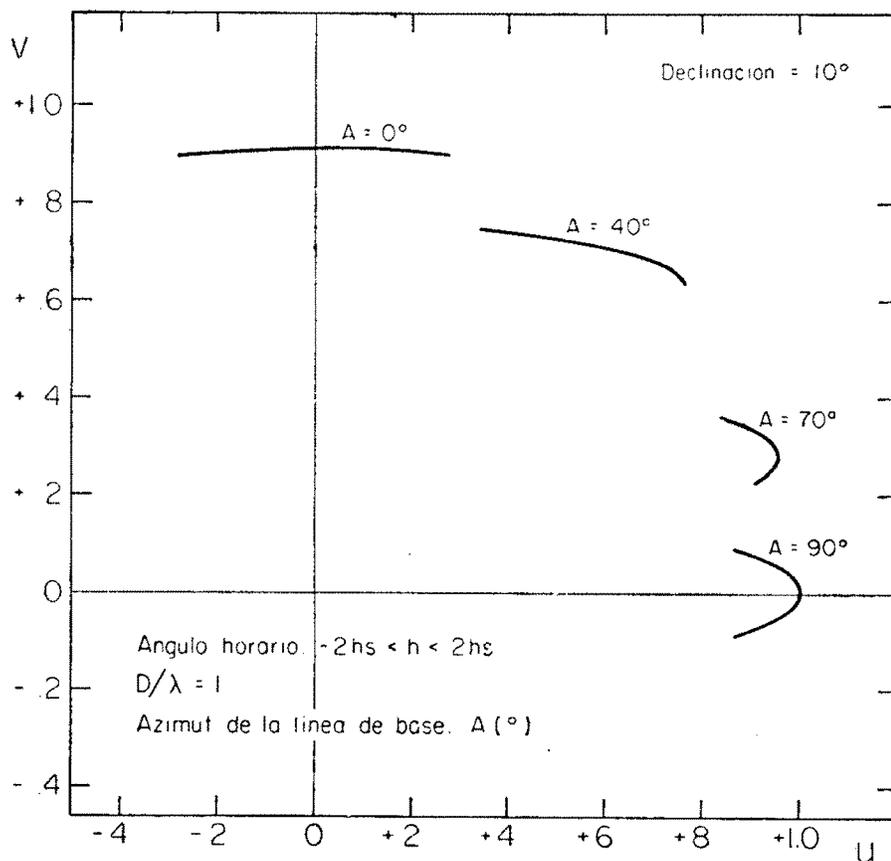


Fig. 2

Elipses en el plano $u v$ del Interferómetro del I.A.R.

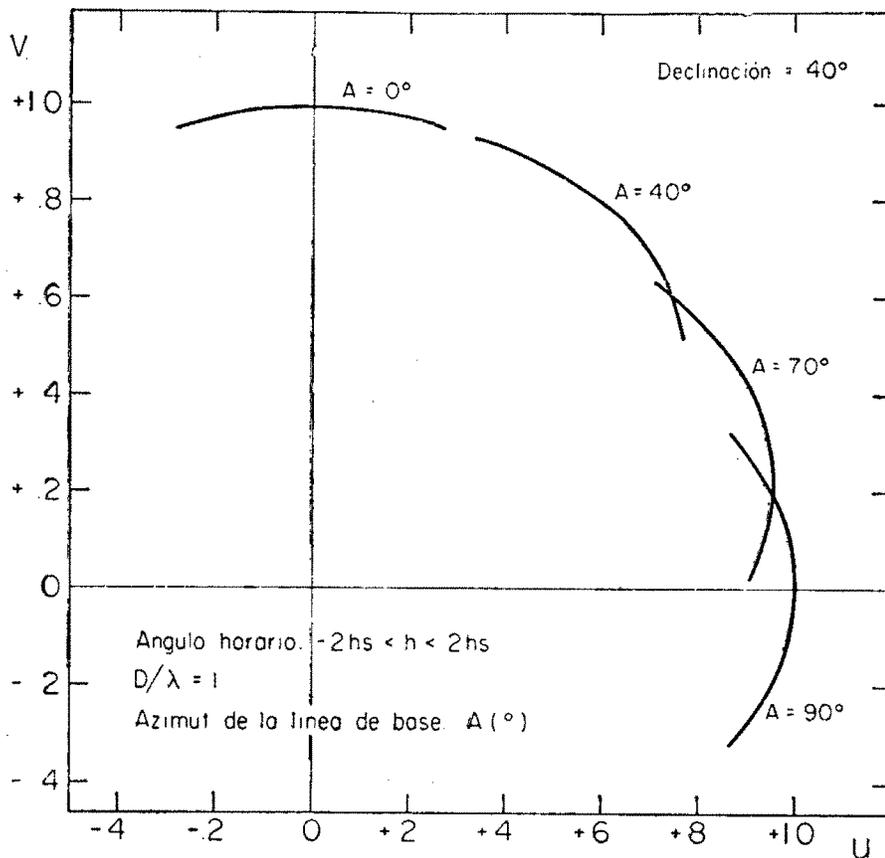


Fig. 3

Elipses en el plano u v del Interferómetro del I.A.R.

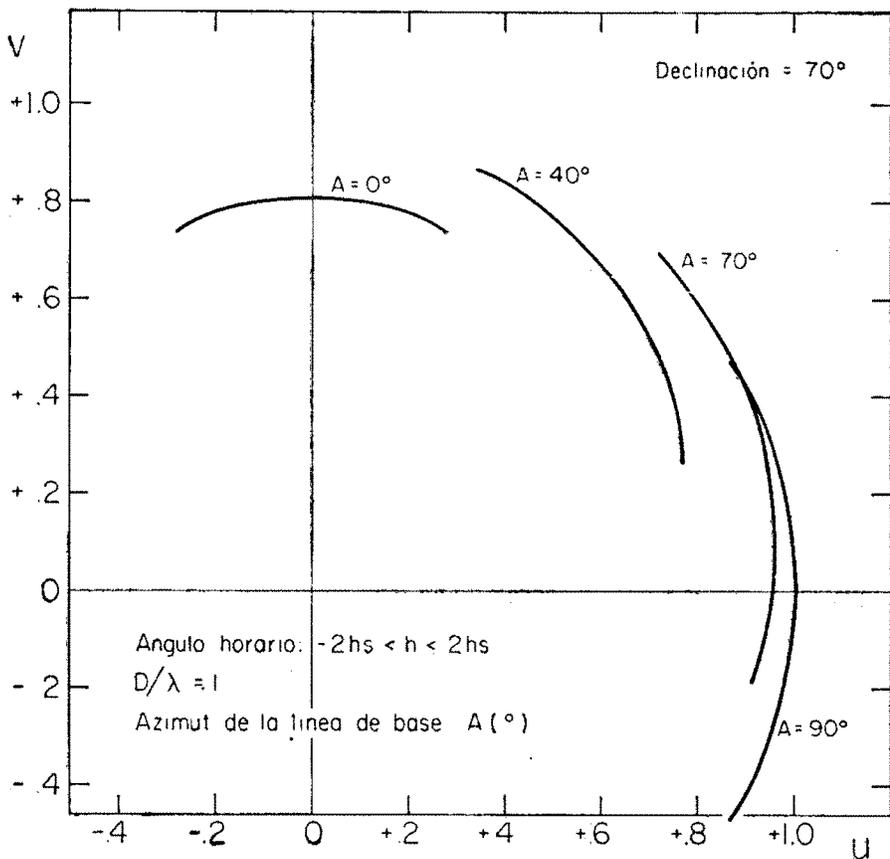


Fig. 4

Disposición propuesta para el Interferómetro IAR

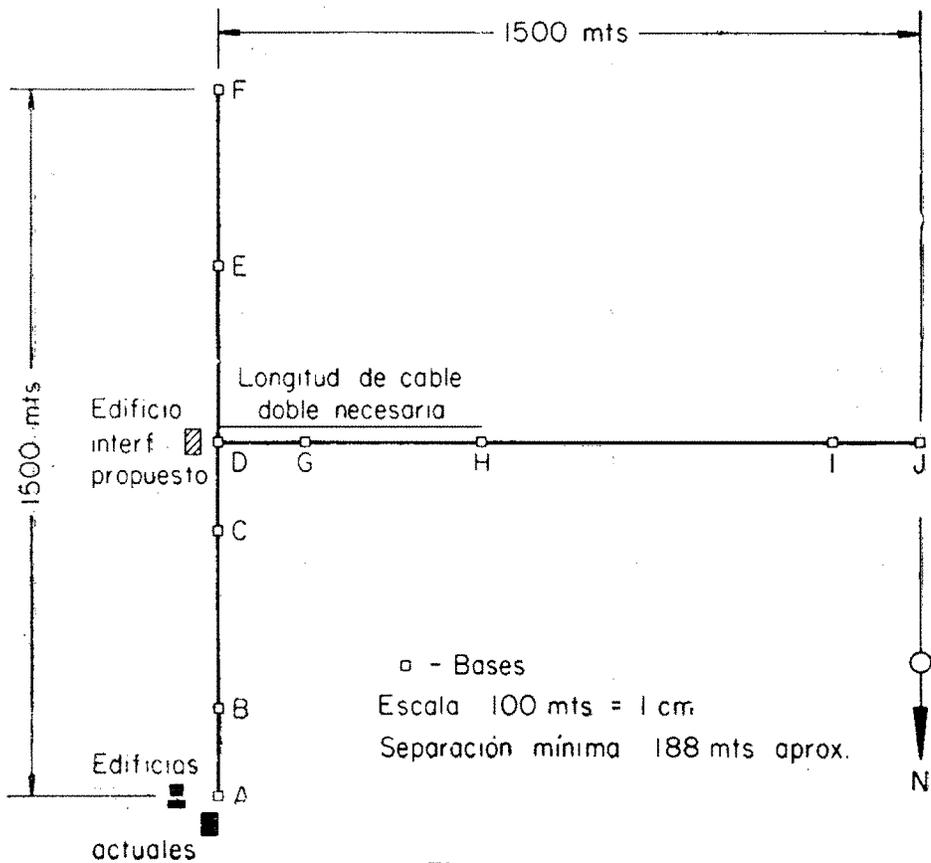


Fig. 5

NOTAS

1. C. M. WADE: "Fitting source models to interferometer observation". NRAO. February 1965.
2. ALAIN T. MOFFET: "Brightness Distribution in Discrete radio sources" I Observations with an EW interferometer, A. P. J. Supplements Series: Vol. VII, pág. 93, 1962.
3. B. ROWSON: "High Resolution Observations with a Tracking Radio Interferometer", Monthly Notices of the R. A. S.; Vol. 125, Nº 2, 1963.
4. S. ZISK: "An Interferometric Study of Several Discrete Radio Sources", May 1965, Radioscience Laboratory, Stanford Electronics Laboratories.
5. R. B. READ: "Two Element Interferometer for accurate position determinations at 960 Mc". I. R. E. Trans. Ant. and Propag., Jan. 1961.