

INFORME VIAJE

JUAN CARLOS OLALDE

Entre los días 19/8/1980 y 22/8/1980 se desarrolló en Grenoble (Francia) un Simposio sobre tecnología de ondas milimétricas organizado por el Instituto de Radioastronomía Milimétrica de Francia.

En dicho evento, con la participación de representantes de los mas variados centros de investigación y desarrollo de tecnología electrónica para Radioastronomía, se expusieron distintos temas, de los cuales se hará un comentario.

Uno de los tópicos tratados por algunos de los participantes, fué el problema de construcción y medida de superficies para antenas parabólicas, (Baars, Findlay, Hooghout). En la actualidad, los telescopios de ondas milimétricas son del tipo Cassegrain, para poder colocar receptores refrigerados detrás del relativamente pequeño reflector y se sugirió el estudio de nuevos métodos de diseño que podrían llevar la construcción de antenas en forma económica, con exactitudes de la superficie considerablemente menores de $100\mu\text{m}$ y de tamaños del orden de 5-10 m.

Según Hooghout (Max Planck Institute, Bonn) las superficies para telescopios en ondas milimétricas deberían ser mejoradas hasta llegar a valores RMS de desviación de 25 a $100\mu\text{m}$. Los resultados obtenidos en el Instituto Tecnológico de California prueban la posibilidad de alcanzar estos resultados.

Seguidamente se mencionan los telescopios actualmente en construcción y sus características, tomando la relación entre el diámetro y la desviación RMS como un factor de mérito del telescopio:

Telescopio	Diámetro (M)	σ (mm)	D/ σ
SRC (Inglaterra). La Palma	15	.05	300000
- NRAO Hawái	25	.07	355000
* MPI - Iram. España	30	.09	355000
SRC - Japón	45	.2	225000
- IRAM - Francia	15	.05	300000
- CALTECH - Hawái	10,4	.02	500000

Paralelamente a la mejora en la construcción de las superficies para telescopios en ondas milimétricas, se están realizando trabajos en nuevas técnicas de medida de superficies. En general el problema no es simple y cada telescopio tiene su propio sistema. Findlay (NRAO) está realizando trabajos e implementando nuevos métodos que le permitirán medir superficies con gran exactitud.

Otros de los temas abordados en las exposiciones, fueron los relacionados con tecnologías de diodos Schottky; Mattauch (Universidad de Virginia), Kelly, Schneider, etc).

Es de destacar el trabajo que se está llevando a cabo en la Universidad de Virginia relacionado con el desarrollo de diodos mezcladores de tal forma de obtener la mayor frecuencia de corte y el menor ruido interno posible.

Los laboratorios Bell también están desarrollando diodos mezcladores para receptores de ondas milimétricas, y son frecuentemente usados por la mayoría de los observatorios.

T. Phillips (Caltech) abordó el tema "Detectores Superconductores Durante los años 1975-1977 surgieron las junturas denominadas SIN, y entre 1977 y 1980 se desarrollaron las junturas SIS. Para mayores detalles, remitirse a: "Electronics Division Internal Report N° 186" del NRAO, donde se podrá obtener bibliografía adecuada para este tema.

Se mencionan algunas temperaturas de ruido en Simple Banda Lateral para mezcladores SIS.

Laboratorio	Frecuencia (GHZ)	Temp. Ruido (°K)
Berkeley	36 GHZ	10°K
BTL/Caltech	115 GHZ	60°K
" "	230 GHZ	350°K

Kollberg (Onsala) abordó el tema de diseño de mezcladores refrigerados para uso en ondas milimétricas, como así también los resultados obtenidos sobre las bondades de diferentes diseños realizados por grupo de distintos centros de Investigación.

Para dar una idea del estado del arte de la tecnología de mezcladores para ondas milimétricas en simple banda lateral, se dan los siguientes datos:

Frecuencia GHz	Temp. operación °K	T _{mxr} °K	L db	T _{if} °k (1,4GHz)	T _{rec}	Referencia
Single ended, Temp. Ambiente						
115	300	660	5,8	50	860	Kerr (Goddard)
170	300	1300	8	50	1600	Vizard (Appleton)
300						
Quasi-optico Injecc.						
L.o	300	2600	9	50	3000	Erickson (Uni-Mass)

Singled ended, refrigerados

85	14	100	8	22	240	Kollberg	(Onsala)
115	15	200	7	22	300	Linke	(Bell)
170	15	-	-	-	600	Weinreb	(NRAO)

Los datos satisfacen la ecuación: $Trec + L. Tif.$ Las contribuciones de las componentes de guía de onda están incluidos.

Sander Weinreb (NRAO), presentó un trabajo relacionado con componentes de frecuencia intermedia de bajo ruido para receptores de ondas milimétricas. Dada la importancia que presentó el tema relacionado con las mejoras que podrían introducirse en el receptor del Instituto Argentino de Radioastronomía, se solicitó al Sr. Weinreb información adicional sobre dicho tema, parte de la cual ya está en el Instituto.

La discusión de Sander Weinreb, giró en torno al diseño óptimo para mínimas figuras de ruido, de amplificadores que utilizan FETS de GAAS, con técnicas de líneas de transmisión sobre circuitos impresos. Se considera la diferencia que existe entre adaptación de impedancias para máxima potencia de salida y mínimo ruido.

Otro tema tratado fué el relacionado con generadores de señal para ondas milimétricas.

John Archer (NRAO), hizo una descripción de distintos componentes de generación de señales, el estado actual de desarrollo de dichos elementos y las predicciones de futuros diseños.

Dentro de los llamados osciladores fundamentales, existen dos tipos principales: dispositivos con diodos Gunn y dispositivos con diodos Impatt.

Existe otro tipo de oscilador en ondas milimétricas llamado generador de armónicos; éstos proveen una fuente conveniente de generación de señales, donde se hace difícil lograrlo con generaciones directas. Para este tipo de generadores se utiliza el varactor de juntura abrupta.

El estado del arte de los distintos osciladores han sido publicado por John Archer (NRAO). (Abstract, URSI Symposium on millimeter technology in radioastronomy, Grenoble, Aug, 1980).

Los futuros intentos para mejorar las fuentes de señales en ondas milimétricas tienden a concentrar los esfuerzos en:

a) Elementos de InP, que ofrecen ventajas sobre la de GAAS en osciladores de estado sólido.

b) Investigaciones tendientes a la optimización de parámetros de varactores en ondas milimétricas, que llevarían a éstos elementos a operar en frecuencias más elevadas.

Jack Welch (Berkeley) trató el tema: Osciladores locales para Interferómetros en Ondas milimétricas.

Dentro de las elecciones posibles de osciladores locales, se puede optar por osciladores Klystron, Gunn, Impatt, Carcinotrón, oscilador + multiplicador.

Los osciladores de estado sólido, son convenientes por razones de economía, simplicidad y larga vida, y son prácticos en el sentido de los requerimientos de baja potencia de los mezcladores criogénicos.

Para interferometría, se requiere mejor estabilidad de fase que para espectroscopía con una antena solamente. Dicha estabilidad es lograda con los sistemas bloqueados en fase corrientemente en uso. Con componentes convencionales y algún cuidado se puede obtener una adecuada estabilidad. Mayor información puede obtenerse consultando a Jack Welch o W. Tap Lum (Universidad de California, Berkeley).

N. Kaifu (Universidad de Tokio) reseñó las ventajas y dificultades que presentan los radioespectrómetros acusto-ópticos, actualmente en uso en varios observatorios de ondas milimétricas.

Los radioespectrómetros acusto-ópticos, actualmente en uso en varios observatorios se han convertido en una importante herramienta, especialmente para observaciones en espectros de ondas milimétricas. Los radioespectrómetros proveen típicamente 1000 puntos de resolución con simple deflector de luz, una resolución máxima de 20 KHZ o 1 GHZ de máximo ancho de banda con técnicas corrientes. En la actualidad mas de siete radioespectrómetros acústicos están en operación y varios Institutos tienen proyectada la construcción de ellos.

Se mencionan algunos Institutos y características de espectrómetros actualmente en uso:

	Material acusto-óptico	Ancho de banda (MHZ)	Resolución (KHZ)	Número de canales	Propósito
Csiro	cuarzo	90	240	512	Espectroscopía mm.
Tokio Astro-nom. Observ.	Te O_2	200	800	256	Espectro dinámico solar
Caltech(ovro)	vidrio	100	160	1024	Espectroscopía mm.

La resolución de frecuencia de los espectrómetros acústico-ópticos está esencialmente dada por v/a , donde a es la apertura de la región de difracción y v es la velocidad del sonido en el material acústico-óptico. Utilizando una velocidad del sonido muy baja (o, 616 Km/seg) en la dirección (110) del Te O_2 , se obtiene una resolución de 30 KHZ con una apertura de 20 mm.

Con otros materiales, por ejemplo vidrio, es posible lograr resoluciones del orden de 20 a 30 MHZ usando aperturas mayores. En ambos casos, el límite en resolución de frecuencia es de alrededor de 20 KHZ, o sea que éste tipo de espectrómetro no tiene la resolución adecuada para longitudes de ondas centrimétricas.

En el caso del Te O_2 , el ancho de banda límite es de alrededor de 50 MHz para la dirección (110) y alrededor de 300 MHz para la dirección (001).

Las perspectivas futuras se basan en el interés de obtener mayores anchos de banda, puesto que la resolución en frecuencia de estos espectrómetros está limitada.

La información que se expone aquí fué suministrada por N. Kaifu, del Radio Observatorio de Nobeyama (Universidad de Tokio).

M.A. Gordon (NRAO) presentó un trabajo relacionado con el costo de operación del telescopio de ondas milimétricas ubicado en Tucson (Arizona). Con un total de 30 empleados, 17 de los cuales son ingenieros o técnicos electrónicos, se dispone de 6600 horas por año para observaciones.

Solo el 20% de éste tiempo de observación es usado para observaciones en el continuo; el 80% para espectroscopía. El costo total de operación es de alrededor de 0,01 ESU por hora de observación, donde 1 ESU (Unidad de Salario de Ingeniería) se define como 25.000 dólares por año.

OBSERVATORIO DE MEUDON

En este lugar se desarrollan la mayoría de los equipos para ser utilizados en el Radiotelescopio de Nancay.

Se están construyendo amplificadores con FETS de Arseniuro de galio de bajo ruido, y dada las características del Radiotelescopio de Nancay, aquellas presentan ciertas dificultades para ser utilizados en dicho instrumento.

El sistema de alimentadores y guías de onda construidos para el receptor de Nancay, presenta cierto interés fundamentalmente por la tecnología empleada para obtener dos polarizaciones lineales y polarizaciones circulares. El diagrama en bloques del mencionado sistema se muestra mas adelante.

Dentro de la tecnología de ondas milimétricas, es de tener en cuenta el instrumental utilizado en este tipo de trabajo, que difieren un tanto del utilizado en receptores de 21 cm. El tamaño de las componentes y el armado de mezcladores, filtros, etc para ondas milimétricas, hace necesario el uso de microscopios y grandes lupas. Las cámaras criogénicas se hacen imprescindibles para las pruebas de amplificadores de bajo ruido refrigerados.

En este lugar se desarrollan las mezcladores refrigerados para uso entre 85 y 110GHz utilizados en el Observatorio de Bordeaux. Instrumentos como el medidor de parámetros S y el Analizador de Circuitos son de uso corriente.

Un instrumento que mejoraría sensiblemente las características del receptor del IAR es el correlador digital

Diego Cezansky desarrolló en Meudón un correlador digital que está siendo utilizado en el radiotelescopio de Nancay. Las características del correlador son las siguientes:

Nº de canales: 1024

Ocho niveles de digitalización (3 bits)

Sensibilidad: 96% comparada con el sistema multicanal equivalente

Mínimo ancho de banda por canal: 53 HZ

Pueden ser estudiadas hasta 4 líneas espectrales separadamente. El sistema de computadoras para procesamiento de datos existente en Meudon está compuesto por tres PDP11/34, enlazadas con una IBM 370 ubicada en un lugar distante.

En estos momentos se está instalando una computadora VAX-II de Digital Equipment Corporation, con una longitud palabra de 32 bits. Esta máquina está siendo adoptada en varios observatorios para cubrir necesidades del presente y futuro.

En los laboratorios de Meudón se desarrolló un receptor criogénico de bajo ruido para 115 GHz. G. Beaudín es una de las personas involucradas en el proyecto.

Dicho grupo interactuó con los grupos de desarrollo de receptores de ondas milimétricas de A.R. Kerr (Institute for Space Studies) y A.A. Penzies (Bell Telephone Laboratories).

Debido a las posibilidades de que en el futuro el IAR cuente con un receptor de ondas milimétricas, se hará una breve discusión de dicho proyecto.

El sistema de 115 GHz incluye un filtro de rechazo de imágenes, un mezclador y una frecuencia intermedia de 5 GHz, que consiste en un amplificador paramétrico seguido por un amplificador F.E.T. Todo este sistema está refrigerado a 20°K y 77°K.

El mezclador usa diodos Schottky de Ga As Pt/Au. Las pautas de diseño están dadas por las características de la molécula de CO, que en su primera rotación transicional emite entre 110 y 115 GHz, dependiendo de la especie isotrópica.

Las especificaciones principales del receptor quedan fijadas por las necesidades científicas de la siguiente manera:

- a) Rango de sintonía entre 110 GHz y 115GHz.
- b) 500 MHz de ancho de banda.
- c) Temperatura de ruido del sistema en simple banda lateral: la mejor por debajo de 1000°K.

MEZCLADOR: Se utilizan diodos Schottky de Ga As, montados en un circuito de microondas, de 0,5 x 0,15 x 3 mm.

Los diodos fueron hechos por el Dr. G.T. Wrixon (Universidad de Cork, Irlanda) y M. Schneider (Bell Telephone Laboratories).

El rechazo de frecuencia se realiza por medio de cavidades sintonizadas. El filtro produce un rechazo imagen mayor que 20 db con una pérdida de señal menor que 0,5 db.

Amplificación de F.I.:

La sección de F.I. en 4,7GHZ incluye:

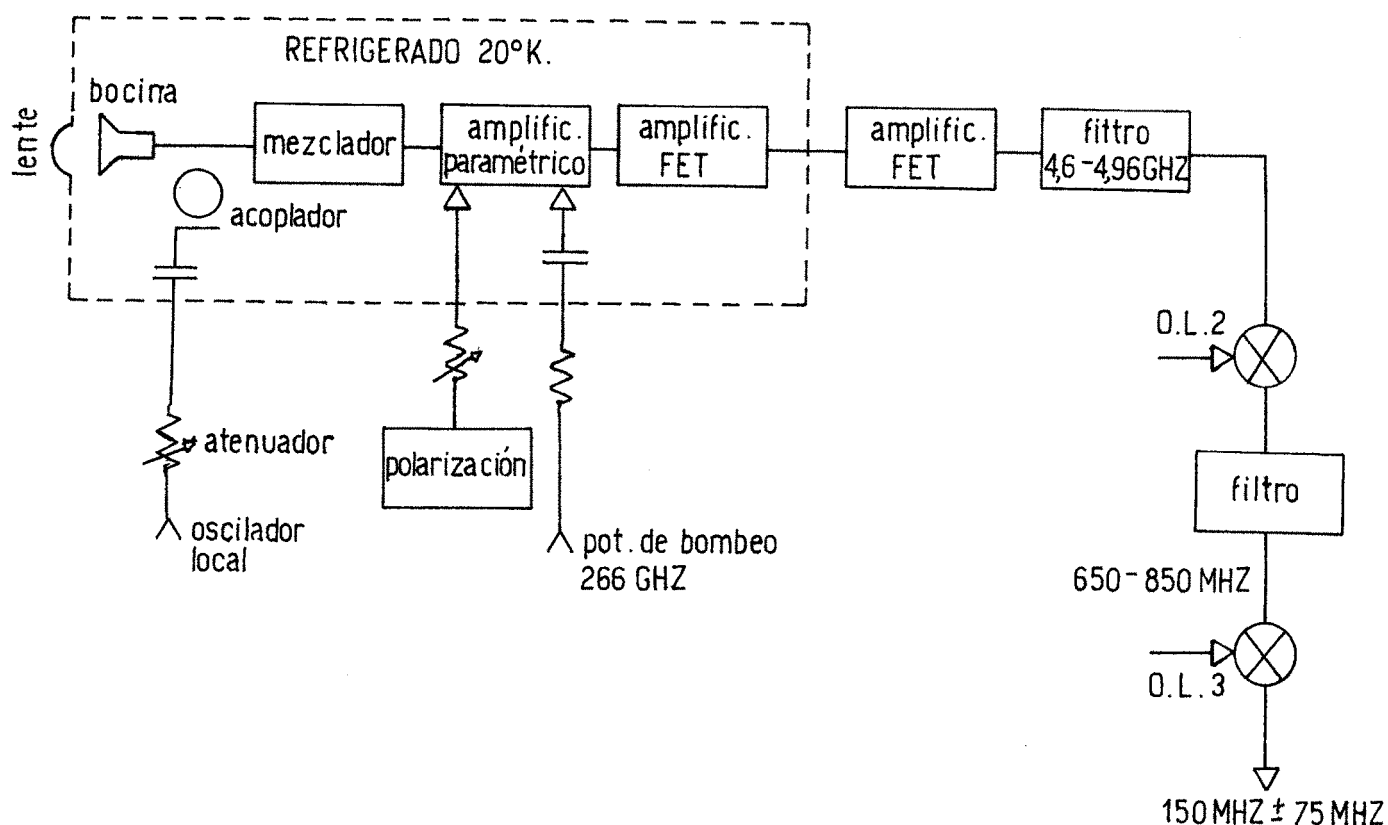
- a) Un amplificador paramétrico enfriado a 20°K. La ganancia es de 10 db, la banda de paso es > 500 MHz, y la temperatura de ruido es de aproximadamente 15°K.
- b) Un amplificador FET (AIL) enfriado a 77°K. Con un ancho de banda similar, la ganancia es de 20db y la temperatura de ruido es de 90°K.
- c) Un amplificador ultraestable ($\Delta G \approx \pm 0,005$ db) utilizado como amplificador de medida, con el equipo asociado para monitoreado y grabado.

OBSERVATORIO DE BORDEAUX

En este observatorio se explora la banda comprendida entre 85GHZ y 101 GHZ.

La superficie de la antena fué construída en Francia, y la primera parte del receptor (alimentador, mezclador, amplificadores paramétricos y amplificadores FET) fué construído en los laboratorios de Meudón.

El diagrama de bloques de la primera parte del receptor de Bordeaux es el siguiente:



Los osciladores locales, bloqueados en fase, tienen una referencia de 5 MHz, con una estabilidad de 1 en 10^9 ; ésto dá una precisión de 100 Hz en 100GHZ.

La adquisición de datos se realiza en acceso directo a memoria con una resolución de 12 bits. La computadora usada es una PDP11/34.

La primera FI es de 4 GHz, la segunda es de 150 MHz y luego tienen 256 canales de 100 KHZ de ancho.

El alimentador es TRG; el amplificador paramétrico y los amplificadores FET son AIL.

Las características de ruido del receptor son las siguientes:

T sist 1200°K en SSB

T receptor 800°K en SSB

Las personas involucradas en el receptor de ondas milimétricas de Meudón son las siguientes:

Receptor: BEADIN (Meudón)

Oscilador PLL: LACROIX (Bordeaux)

Espectrografia: MONTIGNAC (Bordeaux)

Mecánica: TRENEC (ENS- París)

Informática: ROSOLEN (Meudón)

Uno de los proyectos que en éste momento se está realizando en Bordeaux es el llamado Expansor Digital de Banda Ancha, para Análisis de espectros de Alta Resolución. La idea original es de T. Fitch (Bell Laboratories).

La ventaja que ofrece dicho instrumento, es la posibilidad de obtener distintas resoluciones para un determinado banco de filtros. La implementación digital se realiza con lógica de alta velocidad para el caso de un ancho de banda de 32 MHz. La información básica fué suministrada por el observatorio de Bordeaux.

OBSERVATORIO DE NANCAY

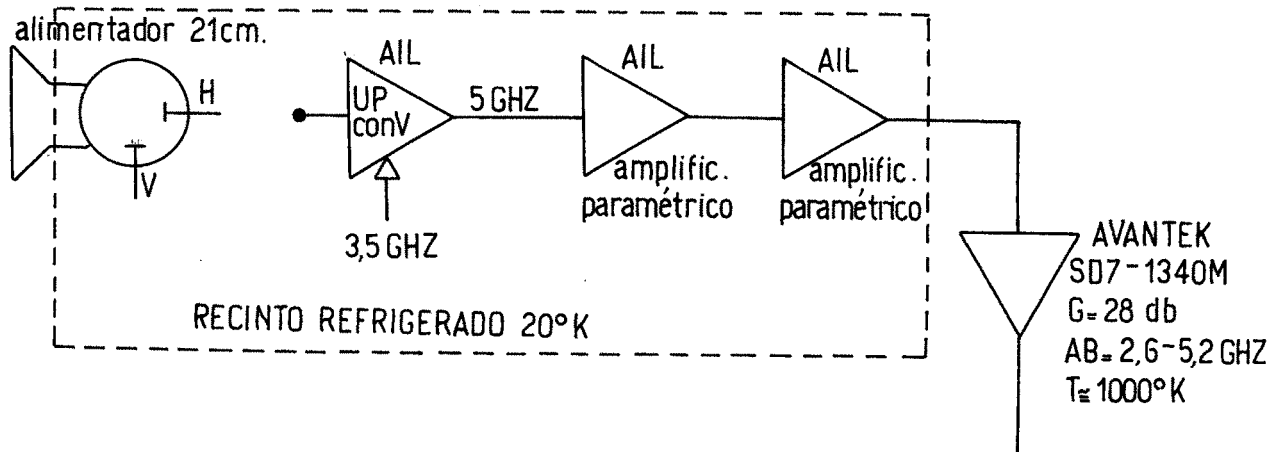
Está situado en las cercanías de Vierzón. El radiotelescopio de 18 cm y 21 cm está formado por un espejo plano móvil de 200m x 40m y un espejo esférico cuya cuerda es de 30m con un radio de 560m. La distancia entre espejos es del orden de 460m. La superficie focal está situada a 280m del espejo esférico.

La resolución es de 4 minutos de arco en la dirección E.O y de 22 minutos de arco en la dirección N.S.

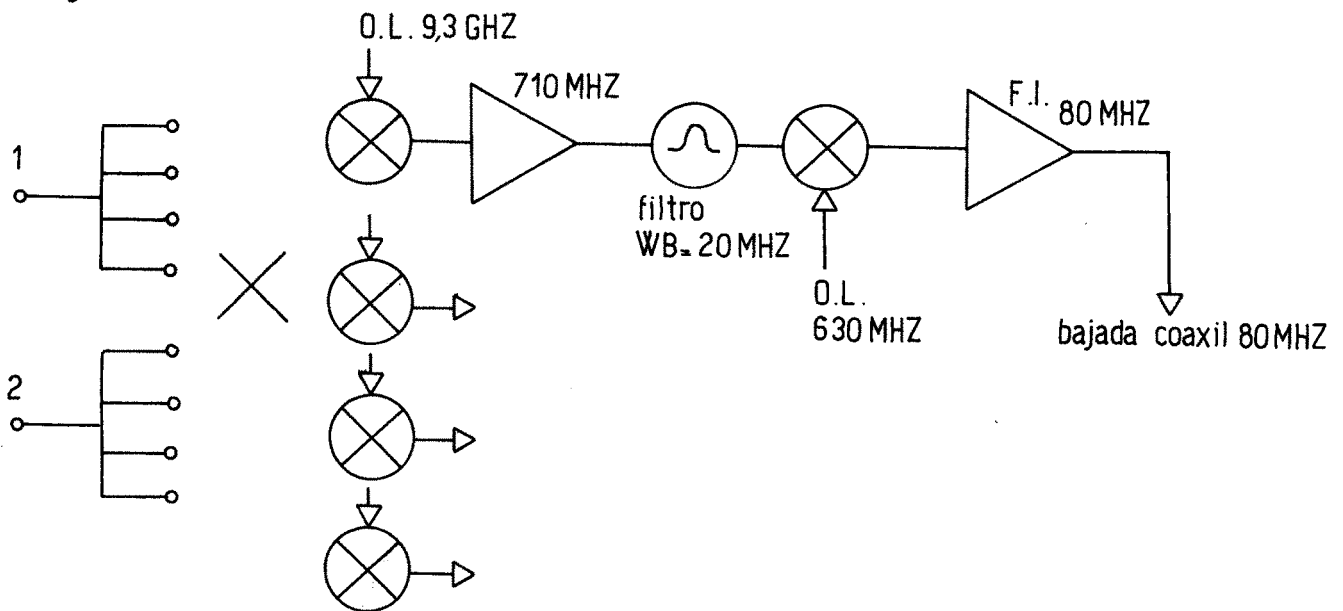
El conjunto de espejos está situado en la dirección N-S, estando el espejo plano móvil en la dirección Norte, y el espejo esférico fijo en la dirección Sur.

En la superficie focal se desliza un carro que contiene los alimentadores y el cabezal del receptor. Los movimientos horizontales y verticales del carro son comandados automáticamente con una precisión del orden del milímetro.

El diagrama en bloques del cabezal del receptor es el siguiente:



mismo. El diagrama en bloques de la segunda parte del receptor es la siguiente:



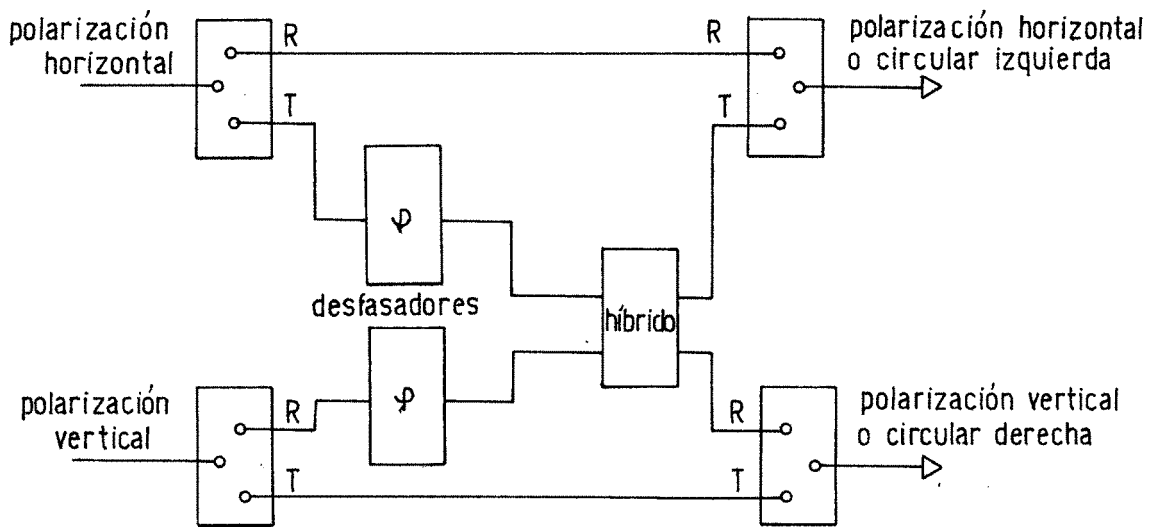
El uso del up. converter es debido al ancho de banda que se obtiene. En este caso, la ganancia del up.converter es de 3 db, la banda pasante es de 200 MHz a 0,2 db (1550-1750 MHz). La temperatura de ruido es del orden de 10°K.

La señal de bombeo necesaria para el up.converter está generada por un oscilador que multiplica por 31 la frecuencia de una referencia de 105 MHz, con una estabilidad de 1 en 10¹².

Las señales amplificadas en 5 GHz provenientes de las dos polarizaciones son combinadas en una juntura híbrida en una guía de onda rectangular.

De esta forma se pueden obtener las 4 polarizaciones: 2 lineales y 2 circulares.

El diagrama en bloques es el siguiente:



En la posición R de los relevados coaxiales se obtiene polarización lineal H y V. En la posición T de los relevados coaxiales las polarizaciones lineales son combinadas en el híbrido. Una elección correcta de las fases y amplitudes permiten obtener a la salida del híbrido las polarizaciones circulares derecha e izquierda.

El sistema de filtros está constituido de la siguiente manera:

1 BATERIA DE FILTROS DE 1 KHZ: 48 filtros de cristal de 1 KHZ, espaciados cada 2 KHZ. La frecuencia de cada filtro es: $F_n = (9,981 + 2(n-1))$ KHZ ($1 < n < 48$).

4 BATERIAS DE FILTROS DE 6 KHZ: 64 filtros de 6 KHZ de cristal. La frecuencia central de cada filtro es $F_n = [9,811 + (n-1) 6]$ KHZ ($1 < n < 64$).

1 batería de filtros anchos, formados por:

32 x 60KHZ cristal

15 x 300KHZ LC

15 x 900KHZ LC

1 x 6MHZ LC

1 x 15MHZ LC

La temperatura de ruido del receptor es de aproximadamente 21°K. La temperatura del sistema es de 38°K en polarización horizontal y de 41°K en polarización vertical.

El receptor de Nancay tiene el correlador digital descrito anteriormente, construido en Meudón.

OTROS INSTRUMENTOS DEL OBSERVATORIO DE NANCAY.

En esta estación existe un interferómetro métrico para estudios heliográficos y un arreglo de 144 antenas de forma hélice espirales

para el estudio de ondas decamétricas.

OBSERVATORIO DE EFFELSBURG Y MPIFR (Bonn)

La visita al Instituto Max Planck (Bonn) brindó la posibilidad de contacto con el Dr. Rudolf Wohlleben, experto en alimentadores, quien brindó su colaboración en eventuales proyectos que puedan llevarse a cabo en el IAR. E. Instituto citado posee un poderoso laboratorio de diseño y construcción de alimentadores para uso en Radioastronomía. Se tuvo oportunidad de observar técnicas constructivas de amplificadores y filtros de F.I, como así también cabezales de receptores.

El radiotelescopio de Effelsberg tiene 100m de diámetro. La desviación de la superficie es menor que 1mm, y para 30m de diámetro es menor que 0,05mm. La relación F/D es de 0,3. El sistema es de tipo gregoriano, con un reflector parabólico en el foco primario.

El radiotelescopio puede operar distintos tipos de receptores, ubicados en el foco primario o en el foco secundario. En el foco primario se pueden ubicar receptores desde 327 MHz hasta 24 GHz.

OBSERVATORIO DE DWINGELOO Y WESTERBORK. (Holanda)

En dicho observatorio se tuvo oportunidad de intercambiar ideas con Arnold van Ardenne sobre las ventajas del reemplazar amplificadores paramétricos por amplificadores FET enfriados criogénicamente. Las conclusiones a las que se arribó sugieren la conveniencia de hacer dicho reemplazo, por los siguientes motivos:

- 1) La temperatura de ruido que se puede alcanzar con una amplificador FET refrigerado, es de aproximadamente 15°K sin mayores dificultades, para una frecuencia de 1,5 GHz y una temperatura de 20°K.
- 2) La estabilidad del amplificador FET es mejor que la del amplificador paramétrico.
- 3) La simplicidad y tamaño del amplificador FET es conveniente frente al paramétrico.
- 4) El equipo refrigerador en ciclo cerrado de helio, se puede obtener comercialmente, a un costo menor que 5000 u\$s y con un peso de menos de 45Kg.
- 5) En el caso del receptor del IAR, dicho amplificador mejoraría la temperatura de ruido del sistema en un factor de aproximadamente 2.
- 6) Debido al rango dinámico del amplificador con FET, es posible usarlo como primer elemento de la cadena, seguido de un filtro. El amplificador no se satura debido a señales espurias.

En este momento se están mejorando los receptores del interferómetro de Westerbork mediante la colocación de amplificadores FET.

Otro de los temas tratados fué la posibilidad de la construcción de un autocorrelador digital para el receptor del IAR. Desde la complejidad y el conocimiento necesario para la realización de tal proyecto, considero que es tema para la discusión entre científicos y técnicos del IAR.

Arnold van Ardenne suministró alguna información técnica del tema, como así también planos del alimentador para 21cm utilizados en Dwingeloo.

JODRELL BANK (INGLATERRA)

En dicho observatorio se tomó contacto con el profesor Rod Davie con el Dr. Leslie Hart y con el Dr. Leonard Pointon.

Se tuvo oportunidad de visitar las instalaciones de la Sala de Control y laboratorios de Jodrell Bank.

En este lugar se está trabajando con antenas enlazadas por microondas ubicadas a alrededor de 40Km de distancia para observaciones de VLBI (very large baseline interferometers). Este tipo de observación ha llevado a la consideración de problemas tales como el efecto de la humedad y condiciones del medio entre antenas y su influencia en la fase de las señales provenientes de los receptores alejados.

El Dr. Leslie Hart tiene proyectado realizar una serie de observaciones, en el radiotelescopio del IAR en el año 1981, en líneas de recombinación (166α), cuya frecuencia es de 1424, 734 MHz.

El Dr. Leonard Pointon tuvo a su cargo la construcción del correlador digital de Jodrell Bank. Dicho instrumento tiene un ancho de banda de 19 MHz, 1024 canales y 1 bit (2 niveles). El Dr. Pointon ofreció suministrar detalles en caso de que el IAR decida desarrollar un correlador digital.

En Jodrell Bank se ha construido un alimentador para 900 MHz, con la posibilidad de obtener de él las dos polarizaciones. Uno de los proyectos del IAR es el receptor de 820 MHz, y el alimentador tendría que ser construido en los laboratorios del IAR. Una posibilidad de solucionar dicho problema, consiste en escalar el alimentador de Jodrell Bank a la frecuencia de 820 MHz.

COMENTARIOS

Durante la conferencia de Grenoble se tuvo oportunidad de intercambiar ideas con el Dr. Pierre Kaufmann (Brasil), director del grupo CRAAM-INPE, quien se mostró interesado en un acercamiento más efectivo entre el Instituto que dirige él y el IAR.

Las características del telescopio de Brasil son las siguientes:

Diámetro: 13,7m

Error de la Sup. rms: 0,3mm

Longitud de onda mínima observable: 4,8mm

Altura: 600m

El telescopio está protegido por un domo cerrado. El interés del Dr. Kaufmann giró alrededor de intercambio y visitas de técnicos y astrónomos que eventualmente podrían hacer uso de las instalaciones de los dos institutos.

Dado el hecho de que el receptor de ondas milimétricas de Brasil es el más cercano a la Argentina, podría representar una buena oportunidad para que los integrantes del IAR adquirieran experiencias en tecnologías de ondas milimétricas, sustancialmente diferentes a los utilizados en receptores de 21 cm.

También se tuvo oportunidad de conversar con el grupo de Radioastronomía de España, encabezado por Jesús Gomez Gonzalez. Dicho grupo está haciendo trabajos en ondas milimétricas (45 y 90 GHz).

Uno de los problemas más importantes para construir un receptor en ondas milimétricas es la superficie del telescopio.

Durante los años 1972-1977 fueron puestos en servicio telescopios en domo cerrado (Mac Kenzie, Helsinki, España, etc.), con diámetros de superficie que oscilan entre 13,7m y 20m. La relación D/σ (diámetro a apartamiento rms de la superficie), oscila entre 45000 y 91000, siendo destacable el de Onsala, Suecia, con un diámetro de 20m y $D/\sigma = 110000$.

En 1978, el Instituto Tecnológico de California instaló en Owens Valley un telescopio de 10,4m de diámetro, con $\sigma = 0,035\text{mm}$, obteniéndose una relación $\frac{D}{\sigma} = 297000$. La mínima longitud de onda observable fué de 0,5mm. El telescopio fué montado al aire libre y a 1200m de altura. La tendencia constructiva durante el año 1980, fué la de construir telescopios al aire libre o con astrodomo.

El NRAO instaló en Hawaii un telescopio de 25m de diámetro, con $\sigma = 0,07\text{mm}$, obteniéndose $\frac{D}{\sigma} = 357000$. El telescopio está protegido por astrodomo.

El Instituto Max Planck (Bonn) con el IRAM (Francia) están instalando en España un telescopio de 30m de diámetro, con $\frac{D}{\sigma} = 335000$. El telescopio está al aire libre.

El Instituto Tecnológico de California instala en Hawaii un telescopio manteniendo el diámetro de 10,4m, pero mejorando la superficie hasta obtener $\sigma = 0,02\text{mm}$, dando una relación $\frac{D}{\sigma} = 520000$. Dicho instrumento está situado a 4000m de altura y la protección es del tipo Astrodomo.

Lo expuesto dá una idea del estado actual de la tecnología de superficie para uso en Radioastronomía de Ondas milimétricas.

CONCLUSIONES

El hecho de haber tomado contacto con el grupo más importante del mundo que está involucrado en el desarrollo de antenas y receptores de ondas milimétricas para uso en Radioastronomía permite tener una idea de la complejidad tecnológica que presenta dicho tema. La necesidad de interactuar con los grupos mencionados anteriormente es imprescindible para obtener el conocimiento necesario previo a cualquier intento de realizar un receptor de Radioastronomía en ondas milimétricas.

El costo de realización y mantenimiento de una estación de Radioastronomía se ve afectado también por la necesidad de equipos en el laboratorio de electrónica con instrumental adecuado para el desarrollo y mantenimiento de los equipos correspondientes.

Cada parte del cabezal de un receptor de ondas milimétricas, incluida la antena y el alimentador, requiere la presencia de especialistas. Es diferente el problema de desarrollo de mezcladores de bajo ruido y por ejemplo osciladores locales o amplificadores FET refrigerados. Varios radiotelescopios de ondas milimétricas tienen un haz de sólo algunas decenas de segundo de arco y en estos casos un error de apuntamiento de menos de 2 segundos de arco es deseable. Esto significa que se deben utilizar sofisticados métodos para lograr las precisiones apuntadas.

Los diodos Stchotky, utilizados en todos los mezcladores de ondas milimétricas son fabricados por muy pocos equipos de trabajo en el mundo: Wrixon (Universidad de Cork), Mattauch (Universidad de Virginia), Schneider (Bell Telephone Labs.). La construcción de alimentadores y mezcladores requiere de profundo conocimiento y experiencia, dadas las características de la tecnología que se utiliza.

Los sistemas de ajuste de superficies de antenas requiere de técnicas muy especializadas (Kaifu, Universidad de Tokio); Findlay, NRAO) donde se utilizan métodos óptico-electrónicos.

Los receptores de ondas submilimétricas (por ejemplo entre 200 y 400 GHz) no se construyen simplemente escalando los componentes de ondas milimétricas como guías de ondas. Se ha desarrollado una técnica de resonancia quasi-óptica en forma análoga al acoplador en anillo de guía de onda generalmente usado en frecuencias más bajas. El elemento es un resonador Fabri-Perot en forma de cavidad cuadrada. En estas frecuencias las técnicas quasi-ópticas juegan un papel fundamental.

La visita a los observatorios antes mencionados sugiere la posibilidad de realización de proyectos que contribuirían a mejorar el radiotelescopio del IAR.

La construcción de amplificadores de bajo ruido refrigerados con transistores de efecto de campo de GaAs, permitiría obtener mejoras sustanciales en la temperatura de ruido del sistema.

W. Tap Lum (Berkeley) y Sander Weinreb (NRAO, Virginia) están investigando y mejorando las características de dichos amplificadores, expuestos anteriormente.

Se sugiere la discusión sobre la posibilidad y forma de construcción de un autocorrelador digital. El problema se centraría en los siguientes puntos:

- 1) Especificación del correlador: Ancho de banda, número de canales, Niveles de cuantización, etc.
- 2) Preparación de personal para poder llevar a cabo dicho proyecto. Este punto incluye la posible interacción entre el personal del IAR y grupos de trabajo que tienen el conocimiento y la experiencia necesaria para llevar a cabo el proyecto.
- 3) Estudio aproximado del costo.
- 4) Ventajas en incorporar un correlador en el receptor del IAR.