



INSTITUTO DE RADIOASTRONOMIA MILIMETRICA
INSTITUTE FOR MILLIMETER ASTRONOMY

LA ASTRONOMÍA MILIMÉTRICA

La astronomía milimétrica permite el estudio de los objetos celestes mediante el análisis de la radiación electromagnética que emiten a longitudes de onda milimétricas. Esta radiación proviene de una amplia gama de objetos astronómicos, desde nuestros vecinos más cercanos, los planetas del sistema solar, hasta los objetos más lejanos, las galaxias y los cuásares. Desde 1970 han sido detectadas en el espacio cerca de 70 moléculas, gracias sobre todo a las líneas milimétricas de su espectro de rotación. Estas moléculas, presentes en el entorno de los cuerpos del sistema solar y de las estrellas, son igualmente los constituyentes esenciales de las nubes interestelares densas. Estas nubes contienen una parte importante de la masa de las galaxias y es en ellas donde se forman las estrellas. El análisis de la radiación radio que estas moléculas emiten o absorben en el dominio de las ondas milimétricas permite estudiar los procesos físicos y químicos que entran en juego en los objetos observados, y sobre todo comprender la formación y evolución de las estrellas y de los cuerpos del sistema solar.

Desafortunadamente las ondas milimétricas son absorbidas por el vapor de agua (así como por el oxígeno molecular), que contiene la atmósfera terrestre. Por consiguiente es indispensable escoger excelentes lugares de implantación para los radiotelescopios milimétricos. Estos lugares están situados en altitud y en zonas donde la atmósfera es lo más seca posible.

Los radiotelescopios son sistemas de antenas directivas que captan la radiación electromagnética procedente de los objetos celestes y que la reflejan sobre receptores radio de gran sensibilidad. Las dos características más importantes de un radiotelescopio son su sensibilidad y su resolución angular. La sensibilidad instantánea depende de la superficie total de la antena, mientras que el poder de resolución angular (que cuando es muy elevado permite resolver la estructura a pequeña escala de las radiofuentes), no depende nada más que de la razón entre la longitud de onda de la radiación y de la dimensión del radiotelescopio. Cuanto más grande es el radiotelescopio y más corta la longitud de onda de la radiación observada, más grande será el poder de resolución angular y más pequeños serán los detalles que podrán ser analizados. Las antenas capaces de observar a longitudes de onda milimétricas deben ser construidas con una gran precisión y por consiguiente tienen un elevado coste. Las consideraciones mecánicas y económicas limitan por el momento su tamaño, en función de la longitud de onda más corta elegida para las observaciones, a 30 o 40 metros de diámetro.

Con el fin de ganar en poder de resolución angular se puede simular una gran antena única (que sería hoy en día materialmente imposible de construir), con varios reflectores de pequeñas dimensiones utilizados en modo interferométrico. Estas antenas son colocadas a lo largo de una observación en todas las posiciones necesarias para simular la gran antena. Los resultados observados en cada posición son tratados y analizados a posteriori por un ordenador obteniendo de esta manera el poder de resolución equivalente al de un solo radiotelescopio de grandes dimensiones. Este conjunto de antenas de tamaño mediano constituye un interferómetro.

MILLIMETER ASTRONOMY

Millimeter Astronomy is the study of celestial objects by means of the natural radio waves they emit at millimeter wavelengths. By observations with millimeter radio telescopes, we can learn more about objects in space, from our own solar system and our own Milky Way Galaxy, to other galaxies, and to the mysterious quasars, the most distant objects known. The particular interest in millimeter astronomy is due to interstellar molecules. Since 1970, more than 70 molecules have been found in space, most of them at millimeter wavelengths. Indeed, the molecular clouds, composed almost entirely of molecules, are a major constituent of our Galaxy, and can be studied only with radio and infrared telescopes. The molecular clouds are one of the most important components of the universe, because they are the sites where stars are born.

However, the millimeter radiation arriving from space is absorbed by the water vapour in the earth's atmosphere. Hence it is desirable to choose excellent sites for millimeter telescopes, located at high altitude, in regions where the atmosphere is as dry as possible.

A radio telescope consists of a highly directive antenna system connected to a highly sensitive radio receiver system. Two important characteristics of a radio telescope are its sensitivity and its angular resolution. The instantaneous sensitivity depends on the total area of the reflector, while the resolution, that is, the ability to study fine detail in small radio sources, depends on the ratio of the diameter of the instrument to the observing wavelength; the larger the instrument and the shorter the wavelength, the finer the detail that can be mapped. At millimeter wavelengths, however, antennas must be built with great precision, and consequently, great cost. Mechanical and financial considerations currently limit the size of millimeter antennas to a range of about 30 to 45 meters.

To simulate even larger antennas, several smaller reflectors may be moved about as an interferometer, to occupy on successive days the positions of individual components of a much larger antenna. When the observations made in each of these positions is combined in a computer, the resolving power is equal to that of the much bigger antenna.

Foto de la cubierta : la primera de las tres antenas de 15 metros de diámetro del interferómetro milimétrico del IRAM, saliendo del hangar de montaje (foto : IRAM).

Cover photo : the first of the three 15-m antennas of the IRAM millimeter interferometer, coming out of the assembly hall on Plateau de Bure (photo : IRAM).

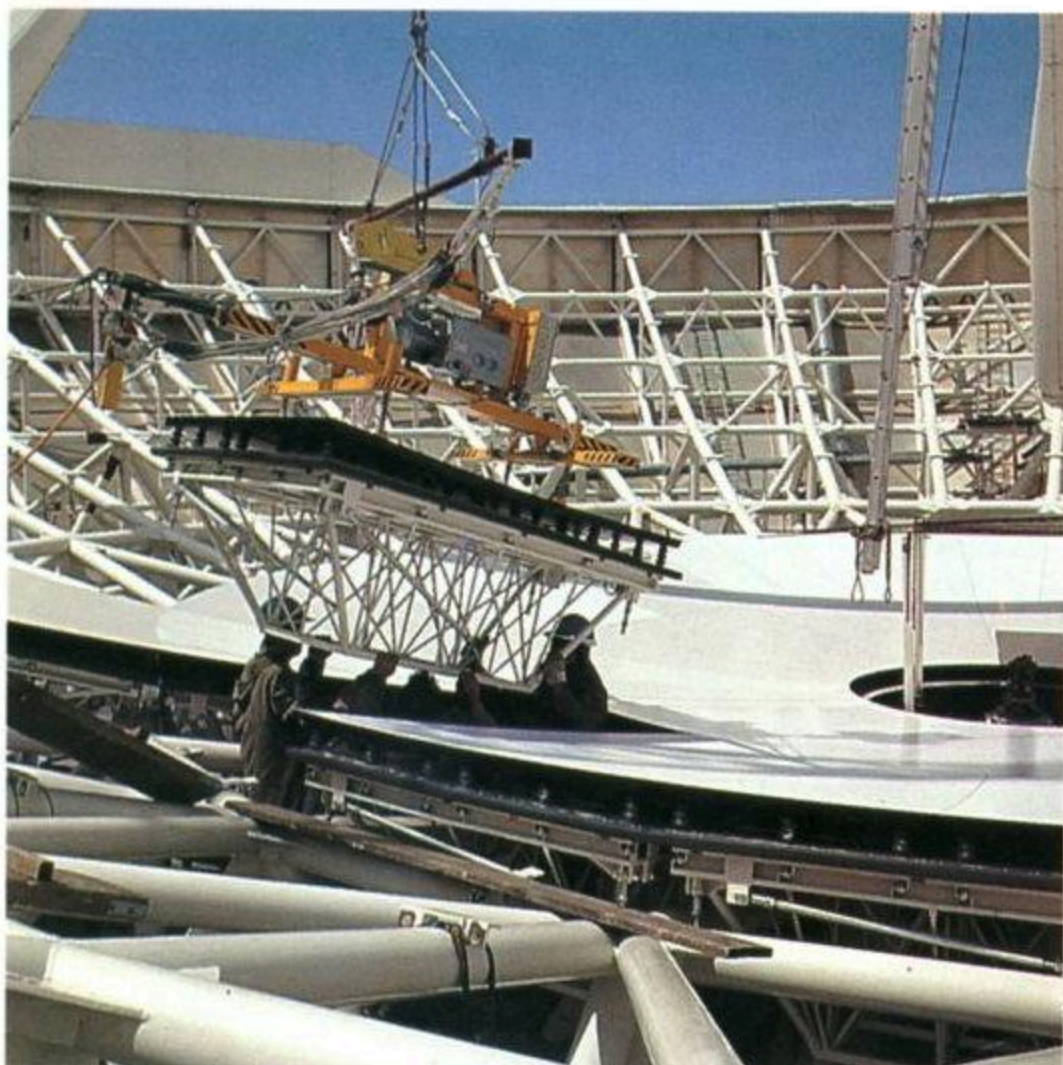
EL INSTITUTO DE RADIOASTRONOMIA MILIMETRICA

El Instituto de Radio Astronomía Milimétrica (IRAM) fue creado en 1979 por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) y el Max-Planck-Gesellschaft (MPG), en colaboración con el Instituto Geográfico Nacional (IGN), con el fin de explotar el considerable potencial observacional y de conocimientos que nos ofrece la radioastronomía milimétrica. Este Instituto consta de dos observatorios, así como laboratorios y oficinas :

- un telescopio milimétrico de 30 metros de diámetro sobre las laderas de Pico Veleta, enclavado en Sierra Nevada, cerca de Granada, en España. Este radiotelescopio es operacional desde 1985.
- un interferómetro de tres antenas de 15 metros de diámetro, situado en el "Plateau de Bure", en los "Hautes-Alpes", en Francia. Este interferómetro está actualmente en construcción y las primeras pruebas están previstas para 1988.
- el instituto y su laboratorio principal situados en Grenoble, Francia, así como oficinas y un laboratorio en la ciudad de Granada, España.

Los dos observatorios están administrados por el IRAM y puestos a la disposición de las comunidades astronómicas de Alemania, España y Francia. El IRAM está financiado en partes iguales por el CNRS y el MPG. El IGN aporta el emplazamiento del radiotelescopio de 30 metros y ha construido las oficinas y el laboratorio de Granada. El presupuesto del IRAM para 1987 es del orden de 50 millones de francos (unos mil millones de pesetas). La plantilla del IRAM consta de 90 personas, de las cuales 25 trabajan en España, 15 en el "Plateau de Bure" y el resto en las oficinas y laboratorios de Grenoble.

El IRAM gestiona los pedidos de material, las compras, los salarios y el presupuesto global de los observatorios, oficinas y laboratorios. La construcción de los telescopios y de la instrumentación necesaria está a cargo de sus ingenieros y personal técnico. Así mismo se encarga de mantener operacionales los dos observatorios. Una parte importante de la instrumentación son los receptores milimétricos que equipan las antenas de los dos observatorios. En estos receptores el elemento detector es una unión Superconductor-Aislante-Superconductor (SIS) mantenida a una temperatura de 2 a 3 grados Kelvin (-270 grados centígrados). Las señales de alta frecuencia captadas por las antenas son mezcladas en el SIS con una señal de referencia procedente de un oscilador local, obteniéndose así una señal de baja frecuencia que puede ser amplificada, filtrada y finalmente analizada en un espectrómetro (banco de filtros). Los resultados obtenidos son analizados con ordenadores VAX instalados en los observatorios y en las oficinas de Granada y de Grenoble.



Montaje de los paneles del radiotelescopio de 30 metros (foto : IRAM).

Surface panels being mounted on the 30-m telescope (photo : IRAM).

THE INSTITUTE FOR MILLIMETER ASTRONOMY

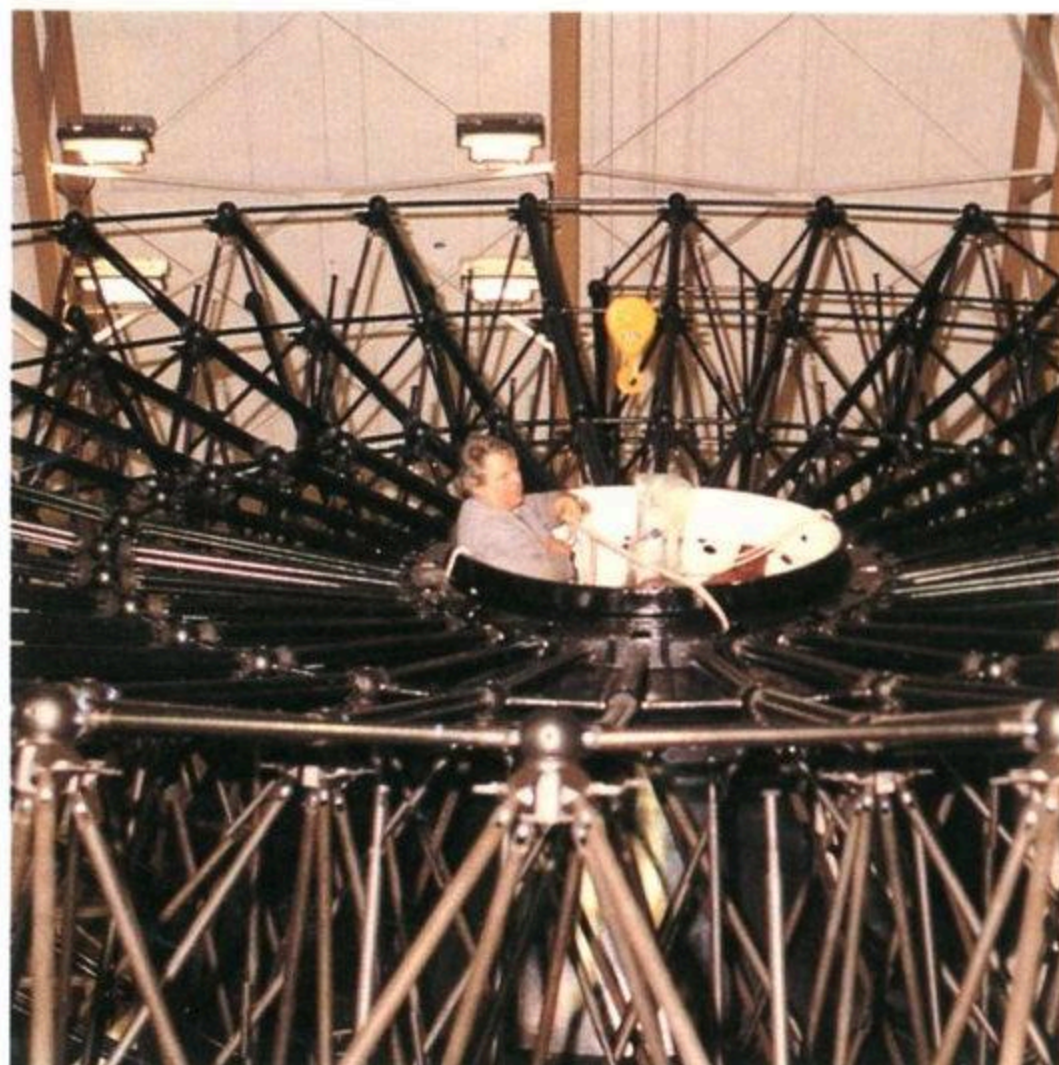
In order to exploit the considerable potential of the millimeter spectrum, the Institut de Radio Astronomie Millimetrique (IRAM) was created in 1979 by the Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) and the Max-Planck-Gesellschaft (MPG), in collaboration with the Spanish Instituto Geografico Nacional (IGN).

The Institute comprises two observatories as well as laboratories and offices :

- A millimeter telescope of 30-m diameter, located on Pico Veleta, in the Sierra Nevada, near Granada, Spain, and operational since 1985 ;
- An interferometer of three 15-m antennas, located on the Plateau de Bure, Hautes Alpes, France ; the first tests with the interferometer are foreseen for 1988 ;
- Institute headquarters and central laboratory, located in Grenoble, France ;
- Downtown offices in Granada, Spain.

Both observatories are operated by IRAM as a service for the German, French and Spanish astronomical communities. IRAM is financed, in equal parts, by the Max-Planck-Gesellschaft and the Centre National de la Recherche Scientifique ; the Instituto Geografico Nacional provides the site in Spain and the Granada offices. The budget of IRAM for 1987 is about 50 million French francs. The IRAM staff consists of about 90 persons, of which 25 are in Spain, 15 on Plateau de Bure and 50 in Grenoble.

Most of the instrumentation for the telescopes is built by the IRAM technical staff, which is organized into receiver, backend electronics, antenna, computer, telescope support and workshop groups. The instrumentation includes millimeter receivers, in which the detecting elements are Superconductor-Insulator-Superconductor (SIS) junctions, operated at temperatures of 2 to 3 degrees Kelvin, that is, close to absolute zero. The detected signals are amplified and converted to lower frequencies where they are analyzed in detectors and spectrometers, which have also been built by the IRAM technical staff. The data are analyzed with VAX computers located at the telescopes and in Grenoble and Granada. The IRAM administration handles the accounting, purchasing, salaries and budgeting for the four different geographic sites of Pico Veleta, Plateau de Bure, Grenoble and Granada.



Estructura soporte de los paneles de una de las antenas de 15 metros del interferómetro del « Plateau de Bure » (foto : IRAM).

Reflector support structure for one of the 15-m antennas of the IRAM interferometer (photo : IRAM).

EL RADIOTELESCOPIO DE PICO VELETA

Pico Veleta, en Sierra Nevada, es, después del Mulhacén, la montaña más alta de la península Ibérica. El radiotelescopio de 30 metros de diámetro está situado en la ladera Noroeste de la montaña, a 2850 metros de altura. Este lugar es uno de los más meridionales que se pueden encontrar con esta altitud en la Europa continental y permite observar en buenas condiciones la región situada alrededor del centro de nuestra galaxia (región que no es completamente visible más que desde el hemisferio Sur), la cual es particularmente rica en moléculas que emiten a longitudes de onda milimétricas. La atmósfera de Pico Veleta es muy seca, menos de 2 mm de vapor de agua precipitable en invierno, lo cual hace de este lugar un sitio excelente para las observaciones milimétricas. El observatorio disfruta de 150 a 170 noches claras al año, de las cuales un gran número corresponde al verano, justamente cuando el centro de nuestra galaxia (la Vía Láctea) es observable durante la noche con un cielo relativamente estable.

El edificio del observatorio consta de la sala de control, la sala de ordenadores, el taller mecánico, las oficinas, el comedor, los dormitorios, así como de una biblioteca. En invierno, el acceso al Observatorio se efectúa desde la estación de esquí "Sol y Nieve" por telecabina y por "ratrac". En verano se puede acceder al Observatorio directamente por carretera.

El radiotelescopio de 30 metros, trabajando a longitudes de onda de 1 a 2 mm, no es superable por ningún otro radiotelescopio del mundo. Puede ser utilizado en una gran gama de longitudes de onda y está particularmente bien adaptado a los estudios espectroscópicos de moléculas.

El radiotelescopio es de tipo altazimutal y está construido de acuerdo con el principio de homología, es decir, que a pesar de que el reflector no es completamente rígido, las deformaciones intro-

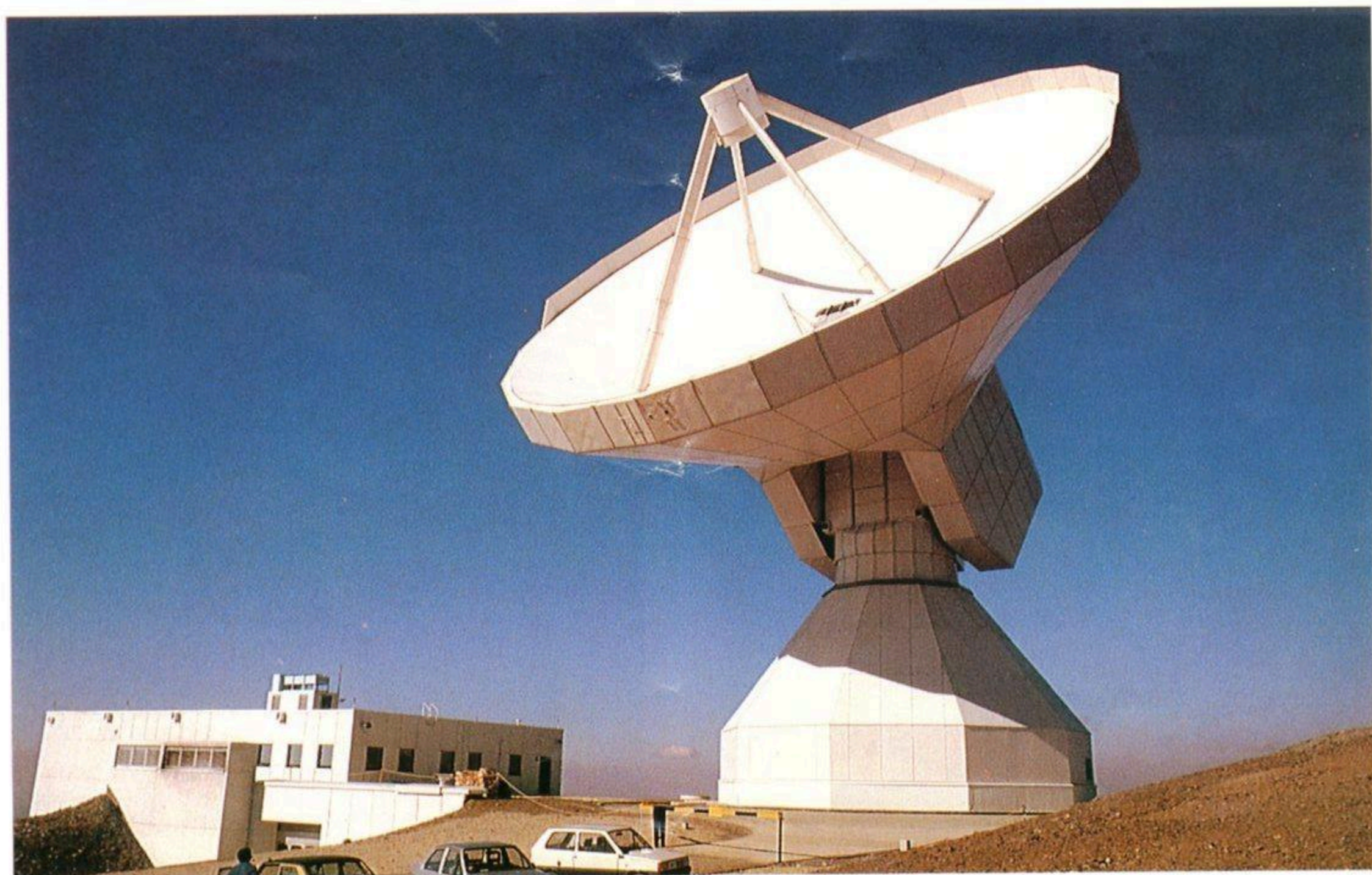
THE 30-M TELESCOPE ON PICO VELETA

Pico Veleta, in the Sierra Nevada range, is the second-highest mountain in continental Spain. The site of the 30-m telescope is on the flank of Pico Veleta, at an altitude of 2850 m. It is one of the southernmost observatory sites at such an altitude in continental Europe, thereby providing an opportunity to study the important central region of our Galaxy, which is located in the southern sky and which is very rich in molecules radiating at millimeter wavelengths. The air above Pico Veleta is dry (less than 2 mm of precipitable water vapour in winter), making it an excellent site for millimeter astronomy. There are typically 150-170 clear nights per year, a large fraction of which occur in the summer, when the central section of the Milky Way is observable in the relatively stable, nighttime sky.

The observatory building contains control room, computer room, workshop, dining area, sleeping quarters and a small library. In winter, the observatory can be reached by cable car and ratrac from the nearby ski station. In summer, the observatory can be reached by car, in a 45-minute drive from the city of Granada.

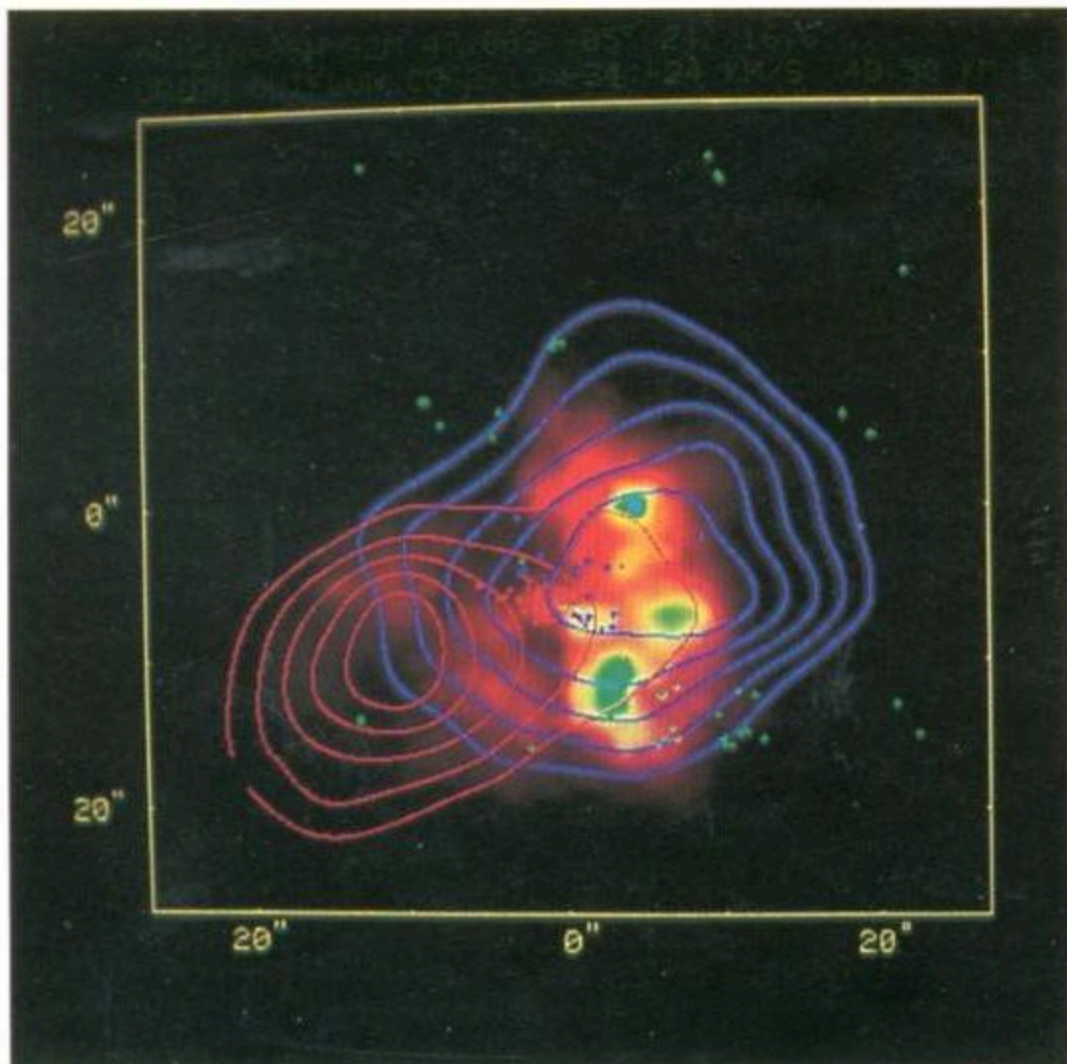
The 30-m telescope provides high instantaneous sensitivity, which at wavelengths of 1 to 2 mm, is unsurpassed by any other telescope in the world; it is extremely flexible for use at a variety of wavelengths, and is therefore especially suitable for spectroscopic studies of molecular-line radiation.

The 30-m telescope has an alt-azimuth mount, and is constructed according to the principle of homology: the reflector is not rigid, but deforms into a series of different paraboloids as it is pointed to different elevations; the drive computer then compensates for



El radiotelescopio de 30 metros del IRAM en el Observatorio de Pico Veleta (foto: IRAM).

The IRAM 30-m Telescope on Pico Veleta (photo: IRAM).



Flujo bipolar de gas molecular (CO) de una estrella joven en Orion. Cartografía efectuada con el radiotelescopio de 30 metros del IRAM. Las curvas de nivel rojas corresponden al gas con velocidades desplazadas hacia el rojo y las azules al gas con velocidades desplazadas hacia el azul. Los puntos blancos son los máseres de H₂O y de OH. El fondo en rojo representa la emisión de polvo a 20 micras (foto : D. Downes, IRAM).

Bipolar outflow of CO molecular gas from a newly-formed star in Orion. Contours : the red and blue shifted lobes of the CO outflow mapped with the 30-m telescope. Dots : high-velocity H₂O and OH masers, red background : dust emission at 20 μ m (photo : D. Downes, IRAM).

ducidas por la gravedad conservan su forma de paraboloides, pero con un punto focal diferente (lugar de concentración de las ondas electromagnéticas). Debido a esto, el punto focal varía con la elevación del radiotelescopio y un ordenador, trabajando en tiempo real, desplaza el reflector secundario (que tiene la forma de un hiperboloides), para compensar esta variación. Los 420 paneles que constituyen la superficie del reflector han sido construidos con una precisión de 30 micras (una micra = 1/1000 milímetros). La precisión total de la superficie, teniendo en cuenta todos los efectos de temperatura y gravedad, es del orden de 80 micras. Para asegurar esta precisión es necesario que la temperatura en la estructura que soporta los paneles, construida en tubos de acero, sea perfectamente uniforme y ello a pesar de que el radiotelescopio está al aire libre y por lo tanto expuesto al sol y al viento. Esta estructura está encerrada en un armazón de paneles aislantes en cuyo interior circula aire a temperatura regulada, consiguiéndose así una temperatura uniforme. Como el radiotelescopio está expuesto a las inclemencias atmosféricas, los paneles de la superficie y del armazón que encierra la estructura soporte están equipados de resistencias destinadas a calentar toda esta estructura e impedir la formación de hielo en caso de mal tiempo. La parte móvil del radiotelescopio pesa 800 toneladas, pero toda la estructura está tan bien equilibrada que el radiotelescopio puede apuntar con una precisión de unos segundos de arco con motores de pequeña potencia.

Desde su puesta en servicio en 1985, este radiotelescopio ha permitido obtener excelentes resultados científicos, algunos de los cuales constituyen auténticas primicias internacionales. Entre estos podemos citar : la detección del ácido cianhídrico en el cometa Halley y en la atmósfera de Titán ; la detección de un nuevo maser, HCN, en las envolturas circumestelares ; el descubrimiento de nuevas moléculas en las envolturas de gas y de polvo que rodean a ciertas estrellas y fundamentalmente, por primera vez, la observación de radicales orgánicos como C₄H (en un estado excitado), C₅H, C₆H, así como el descubrimiento de las primeras moléculas con componentes metálicos NaCl (sal común), AlCl, KCl y AlF.

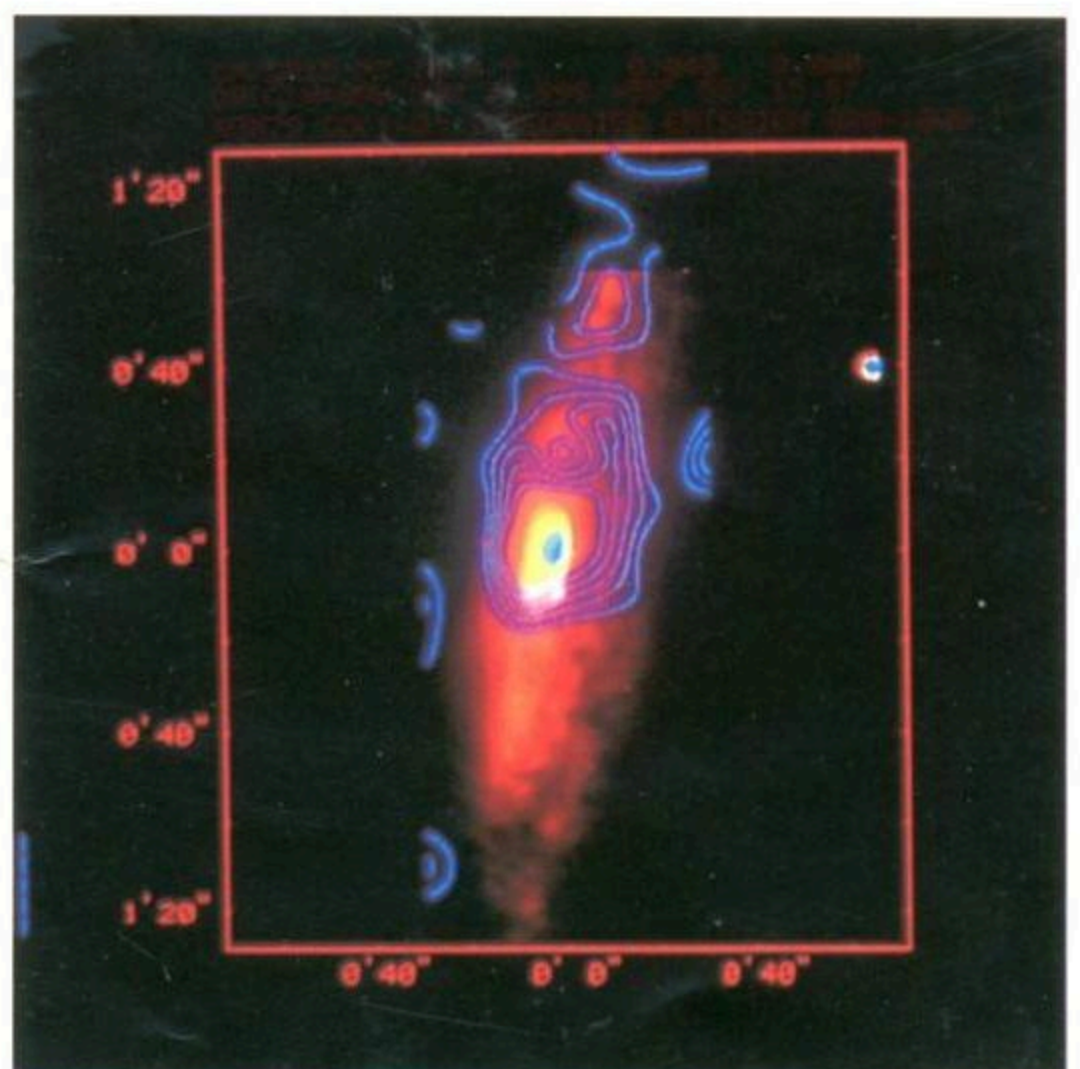
the different positions of the focal point as the telescope deforms. This principle allows one to correct for the effects of gravity on the telescope structure to an accuracy of 50 microns.

The 420 panels on the telescope surface have a manufacturing accuracy of 30 microns, and the total overall accuracy of the reflector surface is about 80 microns. The biggest worry in maintaining the precision of the reflector surface is the distortion due to temperature variations. In order to keep the temperature uniform, the entire support structure of the reflector is enclosed, and kept at the same temperature as the heavy steel mount, by a thermally controlled ventilation system.

As the telescope is exposed to the open air, there is an additional heating system, to keep the reflector panels free of ice, which is used only when required by the weather conditions. The steel part of the telescope weighs 800 tons, but the entire structure is so finely balanced, that it can be pointed with an accuracy of a few seconds of arc, with relatively small motors.

Since it began regular observations in autumn 1985, the telescope has obtained excellent scientific results, including several discoveries. Among them have been the detection of the hydrogen cyanide molecule HCN in comet Halley and in the atmosphere of Titan, the largest satellite of the planet Saturn.

A new maser, in another, vibrationally-excited transition of HCN has been discovered in circumstellar envelopes. A series of new molecules has also been found in the shells of gas and dust surrounding late-type stars. These include the organic molecules C₅H and C₆H as well as the metallic compounds NaCl (salt), AlCl, KCl and AlF.



Cartografía con el radiotelescopio de 30 metros del IRAM, del gas molecular (CO) concentrado en torno al núcleo de la galaxia NGC 3079. El fondo representa los resultados de las observaciones en el Observatorio de Calar Alto de la emisión de la galaxia en el infrarrojo próximo (foto : IRAM). Concentration of CO molecular gas near the nucleus of the starburst galaxy NGC 3079, mapped with the 30-m telescope. Background : near-infrared photo of the galaxy, taken at the Calar Alto Observatory (photo : IRAM).

EL INTERFEROMETRO DEL PLATEAU DE BURE

La meseta de Bure es uno de los raros lugares de Europa situado a más de 2000 metros de altura, lo suficientemente plano como para poder construir una vía férrea de más de un kilómetro de largo por la cual se puedan desplazar las antenas del interferómetro. Su altitud, 2550 metros, le asegura, con buen tiempo, un aire seco con menos de 2 mm de vapor de agua precipitable.

Esta meseta está situada a 90 kilómetros al Sur de Grenoble, en Francia. El acceso se efectúa por carretera y por teleférico. El observatorio consta de un edificio donde se encuentran las oficinas, la biblioteca, el comedor y los dormitorios, así como de un hangar para el montaje y mantenimiento de las antenas. En el hangar se encuentran la sala de control, la sala de ordenadores y los talleres.

El interferómetro del "Plateau de Bure" está compuesto de tres antenas móviles de 15 metros de diámetro capaces de desplazarse a las 26 posiciones de observación situadas en las vías férreas Norte-Sur y Este-Oeste de 160 y 288 metros de longitud respectivamente. Este interferómetro tendrá un poder de resolución equivalente al de una antena de varios centenares de metros. La montura de las antenas es de acero, pero a diferencia del radiotelescopio de 30 metros, el reflector y la estructura soporte están contruidos en fibra de carbono reforzada con plástico. La fibra de carbono es tan rígida como el acero, mucho más ligera y posee un coeficiente de dilatación térmico mucho más pequeño. La utilización de esos materiales, por primera vez en un radiotelescopio, permitirá eliminar el costoso sistema de regulación de temperatura. La precisión de la superficie de las antenas es del orden de 50 micras.

El interferómetro será utilizado para el estudio preciso de la estructura a pequeña escala de las radiofuentes. Las imágenes que se podrán obtener tendrán una resolución comparable a la de las fotografías tomadas con los grandes telescopios ópticos convencionales.

THE INTERFEROMETER ON PLATEAU DE BURE

The site for the millimeter interferometer has been chosen because it is one of the few sites in European mountain areas which allows construction of rail tracks for moving interferometer antennas for more than one km, on relatively flat terrain, at an altitude of 2550 m. The high altitude guarantees dry air (typically less than 2 mm of precipitable water vapour in winter).

Plateau de Bure is located 90 km south of Grenoble, France, and can be reached by a two-hour drive from Grenoble, followed by transport by cable car to the top of the Plateau. The buildings on the Plateau include a large hall, used for the assembly and maintenance of the antennas, and for the computer and control room, and another building with living quarters for the station staff on the mountain.

The IRAM Interferometer will consist of three movable antennas, each 15-m in diameter, and capable of being displaced along rails to 26 different observing stations located on tracks 160 m north-south and 288 m east-west. The interferometer antennas have steel mounts, but in contrast to the 30-m telescope, their reflectors and support structures are constructed of carbon fibre reinforced plastic. Carbon fibres are stronger than steel, and have a small thermal expansion coefficient. These are the first radio astronomy antennas to use this technology for the entire reflector, with the aim of achieving a high-precision surface without the need for an expensive ventilation system for temperature control. These antennas are also constructed according to homology principles, like the 30-m telescope, and the total, overall surface precision is about 50 microns.

The interferometer will achieve a resolving power equal to that of a antenna several hundred meters in diameter. The interferometer will be used to study fine details in individual radio sources, and will provide an angular resolution similar to that of photographs taken with large optical telescopes.



La primera de las tres antenas de 15 metros de diámetro del Interferómetro milimétrico del IRAM en el « Plateau de Bure » (foto : IRAM).

The first of the three 15-m antennas of the IRAM Interferometer on Plateau de Bure (photo : IRAM).

CARACTERÍSTICA DE LOS TELESCOPIOS DEL IRAM		
	TELESCOPIO DE 30 M	INTERFERÓMETRO
Localización	Pico Veleta en Sierra Nevada (España)	Plateau de Bure en los Alpes (Francia)
Altitud	2850 m	2550 m
Latitud	37° 04'	44° 38'
Número de antenas	1	3
Montura	Altazimutal, acero montada en pedestal de hormigón	Altazimutal, acero montada en un transportador con motores
Estructura soporte del reflector	Tubos de acero, estructura homóloga	Tubos de fibra de carbono, estructura homóloga
Paneles del reflector	420 planchas de aluminio sobre "honeycomb" de aluminio	176 planchas de fibra de carbono sobre "honeycomb" de aluminio
Precisión de los paneles	30 micras	15 micras
Peso de cada antenna	800 toneladas	100 toneladas
Espejo principal	D = 30 metros f/D = 0.350	D = 15 metros f/D = 0.325
Precisión de la superficie	80 micras	50 micras
Espejo secundario	D = 2 metros f'/D = 9.7	D = 1.5 metros f'/D = 5.1
Covertura en frecuencia	de 80 a 350 GHz	de 80 a 350 GHz
Covertura en longitudes de onda	de 3 a 0.8 mm	de 3 a 0.8 mm

CHARACTERISTICS OF THE IRAM TELESCOPES		
	30-m TELESCOPE	INTERFEROMETER
Location	Pico Veleta Sierra Nevada Spain	Plateau de Bure Hautes-Alpes France
Altitude	2850 m	2550 m
Latitude	37 04'	44 38'
Number of antennas	1	3
Antenna mounting	Alt-az, steel mount on concrete pedestal	Alt-az steel mounts on transporters with own drive motors
Reflector support structure	Steel tubing, homology structure	Carbon-fibre tubing, homology structure
Reflector panels	420 aluminium sheets on aluminium honeycomb backing	176 carbon-fibre panels, aluminium honeycomb backing
Precision of individual panels	30 μ m	15 μ m
Weight per antenna	800 tons	100 tons
Primary reflector	D = 30 m f/D = 0.350	D = 15 m f/D = 0.325
Overall surface precision	80 μ m	50 μ m
Secondary reflector	D = 2 m f'/D = 9.7	D = 1.5 m f'/D = 5.1
Frequency coverage	80 to 350 GHz	80 to 350 GHz
Wavelength coverage	3 to 0.8 mm	3 to 0.8 mm

DIRECCIONES DE IRAM / IRAM ADDRESSES :

Institut de Radio Astronomie Millimétrique
Voie 10, Domaine Universitaire, 38406 St-Martin-d'Hères, France.
Tél. (33) 76-423383 - Fax : (33) 76-515938 - Tlx : 980753 F

Institut de Radio Astronomie Millimétrique
Observatoire du Plateau de Bure, 05250 St-Etienne-en-Dévoluy, France.
Tél. (33) 92-538520/23

Instituto de Radioastronomía Milimétrica
Avenida Divina Pastora, 7, Núcleo Central, 18012 Granada, España
Tel : (34) 58-291500 - Fax : (34) 58-207662 - Tlx : 78584 IRAM E

Instituto de Radioastronomía Milimétrica
Estación Radioastronómica IRAM-IGN del Pico Veleta, Sierra Nevada, Granada, España.
Tel : (34) 58-480413 - Fax : (34) 58-480417 - Tlx : 78521 IRAM E

Entidades asociadas en el IRAM / IRAM Partner Organisations :

Centre National de la Recherche Scientifique - Paris, France
Max-Planck-Gesellschaft - München, Bundesrepublik Deutschland
en colaboración con/in collaboration with :
Instituto Geográfico Nacional - Madrid, España.

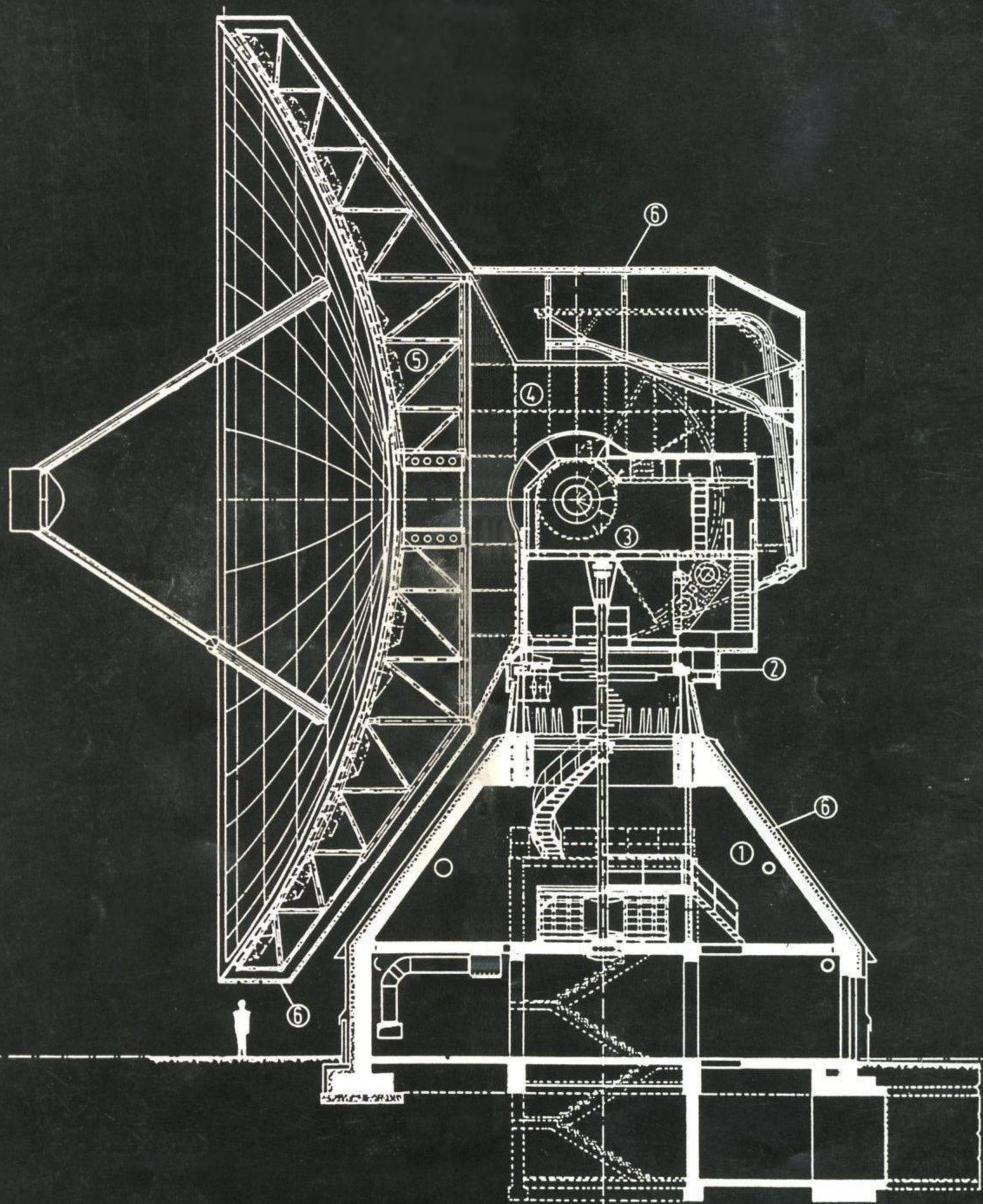


Foto de la última página : Diagrama esquemático del radiotelescopio de 30 metros : 1) Pedestal, 2) Anillo de rodamiento en azimut, 3) Cabina de receptores, 4) Yugo de elevación, 5) Estructura soporte del reflector, 6) Protección térmica.
 Back cover : Schematic diagram of the 30-m telescope : 1) Pedestal, 2) Azimuth bearing, 3) Receiver cabin, 4) Yoke, 5) Reflector support structure, 6) Thermal insulation.