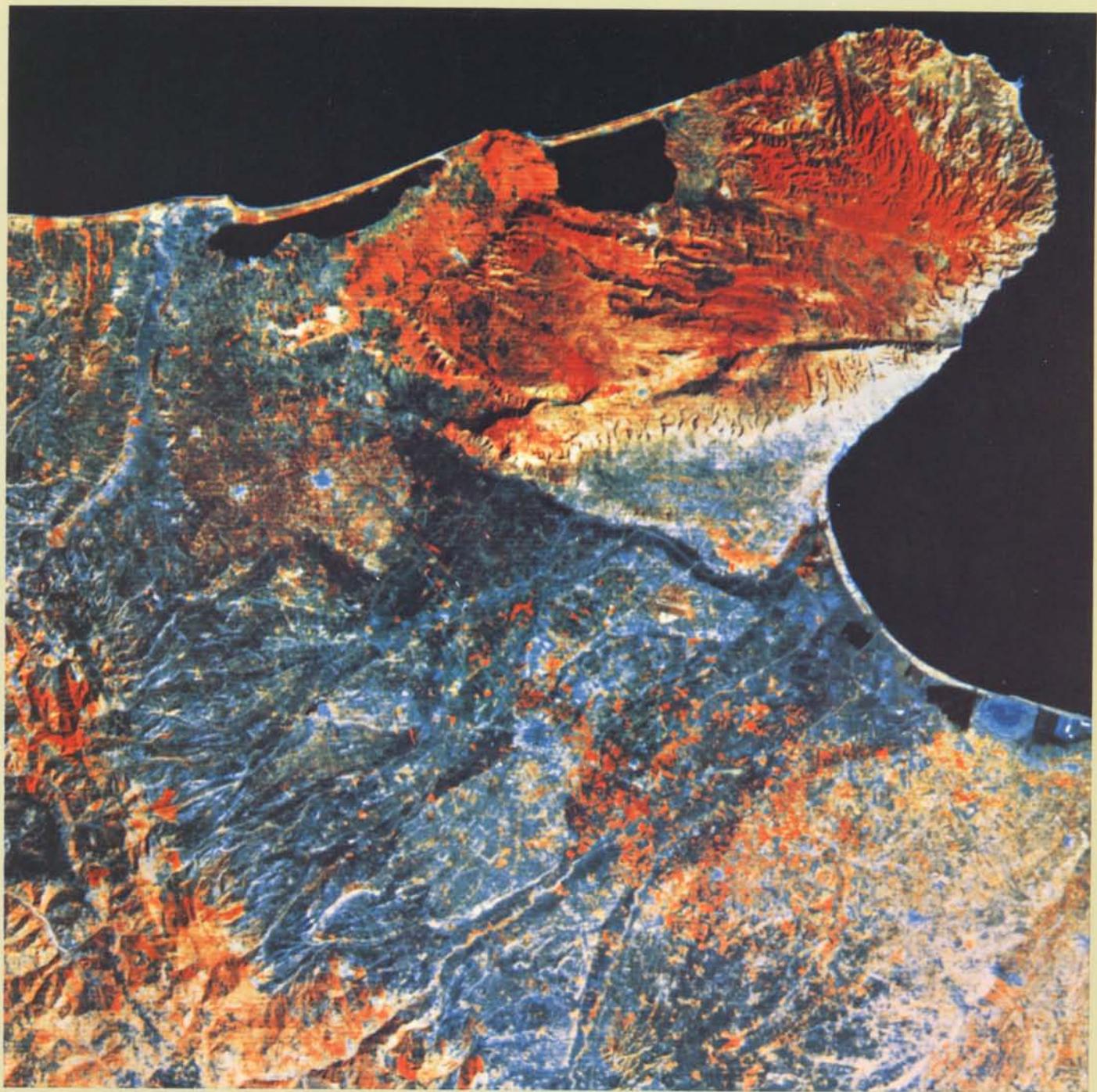


esa bulletin

number 17

february 1979





europaean space agency

The European Space Agency was formed out of, and took over the rights and obligations of, the two earlier European Space Organisations: the European Space Research Organisation (ESRO) and the European Organisation for the Development and Construction of Space Vehicle Launchers (ELDO). The Member States are Belgium, Denmark, France, Germany, Italy, Netherlands, Spain, Sweden, Switzerland and the United Kingdom; Ireland has signed the ESA Convention and will become a Member State upon its ratification. Austria, Canada and Norway have been granted Observer status.

In the words of the Convention: The purpose of the Agency shall be to provide for and to promote, for exclusively peaceful purposes, co-operation among European States in space research and technology and their space applications, with a view to their being used for scientific purposes and for operational space applications systems.

- (a) by elaborating and implementing a long-term European space policy, by recommending space objectives to the Member States, and byconcerting the policies of the Member States with respect to other national and international organisations and institutions;
- (b) by elaborating and implementing activities and programmes in the space field;
- (c) by co-ordinating the European space programme and national programmes, and by integrating the latter progressively and as completely as possible into the European space programme, in particular as regards the development of applications satellites;
- (d) by elaborating and implementing the industrial policy appropriate to its programme and by recommending a coherent industrial policy to the Member States.

The Agency is directed by a Council composed of representatives of Member States. The Director General is the chief executive of the Agency and its legal representative.

The Directorate of the Agency consists of the Director General; the Director of Planning and Future Programmes; the Director of Administration; the Director of Scientific Programmes; the Director of Applications Programmes; the Director of the Spacelab Programme; the Technical Director and the Director of ESOC.

The ESA HEADQUARTERS are in Paris.

The major establishments of ESA are:

THE EUROPEAN SPACE RESEARCH AND TECHNOLOGY CENTRE (ESTEC), Noordwijk, Netherlands

THE EUROPEAN SPACE OPERATIONS CENTRE (ESOC), Darmstadt, Germany.

ESRIN, Frascati, Italy.

Chairman of the Council: Mr. J. Stiernstedt (Sweden).

Director General: Mr. R. Gibson.

agence spatiale européenne

L'Agence Spatiale Européenne est issue des deux Organisations spatiales européennes qui l'ont précédée – l'Organisation européenne de recherches spatiales (CERS) et l'Organisation européenne pour la mise au point et la construction de lanceurs d'engins spatiaux (CECLES) – dont elle a repris les droits et obligations. Les Etats membres en sont: l'Allemagne, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la France, l'Italie, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse. L'Irlande a signé la Convention de l'ESA et deviendra Etat membre de l'Agence lorsque la Convention aura été ratifiée. L'Autriche, le Canada et la Norvège bénéficient d'un statut d'observateur.

Selon les termes de la Convention: L'Agence a pour mission d'assurer et de développer, à des fins exclusivement pacifiques, la coopération entre Etats européens dans les domaines de la recherche et de la technologie spatiales et de leurs applications spatiales, en vue de leur utilisation à des fins scientifiques et pour des systèmes spatiaux opérationnels d'applications:

- (a) en élaborant et en mettant en oeuvre une politique spatiale européenne à long terme, en recommandant aux Etats membres des objectifs en matière spatiale et en concertant les politiques des Etats membres à l'égard d'autres organisations et institutions nationales et internationales;
- (b) en élaborant et en mettant en oeuvre des activités et des programmes dans le domaine spatial;
- (c) en coordonnant le programme spatial européen et les programmes nationaux, et en intégrant ces derniers progressivement et aussi complètement que possible dans le programme spatial européen, notamment en ce qui concerne le développement de satellites d'applications;
- (d) en élaborant et en mettant en oeuvre la politique industrielle appropriée à son programme et en recommandant aux Etats membres une politique industrielle cohérente.

L'Agence est dirigée par un Conseil, composé de représentants des Etats membres. Le Directeur général est le fonctionnaire exécutif supérieur de l'Agence et la représente dans tous ses actes.

Le Directoire de l'Agence est composé du Directeur général, du Directeur des Programmes futurs et des Plans, du Directeur de l'Administration, du Directeur des Programmes scientifiques, du Directeur des Programmes d'Applications, du Directeur du Programme Spacelab, du Directeur technique et du Directeur de l'ESOC.

Le SIEGE de l'ESA est à Paris.

Les principaux Etablissements de l'ESA sont:

LE CENTRE EUROPEEN DE RECHERCHE ET DE TECHNOLOGIE SPATIALES (ESTEC), Noordwijk, Pays-Bas

LE CENTRE EUROPEEN D'OPERATIONS SPATIALES (ESOC), Darmstadt, Allemagne

ESRIN, Frascati, Italie.

Président du Conseil: M.J. Stiernstedt (Suède)

Directeur général: M. R. Gibson.

esa bulletin

no. 17 february 1979

contents/sommaire



Satellite image of Italy, as distributed by Earthnet.

Editorial Office

ESA Scientific and Technical Publications Branch
c/o ESTEC, Noordwijk, The Netherlands

Publication Manager
Bruce Battrick

Editors
Bruce Battrick, Duc Guyenne

Assistant Editor & Advertising Manager
Simon Vermeer

Editorial Assistants
Jacqui Mort, Sylvaine Adamy

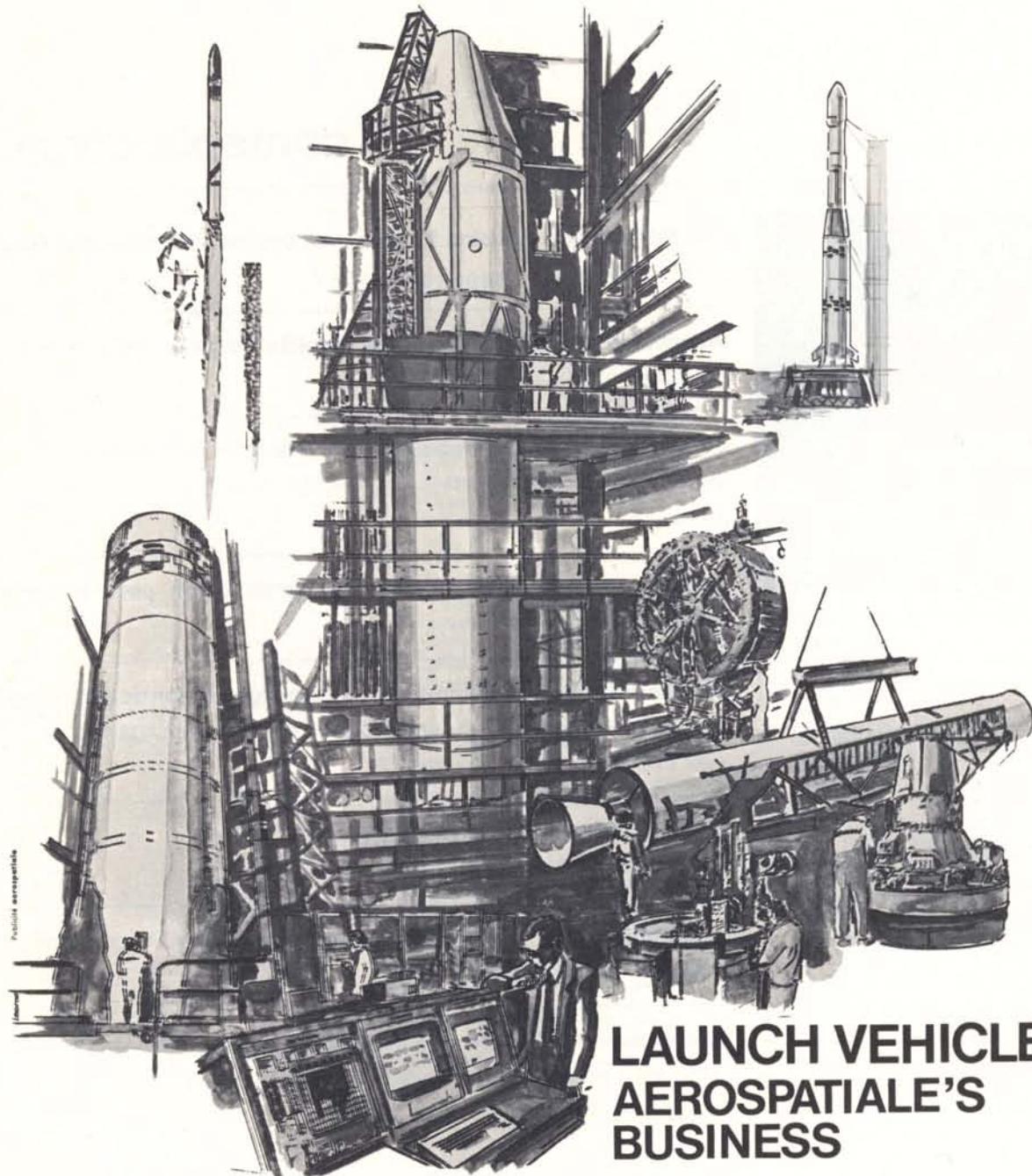
Circulation Office
ESA Space Documentation Service
8-10 rue Mario Nikis, 75738 Paris

The ESA Bulletin is published by the European Space Agency. Individual articles may be reprinted provided that the credit line reads 'Reprinted from the ESA Bulletin' plus date of issue. Signed articles reprinted must bear the author's name. Advertisements are accepted in good faith; the Agency accepts no responsibility for their content or claims.

Copyright © 1979 by the European Space Agency.
Printed in The Netherlands, by ESTEC Reproduction
Services - 783779

European space agency
agence spatiale européenne
8-10, rue Mario-Nikis
75738 Paris 15, France

The ESA Remote-Sensing Programme: Present Activities and Future Plans <i>J Plevin & I Pryke</i>	6
Potential European Climatological Satellite Missions: SEOCS and BIRAMIS <i>G Duchossois</i>	14
Le développement des relations internationales de l'Agence Development of the Agency's International Relations <i>J Arets</i>	22
Council of Europe and Western European Union pass Recommendations relating to ESA	28
Brevets et savoir-faire technique dans une organisation de technologie de pointe Patents and Know-how in an Advanced-Technology Organisation <i>J de Reuse</i>	30
Grist – a Solar-Observation Facility <i>G Whitcomb</i>	36
Programmes under Development and Operations / Programmes en cours de réalisation et d'exploitation	41
La cryogénie et l'Espace – le programme cryogénique de l'Agence Cryogenics and Space – The Agency's Cryogenics Programme <i>J Lizon-Tati & A Accensi</i>	53
Procurement of the Orbital Test Satellite <i>B Stockwell</i>	61
Atmospheric Trace Contaminants – Their Measurement and Identification for Spacelab <i>M Debeir & M D Judd</i>	66
The World's Largest Computer-Accessible Chemical File? <i>H Evers & W A Martin</i>	72
In Brief	76
Publications	78



LAUNCH VEHICLES... AEROSPATIALE'S BUSINESS

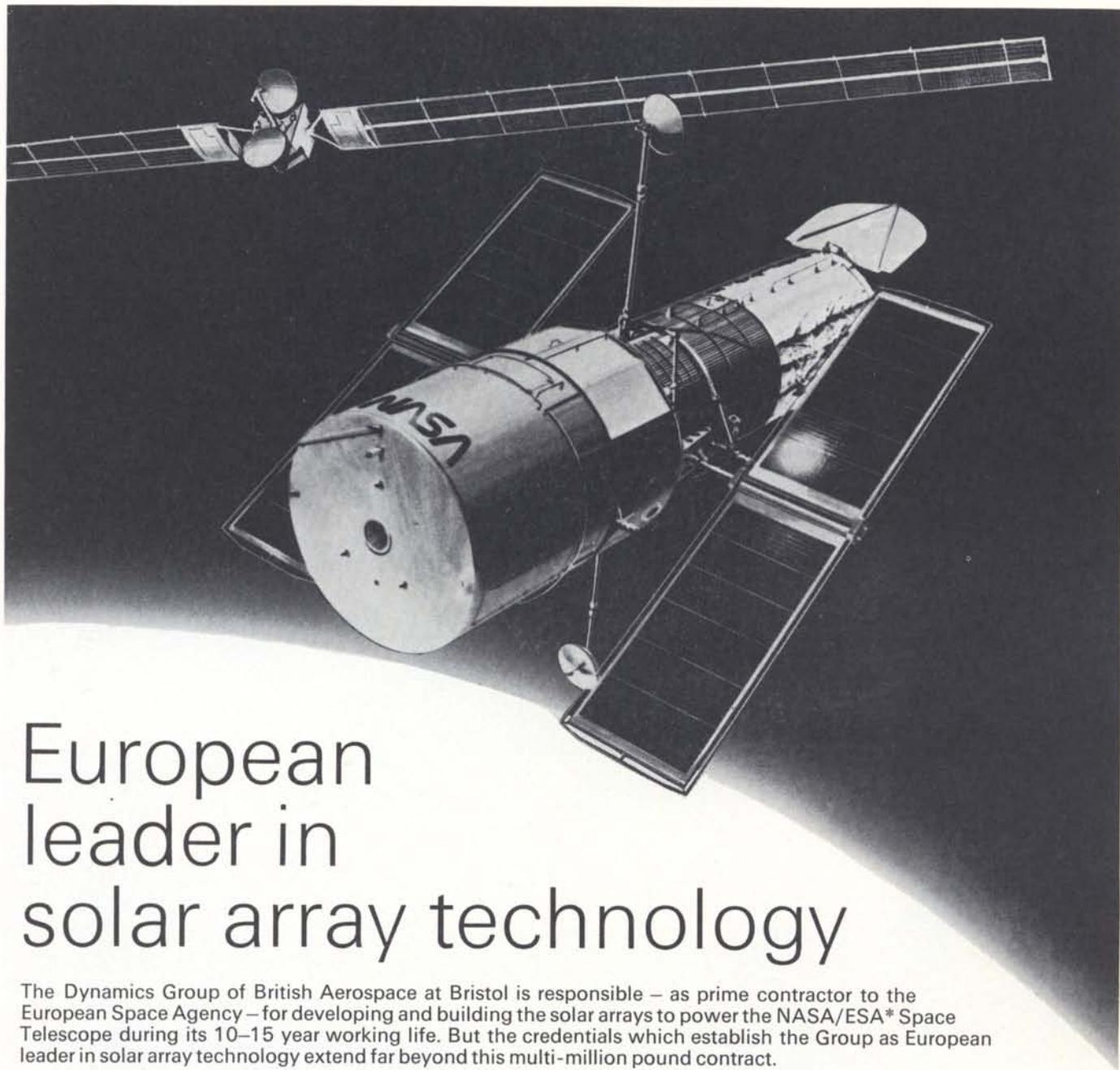
Since 1965 when the Diamant launcher made France the world's third power in space, launch vehicles have been our business. The companies that designed, built, and launched Diamant are now part of Aerospatiale.

The same teams today are developing Ariane, Europe's heavy launcher, which will open up a whole new field of applications possibilities for the 1980's.

Industrial architect, system integrator, and stage contractor for Ariane, at all program levels launch vehicles are our business at Aerospatiale.



aerospatiale Division Systèmes Balistiques et Spatiaux B.P. 96 78130 Les Mureaux



European leader in solar array technology

The Dynamics Group of British Aerospace at Bristol is responsible – as prime contractor to the European Space Agency – for developing and building the solar arrays to power the NASA/ESA* Space Telescope during its 10–15 year working life. But the credentials which establish the Group as European leader in solar array technology extend far beyond this multi-million pound contract.

The Bristol factory has built more solar arrays for more satellites than any other manufacturer in the Western World outside the U.S.A. and in so doing has assembled more solar cells into satellite arrays than all other European manufacturers combined. It has specialised in power supplies for Space applications since the early 1970s, building solar arrays or array structures for the global series of Intelsat IV and IVA satellites, the U.S.A.'s COMSTAR "domestic" satellites, the Ariel III and IV and UK6 scientific satellites, the Prospero X-3 technology satellite, and the COS-B cosmic ray satellite.

In addition to the solar arrays which form part of the Group's total multi-million pound package of work on the Space Telescope, current programmes include the first-stage contract for ESA of a 6Kw lightweight hybrid array suitable for use in powering direct broadcast television satellites of the 1980's. A study is also being undertaken for ESA of solar arrays of 25 Kw upwards that could provide additional power and orbit life for the European SPACELAB and Space platforms or establish a Space power station.

* for which Lockheed is prime contractor

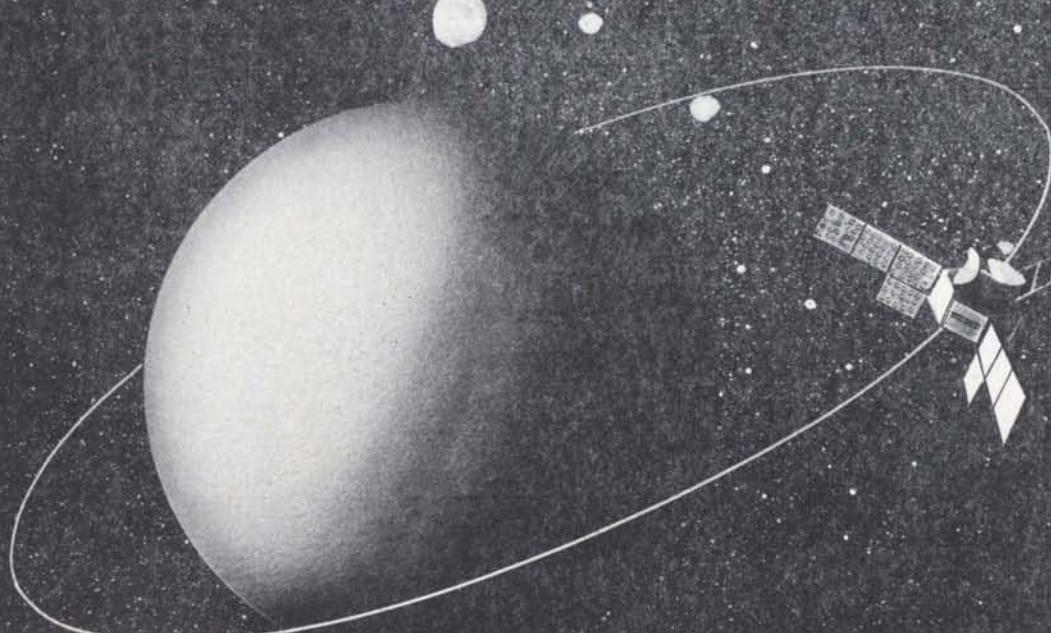
BRITISH AEROSPACE DYNAMICS GROUP

Electronic & Space Systems, Filton House, Bristol BS99 7AR, England. Telephone : Bristol 693831 Telex : 449452.

ESS7

ESPACE

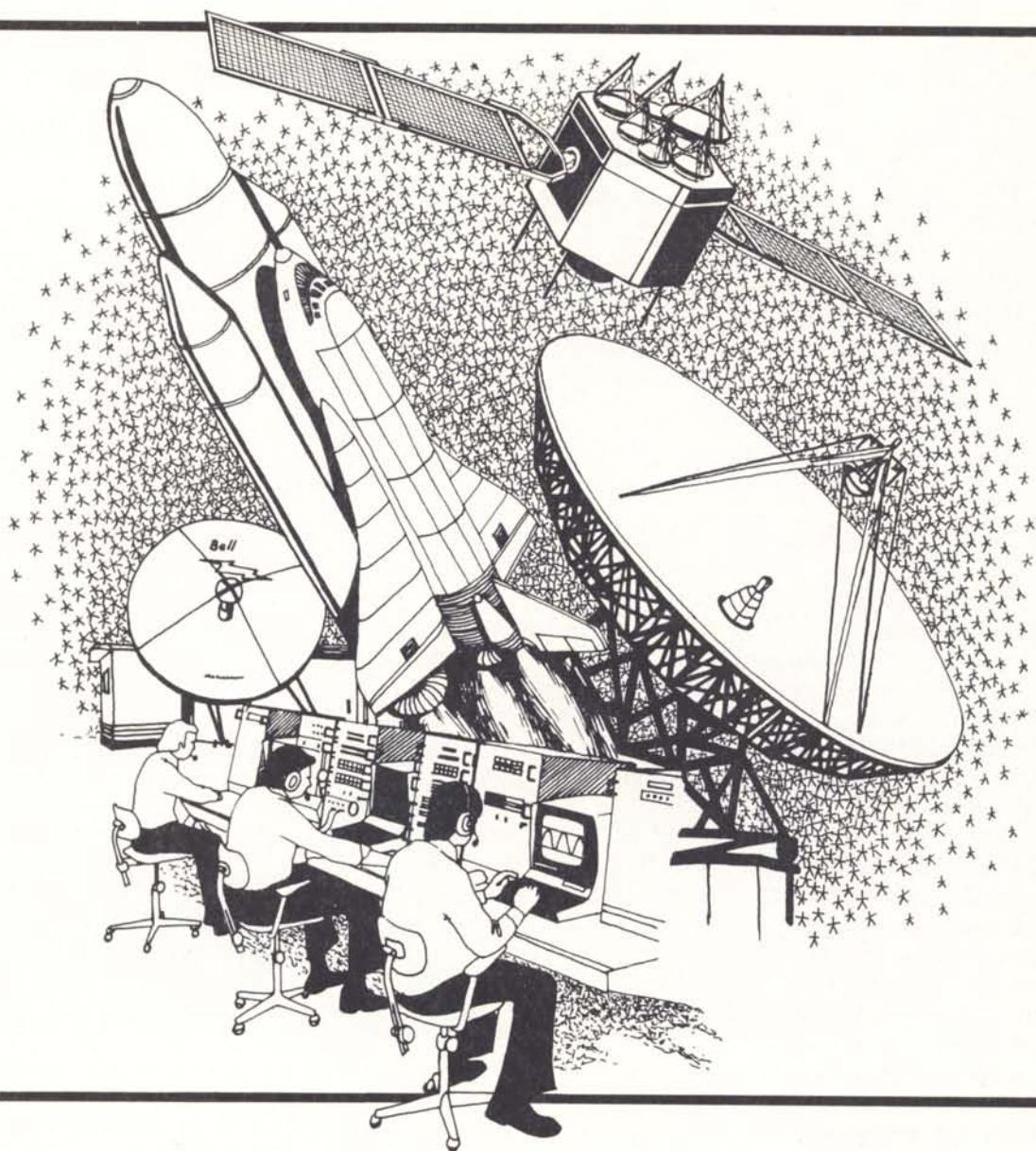
Étude de systèmes
Intégration de matériel
Assistance technique
pour la mise en œuvre,
l'exploitation et la maintenance
de systèmes
Exploitation de centres
de contrôle opérationnels
Télédétection.



au service des programmes spatiaux dans le monde

SODETEG 

ZONE INDUSTRIELLE DU PLATEAU DE BUC - B.P. N° 24 - 78530 BUC - TÉL. : (1) 956.80.55 - TÉLEX 696589 F



**We are willing to meet
your most exotic requirements
in Spacecraft Tracking, Telemetry
and Communication Systems**

Bell Telephone Mfg Co

Space Systems Department

F. Wellesplein 1 B-2000 Antwerp - Belgium
Tel.: 031/37.17.17 Telex : 31226 Bella - B



The ESA Remote-Sensing Programme: Present Activities and Future Plans*

J. Plevin, Directorate of Planning and Future Programmes, ESA, Paris

I. Pryke, Directorate of Applications Programmes, ESA, Toulouse

In recent years mankind's demands for resources have increased rapidly, indeed to the point where we can anticipate demand exceeding availability in critical areas. In addition to the dangers of a resource-limited World, the present excessive consumption in developed regions often has a detrimental impact on the environment which can be felt throughout the World as a whole. This is inherently an unstable situation, and also an unfair one in the many cases today where the availability and utilisation of resources are unevenly distributed. These imbalances are, however, minor compared with the problems we are likely to face in the future unless positive action is taken to understand what resources are available and how they are being managed, and to establish a durable balance between resources consumption and availability and environment.

To achieve a lasting balance it is necessary to improve our understanding of the dynamic interactions between man and his use of resources and the impact of this use on the Earth's environment. We are presently far from reaching this understanding. For progress to be made, accurate and timely sources of information are required that can feed into the resources and environmental models presently under development. A key difficulty that must be overcome is that the situation under study often changes more rapidly than can be followed by the information sources that are set up to describe it. New information sources are certainly needed, and the newly available remote-sensing techniques are attracting increasing attention, particularly spaceborne remote-sensing methods because of their potential ability to provide accurate, timely and repetitive information over large areas.

The promise and potential importance of spaceborne remote-sensing techniques are so great that Europe cannot afford to play a passive role in their exploitation, not simply because they are relevant to her own needs, but also because of their importance to the developing World and to global problems of the oceans and environment.

In the identification of European interest and definition of the elements of a European remote-sensing space programme, ESA activities have concentrated on:

- definition of mission objectives and measurement requirements

- gaining of access to already available remote-sensing satellite data through the Earthnet programme
- preparation of remote-sensing experiments for use on Spacelab
- definition of the elements of the future European remote-sensing satellite programme.

Each of these aspects is described in more detail in the following paragraphs.

Overall mission objectives

Many different types of remote-sensing satellite systems can be envisaged for both regional and global applications: Regional satellites

- to monitor dynamic features in developed regions such as Europe, and
- to provide basic resources information for developing regions, to be used within the framework of development-aid programmes.

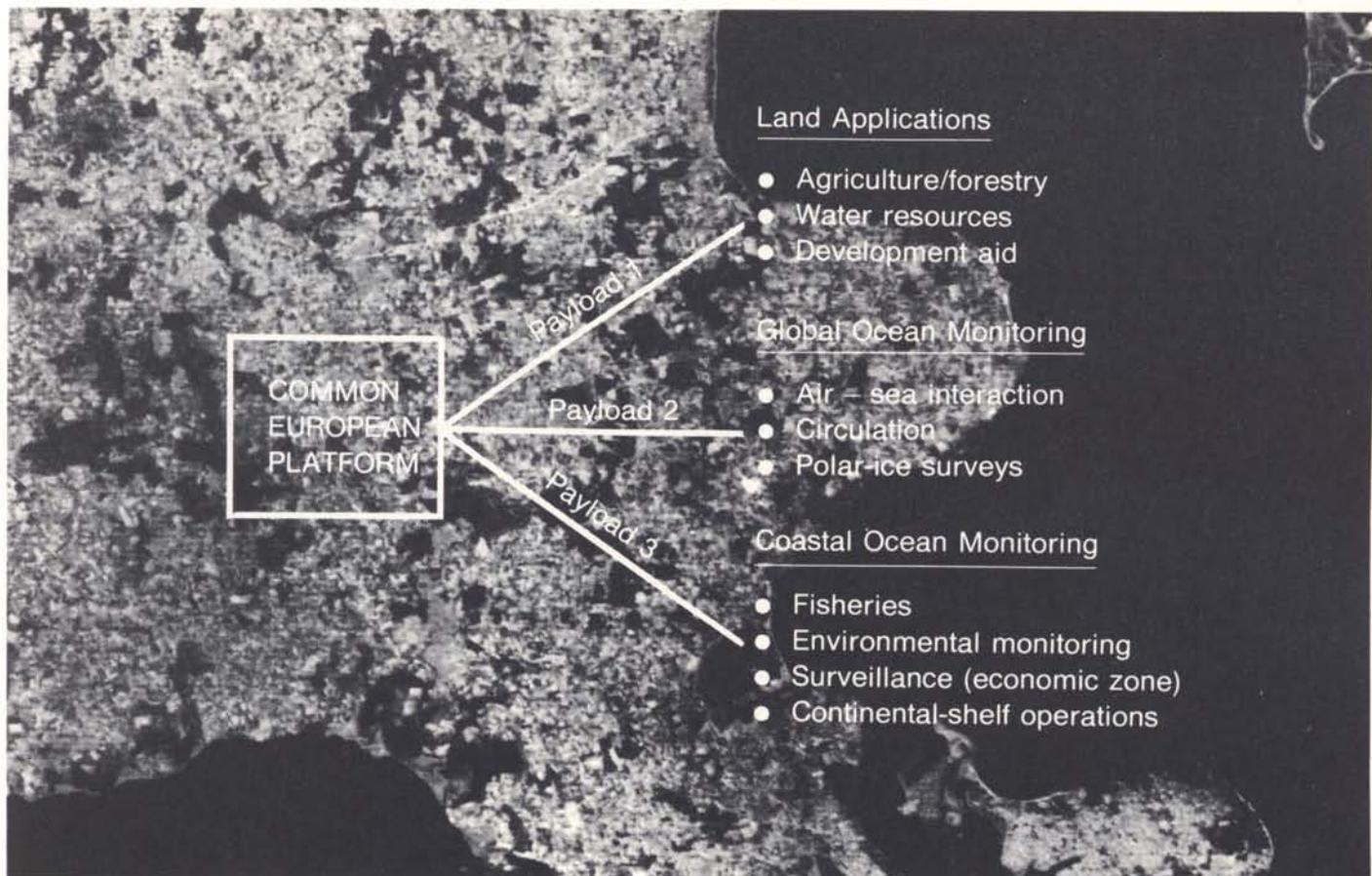
Global satellites

- to monitor the global oceans
- to monitor the global atmosphere, particularly climate and climatic changes and air-quality measurements, and
- to map global resources such as basic food supplies, soils and forests.

The extent of European involvement will depend on internal European priorities. It seems clear, however, that high priority will be given initially to the implementation of regional space systems providing data that can be applied both in Europe and within the framework of development-aid programmes.

* Based on a paper presented at the International Symposium on Remote Sensing for Observation and Inventory of Earth Resources and the Endangered Environment, in Freiburg, July 1978.

Figure 1 – Payload applications for the European Remote-Sensing Satellite Programme.



(i) European regional needs

The main emphasis in Europe is placed on the management and conservation of known resources, rather than on the exploration and exploitation of new resources at national level. The two main exceptions to this general rule are the continental-shelf areas and Greenland.

The key missions of immediate interest within the European region are:

- statistical information gathering for agricultural products (e.g. crop inventory, yield prediction for key crops, forest inventories)
- land-use classification and mapping
- water-resources management (e.g. snow melt, soil moisture, storm run-off)
- coastal-zone surveys (e.g. continental-shelf operations, traffic

monitoring, sea-ice, oil pollution, fisheries)

- monitoring of the northern polar region (e.g. Greenland, ice surveys).

currency to fund development programmes

- disaster warning and damage assessment.

(ii) Development-aid programmes

The development of financial and technical assistance to developing countries, either through bilateral agreements or via international bodies such as the United Nations and its specialised agencies, has long been an important element of European foreign policy. The potential importance of satellite remote-sensing data to developing countries is now widely recognised. Important applications of these data include:

- sustained production of food, fibres and animals
- mineral exploration aimed mainly at providing sources of foreign

Two key features of most of the above applications are the dynamic nature of the measurements to be made, and the worldwide scale of interest in the information acquired. These two factors will necessitate the development of low earth-orbiting satellites that are capable both of ensuring near-global coverage, and providing high-spatial-resolution data in a number of spectral channels extending from visible to microwave in the electromagnetic spectrum.

System studies carried out by ESA have indicated that as a first step towards meeting European requirements, satellite systems for both land and ocean applications will need to be developed

Figure 2 – Main elements of the Earthnet Programme.

(Fig. 1). In order to minimise the overall costs of such an activity, a common satellite platform will have to be produced that is capable of carrying different sensor payloads for the different missions. These aspects are covered in greater detail later.

Earthnet

A major objective of Earthnet is to provide European investigators with early access to remote-sensing satellite data, to allow promising applications to be identified and valuable experience to be gained in the use of these new techniques for European problems and situations.

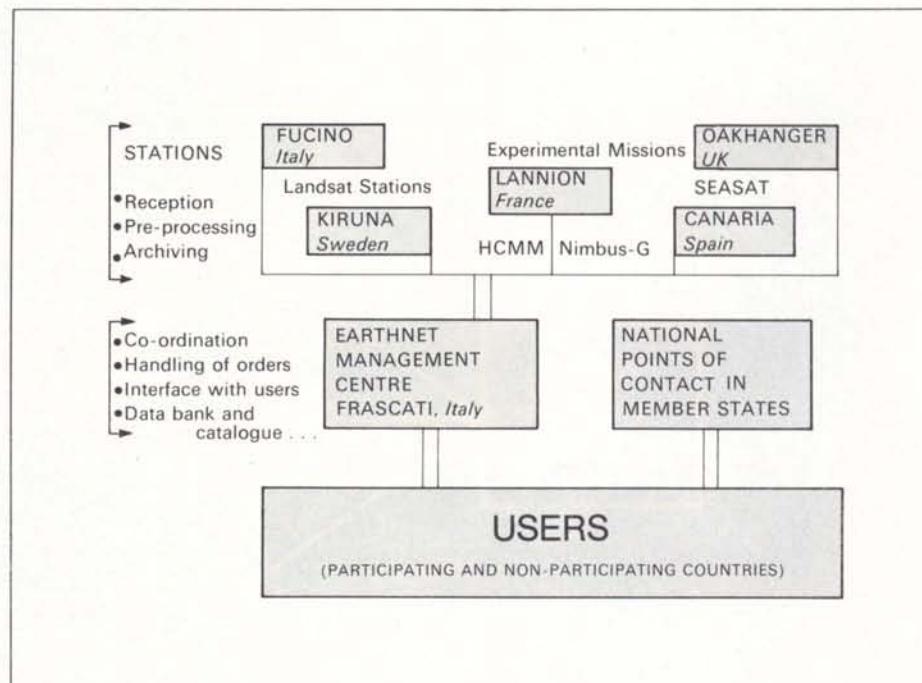
Earthnet comprises a number of data-reception and preprocessing facilities located in Europe that acquire, pre-process, distribute and archive satellite remote-sensing data. The network operates at present with data from NASA satellites (Landsat, Seasat, HCMM and Nimbus-G), but is expected to form the basic elements for the acquisition of data from the European remote-sensing satellites once these are developed.

The various elements of the Earthnet network are shown in Figure 2; a more detailed description of the Earthnet Programme can be found in an earlier Bulletin (ESA Bulletin No. 13, pp 41-46).

Spacelab experiments

There are two main and interrelated objectives associated with any experimental earth-observation programme using advanced sensing methods:

- to understand the capabilities and limitations of the various sensor systems proposed and to develop measurement techniques that can be applied to the different areas of application under investigation
- using the proven remote-sensing instruments and methods derived above, to conduct experiments in the earth-observation disciplines aimed either at purely scientific



objectives or at perfecting measurement methods for later applications-oriented missions.

Many of the contributions required to achieve these two objectives will come from careful and exhaustive ground-based and airborne measurement programmes. These measurements are, however, not in themselves sufficient to define and specify later automatic satellite systems completely. An intermediate orbital phase will often be required relying on the flexibility and increased capabilities of manned space programmes such as Spacelab.

The role of Spacelab in meeting the two objectives is illustrated in Figure 3, which shows how the manned space laboratory can act as a bridge between the initial ground and airborne measurements and final systems based on long-life, automatic satellites.

It is planned to fly two remote-sensing experiments, the Metric Camera, and the Microwave Remote-Sensing Experiment, as part of the First Spacelab Payload

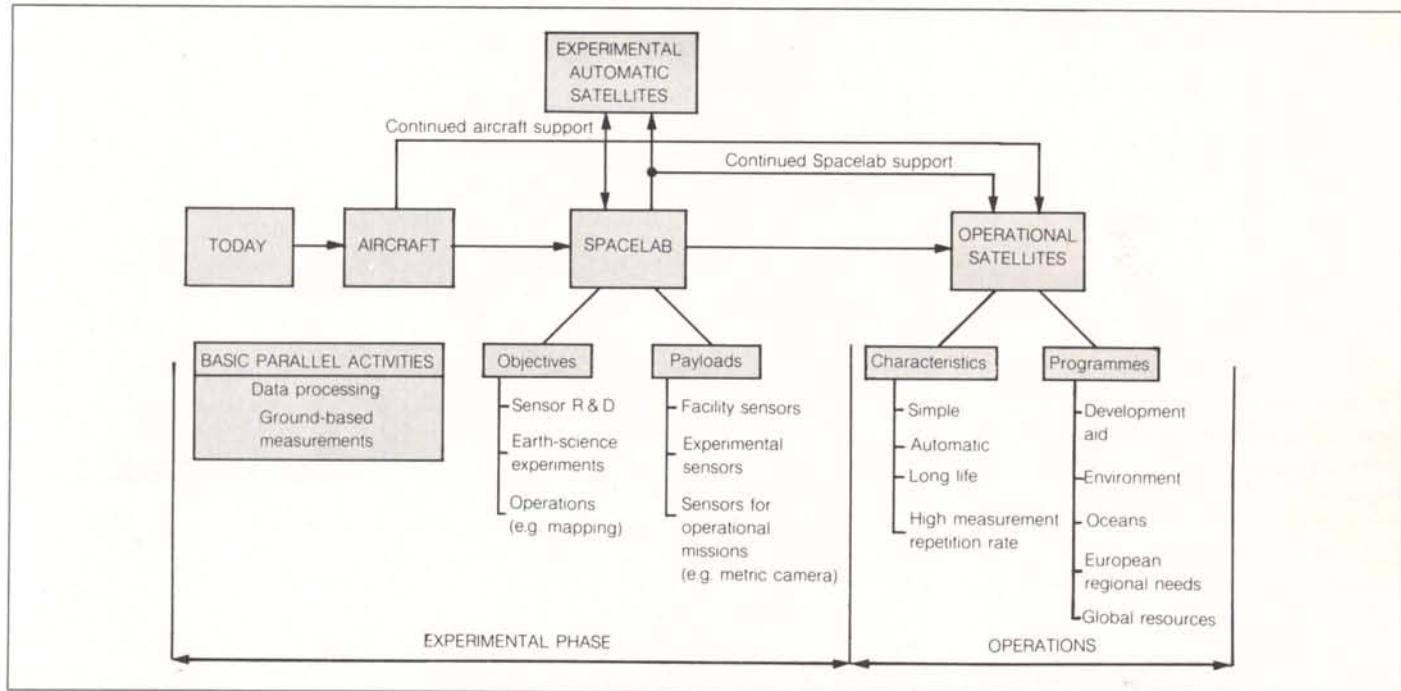
(FSLP), presently scheduled for launch by the Space Shuttle in 1981. Both experiments are provided to the Agency by the Federal Republic of Germany, as general instrumentation for the FSLP.

Metric Camera

The primary objective of this experiment is to test the mapping capabilities of high-resolution space photography on large film format (23 cm × 23 cm). The high-resolution data will also be evaluated for other thematic applications, such as land-use studies and geology.

The camera to be flown on the FSLP will be a modified Zeiss Aerial Survey Camera. The ground resolution of the images will be a function of the type of film used, but will be some 10-20 m. Various film-filter combinations are presently under evaluation and the final choice will depend in part on the number of film magazines that can be carried. Panchromatic, true-colour, infrared and colour-infrared are being considered.

Figure 3 – Role of Spacelab in the development of remote-sensing instruments and techniques.



The Metric Camera will be stowed for launch and landing and then mounted at Spacelab's optical window during flight (Fig. 4). It can only be operated when the Shuttle payload bay is pointed vertically towards the Earth, and in consequence careful optimisation of the experiment's operation along the orbital track will be required.

Microwave Remote-Sensing Experiment (MRSE)

This experiment (Table 1) represents one element in the development of a microwave all-weather sensing capability for a European Remote-Sensing Space Programme. Figure 5 shows the antenna system mounted on a Spacelab pallet.

The MRSE instrument is designed to operate in three different modes:

- Two-frequency scatterometer (for measurement of ocean wave spectra at wavelengths in the range 5-500 m).
- Synthetic-aperture radar (for high-resolution imaging of the Earth's surface).
- Passive microwave radiometer (for

Figure 4 – Metric Camera for the First Spacelab Payload (FSLP).

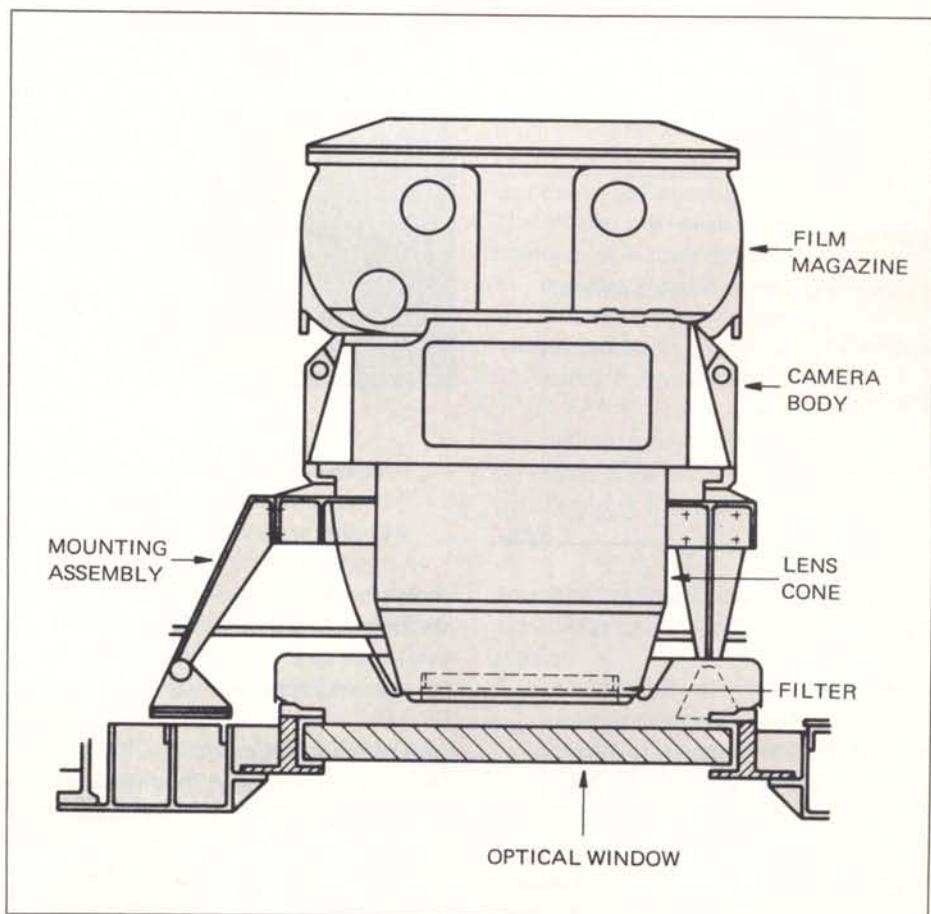
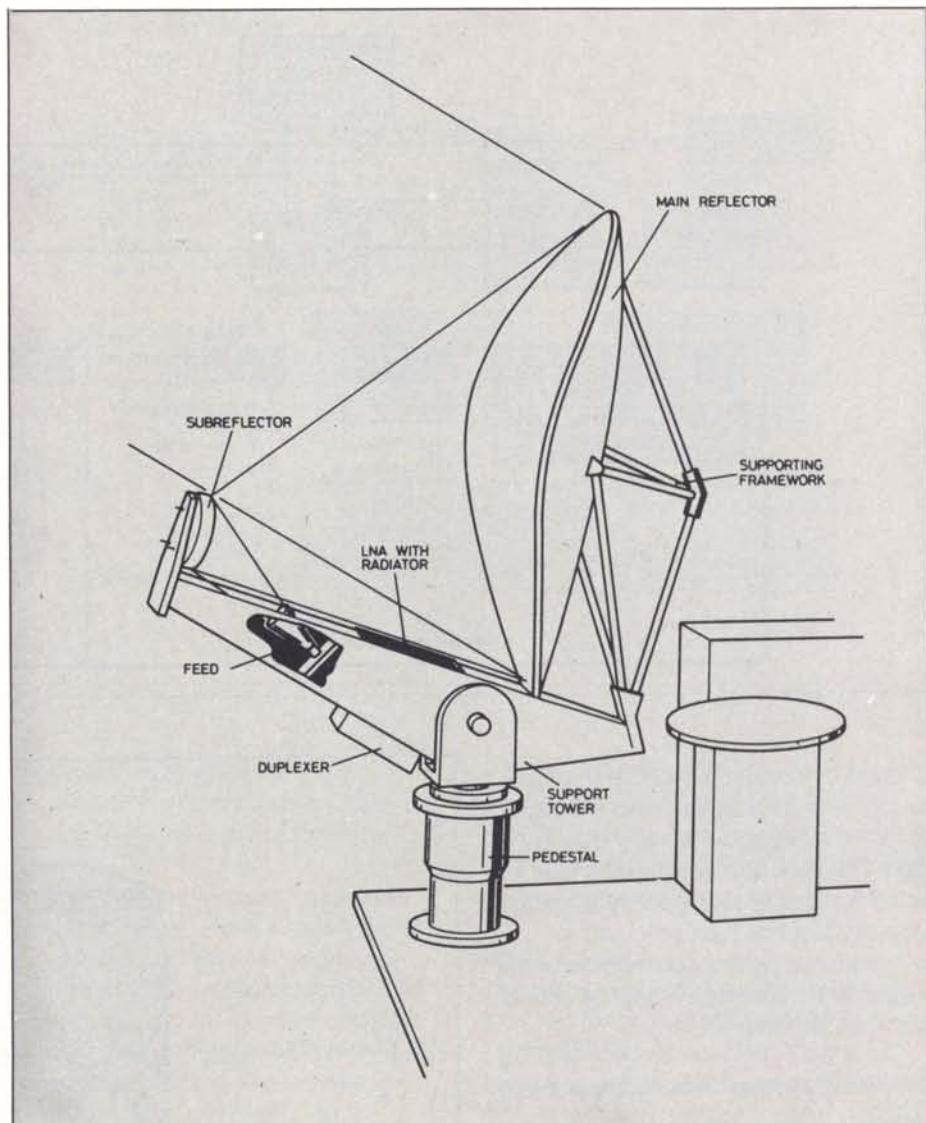


Figure 5 – Microwave Remote-Sensing Experiment (MRSE) for the First Spacelab Payload (FSLP).

Table 1 – Microwave Remote-Sensing Experiment: general characteristics

Resolution	
2 FS mode	
1 DB footprint	9 km × 9 km
SAR mode (depression angle 40°)	
Image width	8.5 km
Image length	2500 km
Ground resolution	25 m × 25 m
Radiometer mode	
Surface temp. sensitivity	±1°C
Antenna	
Paraboloid section with Cassegrain feed	
Dimensions	1 m × 2 m
Frequency	9.6 GHz approx.
Field of view	1.6 × 3.1
Polarisation	free
Power	≤ 100 W
Antenna pedestal	
Elevation angle	32° to 55°
Azimuth	+34° to -34°
Accuracy with respect to orbiter	±0.5°
Angular rate	5°/s max.
Axis configuration	Azimuth-elevation



measurement of the naturally-emitted microwave energy from the Earth).

Unlike the Metric Camera, the Microwave Experiment has to be developed specifically for the FSLP to the following schedule (defined by DFVLR):

Start of manufacture	July 1977
Testing of qualification model	July 1979
Flight-unit delivery	November 1979

Calls for experiment proposals for investigations using data acquired by

both the Metric Camera and the Microwave Experiment were issued by ESA early last summer and replies have already been received from many countries. These replies are currently being evaluated with the aim of defining a coherent international experiment.

Further flights of remote-sensing instruments on Spacelab are planned following the FSLP mission. Of immediate interest is the Demonstration Mission (DM2) to be flown in the period 1982-83, which will concentrate on carrying out multidisciplinary earth-

Figure 6 – Candidate payloads for the European Remote-Sensing Satellite Programme.

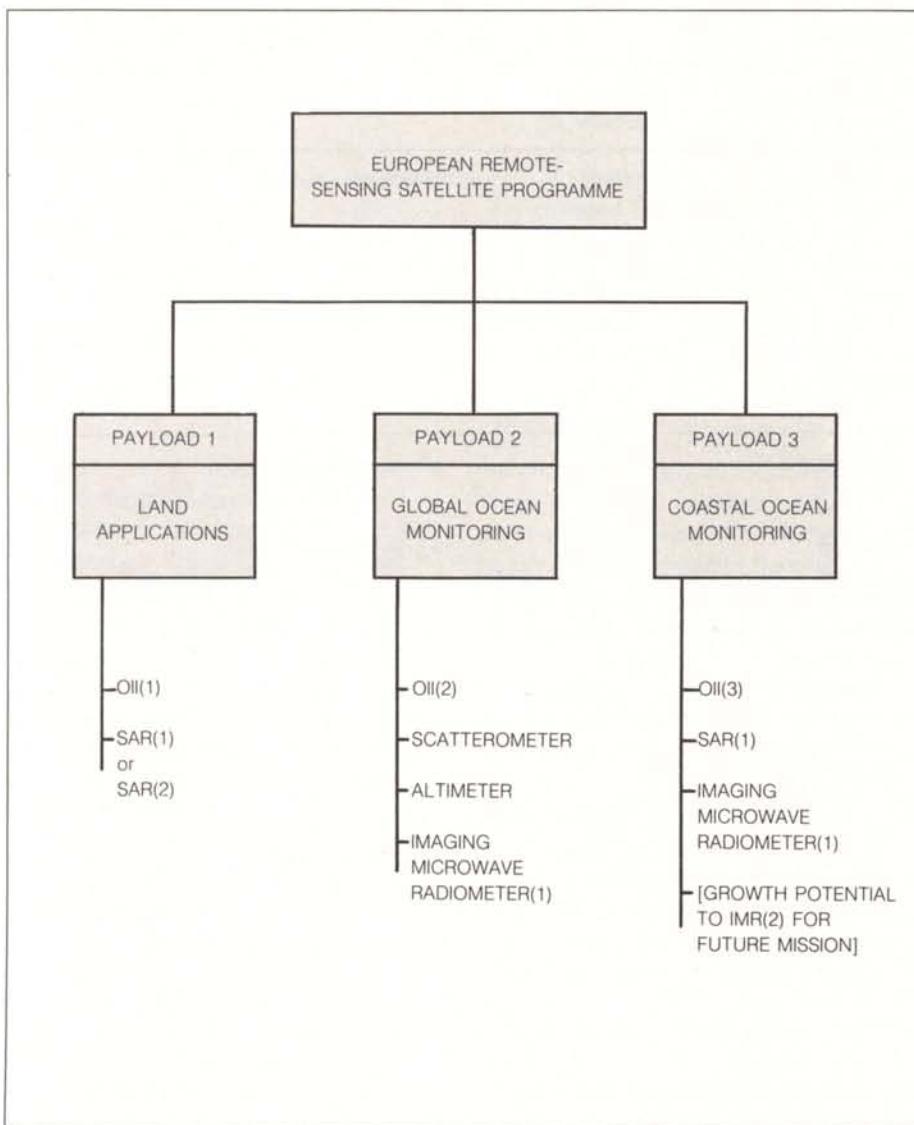


Figure 6 shows the instruments that will form the payloads for the missions in question; their general characteristics are listed in Table 2. In addition to the remote-sensing instrumentation, each payload will include a Data-Collection Platform (DCP) subsystem.

In the case of the Synthetic-Aperture Radars (SAR), specific studies (Phase-A) have been carried out, whereas for the Optical Imaging Instruments (OII) and the Imaging Microwave Radiometer (IMR), instrument definition will form one (major) element of the satellite systems studies.

Synthetic-aperture radar Phase-A studies
 Two parallel industrial Phase-A studies on SAR systems, initiated by the Agency in March 1978, were completed last October [Prime Contractors Thomson-CSF (F) and Marconi Research Laboratories (UK)]. The aim of both studies was the definition of a single-frequency, single-polarisation SAR system that would form one element of a remote-sensing payload to be carried by a spacecraft platform suitable for launch on the Agency's Ariane vehicle. The studies also evaluated the growth potential of such a system in terms of:

- improved spatial resolution
- different frequency(ies)
- additional frequency(ies)
- additional polarisation(s).

observation experiments. In addition to re-flying the Metric Camera and MRSE instruments, studies are presently underway to include a high-performance synthetic-aperture radar in the DM payload as an intermediate step towards incorporating radar sensors on future automatic remote-sensing satellites.

ESA studies relating to the definition of remote-sensing satellite systems

Background

Key missions in the context of a European remote-sensing satellite

programme were briefly discussed in the opening paragraphs. We will now consider further the studies that are under way relating to the definition of satellite systems for the land-applications and coastal ocean monitoring missions.

These studies can be classified into three categories:

- satellite-systems studies (Phase-A studies)
- instrument-definition studies, based on specifications derived from user requirements
- subsystem studies.

The general system parameters of candidate baseline SARs that were considered in the study are listed in Table 3.

A number of important conclusions can already be drawn from the SAR Phase-A studies:

- The feasibility of implementing a C-band single-polarisation SAR (providing a spatial resolution of up to $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$), along with an optical payload, on an Ariane-compatible payload, has been demonstrated. Such an SAR would have applications in:

Table 2 – General characteristics of candidate sensors

Instrument	Spectral range	Spatial resolution	Spectral resolution	Notes
OII (1)	visible & infrared	high (typically 25 m)	medium (6-7 bands)	land surface features
OII (2)	visible & infrared	low (km scale res)	medium/low	cloud cover and sea surface temperature measurements
OII (3)	visible & infrared	medium (typically n × 100 m)	high	narrow bands for chlorophyll concentrations, turbidity, etc.
SAR (1)	microwave (active)	high (same as OII 1)	–	all-weather operations
SAR (2)	microwave (active)	medium (typically 50–100 m)	–	e.g. soil, moisture, radar
Scatterometer	microwave (active)	low (km size footprint)	–	single-frequency
Altimeter	microwave (active)	low (km size footprint)	–	ocean surface and geoid (geodesy)
Imaging microwave radiometer (1)	microwave (passive)	low (n × 10 km size resolution)	low (wide bandwidth)	multi-frequency
Imaging microwave radiometer (2)	microwave (passive)	medium (typically n × 1 km)	low (wide bandwidth)	multi-frequency

- soil-moisture measurement
- coastal ocean monitoring
- some areas of agricultural monitoring.
- An SAR of this type (C-band) would have a power requirement of approximately 1.2 kW.

Solar-array feasibility studies

Two studies have been carried out (initiated May 1978) involving assessment of the feasibility of two flexible-solar-array concepts (one per study). The two concepts, which differed in deployment (roll-out and fold-out) and storage mechanisms, have been analysed in relation to the Ariane-compatible platform used in the SAR and satellite-system studies.

Results indicate that the implementation of a 3 kW array should pose no major problems and that such an array has the flexibility to cover the 1-6 kW range without major modifications to the concept.

The main study outputs were:

- estimates of feasibility of achieving the required power levels
- provision of data for use in the dynamic analysis of spacecraft equipped with large solar arrays
- 'black box' specifications for relevant solar-array systems for input to the satellite-system studies.

Satellite-system Phase-A studies

In May 1978, two Calls for Tender were

issued by ESA relating to Phase-A studies of:

- a Land Applications Satellite System (LASS);
- a Coastal Ocean Monitoring Satellite System (COMSS).

The main objectives are:

- to establish a feasible baseline system concept, the main elements of which will be:
 - the payloads specified in Figure 6
 - an Ariane-compatible platform (specification provided to contractors)
 - a ground segment (based on an extension of Earthnet for the European coverage zone)
- to establish development and cost

Table 3 – Baseline SAR characteristics

System parameters	Soil moisture SAR	Coastal ocean SAR	Agricultural SAR
Spatial resolution	100 m × 100 m	30 m × 30 m	30 m × 30 m
Swath width (km)	100	100	100
Sigma minimum (dB)	-18	-18	-25 (nominal)
Angle off nadir	20	20	45
Frequency (GHz)	5.3	5.3	5.3 or 10
Grey-level resolution (dB)	<1	2.5 (nominal)	2.5 (nominal)
Polarisation	HH or VV	HH or VV	HH and VV

- plans for the implied programme, assuming the launch of a first satellite in the mid-1980s
- to identify critical areas in overall systems development and in subsystems technology, and to provide recommendations for the definition of an appropriate Supporting Research and Technology Plan
 - to identify the necessary growth potential in order to fulfil the mission requirements to the greatest possible extent, and to develop a follow-on programme plan relating to evolution of system capability.

The two studies were initiated on 31 August (LASS) and on 1 September (COMSS) 1978. Each satellite will, as discussed earlier, carry an Optical Imaging Instrument (OII) and a Synthetic Aperture Radar (SAR), the instrument specifications differing for each mission. If feasible, the Coastal Ocean Monitoring payload may also contain an Imaging Microwave Radiometer (IMR). Whereas the OII(s) and IMR definitions will form major elements of the system studies, the specifications for the SARs (plus costing and SRT plan data) are being drawn from the radar studies conducted by Thomson-CSF and Marconi. Further study inputs are being derived from the solar-array studies.

The interim results from these satellite-system studies should be available by the end of 1978, and the final results by

the end of the first quarter of 1979. These results will represent a key element in the preparation of the proposal for a European Remote-Sensing Satellite Programme that ESA will present to its Member States in 1979.

Conclusions

The preceding sections have outlined the main European interest and objectives in spaceborne remote sensing, and have described the actions (Earthnet, Spacelab experiments) and studies presently under way or planned which should lead to the implementation of a European remote-sensing satellite programme by the mid-1980s.

It seems clear that Europe and, indeed, the rest of the World, with their increasing requirements for accurate and timely information on the Earth's resources and environment, need the new data that can be supplied by remote-sensing satellites. Although many problems still need to be resolved concerning the use of the data and the technical elements to be developed, it is firmly believed that Europe has the experience and capability to overcome them. Perhaps the greatest challenge we face in incorporating this new technology into our daily lives is the more abstract one of convincing Europe that she cannot afford to abstain from making her proper contribution to this original and exciting space-applications activity.





photo nasa

Potential European Climatological Satellite Missions: SEOCS and BIRAMIS

G. Duchossois, System Engineering Department, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands

It is vital for future life on Earth that we arrive at a complete understanding of all the processes controlling our climate. For this reason, the Global Atmospheric Research Programme (GARP), organised several years ago under the auspices of the World Meteorological Organisation (WMO) and the International Council of Scientific Unions (ICSU), has as its second major objective the investigation of the physical basis of climate. This research requires joint theoretical and experimental efforts to monitor various climatic parameters and model their interactions, which in most cases are nonlinear in character. Within GARP, and also under the sponsorship of many national and international organisations, intensive research has already begun, and the observational capabilities of Earth-orbiting satellites provide a solid basis for these ambitious plans.

* Contributed by the ESA Scientific Consultant Group for the SEOCS mission.

The scientific background*

Climate

At any particular time and over any particular area of the Earth, the climate represents the statistical behaviour of all parameters describing the state of the atmosphere and of its lower boundary, the land – ocean – ice system. It shows fluctuations primarily of natural origin over various time scales. To some extent, particularly over smaller regions, these fluctuations may also be modulated by man-made effects.

Radiation budget

One particularly crucial climatic parameter is the radiation budget at the top of the Earth's atmosphere (Fig. 1). It is here that the upper boundary to the energetics of the atmosphere – ocean –

land system lies and where variations in its components relate directly to the patterns of atmospheric circulation and energy budget and to the properties of the ground beneath.

The planetary radiation budget of the Earth-atmosphere system is usually expressed in terms of the net flux of electromagnetic radiative energy passing through a given horizontal area at the top of the atmosphere, which may be as little as 70 km above the Earth's surface. Three components are involved – incoming radiation, reflected solar radiation and emitted terrestrial radiation (Table 1) – and together they constitute the basis for the planetary radiation budget equation (all quantities considered to be averages over various

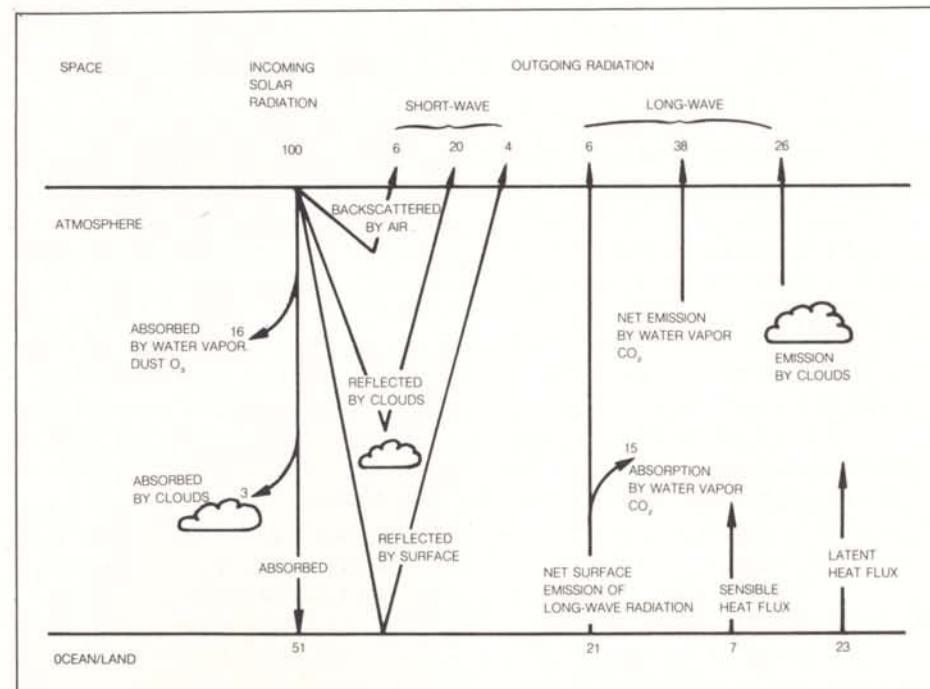


Figure 1 – Representation of the Earth's radiation budget.

Table 1 - Components of the planetary radiation budget

Components	Spectral range of about 95% energy	Primary origin; Remarks
Incoming solar radiation, Q_S	0.2 - 3.5 μm	Photosphere of the Sun; Q_S may be calculated from the 'solar constant'
Reflected solar radiation, Q_R	0.34 - 3.0 μm	Land and ice surfaces, primarily clouds and aerosols in the atmosphere
Emitted terrestrial radiation, Q_E	4.0 - 50 μm	Earth's surface, cloud tops, atmospheric gases

scales in time and space):

$$\text{or } Q_N = Q_S - Q_R - Q_E$$

$$\text{or } Q_N = Q_S (1 - A) - Q_E$$

where $A = Q_R/Q_S$ is the planetary albedo.

Accurate measurements of these planetary radiation-budget components constitute a solid basis for further climatic studies, for example:

- studies of the energetics of the general circulation on various scales in space and time (e.g. energy and momentum transfer)
- studies of the climatic phenomena and associated reactions (e.g. cloud effects)
- calibration and tuning of climate models, and of general circulation models
- determination of the radiation budget at the ground, etc.

To establish a valid data base for such applications, accuracies have to be

defined for the measurements of the individual components, accuracies that represent a compromise between the requirements formulated by the modellers and the technological feasibilities (Table 2).

Current ESA activities related to climatology

ESA is presently engaged in feasibility studies of two space missions which, if pursued, will go a long way towards providing the kind of information, in terms of both density and accuracy, which we need for these climatic studies: they are

- SEOCS: Sun-Earth Observatory and Climatology Satellite, and
- BIRAMIS: Bilan Radiatif de l'Atmosphère par Micro-accelerométrie Spatiale (French acronym for Earth-radiation-budget determination by means of a spaceborne micro-accelerometer).

The SEOCS study, awarded in July 1977 and completed last April, was undertaken by an industrial team led by Dornier System (Germany), supported by British Aerospace (UK) and DFVLR (Germany), and with the assistance of two consultant groups appointed by ESA, a Scientific Consultant Group to advise on the scientific aspects of the mission and an Instrument Definition Group to prepare detailed reports on the instruments needed for the mission.

The BIRAMIS activities consist of a payload-definition study, awarded to ONERA (France) in January 1978 and to be completed by the end of 1978, again with the assistance of an ESA Scientific Consultant Group, and a satellite definition study, awarded to Aeritalia (supported by BAe and CNES) in November 1978 and to be completed by June 1979.

The SEOCS mission

The SEOCS mission has been designed to contribute significantly to the scientific objectives of establishing:

- accurate spatial and temporal statistics of all radiation-budget components at the top of the atmosphere
- relations between variations in all radiation-budget components and the atmospheric and ground-state properties.

The meeting of these objectives requires simultaneous measurements of the electromagnetic radiation from the Sun and over all areas of the Earth, with instrumental and other sampling biases kept to a minimum. Such measurements must be made continuously for at least five years to provide the necessary statistical confidence.

Preferred orbit

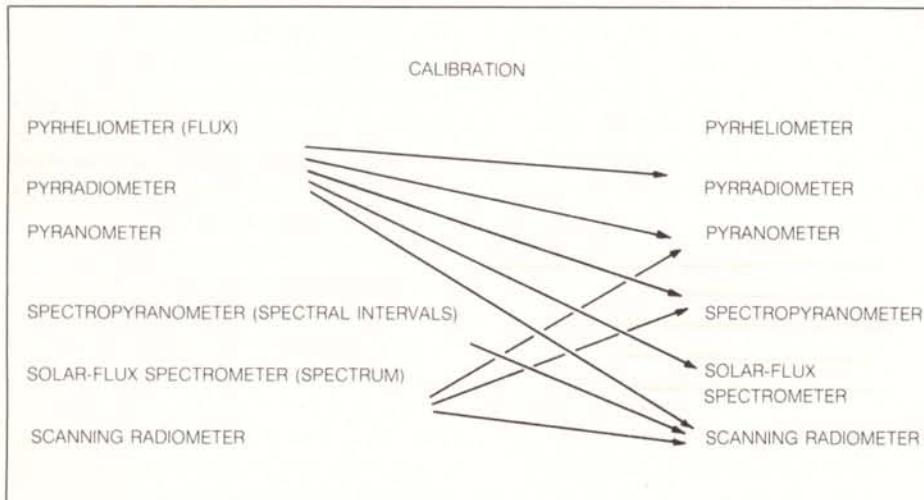
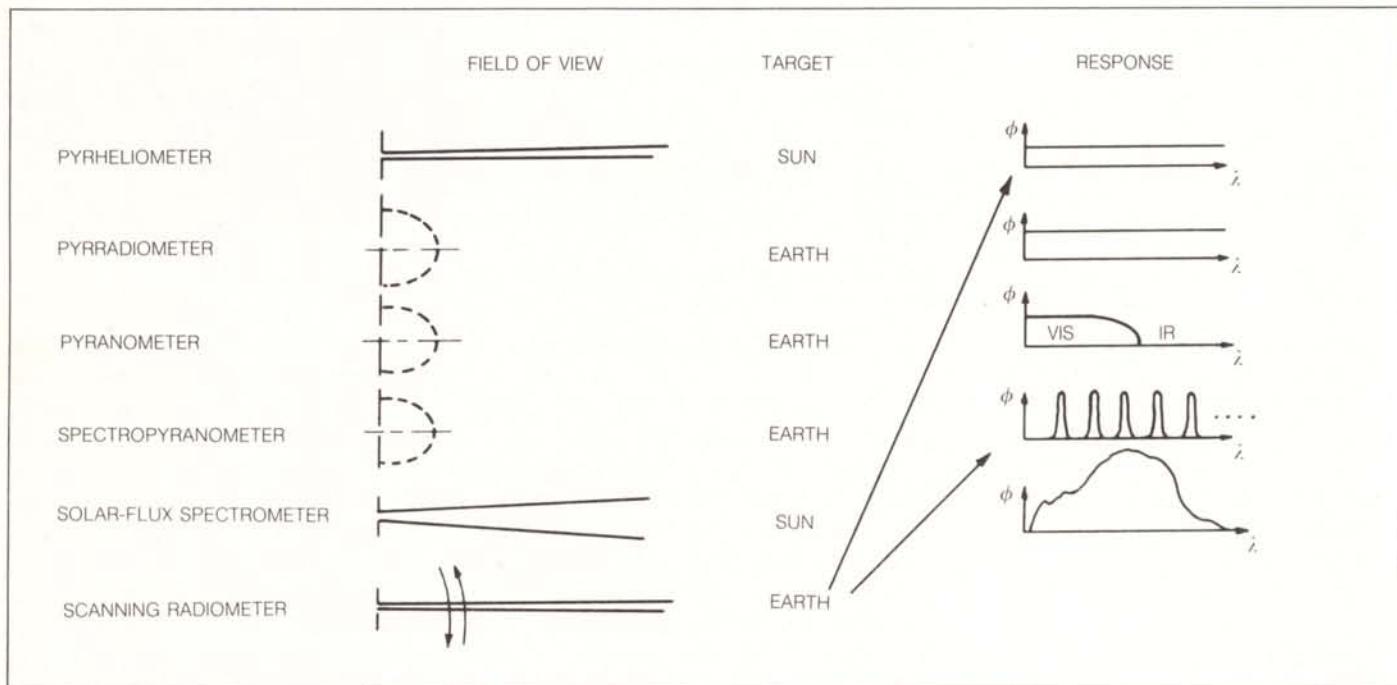
The monitoring of the Earth's radiation budget requires measurement of the various radiation fluxes for each 'surface element' (here 250 km \times 250 km), i.e. global Earth coverage, and also a high

Table 2 - Desired accuracies for the radiation-budget components

Parameter	Scale/Frequency	Accuracy/Precision
Total solar flux / monthly	1 W/m ² /0.1%
Solar UV flux / daily	10%/nm/1%/nm
Q_R, Q_E	global / annual (averages) / 0.1% or 0.4 - 1.5 W/m ² of Q_N
	zonal (10°) / monthly	~2% or ~5 W/m ² of Q_N
	synopt. scale / 15 d	~5 - 10% of Q_R and Q_E

Figure 2 – SEOCS instrumentation.

Figure 3 – Intercalibration scheme for SEOCS instruments.

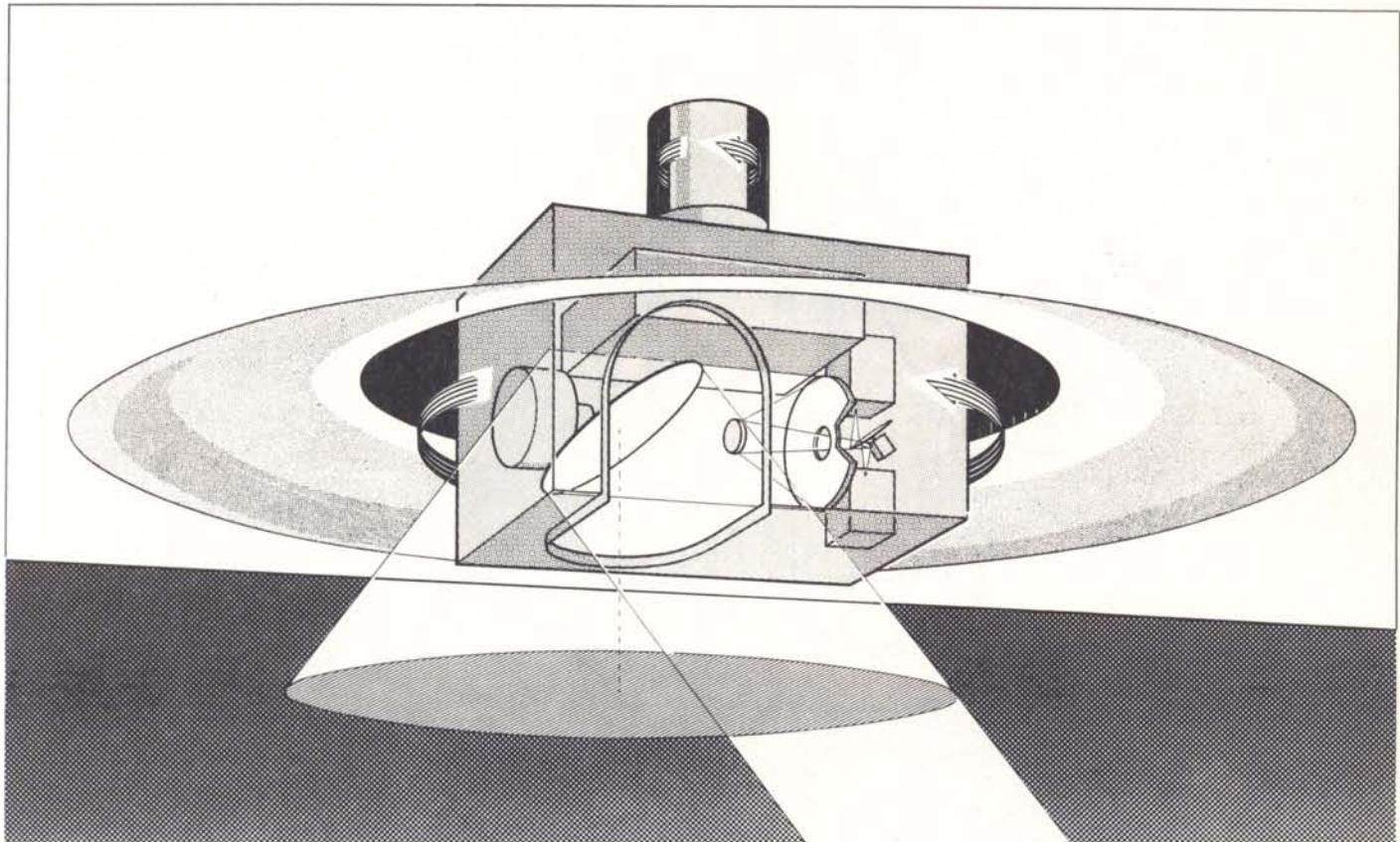


frequency of measurement repetition so that daily variations in these quantities can be established, i.e. *local time* coverage. Clearly, to achieve both of these objectives more than one satellite is necessary and various studies of the so-called 'sampling problem' have been performed to determine both the minimum number of satellites needed and their orbital characteristics.

The basic orbit proposed by the Scientific Consultant Group for SEOCS is a circular one, altitude 1150 km and inclined at 57.5°. The orbital period is 108 min and the line of nodes precesses, due to Earth's oblateness, at a rate $\Omega = -3$ deg/day; consequently, the drift rate relative to the Sun is -4 deg/day. This so-called 'drifting orbit' will provide satisfactory spatial, as well as temporal coverage. The spatial coverage will extend, at subsatellite point, up to a latitude equal to the orbit inclination (57.5°), which corresponds to 86% of the Earth's surface. For this particular orbit the diurnal cycle will be 45 days.

It is assumed that full Earth coverage

Figure 4 – Conical scan radiometer proposed for SEOCS.



would be completed by a polar or Sun-synchronous spacecraft carrying a second set of SEOCS instruments.

Payload concept

The payload contains six instruments, the most ambitious of which, the scanning radiometer, is a concept only at the present time although it is judged to be feasible in engineering terms. The solar-flux spectrometer is in an advanced stage of design, and the other instruments exist in ground-based form. For clarity, the main features of the instruments are shown in Figure 2.

Intercalibration of the six instruments is a unique and important aspect of the SEOCS mission. Figure 3 is an attempt to illustrate how they might be expected to interact:

(i) *Pyrheliometer*: The objectives for this instrument are two-fold. It will make an accurate measurement of the solar constant and look for any variation

during the life of the mission. It will also act as the flux standard for the calibration of the other instruments on the spacecraft.

(ii) *Pyrradiometer*: This is a wide field of view instrument for the measurement of the total up-welling radiation from the part of the Earth visible from the spacecraft at any given moment.

(iii) *Pyranometer*: This is a pyrradiometer with a glass bowl to filter out radiation above $4\text{ }\mu\text{m}$.

(iv) *Spectropyranometer*: This instrument is to make continuous, wide-angle measurements of the radiation up-welling from the Earth in ten spectral bands related to specific features.

(v) *Solar-flux spectrometer*: This spectrometer will search for variations in the solar spectrum during the mission life, determine the altitude profiles of ozone in the Earth's atmosphere, and act as a spectral standard for the payload.

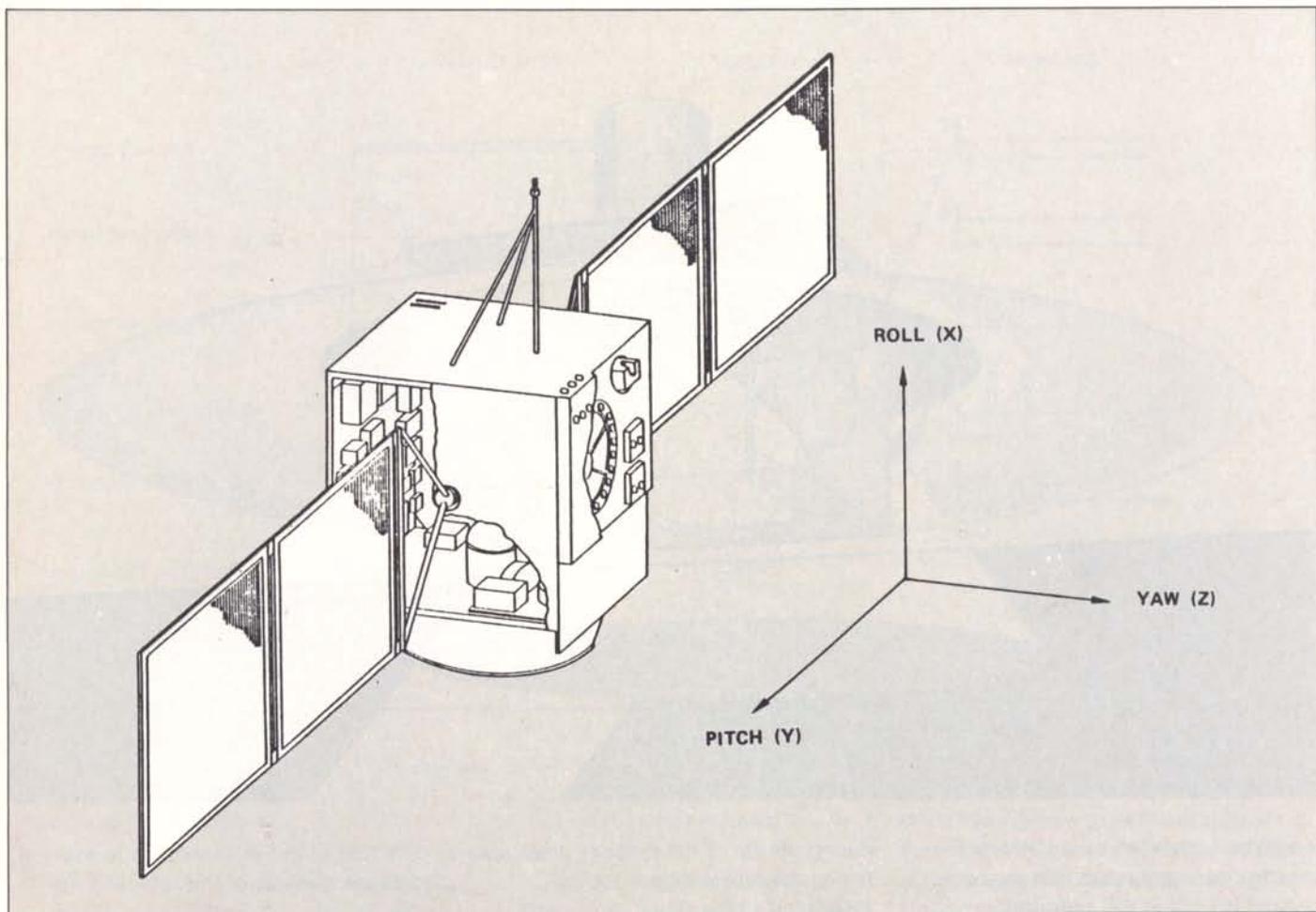
(vi) *Multichannel scanning radiometer*:

The role of this instrument is to make a detailed analysis of the radiation up-welling from the Earth, with a spatial resolution of about $50\text{ km} \times 50\text{ km}$ at the surface. An instrument employing a conical scan pattern (Fig. 4) has been studied and is judged to be feasible, although further scan-pattern optimisation is needed. Conical scanning was chosen to make the instrument independent of SEOCS's yaw motion about the local vertical.

One of the major problems associated with this payload concept is calibration of the six instruments for in-orbit operation, in view of the high accuracy and stability requirements demanded from the measurements.

An original method for in-orbit intercalibration making use of a rotating filter wheel operating in Sun-viewing mode has in fact been proposed by the ESA Scientific Consultant Group.

Figure 5 – The SEOCS spacecraft.



Approximately once a week, the Earth-viewing face of the spacecraft will be rotated to view the Sun for six orbits and deep space for 45 min. The deep-space viewing will be used to set the instruments' zero point, identify the background noise and calibrate the shutter radiation for the three 'absolute' instruments (pyrheliometer, pyradiometer and pyranometer). In the Sun-viewing mode, one orbit will be used to establish thermal equilibrium and allow all instruments to make undisturbed solar measurements and the rest are to be used for calibration by rotating the single, large filter wheel.

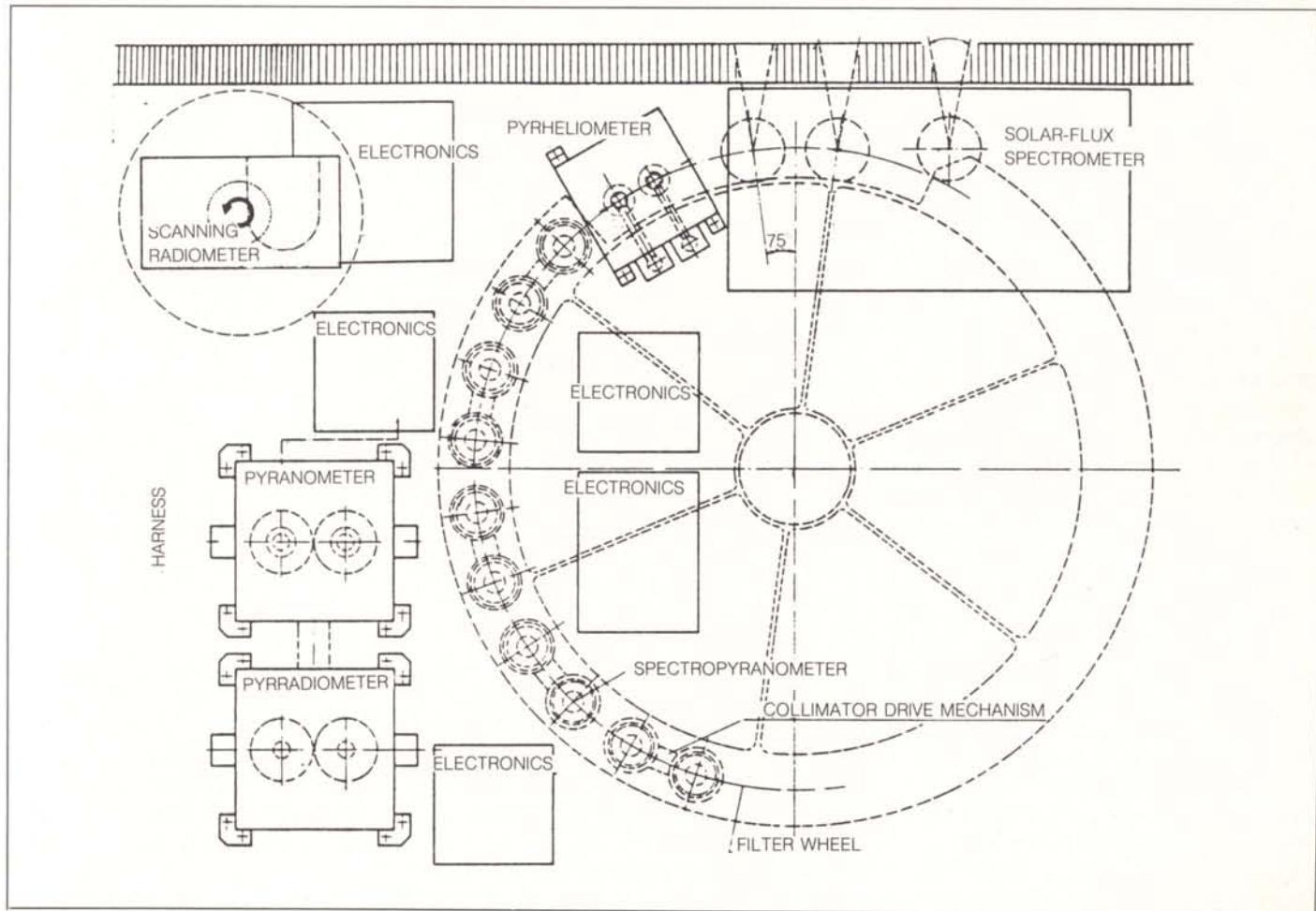
This wheel carries the ten filters of the spectroradiometer and is designed so that the filters can be passed over the apertures of the pyrheliometer and solar

flux spectrometer. The pyrheliometer will establish whether there has been a change in the absorption of the filter by measuring the total amount of solar radiation that passes through it and the solar flux spectrometer will measure the band pass. The knowledge of the transmitted flux levels from the pyrheliometer measurement also allows the sensitivity of the solar-flux spectrometer in the ultraviolet and visible channels to be calibrated. As the filters step over the spectroradiometer elements any differential ageing of the diffuser-lens arrangement will be detected.

Spacecraft concept

The major factors that influence the spacecraft concept for the scientific mission envisaged are as follows:

Figure 6 – The SEOCS satellite's experiment panel, showing the large rotating filter wheel.



- use of the Ariane launcher in dual-launch configuration
- circular drifting orbit, resulting in Sun irradiation from all directions
- three different operational modes (with experiment platform pointing to Earth, Sun and space), thus imposing heavy thermal-control constraints
- continuous scientific measurements throughout Sun phases and eclipses, making both high battery power and high data-storage capacity mandatory
- lifetime of three years with consumables (solar-array power and propellant budget) to be designed for five years of life.

The SEOCS spacecraft concept selected (Fig. 5) relies on three-axis stabilisation,

with deployable and rotatable solar-array panels. Normal Sun incidence to the solar-array panels is achieved by slow spacecraft rotation about the yaw axis (Z-axis aligned with the local vertical). The Attitude and Measurement Control system (AMCS) is based on a three-axis gyro system in conjunction with reaction wheels and a cold-gas system for momentum dumping. By these means, a pointing accuracy of 0.2° can be achieved in the Earth-pointing mode, and 1° in the Sun-pointing mode.

The spacecraft structure consists of a cube of 1.5 m side with a conical adaptor. The side panels have each been allocated specific functions to ease integration and testing. One panel supports all the scientific instruments and carries the filter wheel (Fig. 6).

Power (830 W at beginning of life) is provided by 8.2 m² of solar panel with batteries to permit operation during eclipse. A data rate of up to 7 kbit/s is expected, with data transmitted at S-band to the ground stations. Real-time data are to be interleaved with data read out from a 150 Mbit magnetic bubble memory.

The complete SEOCS spacecraft weighs about 400 kg, including 64 kg of instrumentation. A three-model development programme, including a structural model, an integration model and a flight model, is proposed. The Project Definition and Main Development Phases (B and C/D) would last nine months and thirty-eight months, respectively.

Figure 7 – Principle of the CACTUS micro-accelerometer.

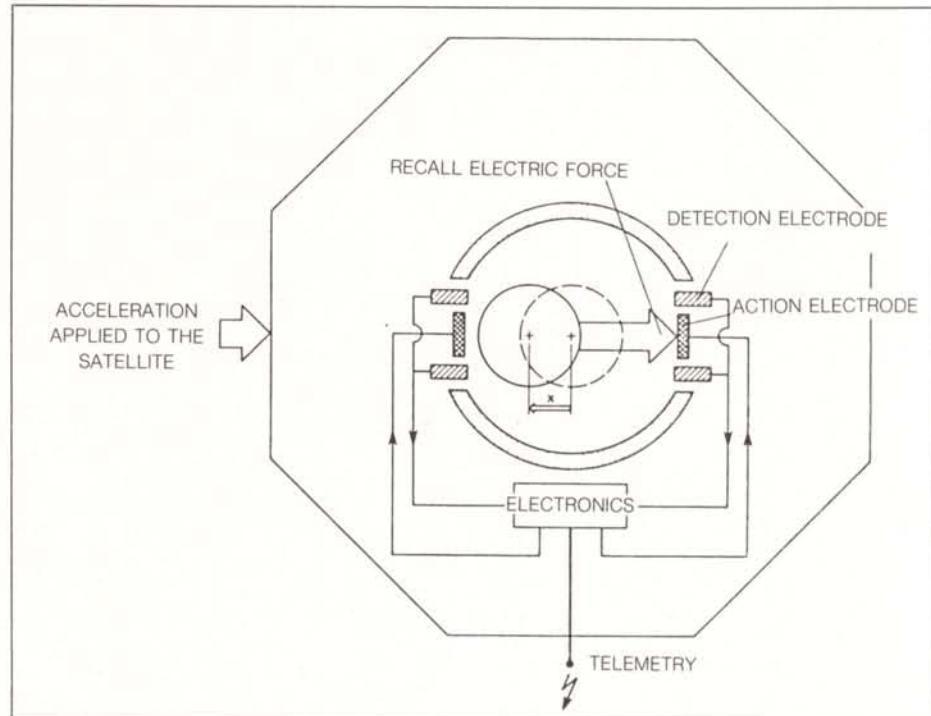
The BIRAMIS mission

The detailed analysis of measurements made by the French D5B 'Castor' satellite, which was launched in May 1975 and which carries a very sensitive three-axis micro-accelerometer called 'CACTUS', suggested the possibility of utilising such measurements for the determination of the Earth's radiation budget. Although the primary scientific objectives of the D5B mission were air-density measurement, micrometeoroid detection, and study of the Earth's gravitational field, the in-flight performance of the CACTUS instrument was found to be better than predicted prior to flight, permitting estimates to be made of accelerations due to solar-radiation pressure and the Earth-radiation pressure by judicious use of interesting parts of the orbit (eclipse, apogee, etc.).

At the Agency's request, a preliminary study was performed jointly in 1976–77 by CERGA, ONERA and the French Meteorological Office. The objectives were to investigate the feasibility and capabilities of the proposed technique and also to try to define preliminary requirements for a possible future mission. On the basis of the very promising results obtained, the Agency decided to undertake a further study programme in 1978 and 1979 covering payload definition and satellite definition, both of which are described below.

The main difficulty in determining the Earth's radiation budget by radiometric techniques, as proposed for SEOCS, is the high accuracy and stability required over long periods as a result of the fact that the radiation budget is the difference between two large, and in average close, numbers. The novelty of using a spaceborne micro-accelerometer to determine the radiation balance is that it provides an *integrated* measurement.

The micro-accelerometer can be considered as a wide field-of-view sensor, the spacecraft skin coating



being the sensitive area by which the various radiation fluxes are transformed into forces and accelerations. It should be noted that the relatively simple technique which is proposed has some limitations compared with radiometric techniques, since little or no information will be provided on such features as spectral distribution, space and time resolution, individual radiation-flux components, etc. The prime interest in this technique is therefore expected to stem from its potential role as a cost-effective means of measuring the Earth's radiation budget directly.

Payload concept

The payload proposed for the BIRAMIS mission consists basically of the micro-accelerometer and the spacecraft skin coating.

The *micro-accelerometer* will take the form of an improved, second-generation CACTUS, with greater sensitivity.

CACTUS is essentially a spherical proof mass or ball, 4 cm in diameter, made of

rhodiated platinum and suspended electrostatically in a spherical cage. The gap between the ball and the cage is of the order of $85 \mu\text{m}$ (Fig. 7).

Three position detectors, placed along the mutually orthogonal axes, transform the capacitance variations of a pair of diametrically opposed electrodes into a voltage proportional to the ball's displacement. Their resolution extends to $10^{-3} \mu\text{m}$.

The actuating forces are obtained by applying DC voltages to the activating electrodes, which are concentric with the detection electrodes. As these voltages are proportional to the displacements, the relation between force and displacement follows a quadratic law.

The complete instrument for space application includes electronic circuits for servo-control, converters to deliver the necessary voltages, and the necessary spacecraft interfaces (power supply, remote controls, telemetry signals, and an opening to space

vacuum). It takes the form of an autonomous cylinder equipped with a fixing flange and connecting sockets.

As we have said, the results achieved in flight with CACTUS (a few $\times 10^{-9}$ m/s²) were better than predicted (10^{-8} m/s²), but the performances to be expected from the second-generation CACTUS designed for BIRAMIS have been shown to be still better (by a factor 10):

- threshold : about 10^{-10} m/s²
- resolution : 5×10^{-11} m/s²
- max. measurable acceleration : 5×10^{-6} m/s²
- response time : ≤ 10 s

The mass and dimensions of the instrument are essentially unchanged.

The various radiation fluxes to be measured will be transformed into forces and accelerations via the spacecraft skin, and it is therefore essential to establish its 'transfer function' by measuring the skin's optical properties at various wavelengths between 0.25 and 45 μm for different incidences; any variation in this 'transfer function' with time must also be estimated.

Furthermore, the skin coating will also have to contribute to spacecraft thermal control, which restricts the choice of material.

If the radiation balance is to be established correctly, it will be necessary to find materials with spectral response characteristics as uniform as possible over the entire wavelength range, covering both the solar and Earth radiation. Moreover, since a comparatively large area of the spacecraft's external skin must carry the solar cells needed to power the satellite, their effect on the 'transfer function' must also be taken into account when establishing the final accuracy for the (local) radiation balance.

The studies conducted so far have already shown that nondiffusing

materials, either totally reflecting such as a mechanically polished aluminium coated with MgF₂, or totally absorbing such as a black-painted honeycomb, open on one side so that it acts as a radiation trap, could be adequate for the BIRAMIS mission. These two materials and a representative solar-cell sample have therefore been fully characterised for various wavelengths and angles of incidence.

A complete simulation of the main elements of the experiment – spacecraft skin, accelerometer, spacecraft attitude, thermal gradient, perturbing forces, etc. – is now being performed to obtain estimates of the final accuracy expected for BIRAMIS's measurement of the Earth's radiation budget.

Satellite definition study

A definition study was started by industry last November to derive a preferred spacecraft design that satisfies mission requirements/constraints, to assess the system's performance, and to provide a sound cost and time envelope. In other words, the ultimate objective of this study is to demonstrate that the BIRAMIS mission can indeed be performed and at reasonable cost.

Conclusion

For two or three years, the Agency has been pursuing a programme of studies of possible space missions aimed at determining the Earth's radiation budget, which is seen as holding one of the most promising keys to the improvement of our knowledge of our planet's climatic processes. Two different approaches have been proposed and analysed in detail:

- the first makes use of radiometric techniques with an appropriate set of radiometers and a novel in-orbit calibration system, the emphasis of the mission being on the provision of rapid local-time Earth coverage via an appropriate choice of orbit (drifting orbit)

- the second relies on a highly sensitive triaxial micro-accelerometer which gives a direct measure of the acceleration resulting from the various flux radiation pressures. It is anticipated that this wide field-of-view sensor will provide a relatively simple means of measuring the Earth's radiation balance.

Study of the Earth's climate and determination of its radiation balance require long observation periods (decades) and a well-organised satellite system, with several spacecraft operating simultaneously in an appropriate set of orbits. It is hoped that the results obtained from the SEOCS and BIRAMIS studies presented here will constitute a useful European contribution to further discussions on any future World climatology research/study programme.





Le développement des relations internationales de l'Agence

J. Arets

Chef du Service des Affaires internationales, ESA, Paris

Depuis l'entrée en vigueur 'de facto' de la Convention en 1975, l'Agence spatiale européenne a vu ses relations internationales se développer parallèlement à ses programmes. Le Conseil de l'Agence siégeant au niveau ministériel en février 1977 a adopté une Résolution reconnaissant que 'pour faire connaître ses activités et ses programmes, il est important que l'Agence établisse, entretienne et développe ses relations avec les Etats non membres et les Organisations internationales'. Le rôle de l'Agence dans le domaine des relations internationales revêt des formes variées et, bien que non mesurable quantitativement, contribue à la construction européenne et favorise la compétitivité des industries de pointe de ses Etats membres.

Le besoin de coopération

L'Agence Spatiale Européenne a été créée pour développer la coopération entre Etats européens en élaborant une politique spatiale à long terme et en mettant en oeuvre des programmes spatiaux qui doivent constituer un programme cohérent et complet. Les Etats membres ont consenti à cette fin un effort financier qui reste modeste par rapport aux budgets spatiaux soviétique et américain mais qui constitue néanmoins la tentative de coopération scientifique et technique la plus importante qui ait été entreprise par les Etats européens.

Les programmes de l'Agence portent sur les satellites scientifiques ou d'application et les systèmes de transport spatiaux. Ils font place tant aux réalisations proprement européennes qu'aux coopérations entreprises avec la NASA américaine.

Le caractère complet et ambitieux de ce programme est le résultat d'une volonté politique qui s'est exprimée institutionnellement par la rédaction de la Convention de l'Agence.

Depuis l'entrée en vigueur 'de facto' de cette Convention le 30 mai 1975, les relations internationales de l'Agence se sont développées parallèlement aux programmes de celle-ci. Dans le cadre d'une Organisation internationale, la notion de relations internationales peut être ambiguë. Au sein de l'Agence, on entend par ce terme les relations avec les Etats non membres, les Organisations internationales et les Institutions nationales des Etats

membres avec lesquels l'Agence n'a pas de relations établies.

Déjà l'Organisation Européenne de Recherche Spatiale (CERS/ESRO), qui avait précédé l'Agence, avait développé une coopération intense avec la NASA américaine. Celle-ci a –au départ – contribué largement au succès de cette Organisation et de nombreux projets ont été menés en commun. En outre, la NASA a fourni à l'Europe les moyens de lancement, dont celle-ci ne disposait pas encore, pour ses satellites scientifiques et pour ses satellites expérimentaux d'application. Par ailleurs, la contribution européenne au système américain de transport spatial (Navette) a pris la forme du développement du laboratoire spatial habité (Spacelab) qui constitue le plus important programme de coopération jamais entrepris entre deux Agences spatiales.

Au fur et à mesure que le programme spatial européen prenait de la consistance et touchait à l'ensemble de l'activité spatiale (science, applications, moyens de lancement), les Etats membres de l'Agence pouvaient davantage envisager de coopérer avec d'autres partenaires (Etats non membres ou Organisations internationales) qui atteignaient sensiblement le même niveau d'activité ou avec des pays qui pouvaient être intéressés à utiliser les techniques ou les systèmes spatiaux développés en Europe.

Les raisons de ce souci de coopérer avec des Etats non membres sont multiples. On peut les classer selon leur nature politique ou économique.

Figure 1 – Première réunion du Conseil au niveau ministériel au Siège de l'ESA (Paris 14-15 février 1977).



Sur le plan politique

L'Agence n'a pas en soi de mission politique à remplir en dehors du domaine de l'Espace. Son activité se situe essentiellement sur le plan technique. Il n'en reste pas moins que la mise en oeuvre du programme de l'Agence constitue une réalité dont on ne peut nier les effets politiques. La réalisation par l'Europe d'un programme spatial cohérent et rigoureux peut constituer un élément important de la politique européenne tant comme facteur de cohésion des Etats membres que comme affirmation de la réalité européenne sur la scène mondiale.

Cette présence européenne dans le domaine de l'Espace est ressentie à l'extérieur de l'Europe par de nombreux pays qui ne peuvent encore participer eux-mêmes à des programmes spatiaux. Ces pays se réjouissent de voir qu'en

dehors des programmes américains et soviétiques, d'autres programmes spatiaux exécutés par d'autres pays ou groupes de pays permettront d'éviter les situations de monopole et faciliteront certainement la mise en place d'une réglementation des activités spatiales qui, conformément à toutes les proclamations des Nations-Unies, doivent être réellement entreprises pour le bénéfice de l'humanité toute entière.

Sur le plan économique

Les Etats européens ont investi des sommes importantes dans le domaine spatial. Ils ont voulu que leurs industries accèdent aux technologies de pointe et restent compétitives, permettant ainsi à l'Europe de garder son indépendance économique. De plus, l'importance du marché spatial et des marchés qui lui sont connexes (segment sol) justifie que l'industrie européenne s'efforce d'

prendre place et d'en occuper un pourcentage qui corresponde à ces capacités et à son importance.

La vente de systèmes spatiaux ou d'éléments de systèmes spatiaux en dehors des Etats membres constitue une nécessité pour l'industrie européenne et les rédacteurs de la Convention ont reconnu que la politique industrielle de l'Agence devait être conçue de manière à améliorer la compétitivité de l'industrie européenne dans le monde.

Cette participation de l'industrie aux grands marchés internationaux est souhaitable à la fois pour rentabiliser les investissements consentis et aussi pour bénéficier des effets induits qu'elle ne manquera pas d'engendrer. La mise en place de systèmes spatiaux européens constituera certainement un facteur de confiance dans la compétence des

Figure 2 – Démonstration du système Météosat devant des membres du Gouvernement marocain conduits par M. M. Naceur, Ministre des Transports (Rabat 7 décembre 1978).

industriels européens; cette confiance peut d'ailleurs déborder le cadre strictement spatial.

Actions de l'Agence sur le plan international

L'Agence doit s'efforcer d'aider ses Etats membres à atteindre les objectifs politiques et économiques qu'ils se sont fixés en entreprenant en commun un programme spatial et en signant la Convention de l'ESA. Le moyen le plus sûr dont dispose l'Agence à cet effet est de réaliser de la façon la plus efficace (c'est-à-dire avec le meilleur rapport de qualité/prix/délai) les programmes dont la réalisation lui a été confiée. C'est à cette tâche que l'Agence consacre l'essentiel de ses efforts.

Cependant, il ne suffit pas toujours de mener à bien un programme de qualité pour que les bénéfices que l'on en escompte en découlent automatiquement. L'existence d'un programme et sa qualité doivent être portées en temps opportun à la connaissance de ceux qui sont appelés un jour à en tenir compte. Ce n'est pas assez de disposer du savoir-faire, encore faut-il le faire savoir. C'est pour cette raison que le Conseil de l'Agence siégeant au niveau des Ministres a adopté en février 1977 une Résolution qui reconnaît que 'pour faire connaître ses activités et ses programmes, il est important que l'Agence établisse, entretienne et développe ses relations avec les Etats non membres et les Organisations internationales'. A l'heure actuelle, cette action d'information reste la plus importante que l'Agence accomplisse dans le cadre de ses relations extérieures.

Les actions de coopération constituent, pour la plupart, des compléments d'actions d'information. Toutefois, dans des cas particuliers, et on peut penser que ces cas se multiplieront à l'avenir, de véritables coopérations sont d'ores et déjà entreprises. Les diverses actions menées dans le domaine international



peuvent être classées comme suit:

Actions d'information

L'information des Etats non membres et des Organisations internationales prend des formes variées.

Publications

Outre les publications scientifiques et techniques diverses (Actes de colloques, rapports, monographies), l'Agence assure le service de deux périodiques: le présent Bulletin à l'intention du grand public, et la revue savante 'ESA Journal'. Ces publications sont tout d'abord destinées aux milieux spatiaux des Etats membres, mais aussi, en dehors de l'Europe, à un nombre croissant de personnes et d'organismes intéressés par les activités de l'ESA. De plus, l'Agence a conclu avec divers Etats non membres des accords pour l'échange de publications et d'informations. Ces accords constituent des cadres qui peuvent favoriser la naissance d'activités coopératives.

Organisation de colloques

Chaque année, l'Agence organise, souvent conjointement avec d'autres institutions des Etats membres, des colloques ou séminaires sur des thèmes

scientifiques ou techniques spécialisés. De manière générale, ces réunions sont principalement destinées aux spécialistes européens. Néanmoins, un nombre croissant de techniciens et de scientifiques non européens demandent à participer aux travaux et ces marques d'intérêt permettent d'apprécier l'élargissement du rayonnement de l'Agence.

Présentations de l'Agence et de ses activités

De plus en plus fréquemment, l'Agence est invitée à décrire ses institutions et mécanismes de coopération au sein des Etats membres ainsi que ses activités et programmes. Dans le cadre de manifestations organisées soit par des Organisations internationales, telles que les Nations-Unies et les Agences spécialisées qui en relèvent, soit par des institutions d'Etats non membres, il est devenu normal depuis peu d'inscrire une présentation générale de l'ESA qui constitue une institution de coopération internationale régionale, remarquable à la fois par ses buts pacifiques et non commerciaux et par son degré d'efficacité.

L'exemple de l'Agence est utile pour de

Figure 3a,b – Démonstration de la réception des images de télévision de la BBC au Caire via le satellite OTS.



nombreux pays qui n'ont pas les moyens de participer à des activités spatiales sur une base nationale et qui souhaitent s'organiser sur une base régionale pour ne pas rester absents d'une activité dont tout le monde reconnaît aujourd'hui l'importance.

Démonstrations

Les programmes et activités de l'Agence ont maintenant atteint un stade qui permet de démontrer concrètement les réalisations et capacités de l'Europe en matière spatiale.

Des présentations du Service de Ressaisie de l'Information (IRS, anciennement Service de Documentation Spatiale, SDS) permettent d'informer les milieux compétents d'Etats non membres sur l'ensemble des activités de l'ESA. Grâce à l'initiative de l'UNESCO, nombre de ces démonstrations ont suscité à ce jour un très vif intérêt.

Depuis peu, les premiers satellites d'application de l'Agence sont en orbite et leur fonctionnement peut être montré à des organismes intéressés soit à leur utilisation directe, soit à l'utilisation de technologies européennes. Le lancement de Météosat a fourni l'occasion pour

l'Agence d'informer les pays africains des possibilités d'utilisation de ce satellite. Une station mobile de réception de données météorologiques a été conduite dans différents pays africains en vue de montrer l'existence de moyens spatiaux facilement accessibles et directement utiles. Ces démonstrations ont eu pour but, d'une part, d'inciter les services météorologiques à utiliser Météosat et, d'autre part, d'expliquer à d'autres services intéressés aux problèmes de télédétection l'utilisation non négligeable qu'ils pourraient faire de Météosat dans ce domaine.

De nombreux pays africains envisagent de se doter d'un équipement de réception de Météosat et aussi d'utiliser la fonction 'plate-forme de collecte de données' tant pour des buts strictement météorologiques que pour des buts connexes (agro-météorologie, hydrologie, etc.).

Le satellite OTS a aussi permis de procéder à de nombreuses expériences qui, en raison de sa zone de couverture, se situent principalement dans les Etats européens. Toutefois, à l'occasion d'une récente conférence sur l'Espace organisée par l'Académie de la

Recherche Scientifique et Technique d'Egypte, une station de réception d'OTS a été installée pour une semaine au Caire. Elle a permis de recevoir dans d'excellentes conditions les programmes de télévision de la BBC.

Actions d'information complémentaires

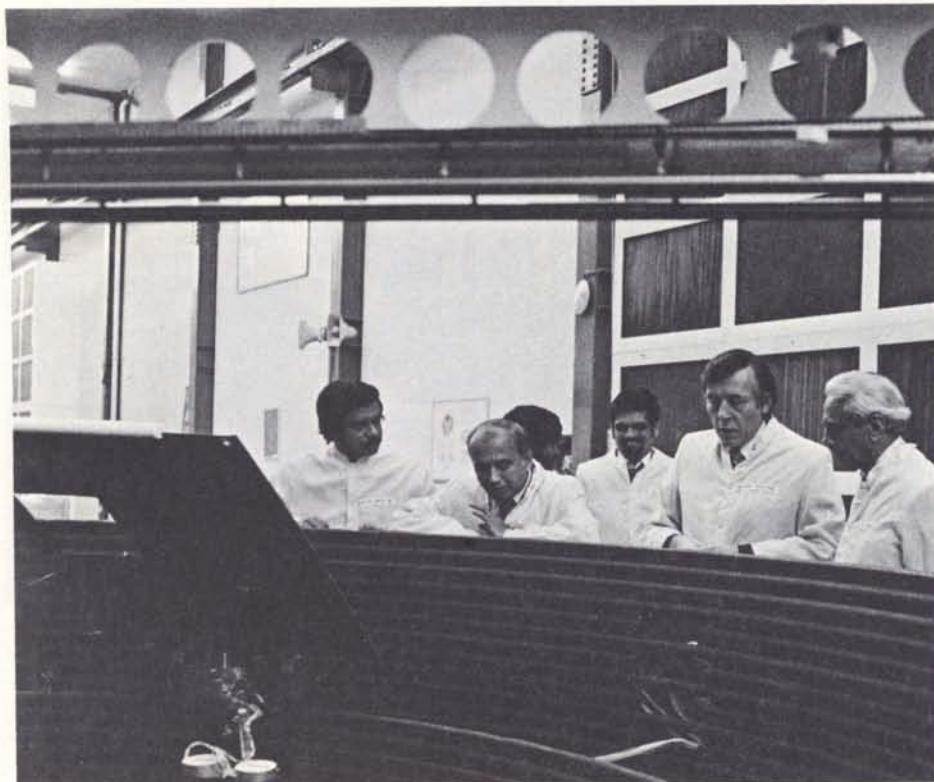
Lorsque des pays non européens ont reçu des informations sur les activités de l'Agence, ils souhaitent en général en connaître davantage. Différentes délégations d'Etats non membres ont récemment visité les établissements de l'Agence et les firmes industrielles des Etats membres.

Il arrive également que des gouvernements souhaitent que quelques-uns de leurs agents fassent des séjours prolongés d'information ou de formation au sein de l'Agence. Il s'agit là d'une amorce de coopération dont le résultat essentiel pour le moment reste d'assurer une bonne information des Etats sur l'activité spatiale européenne.

Par ailleurs l'Agence s'associe à l'organisation de cours de formation qui se tiennent sous l'égide des Institutions spécialisées des Nations-Unies. Ces

Figure 4 – Visite à l'ESTEC par le Prof. S. Dhawan (à droite), Président de l'ISRO (6 novembre 1978).

Figure 5 – Visite à l'ESTEC par une délégation de parlementaires néerlandais conduite par M. Peijnenburg (au centre), Ministre de la Politique scientifique.



cours ont pour but de familiariser les stagiaires à l'utilisation de techniques spatiales et notamment des techniques développées en Europe. Il est donc important d'assurer dans ce domaine une information appropriée.

Ces diverses actions sont restées actuellement à un niveau mineur. Mais il faut noter que la formation du personnel des pays en voie de développement constitue un élément essentiel de toute coopération avec ces pays. Les besoins sont immenses et toute action vis-à-vis de ces pays qui n'accorde pas à la formation une situation privilégiée risque de perdre beaucoup de son intérêt et de son efficacité.

Actions de coopération

Stagiaires

Outre les visites plus ou moins prolongées mentionnées plus haut, l'Agence accueille en son sein quelques stagiaires d'Etats non membres pour des périodes de l'ordre de six mois. Issus en général d'organismes spatiaux, ces stagiaires cherchent à se familiariser avec les techniques de l'ESA en vue de leur adaptation aux besoins de leurs pays. Cette action de formation devra nécessairement se développer, car la Résolution sur les relations extérieures adoptée par le Conseil siégeant au niveau ministériel a expressément reconnu la nécessité d'une action de l'Agence dans ce domaine.

Programmes coopératifs

Outre les nombreux programmes de coopération entrepris avec les Etats-Unis, l'Agence offre également de coopérer avec d'autres pays. L'emport, par le 3ème vol de qualification de la fusée Ariane, du satellite expérimental de télécommunications Apple développé par l'Organisation Indienne de Recherche Spatiale (ISRO) en constitue l'exemple le plus important.

L'expérience de la chambre métrique qui volera à bord du premier vol de Spacelab permet également d'organiser

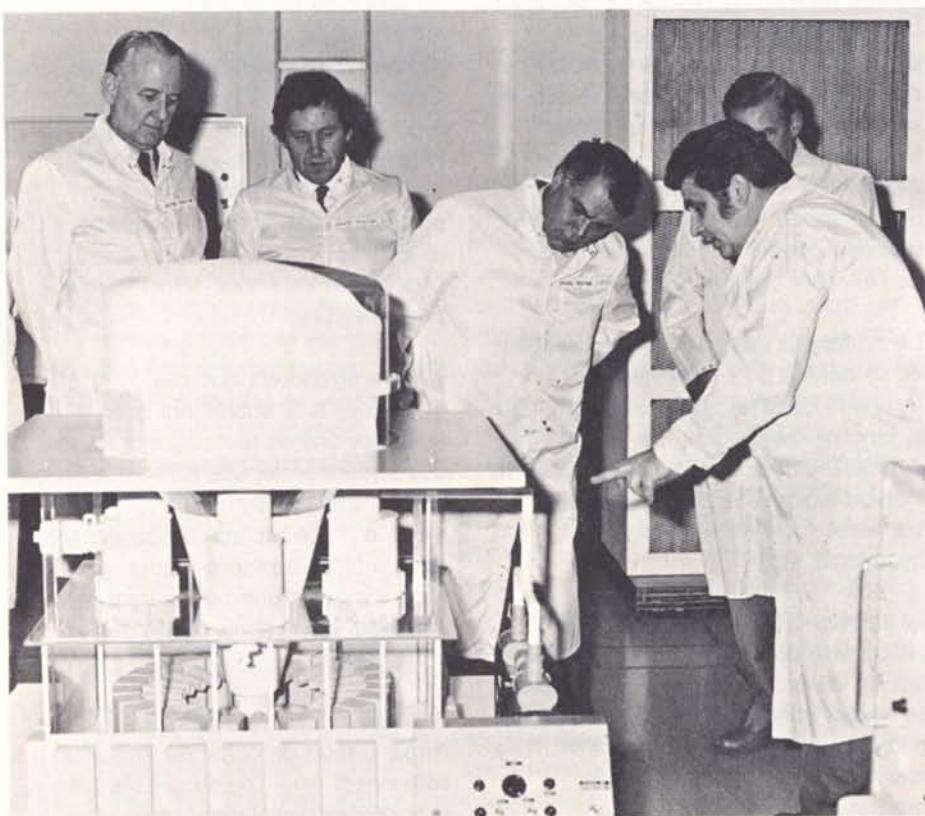
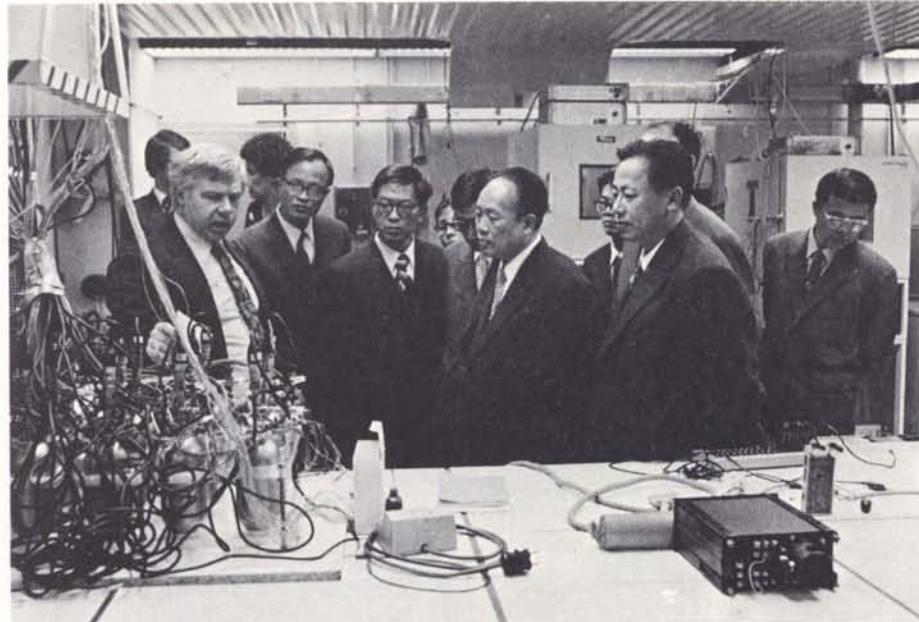


Figure 6 – Visite au Laboratoire de batteries spatiales de l'ESTEC par le Groupe d'étude des Technologies spatiales de la République populaire de Chine (29 novembre 1978).



une coopération avec de nombreuses institutions d'Etats non membres.

Enfin, l'intérêt manifesté par l'Afrique pour le satellite Météosat de l'Agence permet d'envisager une coopération tripartite pour l'utilisation de ce satellite par les pays africains grâce à une participation financière de la Commission des Communautés Européennes (Fonds Européen de Développement).

Assistance Technique

L'Agence peut être appelée à apporter son assistance à des organismes internationaux ou d'Etats non membres qui décident de s'engager dans des programmes spatiaux mais souhaitent recevoir l'aide d'une organisation internationale non commerciale. Ainsi l'Agence a participé à la rédaction des spécifications de l'appel d'offre pour le satellite indien Insat. Ce type d'assistance technique – qui peut aussi comporter l'utilisation d'équipements de tests de l'Agence, le détachement temporaire de personnel ESA spécialisé et une participation à des réunions de revue de projet – est appelé vraisemblablement à se développer dans

la mesure où davantage de pays souhaiteront acquérir une certaine autonomie dans le domaine spatial.

Conclusion

Les actions que l'Agence mène dans le domaine des relations extérieures en sont encore à leur stade initial. Le développement des relations internationales est lent et la crédibilité d'une organisation technique s'établit seulement lorsque les résultats des programmes qu'elle a entrepris deviennent évidents.

La manière dont l'Agence s'acquitte de cette mission ne peut se mesurer quantitativement. Son rôle ne devra pas se substituer à celui des Gouvernements des Etats membres ni à celui des industriels. Les duplications seront évitées et la complémentarité recherchée. Les efforts de l'Agence porteront autant sur la recherche d'une concertation entre les divers partenaires européens que sur les relations directes avec les Etats non membres.

L'Agence accomplira sa tâche dans ce

domaine si elle contribue, dans la limite de ses moyens, à porter témoignage d'une politique européenne concertée dans le domaine spatial et à favoriser la compétitivité de l'industrie de pointe de ses Etats membres.





Council of Europe and Western European Union pass Recommendations relating to ESA

In the course of 1978, a number of important recommendations were passed by other international bodies which have a relevance to the Agency's work. The Assembly of the Western European Union in June passed Recommendation 316 on US - European co-operation and competition in advanced technology, Recommendations 317 and 326 on applications satellites, and Recommendation 328 on weather forecasting. The Parliamentary Assembly of the Council of Europe was similarly active in ESA's field, producing Recommendation 844 specifically on the Agency and Recommendation 845 on Europe's needs in the field of remote-sensing.

Rather than reproduce these Recommendations, which reflect a substantial constructive interest in ESA's work on the part of Parliamentarians, in extenso, the following is an attempt to summarise the features most important to those interested in or responsible for the Agency's future.

Parliamentary Assembly of the Council of Europe

Recommendation 844 (1978) on the European Space Agency: recommends in particular that the Committee of Ministers invite Member Governments to take steps:

- to see to the rapid launching of a European remote-sensing satellite programme;
- to ensure that the Marecs maritime satellite programme can form the basis, within the Inmarsat system, of a global maritime satellite system;
- to promote the use of the Ariane launcher not only for European programmes, but also for those of countries outside Europe and of international organisations – in particular Intelsat;
- to prepare for the long-term planning of space activities in Europe, especially in new fields such as the production of solar energy by satellite and to ensure the taking of long-term or at least medium-term financial decisions with respect to the appropriate future level of ESA activities.

Recommendation 845 (1978) on Europe's needs in the field of remote-sensing: recommends in particular that the Committee of Ministers request the European Space Agency:

- to take the initiative of creating a study group open to non-Member States in the Agency, in order to ensure that remote-sensing programmes and techniques are compatible and complementary;
- to create a co-ordination group charged with forwarding

recommendations to the Council of ESA in order that industrial commitments entered into under national programmes do not impair the organisation of a European remote-sensing programme or the 'Europeanisation' of national programmes;

- to arrange for a series of economic studies on the use of remote-sensing techniques in specific fields, highlighting the cost/benefit aspects;
- to promote the development of a European remote-sensing satellite programme, directed to particular European needs in agriculture, forestry and fisheries.

Assembly of the Western European Union

Recommendation 316 on United States - European co-operation and competition in advanced technology: recommends in particular that the WEU Council urge member governments

- to instruct ESA to study the possibilities either of participating in the US tracking and data-relay satellite system and building the required European ground station, or of building its own TDRS system;
- to draw up guidelines for working with the US authorities on the development of the Space Shuttle transportation system;

Recommendation 317 on applications satellites: recommends in particular that the WEU Council

- invite the Governments concerned to accelerate ratification on the ESA Convention;



- invite the Governments of ESA Member States
- to adopt a three-year ceiling for compulsory expenditure;
- to make sure that Europe will be associated with future development of the US Space Transport system;
- to ensure the pursuit and development of European activities in earth-observation, including meteorology and remote-sensing by satellites;

with a view to further strengthening Europe's industrial potential in aerospace matters.

Recommendation 326 on applications satellites: recommends in particular that the WEU Council urge member states:

- to instruct ESA to study the possibility of
- establishing a more sophisticated global communications network in

which the data gathered by remote-sensing, environmental and meteorological satellites could be combined;

- building a small prototype solar power satellite providing electrical capacity

and to release the financial means necessary for these studies;

- to indicate at the next ESA Council meetings which elements of ESA's draft Spacelab Follow-on Development Programme are to be carried out;
- to prepare a policy defining the medium- and long-term goals of ESA and their financial implications and to have a draft long-term budget drawn up, *inter alia* to ensure, in the future, the existence of a study group to establish a coherent programme.

Recommendation 328 on weather forecasting: recommends in particular that the WEU Council promote the formation of an organisation by the European meteorological services or institutes to start the operational phase of a European meteorological satellite system 'Eurometsat' similar to the 'Eutelsat' of the European postal authorities.



photo magnum

Brevets et savoir-faire technique dans une organisation de technologie de pointe

J. de Reuse, Département Affaires juridiques et Propriété intellectuelle, ESA, Paris

La technologie tend à devenir source de pouvoir et de prospérité. Aussi, les Etats doivent-ils protéger, par des instruments juridiques appropriés, les fruits de leur effort de recherche et de développement. Le brevet est la méthode de protection classique des inventions. Dans cette époque de libre concurrence et de libre circulation des produits et des idées, il est l'un des derniers monopoles juridiques qui soit resté bien vivant. A ce titre, il peut constituer un élément de puissance économique et est souvent utilisé comme tel.

L'idée que se faisait jadis le public du chercheur ou de l'inventeur sous la forme d'un personnage un peu bizarre, penché sur ses éprouvettes et ses alambics à la façon des alchimistes est bel et bien dépassée. Les Etats modernes se sont rendu compte que la recherche de techniques nouvelles constitue un élément important de leur croissance industrielle; ils en ont tiré les conclusions concernant aussi bien la promotion de la recherche elle-même que les brevets permettant de protéger les inventions qui en résultent. C'est ainsi que le 1er juin 1978 a commencé à fonctionner l'Organisation ambitieuse que constitue l'Office Européen des Brevets (Fig. 1). Il s'agit là de l'aboutissement d'une idée lancée depuis 1949 au Conseil de l'Europe à Strasbourg.

L'Office Européen des Brevets est le résultat d'une coopération qui s'étend au-delà des frontières de la Communauté Economique Européenne et des autres organisations européennes. Outre sa mission primordiale qui est la délivrance du brevet européen, il constitue l'un des éléments qui doivent contribuer à l'unification de l'Europe. Ce brevet couvrira, quand tous les pays signataires auront ratifié la Convention, 16 pays, dont tous les pays membres de l'ESA (à l'exception de l'Espagne qui n'a pas signé la Convention), soit un marché englobant environ 290 millions d'habitants: il offrira aux inventeurs une protection moins chère, moins compliquée et plus sûre que l'ensemble des divers brevets nationaux.

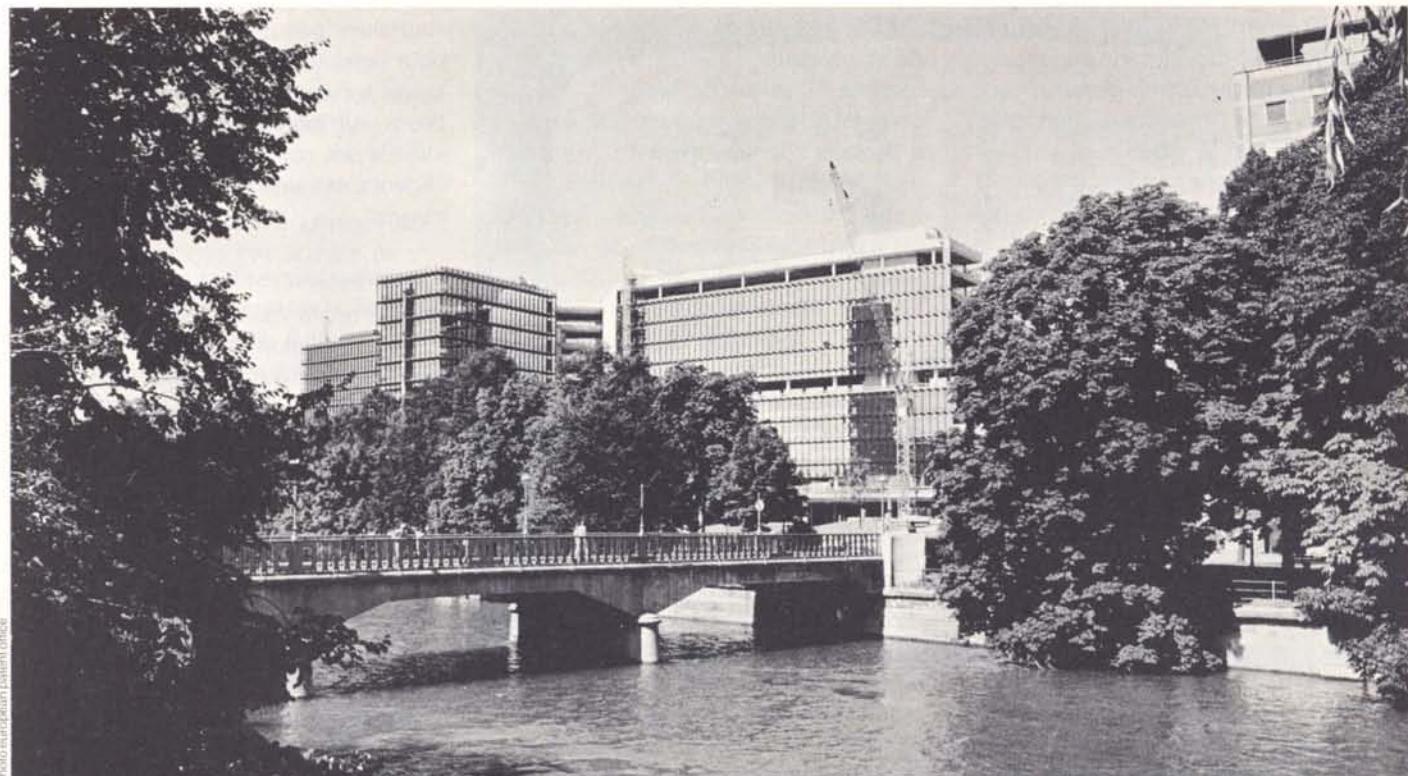
L'énorme effort en personnel et en argent qui est ainsi consacré par les Gouvernements européens à une protection plus efficace des inventions traduit une volonté politique, à un moment où les industriels européens se voient confrontés à une concurrence grandissante, de la part non seulement des deux autres grands blocs économiques, mais également du tiers monde.

Il est en effet devenu clair aux yeux des responsables politiques que le transfert de technologies nouvelles, c'est-à-dire de la capacité de produire des produits et des procédés nouveaux, revêt un caractère économique important. La technologie est en effet considérée de plus en plus comme source de pouvoir et de prospérité. C'est la raison pour laquelle les pays en voie de développement souhaitent que les législations en matière de brevets des pays dits 'industrialisés' soient modifiées en vue de rendre le transfert des technologies plus commode.

Protection juridique des inventions

Quelle que soit la politique qu'on voudra suivre dans ce domaine, il convient en premier lieu de protéger, par des instruments juridiques appropriés, les fruits de la recherche et du développement qu'on a financés. A quoi bon sacrifier des millions d'unités de compte à la mise au point d'un équipement d'avant-garde si la concurrence peut librement reproduire ce matériel sans avoir à participer d'une façon quelconque à l'amortissement des frais de recherche?

Figure 1 – Le nouveau bâtiment de l'Office Européen des Brevets en cours de construction au bord de l'Isar à Munich.



Les moyens dont dispose le chercheur pour se protéger sont variés selon les buts poursuivis: but commercial, promotion de la recherche, aide aux industries en perte de vitesse, etc. La méthode la plus classique est le *brevet d'invention*: il s'agit d'un instrument juridique public par lequel l'autorité publique accorde à l'auteur d'une invention nouvelle et originale, un monopole temporaire pour la fabrication et la commercialisation de son invention.

L'obtention d'un brevet coûte cher; il s'agit d'un véritable investissement, qui doit être rentable à terme. C'est pourquoi les acheteurs de technologies de pointe, tels que l'Agence, doivent veiller à ne pas imposer à leurs contractants des contraintes de nature à diminuer la valeur économique du brevet. Le contractant peut préférer, dans ces conditions, se protéger en gardant le secret. La mise au secret est un moyen de protection précaire et incertain, mais il est le seul moyen de

protection possible pour les données techniques non brevetables souvent désignées sous le vocable de 'savoir faire' ('know-how'). Il peut se poser dans ce domaine un conflit d'intérêt entre l'Agence et ses contractants, ceux-ci souhaitant protéger par la mise au secret le fruit de leur travail et l'Agence souhaitant promouvoir une large diffusion des données techniques parmi la communauté formée par les industries européennes.

Une autre approche est la *publication des informations*; elle convient en premier lieu aux informations scientifiques. Par la publication il devient désormais impossible à quiconque de s'approprier l'exclusivité sur l'information. La politique de publication est encore appliquée systématiquement par l'Agence pour les informations scientifiques. Elle l'était également par l'ESRO, à ses débuts, pour les informations techniques; mais une évolution a eu lieu suite à une prise de

conscience de la valeur économique de ces informations. Il n'en demeure pas moins que la grande majorité de ces informations sont publiées sans restriction soit dans des publications officielles de l'Agence, soit par leur insertion dans l'IRS (Service de Ressaisie de l'Information, précédemment appelé Service de Documentation Spatiale).

Mais revenons au problème des brevets et à leur intérêt pour l'Agence. À ses débuts, l'ESRO était plutôt hostile à une politique active en matière de brevets; cette attitude s'expliquait par le fait que l'ESRO était à ce moment - là une organisation purement scientifique. Or, depuis lors, et surtout depuis la création de l'ESA, le champ des activités de l'Agence s'est profondément modifié. Les programmes dits 'facultatifs', qui concernent essentiellement des satellites et des systèmes de transports spatiaux à vocation opérationnelle, sont devenus l'activité majeure. En outre, l'Agence peut se charger de l'exploitation de ces

systèmes pour le compte des utilisateurs. Cette profonde mutation de l'Agence pose le double problème de la compétitivité de l'industrie européenne d'une part et de la 'générosité scientifique' d'autre part en ce qui concerne la protection des technologies développées en Europe.

Par ailleurs, quinze années après la création de l'ESRO, l'Europe a finalement achevé la mise en place d'une certaine capacité dans le domaine spatial qu'il y a lieu de préserver et de protéger. N'oublions pas enfin que dans cette époque de libre concurrence et de libre circulation des produits où nous vivons, le brevet demeure l'un des derniers monopoles juridiques qui soit resté bien vivant. A ce titre, il peut constituer un élément de puissance économique et il est souvent utilisé comme tel. Les exemples ne manquent pas, aussi bien dans le domaine spatial que dans celui de l'aéronautique.

Les lignes de force de l'activité de l'Agence dans le domaine des brevets et du 'savoir faire' sont essentiellement orientées vers les quatre domaines suivants:

- politique de personnel
- politique vis-à-vis des contractants
- politique en matière de transfert des technologies en dehors des Etats membres
- politique de valorisation des fruits de la recherche financée par l'Agence.

Politique de personnel

Une politique de personnel équilibrée et cohérente dans le domaine des brevets et du savoir-faire peut constituer une motivation profonde pour les chercheurs. Un premier point de cette politique constitue le devoir de discrétion: il faut que le personnel réalise bien que la divulgation inconsidérée de données techniques peut nuire aux intérêts de l'Agence et de ses contractants, même si cette divulgation, dans un colloque ou dans une

publication, peut flatter l'amour propre de son auteur.

Le personnel doit également être motivé à déclarer spontanément les inventions réalisées dans les établissements. Le statut du personnel de l'ESA constitue à cet égard une amélioration sensible par rapport à celui de l'ESRO. Le Directeur Général est maintenant obligé, s'il décide de prendre le brevet au nom de l'Agence, d'accorder à l'inventeur une prime calculée en fonction de la valeur de l'invention sans pouvoir être inférieure à 500 unités de compte (environ 550 dollars américains). Le nouveau statut est cependant susceptible d'être amélioré. On pourrait prévoir un intérressement financier variable en fonction de la valeur de l'exploitation réelle du brevet. Les résultats obtenus au moyen d'un pareil système par des organismes dans certains Etats membres, tels que le CNET (Centre National Français d'Etudes des Télécommunications), sont encourageants.

Politique vis-à-vis des contractants

Les inventions et les données techniques qui résultent de travaux, recherches ou études exécutés par les contractants de l'Agence leur appartiennent en pleine propriété. Ce régime est appliqué par les organisations spatiales européennes depuis le début; il correspond à une notion du droit naturel chère aux juristes européens: l'oeuvre appartient à son créateur. Il est intéressant de noter au passage que ce principe, généralement admis en Europe, n'est pas du tout évident outre-Atlantique. Ainsi, la NASA devient elle-même propriétaire des inventions résultant des contrats qu'elle passe, à moins qu'elle ne renonce à ce droit, estimant que l'intérêt général sera mieux servi si le brevet reste la propriété du contractant.

La question de principe étant ainsi réglée en Europe, il n'en demeure pas moins que les autorités qui ont financé la recherche et le développement ne

souhaitent pas payer des redevances pour l'utilisation des brevets et du savoir-faire au cas où elles en auraient besoin. Un bon équilibre entre les intérêts des contractants et ceux de l'Agence est ainsi parfois difficile à trouver.

Il semble assez évident que l'Agence doive pouvoir disposer d'un droit d'usage gratuit de ces brevets et de ce savoir-faire en vue de l'exécution de ses programmes. Il est moins évident, bien que souhaitable, que les Etats membres ayant financé l'Agence avec leurs contributions provenant de fonds publics, puissent disposer du même droit pour les besoins de leurs programmes spatiaux nationaux. Cela semble assez logique et acceptable pour l'industrie. Ce qui l'est moins c'est que des sous-licences gratuites puissent être concédées à des tiers – quels qu'ils soient en tous pays – du moment qu'elles sont utilisées pour la recherche et la technologie spatiales. Il n'y a pas de doute que cette disposition du règlement ESRO actuel – et qui était par ailleurs inspirée par des motifs nobles et généreux de libre circulation des informations à travers les frontières – a été ressentie par l'industrie comme une atteinte à ses droits de propriété. C'est sans doute pourquoi elle a préféré adopter une politique de tenue au secret plutôt que de prise de brevets.

Les nouvelles lignes directrices que le Conseil de l'Agence a récemment approuvées ont maintenant supprimé cette contrainte. Dès la mise en oeuvre de ces nouvelles règles, sous forme de clauses contractuelles, le contractant ne devra plus concéder aucun droit d'utilisation pour des buts autres que l'exécution des programmes spatiaux de l'ESA et de ses Etats membres. En pratique cela veut dire que l'utilisation éventuelle par les sociétés concurrentes pour des objectifs autres que ceux précités se fera selon les règles commerciales normales. Une plus grande liberté d'action sera donc laissée

Figure 2 – Une application intéressante du terminal EURAB: l'affichage bilingue dans les aéroports.

au contractant pour la commercialisation, à l'intérieur et en dehors des Etats membres, des produits et procédés qu'il a développés pour l'Espace.

Il est à espérer que ce changement par rapport à la politique trop libérale de l'ESRO aura des effets bénéfiques. Il y a cependant tout lieu de croire que cette politique est loin d'être seule en cause. La nécessité d'une politique active en matière de brevets n'a pas toujours été ressentie par les industriels. C'est particulièrement le cas dans les pays qui ne pratiquent pas l'examen préalable de la nouveauté et de la 'brevetabilité' des inventions et où fatidiquement les brevets (les bons comme les mauvais) ne sont pas appréciés à leur juste valeur, sauf comme argument de vente ou élément de prestige.

Il aura fallu une menace réelle sur l'avenir de l'effort spatial européen, due à des brevets appartenant à des sociétés non européennes, pour que les industriels européens deviennent plus conscients de la nécessité d'une politique active en la matière. Celui qui possède un portefeuille de brevets avec lequel il peut négocier des échanges de licences se trouve incontestablement dans une situation plus enviable que celui qui risque d'être attaqué en justice pour l'utilisation d'une technique qu'il a lui-même mise au point mais qu'il a omis de faire breveter à son nom.

Une objection fréquemment soulevée est que la technologie spatiale n'est pas encore suffisamment commercialisable pour justifier une politique de brevet toujours onéreuse. Cette objection est mal fondée, au moins à long terme, et démentie par les faits: les brevets américains sur la stabilisation des véhicules spatiaux qui sont maintenant brandis comme arme commerciale et juridique contre les sociétés européennes furent déposés au début des années 60, à une époque où l'on était loin de penser à l'exploitation

FLIGHT	DESTINATION	DEPARTURE	GATE	TIME	TIME	DEPARTURE
QZ542	KINSHASA	0945	86	06	0945	كينشاسا 542
BE392	LONDON	0958	12	12	0958	لondon 392
NE212	BEIRUT	0958	83	83	0958	بيروت 212
EA635	ALGER	1000	20	20	1000	المنصورة 635
AF387	PARIS	1005	14	34	1005	باريس 387
AZ582	ROME-MILAN	1010	22	22	1010	روما-ميلانو 582
AY212	RABAT-CASA	1015	15	15	1015	الرباط-卡萨 212
TW480	NEW-YORK	1020	83	83	1020	نيويورك 480
EA692	ENTERSE-MAIROBI	1025	87	87	1025	نایروبی-نایروبی 692
NE218	AMMAN	1030	82	82	1030	امانة 218
EA638	TUNIS	1035	14	14	1035	تونس 638
LH554	FRANKFURT	1040	12	12	1040	فرانكفورت 554
SK687	COPENHAGEN	1045	18	18	1045	كوبنهاغن 687
TU380	KUWEIT	1050	12	12	1050	كويت 380
EA242	BAKAO	1055	22	22	1055	باكاو 242
LA368	MADRID	1100	23	23	1100	مدريد 368
WA545	ATHENS	1105	83	83	1105	اثينا 545
NE216	DAMASCUS	1110	88	88	1110	دمشق 216
EA632	TEHRAN	1115	14	14	1115	طهران 632
AY615	PARIS-BRUSSELS	1120	15	15	1120	باريس-بروكسل 615

commerciale de l'Espace.

Par ailleurs, il serait étonnant que l'industrie spatiale européenne n'ait pas pu se créer une avance technique sur le reste de la communauté spatiale mondiale dans certains domaines. Il faut bien entendu identifier et circonscrire ces domaines avec précision; une telle tâche, si elle était confiée à l'Agence, pourrait rendre de grands services à l'ensemble de l'industrie européenne.

Transfert des technologies en dehors des Etats membres

Protéger les technologies européennes n'est pas simplement prendre des brevets ou garder au secret les données techniques valables, c'est également veiller à ce que l'exportation des technologies en dehors du club des Etats membres ne nuise pas aux intérêts politiques et économiques de ces derniers.

Un premier aspect du problème se présente immédiatement à l'esprit, car il découle directement de la mission décrite dans la Convention de l'ESA: l'Agence remplit sa mission 'à des fins exclusivement pacifiques'.

D'autres intérêts politiques et économiques méritent également d'être sauvegardés, par exemple dans le cas où une exportation de technologie est envisagée vers des Etats non-membres qui pourront s'en servir pour faire concurrence à l'industrie spatiale européenne sur le marché mondial. C'est pourquoi selon l'Article XI de la Convention, le Conseil doit approuver des règles sur les conditions d'autorisation des transferts de technologies hors des territoires des Etats membres.

Valorisation des fruits de la recherche financée par l'Agence

La politique de l'Agence ne consiste pas seulement à promouvoir l'accroissement des connaissances techniques et le développement de nouvelles technologies, mais également à les valoriser dans un but économique.

Les effets économiques de la recherche spatiale ont déjà été précisés dans un certain nombre d'études: amélioration de la qualité des produits, diversification des activités, augmentation de la compétence des techniciens, utilisation de méthodes de gestion plus modernes

Figure 3 – Démonstration à l'ESTEC du fonctionnement du brevet Tamburini au moyen d'un modèle de laboratoire.



et plus complexes et, d'une façon générale, amélioration de la compétitivité par une expérience des techniques nouvelles.

Un effet économique important est ce qu'il est convenu d'appeler *l'innovation*: il s'agit de la création de nouveaux produits ou de nouvelles méthodes, ou de l'amélioration de produits ou méthodes existants. Parmi les innovations que les activités spatiales ont créées pour répondre à des besoins spatiaux spécifiques, beaucoup ont donné naissance à des 'retombées' au bénéfice des économies nationales. On peut citer à cet égard l'œuvre de diversification entreprise au Commissariat français à l'Energie Atomique (CEA) qui a permis d'aboutir à un enrichissement mutuel des responsables et techniciens de disciplines différentes.

Il ne faut certes pas exagérer l'importance de ces retombées ni s'en servir comme justification exclusive d'une politique de technologie de pointe, comme certains ont cru devoir le faire. On peut simplement constater que les responsables politiques prennent

aujourd'hui mieux conscience du fait que la recherche et la technologie peuvent être des éléments moteurs de l'économie, à condition de promouvoir efficacement leur *valorisation* dans tous les secteurs économiques. C'est ainsi qu'on assiste, depuis peu, à la création dans la plupart des pays industrialisés, d'un certain nombre de services officiels et privés, consacrés à la valorisation des résultats de la recherche. Une proposition de loi vient d'être déposée au Congrès américain en vue de la création d'une 'Space Industrialisation Corporation'. La tâche de cette organisation serait de 'promouvoir, encourager et assister le développement de produits, méthodes et industries nouveaux mettant en oeuvre les propriétés de l'environnement spatial'.

La tâche de valorisation n'est pas toujours facile. Il est souvent difficile d'identifier, parmi la masse de technologie existante, les éléments susceptibles de donner lieu à l'innovation, car ils sont souvent intégrés dans des systèmes de conception classique. Un autre handicap, particulier à l'Espace, est que les nouveaux produits répondent généralement à des

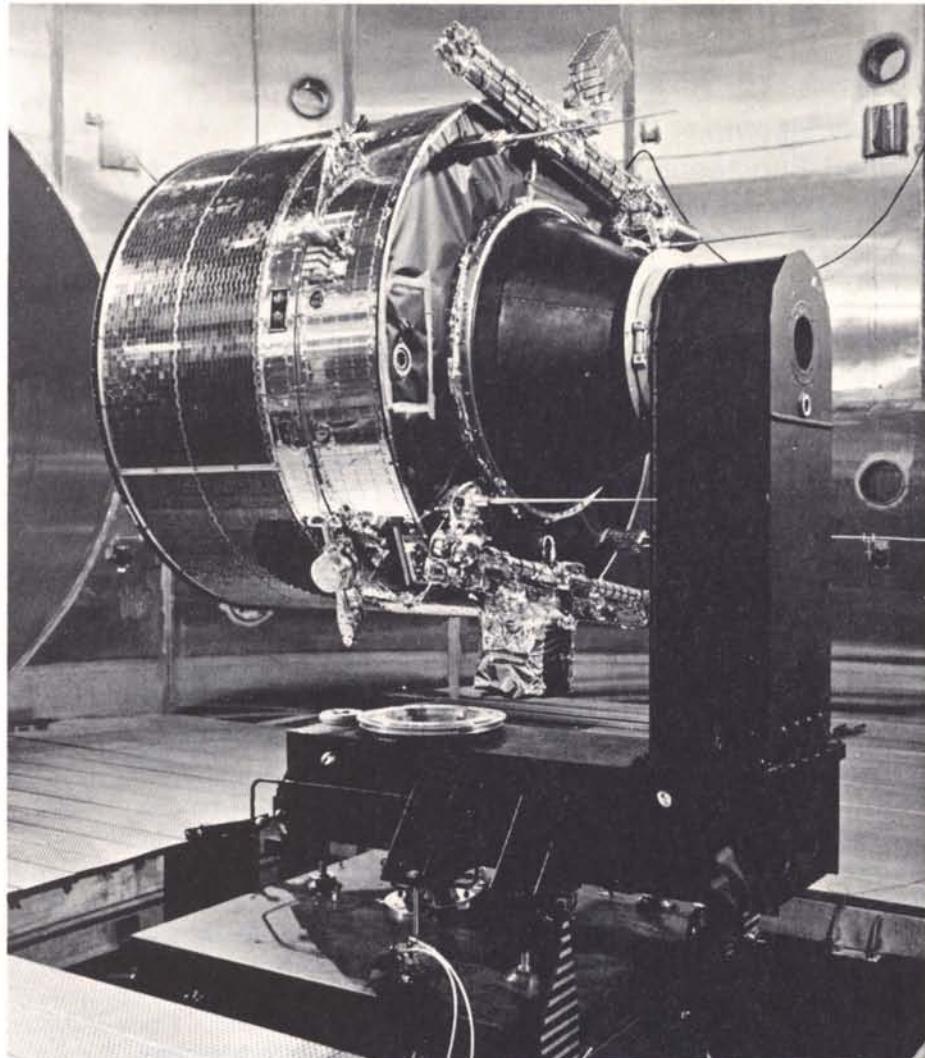
qualifications trop élevées par rapport aux exigences actuelles du marché non spatial (par exemple en matière d'encombrement et de masse). Ils sont, par conséquent, trop chers et pas immédiatement compétitifs. Enfin, il y a les problèmes d'ordre général propres à tout processus d'innovation: études de marché et investissements nécessaires, risques d'échec commercial, sans oublier les éventuelles répercussions sociales à l'intérieur de l'entreprise.

Que peut faire l'Agence pour promouvoir la valorisation des technologies spatiales en Europe? Pour ses propres brevets, l'Agence peut appliquer des critères de dépôt des brevets qui ne seraient plus seulement techniques, mais également économiques. Elle peut identifier les domaines technologiques dans lesquels l'Europe a une avance qui mérite d'être efficacement protégée. Elle pourra utiliser pour la recherche des utilisateurs, les moyens disponibles dans les divers Etats membres et participer à des expositions technologiques. Enfin, pour les brevets intéressants, elle peut en confier la valorisation à des organismes ou à des sociétés privées spécialisées ou s'en charger elle-même au moyen d'une politique de licences qui pourront être exclusives et contre paiement de redevances. Une mise en place progressive sera nécessaire en fonction des moyens disponibles en crédits et en personnel.

Pour les brevets appartenant aux contractants, l'Agence pourra jouer un rôle d'encouragement et éventuellement de coordination. La promotion de l'innovation est organisée dans tous les Etats membres, mais elle est souvent mal coordonnée.

En guise de conclusion, trois cas de transfert technologique vers des domaines non spatiaux, malgré l'absence d'une promotion systématique par l'Agence, méritent d'être mentionnés.

Figure 4 – La machine pour mesurer les moments d'inertie, inventée par MM. Brözel, Beckel et Berkhout et brevetée par l'ESA, au cours des essais du satellite Geos.



Le 30 juin 1978, l'Agence a signé avec la société italienne 'SELI' un accord de licence pour un terminal d'ordinateur de conception entièrement nouvelle, breveté par l'ESA et capable d'afficher sur un même écran deux textes en regard écrits dans des alphabets différents. Ce terminal a été inventé par un membre du personnel de l'Agence, M. Orrhammar, dans le cadre des relations de l'IRS (Service de Ressaisie de l'Information, situé à Frascati) avec les pays de langue arabe. C'est ainsi qu'une version du système, baptisée 'EURAB Terminal' permettant de visualiser simultanément un texte en caractères arabes et un autre en caractères latins, sera la première à être

commercialisée (voir Bulletin 16, pp. 46-50). Cependant, le système peut être appliquée à la visualisation de tout autre alphabet (Fig. 2).

Il s'agit là d'un exemple de transfert technologique particulièrement intéressant, car il permettra, en liaison avec l'alphabet arabe voyellé et standardisé mis au point par le Professeur marocain Lakhdar, de nombreuses applications: aéroports, banques, conférences internationales, écoles pour l'enseignement des langues étrangères. Cette invention contribuera ainsi à l'alphabétisation du monde arabe et à son accès aux technologies modernes.

Un autre exemple est le brevet de M. Tamburini, ingénieur à l'ESTEC. Il s'agit d'un système de transfert de chaleur qui ne nécessite pas de source extérieure d'énergie. Comparé aux caloducs, il offre l'avantage de ne pas être handicapé par des limitations liées à la gravité (Fig. 3).

Ce brevet, qui a été réalisé dans le cadre des activités du Spacelab – domaine éminemment spatial – intéresse maintenant au premier chef les responsables de la recherche sur l'utilisation de l'énergie solaire. C'est ainsi que quatre accords de licence en vue des études sur la mise en oeuvre pratique de ce brevet pour l'énergie solaire ont été conclus ou sont sur le point de l'être. De son côté, une autre société a reçu une licence pour des études des applications spatiales. Il n'est pas exclu qu'à un stade ultérieur, les chercheurs en matière d'énergie solaire fassent de plus en plus souvent appel à la somme de connaissances acquises par les chercheurs spatiaux dans ce domaine.

Par ailleurs, certains équipements spéciaux inventés par des ingénieurs de l'ESTEC et brevetés par l'Agence font désormais partie du parc d'installations d'essais de l'ESTEC: on peut mentionner, par exemple, un appareil permettant de détecter des fuites infimes de gaz (inventé par MM. Sänger et Franz), qui a été utilisé pour le satellite ISEE-B et le sera vraisemblablement pour Exosat, ainsi que la machine pour mesurer les moments d'inertie, inventée par MM. Brözel, Beckel et Berkhout (Fig. 4).

Dans tous ces domaines, l'Espace peut offrir une masse énorme de technologie qui ne demande qu'à être utilisée et qui pourra servir essentiellement au bénéfice des petites et moyennes entreprises qui ne disposent pas des moyens de financer elles-mêmes la recherche technologique moderne.





photomagnum

Grist – A Solar-Observation Facility

*G.P. Whitcomb,
System Engineering Department, ESTEC,
Noordwijk, The Netherlands*

The study of potential future space missions has always been a necessary part of the Agency's function. Typically, some four major studies are performed each year as part of within ESA's Scientific Programme. The study of the Grazing-Incidence Solar Telescope (Grist) was one such undertaking by a mixed team drawn from an industrial company, a national agency and a university institute.

Introduction

The Sun, as the nearest star to the Earth, offers the astronomer the best opportunity of observing the physical processes involved in stellar evolution. Many investigations have been made using both ground-based and spaceborne instrumentation, but so far no possibility has existed for examining the solar structure with fine resolution in the XUV-EUV wavelength region (X-ray to extreme ultraviolet region of the spectrum). As this region is of high scientific interest, not least because most of the high-intensity line emissions from the Sun lie therein, there is a need for a suitable observational facility. The Grazing-Incidence Solar Telescope, by satisfying the requirements summarised in Figure 1, could for the first time provide an opportunity for making high-resolution spatial and spectral measurements of the Sun over the 90-1700 Å wavelength range.

Before describing the Grist in detail, it is worth reviewing some of the basic requirements for observation in the XUV-EUV region. At the lower end of this 90-1700 Å range, the use of conventional refractive or reflective optics becomes impracticable or impossible. To collect and focus incoming radiation requires the use of special grazing-incidence optical techniques. With these types of optics the incoming energy is reflected at shallow angles from precisely formed optical surfaces. By a suitable choice of surface contour and number of reflections, imaging telescopes can be realised. The fundamental principle is illustrated in Figure 2.

The focal plane for grazing-incidence optical systems is defined rather like that for conventional optics, and various types of energy-measuring instruments may be located in this plane. In the case of Grist there is a particular interest in using focal-plane spectrometers. Two types have been proposed, one to cover the wavelength range 90-1500 Å, the other 300-1700 Å. Both require that the incident energy pass through a narrow entrance aperture located in the focal plane. The width of this aperture is decided after consideration of a number of parameters, such as the spatial resolution sought. In the case of Grist it has been chosen to be 20 microns. The quality of the optical system has to be such that the major portion of the energy from a single point on the Sun, i.e. a parallel beam, can be focussed to pass through the 20 micron aperture.

Description of the telescope

The Grist is a facility type of telescope, which has been designed for repeated flights with Spacelab. It is large physically, being some 6 m long and 2.4 m in diameter, and it weighs approximately 1450 kg. In flight Grist would be coarsely pointed and stabilised by Spacelab's Instrument Pointing System (IPS), while the necessary fine pointing and stabilisation, to 30 arcsec and 0.2 arcsec respectively, would be achieved by an internal image motion compensation mechanism in the telescope itself. Figure 3 shows the design concept, with the Spacelab IPS.

Internally the Grist consists of an optical assembly, an alignment-structure assembly, a focal-plane instrument

Figure 1 – Major system requirements for the Grazing-Incidence Solar Telescope (Grist) proposed for flight on Spacelab.

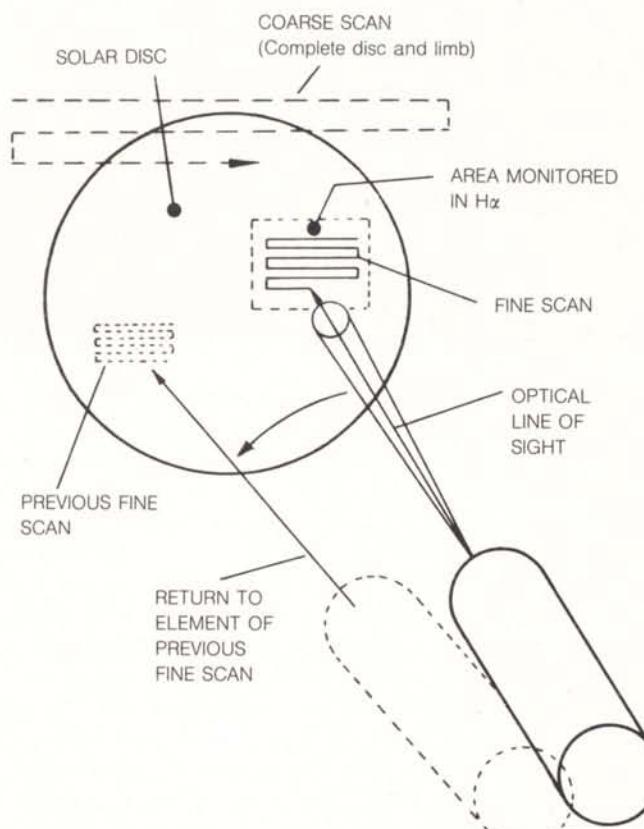


Figure 2 – The Wolter Type-II grazing-incidence optics that constitute the basis of the Grist instrument.

Instrument performance

Wavelength coverage	90 Å – 1700 Å
Spatial resolution	1 arcsec
Spectral resolution	10^5

Pointing performance

Achieved pointing	$\pm 30''$
Achieved measurement	$\pm 5''$
Stabilisation	$\pm 0.2''$ (over 1/2 h)
Fine scan	5' × 5' to 1'
Coarse scan	50' × 50'
Repeatability	direct return to 1'' picture element of previous fine scan within 1/2 h

Observation monitoring

Monitoring to 1'' of central image region (5' × 5') in H α (6563 Å)
Provision of selected XUV data in real-time display
Monitoring to 5'' of full solar disc in H α

assembly, and a support structure. All four are illustrated in Figure 4 and described more fully in the following paragraphs.

The optical assembly

The optical assembly contains two distinct sets of optical elements, together with a gimbal arrangement which allows the optical systems to be rotated with respect to the telescope's longitudinal axis. This provides the mechanism for the necessary image motion compensation solar scanning, and for switching of the optical beam between different focal-plane instruments.

The larger of the two sets of optical elements is a set of glass grazing-incidence mirrors. Two mirrors are used, one with a parabolic surface contour,

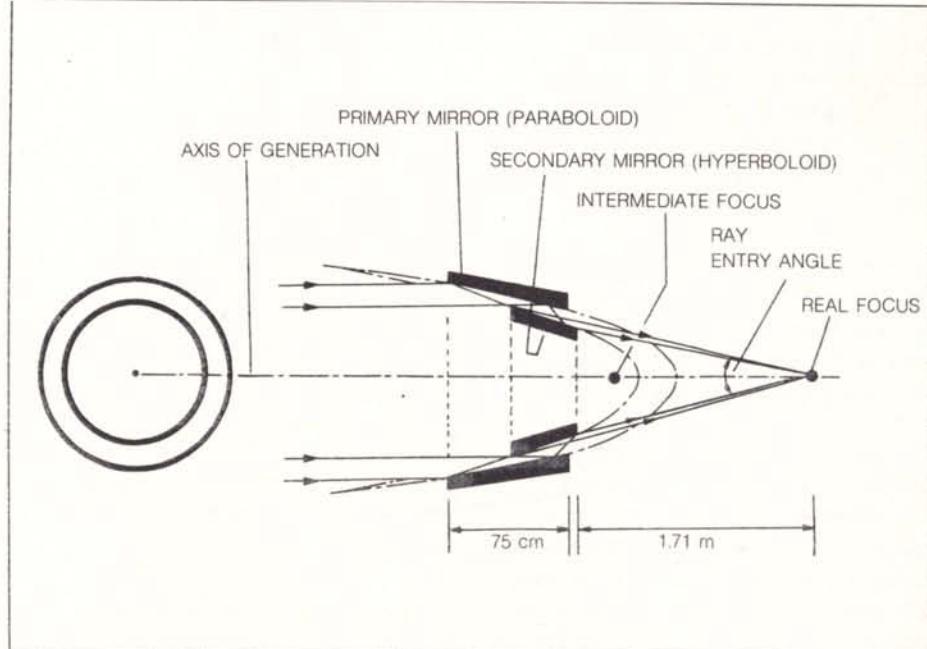


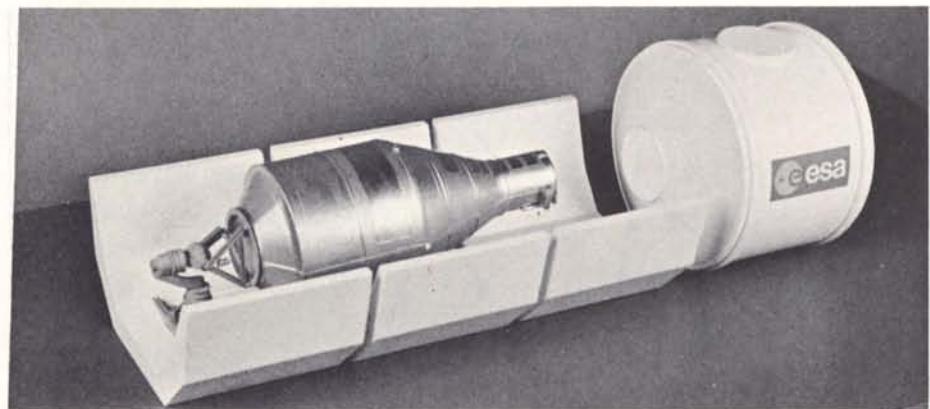
Figure 3 – Model of the Grist mounted on Spacelab, the latter being in a 'short module plus three pallets' configuration.

the other of hyperbolic shape, and together they form a Wolter Type-II X-ray imaging telescope with a 4.12 m focal length. This arrangement is the X-ray equivalent of a conventional telephoto lens.

The resolution of the Wolter Type-II system is required to be 1 arcsec, which can be interpreted physically in terms of focussing a parallel beam of input radiation to pass through a 20 micron hole in the focal plane. To achieve this, the mirrors require a high standard of surface finish and must be maintained in close mutual alignment throughout their operational life. The high standard of surface finish is achieved in the mirror manufacturing process via techniques developed in a number of European laboratories. The mutual alignment is a function of the Grist design; it is achieved firstly by using precisely machined glass spacers which initially locate the mirrors, and secondly by close thermal control in which heat pipes are used to ensure even heat distribution.

The second set of optical elements form a small conventional telescope which provides a well-defined solar image for attitude-measurement purposes. Owing to the high accuracy requirements, i.e. measurement of the Wolter telescope pointing to within 5 arcsec, this telescope must be maintained in close alignment with the Wolter Type-II instrument. This is achieved by the simple means of making the secondary telescope supports an integral part of the Wolter system and they are therefore formed in the same machining process. Figure 5 shows the overall optical arrangement including the gimbal system.

The alignment-structure assembly
Accurate positioning of focal-plane instruments with respect to the main optical assembly is very important in telescope systems operating in the EUV-XUV region. In the Grist study, analysis showed that significant performance



degradation occurred if the linear dimensions along the optical axis changed by more than 100 microns over a length of approximately 2 m. To ensure that this low figure could be maintained, a frame structure built from carbon-fibre-reinforced plastic tubing is proposed (Fig. 4). The significant feature of the design is the continuous tubes that traverse the complete length of the structure; they serve as the locating members that maintain precise linear alignment between the optical assembly and the focal-plane instrument mounts.

Associated with the alignment structure is a thermal-control system. This uses simple multilayer insulation and heater mats to control the structure within the required limits of $20 \pm 8^\circ\text{C}$.

The focal-plane instrument assembly
The focal plane of the Grist is physically defined in the telescope by means of a bulkhead attachment plate which has provision for the mounting of up to three large focal-plane instruments (FPI). For the purposes of the Grist design study, it has been assumed that these FPIs would be spectrometers and two types, a grazing-incidence and a normal-incidence spectrometer, have been studied in detail. Figure 6 shows the operating principle of each type and gives an indication of physical dimensions.

The spectrometers are individually mounted on the attachment plate which,

when mated with the alignment structure assembly, ensures the correct spectrometer location in the focal plane.

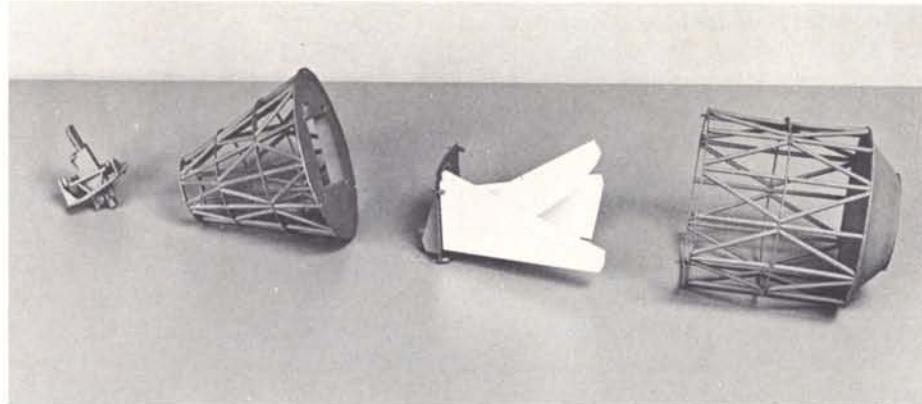
Image monitoring is also foreseen within the Grist. Two video cameras are provided as part of the focal-plane assembly. One of these cameras views the complete solar image as presented to the attitude-measurement system, while the other views the region of the Sun around the point being examined by the spectrometer in use. These video cameras allow the operator to participate actively during Grist operation, and give him the ability to select interesting features of the Sun for measurement in a real-time sense.

The gimballed system that produces the necessary scanning pointing and stabilisation is controlled by means of linear drive actuators. These operate on the same principle as loudspeaker drive units to produce rotations about two axes.

The whole optical assembly has its own thermal-control system and it is isolated thermally from the remaining Grist components.

The support structure
The support structure, as the name suggests, serves to support the other Grist components on the IPS. The structural design proposed uses identical technology to that in the alignment structure and it allows for easy removal

Figure 4 – The four main component assemblies of the Grist. From left to right, optical assembly, alignment structure, focal-plane instrument assembly and support structure.



of the support structure during ground-based operations, such as testing, so that free access to the focal-plane instruments is possible. The basic support-structure assembly can be seen in Figure 4.

Telescope operation

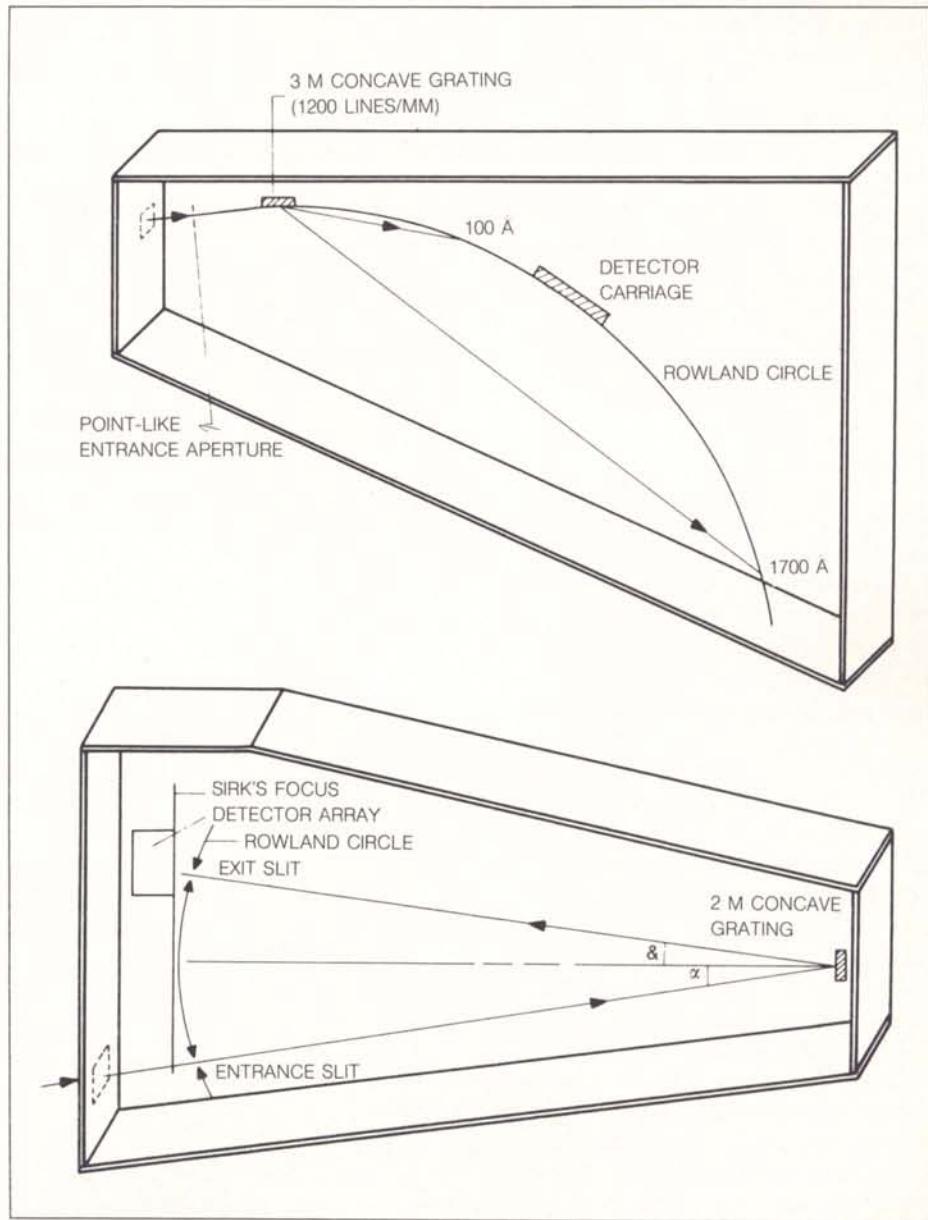
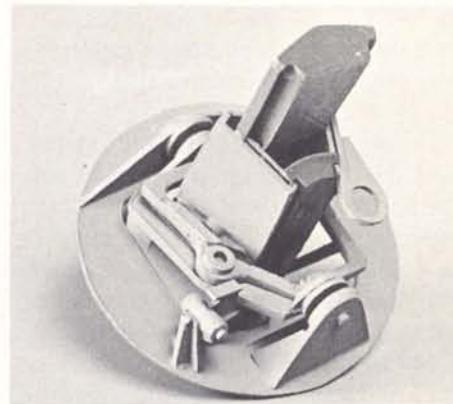
The basic assembly of the Grist, including integration and testing of the focal-plane instruments, would take place at a suitable site either in Europe or in the USA. The completed telescope would then be shipped to the Spacelab integration site, where it would be mated with the IPS and Spacelab itself.

A typical Spacelab flight will last some seven days and it is expected that the Grist would be able to make solar observations for about 40% of this time. The principal observations would be the measurement of spectral-line intensities and the computation of spectroheliograms. These measurements would be made with the focal-plane spectrometers and by making use of the Grist's scanning capability. Precision scanning of 5×5 arcmin regions of the Sun to a resolution of 1 arcsec would be possible.

The control and monitoring of these activities would be the responsibility of a scientist astronaut known as the Payload Specialist. He would have available in Spacelab visual displays of the Sun's disc and enlargements of the region around the point being observed

Figure 5 – The optical assembly of the Grist.

Figure 6 – Schematic of the arrangement of the Grist's focal-plane spectrometers.
Top: 3 m grazing-incidence spectrometer.
Bottom: Normal-incidence spectrometer using Sirk's focus.



by the Grist. By using these visual displays he would be able to select interesting features for measurement.

The visual displays of the Sun, together with the measurement data, would also be transmitted in real time to the Grist operations centre, where there would be a team of scientific observers to analyse the data continuously. This team would be in communication with the Payload Specialist and would therefore be able to give instructions for changing spectrometers, repointing the Grist, etc. The scientific data would also be recorded at the ground centre and would be available for future analysis by interested scientific groups.

On completion of Spacelab orbital operations and return to the ground, the Grist would be refurbished and, if necessary, different types of focal-plane instruments could be installed. An estimated eighteen months is presently foreseen as the period that would be needed for such refurbishment.

Conclusion

The Grist study has been conducted to a 'Phase-A' level, which means that the feasibility of the telescope design has been established and cost estimates can be made to within an acceptable margin of error. Further design activity will be undertaken when, and if, the project is approved for hardware development.

If approval is given, European scientists will have at their disposal a powerful instrument for solar observation, the use of which will ensure that European science maintains a leading role in solar physics. European technological advancement will also benefit, particularly in the areas of large X-ray mirror manufacture and the production of large carbon-fibre structures.

Even if approval is not given, the Phase-A study has already contributed to a better understanding of the problems associated with high-precision

measurements of the solar spectrum in the EUV-XUV region. The problems associated with, for example

- the design and manufacture of large X-ray optical systems
- the manufacture of high-stability carbon-fibre structures
- the design and manufacture of high-precision solar-attitude sensors
- the control systems for image-motion compensation for large telescopes

have all received attention during the study.

The Grist design that evolved during the study and has been presented here is the result of successful co-operation between a national research agency, the staff of a number of European universities and scientific institutes, the industrial company responsible for the study, and a team of ESA engineers*. The results achieved have shown that large telescopes for high-resolution solar spectroscopy are feasible and within the technological capabilities of European institutes and industry.



* ESA Study Contractors:
British Aerospace, UK
The National Physical Laboratory, UK
Leicester University, UK

ESA Consultants:
SRC Appleton Laboratory, UK
Fraunhofer Institute, Germany
ETH - Centrum, Switzerland
CNRS, Verrières, France
CNR, Padova, Italy
Space Research Laboratory, The Netherlands

Programmes under Development and Operations*

Programmes en cours de réalisation et d'exploitation

Under Development / En cours de réalisation

PROJECT		1978	1979	1980	1981	1982	1983	COMMENTS
SCIENTIFIC PROGRAMME	EXOSAT	JFMAMJJASONDJFMAMJJASONDJFMAMJJASONDJFMAMJJASONDJFMAMJJASOND	MAIN DEVELOPMENT PHASE		LAUNCH	OPERATION		
	SPACE TELESCOPE	JFMAMJJASOND	MAIN DEVELOPMENT PHASE			FM TO USA	LAUNCH	LIFETIME 11 YEARS
	SPACE SLED	JFMAMJJASOND	DEF. PHASE MAIN DEVELOPMENT PHASE-UNDER REVIEW		FSLP LAUNCH			COST TO COMPLETION AND DELIVERY DATE UNDER REVIEW
	ISPM	JFMAMJJASOND	SPEC. & CONTRACT ACTIONS DEF. PHASE		MAIN DEVELOPMENT PHASE	LAUNCH		LIFETIME 4.5 YEARS
	LIDAR	JFMAMJJASOND	DEFINITION PHASE					
APPLICATIONS PROGRAMME	ECS	JFMAMJJASOND	MAIN DEVELOPMENT PHASE		LAUNCH F1	DELIVERY F2	OPERATION	LIFETIME 7 YEARS
	MARITIME	JFMAMJJASOND	MAIN DEVELOPMENT PHASE	LAUNCH A	LAUNCH B	LAUNCH C	D'READY FOR STORAGE	LIFETIME 7 YEARS
	H-SAT	JFMAMJJASOND	DEFINITION PHASE MAIN DEVELOPMENT PHASE			LAUNCH	OPERATION	LIFETIME 7 YEARS PROJECT UNDER REVIEW
	METEOSAT 2	JFMAMJJASOND	INTEGR. & TESTING AND ADAPTATION ARIANE	LAUNCH		OPERATION		
	SIRIO 2	JFMAMJJASOND	MAIN DEVELOPMENT PHASE		LAUNCH		OPERATION	LIFETIME 3 YEARS
SPACELAB PROGRAMME	SPACELAB	JFMAMJJASOND	MAIN DEVELOPMENT PHASE	FU I FU II	FLIGHT 1	FLIGHT 2		
	INSTRUMENT POINTING SYSTEM	JFMAMJJASOND	DEVELOPMENT PHASE	AT NASA AT NASA				DELIVERY DATE TO NASA UNDER REVIEW
	FIRST SPACELAB PAYLOAD	JFMAMJJASOND	EXPERIMENTS DEVELOPMENT	INTEGRATION	FSLP LAUNCH			
ARIANE	ARIANE	JFMAMJJASOND	MAIN DEVELOPMENT PHASE	LO 1 LO 2 LO 3 LO 4		OPERATIONAL LAUNCHES		OPERATION LAUNCHES: EXOSAT MARITIME B, ECS F1 & SPOT

In Orbit / En orbite

PROJECT		1978	1979	1980	1981	1982	1983	COMMENTS
SCIENTIFIC PROGRAMME	COS-B	JFMAMJJASOND	OPERATION					
	GEOS 1	JFMAMJJASOND	OPERATION					SATELLITE IN HIBERNATION SINCE SHORTLY BEFORE GEOS 2 LAUNCH
	ISSEE-B	JFMAMJJASOND	OPERATION					
	IUE	JFMAMJJASOND	LAUNCHED OPERATION					
	GEOS 2	JFMAMJJASOND	LAUNCHED OPERATION					
APPL. PROG.	OTS 2	JFMAMJJASOND	LAUNCHED OPERATION					OPERATION FUNDED FOR 3 YEARS
	METEOSAT 1	JFMAMJJASOND	OPERATION					

* Reporting status as per end November 1978/Bar chart valid per end December 1978

Bien que le planning ci-dessus soit valide jusqu'à fin décembre 1978, la situation des projets décrits dans les pages qui suivent s'arrête à la fin de novembre 1978.

Cos-B

De nouveaux résultats scientifiques de Cos-B ont été présentés au 6ème Symposium européen sur les Rayons cosmiques (Kiel, 11-15 septembre) et à la Réunion d'Astronomie des Rayonnements X et gamma organisée par la Division Astrophysique des Hautes énergies de l'American Astronomical Society (San Diego, 12-14 septembre). Le plus important de ces résultats a été l'annonce de la découverte, sans beaucoup de renseignements sur leurs spectres, de onze sources nouvelles de rayons gamma portant à 24 le nombre total des sources observées par le satellite, dont quatre ont été identifiées comme étant des radio-pulsars.

Les deux pulsars de rayons gamma nouvellement découverts (PSR 1822-09 et PSR 0740-28) sont remarquables par le fait que leurs courbes de lumière sont similaires à celles de PSR 0531-21 (Crabe) et PSR 0833-45 (Voiles), bien que leurs périodes de pulsation soient très dissemblables. Les pulsars du Crabe et des Voiles sont les deux plus jeunes que l'on connaisse et la détection du rayonnement gamma de ces pulsars plus anciens indique que la façon dont s'opère la conversion de leur énergie perdue en rayons gamma est beaucoup plus efficace. Leur découverte et la perspective de pouvoir en observer d'autres à l'aide de Cos-B ont soulevé à tel point l'intérêt des radioastronomes que deux observatoires au moins étudient actuellement la possibilité de programmer des mesures spécifiques pour obtenir des informations de synchronisation radio en conjonction avec les observations du satellite.

Les observations spécifiques des 'candidats pulsars' et la poursuite des études des pulsars déjà découverts constituent un élément important du programme scientifique proposé pour l'extension de la mission en 1979. Un certain temps sera également consacré

à étendre la couverture du ciel aux hautes latitudes galactiques assurée par Cos-B dont l'importance a été mise en lumière par la détection de rayons gamma émis par le quasar 3C273 (voir Bulletin ESA No. 15, p.88).

IUE

Depuis la mise en service du satellite le 3 avril jusqu'à la fin de novembre, 68 groupes d'observateurs hôtes venant de 11 pays se sont rendus à la Vilspa (Station de poursuite de Villafranca, Espagne) et ont pris 1200 images spectrales (dont certaines comportent plusieurs spectres). Sept images par jour en moyenne ont été obtenues en septembre – ce qui est une amélioration sensible par rapport au premier objectif scientifique, lors de la période de mise en service, qui avait demandé 24 heures d'observation! Ces nombres d'images sont très proches des 33% escomptés pour le tiers du temps de satellite réservé à l'Europe.

L'IUE a fait preuve de sa souplesse d'utilisation en obtenant des spectres ultraviolets de planètes, du milieu interplanétaire, d'étoiles de tous les types spectraux de O à M, ainsi que d'étoiles de Wolf-Rayet, d'étoiles symbiotiques, du type nova, à émission de rayons X et du type T Tauri, de nébuleuses planétaires, de vestiges de supernovae, de galaxies et tout particulièrement des galaxies de Seyfert et de radiogalaxies, d'objets BL Lac et de quasars. Le satellite s'est montré capable, au cours de longues périodes d'exposition, de détecter et d'obtenir des

informations spectroscopiques utiles sur un noyau de Seyfert de 11ème magnitude à forte dispersion et sur un quasar atteignant presque la 18ème magnitude à faible dispersion.

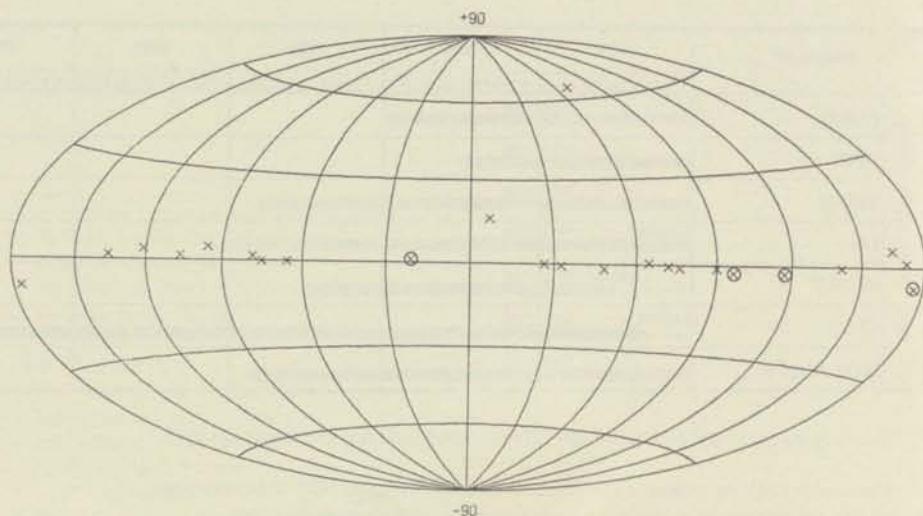
Les premiers documents scientifiques élaborés à partir des données fournies par l'IUE ont été récemment publiés; ils traitaient des données acquises au cours de la période de mise en service. Parmi les autres événements scientifiques importants mis en lumière depuis lors par des observateurs européens, il faut signaler la première détection de la bande d'absorption interstellaire à 2200 Å dans les nuages de Magellan, la découverte, dans les raies de l'émission en ultraviolet de super-géants, de variations de l'ordre de quelques minutes, la découverte, dans des vestiges de supernovae, de rapports d'intensité de raies d'émission très différents de ceux prédis jusqu'alors par la théorie, et un spectre du jet de M87 montrant un continuum intense et de probables caractéristiques spectrales.

Autre événement important: un programme de collaboration réunissant de nombreux pays et mettant en jeu l'IUE, deux autres satellites et six télescopes au sol pour l'étude de sources de rayons X; parmi les résultats, citons la découverte d'effets assujettis à une dépendance de phase dans le spectre du 'trou noir candidat', Cygnus X-1, et d'une éclipse du rayonnement ultraviolet de Her X-1 en phase avec l'éclipse de rayonnement X.

L'IUE continue de susciter un vif intérêt parmi les scientifiques avec 171

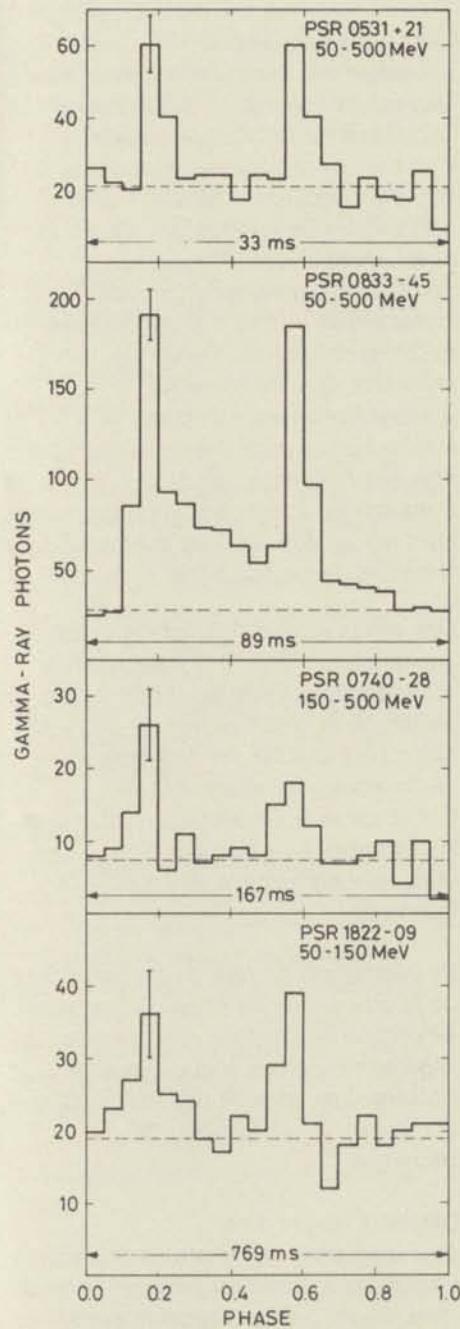
Positions des sources de rayons gamma détectées par Cos-B, repérées dans le système de coordonnées galactiques. Les quatre pulsars sont entourés d'un cercle.

Positions of the gamma-ray sources detected by Cos-B, shown in the galactic co-ordinate system. The four pulsars are circled.



Cos-B

New scientific results from Cos-B have been presented at the Sixth European Cosmic-Ray Symposium (Kiel, 11-15 September) and the X-ray and Gamma-Ray Astronomy Meeting of the High-Energy Astrophysics Division of the American Astronomical Society (San Diego, 12-14 September). Most important of these results has been the announcement, with limited spectral information, of 11 new gamma-ray sources, bringing the total number observed by Cos-B to 24, including four identified with radio pulsars.



The two new gamma-ray pulsars (PSR 1822-09 and PSR 0740-28) are noteworthy for the similarity of their light curves to those of the previously known PSR 0531+21 (Crab) and PSR 0833-45 (Vela), despite the wide differences in their pulsation periods. The Crab and Vela pulsars are the two youngest known and the detection of gamma radiation from these older ones indicates that they are much more efficient in converting their energy loss to gamma-rays. Their detection, and the expectation that others may be observable by Cos-B, have aroused the interest of radio astronomers to the extent that at least two observatories are studying the possibility of scheduling specific measurements to obtain radio timing information in conjunction with the satellite observations.

Specific observations of the candidate pulsars, as well as further studies of those already found, form a major part of the scientific programme proposed for the 1979 extension to the mission. Time will also be devoted to extending the Cos-B coverage of the sky at high galactic latitudes, the importance of which has been shown by the detection of gamma-rays from the quasar 3C273 (see ESA Bulletin No. 15, p. 88).

IUE

Between completion of the commissioning of the International Ultraviolet Explorer (IUE) satellite on 3 April and the end of November, 68 different groups of guest observers from 11 countries visited ESA's Villafranca tracking station near Madrid (Vilspa), and took over 1200 spectral images (some containing more than one spectrum). An average of seven images per day were obtained in September, a marked improvement over the first scientific target in commissioning which took 24 hours to observe. These image numbers approximate closely to the 33% expected from Europe's one-third of satellite observing time.

Light curves of the four gamma-ray pulsars detected by Cos-B in the photon-energy ranges indicated. The period of each pulsar is shown.

Courbes de lumière des quatre pulsars de rayons gamma détectés par Cos-B dans les gammes d'énergie photonique. La période de chaque pulsar est indiquée.

IUE has shown its versatility by obtaining ultraviolet spectra of planets, the interplanetary medium, stars of all spectral types from O to M as well as Wolf-Rayet, symbiotic, nova-like, X-ray emitting and T-Tauri stars, planetary nebulae, supernova remnants, galaxies including in particular Seyfert and radio galaxies, BL Lac objects and quasars. The satellite has proved capable, during long exposures, of detecting and obtaining useful spectroscopic information of an 11th magnitude Seyfert nucleus in high dispersion and a quasar of almost 18th magnitude in low dispersion.

The first scientific papers derived from data from the commissioning period of IUE have already been published. Other scientific highlights since then by European observers include a first detection of the 2200 Å interstellar absorption band in the Magellanic Clouds, the discovery of variations in ultraviolet emission lines of supergiants on a time scale of minutes, the discovery of emission-line intensity ratios in supernova remnants quite different from those previously predicted by theory, and the spectrum of the jet of M87 showing an intense continuum and probable spectral features.

An additional highlight has been a highly international collaborative programme, involving IUE, two other satellites and six ground-based telescopes, for studying X-ray sources. Results include the discovery of phase-dependent effects in the spectrum of the black-hole candidate Cygnus X-1, and an ultraviolet eclipse in Her X-1 in phase with the X-ray eclipse.

Scientific interest in IUE remains high, with 171 proposals to ESA requesting many more than the 180 eight-hour observing shifts available in 1979.

Exosat

Satellite

Since formal initiation of the Development Phase (C/D) in June, progress on most subsystems has been satisfactory, but certain problems persist and although being actively pursued are giving cause for increasing concern.

Two technical issues in particular, namely the endurance of the star

propositions soumises à l'ESA, qui dépassent largement le temps d'observation (180×8 heures) dont l'Agence disposera en 1979.

Exosat

Satellite

Depuis qu'a officiellement commencé la phase de développement C/D en juin, la plupart des sous-systèmes ont progressé normalement. Néanmoins, certains problèmes persistent et, bien qu'on s'emploie activement à les résoudre, ils deviennent de plus en plus préoccupants.

Deux questions techniques en particulier, à savoir l'endurance du tube dissecteur d'images (IDT) du suiveur stellaire et la technologie adoptée pour la structure du réseau solaire, sont extrêmement complexes et ne peuvent être facilement résolues. En réalité, ces deux problèmes sont liés à la vérification tardive des paramètres prévus d'ambiance. En effet, les valeurs actuellement spécifiées sont basées sur des calculs de départ concernant les pires conditions statiques et dynamiques et l'on est obligé de s'en tenir strictement à ces hypothèses de conception tant que l'on ne dispose pas des résultats d'essais. On ne pourra envisager des assouplissements éventuels que si les résultats d'essais des sous-systèmes et systèmes se révèlent favorables.

Comme indiqué dans le numéro précédent du Bulletin, il fallait attendre avant de pouvoir tirer des conclusions définitives sur les performances de l'IDT dans l'environnement mécanique prévu d'Exosat, que soient terminés les essais de préqualification aux niveaux maximums. Ces essais ont depuis été effectués mais le contractant n'a pas encore présenté à l'Agence de rapport concluant.

Quant au problème de la structure du réseau solaire, il est fortement lié à la masse disponible limitée et il dépend en fin de compte du choix d'une technologie appropriée pour la conception et la fabrication. On envisage sérieusement des matériaux à fibres de carbone (CFRP). Un examen spécial a eu lieu en décembre pour tenter de résoudre ces difficultés.

Du fait des nouveaux retards annoncés dans la livraison des sous-systèmes du véhicule spatial qui sont nécessaires au début de la séquence d'assemblage et d'intégration, le contractant a décidé de remettre à la mi-février 1979 le démarrage du programme d'assemblage du modèle d'identification. Les travaux de l'Agence qui sont nécessaires au soutien de ces activités, c'est-à-dire ceux qui concernent le matériel et le logiciel de la station de vérification, progressent de façon satisfaisante.

Charge utile

L'état d'avancement technique est satisfaisant pour la plupart des unités. Certains problèmes se sont posés, en particulier au cours des récents essais mécaniques des unités 'moyenne énergie', qui risquent d'avoir une incidence sur les dates de livraison. On réexamine actuellement la conception des charnières de soutien des détecteurs 'moyenne énergie'. L'usinage des coquilles de miroir 'faible énergie' et des corps de détecteur 'moyenne énergie' pour les modèles de vol a commencé.

On a également entrepris d'autres travaux sur le pouvoir séparateur en position que l'on peut obtenir avec les détecteurs 'faible énergie'.

Lanceur

Au cours de la troisième réunion de coordination Ariane/Exosat qui a eu lieu en novembre, les impératifs du projet par rapport aux contraintes du lanceur ont été passés en revue. Un document ayant valeur d'engagement sera prochainement publié et spécifiera en détail les impératifs du projet.

Les études qualitatives effectuées sur les techniques de freinage de la rotation ont amené à conclure que le meilleur dispositif pour le composite Exosat/4ème étage d'Ariane est un système yo-yo. Des études de conception détaillées sont maintenant en cours.

ESOC

Après l'approbation en octobre de la politique d'approvisionnement pour l'équipement de la station sol de Villafranca, les actions contractuelles ont commencé. Seuls deux secteurs sont préoccupants eu égard aux engagements de calendrier: il s'agit du récepteur et du système de bande de base.

De nouvelles réunions de travail ont eu lieu entre le personnel de l'Agence et les utilisateurs. Elles ont permis de pousser davantage la définition des besoins, notamment dans le secteur du planning de la mission et dans celui du traitement des données.

Télescope spatial

Réseau Solaire

BAe a soumis en août son rapport de phase B et sa proposition de phase C/D pour le réseau solaire du Télescope spatial. Les accords auxquels ont abouti les négociations intensives qui ont eu lieu entre le contractant et l'Agence ont à leur tour débouché sur un feu vert complet pour la phase C/D.

Module de la chambre

L'examen des impératifs du projet s'est déroulé au cours de la période du 21 septembre au 18 octobre. L'étude approfondie des liaisons de données, à laquelle ont participé la NASA et des scientifiques de l'Equipe scientifique de l'instrument, a donné lieu à de nombreux commentaires de détail sur la documentation mais n'a mis en lumière aucun problème conceptuel vraiment important. Des divergences d'interprétation entre l'Agence et le contractant responsable de la chambre, concernant certains détails du champ d'application du contrat, sont apparues mais ont pu être résolues au niveau des instances de gestion début novembre.

Des efforts substantiels ont été déployés auprès des contractants responsables du Télescope spatial aux Etats-Unis et auprès de la NASA en vue de définir de façon plus détaillée les interfaces entre la chambre pour objets à faible luminosité et le Télescope, et ont abouti à l'agrément fin novembre d'un document préliminaire de contrôle des interfaces.

La soumission du rapport de phase B et de la proposition de phase C/D, prenant en compte les résultats de l'examen des impératifs du projet et le contenu du document de contrôle des interfaces, est maintenant envisagée pour fin décembre.

Détecteur de photons

La modification du détecteur de photons consistant à remplacer l'intensificateur à deux étages par un intensificateur à

tracker's Image Dissector Tube (IDT) and the solar-array structure's design/technology, are of a very complex nature and cannot be easily resolved. Both problems have to be viewed in the context of the late verification of predicted environmental parameters; i.e. currently specifications are based on early worst-case static/dynamic calculations and until testing results become available strict adherence to these design assumptions is obligatory. Relaxations, if any, could only be discussed in the light of favourable subsystem/system testing results.

As noted in the last Bulletin, a final conclusion on the performance of the IDT in Exosat's predicted mechanical environment has been awaiting completion of prequalification extreme-environment tests. These have now been performed and the Agency is awaiting a conclusive report from the contractor.

The solar-array structure problem is strongly influenced by mass constraints, and its solution depends ultimately on the selection of a suitable design and manufacturing technology. Carbon-fibre materials (CFRP) are being considered and a special review took place in December.

As a result of the announcement of further delays in deliveries of spacecraft subsystems needed at the beginning of the assembly and integration sequence, the contractor has decided to shift the start of the engineering-model assembly programme to mid-February 1979.

Agency undertakings needed in support of this activity, such as the checkout-station hardware and software, are progressing well.

Payload

Technical progress on most units has been satisfactory. Some problems have occurred particularly during recent mechanical tests on medium-energy units which could affect delivery dates. The design of the hinges that support the medium-energy detectors is being reviewed. Machining of mirror shells for the low-energy experiments and detector bodies for the medium-energy experiments for the flight models has started.

Further work is also being done on the position resolution obtainable from the low-energy detectors.

Launcher

The third Ariane/Exosat Co-ordination Meeting was held in November and project requirements vis-à-vis launcher constraints were reviewed. A binding document will be issued shortly specifying the project's requirements in detail.

Qualitative studies on despin techniques have led to the conclusion that a yo-yo is the best device for the Exosat/Ariane fourth-stage composite and detailed design studies are now underway.

ESOC

Following approval in October of the procurement policy for the Villafranca ground-station equipment, contract actions have been started. Only two items are causing concern as far as schedule commitments are concerned, the receiver and baseband systems.

Further working sessions between observers and ESA staff have led to further definition of requirements, particularly in the sectors of mission planning and data processing.

Space Telescope

Solar array

BAe submitted their Space-Telescope solar array Phase-B report and Phase-C/D proposal in August. Extensive negotiations have since taken place which resulted in agreements between the contractor and the Agency, leading to a full go-ahead for Phase-C/D.

Camera module

The Project Requirements Review was held between 21 September and 18 October. A thorough review of the data package, with participation by NASA and members of the Instrument Science Team, produced many detailed comments on the documentation but brought to light no really significant design problems. Several differences in understanding between ESA and the camera-module contractor on detailed elements of the scope of the contract emerged but these were resolved at management level early in November.

Substantial efforts have been made with the American Space Telescope contractors and NASA to define in more detail the interfaces between the Faint-Object Camera and the ST. These led to the signing by the end of November of a

Preliminary Interface Control Document

Submission of the Phase-B report and Phase-C/D proposal, taking into account the results of the Project Requirements Review and the Interface Control Document was envisaged by the end of December.

Photon-Detector Assembly

The modification of the Photon-Detector Assembly, which introduces a three-stage in place of a two-stage intensifier, was fully incorporated during the reporting period. Another problem that emerged related to the cooling of the photo-cathode. Life tests showed that the temperature gradients thus introduced along the intensifier resulted in a degradation of the photo-cathode's quantum efficiency. In conjunction with the scientists and NASA it was decided to change the photo-cathode material, giving improved noise performance, but a reduced sensitivity at long wavelengths.

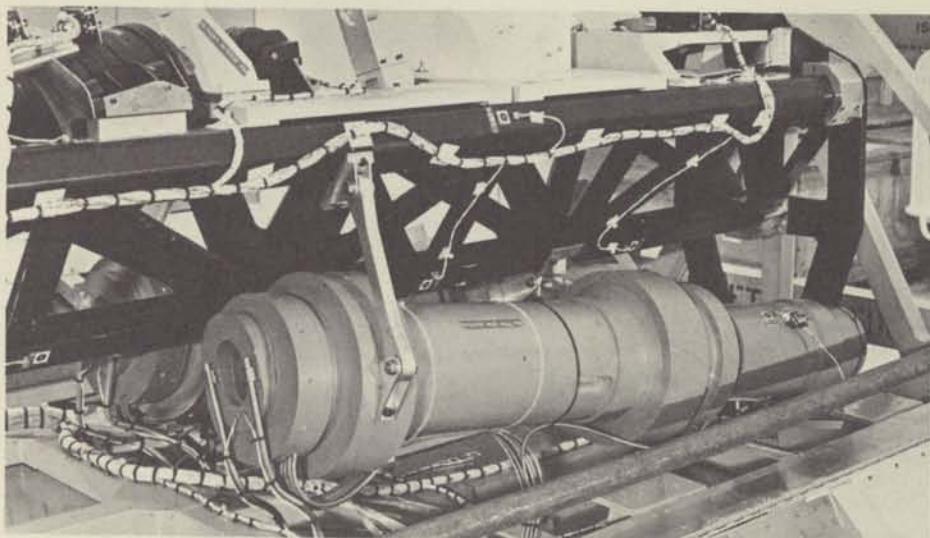
The interfaces between the Photon-Detector Assembly and Camera Module are being worked on in detail, and progress is according to the plans as established after introduction of the three-stage intensifier.

Interface with NASA

The quarterly progress meeting was held early in October in Europe, and the opportunity was used to visit Dornier and BAe with the NASA and US contractor's management teams. Very constructive discussions resulted in the clearing up of the last uncertain elements in the project plan relating to the development phase, so that full agreement now exists on delivery details and schedules.

Sled

Following a period of slow progress since the Sled Facility System Design Review last July, the contractor recently submitted a re-costing to completion which made it clear that the programme could not be realised within the original cost, mass and schedule envelopes. An offer, solicited previously from a possible alternative supplier as a result of the unsatisfactory outcome of the Review in July, did not allow that same company, in the short time available, to make a bid which would improve the situation.



Modèle de la chambre pour objets à faible luminosité du Télescope spatial.

Model of the Space Telescope's Faint-Object Camera.

trois étages a été incorporée en totalité au cours des derniers mois. Un autre problème est apparu concernant le refroidissement de la photocathode. Les essais effectués ont montré que les gradients de température ainsi introduits le long de l'intensificateur entraînaient la dégradation du rendement quantique de la photocathode. En coordination avec les scientifiques et la NASA, il a été décidé d'utiliser un autre matériau pour la photocathode. Cette modification s'est traduite par une amélioration des performances en matière de bruit, mais aussi par une réduction de la sensibilité aux grandes longueurs d'ondes.

Les interfaces entre le détecteur de photons et la chambre ont été étudiées dans le détail et les travaux progressent conformément aux plans établis après l'introduction de l'intensificateur à trois étages.

Rapports avec la NASA

La réunion trimestrielle sur l'avancement des travaux s'est tenue début octobre en Europe. L'Exécutif a profité de cette occasion pour rendre visite, avec les représentants de la NASA et de la direction du contractant américain, aux firmes Dornier et BAe. Des échanges de vues très constructifs ont permis de préciser les derniers points encore incertains du plan de projet relatif à la phase de développement et l'accord est désormais complet sur les détails de la livraison et les calendriers connexes.

Traîneau spatial

A la suite de l'examen de la conception du système qui a eu lieu en juillet, et après une période de progrès plutôt lent, le contractant a soumis récemment un nouveau calcul de coût à achèvement, d'où il ressort que le programme ne peut être réalisé dans les contraintes de coût, de masse et de calendrier initialement prévues. Un autre fournisseur, qui avait été contacté devant les résultats peu satisfaisants de l'examen précédent, n'a pas été en mesure, dans le court délai imparti, de soumettre une offre qui soit de nature à améliorer la situation.

Le contractant chargé du système de traîneau a reçu pour instruction d'arrêter les travaux et le Comité du Programme scientifique a été informé de la situation. Une réunion a été organisée d'urgence avec l'Equipe scientifique 'Traîneau' le 21 novembre. Elle s'est conclue par d'importants assouplissements dans les spécifications, le but visé étant de rendre encore possible la réalisation d'un traîneau pour la première mission Spacelab dans le cadre des contraintes actuelles du programme.

L'Agence étudie actuellement différentes possibilités en vue de dégager une solution technique viable à l'intérieur d'un plan d'ensemble qu'elle compte présenter au Comité du Programme scientifique en janvier 1979. Les effectifs internes ont été renforcés de façon assez importante pour la mise en route de ces travaux.

Il a été récemment annoncé que le

lancement de la première charge utile du Spacelab serait reporté en août 1981. Le délai supplémentaire dont on disposera sera un atout précieux dans la recherche d'une solution de remplacement viable.

ISPM

Le projet ISPM progresse régulièrement. Du côté américain, la question du financement a désormais été résolue de façon satisfaisante et les travaux se poursuivent. Le Mémorandum d'accord en est au stade final de l'approbation par les deux Agences.

En septembre, le Groupe de travail scientifique s'est penché sur l'important problème de l'incompatibilité partielle entre l'expérience de Stone (GSFC) et le capteur de magnétomètre vectoriel à hélium incorporé dans l'expérience Hedgecock (Londres). Des solutions ont été définies mais les mesures pratiques n'ont pas encore été prises. Par ailleurs, le dialogue engagé avec les chercheurs spécialistes des émissions radioélectriques se poursuit.

Sur le plan industriel, le principal événement de ces derniers mois a été la réception et l'évaluation des diverses propositions couvrant la phase compétitive d'étude du système du véhicule spatial. Les offres sont parvenues fin octobre, leur évaluation technique a eu lieu et l'Exécutif prépare actuellement ses recommandations; celles-ci seront examinées par le Comité de la Politique industrielle lors de sa première réunion en 1979.

Lidar

L'achèvement, à la mi-septembre, de la phase B1 a principalement apporté les résultats des études d'arbitrage et a permis d'identifier des secteurs critiques liés à diverses missions scientifiques. A partir de ces résultats, deux missions de référence ont été choisies ainsi que les concepts de système connexes.

La capacité du Lidar a été renforcée pour lui donner le maximum d'efficacité au cours d'un même vol en partageant le temps d'utilisation entre plusieurs expérimentateurs (spécialistes de l'aéronomie, météorologistes,

The Sled contractor was therefore instructed to stop work and the Science Programme Committee informed of the situation. A meeting with the Sled Science Team on 21 November yielded important relaxations in specification intended to make it possible to still produce a Sled for the first Spacelab mission within the presently existing programme constraints.

The Agency is now investigating alternatives with a view to finding a viable technical solution within an overall plan to be presented to the Science Programme Committee in January 1979. This work has been started with significantly increased internal manpower.

It has recently been announced that launch of the First Spacelab Payload will be delayed until August 1981 and the extra time available as a result will be a significant advantage in the effort to find a viable Sled alternative.

ISPM

The ISPM project is progressing smoothly. On the American side, the funding situation has now been resolved satisfactorily and work is proceeding. The Memorandum of Understanding is now in the final stages of receiving approbation both from ESA and NASA.

The major problem of the partial incompatibility between the Stone (GSFC) experiment and the vector helium magnetometer forming part of the Hedgecock (London) experiment, discussed at the Science Working Team meeting in September, has not yet been resolved. The necessary actions to clear it have been identified and are not being executed. The dialogue with radio science investigators continues.

The major industrial activity of the period has been the receipt and evaluation of the various proposals to undertake the competitive system study phase for the spacecraft. The offers were received in late October, the technical evaluation has taken place and the Executive is in process of preparing its recommendations, which will be considered at the Agency Industrial Policy Committee's first meeting in 1979.

Lidar

Phase B1 (definition) was completed by mid-September, providing essentially trade-off study results and problem-area identifications associated with a variety of scientific missions. These results led finally to the choice of two mission baselines and associated Lidar system concepts.

The Lidar's capability has been extended to achieve maximum efficiency within a given flight by sharing the time between several experimenters (aeronomist, meteorologist, oceanographer and geologist). Flight cost has been a major driver in this decision and has led to important modifications. The cradle has been redesigned to make it suitable for mounting on a half (or short) pallet in its 'non-rocking' version.

An Nd-YAG laser and second-harmonic generator have been included as part of the facility and can also be used as the pumping source for an experimenter-provided dye laser. All the optical laser components are mounted directly onto the canister optical bench, to save weight and simplify integration.

Phase B2 (detailed design and analysis) is currently in progress and is scheduled for completion by the end of February.

OTS-2

OTS-2, located at its nominal orbital position, continues to perform well. Since the last Bulletin, the spacecraft has completed passage through the first eclipse season. Eclipse predictions were very accurate; power and thermal performances of the satellite remained nominal throughout, with operation of two repeaters maintained during eclipse as planned.

Television-broadcast transmissions have been made to a mobile receiving station at the Farnborough Air Show and at the International Broadcasting Conference, in the UK. In addition, a television demonstration for the Arab nations was made at a Space Technology Conference in Cairo in October. This operation required large spacecraft attitude offsets, to the limits of specification, and these were achieved without problem. Extremely good quality

signals were received in all demonstrations.

The first incentive-scheme measurements were made in November and the results of the data collected are being analysed to assess the results.

During most of November the satellite was accessed by EUTELSAT stations for communications tests, with ESA only monitoring satellite performance on a routine basis whenever time was available from EUTELSAT.

ECS

Negotiation of the main development contract for ECS-1 and 2 with British Aerospace is almost complete and signature is expected very shortly.

In order to improve the quality of the communication channels it has been necessary to introduce a North-South Station Keeping (NSSK) capability into the contract. Technical agreement has now been reached with Interim EUTELSAT on all baseline communication parameters. Operation and testing of in-orbit satellites is the next aspect to be discussed with the users and a working group has been set up to prepare a baseline.

Technical agreement has also been reached with the Prime Contractor on the system requirement specification. The development programme is proceeding generally according to plan, with no major delays in either platform or payload. Some development problems are being encountered, but they do not affect the launch.

A major programme milestone was reached on 14 September when the Interim EUTELSAT ECS Agreement entered into force, following its ratification by PTTs representing 87% of the shareholders.

Maritime Satellites

MARECS-A and B

Finalisation of the MARECS-A and B contract has been complicated due to its interaction with the ECS programme. However, discussions are almost complete and signature is now expected early in 1979.

océanographes et géologues). Cette décision, qui a été principalement motivée par le coût du vol, a conduit à d'importantes modifications de l'installation. La conception du berceau a été revue de façon à pouvoir le monter sur une moitié de porte-instruments (ou sur un porte-instruments court) dans sa version non basculante.

Un laser à grenat d'yttrium-aluminium dopé au néodyme (Nd-YAG) et un générateur de deuxième harmonique ont été inclus dans l'installation et peuvent également être utilisés comme source de pompage pour le laser à colorants fourni par un expérimentateur. Tous les composants optiques du laser sont montés directement sur le banc optique du boîtier, ce qui permet une économie notable de poids et simplifie l'intégration.

La phase B2 (conception détaillée et analyses) se poursuit et doit être achevée fin février.

OTS-2

OTS-2 continue de bien fonctionner depuis sa position sur l'orbite prévue. Depuis la parution du dernier Bulletin, le véhicule spatial a terminé sa première saison d'éclipses. Les prévisions d'éclipses se sont révélées très précises; la puissance et les performances thermiques du satellite sont restées nominales, deux répéteurs étant maintenus en fonctionnement pendant la période d'éclipses comme prévu.

Des émissions de télévision ont été réalisées avec une station mobile de réception lors du Salon de Farnborough ainsi qu'à l'occasion de la Conférence internationale de Radiodiffusion qui s'est tenue au Royaume-Uni. En outre, une démonstration de télévision a été faite pour les pays arabes lors de la Conférence sur le rôle de la technologie spatiale qui s'est tenue au Caire en octobre. Cette démonstration a exigé d'importants écarts d'orientation du véhicule spatial, à la limite des spécifications, qui ont néanmoins été réalisés sans problème. Lors de chaque démonstration, les signaux reçus ont été d'excellente qualité.

Les premières mesures liées au plan d'intéressement ont été exécutées en novembre et les résultats des données recueillies sont en cours d'analyse.

Pendant la majeure partie du mois de novembre, les stations EUTELSAT ont utilisé le satellite pour des essais de télécommunications, l'Agence assurant uniquement le suivi normal des performances du satellite chaque fois qu'EUTELSAT n'utilisait pas celui-ci.

ECS

La négociation du contrat principal de développement d'ECS-1 et 2 avec British Aerospace est presque terminée et la signature devrait intervenir très prochainement.

Pour améliorer la qualité des canaux de télécommunications, il a fallu ajouter au contrat une capacité de maintien à poste nord-sud. L'accord s'est fait, dans le domaine technique, avec EUTELSAT intérimaire sur tous les paramètres de référence relatifs aux télécommunications. L'exploitation et les essais des satellites en orbite constituent les prochains points à débattre avec les utilisateurs et un groupe de travail a été institué pour l'établissement d'une base de référence.

L'accord s'est également fait, sur le plan technique, avec le contractant principal sur les impératifs spécifiés pour le système. Le programme de développement avance dans l'ensemble comme prévu, aucun retard important n'affectant la plate-forme ou la charge utile. Quelques problèmes de développement se posent mais ils n'ont pas d'incidence sur le lancement.

Une étape importante du programme a été franchie le 14 septembre avec l'entrée en vigueur de l'accord ECS avec EUTELSAT intérimaire à la suite de la ratification de cet accord par des administrations des PTT représentant 87% des parts d'investissement.

Satellites maritimes

MARECS-A et B

La mise au point définitive du contrat pour MARECS-A et B s'est trouvée compliquée du fait de ses interactions avec le programme ECS. Les discussions sont cependant presque terminées et la signature du contrat est maintenant prévue pour le début de 1979.

En ce qui concerne les travaux de développement, l'intégration du modèle de qualification de l'amplificateur de puissance à transistor a commencé. Les premiers résultats de performance qui ont été obtenus avec un modèle expérimental comportant les modifications de conception les plus récentes sont très encourageants. Le programme concernant la plate-forme ECS/MARECS avance dans l'ensemble comme prévu, encore que quelques problèmes de développement se posent pour les batteries, les panneaux solaires et le moteur d'apogée. Néanmoins, le calendrier, quoique serré, reste compatible avec un lancement de MARECS-A par le lanceur Ariane LO4 en octobre 1980.

Association d'intérêts pour un système maritime global

Les nations intéressées par un système global de satellites maritimes ont poursuivi leurs discussions dans le cadre d'une Conférence constitutive qui s'est tenue à Bergen (Norvège) en septembre. Celle-ci a approuvé un Accord constitutif, ouvert à la signature le 5 octobre, portant création d'une Association d'intérêts. Une deuxième conférence doit se tenir en janvier 1979 pour examiner un certain nombre de questions. Les participants à la Conférence de Bergen ont réaffirmé leur préférence pour un système basé sur trois satellites MARECS associés à l'utilisation de trois sous-systèmes de télécommunications maritimes sur véhicule spatial Intelsat-V. Etant donné les résultats très positifs de la Conférence de Bergen, l'Agence a soumis au Comité de Politique industrielle une proposition en vue du financement anticipé des articles à long délai de livraison pour l'extension du programme; cette proposition a été approuvée.

Satellite lourd de Radiodiffusion TV

Les travaux préliminaires de phase B approchent maintenant de leur terme. Les travaux prévus ont été en grande partie exécutés et une série d'examens critiques de la conception, se terminant par l'examen principal au niveau du système, se sont déroulés en novembre. Un examen complémentaire a eu lieu le 15 décembre pour examiner la conception de certains sous-systèmes

As far as the development effort is concerned, integration of the qualification model of the transistor power amplifier has started. Preliminary performance results obtained with an experimental model incorporating the latest design changes are very encouraging. The ECS/MARECS platform programme is generally proceeding according to plan, although some development problems are being encountered with the batteries, solar panels and apogee motor. Although tight, the schedule is still compatible with the launch of MARECS A on Ariane flight L04 in October 1980.

Joint Venture for a Global Maritime System

The nations interested in a global maritime satellite system continued their discussions at a Constitutive Conference in Bergen, Norway, in September. The Conference approved a Constitutive Agreement which was opened for signature on 5 October 1978 giving effect to a Joint Venture. There will be a second Conference in January 1979 to consider a number of issues. The participants at Bergen reaffirmed their preference for a system based on three MARECS spacecraft associated with the use of three maritime communications systems on Intelsat-V spacecraft. In view of the very positive results at Bergen, the Agency submitted a proposal to the Industrial Policy Committee (IPC) for advance funding of long-lead items for the programme extension, and this was approved.

Heavy TV-Broadcast Satellite

The Preliminary Phase-B contract is now close to completion. The anticipated work has largely been executed and a series of design reviews were held in November, culminating in the main System Level Review. A supplementary review is being held on 15 December to deal with certain alternative subsystem designs prepared for a possible non-German version of the satellite as foreseen at the start of the contract.

In addition to the industrial activities described above, work has proceeded within the Agency on the future of the programme and the relation of H-Sat to subsequent operational direct-TV

satellites. The Agency is discussing with Member States an integrated European approach to the development of broadcast satellites. In connection with this integrated approach, a request was tabled at the December Joint Communications Board (JCB) for some interim funding for 1979 to refine the details of the approach and prepare the programme in its final form, with a view to initiating the Main Development Phase during 1979.

Sirio-2

On 7 November, the Council unanimously approved the resolution relating to the incorporation of the Sirio-2 project in the ESA Programme and the launch of Sirio-2 in 1981 with MARECS-B or ECS-1. The Prime Contractor, CNA (Compagnia Nazionale Aerospaziale) presented the final results of the Phase-B definition-phase studies on 9 November.

The missions of Sirio-2 are:

- (a) Meteorological data dissemination (MDD) in support of the meteorological Ground Telecommunications System (GTS) of WMO, particularly in Africa, Synchronisation of atomic clocks with an accuracy of 1 ns by the use of laser ground stations, Sirio on-board retroreflectors and an intervalometer (LASSO: Laser Synchronisation from Stationary Orbit).
- (b)

Sirio-2 will be the first spacecraft to use SYLDA, the double-launch facility developed for Ariane.

Meteosat

Space segment

Meteosat-1 is continuing to perform very well after one year in orbit. The radiometer cooler was successfully decontaminated again in early November in order to start the FGGE (First GARP Global Experiment) with a perfect spacecraft.

As far as preparations for the launch of Meteosat-2 on Ariane (L03) are concerned, the structural model is presently being prepared for a composite vibration test with Ariane-CAT (Technology Capsule) and the Indian Apple spacecraft.

Exploitation

Various updates and improvements in the application software have been implemented, most notably in the imagery, DCP and dissemination areas. The relative accuracy from one image to the next is presently better than 0.5 of an infrared picture element. The winds are now computed over the full region between the 50° latitudes with a greater frequency: 800-900 wind vectors are produced per run, which is compatible with the start of FGGE on 1 December. Cloud analyses and sea-surface temperatures are now available and are being evaluated, but they have still to be refined before possible dissemination to users.

In the past months, the availability of WEFA formats (more than 250 per day) was generally well over 90%. Gridding is now performed routinely.

The data-collection mission is now fully operational.

Demonstration/experimental activities

The second SDUS (Secondary Data User Station) demonstration campaign is in progress. The Upper Volta, Ivory Coast and Ghana have been visited.

A PDUS (Primary Data User Station) was installed at Prague during the Seventh Session of the WMO AR VI and the demonstration was very successful.

The pilot project APPLHYMET (previously AGRHYMET) has been presented to WMO for approval and to the EEC for funding.

GOES project

The Indian Ocean GOES (GOES-1) has been controlled by ESA since 1 November. The satellite reached its final position (57°E) on 29 November. On 14 November, after the ceremony for the GOES-1 control handover from NOAA to ESA, an SDUS installed in Villafranca was able to receive WEFA data from three satellites (Atlantic Ocean GOES, Meteosat and GOES-1), monitoring two-thirds of the globe. The system was ready for the start of FGGE on 1 December.

Spacelab

*Visit by NASA's Administrator
ESA's Director General, Mr Roy Gibson,*

envisagés pour une éventuelle version non allemande du satellite, comme cela avait été prévu au démarrage du contrat.

Outre les activités décrites ci-dessus menées dans l'industrie, des études ont été effectuées au sein de l'Agence sur l'avenir du programme et sur la relation entre H-Sat et des satellites opérationnels ultérieurs de diffusion directe de la télévision. L'Agence examine actuellement avec les Etats membres une approche européenne intégrée pour le développement de satellites de radiodiffusion. A cet égard, une demande a été soumise en décembre au Conseil directeur commun des programmes de satellites de communications en vue d'autoriser un financement intérimaire pour 1979: cette mesure devrait permettre d'étudier plus à fond cette approche et de préparer le programme sous sa forme définitive de façon que la phase principale de développement puisse commencer en 1979.

Sirio-2

Le 7 novembre, le Conseil a approuvé à l'unanimité la résolution relative à l'inclusion du projet Sirio-2 dans le programme de l'Agence et au lancement de Sirio-2 en 1981 avec le satellite MARECS-B ou ECS-1. Le contractant principal, CNA (Compagnia Nazionale Aerospaziale), a présenté les résultats définitifs des études de phase B le 9 novembre.

Les missions de Sirio-2 sont les suivantes:

- (a) Une mission de distribution de données météorologiques (MDD) en soutien du système mondial de télécommunications météorologiques (SMT) de l'OMM, notamment en Afrique.
- (b) Une mission de synchronisation des horloges atomiques avec une précision de 1 ns en utilisant des stations terriennes à laser, les rétroréflecteurs embarqués sur Sirio et un intervalomètre (LASSO: Laser Synchronisation from Stationary Orbit).

Sirio-2 sera le premier utilisateur de SYLDA, le système de lancement double fourni par Ariane.

Méteosat

Secteur spatial

Un an après son lancement, Meteosat-1 continue à très bien fonctionner. On a procédé début novembre à une nouvelle décontamination du refroidisseur du radiomètre de façon à pouvoir entamer la Première Expérience globale du GARP (FGGE) avec un satellite en parfait état de fonctionnement. Cette décontamination a parfaitement réussi.

En ce qui concerne les préparatifs du lancement de Meteosat-2 sur Ariane L03, le modèle de structure est actuellement préparé pour subir les essais en vibration du composite avec Ariane - Capsule technologique (CAT) et le satellite indien Apple.

Exploitation

Des mises à jour et améliorations ont été apportées au logiciel d'application surtout dans le domaine de la prise d'image, celui des plates-formes de collecte de données et de la diffusion. La précision relative d'une image à l'autre est actuellement meilleure que 0,5 d'un élément d'image infrarouge. Les vents sont maintenant calculés sur la zone du disque comprise entre les latitudes de 50°, et en plus grand nombre. Le nombre des vents produits est de 800 à 900 vecteurs de vents par passage, ce qui est compatible avec le démarrage de la FGGE le 1er décembre. Des néphanalyses ainsi que des températures de la surface des mers sont désormais disponibles et ces informations sont évaluées, mais il faut encore les affiner avant de pouvoir les diffuser aux utilisateurs.

Au cours des derniers mois, la disponibilité des formats WEFAX (plus de 250 par jour) a été généralement supérieure à 90%. Le carroyage est maintenant devenu un travail de routine.

Quant à la mission de collecte des données, elle est désormais tout à fait opérationnelle.

Démonstration et expérimentations
La deuxième campagne de démonstration de la Station secondaire d'utilisation de données (SDUS) se poursuit. Des démonstrations ont eu lieu en Haute-Volta, en Côte-d'Ivoire et au Ghana.

La Station primaire d'utilisation de

données (PDUS) a été installée à Prague au cours de la 7ème réunion AR-VI de l'OMM et la démonstration a été très réussie.

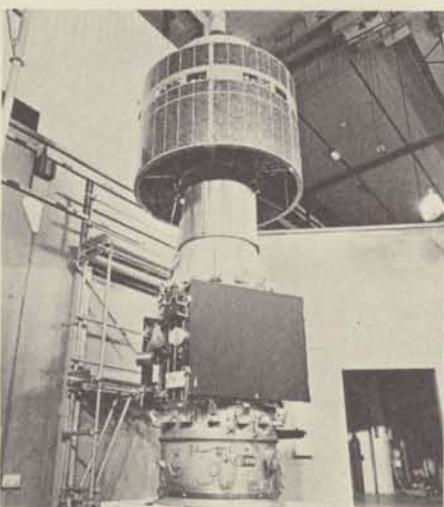
Le projet pilote APPLHYMET (dénommé auparavant AGRHYMET) a été présenté à l'Organisation météorologique mondiale pour accord et à la CEE pour financement.

Projet GOES

Le contrôle du satellite GOES-1 au-dessus de l'Océan Indien est assuré par l'Agence depuis le 1er novembre 1978. Le satellite a atteint sa position définitive (57° Est) le 29 novembre. Le 14 novembre, après la cérémonie de passation du contrôle de GOES-1 de la NOAA à l'ESA, une SDUS installée à Villafranca a pu recevoir des données WEFAX de trois satellites (GOES Océan Atlantique, Meteosat, GOES-1), c'est-à-dire des deux tiers de la surface du globe. Le système est prêt pour le démarrage de la FGGE le 1er décembre prochain.

Spacelab

Visite de l'Administrateur de la NASA
Le Directeur général de l'ESA, M. Roy Gibson, a rencontré l'Administrateur de la NASA, le Dr Robert Frosch, en octobre à Paris afin de passer en revue les progrès du Programme. Tous deux sont convenus qu'au cours de l'année écoulée la collaboration entre les deux



Meteosat-2 + Apple + CAT – destinés au vol Ariane L03 – en préparation aux essais de vibrations au CNES.

Meteosat-2 + Apple + CAT – destined for Ariane L03 – prior to vibration testing by CNES.

met with the NASA Administrator, Dr Robert Frosch, in October in Paris to review the progress of the Programme. The Heads of Agency agreed that the past year was one of good collaboration and that, despite some problems, the Programme was moving along well.

Dr Frosch briefed ESA's Director General on the dates currently foreseen for the early Shuttle flights:

First Manned Orbital Flight (FMOF) - September 1979

First Spacelab Flight - June 1981

Second Spacelab Flight - December 1981

This schedule had been established on the assumption that Congress will approve supplementary Shuttle budgets for 1979 and 1980. In the meantime, NASA has had to adjust the early Shuttle flight schedule, and the first two Spacelab flights are now planned for August 1981 and January/February 1982, respectively.

Follow-on Production (FOP) Programme

In response to the Requests for Quotation, the Executive received two industrial proposals in October for Spacelab follow-on production:

- one from ERNO for specified Spacelab hardware, equivalent to approximately one Spacelab;
- one from Dornier System for an Instrument Pointing Subsystem (IPS).

Both proposals are currently being studied by the Evaluation Board, chaired by ESA's Director of the Spacelab Programme, and contract negotiations are expected to commence in January 1979.

The Spacelab follow-on production programme will be funded entirely by NASA and ESA acts as procurement agent vis-à-vis European industry.

Follow-on Development (FOD) Programme

At its meeting in October, the Spacelab Programme Board discussed possibilities for follow-on development which would involve modifications and improvements to the existing space laboratory. The Board predicted that the co-operation with NASA in using and improving the new Space Transportation System would continue throughout the 1980s but that a basic question had still to be

answered: namely, What should be Europe's role in future manned space activities? The Spacelab Programme Board and the Council will deal with this question and with a more detailed plan for the initial phase of the programme during their next meeting in early 1979.

First Spacelab Payload (FSLP) Project

Two important meetings characterised the progress of the FSLP project. At the Integrated Payload Initial Design Evaluation (IPIDE) meeting in October the Spacelab-payload interfaces and the problems relating to the engineering operations of the individual experiments were reviewed. An Investigators Working Group meeting was held subsequently to familiarise investigators further with the status of the payload design. Important problems identified include the absence of a payload mass margin and uncertainty about the load-carrying capabilities of the experiment racks.

Ariane

First-stage development tests

The fourth development test of Ariane's first-stage (L 140) in flight configuration was conducted successfully on 5 December at the facilities of Société Européenne de Propulsion (SEP) in Vernon, France.

The test lasted 142.9 s, a propulsion time corresponding to depletion of the N₂O₄ propellant, and thus confirmed proper functioning of the propulsion system for the nominal duration of the stage's flight (142.5 s). One of the essential aims was to test the new silicon and phenolic-resin based material (Sephen 301) for the throats of the Viking-engine nozzles, which replaces the materials whose resistance was judged to be inadequate on the basis of earlier tests.

All propulsion-system elements performed according to specification during the test and, based on an initial assessment, all test objectives were satisfactorily achieved.

Third-stage development tests

The second test of the third stage in flight configuration, scheduled for 28 November at Vernon, was interrupted following an ignition failure in the cryogenic engine (H8). The slight explosion that occurred damaged the propulsion bay but not the test stand. A

new schedule for this stage's testing will be drawn up early in January, but the target of making Ariane operationally available in 1981 should be unaffected.

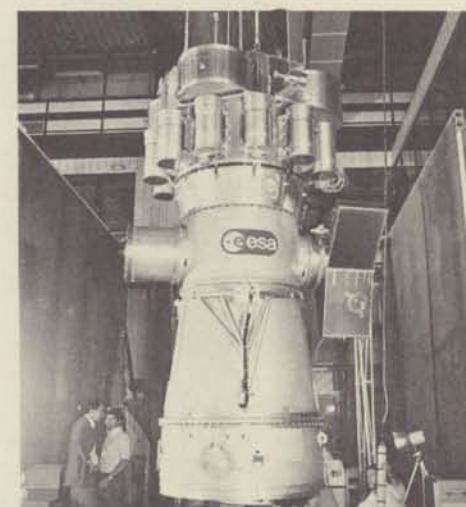
Propellant mock-up

The erection of the first stage on 6 December marked the first step in the propellant mock-up campaign at the Guiana Launch Base, the purpose of which is to verify the functioning of the filling, draining and pressurisation systems. The second stage was erected on 11 December, and the complete launcher will have been erected by the end of January. The propellant mock-up tests are due to be completed in early April.

APEX Programme

The APEX Programme has just entered an extremely active phase. In November, the L02 composite (CAT, Firewheel and Oscar 9) underwent its mechanical qualification tests, and the electrical compatibility tests will start in January 1979. The mechanical qualification testing of the L03 composite (CAT, Meteosat and Apple), which breaks European records in terms of mass and dimensions, has got off to a good start and will be completed in January 1979.

Even though the various phases follow one another very closely, and despite overlaps in the development of the three composites, the programme as a whole is on schedule.



German Firewheel experiment + Oscar-9 + CAT – destined for launch on Ariane L02 – during vibration testing by CNES.

Expérience allemande Firewheel + Oscar-9 + CAT – destinés au vol Ariane L02 – au cours des essais de vibrations au CNES.

Agences a été bonne et qu'en dépit de quelques problèmes le programme avance de façon satisfaisante.

Le Dr Frosch a informé le Directeur général des dates qui étaient alors prévues pour les premiers vols de la Navette:

Premier vol orbital habité - sept. 1979

Premier vol Spacelab - juin 1981

Deuxième vol Spacelab - décembre 1981

Ce calendrier a été établi dans l'hypothèse que le Congrès américain approuvera les budgets supplémentaires de la Navette pour 1979 et 1980. Depuis lors, la NASA a dû ajuster le calendrier des vols initiaux de la Navette, ce qui reporte les deux premiers vols du Spacelab à août 1981 et janvier/février 1982 respectivement.

Programme de production ultérieure (FOP)

En réponse à sa demande de prix, l'Exécutif a reçu en octobre deux propositions de l'industrie concernant la production ultérieure du Spacelab:

- une proposition d'ERNO couvrant le matériel Spacelab spécifié, qui représente à peu près l'équivalent d'un Spacelab;
- une proposition de Dornier System concernant un sous-système de pointage des instruments.

Ces deux propositions sont actuellement examinées par la Commission d'évaluation qui est présidée par le Directeur du Programme Spacelab à l'ESA, et la négociation des contrats doit en principe commencer en janvier 1979.

Le programme de production ultérieure du Spacelab est un programme entièrement financé par la NASA et pour lequel l'ESA joue le rôle d'agent d'approvisionnement vis-à-vis de l'industrie européenne.

Programme de développement ultérieur (FOD)

Le Conseil directeur du Programme a débattu à sa réunion d'octobre de l'éventualité d'un programme de développement ultérieur du Spacelab qui permettrait d'apporter au laboratoire spatial existant des modifications et des améliorations. Le Conseil directeur a estimé que la coopération avec la NASA dans le domaine de l'utilisation et de l'amélioration du nouveau système de

transport spatial se poursuivra tout au long de la décennie 1980-1990 mais qu'il faut trouver la réponse à la question fondamentale suivante: 'Quel doit être le rôle de l'Europe dans les futurs vols spatiaux habités?' Le Conseil directeur du Programme Spacelab et le Conseil de l'Agence traiteront cette question et examineront un plan plus détaillé pour la phase initiale du programme lors de leurs prochaines réunions au début de 1979.

Première charge utile (FSLP)

Deux réunions importantes ont jalonné l'avancement du projet de FSLP. La première, consacrée à l'évaluation de la conception initiale de la charge utile intégrée (IPIDE), qui s'est tenue en octobre, a traité des interfaces Spacelab/charge utile ainsi que des problèmes liés à l'ingénierie et à l'utilisation des différentes expériences. La deuxième, qui était celle du Groupe de travail 'Chercheurs', avait pour but de mieux familiariser les chercheurs avec l'état d'avancement de la conception de la charge utile. Un certain nombre de problèmes clés ont été relevés, notamment l'absence d'une marge de masse pour la charge utile et l'incertitude qui pèse sur la capacité d'emport de charge du bâti des expériences.

Ariane

Essais de développement du 1er étage
Le quatrième essai de développement du 1er étage (L140) en configuration de vol a été effectué avec succès le 5 décembre dans les installations de la Société Européenne de Propulsion (SEP) à Vernon, France.

L'essai qui a duré 142,9 s - temps de propulsion correspondant à l'épuisement de l'ergol N_2O_4 - a permis de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble propulsif pendant la durée nominale de vol de l'étage (142,5 s). Un des buts essentiels de cet essai était de tester le nouveau matériau à base de silice et de résine phénolique (Sephen 301) des cols de tuyère des moteurs Viking, en remplacement des matériaux dont la résistance lors des essais précédents n'avait pas été jugée satisfaisante.

Tous les éléments de l'ensemble propulsif ont fonctionné conformément

aux spécifications pendant cet essai et, en première analyse, on peut dire que l'ensemble de ses objectifs a été atteint.

Essais du 3ème étage

Le deuxième essai en configuration de vol du 3ème étage, qui devait avoir lieu le 28 novembre à Vernon, a été interrompu par suite d'un défaut d'allumage du moteur cryogénique (H8). La légère explosion qui s'est alors produite, sans dégrader le banc d'essai, a endommagé la baie de propulsion. Un nouveau planning sera établi au début du mois de janvier pour l'essai de cet étage mais, a priori, l'objectif d'une disponibilité opérationnelle du lanceur Ariane pour 1981 n'est pas remis en cause.

Maquette ergol

Avec l'érection du 1er étage le 6 décembre, la campagne d'essai maquette ergol, qui est destinée à vérifier le fonctionnement des systèmes de remplissage, de vidange et de pressurisation, a été commencée sur la base de lancement en Guyane. L'érection du 2ème étage a été effectuée le 11 décembre. Le lanceur sera entièrement érigé vers la fin janvier 1979. L'achèvement des essais maquette ergol est prévu vers début avril.

Programme APEX

Le programme APEX vient d'entrer dans une phase d'intense activité. Le composite L02 (CAT, Firewheel, Oscar 9) vient de subir en novembre ses essais de qualification mécanique et janvier 1979 verra le début des essais de compatibilité électrique. Le composite L03 (CAT, Météosat, Apple), qui constitue une grande première européenne par son poids et ses dimensions, a débuté avec succès ses essais de qualification mécanique qui se termineront également en janvier 1979.

Malgré l'enchaînement très serré des différentes phases et les imbrications du développement des trois composites, l'ensemble du programme se déroule suivant le planning prévu.



La cryogénie et l'Espace – Le programme cryogénique de l'ESA

J. Lizon-Tati & A. Accensi

Division Structures et Régulation Thermique, ESTEC,
Noordwijk, Pays-Bas

L'étude de la physique des basses températures qui a débuté il y a une centaine d'années a donné naissance à une technique appelée cryogénie. La liquéfaction des gaz permanents qui a été la base de cette technique est passée dans le domaine industriel dès le début de ce siècle et les applications qui touchent de nos jours de nombreux secteurs de l'économie, ont pris une extension considérable. Plus récemment, la cryogénie a été utilisée pour la conquête spatiale dont les développements ont été rendus possibles grâce à l'utilisation de gaz liquéfiés pour les propulseurs de lanceurs. L'utilisation des techniques cryogéniques mises à la disposition des chercheurs a ouvert la porte à de multiples explorations dans de nombreux domaines scientifiques. La Navette spatiale et le Spacelab permettront bientôt aux chercheurs de porter l'expérimentation dans l'espace d'une manière plus systématique. En relation avec une utilisation sur Spacelab, l'Agence spatiale européenne a entrepris le développement d'un cryostat à hélium superfluide destiné à la régulation thermique des charges utiles requérant des températures proches du zéro absolu pour des missions de courtes durées. Cette réalisation préfigurera les techniques utilisées pour des missions futures plus ambitieuses ou de plus longue durée.

On s'accorde à définir la cryogénie comme l'ensemble des techniques utilisées pour obtenir des températures très inférieures à la température ambiante. Généralement on considère que le domaine de la cryogénie s'étend d'environ -173°C jusqu'au voisinage du zéro absolu, c'est-à-dire là où se trouvent à l'état liquide les principaux gaz permanents comme l'air, l'oxygène, l'azote ou l'hydrogène (Fig. 1). Grâce aux récentes techniques de réfrigération, ce domaine s'étend jusqu'à quelques millionnièmes de degré Kelvin ($0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$).

Dès la seconde moitié du XIXe siècle, on s'est efforcé de produire des froids de plus en plus intenses et les premières expériences ont eu pour but la liquéfaction des gaz qu'il était impossible de liquéfier par compression aux températures normales (gaz dits 'permanents'). Les principales étapes historiques du début de la cryogénie peuvent être résumées ainsi:

- 1877: Première liquéfaction de l'air par Cailletet et Pictet (83 K).
- 1883: Liquéfaction de l'oxygène (90 K) et de l'azote (77 K) par Wroblewski et Olszewski.
- 1898: Liquéfaction de l'hydrogène par J. Dewar (20,4 K).
- 1908: Liquéfaction de l'hélium 4 par Kamerlingh-Onnes (4,2 K).

A la suite de ces expérimentations de laboratoire, l'emploi de gaz liquéfiés est passé rapidement dans le domaine industriel pour devenir le moyen de réfrigération le plus utilisé. La liquéfaction continue des gaz est ainsi obtenue par détente à travers une

vanne sans apport de travail extérieur (détente Joule-Thomson) ou à l'aide de turbines ou de machines à piston.

Des températures plus basses que celle du point d'ébullition du gaz à la pression atmosphérique furent obtenues en réduisant par pompage la pression au-dessus du bain. Ce procédé permit à partir de l'hélium 4 (${}^4\text{He}$) de descendre jusqu'à 0,7 K. Récemment le pompage sur hélium 3 (${}^3\text{He}$: isotope obtenu comme sous-produit de la préparation des matériaux pour la fusion nucléaire) a permis d'atteindre des températures de l'ordre de 0,2 K.

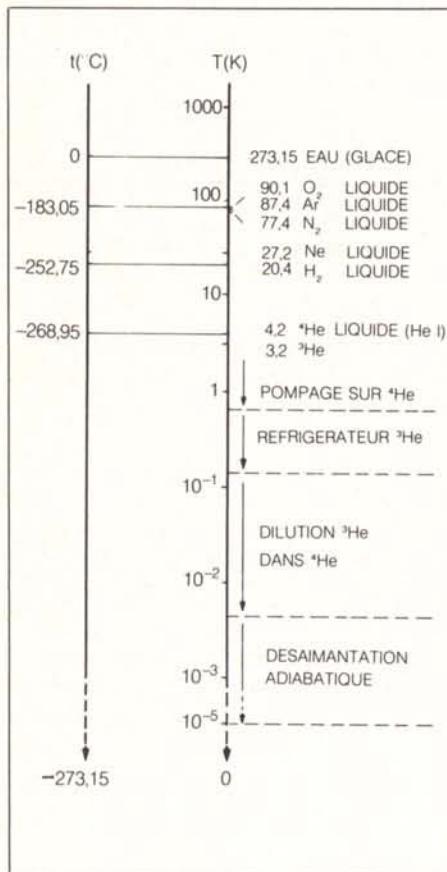
Le procédé de désaimantation adiabatique des sels, proposé par P. Debye et W.F. Giauque dès 1926, permit d'atteindre, après perfectionnement, des températures de l'ordre de 10–2 K pendant des durées limitées. Le réfrigérateur à dilution de l'hélium 3 dans l'hélium 4, proposé par London et Mendoza et consistant à enlever des calories en évaporant de l'hélium 3 en solution dans l'hélium 4, permit d'atteindre 10–2 K de façon continue. Enfin, grâce à la désaimantation adiabatique nucléaire (1956), on a pu descendre jusqu'à 10^{-5} K.

Applications terrestres de la cryogénie

La raison de cette course vers la température absolue, objectif pourtant impossible à atteindre, s'explique par l'importance et le nombre des applications actuelles ainsi que l'avenir prometteur des futures applications.

L'une des premières et importantes

Figure 1 – Echelle des basses températures (échelle logarithmique).



applications est le stockage des gaz. La liquéfaction s'accompagnant d'une diminution de volume par rapport à l'état gazeux (1000 fois moins environ), cette propriété est mise à profit pour le transport et le stockage à l'état liquide de tous les gaz. Ainsi pour les liquides et malgré l'isolation, le poids des enceintes est réduit par rapport à celui d'un conteneur pour gaz pressurisé. De nombreux gaz sont transportés et stockés de cette manière, en particulier les gaz naturels.

L'oxygène et l'azote obtenus par séparation lors de la liquéfaction de l'air sont produits industriellement dans des quantités considérables. L'oxygène est en particulier utilisé dans les convertisseurs pour la fabrication des aciers, pour la soudure, l'oxy-coupage, etc. L'oxygène liquide est, quant à lui, utilisé comme comburant optimal pour

alimenter les moteurs de fusées. L'azote est l'élément majeur utilisé pour la synthèse de l'ammoniac et de nombreux dérivés organiques. L'azote liquide est utilisé industriellement comme source de froid dans toutes les industries de transformation de matières premières, de produits manufacturés (sertissage à froid, cryofrettage), dans les travaux publics (congélation des sols), les transports frigorifiques ou le conditionnement d'air de courte durée, la conservation des aliments, etc. C'est un agent réfrigérant couramment utilisé dans toutes les installations d'essais, les laboratoires, ainsi qu'en médecine (cryochirurgie). La distillation à basse température de l'hydrogène pour en séparer le deutérium, utilisé dans l'industrie nucléaire pour la fabrication de l'eau lourde, a été la première application de la liquéfaction de ce gaz. L'hydrogène liquide représente également un milieu idéal pour les chambres à bulles; dans l'industrie aérospatiale, il est utilisé dans la propulsion des fusées. Un domaine très prometteur est celui de l'électrotechnique; à la température de l'hydrogène liquide, les métaux purs présentent la propriété d'avoir une résistivité mille fois plus faible qu'à température ambiante. Ces propriétés, alliées au fait que l'hydrogène liquide est un excellent diélectrique, devraient permettre pour les appareillages électriques des rendements plus élevés, des masses réduites et des puissances plus importantes (cryotransformateurs).

Les niveaux de température de l'hélium liquide ont permis de mettre en évidence et d'utiliser une propriété fondamentale à cette température: la supraconductibilité. L'apparition récente de certains alliages (niobium-zirconium, niobium-étain, niobium-titane), qui restent supraconducteurs dans des champs magnétiques élevés, a permis la réalisation de bobinages pour créer des champs magnétiques intenses dans des volumes importants. Ces techniques furent, tout d'abord, utilisées dans la

physique des particules de haute énergie et la physique des plasmas qui utilise des aimants de haute performance pour la détection des particules, le transport et la focalisation des faisceaux.

Actuellement, des unités expérimentales de systèmes de grandes dimensions (transformateurs, machines électriques, transport d'énergie) utilisant la supraconductibilité et refroidis à très basses températures fonctionnent dans l'industrie. Une autre utilisation est l'application aux mémoires des machines à calculer où les états 0 et 1 sont représentés par l'état normal et l'état supraconducteur. Ces mémoires se caractérisent par un temps de basculement très court ($10\text{--}9$ s), leur très faible encombrement et leur prix de revient très bas; seul le coût de la réfrigération n'a pas encore permis de leur donner un développement compétitif.

Enfin, dans ce domaine des températures inférieures à $4,2\text{ K}$, les masers et de nombreux détecteurs de rayonnement infrarouge ont leur sensibilité considérablement augmentée en raison de la réduction importante des bruits de fond d'origine thermique. Cette propriété est utilisée, nous le verrons, pour de multiples expérimentations.

Applications spatiales de la cryogénie

Nous ne traiterons pas ici de l'utilisation des gaz liquéfiés utilisés comme combustible des propulseurs de lanceur, domaine qui mérite une étude spéciale. Nous porterons plutôt notre attention sur le large éventail de disciplines qui, dans les missions spatiales futures, feront appel à la cryogénie. Parmi tous les projets spatiaux futurs étudiés en Europe, nombreux sont ceux qui font appel à des instruments ou charges utiles refroidis. De même, les Etats-Unis d'Amérique se préparent à faire voler dans un futur proche un certain nombre d'expériences à des températures cryogéniques. La plupart de ces

expérimentations ou observations effectuées sur orbites utilisent des détecteurs dont le niveau de refroidissement varie selon la vocation de l'instrument. Dans certains cas, des éléments annexes (optique, baffles, références, etc.) doivent également être refroidis.

Le domaine le plus prometteur est probablement l'*astronomie infrarouge* où un certain nombre de missions spatiales sont déjà prévues ou sont envisagées dans un proche avenir. En effet, l'observation infrarouge au-delà de l'atmosphère à partir de télescopes placés sur orbite ainsi que le récent développement de détecteurs de rayonnement ultra-sensibles permettront dans les années à venir une exploration de l'Univers jusqu'ici impossible depuis la Terre. Le satellite IRAS par exemple – développé par les Pays-Bas en collaboration avec les Etats-Unis et le Royaume-Uni – est un télescope de 60 cm d'ouverture destiné à l'exploration et la spectroscopie de sources célestes infrarouges. Sa mission est prévue pour durer une année (1981). De nombreux autres projets sont prévus pour être embarqués au cours des vols futurs de la Navette et du Spacelab. Il s'agit, entre autres, du télescope allemand GIRL de 40 cm d'ouverture monté sur IPS (Système de Pointage d'Instruments) prévu pour voler en 1982, du télescope LIRTS de 3 m étudié par l'ESA, du télescope SIRTF étudié par la NASA et du spectromètre CIRBS (Cosmic Infrared Background Spectrometer), candidat passager sur le cryostat développé par l'Agence.

Pour l'ensemble de ces projets, les exigences sont sensiblement identiques. Tout d'abord les détecteurs doivent être refroidis à une température telle que l'émission thermique électronique du matériau reste négligeable vis-à-vis des photo électrons produits par la radiation incidente. Cette température doit être inférieure à 5 K pour les photoconducteurs, à 2 K pour les

Tableau 1 – Exigences cryogéniques pour les futures missions spatiales.

Missions		Exigences de refroidissement	Notes
Astronomie infrarouge	Détecteurs	10–5 K ou 4–2 K ou 0,5–0,1 K	Photoconducteurs Bolomètres Bolomètres nouvelle génération
	Optiques	20–4 K	Miroirs, préamplis etc.
Observation de la Terre	Senseurs	80 K	Détecteur multispectral
Physique de l'Atmosphère	Détecteurs	100–80 K ou 40–20 K ou 4–2 K	Détecteurs infrarouges
	Optiques	non refroidies ou 80 K ou 4 K	
Météorologie	Senseurs	100–80 K ou 4 K	Radiomètres, scanners Limb scanners
Astronomie Rayons X	Détecteurs	80 K	Spectromètres
Astronomie basses et hautes énergies	Détecteurs	80 K	Spectromètres rayons gamma
	Supraconducteurs	4 K	Détecteurs rayons cosmiques
Télécommunications	Masers CCD	5–1,5 K 200–150 K	Missions planétaires
Vols habités, Stations spatiales	Stockage cryogénique		Pour système de régulation d'ambiance et piles à combustible

bolomètres existants, ou même bien au-dessous pour ceux de la future génération. D'autre part, en raison du niveau très faible du signal, il est nécessaire que l'émission thermique des miroirs du télescope reste également à un niveau de bruit négligeable, donc que tout le système optique soit maintenu à une température inférieure à 20 K ou même au-delà. Tous les niveaux correspondent aux températures obtenues avec l'hélium liquide normal (hélium I) ou superfluide (hélium II).

Dans le domaine de l'*observation de la Terre* à partir de satellites – technique qui peut devenir un moyen d'investigation de choix pour la gestion et l'exploitation future des ressources terrestres – la surface de la Terre ne peut être observée que dans certains créneaux de longueur d'ondes pour

lesquelles l'atmosphère est transparente. Cette observation peut être effectuée soit à partir du flux solaire réfléchi, soit à partir de l'émission propre de la Terre. Dans le premier cas, l'exploration est faite à l'aide de caméra TV ou détecteur à balayage multispectral (scanner) sans exigences cryogéniques; dans le second cas, le refroidissement des détecteurs à une température de l'ordre de 80 K est requise. Généralement des radiateurs passifs rayonnant vers l'espace sont suffisants mais l'utilisation de cryogènes solides (argon 80 K, méthane ou ammoniac) est nécessaire pour certaines missions.

L'*étude de l'atmosphère* (température, pression, composition et évolution) est une science appelée à de prochains développements en raison des problèmes d'actualité tels que la

pollution. Les mesures sont effectuées dans la longueur d'onde correspondant au pic d'émission du gaz étudié qui peut être l'oxygène atomique, l'ozone, le gaz carbonique, l'oxyde de carbone, l'acide nitrique, la vapeur d'eau, le méthane, les aérosols, etc. Le résultat de ces investigations pourra en particulier donner de précieuses indications sur l'évolution de la couche d'ozone de la stratosphère dont la stabilité est à l'heure actuelle une source d'inquiétude. Plusieurs expériences de sondage de l'atmosphère ont été proposées pour voler sur le Spacelab. Les instruments de détection (radiomètre, spectromètre, interfomètre) doivent tous être refroidis à des températures variant de 80 K à moins de 2 K. Parmi les projets futurs, signalons le LIMS américain (Limb IR Monitor of Stratosphere) embarqué sur Nimbus, le CIR (Cooled IR Radiometer) candidat passager pour le cryostat de l'Agence.

Dans le domaine de la météorologie, les prolongements du programme Météosat ainsi que d'autres missions futures de climatologie rendent nécessaire l'amélioration de la technologie utilisée pour les radiateurs passifs ainsi que l'utilisation de cryogène solide.

L'*astronomie des rayons X* est une des branches de l'astronomie qui ne peut être faite au sol en raison de l'absorption de l'atmosphère. De nombreux satellites en orbite sont équipés d'instruments pour l'étude de ce rayonnement. Les compteurs à scintillations utilisés pour la détection dans les télescopes ne nécessitent pas de refroidissement mais les informations recueillies restent limitées à la production d'images des rayons X. Par contre les spectromètres qui permettent un pointage de l'émission de rayons X en fonction de la longueur d'onde requièrent des températures cryogéniques pour les détecteurs de haute sensibilité. Le projet EXSPOS étudié par l'Agence prévoit l'utilisation d'un cryostat à argon solide fournissant

Tableau 2 – Les différentes techniques cryogéniques disponibles.

Catégories	Techniques cryogéniques
Radiateurs	Radiateur passif classique – à boucle fluide – à caloducs Radiateur multi-étage Radiateur déployable, orientable Radiateur cryogénique
Dispositifs semi-conducteurs	Module Peltier (thermo-électrique) Module thermo-magnétique Démagnétisation adiabatique
Systèmes à cycle ouvert	Stockage gaz haute pression Cryogène liquide sous-critique Cryogène liquide supercritique Cryogène solide
Réfrigérateurs à cycle fermé	Réfrigérateurs: – Joule -Thomson – rotatif – alternatif (Brayton) – Solvay – Gifford – McMahon – Stirling – Vuilleumier – absorption liquide – absorption gaz

une température de 80 K au niveau de l'un des détecteurs.

L'*astronomie des basses et hautes énergies* peut également avoir recours à la cryogénie. Dans le domaine des rayons gamma, des températures de l'ordre de 80 K sont suffisantes pour la détection. Pour des niveaux d'énergie dépassant 100 MeV (rayons cosmiques), des spectromètres magnétiques à aimants supraconducteurs sont envisagés en raison des champs magnétiques élevés requis, des contraintes de masse et de puissance propres aux véhicules spatiaux. De tels appareillages ont déjà volé sur ballons-sondes aux Etats-Unis ainsi qu'en URSS sur les satellites COSMOS. Notons qu'une étude de définition de mission sur un aimant supraconducteur embarqué sur Spacelab pour l'étude des rayons cosmiques a été effectuée par l'Agence.

L'apparition de certaines *nouvelles techniques* à usage terrestre permet dès à présent de leur prédire un avenir assuré dans le cadre de projets spatiaux plus lointains. C'est le cas des masers qui ont atteint un état de développement très avancé et qui pourront être utilisés avec des antennes de très grandes dimensions pour la communication avec les sondes planétaires ou pour la radioastronomie orbitale au-delà du système solaire. Les masers fonctionnent aux températures de l'hélium liquide en dessous de 4,2 K et leurs performances sont encore meilleures aux températures plus basses.

Les *dispositifs à couplage de charge* (ou CCD=Charge-Coupled Device) prennent déjà le relais des grands télescopes terrestres. Ces composants électroniques de petites dimensions fonctionnant entre 150 et 200 K ont donc leur place dans les moyens de

Tableau 3 – Cryogène solide – Température et pression d'utilisation.

Cryogène	Plage de température d'utilisation (K)	Pression de vapeur (mm Hg)
Hydrogène	10– 14	2–56
Néon	16– 24	1–240
Oxygène	48– 54	0,01–2
Azote	47– 63	1–95
Argon	55– 84	1–500
Méthane CH ₄	67– 90	1–80
Acide carbonique CO ₂	125–194	0,10–760

détection utilisables dans les télescopes spatiaux. L'un des cinq instruments embarqués à bord du Télescope spatial dont le lancement est prévu pour 1984 sera équipé de CCD.

Dans le domaine du *traitement de l'information*, les mémoires à aimant supraconducteur, encore à l'état expérimental, sont des candidats potentiels pour une utilisation spatiale en raison de leur rapidité, leurs petites dimensions et leur faible consommation. Un calculateur utilisant ce type de mémoire sera beaucoup plus rapide que le calculateur actuellement le plus performant et sa puissance de refroidissement pour la température de fonctionnement requise (environ 4,2 K) ne devrait pas excéder 1 W.

Enfin, la conquête de l'espace devant nécessairement et définitivement évoluer dans le futur vers les *vols habités* et les *stations orbitales*, le stockage cryogénique destiné aux systèmes de régulation d'ambiance et aux piles à combustibles, déjà utilisés pour la Navette spatiale, sera généralisé pour répondre aux besoins des missions de très longue durée.

A l'instar des applications terrestres, les applications de la cryogénie dans le domaine spatial sont donc innombrables. Le Tableau 1 donne un résumé des exigences cryogéniques (températures requises) en fonction des domaines d'applications ainsi que les

principaux projets en cours de réalisation ou à l'étude.

Le programme de cryogénie spatiale de l'Agence

Techniques disponibles

Les exigences concernant le refroidissement d'une charge utile ou d'un instrument embarqué sur un véhicule spatial sont définies à partir de trois principaux paramètres qui permettront le choix de la technique à utiliser: la température, la charge thermique (ou exigence de réfrigération), et la durée de mission ou autonomie.

De nombreuses techniques sont disponibles et applicables à des plages spécifiques de température, de capacité de réfrigération et d'autonomie. Elles peuvent être classées selon les quatre catégories suivantes:

- les radiateurs passifs,
- les dispositifs à semi-conducteurs,
- les systèmes à cycle ouvert ou cryogènes stockés,
- les réfrigérateurs à cycle fermé.

Toutes ces techniques ont été développées pour des applications terrestres et chacune d'elles offre une combinaison de dimension, masse, puissance et fiabilité différente suivant la température, la capacité de réfrigération et l'autonomie pour laquelle elle est adaptée (Tableau 2).

Les contraintes du véhicule et l'environnement spatial imposent en plus

aux systèmes cryogéniques les exigences habituelles de limitation en volume, masse et puissance, de fiabilité avec une maintenance réduite ou sans maintenance, et de capacité de résistance aux vibrations et chocs durant le lancement. Une dernière exigence, particulièrement importante pour la cryogénie, est la capacité de fonctionner sous pesanteur nulle ainsi que sous l'effet de forces centrifuges. L'analyse des contraintes spatiales appliquées aux quatre catégories précédentes permet de conclure très rapidement à l'applicabilité de chacune des techniques proposées.

Les *radiateurs passifs* permettent d'atteindre des températures de l'ordre de 90 K en orbite de satellite géostationnaire et 120 K sur orbite basse. La capacité de refroidissement peut aller jusqu'à 1 W mais chute rapidement avec la température. Ces radiateurs présentent l'avantage de n'avoir aucune exigence de puissance mais peuvent poser des problèmes d'encombrement et exiger une protection efficace (écran) contre les entrées parasites directes (soleil) ou radiatives provenant de la Terre ou du véhicule spatial lui-même.

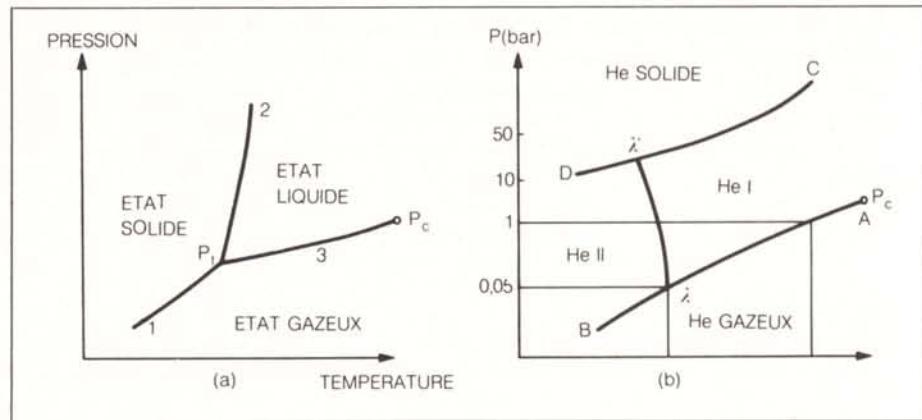
Les *dispositifs thermo-électriques* ont des capacités de réfrigération élevées (quelques watts) mais très dépendantes de la température d'utilisation. Leur encombrement est très réduit mais leur rendement est aussi médiocre. Un radiateur est d'autre part nécessaire pour évacuer la puissance de réfrigération. La température peut être contrôlée à partir de la puissance d'entrée et son fonctionnement est réversible. Son utilisation n'est intéressante qu'au-dessus de 150 K.

Par rapport aux cryogènes liquides, les *cryogènes solides* présentent l'avantage d'une capacité calorifique supérieure (chaleur latente de fusion+chaleur latente de vaporisation), une plus grande densité de stockage, l'absence

Figure 2 – Diagramme de phases comparées d'un corps pur (a) et de l'hélium (b). P_t : point triple, P_c : point critique, $\lambda\lambda'$: courbe caractéristique de l'équilibre He II/He I.

Tableau 4 – Température d'ébullition à 1 atm des principaux cryogéniques fluides.

Fluides		Point d'ébullition à 1 atm (en K)
Ammoniac	NH ₃	239,8
Propane	C ₃ H ₈	230,8
Ethane	C ₂ H ₆	184,8
Méthane	CH ₄	111,7
Oxygène	O ₂	90,1
Argon	A	87,4
Azote	N ₂	77,4
Néon	N	27,2
Hydrogène	H ₂	20,4
Hélium	H	4,2



de ballottement et de problème de séparation de phase. La température dépend évidemment du cryogène utilisé. De nombreux développements ont été effectués aux Etats-Unis et en Europe en utilisant plusieurs types différents de cryogéniques solides. Le Tableau 3 donne une liste de cryogéniques solides utilisables ainsi que leur température de fonctionnement.

Les cryogéniques liquides peuvent être stockés à l'état sous-critique, en équilibre avec leur vapeur ou bien à température et pression plus élevées à l'état super-critique. Le niveau de température recherché est obtenu en choisissant le fluide approprié et en contrôlant la pression de sortie de vapeur. Le Tableau 4 donne la liste les principaux fluides cryogéniques avec leurs caractéristiques. Les fluides possédant la chaleur latente de vaporisation la plus élevée sont les plus recherchés pour réduire la masse totale à charge thermique et durée de vie déterminée. La durée de vie est fonction du degré d'isolation du système et la vapeur est généralement utilisée pour refroidir les écrans d'isolation entourant le réservoir de cryogène. Seul l'hélium normal permet d'obtenir des températures inférieures à 10 K; sous 1 atm, il est en équilibre avec sa vapeur à 4,2 K. Nous verrons plus loin que l'hélium sous sa forme superfluide permet des températures plus basses. Deux problèmes sont soulevés pour

l'hélium normal en impesanteur. Le premier est relatif à la localisation du liquide dans le réservoir et son contact thermique avec les éléments à refroidir alors que le liquide 'flotte' dans son réservoir. Le second problème est celui de la séparation de phase afin de n'évacuer que la vapeur par le tube d'évent.

Les problèmes associés à la localisation du liquide sous gravité nulle disparaissent lors du stockage supercritique (ou phase liquide unique). Cependant l'efficacité d'un tel système est réduite en raison de la masse totale plus importante dans le cas d'un réservoir pressurisé que dans le cas d'un réservoir à 2 phases non pressurisé. Des stockages supercritiques de l'hélium ont été conçus pour plusieurs types d'applications aux Etats-Unis pour des durées de plusieurs mois.

Plusieurs types de machines frigorifiques se différenciant par le mode de transformation thermodynamique appliquée au fluide choisi ont été construites. La plupart de ces machines n'ont pas encore un niveau de développement tel que l'on puisse les considérer dès maintenant comme utilisables pour une mission spatiale. Des travaux importants ont été entrepris dans ce domaine et des durées opérationnelles de cinq ans, bien qu'encore non démontrées, ont été avancées pour certains types de

réfrigérateurs. Des progrès importants sont attendus pour l'avenir, et ces types de machines pourraient dans quelques années constituer des solutions attrayantes pour les missions de très longue durée.

Le choix de l'hélium

Parmi les missions européennes en cours d'étude et les nombreuses expériences proposées pour les premiers vols du Spacelab, beaucoup se proposent d'utiliser des instruments refroidis jusqu'à des températures inférieures à 2 K pour des durées de missions ne dépassant pas 30 jours. Se basant sur cette exigence, l'Agence en a fait son objectif prioritaire dans le cadre du programme de cryogénie spatiale. La nécessité d'atteindre la température la plus basse possible a entraîné le choix de la technique cryogénique à développer en premier lieu pour l'espace: le stockage d'hélium liquide.

Hélium liquide normal et hélium superfluide

La température d'ébullition de l'hélium liquide normal ou hélium I est de 4,2 K sous 1 atm. Sa solidification n'a lieu que sous forte pression.

L'hélium présente un cas d'isomérie unique en physique. Dans le diagramme de phase d'un corps pur, les trois courbes de fusion, de vaporisation et de sublimation se rencontrent au point triple où a lieu l'équilibre entre les trois

phases solide, liquide et gazeuse (Fig. 2). Dans le cas de l'hélium, les courbes de vaporisation et de fusion ne se rencontrent pas. En suivant l'abaissement de température de A vers B, on arrive à un point dit 'point λ ' à 2,2 K où l'ébullition tumultueuse devient calme et le liquide invisible! Le nouveau liquide appelé hélium superfluide (ou hélium II) possède des propriétés caractéristiques très différentes de celles de l'hélium liquide normal (ou hélium I) et certaines d'entre elles sont particulièrement intéressantes:

- conductibilité thermique très élevée: 2000 fois celle du cuivre à 300 K;
- viscosité pratiquement nulle: une éprouvette plongée dans un bain de He II se remplit ou se vide lentement jusqu'à ce que les deux niveaux s'égalisent; le transfert se fait par l'intermédiaire d'un film très fin (0,03 μm) qui recouvre toute surface en contact avec l'hélium;
- l'effet fontaine: si l'on plonge dans l'hélium II un tube dont la partie inférieure est bouchée par des capillaires ou un milieu poreux et si l'on chauffe cette extrémité, on apercevra un jet d'hélium à la partie supérieure.

Les deux premières propriétés permettent de toujours avoir au sein du cryostat un bon contact thermique avec les parties à refroidir ainsi que des gradients thermiques nuls dans le bain. La troisième propriété sera utilisée pour la séparation des phases liquide et vapeur et pour le contrôle du dégazage.

Spécifications techniques et objectifs

Une certaine similarité des exigences provenant des futures missions a permis d'établir des spécifications techniques de base pour le cryostat à hélium superfluide dont le développement a été décidé:

- température <2 K, avec possibilité future d'incorporer un étage à ^3He pour atteindre des températures <1 K si nécessaire
- charge thermique: 40–80 mW (pics)

- volume refroidi: 40 litres environ
- autonomie: 7 à 30 jours.

Les objectifs du programme sont:

- créer en Europe la connaissance technologique correspondante,
- développer le matériel et le qualifier au cours d'un vol,
- fournir aux scientifiques intéressés la possibilité d'un vol dès que possible (en même temps que le vol de qualification technologique),
- fournir aux futurs utilisateurs un cryostat de conception adaptable et pouvant être réutilisé pour plusieurs missions.

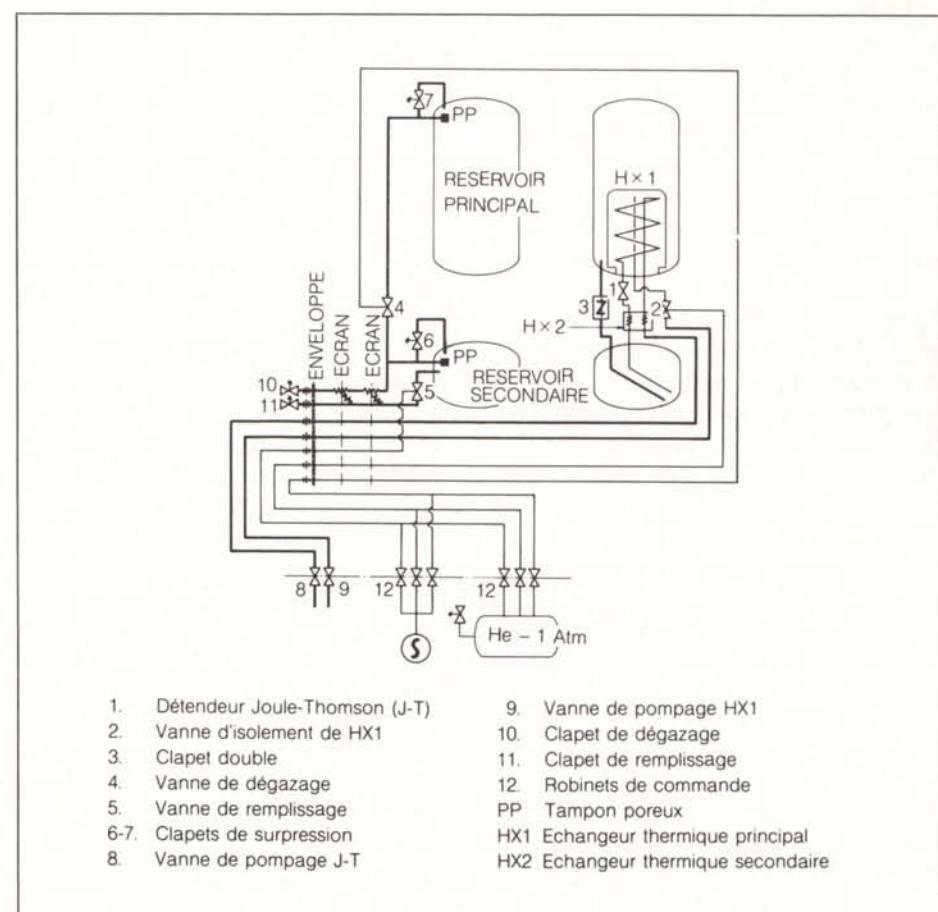
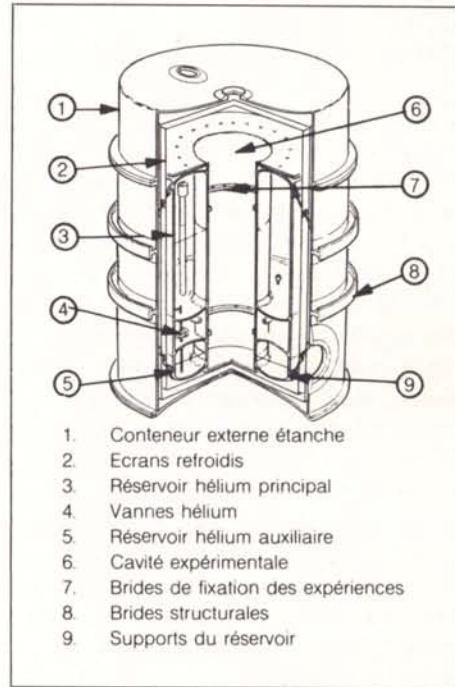
Le cryostat à hélium superfluide pour usage spatial (CRHESUS)

Description

Le cryostat se présente sous la forme

Figure 3 – CRHESUS – Eléments principaux du cryostat.

Figure 4 – Cryostat à hélium superfluide – Principe du système cryogénique.



d'un cylindre de 900 mm de haut sur 760 mm de diamètre, d'une masse de 75 kg avec le cryogène et sans l'expérience (Fig. 3). L'ensemble est enfermé dans un conteneur étanche ou vide. Le réservoir d'hélium est suspendu au centre du conteneur et maintenu par des tiges en fibre de verre. L'isolation du cœur est obtenue grâce à deux écrans refroidis par les vapeurs d'hélium et des matelas de superisolants. Le réservoir, en acier inoxydable, est divisé en deux parties séparées pouvant contenir respectivement 52 et 23 litres d'hélium et entourant la cavité centrale où sera logée l'expérience. Une cavité secondaire est également réservée aux expériences au sommet du réservoir. Des brides de fixation de l'expérience sur le réservoir sont prévues au niveau des deux cavités. Ces brides, réalisées en argent pur, permettront un contact thermique parfait des équipements à refroidir avec le réservoir.

Le principe du système cryogénique retenu (Fig. 4) a été choisi principalement pour s'affranchir des problèmes d'attente au sol après remplissage. Ce système aura une autonomie d'attente au sol de 10 jours sans pompage sur le bain d'hélium.

Le réservoir auxiliaire sera maintenu au sol à 4,2 K à la pression atmosphérique et les vapeurs s'en échappant fourniront le refroidissement nécessaire aux écrans et limiteront le réchauffement du réservoir principal. Celui-ci reste entièrement rempli jusqu'au lancement et sa température demeurera inférieure à 2,2 K pendant l'attente. Sur orbite, les deux réservoirs sont contrôlés par dégazage à une température de fonctionnement de 1,6 K.

Principaux problèmes liés au développement

L'isolation thermique est réalisée à l'aide d'écrans refroidis et de matelas de superisolants. Les performances de ces matelas sont bien connues pour des niveaux de températures normaux. Leur

utilisation à très basse température a rendu nécessaire des mesures d'efficacité aux températures de fonctionnement en raison de l'importance sur l'isolation du système.

Les supports de réservoir doivent résister aux niveaux de vibration lors des lancements mais doivent être également conçus de manière à ne pas créer de fuites thermiques importantes. Le choix du matériau et l'optimisation des dimensions sont donc très importants. Des essais mécaniques ainsi que des mesures de conductibilité ont été réalisés sur des échantillons de support.

Le séparateur de phase, ou tampon poreux, assure le contrôle du dégazage d'hélium sur orbite. Les divers types de poreux essayés ont permis de déterminer le matériau du composant ainsi que sa géométrie et la dimension optimale de pore.

Par ailleurs, le développement des vannes cryogéniques pose le problème de l'étanchéité à l'hélium. Ces composants ont démontré un fonctionnement satisfaisant sur banc d'essais.

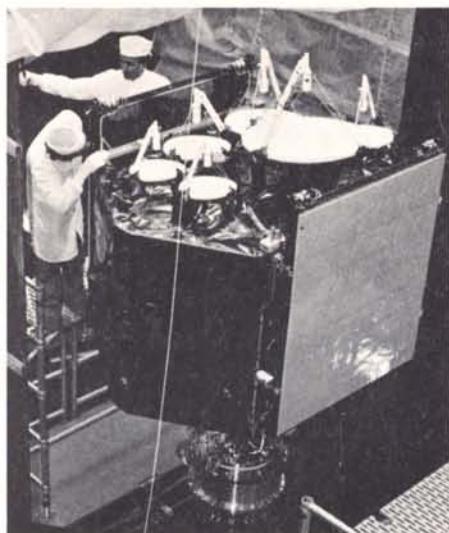
Enfin, la sécurité requise pour un vol Spacelab relève de la conception générale du cryostat comme de celle de certains composants. Les normes applicables sont celles qui régissent les conteneurs pressurisés utilisés dans les vols habités et ce point est particulièrement critique en raison du comportement particulier des matériaux à basse température et de leurs caractéristiques mécaniques quelquefois mal connues.

Conclusion

En mettant l'accent sur les applications cryogéniques terrestres, nous voulons donner dans cet article une vue d'ensemble de la cryogénie. La qualification pour une utilisation spatiale de techniques déjà disponibles au sol entraîne souvent, après leur réalisation,

des retombées pour les applications terrestres, retombées qui justifient à elles seules les efforts consentis.

Le cryostat à hélium superfluide est le premier projet de cryogénie spatiale entrepris dans le cadre du Programme de Recherche Technologique de l'Agence. Commencé au début de 1978, le cryostat effectuera son premier vol de qualification à bord du Spacelab au milieu de 1982. Sa réalisation comblera un créneau important et rendra possibles de nombreuses missions. Ce développement permettra ensuite une extrapolation plus facile et plus rapide à des projets ultérieurs plus ambitieux. La multiplicité des futures missions et leurs exigences spécifiques permettent de prévoir dès à présent la nécessité de poursuivre ou d'entreprendre le développement et la qualification d'autres techniques spatiales. C'est le cas en particulier des radiateurs passifs de la deuxième génération, des cryostats à argon solide et des modules thermo-électriques dont le besoin se fait sentir à court ou moyen terme. Certains développements entrepris dans des instituts ou organismes nationaux méritent d'être poursuivis. En extrapolant les missions européennes et américaines proposées actuellement, on peut prévoir les besoins technologiques concernant les missions des années 1980-1990: radiateurs passifs de conception avancée ou radiateurs cryogéniques (radiateurs multi-étages, caloducs cryogéniques), cryogènes solides ou liquides pour des plages diverses de température et de charge thermique, ainsi que réfrigérateurs à cycle fermé. Enfin le prolongement du programme Spacelab, la perspective des vols habités et des stations orbitales mettent en évidence la nécessité d'un développement continu du stockage cryogénique.



Procurement of The Orbital Test Satellite

B. Stockwell

Communications Satellites Department, ESA

The Telecommunications Programme of the Agency began in 1971 with an initial phase involving system definition, together with the initiation of a substantial technology development effort. In 1972, the second phase was set in motion, and a key element of that particular phase ultimately became the design, development, launch and operation of the Orbital Test Satellite (OTS)*.

The initiation of the OTS project was not without its difficulties, since at that time the size of the ultimate operational European Communications Satellite (ECS) required for the third phase of the Programme was not at all clear, with options ranging from spacecraft sized to suit, at one extreme, Delta-2914 launch and, at the other, an Atlas-Centaur launch [the latter at one time being the baseline for the Comité Européen de Postes et Télécommunications (CEPT)]. This uncertainty not only complicated the specifications for the equipments being developed under the Supporting Technology Programme (STP), but also made it that much more difficult to demonstrate that a Delta-sized spacecraft could serve as a proper precursor to ECS.

Nevertheless, the demonstration was made that OTS could properly serve as a test bed for items of relatively advanced technology, and could at the same time provide a very significant communications capability (more than 5000 equivalent telephony channels), such as to allow telephony transmission, television relay, and data transmission on a large scale, and over a comparatively long lifetime, in advance of the operational system.

The Preliminary Definition Study (Phase-A) for OTS was conducted by the MESH, STAR and COSMOS consortia during the six-month period from October 1972 until April 1973. Following competitive offers, the Detailed Design Study (Phase-B) was conducted over the period April 1973 to September 1973 by the MESH and STAR consortia, led

by Hawker Siddeley Dynamics (now British Aerospace Dynamics Group), and by British Aircraft Corporation (now British Aerospace), respectively. The competing consortia were supported equally during this period by AEG-Telefunken (Backnang), which had been selected under the STP as the contractor for the repeater.

Towards the end of 1973 full project approval was still lacking, and consequently the two surviving consortia were awarded two-month Phase-B/C bridging contracts to cover October and November of that year. Also in this period, in face of long lead times for high-reliability components, advanced procurement of certain repeater components by AEG was authorised.

Finally, full approval for the project was obtained, and in December 1973 the results of the evaluation of the proposals for Phase-C/D, the Main Development Phase, together with the Agency's recommendations, were put to the Administrative and Finance Committee. As a result of that December meeting the contract was awarded to Hawker Siddeley Dynamics, for the MESH Consortium, full contract release being given on 28 January 1974. The overall procurement schedule is shown in Figure 1.

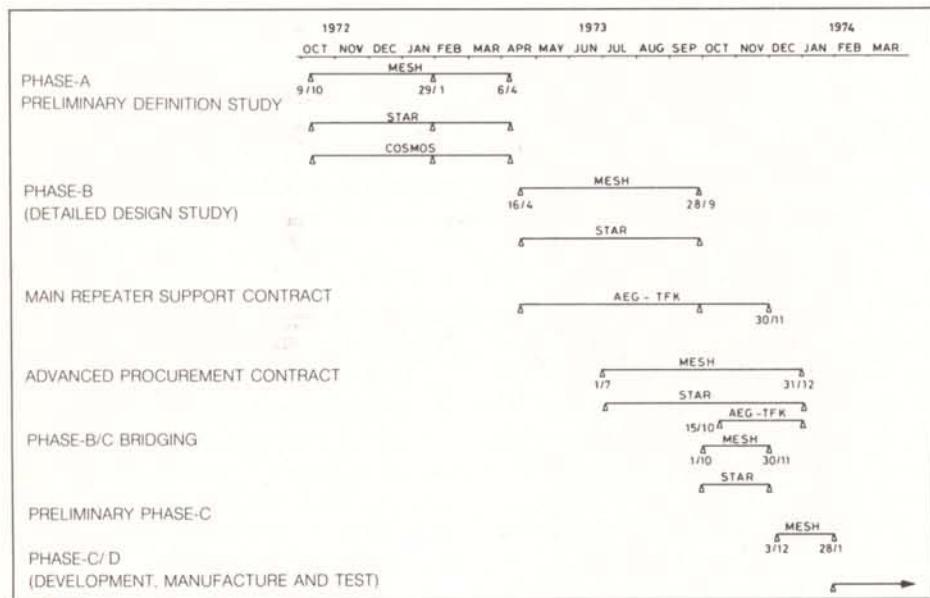
Scope of the contract

At the time of the development-contract release, launch on a Delta-2914 vehicle was specified and only a single flight-model spacecraft was to be procured. The contract included, however, structural, thermal, engineering and

* Further information about the development, launch and early orbital operations of OTS can be found in ESA Bulletin No. 14, May 1978 (special issue devoted to OTS-2), and ESA Bulletin No. 16, November 1978 (pp. 10-17).

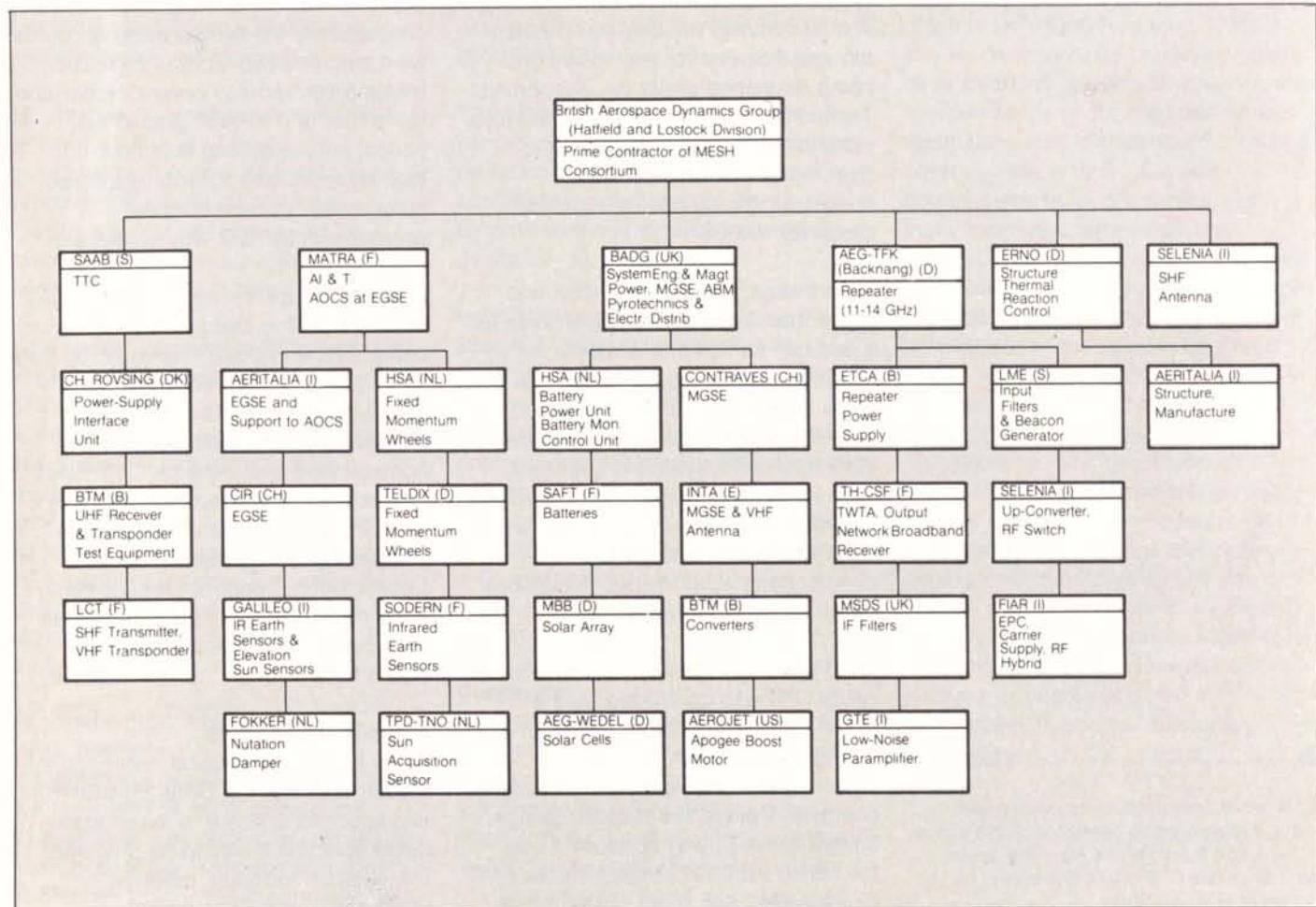
Figure 1 – The overall procurement schedule for the Orbital Test Satellite (OTS).

Figure 2 – The industrial companies charged with the building of OTS, and their respective tasks.



qualification models, as well as the single flight model, and therefore contained a lot of development hardware – as befitting the demanding development task, given the performance required of the spacecraft.

Over the succeeding months the availability of the more powerful Delta-3914 launch vehicle became more and more likely, although its development was privately sponsored and it was not originally to be made available for external users. Once the availability of a Delta-3914 launcher had been confirmed, the decision was taken to convert to that larger vehicle, better matched as it was to commercial communications satellite needs. The OTS spacecraft mission was significantly



upgraded in the process, through the addition of an extra repeater chain, additional redundancy, more fuel for a longer mission, and bigger batteries.

As a parenthetical point here, it is also worth noting that the contractual situation was somewhat complicated by the Agency's wish to build in not only redundancy, but also functional redundancy. Infrared earth sensors were provided by both Galileo and Sodern (operating on different principles), momentum wheels were provided by both Teldix and HSA (using different bearing systems), and travelling wave tubes were provided by both AEG and Thomson-CSF. This additional proliferation of subcontracts and technical interfaces naturally made contractual control more difficult, both for the Agency and for the Prime Contractor, but it paid off in the end.

As the project proceeded it became increasingly apparent that there was too much at stake for the Agency and for the PTTs, as well as for European Industry, for the whole programme to rest upon the fate of a single spacecraft. The further decision was therefore taken to procure an extra flight-standard communications module and an extra flight service module (the latter in collaboration with the interlocked Marots maritime communications spacecraft project), so as to allow a second launch of OTS, or of Marots if OTS did not use

the spare. In the event the spare back-up spacecraft was needed for OTS as a result of the Delta failure of September 1977. Thus, in the end, the OTS project covered the development models mentioned previously, plus the second flight model, together with no less than three launch campaigns, since an early OTS-1 campaign had to be aborted due to an on-pad launcher problem.

It was, of course, necessary to negotiate contractual changes to cover these various campaign extensions, arising as they did from the launcher side.

Contract evolution

As explained in the previous paragraphs, the establishment of the OTS contract was more difficult than is normally the case, but finally a preliminary contract was placed with Hawker Siddeley Dynamics on 3 December 1973, and the main development contract was able to start on 28 January 1974.

Following detailed commercial and technical negotiations, complicated by the advent of the conversion to the Delta-3914 launcher and back-up satellite changes, the main development contract was signed by Hawker Siddeley and ESA on 31 October 1974. It was made up of the documents listed in Table 1.

The firms that were involved, and their

tasks, are shown in Figure 2.

The objectives of the contract, as for any other procurement, were to obtain a satisfactory product within schedule and cost.

The technical baseline established in the contract was controlled down to equipment level in accordance with standard product-assurance procedures, and monitored in accordance with procedures contained in the Project-Management Plan. Problems that arose were addressed at the monthly project progress meetings at various levels, with major problems being cleared via the monthly project-management meetings, at project-manager level.

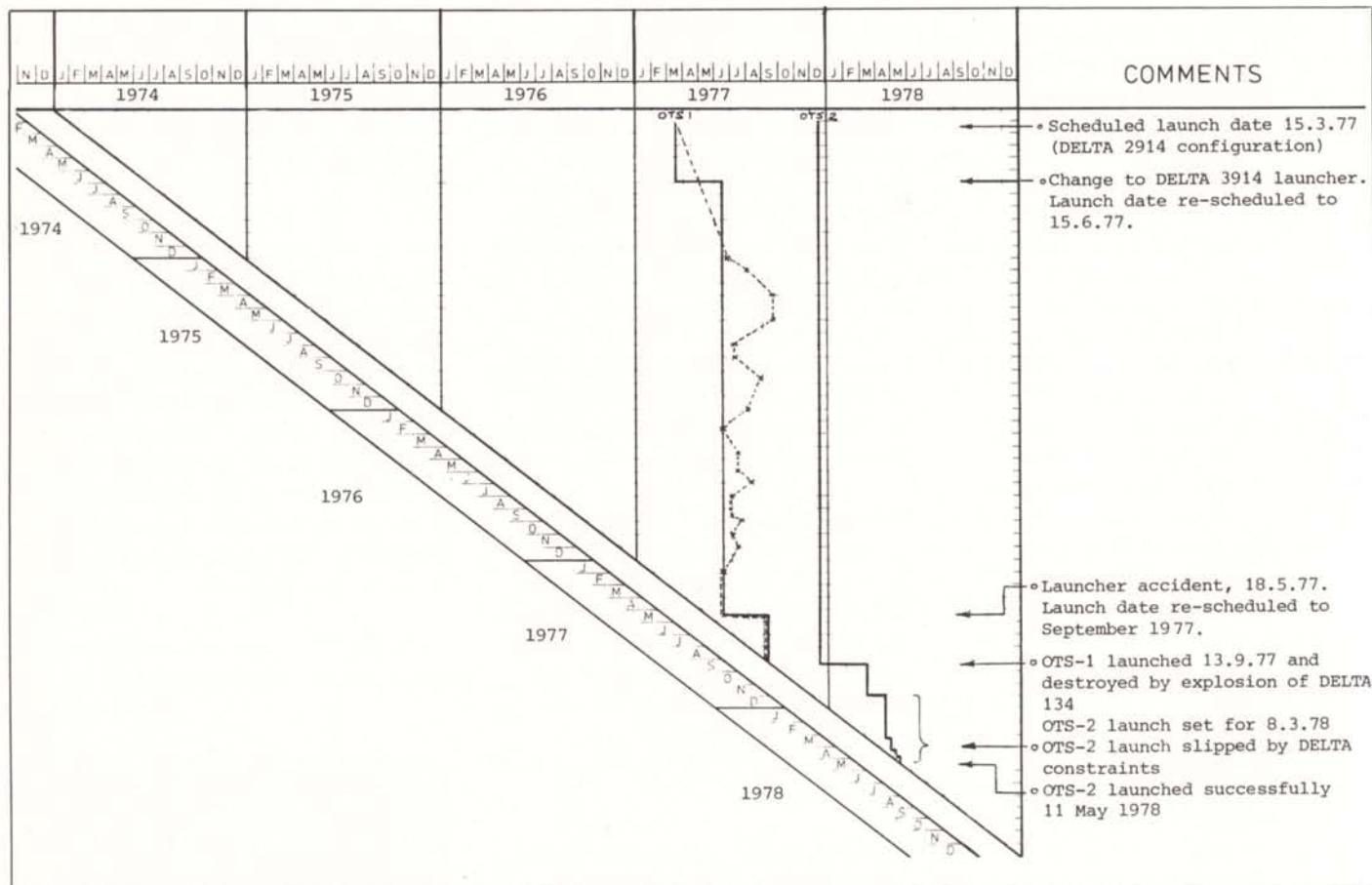
Compliance of the system with the overall requirements was checked at a

Table 1

Document	Contents
Contract	Overall framework of the project, as well as definition of the legal provisions relating thereto, in particular the Incentive Scheme.
Statement of Work	Defining the tasks to be performed by the Contractor and those to be performed by the Agency.
Specifications	All system and subsystem specifications.
Project-Management Plan	Defining of the procedures by which ESA managed the contract, in particular cost, schedule and modification control.
Financial Appendix	Containing the detailed prices, payments and price-revision formulae.



Figure 3 – Trend chart for major project milestones for both OTS-1 and OTS-2.



series of system-level reviews, where the Agency could reward the Contractor by granting additional award fees of between 50 to 100 kAU per review, depending upon the quality of the review presentation. As a point of interest, unearned portions of the award fees could be carried forward to the next review, and the final outcome was that virtually the whole award fee was in fact earned by the Contractor by virtue of the good performance at the flight-model reviews. The award system was considered to be an important and effective element of the contract.

The Incentive Scheme, in which all co-contractors and a number of sub-contractors participated, was a major feature of the contract and the key to contractual performance. The scheme was heavily orientated towards performance – three quarters of the

nominal fee being allocated to the in-orbit performance of OTS over five years, the remaining quarter being allocated for schedule performance. The structure of the performance incentive is based upon flux delivered at ground level from each of the six repeaters, over the European region, and provides for maximum earnings of twice nominal, while the schedule incentive was very steep (all schedule earnings being lost in the case of delays of more than 30 days).

Schedule control was exercised in accordance with the normal project-control procedures defined in the Project-Management Plan, with schedule status being a major item at each of the monthly project-management meetings. In fact, a comparatively large number of schedule problems arose, and in several cases drastic measures such as back-

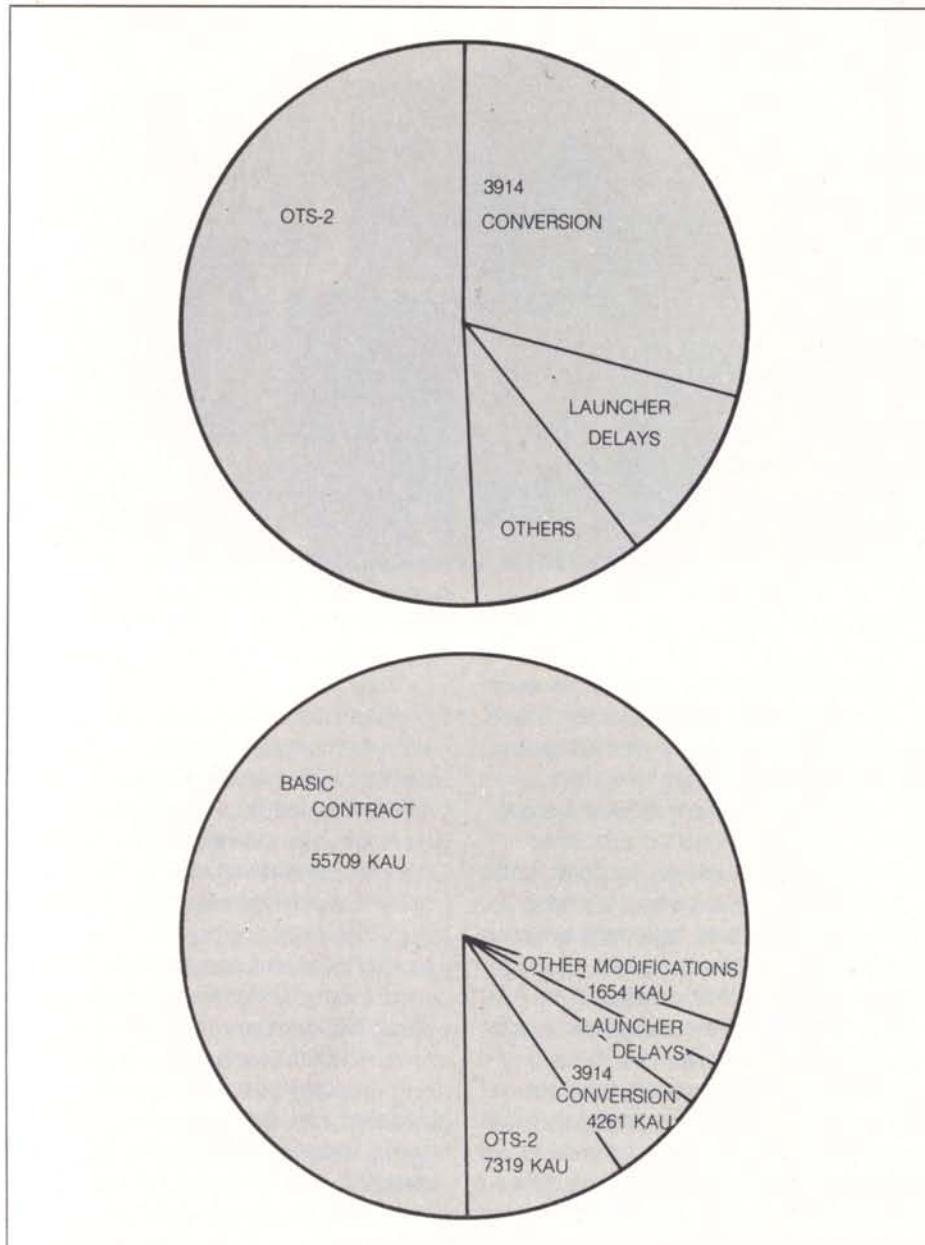
up procurement were necessary, but the major milestones were met.

The Contractor was encouraged to achieve schedule goals by the attachment of fixed-price payments (four-fifths of the contract was fixed-price) to the achievement of milestones at predetermined times during the course of the contract, and by the fact that (as stated above) one quarter of the Incentive Fee was associated with the timely launch of the spacecraft.

As far as *cost control* was concerned, normal procedures were applied to the 20% or so of the contract price that was on a cost-reimbursement basis. Furthermore, the Incentive Scheme provided for a cost-sharing arrangement by which the Contractor could receive a bonus of 20-40% of any cost savings (depending on the final performance

Figure 4.

Figure 5.



incentive fee earned) or pay a penalty to the Agency of between 5 and 10% of any cost overruns (again depending upon the final performance Incentive Fee earned).

In order to avoid escalation of costs through modifications, in addition to standard modification control procedures being operated, all requests made to the contractor to submit change notices were first submitted for

approval by a special ESA Board, chaired by the Project Manager. This Board established whether or not the change was essential and, if so, its probable technical, schedule and cost consequences; only then was the change request allowed to proceed. Similarly, incoming change notices were not only reviewed and negotiated in the normal way, but were also subject to agreement by the special Change-Notice Approval Board.

Project outcome

The contract is now very close to close-out, with the exception of the in-orbit performance incentives which will continue to accrue. Relatively accurate estimates can therefore already be made of overall schedule and cost performances.

As far as schedule is concerned, the OTS-1 Flight Model Review was completed 11 days ahead of the target date established in mid-1974. The launch was subsequently delayed from June to September 1977 due to launcher difficulties, which in turn impacted adversely on the schedule of OTS-2. Nonetheless, OTS-2 was delivered only one day later than target and was successfully launched on 11 May 1978.

The schedule trend for the flight models is shown in Figure 3. The Contractor in fact earned 84% of the nominal schedule Incentive Fee, and thus performed extremely creditably.

As for cost, the total cost of modifications amounts to 14 505 kAU (mid-73 exchange rates and price level) and, as can be seen from Figures 4 and 5, by far the largest part of this amount is accounted for by the conversion to the Delta-3914 launch vehicle, procurement of the second flight model, and by launcher delays. Indeed, the five changes notices associated with these three events account for more than 90% of the total cost of all modifications. The balance is attributable to some 50 different change notices, the most significant of which concerned radiation hardening, in the light of evolving knowledge of the environment, and provision of a back-up beacon generator.

It is anticipated that in the cost-reimbursement area the contract price will be met almost exactly, a satisfactory financial conclusion to a complicated procurement.





Atmospheric Trace Contaminants – Their Measurement and Identification for Spacelab

M. Debeir & M.D. Judd, Product Assurance Division, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands

In any manned space programme, particular attention has to be paid to ensuring that the working environment within the spacecraft is safe. This requires that the materials used in the construction of the spacecraft itself and the experimental payload do not release potentially toxic contaminants into the spacecraft atmosphere. The study of atmospheric trace contaminants involves the analysis and identification of minute amounts (micrograms per cubic metre) of both inorganic and organic species. Several methods are currently used at ESTEC for such analyses in the context of the Spacelab programme.

Introduction

There would appear, at first sight, to be little similarity between a nuclear submarine and a manned spacecraft, and yet both have one particular system in common. This is the need to provide a clean atmosphere for the crew to live and work in for long durations, sealed off from a surrounding hostile environment.

Man and the materials around him are a continual source of atmospheric trace contaminants. As part of his respiratory cycle, he removes oxygen from the atmosphere and replaces it with carbon dioxide, and the metabolic processes lead to trace amounts of inorganic and organic compounds being generated. Nonmetallic materials, especially paints and highly plasticised polymers, gradually release their volatile components into the atmosphere. In the normal working environment these processes go on unnoticed, since the natural movement of air around us removes the contaminants before appreciable concentrations occur. In a closed system, however, where this normal air exchange is virtually eliminated, the situation is completely different and the presence of large concentrations of trace contaminants can occasionally become all too apparent. Everybody, at some time or other, has experienced walking into a freshly painted room where all the doors and windows have been kept closed; the smell of the paint solvents can be overpowering and very unpleasant. The interior of a new car also has a definite smell, which can take many months to dissipate; this too is due entirely to trace

contaminants being released by the materials of construction.

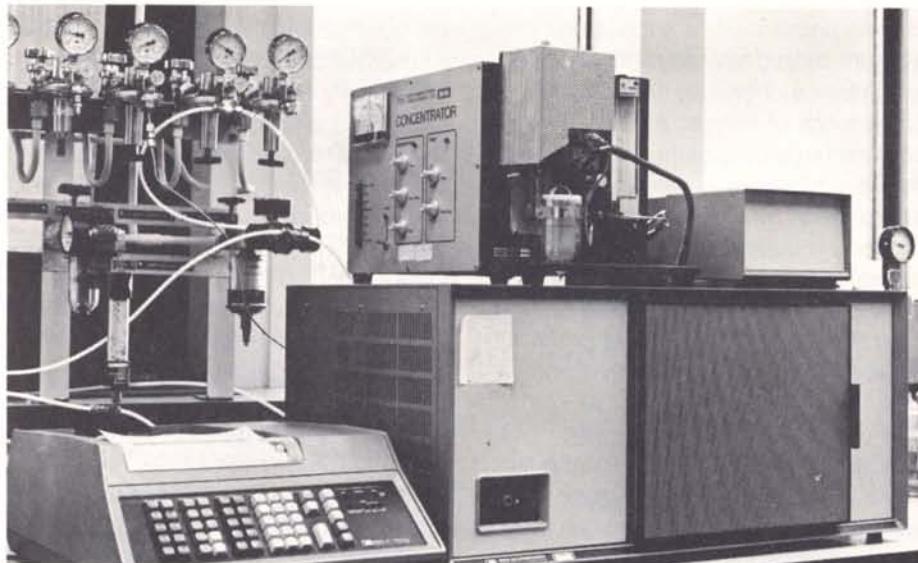
Trace contaminants

Trace contaminants may be defined as minute amounts (1 mg/m^3 or less) of inorganic or organic species present in the surrounding medium. In our particular case the medium under consideration is the air around us or, to be more precise, the air within Spacelab.

Extensive investigations by numerous Health Authorities have allowed 'safe' levels to be defined for large numbers of trace contaminants. These safe levels, called variously Maximum Allowed Concentrations (MACs) or Threshold Limit Values (TLVs), can be considered the maximum concentration that can be tolerated by man for a defined working period (normally eight hours per day) without him exhibiting any detrimental effects. These levels are continually being reviewed as evidence becomes available as to their long-term exposure hazard. Many compounds that were in widespread use years ago are now subjected to intensive controls as the hazards associated with their use have become fully realised. One good example is the organic liquid benzene used for many years as a common organic solvent in preparative organic chemistry. Nowadays benzene is assigned a TLV of 10 ppm (parts per million) and is banned from most laboratories.

It is not only the contaminants themselves that are a hazard; in certain cases an induced secondary reaction may well form a highly toxic compound

Figure 1 – Gas chromatograph used for the analysis of carbon monoxide. It is possible with this instrument to detect carbon monoxide in amounts down to 0.05 ppm.



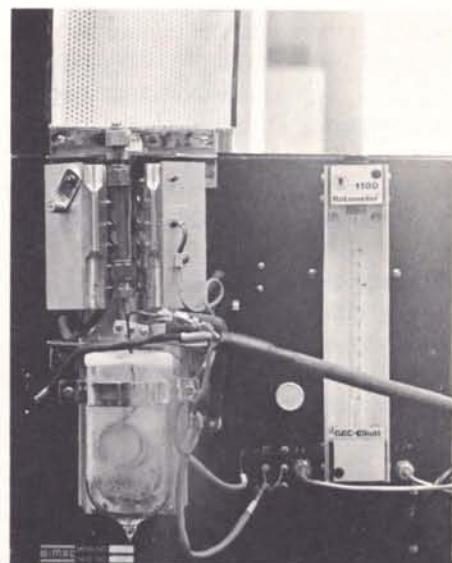
from one of relatively low toxicity. Trichloroethylene (TLV 100 ppm), for example, is a degreasing agent used almost universally for the cleaning of metals because it is relatively inexpensive. It has been shown, however, that this compound can be converted by the alkaline materials used in atmospheric scrubber systems into highly toxic dichloroacetylene.

Clearly then, the measurement of trace atmospheric contaminants is an important aspect of any manned spacecraft programme. Unfortunately, the materials required to build a particular spacecraft vary and little information is therefore available as to the trace-contaminant generation rates to be expected in each particular case. It is for this reason that it is necessary to undertake extensive testing of spacecraft materials. The methods used are outlined below.

Atmospheric sampling

Many methods of atmospheric sampling exist and the best choice in a given situation depends on the levels of contamination to be measured and the particular application under study. One of the most simple methods currently available uses calibrated colorimetric tubes containing adsorbents that

Figure 2 – Thermal desorption equipment, showing the adsorbent trap located above the cold trap. The small coil is cooled to approximately -80°C to collect the desorbed contaminants in liquid phase.



change colour as a known volume of air is sucked through them. The extent of colour change is a measure of the amount of a particular contaminant present, and standard, inexpensive tubes are available for a wide range of both inorganic and organic contaminants.

Where it is required to analyse for very low levels of organic contaminants, it is necessary to resort to a concentration technique using 'adsorbent traps' which, unlike the colorimetric tubes, require specialist laboratory analysis. The efficiency of the adsorbent material must be studied carefully beforehand, as many variables affect its ability to trap contaminants, particularly trapping temperature and trapping time and the volume of air passed through the adsorbent. This latter point is especially important for volatile contaminants since too large a pumped volume may lead to desorption of the initially adsorbed contaminant. Cryogenic trapping offers advantages over room-temperature (controlled) trapping, but it can also create problems, especially if water vapour is involved. ESTEC has standardised on trapping at ca. 10-20°C with Amborsorb XE340 (a carbonaceous material) and Tenax GC (a porous polymer). This preconcentration technique is valid for most organic

Figure 3 – Combined gas-chromatograph/mass-spectrometer.
Molecules eluting from the end of the gas chromatograph column are passed through a separator which removes the carrier gas and are ionised in the mass-spectrometer by energetic electrons

(70 eV). A record of total ion current (suitably amplified) against time is effectively the gas chromatogram. All mass spectral data are stored by a dedicated computer for subsequent processing.

volatile compounds, but cannot be used for inorganic volatiles or low-boiling organics such as low-molecular-weight hydrocarbons. For these particular compounds, gas samples (ca. 2 l) have to be taken into evacuated chambers for subsequent laboratory evaluation.

Methods of analysis

Having obtained the atmospheric samples, using either adsorbent traps or direct gas sampling, they must be taken into the analytical chemistry laboratory for study.

Analysis of gas samples

Direct gas samples are normally used when looking for inorganic contaminants such as ammonia (NH_3) or hydrogen chloride (HCl), or for low-boiling-point organics such as methane (CH_4).

For the inorganic contaminants, the calibrated colorimetric tubes offer a simple method of analysis but, as mentioned earlier, they have disadvantages in terms of detection limits. It is also possible to use infrared spectroscopy, but problems are then encountered with interference between the various contaminants. Unfortunately, therefore, for the majority of inorganic contaminants present in low concentrations, it is still necessary to resort to classical 'wet chemistry' methods, which are both time-consuming and tedious.

One major exception to this general rule is carbon monoxide (CO), a highly toxic compound evolved in trace amounts by many nonmetallic materials. It is also one of the principal products obtained on the partial oxidation of carbonaceous materials and, as such, has received much attention in terms of analysis. One of the most efficient methods available for the analysis of carbon monoxide relies on gas chromatography. In what is essentially a separative technique a gas mixture is forced, by a carrier gas, through a long

column packed with a supporting medium coated with some liquid phase which has a chemical affinity for the compounds of interest. As the contaminants pass along the column they are subjected to various chemical and physical interactions, the magnitude of which is dependent on the chemical nature of the contaminant. A suitable detector (usually a flame-ionisation detector) is placed at the end of the column to register each contaminant.

Gas chromatography is a highly reproducible technique (Fig. 1) and its use is not limited to the analysis of inorganic contaminants; direct analysis of the gaseous samples for organic contaminants is also possible, but the detection limits are then somewhat higher (>5 ppm).

Analysis of the concentrated samples

The samples obtained by the concentration technique are used for organic-contaminant analysis. Sensitivity is increased a thousand times compared with direct gas sampling.

Analysis of the adsorbent traps used in this concentration technique involves a series of stages. The adsorbed contaminants must first be freed from

the solid adsorbent by a process known as *thermal desorption*, whereby the trap is gradually heated to high temperature (ca. 300°C) with a carrier gas passing through. The desorbed contaminants, collected in liquid phase, are injected into the gas chromatograph by rapidly heating the cooled coil shown in Figure 2 (to 200°C in 10 s). By choosing the correct column and temperature conditions for the gas chromatograph, it is possible to obtain a full separation and thence quantitative analysis of all the contaminants present.

As has already been mentioned, gas chromatography is a highly reproducible technique and it is true to say that, given a set of standardised experimental parameters, a contaminant will always appear at the same place on a chromatogram. That does not mean to say, however, that the appearance of a peak on a chromatogram at a particular place gives a 100% certainty that the peak is a specific compound. To achieve that certainty the contaminant must be identified, and this is done by using a mass-spectrometer as the gas-chromatograph detector (Fig. 3).

Such a gas-chromatograph/mass-spectrometer system is one of the most



Figure 4 – Chamber for unit-level testing containing a commercial motor under test for the First Spacelab Payload. This chamber, which can be both heated and evacuated, has a volume of approximately 150 l.

powerful analytical techniques available for studying organic trace contaminants. By using a suitable computerised library system, traces that cannot be quickly identified can be compared with a reference library of over 30 000 mass spectra.

Levels of testing

For the Spacelab project, materials whose trace contaminant generation data (offgassing) is unknown are initially tested against a NASA test specification. Although this test does not give rate-of-offgassing information, but only values for carbon monoxide and total organics, it is considered a reasonable screening test. Such a simple screening test cannot give absolute confidence as to the expected contaminants within an integrated spacecraft. This can only be achieved by testing the completed spacecraft. A 'total offgassing test' is therefore planned for Spacelab.

The above approach can only be applied, of course, for equipment over which one has full materials control and where one can impose materials changes should a particular material fail the prime screening test. There are cases where such control cannot be applied, and commercial 'off-the-shelf'



Table 1

Peak no.	Compound	Amount (μg)	Calculated total offgassed (μg)
1	Ethanol	0.41	4.30
2	Propionaldehyde	0.71	5.21
3	Acetone	19.22	165.02
4	Isopropylalcohol	1.69	14.71
5	2 Methyl 2 Propanol	0.21	1.84
6	1.2.2 Trichloro 1.2.2 Trifluoroethane	0.39	3.61
7	Butyraldehyde	0.68	5.80
8	Methylethylketone	14.73	146.10
9	Pentane	4.85	45.49
10	Cyclohexane	2.09	17.83
11	Methylcyclopentane	0.44	4.03
12	2 Methylfuran (Tentative)	0.07	0.52
13	n Butanol	0.93	8.73
14	3 Methylpentane	0.37	3.25
15	2 Methylpentane	0.37	3.08
16	Benzene	0.28	2.62
17	Pentaldehyde	0.22	1.93
18	Hexane	2.92	29.32
19	2.3 Dimethyl 2 Hexene	0.15	1.34
20	1 cis 2 Dimethylcyclopentane	0.10	0.83
21	2.4 Dimethylpentane	0.19	1.68
22	2.3 Dimethylpentane	0.30	2.98
23	4 Methyl 2 Pentanone	0.30	3.11
24	3 Methylhexane	0.51	5.16
25	2 Methylhexane	0.50	5.06
26	Tetrachloroethylene	0.18	3.31
27	Unidentified	0.09	0.66
28	Dimethylcyclohexane (Tentative)	0.10	0.87
29*	Toluene	2.51	26.69
	Heptane	4.44	46.82
30	Ethylycloexane	0.08	1.02
31	1.3.5 Trimethylcyclohexane	0.57	5.72
32	Unidentified	0.10	1.11
33	Ethylbenzene	0.20	2.38
34	1.2.3 Trimethylcyclohexane	0.16	1.75
35	n Propylcyclohexane	0.16	1.75
36	Octane	3.15	33.35
37	2 Methyl 1 Octene (Tentative)	0.09	0.66
38	Xylenes	2.13	22.77
39			
40	n Propylbenzene	0.06	0.57
41	Isopropylbenzene	0.08	1.30
42	Nonane	0.22	2.18
43	Methylethylbenzene	0.08	0.75
	+ others $\leq 0.02 \mu\text{g}$ and/or unresolved.		

* Unresolved compounds.

Figure 5 – Reconstructed chromatograms of trapped samples taken at 120 h (upper trace), 144 h (middle trace) and 168 h (lower trace) during tests on the motor shown in Fig. 4. (The numbers on the traces are internal references only – they do not represent the same compound on each trace).

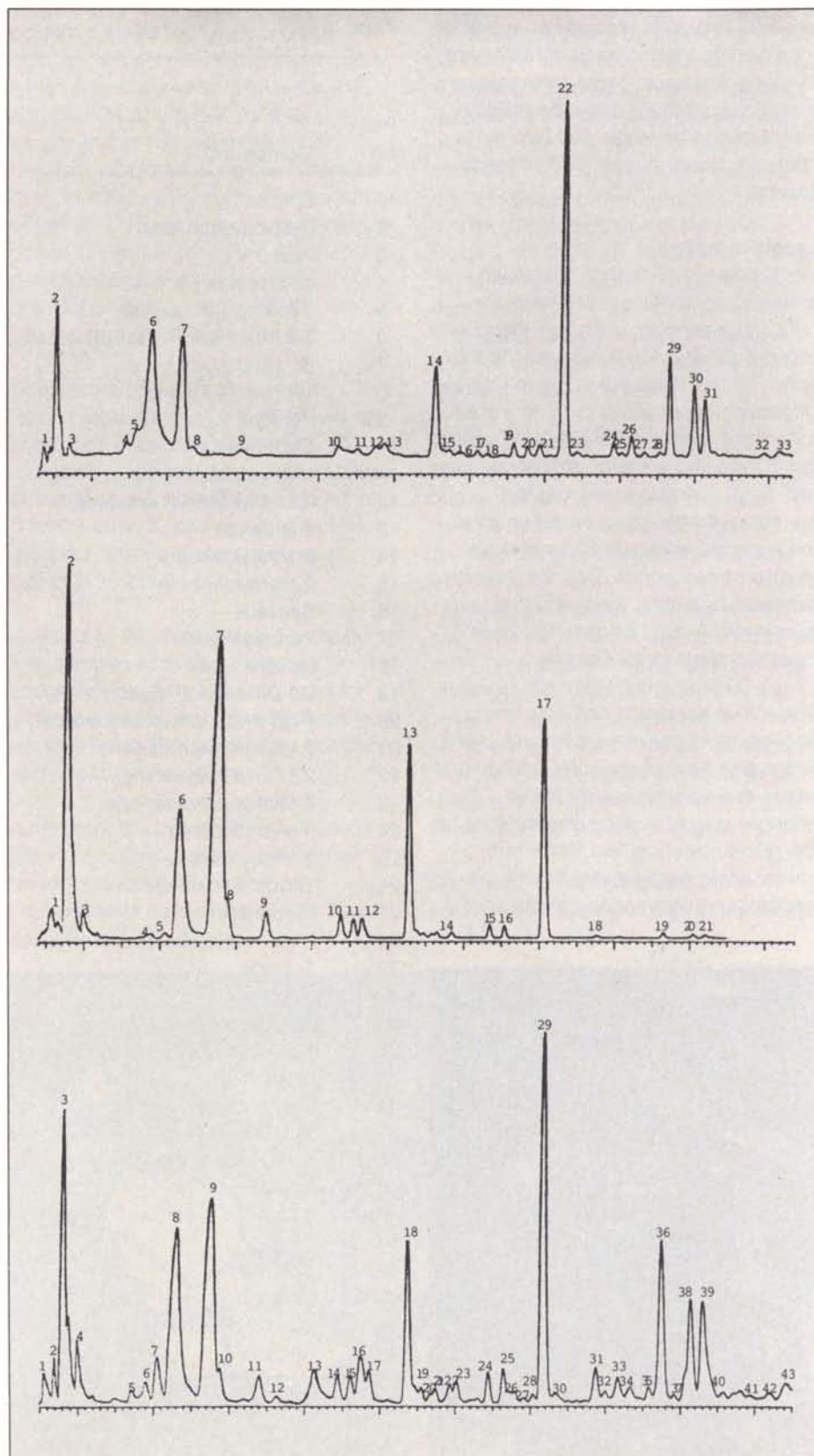


Figure 6 – Portable atmosphere-sampling console designed and manufactured at ESTEC.



equipment falls into this category. Many of the experimenters proposing experiments to fly on Spacelab need to use commercial equipment for cost and delivery-schedule reasons. It is normally impossible to obtain a listing of materials used in this type of equipment and it must therefore be evaluated as a complete unit.

Typical tests

We will now briefly describe two examples to illustrate the applications of the techniques that have been described.

Unit-level tests

This test is essentially designed to measure the trace-contaminant generation rate of assembled units and has already been used to test several pieces of commercial 'off-the-shelf' equipment. In essence it requires a chamber of suitable size, fitted with the necessary feedthroughs to establish a circulating atmosphere, and power connections. The atmosphere is circulated from the chamber, through the gas sampling valve and sample loop of the gas chromatograph, and back to the chamber via a portable pumping system. An 'on-line' analysis of carbon monoxide and methane is obtained

together with the total organics if the level is sufficiently high. To obtain concentrated samples using adsorbent traps, the latter are simply inserted for a fixed period between the chamber and the pump. Subsequent analysis relies on the gas-chromatograph/mass-spectrometer system described earlier.

Figure 5 illustrates the results obtained for a commercial motor proposed for use on the First Spacelab Payload (FSLP). The traces are the computerised, reconstructed chromatograms of the trapped samples taken at three time intervals and, clearly, contaminant generation changes with time. The last time interval, 168 h, corresponds to the nominal Spacelab mission duration and therefore the values obtained up to this point may be taken as representing the concentration to be expected at the end of the mission (assuming no removal capability, etc.). Table 1 shows the contaminants identified at 168 h, together with the amounts present. To assess whether or not the contaminants generated could cause a problem, the values ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) must be compared with the NASA Maximum Allowed Concentrations (MACs) for a seven-day mission. In every case investigated so far, we have found contamination levels several orders of magnitude below the corresponding MAC.

One small unit does not, of course, make a total payload, and although each individual unit may well generate very low contaminant levels, the combined level from all the units in a payload may be appreciable. Unfortunately, this means that one is unable to assess whether the offgassing of a particular unit is acceptable until the total payload has been tested. This leads to an unworkable situation, since the experimenter must know as early as possible whether or not his equipment is acceptable for flight. We have therefore proposed the principle of allocating a proportion of the total MAC per unit based on the ratio of the weight of the

unit to the total payload weight. If a contaminant concentration measured at 168 h (or the maximum value if it occurs earlier than 168 h) is greater than the unit-allocated MAC, then the unit is considered unacceptable. This nonacceptability veto has so far only had to be applied once for Spacelab, in the case of a unit found to offgas trichloroethylene. Although the total amount offgassed was well below the MAC value, it was in excess of the unit-allocated MAC. The problem was overcome by the manufacturer's agreeing not to use this cleaning solvent for equipment supplied for the First Spacelab Payload.

Total-spacecraft tests

One of the many tests to which Spacelab will be subjected prior to its delivery to NASA will be a 'total offgassing test'. In the first case the Engineering Model of the space laboratory will be sealed and atmospheric samples taken from both the avionics and cabin air loops. These samples will be collected quantitatively over a 24 h period on the basis of very detailed procedures, using a portable sampling console that has been specially manufactured at ESTEC (Fig. 6).

The same atmospheric-test procedure applied to the Engineering Model will be repeated, with any modifications found necessary as a result of this first test, with the Spacelab Flight Unit.





The World's Largest Computer-Accessible Chemical File?

*H. Evers & W.A. Martin,
ESA Information Retrieval Service (IRS), Frascati, Italy*

In June 1978 IRS, the information service of the European Space Agency, made available what is believed to be the largest single on-line bibliographic computer database available anywhere in the World. Well over three million items of the World's chemical literature published over the last ten years can now be searched in minutes from anywhere in Europe.

Most of us are aware of the dramatic growth in the outpourings of authors in the scientific and technical fields over recent decades. The name of de Solla Price and the cliché of the 'information explosion' are almost household words. The very familiarity of the phenomenon tends to blind us to the consequences. Yet they are nonetheless real, and for organisations whose task it is to keep track of all this literature the enormous growth has called for the introduction of new techniques to cope with the huge quantities of scientific and technical writings being generated. During the late sixties and early seventies most such bodies, often professional societies, were obliged to implement computer-based systems in order to be able to continue to provide their traditional literature abstracting services.

One such body is the Chemical Abstracts Service (CAS) of the American Chemical Society. In 1907 CAS published some 12 000 abstracts to the literature of chemistry. By the 1930s this rate of literature production was exhibiting a doubling time of only ten years and, allowing for the perturbations due to the war years, this trend has continued to the present day (Fig. 1). In 1978 CAS will publish an estimated 400 000 abstracts.

Computers were originally seen as an aid to the production of printed abstract publications in a timely and cost-effective manner where upwards of (say) one hundred thousand abstracts per year were being published. Such applications, however, resulted in the entire contents of the abstract publication becoming available in

computer-readable form. This led, inevitably, to the development of modern techniques for searching the literature by computer, to replace the laborious traditional procedures. On-line search techniques, novel in the late sixties, have been extensively developed during the last ten years and it is now possible to search through years of data, comprising millions of individual items, in a few minutes, by using the incredible power and speed of the computer to support the intellectual abilities of the searcher. The results can be scanned and verified at the computer terminal, and original documents may be ordered over the network. The marriage of computers and telecommunications techniques has resulted in the creation of data-communication networks, which now virtually means that the actual location of a computer database is no longer significant. European users dial the nearest 'node' (Fig. 2) of a convenient network to connect their remote data terminals with the database of their choice, whether this is located physically in Europe or in the United States.

The European Space Agency has maintained a department concerned with computer-based information services since 1964. Previously known as the Space Documentation Service and now called the Information Retrieval Service (IRS), it introduced the first European on-line information service in 1969. Originally limited to a select few large centres, able to afford direct on-line access via dedicated terminals connected by private telephone lines, today's IRS customers are scattered

Figure 1 – Annual growth of the references of the Chemical Abstracts Service, from some 12 000 in 1907 to an estimated 7 605 000 in 1978.

throughout the Agency's Member States and in North Africa. They connect their inexpensive, remote data terminals to the IRS computer by dialling through the public telephone service to their nearest concentrator, of which there are now 16 located throughout Europe (Figs. 3,4).

In 1972, IRS was asked by the Netherlands Information Combine (NIC) to implement an on-line version of the Chemical Abstracts Condensates (CAC) file. A test file was shown to the participants of the EUSIDIC (European Association of Information Services) conference held at ESRIN, Frascati in December 1973, and the full original on-line file containing 1.6 million references was loaded by the summer of 1974. From the very outset, utilisation of this file was very satisfactory, and it quickly accounted for some 25% of the total number of access hours, a level that has remained constant throughout. In order to take full advantage of recent improvements made to the IRS software, a reload of the CAS file was completed at the end of May 1978. Use was made of the occasion to introduce more access points, i.e. search points such as

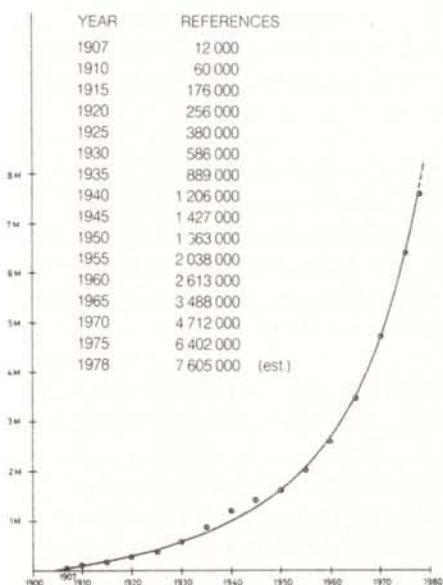


Figure 2 – Schematised representation of the IRS network, showing the locations of the network nodes, where the remote terminal concentrators are sited.

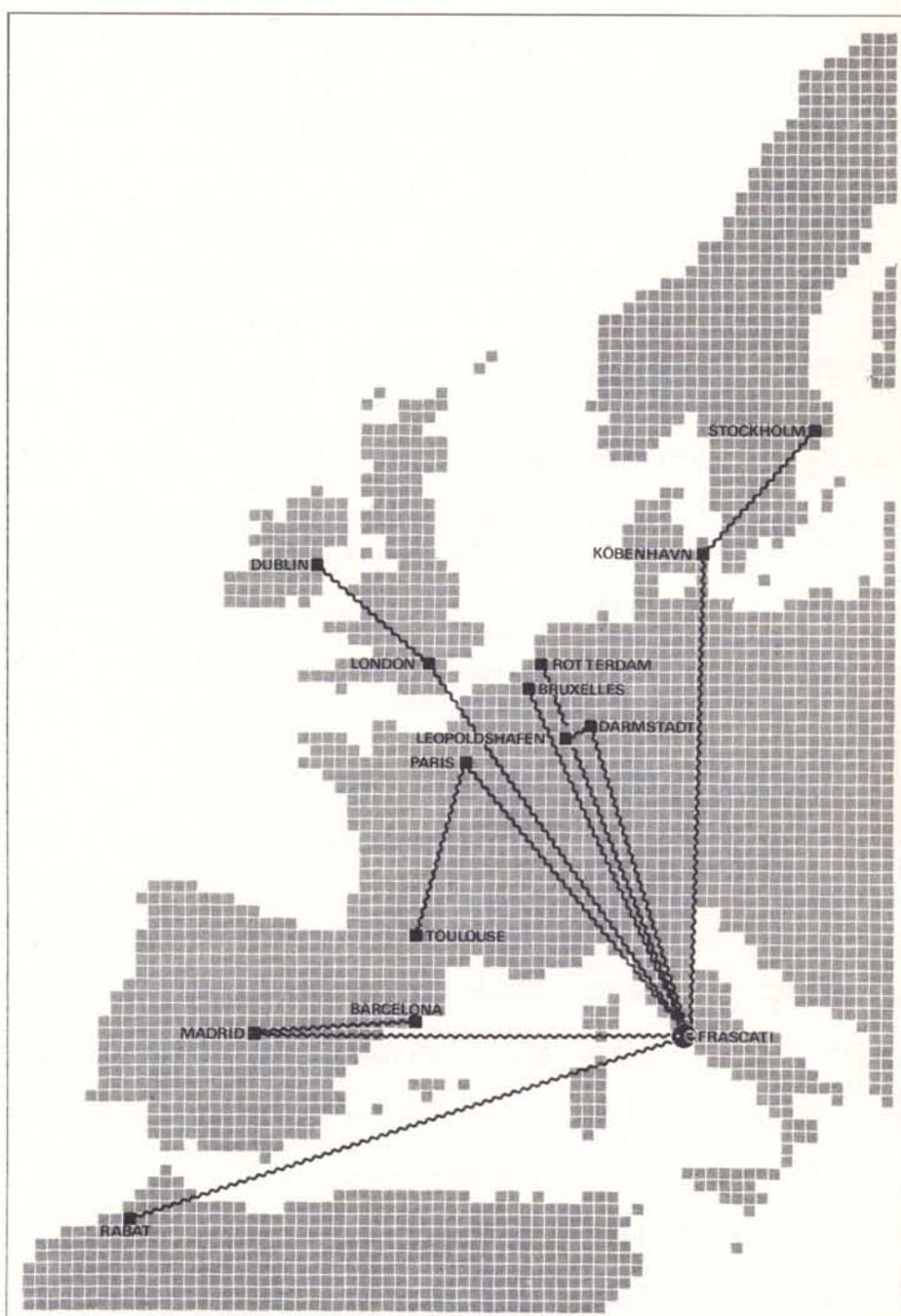
'CODEN', etc. It is this reloaded file which is now described.

The IRS Chemabs file

The Chemical Abstracts Condensates (CAC) database contains bibliographic references to the World's literature on chemistry. The database covers the ten-

year period from January 1969 (volume 70) to date, and with its 3.3 million references it is believed to be the largest single on-line bibliographic file in the World.

The CAC database is based on the magnetic-tape version of the weekly



Information Retrieval Service (IRS) files.

Figure 3 – A remote data terminal, or dial-up terminal, which is connected to the IRS computer in Frascati, firstly via the public telephone service to the nearest concentrator and from there via the dedicated information network.

File	Number of citations	Name/Subject coverage	Since
1 NASA	950 000	STAR/IAA: aerospace, geophysics, electronics, earth resources, biotechnology, thermodynamics	1962
2 CHEMABS	3305 000	Chemical Abstracts Condensates: pure and applied chemistry	1969
3 METADEX	275 000	Metals Abstracts: metallurgy and associated disciplines	1969
4 COMPENDEX	725 000	Engineering Index: civil, electrical, mechanical engineering, electronics	1969
5 ELECOMPS	60 000	ESA Electronic Components Databank	
6 NTIS	465 000	Government Reports Announcements: scientific, technical and social disciplines	1970
7 BIOSIS	1 450 000	Biological Abstracts and Bioresearch Index: biological sciences	1973
8 INSPEC	1 110 000	INSPEC: physics, electronics, computers	1971
9 ALUMINUM	62 000	World Aluminum Abstracts: aluminum and associated technology	1968
10 ISMEC	80 000	ISMEC Bulletin: mechanical engineering	1973
11 ENVIROLINE	68 000	Environmental Abstracts: environment sciences, pollution	1971
12 LEDA RETROSPECT	54 000	Landsat image data	1975
13 LEDA CURRENT	12 000	Landsat image data	1978
14 PASCAL	2 650 000	Bulletin Signaletique: physical, chemical, technical, biological and medical sciences	1972
15 OCEANIC	100 000	Oceanic Abstracts: oceanography	1964
18 POLLUTION	55 000	Pollution Abstracts: pollution, environment	1970
19 ENERGYLINE	50 000	Energy Information Abstracts	1971
22 SPACECOMPS	7 600	ESA Space Components Databank	
31 INSPEC LIBRARY	8 600	File for Documentation Schools	
32 EUSIDIC	500	Databases in Europe	



Chemical Abstracts journal, and each volume (2 per year) now covers over 180 000 references to journal articles, patents, technical reports, reviews, books and conferences, in the vast field of chemistry. The information is divided into five main groups: biochemistry; organic chemistry; macromolecular chemistry; applied chemistry and chemical engineering; physical and analytical chemistry. The five main groups are subdivided into a total of 80 sections, further subdivided into over 600 subsections.

The magnetic-tape version of Chemical Abstracts Condensates contains essentially similar information to the printed version, the major difference being that abstracts are not included. The keyword subject-index entries, consisting of keyword phrases assigned by CAS indexers to each reference, are however mostly taken from the abstract and thus provide additional retrieval points.

CAS monitors nearly 14 000 periodicals from more than 150 countries, and patents issued by 26 countries, as well as new books, conference proceedings, dissertations and technical reports from around the World.

There are approximately 200 references in the CAC file originating from the European Space Agency or from its forerunner, the European Space Research Organisation. (The order of the various data elements is standard throughout IRS bibliographic files).

Figure 4 – The new ITEL AS/5 computer housed at ESRIN, Frascati. This machine is used to store and retrieve all the databases offered by the Information Retrieval Service.



Searching

An example of a small bibliographic search on low-energy electron diffraction of tungsten is given in Figure 5. The first set contains the references in which the words *low* and *energy* occur together, (w) means with, i.e. written together, in an unprefixed field (i.e. title, corporate source or keywords phrase). Set 2 refers to the references in which the phrase *electron diffraction* is present. In the third set, the references with the word *tungsten* are included. Set 4 is the logical combination of sets 1 AND 2 AND 3. The first reference of set 4 is shown, and it can be seen that the terms *low-energy*, *electron diffraction* and *tungsten* occur in the title. However, the abbreviation *LEED* for low-energy electron diffraction has also been used as a descriptor term. This term has been selected (set 5) and combined with *tungsten*, excluding set 4, to see whether the use of *LEED* does produce more references. Indeed 22 more are found (set 6). Finally, *surface* has been selected (set 7) and intersected with sets 4 and 6, producing set number 8 containing 39 references. The third reference of set 8 relates to a publication by Dr. Roy F. Willis of ESA's Space Science Department.

Conclusion

The search illustrated in this simple example was completed in less than ten minutes at a cost of about 12 US \$, including verification of the results before ordering printout. Consider what was involved. From well over three million items, the computer

Figure 5 – An example of a small bibliographical search on the low-energy electron diffraction of tungsten. The search process elements involved in producing the final set of 39 references on this specific topic are outlined in the accompanying text.

```
? ds
SET ITEMS DESCRIPTION
1 3573 LOW(W)ENERGY
2 2934 ELECTRON(W)DIFFRACTION
3 18314 TUNGSTEN
4 58 1*2*3
? t4
88162057 Chemabs No. 22 journal
  Electron-spin polarization in [REDACTED] electron diffraction from
  tungsten (001)
  Kalisvaart, M.; O'Neill, M. R.; Riddle, T. W.; Dunnins, F. B.; 
  Walters, G. K.
  Dep. Phys., Rice Univ., Houston, Tex.
  Phys. Rev. B; (78) P 1570-8; Vol 17; No 4; In Eng; Coden PLRBA
  ISSN 0556280;
  Sections: 075005 / 066
  Terms: surface structure determination [REDACTED] / polarization LEED
  surface structure / tungsten LEED polarization

? ds
SET ITEMS DESCRIPTION
1 3573 LOW(W)ENERGY
2 2934 ELECTRON(W)DIFFRACTION
3 18314 TUNGSTEN
4 58 1*2*3
5 601 LEED
6 22 5*3-4
7 50162 SURFACE
8 39 (4+6)*7

? t8/2/3
88141855 Chemabs No. 20 journal
  Surface-resonance-band fine structure in [REDACTED] electron
  diffraction from tungsten(001)
  Willis, Roy F.
  Eur. Space Res. Technol. Cent., Eur. Space Agency Noordwijk
  Neth.
  Phys. Rev. B; (78) P 909-11; Vol 17; No 2; In Eng; Coden PLRBA
  ISSN 0556280;
  Sections: 065001 / 075 / 076
  Terms: tungsten surface resonance band polemic / energy band
  surface tungsten polemic
```

selected, within seconds, almost 1000 dealing with low-energy electron diffraction. It next selected over 18 000 items relating to tungsten, almost 60 000 relating to surfaces, and finally compared all three sets together keeping only those items relating to all three concepts and resulting in just under 50 relevant items. Most of the ten minutes 'connect-time' was occupied in considering the computer's response, thinking about the next step, and verifying the results obtained – in other words, the human being is still the limiting factor. ☀

Co-operation Agreement signed between ESA and The Canadian Government

In Brief

By a unanimous decision of Council, ESA's Director General, Mr. Roy Gibson, was authorised to sign a co-operation agreement between the Agency and the Canadian Government in Montreal on 9 December. The Canadian Government was represented by its Minister of Communications Mrs. Jeanne Sauvé.

Under the terms of this agreement, Canada will participate in the general studies on future projects that form part of the Agency's basic activities. This participation may extend to other parts of the European space programme conducted within the framework of ESA's mandatory, optional or operational activities. Canada will participate in the meetings of the Agency's delegate bodies and may be represented on the Council by two delegates who will have the right to vote

on all questions relating to activities covered by the agreement. Canada's financial contribution in respect of its participation in the general studies on future projects will be 1% of the net fixed common costs under the ESA general budget.

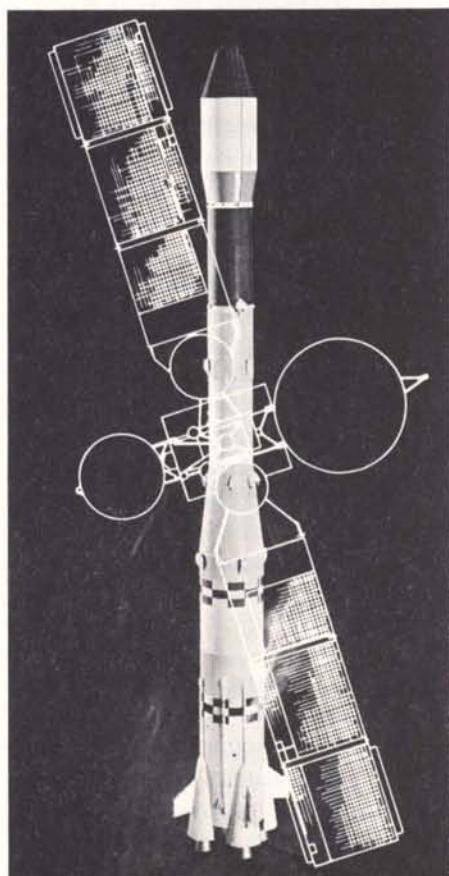
The signing of this agreement is an important step towards closer relations between Canada and the Agency. It confirms the intention of the Canadian Government to expand its collaboration in European space activities and establish permanent institutional relations with ESA.

Co-operation between the Canadian Government and ESA began in 1972, with the signing of an agreement on the provision by Europe of systems to be flown on the Canadian experimental communications satellite CTS. The co-operative links were reinforced in March 1977 by the signing of an arrangement defining terms of co-operation in the field of remote sensing. Canada has enjoyed Observer status with ESA since June 1975.

Intelsat-V to be launched by Ariane

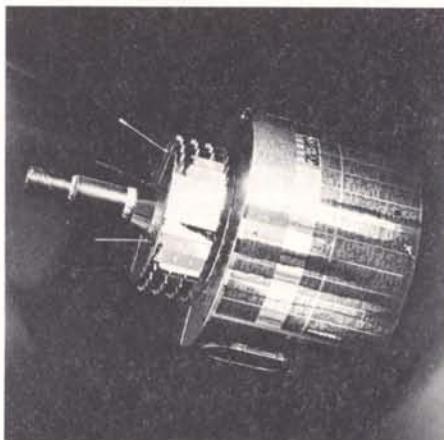
ESA was informed in December that the INTELSAT Board of Governors has decided for its Intelsat-V programme (Units 5, 6 and 7), to place a firm order for an Ariane launch in mid-1981 (date to be confirmed), to accept the Agency's offer of a free option on a further launch, and to alter the contract with Ford Aerospace and Communications Company, the satellite constructor, accordingly.

This decision constitutes a major milestone for the Ariane programme in particular, and for the European space effort in general. The decision also breaks new ground for INTELSAT, since Ariane will be the first non-American launch vehicle to be used by that organisation on behalf of its 102 member countries.



First Year of Meteosat Operations Completed

The 9th of December marked the first anniversary of receipt of the first visible and infrared images from ESA's Meteosat-1 meteorological satellite, which was launched into geostationary orbit on 23 November 1977.



The satellite's instruments have worked extremely well during this first year of orbital operations, so much so that the image-taking, dissemination and data-collection capabilities can be said to have exceeded all expectations.

In addition to transmitting excellent visible and infrared images of the Earth's disc every thirty minutes, and retransmitting some 300 image formats per day in various digital and analogue



forms to Primary and Secondary Data User Stations, Meteosat is acting as a relay for the dissemination of image data from the American GOES-1 and GOES-3 satellites located over the Atlantic and Indian Oceans, respectively.

It is therefore possible at the present time for the countries falling within Meteosat's telecommunications coverage to receive images in both the visible and infrared bands covering about two thirds of the globe.

Aside from fulfilling these image-acquisition and dissemination missions, the Meteosat system is designed to supply immediately usable meteorological products such as wind-speed, cloud-height and sea-surface-temperature information.

The satellite's water-vapour channel, one of the Meteosat payload's most novel features, is considered by the meteorological community to represent a major advance in the refinement of meteorological interpretation techniques.



Signature of the three ESA/NASA Memoranda of Understanding; from left to right: Mr. Norman Terrell, NASA Director of International Affairs Division, Dr. Robert Frosch, NASA Administrator, Mr. Roy Gibson, Director General of ESA, and Mr. Jean Arets, Head of the ESA Branch of International Affairs.

Annual Spacelab Programme Meeting

The Annual ESA/NASA Spacelab Programme Meeting took place at ESA Headquarters in October. During the course of the Meeting, Mr. Roy Gibson, Director General of ESA, and Dr. Robert A. Frosch, NASA Administrator, signed three Memoranda of Understanding between their respective Agencies, relating to the use of data transmitted by the American remote-sensing satellites Landsat 2 and 3, Nimbus G and Seasat. The provisions of these Memoranda are concerned with:

- The acquisition, preprocessing and

dissemination to the national points of contact of Earthnet, the European network set up by ESA, of data transmitted by the Landsats-2 and 3 and Nimbus-G spacecraft.

- The acquisition and transmission of oceanographic data resulting from the use of microwave systems on board Seasat. These data will be exploited by the SURGE (Seasat Users Research Group Europe) under the auspices of the European Association of Remote Sensing Laboratories (EARSeL), for the purpose of studying the value of microwave detectors for use on future European satellites.

Director of KSC visitor to ESTEC

Mr. Lee Scherer, Director of NASA's Kennedy Space Center, visited the European Space Research and Technology Centre at Noordwijk on 13 October.

During his visit, Mr. Scherer had discussions with Prof. Massimo Trella, ESA's Technical Director, on the work of the Development and Technology Department at ESTEC, and made a tour of the facilities. He was also briefed on the Agency's Scientific, Telecommunications and Spacelab Programmes.

Publications

The documents listed have been issued since the last publications announcement in the Bulletin. Requests for copies should be made in accordance with the Table inside the back cover and using the Order Form on Page 87.

ESA Journal

The following papers were published in Vol. 2, No. 3:

ENERGY FOR EUROPE FROM SPACE?
KASSING, D./REINHARTZ, K.K.

SIMULATIONS DE GUIDAGE-PILOTAGE DU LANCEUR ARIANE AVEC ELEMENTS REELS
HUMBERT, B./NGUYEN, H.P.

MISSION ANALYSIS FOR TERRESTRIAL SATELLITE AND PLANETARY ORBITERS WITH SPECIAL EMPHASIS ON HIGHLY ECCENTRIC ORBITS: 2. THE SOFTWARE DESIGN
JANIN, G.

FURTHER INVESTIGATION OF RF GAIN DEGRADATION IN HIGH-POWER MICROWAVE TRANSISTORS UNDER MULTICARRIER OPERATION
GIBSON, M.H./POLLACSEK, M./STRIJK, S.

LUNAR PALEOTIDES AND THE ORIGIN OF THE EARTH-MOON SYSTEM
ANDERSON, A.J.

MATERIALS INVESTIGATION FOR A FAILED SPACECRAFT ANTENNA
DUNN, B.D./COLLINS, D.S.

Vol 2, No. 4:

TRANSMISSION ASPECTS OF THE EUROPEAN COMMUNICATIONS SATELLITE (ECS) SYSTEM
HARRIS, R.A.

MEASUREMENTS MADE ON AN EXPERIMENTAL LINK SIMULATING A 180 MBIT/S COMMUNICATIONS SATELLITE CHANNEL
HUGHES, C.D.

THERMOCINETIQUE DES TRANSFERTS COUPLES RADIATIFS ET CONDUCTIFS: 2. IDENTIFICATION PAR FILTRAGE DE KALMAN
SAULNIER, J.B./FERRANTE, J.G./BOUCHEZ, J.P.

ANALYSIS OF STRONGLY NONLINEAR CIRCUITS USING VOLTERRA SERIES
BENEDETTO, S./BIGLIERI, E.

Special Publications

ESA SP-139 SPACECRAFT THERMAL & ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEMS. PROC INTERNAT SYMP MUNICH, GERMANY, 10-12 OCTOBER 1978. (DEC 1978)
KHINE, M./BATTRICK, B./ROWLEY, C. (EDS)
PRICE CODE C4

ESA SP-140 PHOTOVOLTAIC GENERATORS IN SPACE. PROC EUROPEAN SYMP NOORDWIJK, THE NETHERLANDS, 11-13 SEPTEMBER 1978. (NOV 1978)
BOGUS, K./GUYENNE, T.D. (EDS)
PRICE CODE C2

Scientific and Technical Reports

ESA SR-28 SUPPLEMENT TO THE ULTRAVIOLET BRIGHT-STAR SPECTROPHOTOMETRIC CATALOGUE - A COMPILATION OF ABSOLUTE SPECTROPHOTOMETRIC DATA OBTAINED WITH THE SKY SURVEY TELESCOPE (S2/68) ON THE EUROPEAN ASTRONOMICAL SATELLITE TD-1. (OCT 1978)
MACAU-HERCOT, D. ET AL.
PRICE CODE C1

Scientific and Technical Memoranda

ESA STM-207 THE RESISTANCE OF SPACE-QUALITY SOLDER JOINTS TO THERMAL FATIGUE. (SEP 1978)
DUNN, B.D.
PRICE CODE C1

ESA STM-209 PROBLEMS ENCOUNTERED WITH THE USE OF SEMI-RIGID COAXIAL CABLES IN SPACECRAFT ELECTRONICS. (SEP 1978)
FLETCHER P.
PRICE CODE C1

ESA STM-210 EXAMINATION OF NEW TYPES OF RAYCHEM SOLDER SLEEVES. (SEP 1978)
DUNN, B.D./COLLINS, D.S.
PRICE CODE C1

Procedures, Standards and Specifications

ESA PSS-07 (QRM-01) ISSUE 4 GUIDELINES FOR SPACE MATERIALS SELECTION. (JUL 1978)
PRODUCT ASSURANCE DIVISION, ESTEC
PRICE CODE E1

Technical Translations

ESA TT-440 STATE OF THE ART OF STUDIES OF THE DYNAMICS OF ROTATING FLUIDS, PART 1
OUSSET, N., ESA

ESA TT-442 ANALYSIS OF THE FUNCTIONING AND LONG-TERM DEGRADATION OF PERFORMANCE OF A HIGH-FREQUENCY TRANSISTOR OSCILLATOR
POLLACSEK, M./FERRANTE, J., ESA

ESA TT-443 STATE OF THE ART OF STUDIES OF THE DYNAMICS OF ROTATING FLUIDS, PART 2
OUSSET, Y., ESA

ESA TT-444 COMPARISON OF THERMO-OPTICAL MEASUREMENTS MADE BY SIX EUROPEAN LABORATORIES. PROJECT FOR STANDARDIZATION OF MEASUREMENT METHODS AND EQUIPMENT
LEVADOU, F., ESA

ESA TT-445 SPECTRAL APPROXIMATION OF A CLASS OF OPERATORS AND APPLICATIONS
TAHRAOUI, R., ONERA, FRANCE

ESA TT-447 ORBIT DETERMINATION AND ORBIT PREDICTION FROM MEASURED DATA USING THE ELKORR PROGRAM. A REPORT ON THE METHOD AND EXPERIENCE IN USING IT
ZIMMERMANN, K., DFVLR, GERMANY

- ESA TT-450 INVESTIGATIONS ON THE PRODUCT RELIABILITY OF THE HYDRAZINE DECOMPOSITION CATALYST KC IR 12 GA**
HARTUNG, W./KOCHE, H., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-454 INFLUENCE OF THE EFFECT OF STORAGE ON MODELS OF POWER CELL DYNAMICS**
FOSSARD, A./CLIQUE, M., ESA
- ESA TT-456 SEAP – CONFIGURATIONS AND COST ANALYSIS**
MANSKI, D./WITBRACHT, L., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-458 EXPERIENCES WITH THE ASSESS2 LIDAR EXPERIMENT**
WERNER, C./HERRMANN, H./KOEPP, F., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-459 LA RECHERCHE AEROSPATIALE – BIMONTHLY BULLETIN, 1977-5.** ONERA, FRANCE
- ESA TT-460 SEAP – A SPACELAB EXPERIMENTAL PROPULSION PLATFORM FOR TRANSPORTING SPACELAB PAYLOADS. FIRST STUDY RESULTS**
MANSKI, D./ROSEN, S./LANGE, T./NAEHLER, R./PIENING, M./SCHMIDT H./SHAU, G., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-463 STRUCTURAL MODIFICATIONS ON A SWEEP WING MODEL WITH TWO EXTERNAL STORES BY MEANS OF MODAL PERTURBATION AND MODAL CORRECTION METHODS**
FREYMANN, R., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-464 DESIGN AND CALIBRATION OF 5-POINT CONICAL PRESSURE PROBES FOR MEASURING IN SUPERSONIC FLOW**
NEUHAEUSER, H.-G./COORS, D., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-465 STUDY ON FORMATION OF REACTION LAYERS ON METAL SURFACES BY USING A BLENDED LUBRICANT**
LINDINGER, H., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-466 INVESTIGATION OF THE JET WAKE DISCHARGE FLOW OF A HIGHLY LOADED CENTRIFUGAL COMPRESSOR IMPELLER**
ECKARDT, D., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-467 IMPROVEMENT OF MODAL METHODS FOR DYNAMIC RESPONSE PROBLEMS OF LINEAR ELASTIC STRUCTURES**
KIESSLING, F., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-468 THEORETICAL INVESTIGATION OF THE VISCID FLOW PAST A FLAT PLATE WITH GROUND EFFECT**
GELLER, W., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-469 FUNDAMENTAL INVESTIGATIONS ON EFFUSION COOLING OF TURBINE BLADES**
KRUSE, H., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-470 STUDY OF AN AIR LIFT PUMP IN A CENTRIFUGAL FORCE FIELD**
MANTE, J., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-474 HIGH TEMPERATURE LOW CYCLE FATIGUE TESTING MACHINE**
CHABOCHÉ, J.-L./POLICELLA, H./KACZMAREK, H., ONERA, FRANCE
- ESA TT-476 LA RECHERCHE AEROSPATIALE – BIMONTHLY BULLETIN, 1977-6**
ONERA, FRANCE
- ESA TT-477 THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF ACOUSTIC PROPAGATION IN INHOMOGENEOUS MOVING MEDIA**
CANEL, S., ONERA, FRANCE
- ESA TT-478 NONLINEAR DEFORMATIONS AND STATIC BUCKLING**
VALID, R., ONERA, FRANCE
- ESA TT-482 ANALYSIS OF A REMOTE SENSING PAYLOAD FOR THE SPACELAB D3 MISSION**
SCHLUDE, F., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-484 THE INTEL 8080 A MICROPROCESSOR AND ITS APPLICATION AS A DIGITAL FILTER**
MOSER, K./SCHOTT, J., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-485 A SEMINUMERICAL PROCEDURE FOR THE CALCULATION OF GEOSTATIONARY ORBIT PERTURBATIONS CAUSED BY THE SUN AND THE MOON**
ECKSTEIN, M., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-486 INVESTIGATIONS TO DETERMINE THE ORBIT OF A EUROPEAN MICROWAVE SATELLITE**
JOCHIM, E., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-488 INVESTIGATIONS FOR THE CALCULATION OF ROBUST CONTROL SYSTEMS**
STEINHAUSER, R., DFVLR, GERMANY
- ESA TT-490 HETERODYNE RECEPTION IN THE OPTICAL AND IR FREQUENCY RANGE WITH VARIOUS AMPLITUDE DISTRIBUTIONS**
MALOTA, F., DFVLR, GERMANY
- Contractor Reports**
- ESA CR(P)-1000 DEFINITION STUDY OF A MILLIMETER WAVE EXPERIMENT – FINAL REPORT: VOL 1 - OPERATIONAL SYSTEM/VOL 2 - EXPERIMENTAL SYSTEM/VOL 3 - STUDY SUMMARY.** (APR 1977)
TELESPIAZIO, ITALY
- ESA CR(P)-1001 DESIGN ANALYSIS AND TESTING OF SOLAR CELL MODULES – FINAL REPORT: PHASE II.** (UNDATED)
AEG-TELEFUNKEN/ERNO, GERMANY
- ESA CR(P)-1002 DESIGN STUDY OF AN EXPERIMENT COOLING SYSTEM WITH LIQUID/AIR HEAT EXCHANGER FOR SPACELAB PAYLOADS (ECLA).** (AUG 1977)
EIDGENOESSISCHES FLUGZEUGWERK, SWITZERLAND
- ESA CR(P)-1004 THERMAL CONDUCTANCE ACROSS BALL BEARINGS IN VACUUM.** (FEB 1977)
ESTL/UKAEA, UK
- ESA CR(P)-1008 DESIGN STUDY OF A SERIAL DIGITAL INTERFACE BASED ON FIBER OPTICS.** (NOV 1976)
SYSTEMS AND INFORMATICS AG, SWITZERLAND
- ESA CR(P)-1009 A COMPARATIVE EVALUATION OF SEARCHING BY CONTROLLED LANGUAGE AND NATURAL LANGUAGE IN AN EXPERIMENTAL NASA DATA BASE.** (JUL 1977)
CRANFIELD INST. OF TECH., UK
- ESA CR(P)-1010 EMC DATA BOOK FOR SPACELAB PAYLOADS.** (MAR 1977)
MBB, GERMANY
- ESA CR(P)-1011 DEFINITION STUDY OF A MULTIDISCIPLINARY EUROPEAN SPACELAB MISSION – VOL 1: EXECUTIVE SUMMARY. VOL 2: APPENDIX TO EXECUTIVE SUMMARY.** (AUG 1977)
MBB, GERMANY
- ESA CR(P)-1015 A STUDY OF A MULTIPLEXED DATA BUS FOR SPACE APPLICATION – FINAL SUMMARY REPORT.** (FEB 1977)
DORNIER SYSTEM, GERMANY
- ESA CR(P)-1016 STUDY OF TEST METHODS FOR LARGE FLEXIBLE SOLAR ARRAYS (VELSA) – FINAL REPORT.** (JUL 1977)
PILATUS AIRCRAFT/AEROSPACE ENGINEERING OFFICE, SWITZERLAND
- ESA CR(P)-1017 VOL 1: APPLICATION OF IMPEDANCE BOUNDARY CONDITIONS TO CORRUGATED HORNS/VOL 2: ACCURACY INVESTIGATION OF THE COMPUTER PROGRAMS TSV2 AND ROT2/VOL 3: EXTENSIONS OF THE COMPUTER PROGRAM TSV2/VOL 4: EXTENSIONS OF THE COMPUTER PROGRAM ROT2.** (MAY/SEP 1977)
TECHNICAL UNIVERSITY, DENMARK
- ESA CR(P)-1018 HIGH-POWER OUTPUT CIRCUITRY – FINAL REPORT.** (JUN 1976)
AEG, GERMANY/MARCONI, UK
- ESA CR(P)-1036 DESIGN STUDY FOR A SPIN-UP AND EJECTION MECHANISM – FINAL STUDY REPORT.** (JUL 1977)
BAC, UK
- ESA CR(P)-1039 THERMAL DESIGN VERIFICATION, QUALIFICATION AND ACCEPTANCE TESTING CONCEPT FOR FUTURE LARGE SPACE OBJECTS.** (DEC 1977)
MATRA, FRANCE
- ESA CR(P)-1040 STUDY OF THERMAL DESIGN VERIFICATION, QUALIFICATION AND ACCEPTANCE TESTING CONCEPT FOR FUTURE LARGE SPACE OBJECTS.** (UNDATED)
ERNO, GERMANY
- ESA CR(P)-1041 GAAS FET DRIVER AMPLIFIER – FINAL REPORT.** (NOV 1977)
PLESSEY, UK
- ESA CR(P)-1042 ESSAIS THERMIQUES SUR LES OBJETS SPATIAUX DE GRANDES DIMENSIONS – APPLICATIONS A LA CHARGE UTILE D'ARIANE – RAPPORT FINAL.** (JAN 1978)
AEROSPATIALE, FRANCE
- ESA CR(P)-1043 DESIGN STUDY OF A LIQUID HEAT TRANSFER LOOP FOR THERMAL CONDITIONING OF SPACELAB EXPERIMENT PAYLOADS – FINAL REPORT.** (DEC 1977)
MICROTECNICA, ITALY
- ESA CR(P)-1044 ETUDE DES GENERATEURS HYDRAULIQUES POUR LES ESSAIS AUX VIBRATIONS D'OBJETS SPATIAUX DE GRANDES DIMENSIONS.** (NOV 1977)
SOPEMEA, FRANCE
- ESA CR(P)-1046 IMPROVEMENT OF AN ELECTRICAL HEATER SYSTEM FOR SPACECRAFT THERMAL CONTROL VOL 1: FINAL REPORT/VOL 2: SUMMARY OF FINAL REPORT.** (JAN 1978)
ERNO, GERMANY

ESA CR(P)-1047 STUDY OF ATTITUDE ACQUISITION SYSTEMS BASED ON MOMENTUM EXCHANGE. (JAN 1978)
MATRA, FRANCE

ESA CR(P)-1048 APPLICATION DE L'APPROCHE DYNAMIQUE STATISTIQUE A L'ETUDE PREVISIONNELLE DES CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES D'ASSEMBLAGES DE SOUS-STRUCTURES DE SATELLITES ET DE LEUR COMPORTEMENT VIBRATOIRE DANS UNE AMBIANCE ACOUSTIQUE ALEATOIRE DIFFUSE/VOL 1: RAPPORT FINAL/VOL 2: MANUELS D'UTILISATION DU LOGICIEL 'ASS'/VOL 3: MANUELS D'UTILISATION DU LOGICIEL 'PRA'/VOL 4: MANUELS D'UTILISATION DU LOGICIEL 'SET'. (DEC 1977/JAN 1978)
ONERA, FRANCE

ESA CR(P)-1050 THERMAL VACUUM LIFE TEST OF AN MSDS SOLAR-ARRAY DRIVE (MSDS NO.2) (FIRST TWO YEARS OF OPERATION). (DEC 1977)
ESTL/UKAEA, UK

ESA CR(P)-1051 STUDY OF THE STRAPDOWN INERTIAL/OPTICAL ATTITUDE-MEASUREMENT SYSTEMS - RIDER NO. 1 - FINAL REPORT. (JAN 1978)
BRITISH AEROSPACE, UK

ESA CR(P)-1052 PRELIMINARY STUDY OF ATTITUDE MEASUREMENT AND CONTROL REQUIREMENTS FOR EARTH RESOURCES SATELLITES - FINAL REPORT. (JAN 1978)
BRITISH AEROSPACE, UK

ESA CR(P)-1053 APPLIED RESEARCH STUDY ON NOISE EFFECTS ON LOGICAL LEVEL DATA TRANSMISSION - FINAL REPORT. (JAN 1978)
ERNO, GERMANY

ESA CR(P)-1054 STUDY OF FEED SYSTEMS FOR HIGH-GAIN ANTENNAS - FINAL REPORT. (JAN 1978)
TICRA APS, DENMARK

ESA CR(P)-1055 RTU STUDY FINAL REPORT. (SEP 1977)
MONTEDEL, ITALY

ESA CR(P)-1056 FINAL REPORT ON AVALANCHE FREQUENCY MULTIPLIER. (JAN 1978)
UNIV. LILLE, FRANCE

ESA CR(P)-1057 LITERATURE SURVEY ON THE TRADE-OFF BETWEEN SYSTEM TESTING AND IN-ORBIT RELIABILITY OF SPACECRAFT. (FEB 1978)
INDUSTRIEANLAGEN-BETRIEBSGESELLSCHAFT MBH, GERMANY

ESA CR(P)-1058 FINAL REPORT FOR A STUDY ON EVALUATION OF IN-BUILT STRESSES DURING MANUFACTURE OF ELEMENTS MADE OF CARBON FIBRE REINFORCED PLASTICS. (JAN 1978)
DORNIER SYSTEM, GERMANY

ESA CR(P)-1059 DESCRIPTION OF A SIMULATION MODEL OF SYNTHETIC APERTURE RADAR SYSTEMS/VOL 1: SUMMARY/VOL 2: THEORY AND RESULTS. (JUL 1977)
FERRANTI, UK

ESA CR(P)-1060 FINAL REPORT ON THE STUDY OF THE DEFINITION OF A GROUND SAR PROCESSOR FOR SEASAT-A. (UNDATED)
GEC/MARCONI, UK

ESA CR(P)-1062 FUTURE PROSPECTS OF DIGITAL COMMUNICATION SERVICES BY SATELLITE/VOL 1: PRINCIPAL REPORT/VOL 2: ANNEXES. (MAR 1978)
EUROSAT, SWITZERLAND

ESA CR(P)-1063 A THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF JOSEPHSON FREQUENCY MIXERS FOR HETERODYNE RECEPTION IN THE SUBMILLIMETRE WAVELENGTH RANGE. (FEB 1978)
NPL, UK

ESA CR(P)-1064 DEMODULATEUR PSK - PHASE 2: RAPPORT FINAL. (FEB 1978)
THOMSON-CSF, FRANCE

ESA CR(P)-1065 EUROPEAN PYROTECHNIC DEVICES CATALOGUE FOR USE IN SPACE APPLICATIONS. (JAN 1978)
CNES, FRANCE

ESA CR(P)-1067 RADIATION EFFECTS ENGINEERING HANDBOOK. (APR 1978)
FULMER RESEARCH INST., UK

ESA CR(P)-1068 ASTROMETRY SATELLITE - THEORETICAL STUDY OF THE ACCURACY. VOL 1: MODELS AND ALGORITHMS/VOL 2: NUMERICAL EXPERIMENTS. (APR 1978)
AML SARL, FRANCE

ESA CR(P)-1069 MISE AU POINT DE MATERIAUX COMBINANT LA QUALITE DE REFLECTEUR SOLAIRE ET UNE BONNE CONDUCTIBILITE ELECTRIQUE. (JAN 1978)
ONERA, FRANCE

ESA CR(P)-1070 EXTREME UV/X-RAY SURVEY SATELLITE MISSION - PHASE A STUDY. VOL 1: FINAL REPORT/VOL 2: ANNEXES. (APR 1978)
MATRA, FRANCE

ESA CR(P)-1071 STUDY OF ATTITUDE CONTROL SYSTEMS USING THE EARTH'S MAGNETIC FIELD AT SYNCHRONOUS ALTITUDES - FINAL REPORT. (APR 1978)
BRITISH AEROSPACE, UK

ESA CR(P)-1072 DESIGN STUDY OF AN OPTICAL YAW EARTH SENSOR - FINAL REPORT. (MAR 1978)
OFFICINE GALILEO, ITALY

ESA CR(P)-1073 INSULATION TECHNIQUES IN HIGH VOLTAGE HIGH POWER CONVERTERS - FINAL REPORT. (UNDATED)
AEG-TELEFUNKEN, GERMANY

ESA CR(P)-1074 FEASIBILITY AND PREDEFINITION STUDY OF A METEOROLOGICAL DATA DISTRIBUTION AND LASO MISSION USING A SIRIO BUS - PHASE 'A' FINAL REPORT. (MAR 1978)
AEROSPAZIALE, ITALY

ESA CR(P)-1075 STUDY OF HYBRID POWER STRUCTURES - FINAL REPORT. (APR 1978)
ELEKTRONIKCENTRALEN, DENMARK

ESA CR(P)-1076 ADDITIONAL THERMAL CYCLING TESTS ON SOLAR CELL PANEL SAMPLES UNDER VACUUM CONDITIONS - FINAL REPORT. (JAN 1978)
DFVLR, GERMANY

ESA CR(P)-1078 SPACELAB - DEFINITION STUDY OF A MULTIDISCIPLINARY EUROPEAN MISSION - FINAL REPORT. (OCT 1977)
BAC, UK

ESA CR(P)-1080 WEAR OF MODIFIED ELECTRICAL BRUSH MATERIALS IN VACUUM. (APR 1978)
ESTL/UKAEA, UK

ESA CR(P)-1081 STUDY OF THE POSITIONING OF SOLID AND LIQUID MATERIALS IN NEAR ZERO GRAVITY ENVIRONMENTS BY ELECTROSTATIC FIELDS. (APR 1978)
BATELLE, GERMANY

ESA CR(P)-1083 LINK ANALYSIS PROGRAM 'LINKAN' VOL 1: THEORETICAL AND PROGRAMMER'S MANUAL/VOL 2: USER'S MANUAL. (APR 1978)
MARCONI, UK

ESA CR(P)-1084 SEOCS - SUN/EARTH OBSERVATORY AND CLIMATOLOGY SATELLITE - PHASE A STUDY FINAL REPORT. VOL 1: EXECUTIVE SUMMARY/VOL 2: TECHNICAL RESULTS/VOL 3: SCANNING RADIOMETER FEASIBILITY. (MAR/APR 1978)
DORNIER SYSTEM, GERMANY

ESA CR(P)-1085 COMPLEX MIRROR STUDY FOR THE ESA ASTROMETRY PROJECT. (MAR 1978)
MATRA, FRANCE

ESA CR(P)-1086 GUIDELINES FOR SPACECRAFT POWER AND SIGNAL CABLING. (FEB 1978)
BRITISH AEROSPACE, UK

ESA CR(P)-1087 EVALUATION OF AMPEP JOURNAL BEARINGS FOR ISEE-B BOOM HINGE. (OCT 1977)
ESTL/UKAEA, UK

ESA CR(P)-1088 MANUFACTURING AND QUALIFICATION TESTING FOR DTGS ANALINE DOPED PYROELECTRIC DETECTORS - MANUFACTURING REPORT AND QUALIFICATION REPORT. (APR 1978)
MULLARD, UK

Advertisers index

AEROSPATIALE	2
BRITISH AEROSPACE	3
SODETEC	4
BELL TELEPHONE	5
TMTR	81
ESRIN/IRS	82/83
ESTL	84
TELDIX	84
STS	85
CROUZET	86

For all advertising information contact:

Simon Vermeer, Advertising Manager,
ESA Bulletin, c/o ESTEC, Noordwijk,
the Netherlands. Tel. 01719-82872. Telex 39098

TECHNICAL DOCUMENTATION SERVICES



Provide a comprehensive documentation consultancy and management service to major projects.



Produce a wide range of quality technical documentation for individual equipments and complete systems, for a wide range of technologies.



As contractors to ESA are producing documentation for satellite checkout equipment.

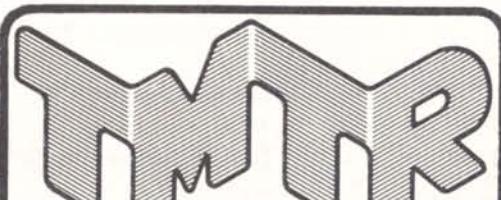


Operate from Oxford, England, serving clients in the U.K., Europe and the Middle East.



Are a member of the Pergamon Press Group of Companies — one of the world's leading publishers of scientific books and journals.

Consult us —



Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BW.
Tel: (0865) 64881 Telex: 83177

TECHNICAL MANUALS,
TRAINING AND
REPROGRAPHIC
SERVICES LIMITED



A MEMBER OF THE PERGAMON
PRESS GROUP OF COMPANIES

Take the search

If your research project involves delving into any of the important information sources listed opposite, IRS can help you NOW!

Searching on-line to our computer is simple and fast – answers are forthcoming quite literally in minutes; ideas too, as the computer shows you related items. You can save valuable time, surprise colleagues round the conference table, save on your budget; all this from your own desk, from anywhere in Europe.

The on-line information retrieval service of IRS is available throughout Europe now, via the ordinary telephone service.



Take the search out of research!
Contact your National Centre for more details, or contact IRS directly.

NATIONAL CENTRES ALREADY IN FULL OPERATION:

Belgium

Mr E. Lapeysen, C.N.D.S.T.
4 Bd de l'Empereur, 1000 BRUXELLES
tel. (02) 513 6180, twx. 21157

Spain

Mr T. Baiget, INTA RED/INCA
Serrano 187, MADRID 2
tel. (01) 450 5800, twx. 42608

Denmark

Mr D. Nag, DTB Library
Anker Engelunds Vej 1, 2800 LYNGBY
tel. (02) 883 088, twx. 37148

Sweden

Mr A. Nord, KTH Library
Vallhallavägen 81-83,
100 44 STOCKHOLM
tel. (02) 787 8950, twx. 10389

France

Miss C. Gruson, ANRT
101 Avenue R. Poincaré, 75116 PARIS
tel. (01) 533 4036 or 533 4067

United Kingdom

Mr B. Kingsmill,
DIALTECH Service, TRC,
ORPINGTON,
Kent BR5 3RF
tel. (0689) 32111, twx. 896866

Ireland

Miss E. Butterly, IIRS
Ballymun Road, DUBLIN 9
tel. (01) 370101, twx. 5449



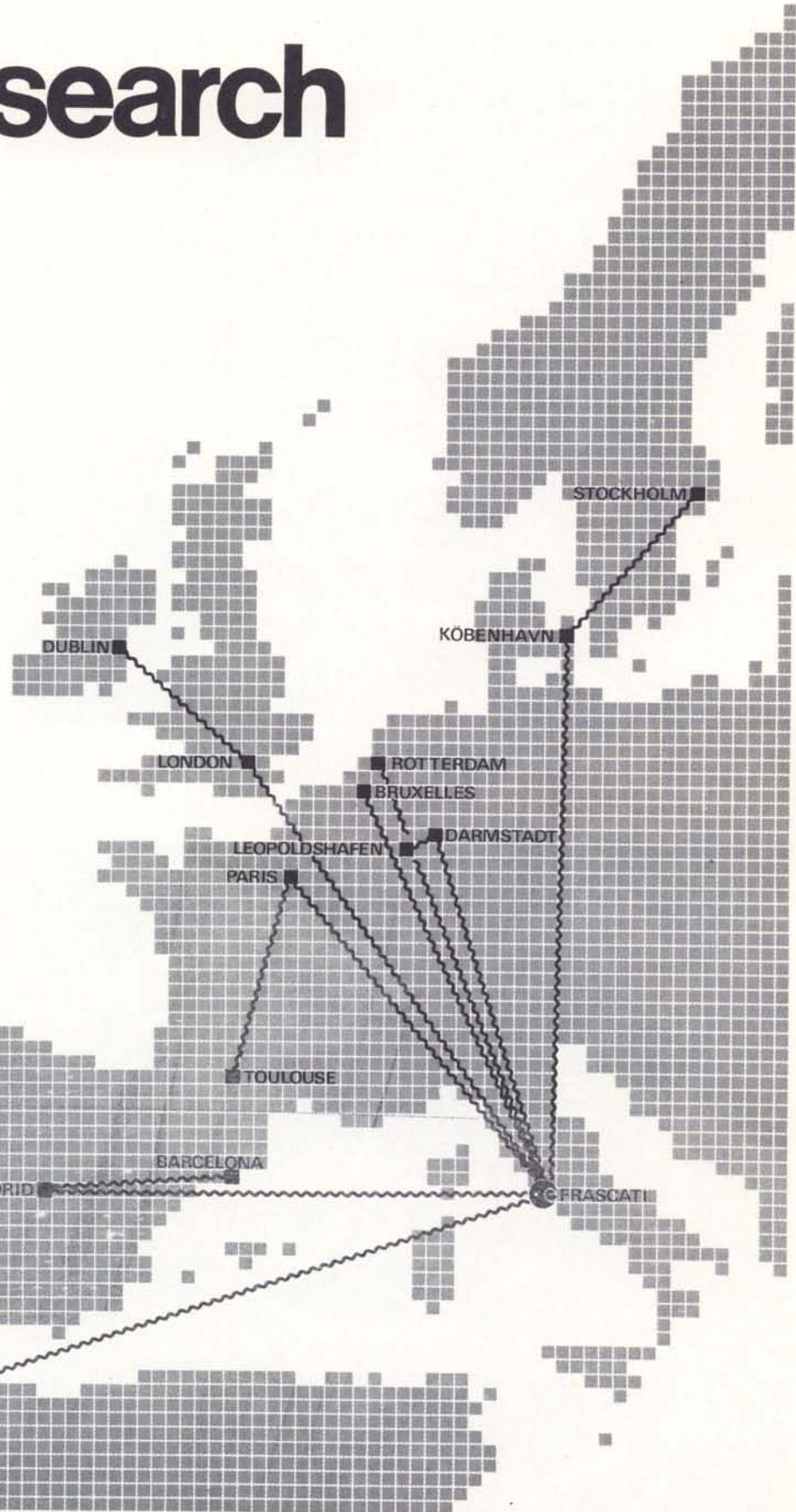
INFORMATION RETRIEVAL SERVICE
(formerly Space Documentation
Service)

ESRIN, Via Galileo Galilei
00044 Frascati (Rome) Italy
Tel. (06) 942 24 01
Twx. 610637 ESRIN I

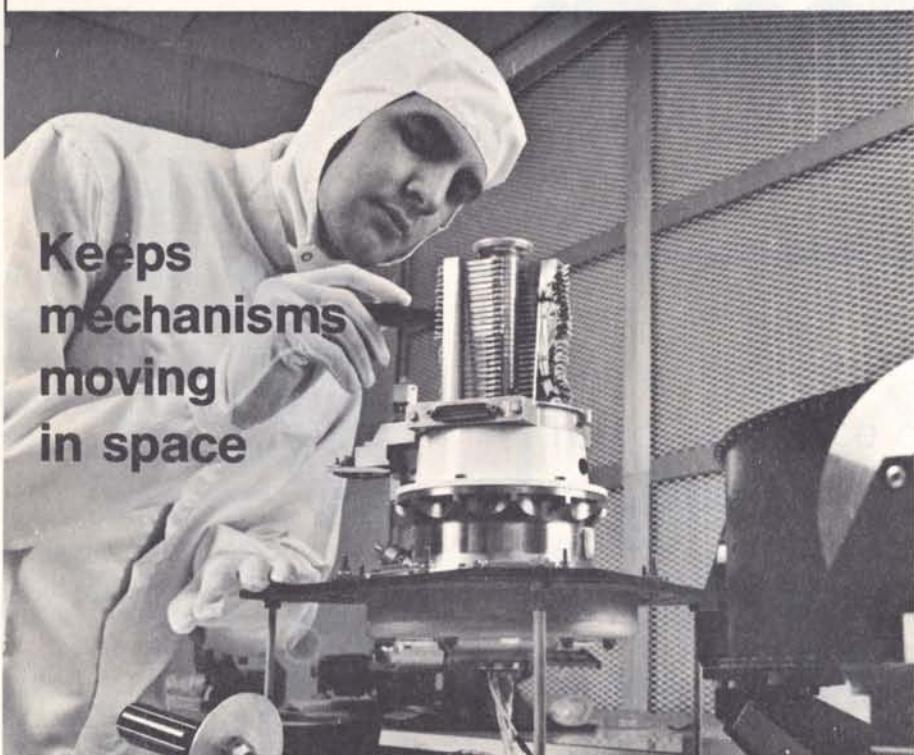
out of research

IRS information sources:

- biological abstracts
- bioresearch index
- bulletin signalétique
- chemical abstracts
- computer and control abstracts
- earth resources imagery
- electrical engineering and electronics abstracts
- electronic component data
- energy information abstracts
- engineering index
- environment abstracts
- government reports announcements
- international aerospace abstracts
- ismec bulletin
- metals abstracts
- oceanic abstracts
- physics abstracts
- pollution abstracts
- scientific and technical aerospace reports
- world aluminium abstracts



European Space Tribology Laboratory



Keeps
mechanisms
moving
in space

Serving the Aerospace
industry with: —

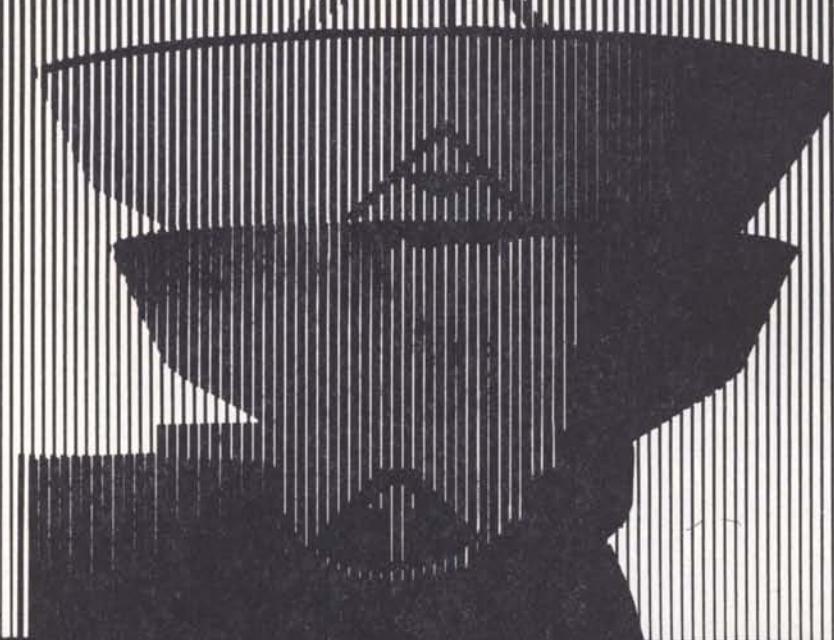
- ESA approved thermal vacuum test facilities
- Space Tribology consultancy
- Space bearing lubrication, evaluation and test
- Ion plating of lead for precision mechanism lubrication in space
- Tribology testing for development and evaluation
- Failure analysis

For detailed brochure write to:
European Space Tribology
Laboratory (ESTL),
Attention Dr. E.J. Robbins,
UKAEA,
RISLEY, Warrington WA3 6AT,
England.

TELIX GMBH · Postfach 105608 · D-6900 Heidelberg · W. Germany

TOWARDS THE FUTURE...

**satellite communications
sophisticated techniques
advanced systems**



STS SpA

SATELLITE TELECOMMUNICATION SYSTEMS

ROMA - Via Clisio, 11
tel. 8391442 telex 68432

MILANO-Via Pirelli 20
tel. 6337 telex 31346

GTE

TELECOMUNICAZIONI

 **Sirti**

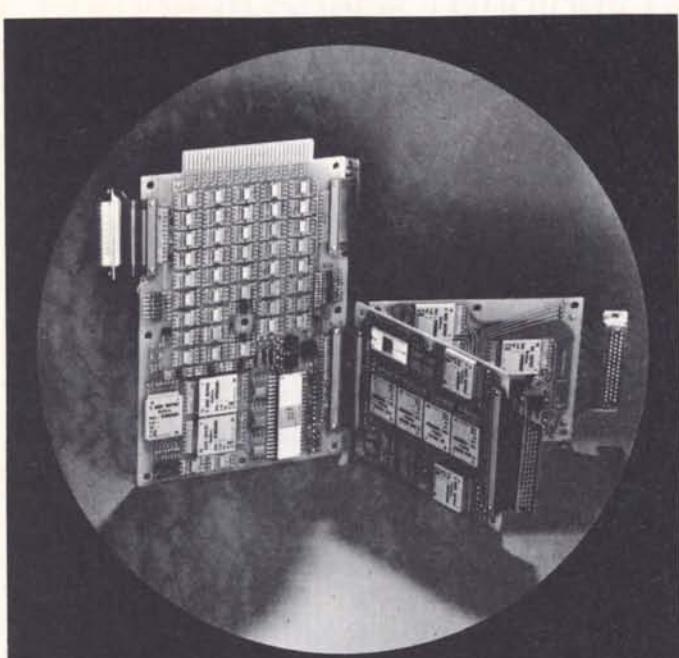
Società Italiana Reti Telefoniche Interurbane s.p.a.



Società Italiana Telecomunicazioni Siemens s.p.a.

IRI/STET group

Half-Price Stock-Clearance Offer



Adaptive control electronics

ON-BOARD EQUIPMENT AND HIGH QUALITY TECHNOLOGY FOR:

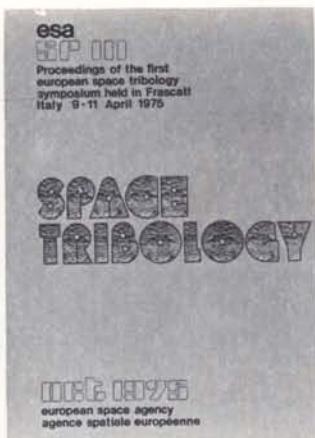
- .DATA HANDLING
- .GUIDANCE
- AND ATTITUDE CONTROL
- .POWER CONDITIONING
- .MECHANICAL SYSTEMS



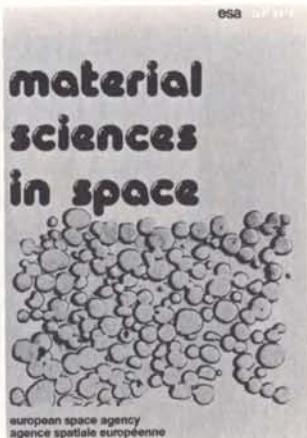
**CROUZET
SPATIAL-ENGINES**

B.P. 1014 - 26010 VALENCE CEDEX - FRANCE
Tél: (75) 42.91.44 - Télég. Télex: CRZETA 345802F

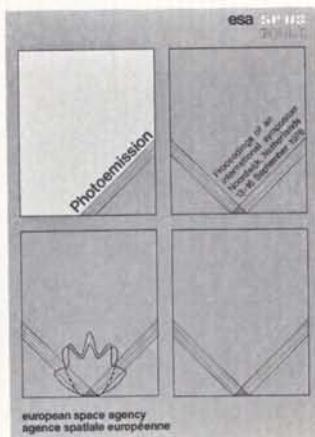
Publié par CROUZET Photo : A. SENNAHOUA



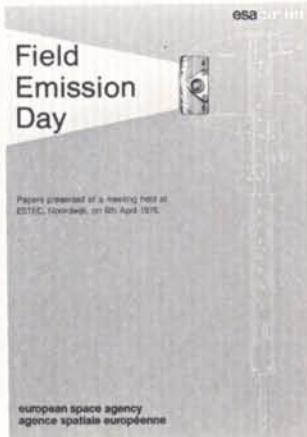
50 FF



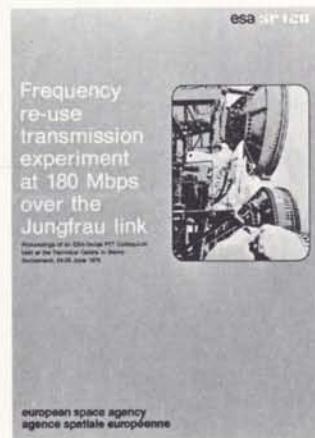
50 FF



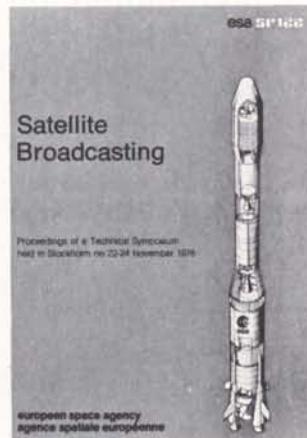
25 FF



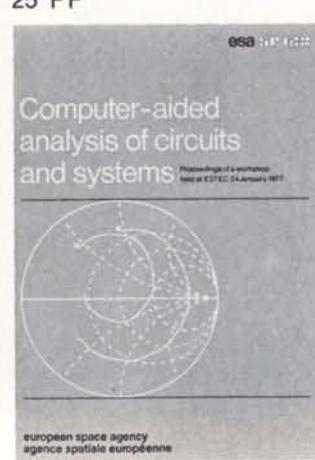
12 FF



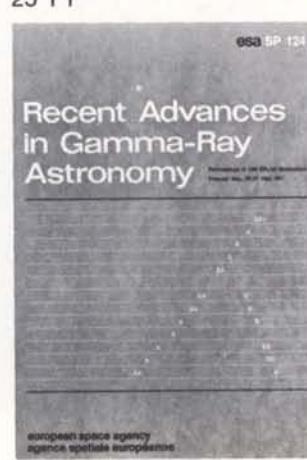
25 FF



25 FF

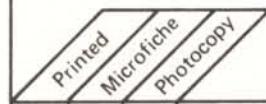


25 FF



25 FF

N.B. FOR HARD-COPY CHARGES, SEE INSIDE BACK COVER

ESA and NASA Scientific/Technical Publications ORDER FORM Before using this Order Form read the important information on the reverse.		To: Mme A. Luong ESA SPACE DOCUMENTATION SERVICE 8—10, Rue Mario Nikis 75738 Paris Cedex 15 France From: _____ _____ _____	
PLEASE SUPPLY:  Customer's Ref. _____ Date _____ Signature _____			
No. of copies	ESA or NASA Reference	Title	For ESA use
 IF OUT OF PRINT <u>SUPPLY</u> <u>DO NOT SUPPLY</u> IN MICROFICHE			
MAILING LABEL (Print or type carefully)			
Customer's Ref. _____		ESA Order No. _____	
To Name or Function _____ Organisation _____ Street Address _____ Town, Province, Postal Code _____ Country _____			



ESA/NASA PUBLICATIONS ORDER FORM

INFORMATION

1. Use this form for your order.
2. (a) Except as mentioned below, publications are available in printed form (as long as stocks last), in microfiche and as photocopies.
(b) If a publication ordered in printed form is out of print, a microfiche copy will be supplied (unless NOTE 1 on the form has been completed to indicate otherwise) and the Order Form will be amended accordingly.
(c) Publications in the following series are not available in printed form:
 - the ESA CR(P) series;
 - the ESA TT series;
 - all NASA series.
(d) Publications in the ESA CR(P)* and CR(X) series are not available from ESA. (They are given a very restricted distribution in printed form to the States participating in the relevant programme. The addressees in that distribution can be supplied on request).

EXECUTION OF ORDER

3. After the handling of your order has been completed, the form will be returned to you, marked with the following symbols:—

A circle --	the items encircled have been despatched
X —	out of print or unavailable in printed form
Z —	not available from ESA in any form
R —	publication is restricted and cannot be supplied on this order
N —	publication is in hand, stock not yet received.
C —	unable to identify the publication from the information provided.
Y —	publication requested from NASA, delay of at least 2 months expected.
4. In any subsequent correspondence, please QUOTE THE ESA ORDER NUMBER.
5. Printed copies are despatched from ESTEC, and microfiche and photocopies from ESA Head Office. They will arrive in different packages at different times.

SUPPLIES OF THIS ORDER FORM ARE AVAILABLE FROM ESA SPACE DOCUMENTATION SERVICE AT THE ADDRESS SHOWN OVERLEAF

Availability of ESA and NASA Publications

PUBLICATION	Availability Note	DISTRIBUTION OFFICE
-------------	-------------------	---------------------

REPORTS

ESA Scientific Reports etc. (ESA SR, SN, SM)	(1) and (2)	
ESA Technical Reports etc. (ESA TR, TN, TM)	(1) and (2)	
ESA Scientific and Technical Reports (ESA STR)	(1) and (2)	
ESA Scientific and Technical Memoranda (ESA STM)	(1) and (2)	
ESA Special Publications (ESA SP)	(1) and (2)	Mme A. Luong
ESA Contractor Reports (ESA CR)	(1) and (2)	ESA Space Documentation Service Reproduct. Service 8-10 rue Mario Nikis 75738 PARIS 15 France (Telex ESA 202 746)
ESA Contractor Reports (ESA CR(P))	(2)	
ESA Contractor Reports (ESA CR(P)* and CR(X))	(3)	
ESA Technical Translations (ESA TT)	(2)	
ESA Electronic Component Databank Catalogues (ESA ECDB)	(1)	
NASA Scientific & Technical Publications	(2)	

PROCEDURES, STANDARDS & SPECIFICATIONS

ESA PSS	(1) and (2)
---------	-------------

JOURNALS

ESA Bulletin (quarterly)	(4)
ESA Journal (quarterly)	(4)

PUBLIC RELATIONS MATERIAL	ESA Public Relations Service 8-10 rue Mario Nikis 75738 PARIS 15 France
General literature, brochures, posters, photographs, films, etc.	

- (1) – Available in hard (printed) copy against a charge as long as stocks last (see I).
 (2) – Available in microfiche or photocopy against a charge (see II).
 (3) – Restricted distribution only; further copies NOT available from ESA.
 (4) – Available without charge either as a regular issue or as back numbers (as long as stocks last).

I. CHARGES FOR ESA PUBLICATIONS (PRINTED DOCUMENTS)

CATEGORY E

Number of Pages	Code	Price (French francs)
1-100	E1	50
101-200	E2	75
201-350	E3	120
Over 350	E4	150

CATEGORY C

Number of pages	Code	Price (French francs)
1-200	C1	50
201-350	C2	75
351-500	C3	120
Over 500	C4	150

The above charges apply to Member States, Austria, Canada and Norway. A 20% surcharge will be levied on orders from 'other States'.

II. CHARGES FOR ESA & NASA MICROFICHE AND PHOTOCOPIES

Microfiche (up to 98 pages per fiche) FF 5.00
 Photocopies (enlargement of one microfiche page) FF 2.40/page

NOTE 1. Minimum orders of FF 36.— per monthly invoice.

NOTE 2. Photocopies are supplied if original document out of print, unless microfiche is specified (see Order Form).



europaean space agency
agence spatiale européenne

member states

belgium
denmark
france
germany
italy
netherlands
spain
sweden
switzerland
united kingdom

etats membres

allemande
belgique
danemark
espagne
france
italie
pays bas
royaume-uni
suède
suisse

