

▪ CLS - 18, AV. EDOUARD BELIN, 31055 Toulouse, France, Tél : 61 39 47 00  
Telex : 531 752 F - Fax : 61 75 10 14.

▪ Centre National d'Etudes Spatiales - 2, place Maurice Quentin, 75001 Paris.  
Tél : 45 08 75 00 - Telex : 214 674 - Fax : 45 08 76 33.

▪ Institut Géographique National - 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris.  
Tél : 43 98 80 00 - Telex : IGN GNL 204 989 F - Fax : 45 55 07 85.

NOV. 90  
N°1

# DORIS

# NEWSLETTER

Un an après son lancement, le système d'orbitographie et de localisation précises DORIS est validé. Le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), l'Institut Géographique National (IGN), la société Collecte Localisation Satellites (CLS-ARGOS) ont décidé de publier régulièrement une lettre d'information concernant le système DORIS et les résultats qu'il permet d'atteindre. Ce premier numéro décrit le système et les résultats progressivement obtenus depuis le lancement intervenu en janvier 1990.

*A year after launch, the DORIS system (DORIS = Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) has been declared qualified. CNES (Centre National d'Etudes Spatiales, the French Space Agency), the IGN (Institut Géographique National) and CLS (Collecte, Localisation, Satellites [CLS Argos]), have decided to publish a regular newsletter concerning the DORIS system and the results it provides. This first issue describes the system and the results achieved since the January 1990 launch.*



En fondant l'Académie Royale des Sciences en 1666, Colbert lui confiait une de ses premières missions : l'établissement de cartes géographiques précises dont la nécessité lui était apparue pour de nombreuses applications, telles que le commerce et les grands travaux. Les résultats d'expéditions célèbres et les développements techniques permirent, en 1791, de choisir puis d'universaliser, une unité de mesure : le mètre.

Deux cents ans plus tard les techniques spatiales offrent la possibilité de déterminer toutes les coordonnées de points situés à la surface de la Terre avec une précision décimétrique, voire centimétrique. Cet objectif est maintenant atteint par le système Doris embarqué sur SPOT-2 en janvier 1990. DORIS constituera une part importante du projet d'altimétrie spatiale "TOPEX-POSEIDON" développé en coopération par le CNES et la NASA. En 1992, il contribuera, conformément à sa vocation, à une détermination quantitative du niveau des mers et de ses variations, élément important pour la compréhension des évolutions du climat.

La précision de ses mesures, sa couverture globale et isotrope à la surface du globe font de ce système un instrument adapté non seulement à la cartographie de base, mais aussi à la détermination des mouvements de nature géophysique d'amplitude centimétrique. Son fonctionnement automatique ouvre la voie aux applications requérant une surveillance permanente. Il sera ainsi possible de mesurer continûment et à distance les mouvements tectoniques, les variations de volume des calottes polaires, les glissements de terrain, d'éventuels mouvements des structures des grands ouvrages.

Le système DORIS est maintenant disponible et l'embarquement sur SPOT-3 et SPOT-4, ainsi que sur TOPEX-POSEIDON, garantit aux utilisateurs la pérennité et le suivi de la qualité.

Nous souhaitons que ce système soit largement connu et systématiquement utilisé par de nombreuses équipes scientifiques, des instituts cartographiques et des bureaux d'études, contribuant ainsi à une meilleure connaissance de la planète Terre et aux applications qui en découlent.

Jacques-Louis Lions - Président du CNES



On founding the Academie Royale des Sciences in 1666, the great French statesman Jean-Baptiste Colbert immediately entrusted it with a mission : to produce the accurate geographical charts which he knew were needed for trade and engineering and other works. These famous voyages, together with great strides in technology, led to the choice of a unit of measurement which has been with us ever since 1791 - the metre.

Two hundred years on, space technology provides scope for locating terrestrial positions, in three dimensions, to within 10 cm and even 1 cm. This has been achieved by the Doris system, launched on SPOT-2 in January 1990. In 1992, DORIS will form a major component of the TOPEX-POSEIDON satellite altimetry project being developed by CNES and NASA. It will duly contribute to quantitative determination of sea level and its variation, a significant factor in understanding the role played by the hydrologic cycle in our climate and climatic change.

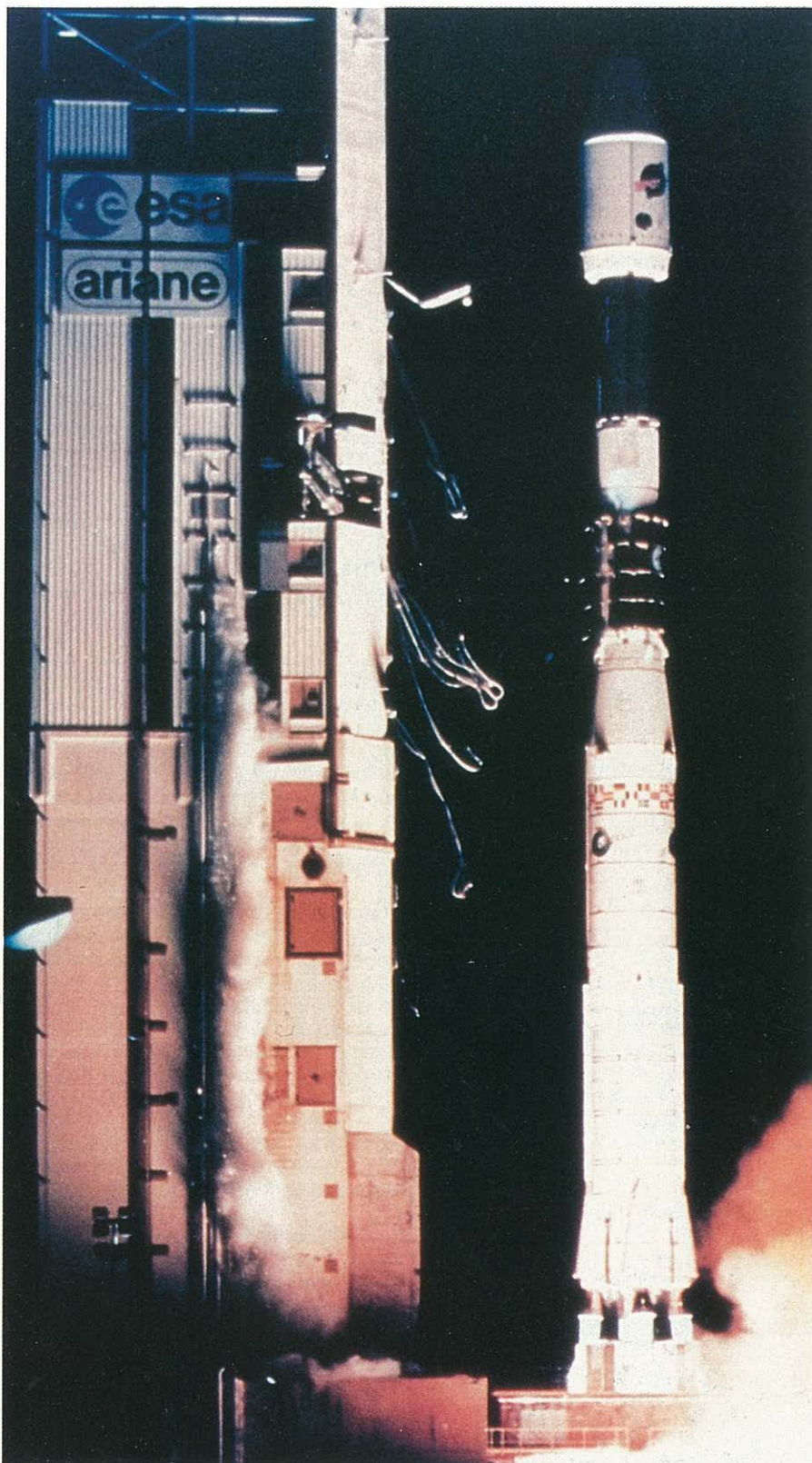
The inherent accuracy of the DORIS system and its global, isotropic coverage make it the ideal tool for base mapping operations and identifying geophysical movements in the centimetre range. Unattended operation also makes it eminently suitable for remote monitoring applications. It will thus be possible to make continuous, remote measurements of tectonic movements, and to observe variations in the thickness of the polar ice caps, ground slippage, and movements of civil engineering structures.

The DORIS system is now available. Plans to carry future payloads on SPOT-3 and 4 and on TOPEX-POSEIDON provide users with guaranteed continuity and quality.

DORIS must now become better known. Our wish is that it be used routinely by scientists around the world, cartographic institutions and engineering consultancy firms, contributing to enhanced knowledge of planet Earth and the resulting applications.

Jacques-Louis Lions - Chairman, CNES

## PRESENTATION GENERALE



**Le système DORIS (Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégrés par Satellite) a été conçu et développé par le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), le Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale (GRGS) et l'Institut Géographique National (IGN) afin de répondre à de nouveaux besoins dans le domaine de la détermination fine d'orbite et la localisation précise de balises implantées au sol.**



### Deux grandes classes d'applications.

- La première se rattache à la détermination précise d'orbite. Grâce à un réseau de balises de positions bien connues, réparties de façon homogène autour du globe, on peut restituer avec une précision d'environ 10 cm la position du satellite dans l'espace.

Un tel niveau de précision est aujourd'hui requis pour des objectifs variés, en particulier pour la détermination de la hauteur de la mer par altimétrie radar. C'est à cette fin que l'instrument DORIS sera embarqué sur le satellite océanographique TOPEX-POSEIDON (1992).

- La deuxième suppose l'orbite du satellite déjà calculée, et résulte de la possibilité de localiser avec précision des balises de positions indéterminées. Ainsi il est aisé de concevoir un certain nombre d'applications géodésiques comme le rattachement d'îles, ou d'un réseau national, à un système de référence mondial.

Néanmoins, la précision de localisation centimétrique indique que le système DORIS sera particulièrement adapté à la surveillance des phénomènes naturels : mesure des déformations du sol dans les zones sismiques, volcaniques, et d'activité tectonique intense, mouvement des glaciers, dérive des continents, ainsi qu'à la surveillance de sites lors de travaux de génie civil : barrages, tunnels...

## BACKGROUND



### Two main classes of applications.

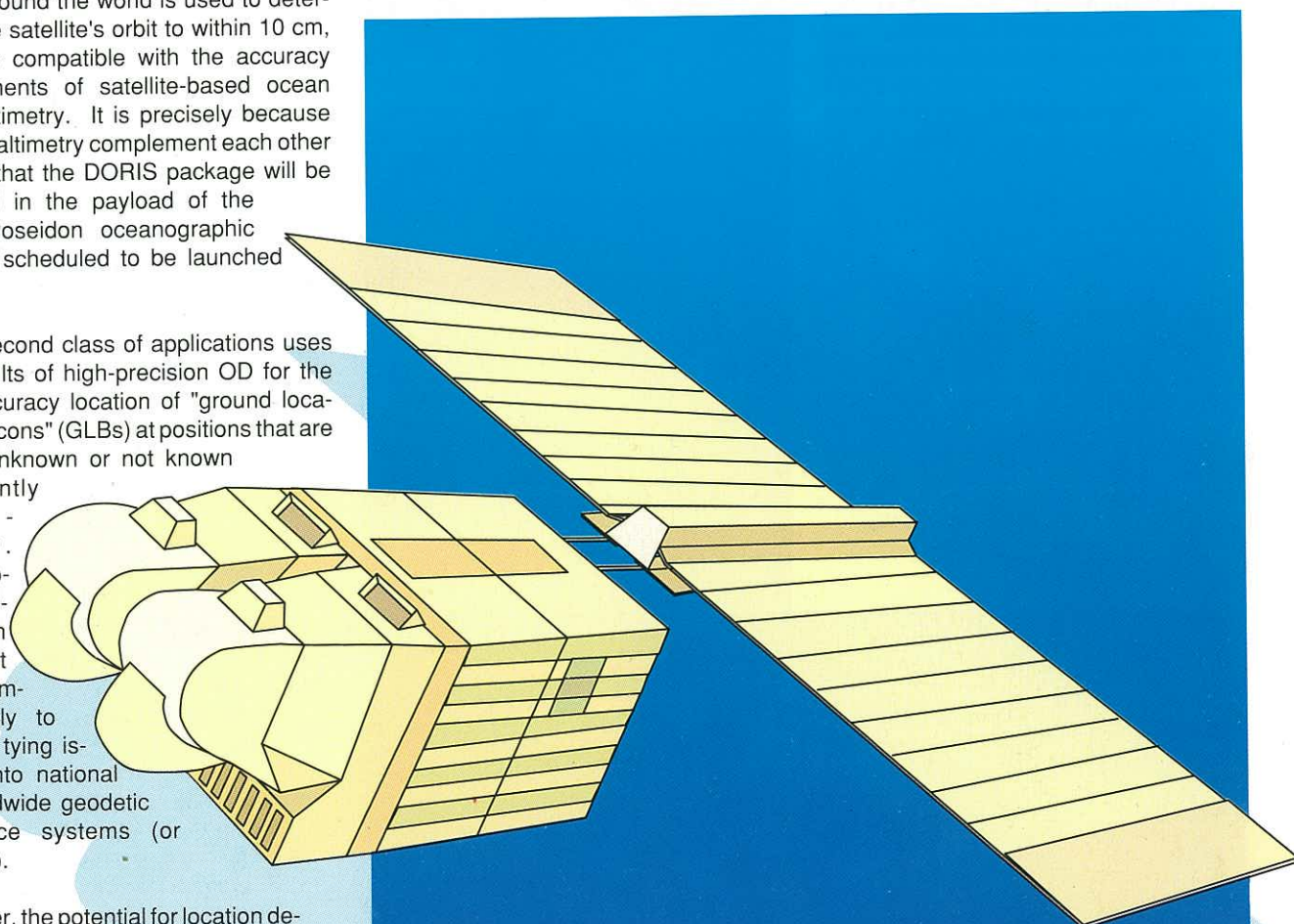
- The first concerns very-high-precision orbit determination (OD). A network of orbit-determination beacons (ODBs) at precisely known locations evenly distributed around the world is used to determine the satellite's orbit to within 10 cm, which is compatible with the accuracy requirements of satellite-based ocean radar altimetry. It is precisely because OD and altimetry complement each other so well that the DORIS package will be included in the payload of the Topex-Poseidon oceanographic satellite scheduled to be launched in 1992.

- The second class of applications uses the results of high-precision OD for the high-accuracy location of "ground location beacons" (GLBs) at positions that are either unknown or not known sufficiently accurately. One geodetic application that springs immediately to mind is tying islands into national or worldwide geodetic reference systems (or datums).

However, the potential for location determination to within a few centimetres also suggests that the DORIS system will prove especially useful for monitoring various natural phenomena, including movements in the earth's surface due to seismic, volcanic or intense tectonic activity, the movements of glaciers, and continental drift, not to mention the remote monitoring of major construction sites (dams, tunnels, etc.).

\* DORIS is the French acronym for *Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégrés par Satellite*.

The DORIS\* integrated satellite-based orbit determination and radio positioning system was designed and developed by CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*, the French Space Agency), the GRGS (*Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale*), and the IGN (the French National Geographic Institute) to meet new needs in precision orbit determination and high-accuracy beacon location.



## DESCRIPTION DU SYSTEME

### Le principe général :

Un récepteur installé à bord d'un satellite effectue des mesures de décalage Doppler sur deux fréquences émises respectivement à 2036.25 MHz et à 401.25 MHz par des balises appelées balises d'orbitographie, dont la position est préalablement connue.



La mesure précise est obtenue sur la voie 2 GHz, la mesure sur la deuxième fréquence servant à l'élimination de l'erreur relative à la propagation ionosphérique. Un traitement mathématique de ces mesures, associé à une modélisation des forces agissant sur le satellite, essentiellement l'attraction gravitationnelle terrestre, permet de restituer la trajectoire précise du satellite. Dans un second temps, le système peut, par des mesures similaires, servir à localiser des balises dont la position est mal connue ou lentement variable. Ces balises sont les balises de localisation.

### Description technique.

Le système DORIS est principalement constitué d'un récepteur embarqué sur satellite, de balises d'orbitographie nécessaires pour établir l'orbite du satellite, de balises de localisation mises à la disposition des utilisateurs selon leurs besoins, d'une balise maîtresse chargée d'assurer la liaison entre le sol et le satellite, et de centres de contrôle et traitement.

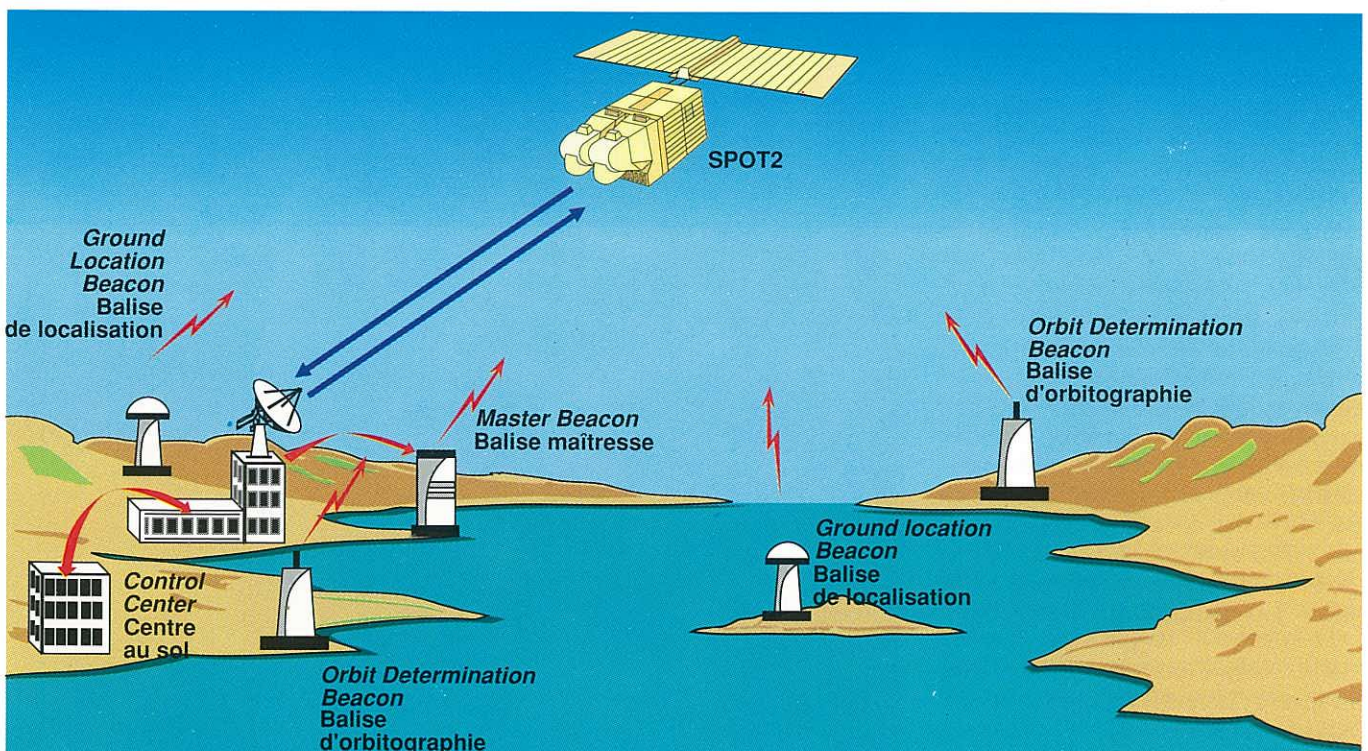
### Le système embarqué.

La partie embarquée sur le satellite comprend :

- un récepteur ou MVR (Mesure de Vitesse Radiale), d'une masse de 17 kg et d'une consommation de 20 W, principalement constitué de deux récepteurs 401.25 et 2036.25 MHz (385x280x210 mm) ;
- un oscillateur ultrastable à quartz dont la précision est de  $5 \cdot 10^{-13}$  sur des durées de 10 à 100 secondes ;
- une antenne omnidirectionnelle.

### Le satellite porteur.

Le satellite porteur du récepteur DORIS doit évoluer sur une orbite circulaire basse, à l'inclinaison quelconque, et avoir un bon contrôle d'attitude. Son domaine d'altitude doit se situer entre 750 km et 1500 km ; au-delà de ce domaine d'altitude, le signal reçu est trop faible et en deçà, méconnaissance du potentiel terrestre et perturbations atmosphériques font que la précision fournie par DORIS est dégradée. Néanmoins, le système reste toujours utilisable pour des missions à basse altitude se satisfaisant d'une précision décimétrique sur l'orbite.



## SYSTEM DESCRIPTION

### Theory of Operation :

The heart of the DORIS system is the DORIS onboard package, essentially a radio receiver designed to accurately measure the carrier frequency of incoming signals. Whenever the receiver is within visibility of a transmitting ODB (situated at known locations), it measures the Doppler shifts in the two transmit frequencies (2036.25 and 401.25 MHz).



One measurement is used to determine the radial velocity between spacecraft and beacon, the other to eliminate errors due to ionospheric propagation delays. Analysis of tracking data thus acquired, combined with a mathematical model of the forces acting on the spacecraft (essentially the attraction of the earth's gravity field), refine satellite position data. Once the orbit is known with sufficient accuracy, similar measurements can be performed to accurately determine the position of ground

beacons set up at sites whose locations are poorly determined or which vary slowly.

### Technical Description.

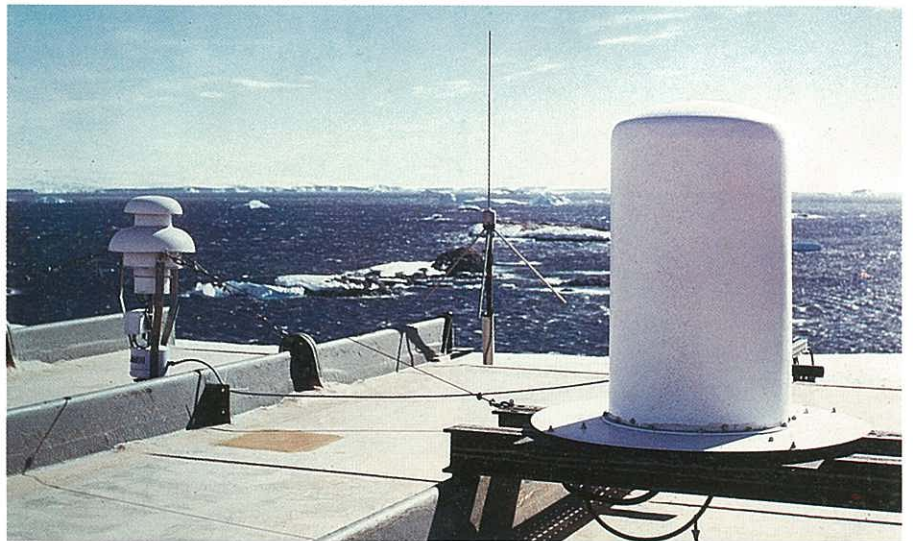
The complete DORIS system comprises the DORIS onboard package, a network of ODBs, GLBs provided to users in accordance with their requirements, a master beacon (MB) handling communications between ground control and the satellite, and a ground segment.

### Les balises d'orbitographie.

Leur rôle est essentiel. Au nombre de 50, elles sont destinées à fonctionner dans une ambiance "laboratoire". Une balise se compose de deux émetteurs 401.25 et 2036.25 MHz, d'un oscillateur ultrastable, et d'un micro-processeur assurant la gestion, le séquençage de l'émission, et le diagnostic de la plupart des pannes. Elle est également munie d'une batterie de secours, qui lui assure en cas de panne une autonomie de 50 heures, afin d'éviter une interruption du fonctionnement de l'horloge. Cette balise est reliée à une antenne et à trois capteurs météorologiques (pression, température, humidité) dont les informations sont nécessaires pour corriger le retard de l'onde radioélectrique dans l'atmosphère. Ces données ainsi que le numéro de la balise et son état de fonctionnement constituent le message proprement dit, émis par la balise toutes les 10 secondes.

### Les balises de localisation.

Elles sont fonctionnellement identiques aux balises d'orbitographie. Elles émettent à tour de rôle par séquences de 10 secondes par minute, uniquement lorsque le satellite est en visibilité. Leur conditionnement est adapté à une utilisation sur le terrain : conteneur étanche, alimentation autonome (groupe, panneau solaire, batterie).



*Balise d'orbitographie de Terre-Adélie (Antarctique).  
Orbit determination beacon, Terre Adélie (Antarctic).*

### La balise maîtresse.

La balise maîtresse est une balise d'orbitographie particulière, qui permet au centre de contrôle, à chaque passage du satellite, de transmettre au récepteur bord DORIS les données utiles à son programme de fonctionnement, c'est-à-dire déterminer quelles balises doivent être prises en compte et calculer le décalage Doppler estimé afin de prépositionner ses récepteurs. La balise maîtresse est de

plus synchronisée sur le temps atomique pour dater l'ensemble des mesures.

### Les centres au sol.

- Le Centre de Contrôle DORIS de Toulouse assure le recueil des mesures effectuées par le satellite, la surveillance du récepteur embarqué et des balises, l'élaboration des télécommandes et des programmes de travail de l'instrument.

- Un centre d'installation et de maintenance sous la responsabilité de l'IGN gère le parc des balises, les achemine entre le fabricant et le site.

- Le CNES effectue le traitement des mesures requises pour l'orbite précise. Les calculs de potentiel terrestre sont sous la responsabilité du GRGS.

- CLS prend en charge la localisation sous la responsabilité technique de l'IGN et réalise l'adaptation des produits du système DORIS aux besoins des utilisateurs.

## COLLECTE DE L'INFORMATION

Les balises d'orbitographie et le récepteur DORIS fonctionnent en permanence. Cependant, le récepteur ne peut traiter qu'une balise à la fois : l'accès n'est pas aléatoire mais fixé à l'avance au moyen du programme de travail.

De plus, lorsque des balises sont proches (notamment les balises de localisation), elles ont toutes à peu près le même décalage Doppler et peuvent se brouiller en cas de fonctionnement simultané. Dans ce cas, on attribue à chacune des balises certains créneaux pour émettre. Ceci permet de traiter, séquentiellement, plusieurs balises en visibilité. Toutes les 10 secondes, une mesure est effectuée par l'instrument et les données (Doppler, paramètres météo, surveillance) sont mises en mémoire.

L'instrument DORIS effectue son premier vol sur le satellite SPOT 2. Dans cette configuration, les données sont relues toutes les 12 heures lorsque le satellite survole le centre de contrôle de Toulouse. Elles sont enregistrées via la station de réception d'Aussaguel.

## DATA COLLECTION

All ODBs and the DORIS onboard package operate continuously. However, the onboard receiver can process only one beacon at a time, and does not operate on the random access principle but on time-sharing, fixed in advance by a work programme uplinked every day to the receiver. Also, when the beacons are situated close to each other (this applies particularly to GLBs), the observed Doppler shifts relative to the satellite are approximately the same. The beacons would therefore interfere with each other if they transmitted simultaneously. In such configurations, the beacons are assigned transmission slots so that they can be processed sequentially when in simultaneous visibility. Once every 10 s, the onboard package measures the receive signal frequency, and stores the frequency and message data (meteorological parameters and house-keeping data) in memory.

The first DORIS package is being carried by the SPOT-2 satellite. The stored data are downlinked to DCC-Toulouse, via the Aussaguel receiving station, once every 12 hours.

### Onboard system.

The DORIS onboard package comprises:

- a receiver, or MVR (radial velocity measurement unit), consisting essentially of two receiving chains operating on 401.25 and 2036.25 MHz (total mass: 17 kg; power consumption: 20 W);
- an ultrastable crystal oscillator (stability over periods of 10 to 100 s : 5.10<sup>-13</sup>);
- omnidirectional antenna.

### Satellite.

The DORIS onboard system is a "piggy-back" package which can be added to a variety of spacecraft provided certain conditions are met. First, the satellite must have good attitude control. Se-

condly, it must be placed in a circular, low-earth orbit (altitude between 750 and 1,500 km), at any inclination. The altitude is important: if it is any higher, beacon signal attenuation is a problem, while if it is lower there is a risk of degraded overall accuracy due to uncertainties in our knowledge of the earth's gravity field and perturbations produced by atmospheric drag. (Very low altitudes nevertheless remain suitable for missions compatible with OD accuracies of a few tens of metres.)

### Orbit-determination beacons (ODBs).

ODBs are an integral part of the DORIS concept. A network of about 50 is planned, each ODB operating in a "laboratory"

environment. An ODB comprises two transmitters (one operating on 401.25 MHz, the other on 2036.25 MHz), an ultrastable oscillator, and a microprocessor performing the necessary control and management functions, transmission timing, housekeeping, and failure diagnosis (for most types of faults). The power supply features 50-hour battery backup to ensure that the master clock operates continuously. The beacon also includes an antenna and three meteorological sensors (atmospheric pressure, air temperature, and relative humidity), as these parameters are required to correct for atmospheric propagation delays. An ODB message carries meteorological data, the beacon ID number, and information concerning beacon operating status, and is transmitted every 10 seconds.

### Ground location beacons (GLBs).

GLBs are functionally identical to ODBs. Each GLB transmits independently of all others for 10 s, 20 s, or 30 s every minute, but only while the satellite is within range. GLBs are packaged for field use in sealed housings with their own power (generator, solar panels, battery, etc.).

### Master beacon (MB).

The master beacon, a dedicated ODB, is the link between the DORIS control centre and the onboard package. The control center transmits the work programme via the MB on each pass. The MVR thus determines which beacons are to be considered, and calculates the estimated Doppler shift in order to preset its receivers. The master beacon is also slaved to atomic time so that all DORIS measurements can be time-coded.

### Ground segment.

The DORIS ground segment comprises:

- the DORIS Control Centre (DCC) at the CNES Toulouse Space Centre (CNES-CST);
- a beacon installation and maintenance centre, managed by the IGN, which manages all beacons and forwards them from manufacturers to installation sites.
- precision OD computations performed by CNES. An improved model of the earth's gravity field has been computed on the basis of DORIS data under the responsibility of the GRGS.
- CLS (under IGN technical supervision), in charge of location calculations and customizing DORIS products to meet users' requirements.



*Balise d'orbitographie d'Arequipa (Pérou).*

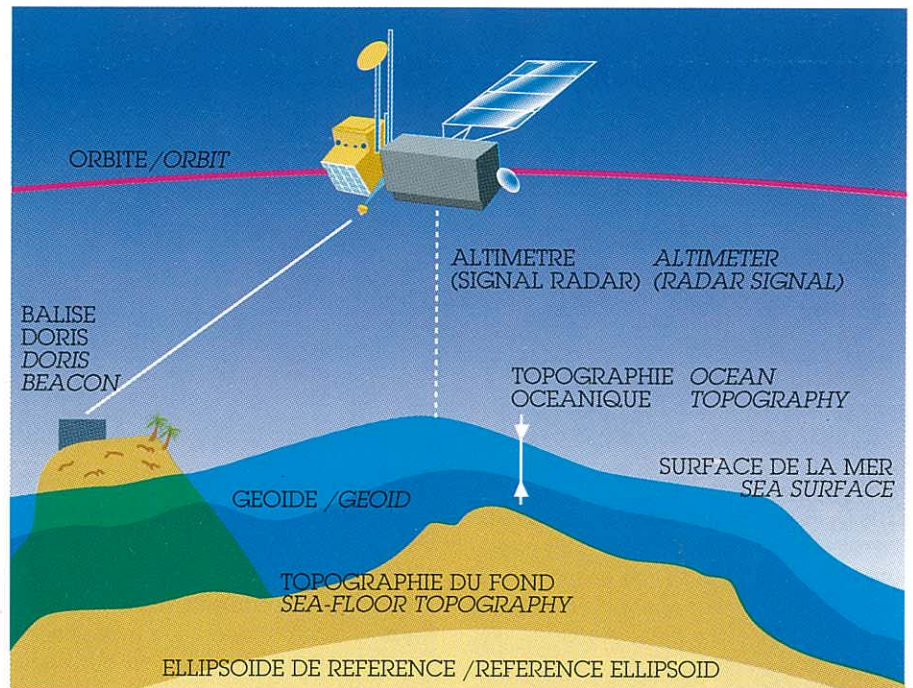
*On notera la proximité de la station laser appartenant au réseau IERS.*


*Orbit Determination Beacon at Arequipa (Peru).*

*Note the proximity to the IERS network laser tracking station.*

## DORIS : UN SYSTEME POUR L'ORBITOGRAPHIE PRECISE

Le système DORIS permet la détermination de la position d'un satellite, avec une précision décimétrique. Il peut donc être implanté à bord de satellites pour lesquels on a une exigence particulière en ce domaine : c'est le cas de la mission altimétrique franco-américaine TOPEX-POSEIDON, prévue en 1992.



 DORIS/SPOT-2 constitue une mission préparatoire rendue nécessaire par l'aspect particulièrement novateur du concept DORIS. La surface de la mer n'est pas plate au repos, elle a une topographie due à deux causes :

- une cause géophysique qui correspond aux différentes structures internes de la Terre et qui ont une signature en surface : chaînes volcaniques sous-marines, dorsales, fosses, zones de fractures, convection dans le manteau supérieur ;

- une cause océanique proprement dite dont l'effet se superpose à la précédente ; elle correspond aux marées ou à la circulation océanique qui provoque des pentes qui varient d'un mètre sur 100 km en quelques jours (ex. le Gulf Stream) ou de quelques décimètres à l'échelle d'un océan sur plusieurs années.

Connaître le niveau moyen des mers et ses variations avec une grande précision est un objectif majeur à la fois pour la géophysique interne et pour la climatologie puisque la circulation océanique joue un rôle important dans les relations océan - climat.

### L'ORBITE SPOT 2

- Orbite quasi-circulaire
- Altitude de l'orbite : 832 km
- Orbite quasi-polaire (inclinaison 98°) : à chaque révolution, le satellite voit le pôle Nord et le pôle Sud.
- Orbite répétitive : le cycle de répétition des traces est de 26 jours (c'est la période qui sépare deux passages successifs du satellite à la verticale d'un même point).
- Orbite héliosynchrone : une région quelconque de la Terre est survolée toujours à la même heure locale, à 15 minutes près.
  - Lancement par Ariane : vol 35, le 22 janvier 1990.

Un radar altimétrique embarqué permet de mesurer, par tout temps, la distance verticale entre un satellite porteur et la surface de la mer avec une précision de quelques centimètres. Le satellite balayant l'ensemble de la surface terrestre en quelques jours, il est donc possible de mesurer avec exactitude et de manière répétitive la topographie de la surface de la mer. Toutefois, pour atteindre un tel objectif par altimétrie spatiale, il faut que la trajectoire du satellite porteur de l'altimètre soit connue avec une précision



# DORIS FOR PRECISE ORBIT DETERMINATION APPLICATIONS

## SPOT-2 ORBIT

- Type: near-circular, sun-synchronous (i.e. local time of passes over any given point is always the same, to within less than 15 min.)
  - Altitude : 832 km
- Inclination : 98° (i.e. near-polar orbit; on each orbital revolution, the satellite "sees" both the north and south poles)
- Repeat cycle : 26 days (ground tracks, i.e. passes over any given point, are repeated at exactly 26-day intervals)
  - SPOT-2 was launched by an Ariane vehicle (flight V35) on January 22, 1990.

One of the two functions of the DORIS system is to determine satellite positions to within 10 cm. The space segment is thus designed for installation on satellites for which accurate location is an important requirement. A case in point : the French-American Topex-Poseidon altimeter mission, scheduled for launch in 1992.



DORIS is so innovative, however, that a preparatory mission is needed, and was launched two years earlier on SPOT-2.

One of the most significant applications of accurate orbit determination is space oceanography. The sea surface is not perfectly flat at rest, its topography resulting from two factors: geophysical and oceanic. Geophysical causes are those due to the different internal structures of the earth, with their characteristic surface signatures. Structures and phenomena include submarine volcanic chains, ridges, trenches, fracture zones, and convection in the upper mantle. Geophysical causes are compounded by "true" ocean causes. These are tides or ocean circulation which create slopes, of 1 m in 100 km, varying over periods of a few days (for example in the Gulf Stream) or a few tens of centimetres on the scale of an ocean basin over a few years.

Accurate knowledge of the mean sea level and its variations is a major requirement in both internal geophysics and climatology, since the ocean circulation plays a major role in ocean-climate interactions.

Onboard radar altimeters provide all-weather measurements of the vertical distance between the satellite and the sea-surface, with accuracy of a few centimetres. As the satellite scans the entire terrestrial surface in a few days, the sea-surface topography can be measured accurately and repeatedly. However, to achieve such an objective by satellite al-

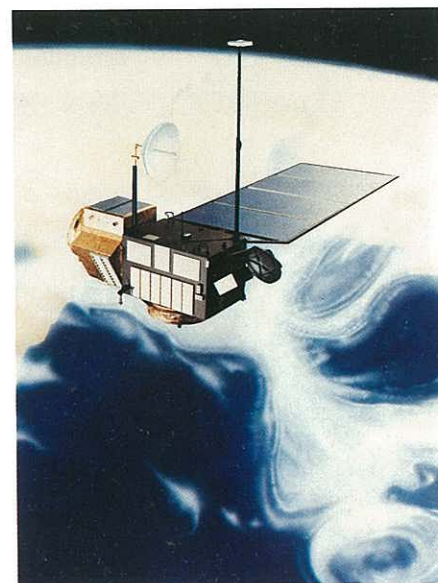
timetry, the trajectory of the satellite-borne instrument must be known with accuracy equivalent to that of the satellite itself, i.e. at least 10 cm. DORIS was designed to rise to the challenge ...

Accurate satellite orbit determination depends on several factors. The DORIS system has been optimized with these requirements in mind:

- instrument precision of 0.3 mm/s has been achieved,
- distribution of the OD network has been made as isotropic as possible, and extra coverage assigned to ocean areas in the southern hemisphere,
- while remaining as global and isotropic as possible, the station network is linked to the IERS (International Earth Reference System) geodetic reference system as shown by the map.
- knowledge of the forces acting on the satellite and in particular of the Earth's gravity field has been increased through dedicated studies, and a new gravity field model has been developed.

The stations will operate automatically, and all measurements and monitoring data will be gathered on board the satellite.

DORIS will essentially provide accurate orbit determination capabilities in a delayed-time mode, but should also be able to provide medium-level accuracy (to within 50 m) through calculations performed on board the satellite.



*Vue d'artiste du satellite TOPEX-POSEIDON.  
Artist view of the TOPEX-POSEIDON satellite.*

équivalente à celle de ce dernier, soit 10 cm ou mieux. DORIS a été conçu pour relever ce défi. La détermination précise de l'orbite d'un satellite dépend de plusieurs facteurs qui ont été optimisés dans ce but :

- la précision de l'instrument de mesure a été portée à 0.3 mm/s ;
- la répartition du réseau des stations d'orbitographie a été rendue aussi isotrope que possible, en privilégiant les zones océaniques et l'hémisphère sud ;
- tout en étant aussi global et isotrope que

possible, le réseau de stations est relié au système de référence de la planète Terre, l'IERS (International Earth Reference System), comme le montre la carte de la page 18 ;

- la connaissance des forces agissant sur le satellite et notamment le champ de gravité de la Terre fait l'objet de travaux spécifiques et un nouveau modèle de potentiel terrestre a été déterminé.

Le fonctionnement des stations a été prévu automatique avec un recueil à bord du

satellite de l'ensemble des informations (mesures et paramètres de surveillance).

L'ensemble de ces éléments fait du système DORIS un outil pour l'orbitographie précise (10 cm) en temps différé mais aussi pour l'orbitographie de précision moyenne (50 m) avec calcul à bord.

## DORIS : UN SYSTEME POUR DES APPLICATIONS DE LOCALISATION PRECISE

**Le système DORIS, utilisé comme un système de localisation fine en absolu ou en relatif, trouvera de nombreuses applications car il offre potentiellement la possibilité d'effectuer sur des grandes périodes de temps des mesures dans des lieux inhospitaliers, ou dans des environnements difficiles.**



Sa précision en positionnement absolu présente de nombreux avantages pour la géodésie :

- Pour l'amélioration de la précision des réseaux géodésiques actuels.
- Pour le rattachement d'un système de référence national à un système de référence mondial.
- Pour la délimitation de frontières dans un système unique et contrôlé, avec des conséquences économiques importantes (champs pétrolifères, ressources minières).
- Pour le rattachement d'îles à un système mondial de référence.
- Pour la cartographie, ainsi qu'en support à l'imagerie par satellite pour faciliter les corrections géométriques.

Dans le domaine de la surveillance continue des progrès importants sont attendus, notamment en sismologie, en volcanologie, en géodynamique et en glaciologie :

- En sismologie, DORIS permettra l'étude des déplacements associés aux séismes, ainsi que des déformations pré et post-sismiques.
- En glaciologie, il aidera à la détermination des vitesses de déplacement des calottes glaciaires.
- En géodynamique, il permettra l'étude

du mouvement des plaques dans des régions de forte sismicité, et à plus grande échelle de suivre les dérives des plaques lithosphériques ainsi que leurs déformations (défauts de rigidité des plaques).

- En volcanologie, il rendra possible la mesure des déformations entre deux éruptions.

En positionnement relatif, le système DORIS offre des services comparables aux systèmes les plus performants :

- pour le rattachement des marégraphes à un système de référence mondial afin d'étudier l'évolution du niveau moyen des mers ;
- pour le rattachement d'îles au continent ;
- pour le rattachement des plates-formes pétrolières à la côte.

La facilité d'emploi des balises et leur coût en font également un instrument de surveillance des grands ouvrages et des sites industriels :

- Dans l'étude des mouvements de terrains lors de la construction d'ouvrages de génie civil : tunnel, routes...
- Dans le cas des barrages hydro-électriques et des sites dans lesquels ils sont implantés.

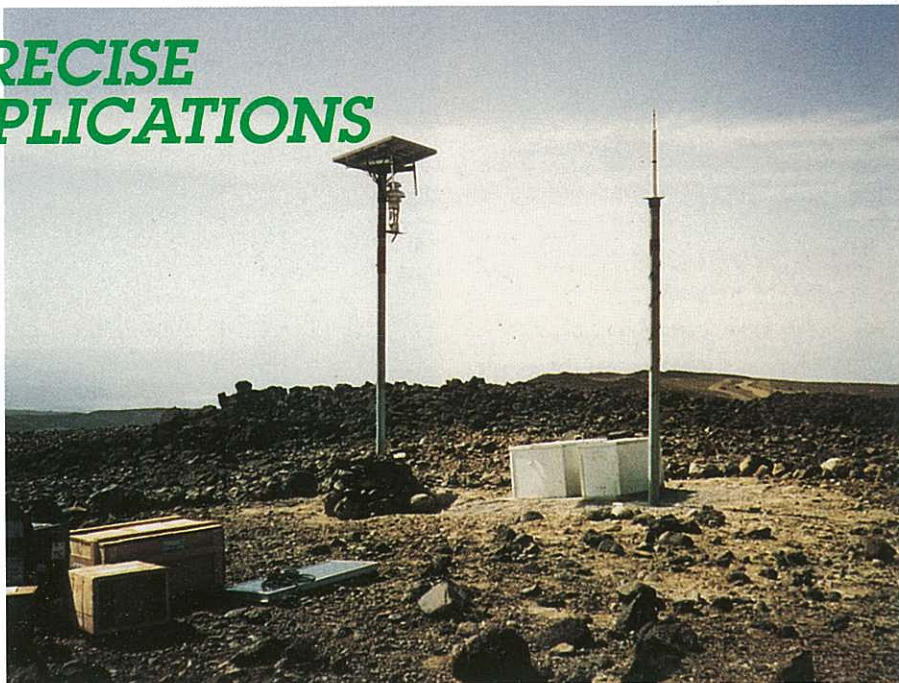
Les utilisateurs du système de localisation de balises sont d'ores et déjà assurés d'avoir une continuité de ce service pour une période d'environ 10 ans. En effet, DORIS doit être embarqué sur des satellites de la série SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre), sur des satellites altimétriques tel TOPEX-POSEIDON et sur des plates-formes futures.



Station de localisation /Location station.  
St Etienne de Tinée (France).

## DORIS : FOR PRECISE LOCATION APPLICATIONS

Used as a high-precision absolute or relative location system, DORIS is expected to find a wealth of applications demanding accurate location measurements over long time spans and good immunity to local environmental constraints.



*Balise de terrain à Djibouti /Djibouti field beacon.*



In geodesy, DORIS's absolute location accuracy will be of great benefit in :

- improving the accuracy of existing geodetic networks,
- tying regional geodetic datums into a worldwide geodetic reference system,
- demarcating maritime frontiers in a single reference system for applications with significant economic impact (oil fields, mining resources),
- tying islands into a worldwide geodetic reference system.
- for cartography, and to support satellite remote sensing imagery by facilitating geometric corrections.

DORIS should produce a quantum jump in long-term monitoring in seismology, volcanology, geodynamics and glaciology.

- In seismology, DORIS will be used to study displacements associated with seismic events and pre- and post-event deformation of the ground.
- In glaciology, DORIS will be an useful aid in determining the rates of advance or retreat of glaciers, ice caps and ice sheets.
- In geodynamics, DORIS will be used to study the movements of lithospheric plates in regions of high seismicity and, on a broader scale, to monitor the drifting and internal deformation of tectonic plates.
- In volcanology, DORIS will make it pos-

sible to measure surface deformations between eruptions.

In applications involving relative location, DORIS will be competitive with the highest performance systems currently available for :

- tying tide gauges into a worldwide geodetic reference system, for the study of changes in mean sea-level,
- tying islands into continents,
- tying offshore oil drilling platforms into coastlines.

The ease of implementation and relatively low cost of DORIS GLBs are expected to make the system a prime candidate for the remote monitoring of major work and construction sites.

Key applications here are likely to include:

- study of ground movements during major civil engineering projects, building of tunnels, highways, etc.,
- general surface monitoring of hydroelectric dam sites and their environs.

Decisions have already been taken to include the DORIS onboard package in the payloads of SPOT series satellites and the Topex/Poseidon altimetry satellite, and possibly also on future orbiting platforms. DORIS data users are thus assured of continuity of service over a period of about ten years.



*Station de référence.  
Reference station.  
St Etienne de Tinée (France).*

**"Les premiers résultats confirment déjà les performances escomptées du système."**



**"The initial results already confirm the expected system performance."**



La Géodésie Spatiale, dont l'essor est intimement lié depuis plus de trente ans à celui des techniques de l'Espace, a désormais acquis une maturité en offrant aux scientifiques et aux techniciens des outils de positionnement opérationnels, à la fois sur le plan de la précision, du coût et des délais. Le système DORIS en est une illustration manifeste.

L'Institut Géographique National a, dès le début de la Géodésie Spatiale, investi en recherche et développement dans cette direction, plus particulièrement en vue des applications géodésiques et cartographiques du positionnement précis.

Il conçut en 1963 le premier instrument de terrain opérationnel, la chambre balistique IGN, et s'est associé en 1970 au CNES et d'autres partenaires français pour fédérer les efforts de recherche en ce domaine, au sein du Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale (GRGS).

C'est donc très logiquement que l'IGN offrit au CNES, dès le début du développement de DORIS, ses compétences en matière de positionnement et ses moyens opérationnels. A ce titre, l'IGN est responsable de la définition, de l'implantation et de la maintenance du réseau mondial de poursuite déployé pour DORIS et continuera à jouer son rôle dans l'analyse et l'amélioration de la fonction de localisation de DORIS. Je suis convaincu que, sous peu, le fruit de ces efforts rémunérera largement les investissements réalisés par chacun. Les premiers résultats confirment déjà les performances escomptées du système.

Je tiens ici à exprimer mes vifs remerciements à tous les organismes français et étrangers qui ont coopéré à l'implantation et participent au fonctionnement du réseau, contribuant ainsi au succès de ce projet.

J.F. CARREZ, Directeur Général de  
l'Institut Géographique National.



For the last thirty years, space geodesy has been intimately linked to space technology. It has now come of age, and offers scientists and field specialists location tools which have achieved operational status in terms of accuracy, cost and throughput time. The DORIS system is an excellent example ...

From the very birth of space geodesy, the *Institut Géographique National* (French national geographic institute) invested in research and development in this area, particularly with a view to the geodesic and cartographic applications of accurate location. In 1963, the IGN designed the first operational field instrument, the IGN ballistic chamber, and in 1970 joined CNES and other French partners to consolidate research efforts in this area within the *Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale* (GRGS).

It was thus logical that the IGN offer CNES, from the DORIS development stage on, its know-how in location and the use of its operational facilities. The IGN has been made responsible for the definition, implementation and maintenance of the worldwide tracking network established for DORIS, and will continue to play an active role in the analysis and enhancement of DORIS location capabilities. I am convinced that those who have invested in its future will soon be fully rewarded. The initial results already confirm the expected system performance.

May I take this opportunity of thanking all the organizations in France and abroad that cooperated in the implementation of the network and are participating in its operation, thus contributing to the success of the project.

Jean-François Carrez  
Director, Institut Géographique National.

**"CLS sera en mesure  
dès le début 1991  
de fournir l'ensemble  
des services possibles  
avec DORIS..."**



**"Starting early 1991,  
CLS will provide the  
complete range of  
DORIS services..."**



Il y a huit ans déjà, j'ai eu la chance de participer à la naissance du programme DORIS ; les possibilités étaient enthousiasmantes, mais les performances escomptées nécessitaient une collaboration totale entre industriels, ingénieurs et scientifiques.

La complexité se trouvait encore accrue par l'incertitude de la date du lancement, liée au succès et à la durée de vie de SPOT-1, DORIS aurait pu être lancé sur SPOT-2 en 1987 ! Aussi, c'est presque avec étonnement que nous avons vu converger en 1990 tous les éléments qui permettent de dire aujourd'hui que l'objectif proposé a été atteint.

CLS, filiale du CNES créée en 1986 pour promouvoir, développer et exploiter le système ARGOS, a été chargée de la promotion et de l'exploitation du système DORIS après sa qualification. La décision d'embarquer DORIS sur SPOT-3, TOPEX-POSEIDON et SPOT-4 conduit à disposer pendant les dix prochaines années au moins de ce nouvel instrument fondamental pour la connaissance scientifique et prometteur pour bon nombre d'applications.

CLS sera en mesure dès le début 1991 de fournir l'ensemble des services possibles avec DORIS et se met à la disposition des utilisateurs pour définir et préciser avec eux les modalités nécessaires.

*Michel Cazenave,  
Président de CLS.*



Eight years ago, I was fortunate enough to be involved in the birth of the DORIS programme. The prospects were exciting, but it was already clear that success would depend on total collaboration between equipment manufacturers, engineers and scientists.

And the fact that the launch date, still not set, was contingent on the success and operational lifetime of SPOT-1 made the situation all the more complex. DORIS could have been launched with SPOT-2 as early as 1987! Imagine our satisfaction when the threads finally came together, everything came right, in 1990!

CLS, a CNES affiliate established in 1986 to promote, develop and operate the Argos system, has been entrusted with the promotion and operation of the post-qualification DORIS system. The decision to fly DORIS on board SPOT-3, Topex-Poseidon and SPOT-4 means that this new instrument, which is expected to prove fundamental to scientific progress and has great promise for so many applications, will operate for at least ten years.

Starting early 1991, CLS will be in a position to provide the complete range of DORIS services, and is already available to users wishing to define and refine the necessary procedures.

*Michel Cazenave,  
Chairman, CLS.*

## PREMIERS RESULTATS DE DORIS SUR SPOT-2



Les résultats présentés ici sont ceux obtenus au bout de six à huit mois de fonctionnement, et donc encore sujets à améliorations. Ceci est caractérisé par l'évolution des résultats au cours de cette période.

**L'embarquement de DORIS sur SPOT-2 a un caractère probatoire, et la première année est principalement consacrée à la validation du système, à la mise au point des méthodes de traitement et à l'élaboration du nouveau modèle de champ de gravité.**

### Fonctionnement du système.

A la mise en route, début février, 33 balises d'orbitographie étaient installées - certaines depuis trois ans. Douze heures plus tard, les émissions de 28 d'entre elles ont été reçues au centre de contrôle. Quelques défaillances ont été corrigées dans les premiers mois, et le réseau a été complété, pour arriver à 37 balises d'orbitographie en octobre. Les négociations se poursuivent pour encore augmenter ce chiffre, et donc le taux de visibilité, c'est-à-dire le pourcentage du temps où l'on collecte des mesures exploitables.

A titre d'exemple, l'observation laser d'un satellite fournit en moyenne 15 passages par jour. Fin août, le taux de mesures validées sur DORIS était de 45 % ; il devrait passer à 60 % en fin d'année, ce qui représente 150 passages par jour. Il faut souligner qu'à part quelques zones encore mal couvertes, telles le Pacifique Sud, l'Asie du Sud-Est et Centrale, ces mesures sont bien réparties géographiquement - à l'inverse d'autres systèmes d'orbitographie - ce qui est important pour améliorer les modèles de forces et calculer l'orbite.

Après une validation du système pendant les premiers mois, et deux périodes de cinq jours pour des campagnes de mesure de brouillage, DORIS a fonctionné en mode nominal pendant près de 95 % du temps, ceci incluant la production d'une orbite métrique au bout d'une à deux semaines. Les interruptions sont dues à des périodes d'indisponibilité de la station de télémesure ou à des erreurs de jeunesse dans l'utilisation du système. Le taux de fonctionnement pourrait être sensiblement rapproché de 100 % dans le futur centre en cours de réalisation.

La conception de l'instrumentation (balises, antennes, récepteur, oscillateurs)

a pu être validée, notamment :

- la liaison balises-satellite et les hypothèses de brouillage par des émetteurs externes au système. Les valeurs mesurées sont à l'intérieur des fourchettes prévues, et il est envisagé de réduire la puissance d'émission des futures balises de terrain, sous réserve d'une confirmation expérimentale en cours.

- le niveau du bruit de mesure. L'analyse des données a permis de l'évaluer à une valeur moyenne de 0.3 à 0.5 mm/s, conformément aux bilans faits avant le lancement. Certains passages particulièrement peu brouillés ont même été trouvés à 0.25 mm/s ; ceci illustre que les oscillateurs bord et sol tiennent leurs promesses.

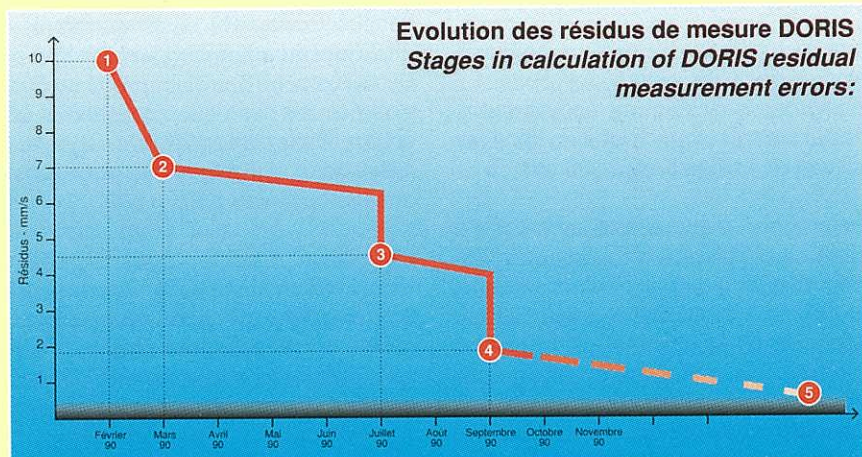
### Résultats du traitement orbitographique.

La détermination d'orbite a été activée dès la mise en route du système, et la première orbite de précision métrique a été produite deux semaines après. Avec SPOT 2, les évaluations de qualité doivent être internes (puisque'il n'y a pas d'autre système d'orbitographie précise, ni d'altimétrie). Les critères de qualité utilisés ont été :

- les résidus de mesure : moyenne au sens des moindres carrés de l'écart final entre les mesures réelles et les mesures théoriques, celles que l'on aurait eues avec l'orbite calculée.

Ces résidus contiennent : les erreurs de mesure et de propagation, les erreurs sur les positions de stations, et celles liées au calcul d'orbite. Pour fixer les idées, un résidu de 1,5 mm/s est équivalent à une précision de 20 cm sur la distance satellite-station. Comme prévu dans cette phase initiale, l'erreur principale provient des incertitudes sur les modèles de force. On est encore loin du bruit de mesure : il subsiste du "signal" dont une part va être modélisée. L'évaluation des résidus en fonction de l'avancement du projet est indiquée dans le schéma en page de droite.

## INITIAL RESULTS OF DORIS ON BOARD SPOT-2



The DORIS mission on board SPOT-2 is of an exploratory nature, and the first year of operation is mainly devoted to validating the system, debugging data processing methods and developing the new gravity field model.

- (1) premières orbites DORIS (avec modèle de potentiel GEM-T2)
- (2) après correction d'erreurs initiales
- (3) utilisation d'un nouveau modèle de potentiel (PGS3520)
- (4) utilisation du modèle préliminaire GRIM4, calculé en août 1990 et incluant 3 mois de mesures DORIS. Un jeu de coordonnées recalculées (préliminaire) est également utilisé.
- (5) limite estimée des résidus : effet cumulé du bruit de mesure et des erreurs moyen terme (oscillateurs, propagation)

- (1) first DORIS computations (with GEM-T2 gravity field model)
- (2) after correction of initial errors
- (3) with use of a new gravity field model (PGS3520)
- (4) with use of a preliminary model, the GRIM4, calculated in August 1990, including three months of DORIS measurements. A set of preliminary recalculated coordinates is also used.
- (5) estimated limit of residual errors: cumulative effect of measurement noise and medium-term errors (oscillators, propagation).



The results presented in this Newsletter are those that were obtained after six to eight months of operation, and are thus subject to further enhancement. Indeed, better and better results are being achieved ...

### System operation.

When the system began operating in early February 1990, thirty-three ODBs were already installed, some of them having been set up three years previously. Twelve hours later, transmissions were received from 28 beacons at the DORIS control centre. Certain malfunctions were corrected during the first few months, and the network complement was brought up to 37 in October. Plans to expand the net-

work further are under discussion, the aim being to increase the visibility ratio, i.e. the proportion of time during which useable measurements can be collected.

The proportion of validated measurements at the end of August 1990 was 45%. This should reach 50-60% by the end of the year, producing 150 passes a day. These results can be compared with, for example, satellite laser tracking, which provides an average of 15 daily passes. Note that apart from certain areas which are still poorly covered, such as the South Pacific and South-East / Central Asia, the geographical distribution of the measurements is very even, unlike other orbit determination systems. This is important for

*...Le système DORIS permet d'atteindre, en relatif, une exactitude de l'ordre du centimètre sur des bases courtes, et meilleure que 10 cm sur quelques milliers de kilomètres.*

Un autre critère de qualité est constitué par les résidus le long de la trace : l'ensemble des mesures d'un même passage peut être compacté en un point et l'on analyse alors l'avance ou le retard de l'orbite calculée par rapport à ce point. Les valeurs obtenues sont en moyenne de 1,5 mètre.

Il est plus difficile d'évaluer la précision obtenue dans les autres directions. En utilisant des techniques de recouvrement, on peut estimer la précision moyenne sur l'altitude de l'orbite à 20 ou 30 cm.

Les progrès attendus des modèles de potentiel définitifs, et une meilleure modélisation des forces de surface appliquées au satellite, garantissent la tenue de la performance décimétrique.

#### **Résultats en positionnement.**

Des expériences de positionnement ont été organisées, en utilisant des balises de terrain et des balises d'orbitographie.

- à Djibouti, deux balises de terrain ont été installées en mars 1990, pour permettre des essais de localisation relative avec la balise d'orbitographie. Elles forment un triangle de 15 à 45 km de côté.

- à Toulouse, deux balises ont été placées à 300 m l'une de l'autre et localisées en relatif.

- à Saint-Etienne de Tinée (Alpes-Maritimes), deux balises ont été installées, l'une dans le village pour servir de référence, l'autre sur un glissement de terrain (voir photos en pages 10/11).

Une chaîne opérationnelle de localisation par méthode géométrique a été mise en oeuvre pour le traitement de ces expériences. Elle a utilisé les éphémérides calculées par le service d'orbitographie DORIS, encore basées sur des modèles de potentiel non optimisés et sur un jeu de positions a priori des stations dont certaines ont une imprécision de plusieurs mètres.

Cette chaîne a également exploité les mesures de la plupart des balises du réseau, pour la période mars-juin 1990. Des solutions mensuelles ont été calculées, et les valeurs moyennes ont été comparées aux valeurs du réseau laser/VLBI de l'IERS pour les 10 stations communes, pour obtenir une détermination objective de l'exactitude du positionnement absolu. Celle-ci est estimée à 70 cm

de systématisme par station, essentiellement dû au modèle dynamique utilisé jusqu'alors dans le calcul d'orbite, plus une fluctuation mensuelle de 30 cm rms. Des essais avec le modèle GRIM4D préliminaire montrent qu'au moins 50 cm seraient résorbés sur ces 70 cm.

Le positionnement relatif est d'ores et déjà encourageant. L'expérience de Djibouti montre des dispersions de 10 cm sur chacune des trois coordonnées (calcul sur différentes périodes de 6 jours, en juillet 1990). A Toulouse les deux balises ont été localisées à 2 cm près.

L'utilisation dans le calcul d'orbite du modèle GRIM4D, ainsi qu'un jeu de positions de stations submétriques, devraient améliorer de façon très significative ces performances, aussi bien en absolu qu'en relatif.

En effet, les résultats obtenus avec des techniques semi-dynamiques (où l'on calcule à la fois l'orbite et les positions des balises) ont montré que le système DORIS permet d'atteindre, en relatif, une exactitude de l'ordre du centimètre sur des bases courtes, et meilleure que 10 cm sur quelques milliers de kilomètres. Ces résultats ont été obtenus en traitant plusieurs mois de données DORIS.

#### **Modélisation du contenu ionosphérique.**

Le traitement des mesures de l'instrument DORIS/SPOT-2 permet d'isoler, sur chaque mesure, la contribution de l'erreur de propagation ionosphérique. On en déduit un modèle de la correction qui serait à appliquer aux mesures de distance d'un altimètre. Ces travaux visent à préparer le traitement de TOPEX-POSEIDON, et donnent actuellement une précision meilleure que 2 cm.



the enhancement of mathematical force models and for orbit determination calculations.

After a period of system validation during the first few months, and two five-day periods for exercises to measure interference, DORIS has operated in nominal mode for nearly 95% of the time, including the achievement of a metre-accuracy orbit after one or two weeks. The interruptions are due to periods when the receiving station is unavailable or to "growing pains" in use of the system. Nominal operation nearing 100% is expected at the control centre now being built.

The instrument designs (beacons, antennas, receivers and oscillators) have been validated, as follows:

- the beacon-satellite link and assumptions regarding interference by transmitters outside the system. This is within the expected ranges, and it is planned to reduce the radiated power of the future GLBs, subject to confirmation via experiments currently in progress,
- measurement noise level. Data analysis has provided an evaluation of a mean 0.3 to 0.5 mm/s, in accordance with the budgets established before the launch. Certain passes with particularly low interference have even yielded measurement noise of just 0.25 mm/s, confirming the promise of the onboard and ground-based oscillators.

### Results of orbit determination processing.

Orbit determination was activated as soon as the system started up, and the first metre-accuracy orbit was achieved two weeks later. With SPOT-2, quality evaluations must be done internally (since no other precise orbit determination or altimetric system is available). The quality criteria were based on the residual measurement errors. This requires calculation of the mean least-squares discrepancy between the validated and theoretical measurements, i.e. those which would have been obtained from the as-calculated orbit.

The residual errors contain the measurement and propagation errors, the errors on ODB positions, and errors due to orbital calculations. Note, as a guide, that a residual error of 1.5 mm/s is equivalent to 20 cm accuracy on the satellite-station distance. As expected in this initial phase,

the error is mainly due to uncertainty on the force model. We are not merely concerned with measurement noise: part of the signal is still to be modelled. The figure page 15 shows the evaluation of the residual errors according to the state of advancement of the project.

Along-track residuals form another quality criterion. The complete set of measurements for a given pass can be compressed onto a particular point, and the orbit advance or delay calculated relative to it. The average value is 1.5 m.

Evaluating the accuracy obtained in other directions is more difficult. However, using overlap techniques, the mean accuracy of the satellite altitude can be estimated at 20 or 30 cm. The progress expected from the final gravity field models, plus better modeling of surface forces on the satellite, will ensure that 10-cm accuracy performance is achieved.

*...the DORIS system can provide location accuracy on the order of a centimetre in relative mode over short distances, and better than 10 cm over several thousands of kilometres.*

### Location results.

Experiments have been conducted to determine location accuracy using GLBs and ODBs, as follows:

- at Djibouti, two GLBs were installed in March 1990 to test relative location using an ODB. The beacons in the triangle are 15 to 45 km apart from each other,
- in Toulouse, two GLBs were set up 300 m apart and located relative to each other,
- at Saint-Etienne de Tinée, in the French Alpes-Maritimes, two GLBs were installed, one in the village as a reference point, the other in an area subject to ground slip-page (see photos in page 10/11).

An operational location chain using geometric methods has been established to process these experiments. It uses the ephemeris calculated by the DORIS orbit determination service, still based on non-optimized gravity field models and a set of a-priori positions of the stations, certain of which are inaccurate by a few metres.

The chain has also analyzed the meas-

urements of most of the network beacons for the period March-June 1990. Monthly solutions have been calculated, and the mean values compared with those from the IERS laser/VLBI (very-long base interferometer) network for the ten stations in common, the purpose being to objectively assess the accuracy of absolute location. Systematic error at each station has been estimated at 70 cm, essentially due to the dynamic model used until then in the orbit calculation, plus monthly variation of 30 cm rms. Tests with the preliminary GRIM4D model show that at least 50 cm out of 70 cm can be taken up.

Relative location is now providing encouraging results. The Djibouti experiment shows scattering of 10 cm on each of the three axes, the calculations having been done for different six-day periods in July 1990. In Toulouse, the two beacons were located to within 2 cm.

When the GRIM4D model is used for orbit calculations, plus ODBs with positions known to better than 1 m, performance capability should increase considerably, both on absolute and relative location. The results obtained using semi-dynamic techniques (i.e. where both the orbit and beacon locations are calculated) have shown that the DORIS system can provide location accuracy on the order of a centimetre in relative mode over short distances, and better than 10 cm over several thousands of kilometres. These results were achieved following several months of processing of DORIS data.

### Modeling of ionosphere.

DORIS /SPOT 2 data are processed to extract the ionospheric propagation error from each measurement. The results can be used to deduce a model for the correction of altimeter range measurements. These preparatory steps for Topex-Poseidon currently provide accuracy better than 2 cm.

## LES PRINCIPAUX PARTENAIRES DE DORIS

### L'industrie

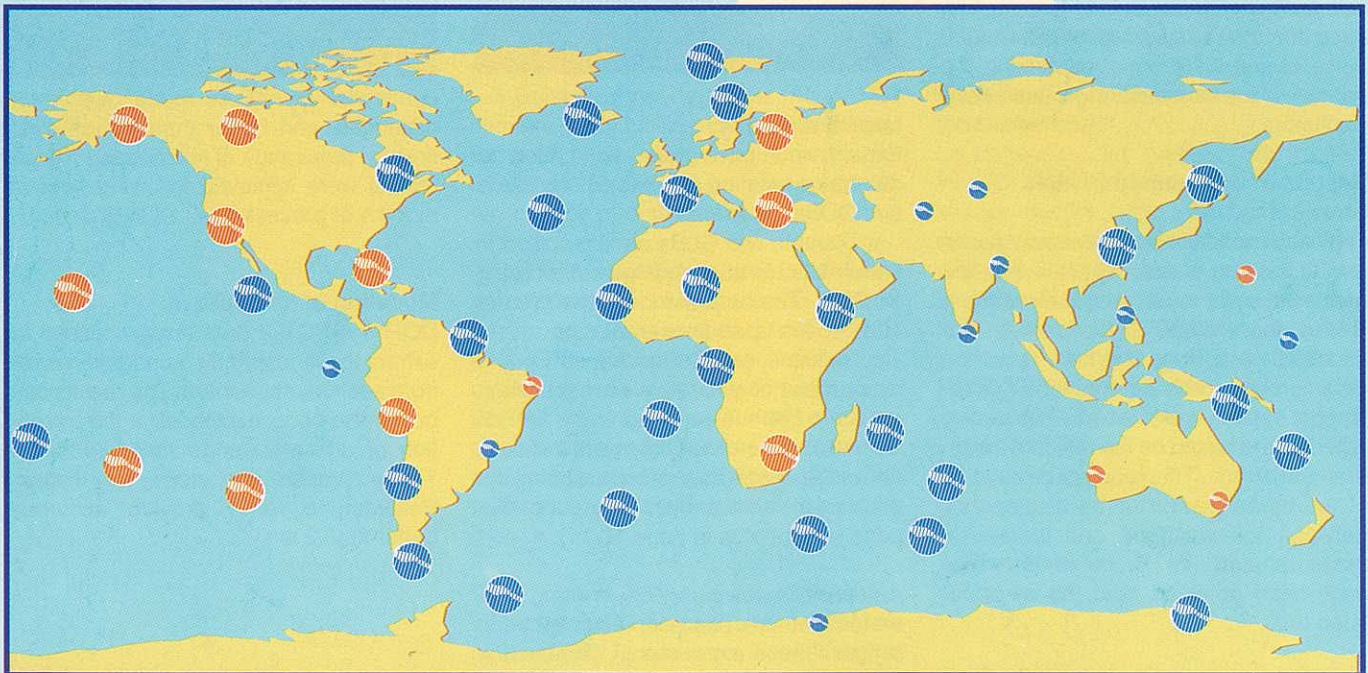
ALCATEL ESPACE  
 CEIS ESPACE  
 CEPE  
 CISI  
 CIT ALCATEL  
 DASSAULT ELECTRONIQUE  
 FREQUENCY ELECTRONICS  
 MATRA  
 OSCILLOQUARTZ  
 STAREC

Antenne bord Spot 2  
 Balises  
 Oscillateurs embarqués (DORIS futurs)  
 Centre de contrôle  
 Antennes des balises d'orbitographie  
 Récepteur embarqué  
 Oscillateur embarqué (Spot 2)  
 Intégration sur satellites Spot  
 Oscillateurs des balises  
 Antennes des balises de terrain  
 (et antennes bord DORIS futurs)

### Coordination générale

CNES  
 IGN  
 GRGS  
 CLS

Maîtrise d'oeuvre du système et  
 traitements d'orbitographie  
 Installation et fonctionnement du réseau  
 localisation précise  
 Modèle de potentiel terrestre  
 Exploitation opérationnelle du système



BALISES D'ORBITOGRAPHIE DORIS (Octobre 1990)  
 DORIS ORBIT DETERMINATION BEACONS  
 (October 1990)



Installées  
 Installed



En projet  
 Planned

Colocation avec laser ou VLBI  
 Colocated with laser or  
 VLBI network



Installées  
 Installed



En projet  
 Planned

# MAIN PARTNERS IN DEVELOPMENT OF THE DORIS SYSTEM

## Industry

ALCATEL ESPACE  
 CEIS ESPACE  
 CEPE  
 CISI  
 CIT ALCATEL  
 DASSAULT ELECTRONIQUE  
 FREQUENCY ELECTRONICS  
 MATRA

OSCILLOQUARTZ  
 STAREC

*Spot 2 onboard antenna  
 Beacons  
 Onboard oscillators (future DORIS missions)  
 Control center  
 ODB antennas  
 Onboard receiver  
 Onboard oscillator (SPOT-2)  
 Integration of DORIS payload on  
 Spot satellites  
 Beacon oscillators  
 GLB antennas  
 (and future DORIS onboard antennas)*

## Overall coordination

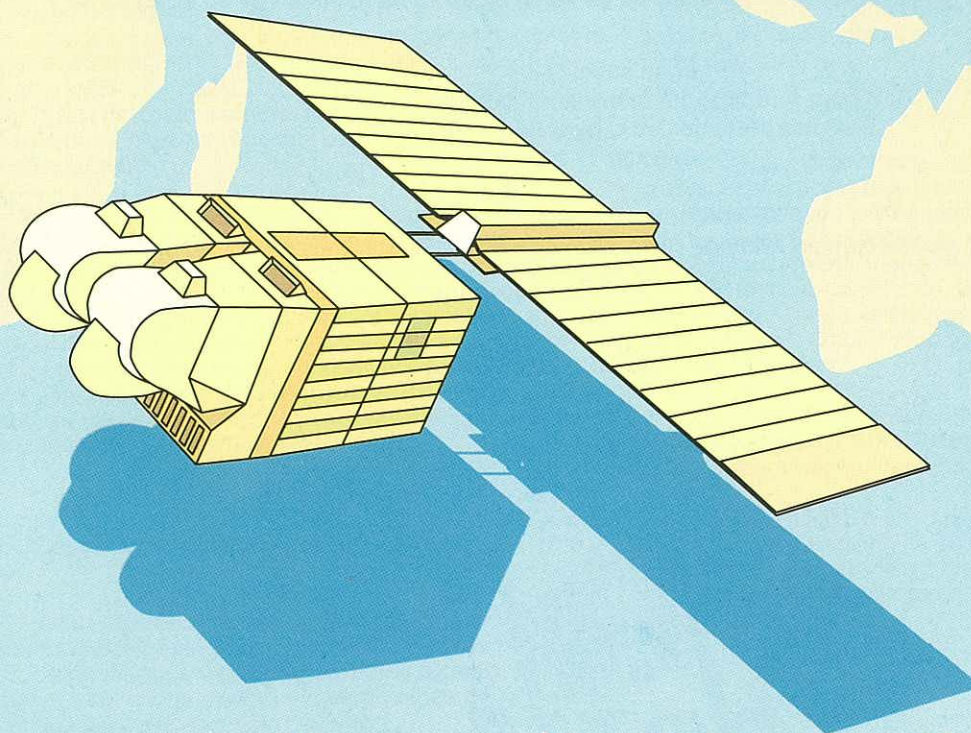
CNES

IGN

GRGS

CLS

*In charge of system management and  
 orbit determination processing  
 Installation and operation of ODB and GLB  
 network, and accurate location  
 Gravity field model  
 Operational exploitation of system*



# ABONNEMENT GRATUIT POUR 1991. FREE SUBSCRIPTION FOR 1991.

Newsletter DORIS : abonnez-vous gratuitement en nous retournant cette carte réponse.  
*Readers who would like to subscribe to the DORIS Newsletter : simply return this form.*

Mr.                       Mme /Mrs                       Mlle /Miss

Nom /Name : \_\_\_\_\_

Prénom /First name : \_\_\_\_\_

Société /Organization : \_\_\_\_\_

Adresse /Address : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Et si, éventuellement vous connaissez d'autres personnes intéressées par un abonnement, faites-le nous savoir.

*Please also forward the names of others who may be interested in this new informative publication.*

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Carte à retourner à / *Please return to :*

*CLS, 18, avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse Cedex, France.*

*Fax : (33) 61 75 10 14.*

• Pour en savoir plus :

CLS peut fournir toute information complémentaire.

Contactez Philippe Gros, Direction Commerciale

au 61 39 47 20.

• For further information :

*please contact Philippe Gros, CLS Commercial Department,*

*(33) 61 39 47 20.*

