

▪ CLS - 18 av. Edouard Belin - 31055 Toulouse, France.
Tel (33) 61 39 47 00 Telex : 531 752 F - Fax : (33) 61 75 10 14

▪ Centre National d'Etudes Spatiales - 2, place Maurice Quentin - 75001 Paris.
Tel : (33) (1) 45 08 75 00 - Telex : 214 674 - Fax : (33) (1) 45 08 76 33

▪ Institut Géographique National - 136 bis, rue de Grenelle - 75700 Paris.
Tel : (33) (1) 43 98 80 00 - Telex : IGN GNL 204 989 F -
Fax : (33) (1) 45 55 07 85

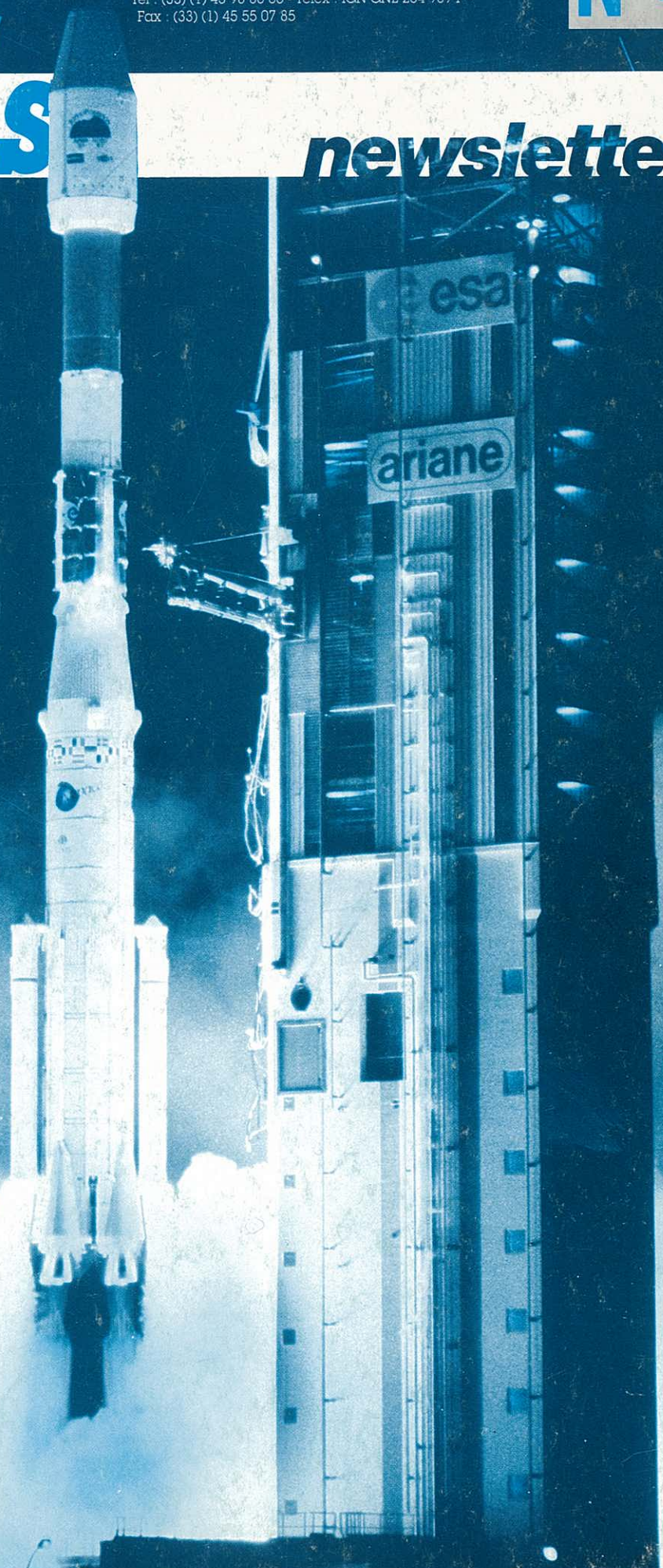
JAN. 93
N°4

doris

newsletter

*Le satellite
Topex/Poséidon
a été lancé par
Ariane le 10 août
dernier.
Deux récepteurs
Doris sont à bord !*

*Topex/Poseidon
was launched by
Ariane on
10 August 1992
with two Doris
receivers on
board!*



Editorial

Par Michel Dorrer
CNES



Une large partie de cette Newsletter est consacrée aux applications océanographiques de Doris. Le satellite Topex/Poséidon développé depuis 1983 par la NASA et le CNES a été lancé par Ariane le 10 août dernier. Deux récepteurs Doris sont à bord !

Topex/Poséidon est une mission dédiée à l'altimétrie océanique : l'orbite, la plate-forme, les différents instruments constituant la charge utile ont été optimisés pour observer pendant une durée de 3 à 5 ans la surface des océans, et à partir des mesures de topographie déterminer la circulation à large échelle, c'est-à-dire à la dimension d'un bassin océanique, plusieurs milliers de kilomètres. Topex/Poséidon est une réponse pratique aux problèmes d'environnement et d'évolution du climat.

La mise en oeuvre initiale du satellite s'est parfaitement déroulée et les performances des instruments sont conformes aux prévisions. Des données sont régulièrement transmises aux 38 équipes scientifiques, représentant 9 pays, qui ont participé à la définition du projet. Après la fin de la phase de validation - février 1993 - ce sont des données définitives qui seront distribuées, et cette fois de manière plus large.

Pour une mission d'altimétrie globale, la qualité de l'orbite est déterminante. C'est pourquoi trois techniques indépendantes sont utilisées sur Topex/Poséidon : réflecteurs laser,

récepteur expérimental GPS et Doris.

Le système Doris a été conçu en priorité pour cet objectif ambitieux : connaître l'altitude du satellite à mieux que 10 cm près ! Les évaluations de qualité de l'orbite montrent que cet objectif est proche, sinon déjà atteint, et qu'il devrait être dépassé : la précision devrait encore s'améliorer avec la mise au point par la NASA et le CNES d'un nouveau modèle de champ de gravité.

En parallèle avec la mise en route de Topex/Poséidon, la NASA, la NOAA et le CNES ont commencé à définir l'altimétrie du futur : une série de minisatellites qui assureraient pendant plus de dix ans, à partir de 1998, une continuité des mesures de topographie océanique avec la même précision que Topex/Poséidon. C'est le système Doris qui est nominale-ment prévu pour la détermination précise de l'orbite de ces satellites.

Par ailleurs une intense activité aura marqué l'année 1992 : le réseau de balises d'orbitographie a été complété, le nouveau centre de traitement est opérationnel, et de nombreuses campagnes de localisation sont en cours. Doris participe maintenant à la détermination de l'altitude de l'Everest !

L'équipe du projet Doris remercie tous ceux qui ont contribué à ces succès, et vous présente ses meilleurs vœux pour 1993.

Dans ce numéro :

Doris Newsletter

N° 4

Janvier 1993

<i>Le point sur Doris</i>	4
<i>Le réseau d'orbitographie Doris</i>	6
<i>Doris sur le toit du monde</i>	10
<i>Détermination d'altitude avec Doris</i>	12
<i>Doris et l'océanographie</i>	14
<i>Nouvelles brèves de l'orbite</i>	
<i>Topex/Poséidon</i>	18



Much of this Newsletter is devoted to Doris oceanographic applications. Doris is now flying on the Topex/Poseidon satellite, developed by NASA and CNES since 1983 and launched by Ariane on 10 August 1992. Two Doris receivers are on board!

Topex/Poseidon is dedicated to ocean altimetry: the orbit, satellite bus and payload are optimized for mapping the ocean surface over three to five years. The topography data will be used to determine the large-scale ocean circulation, the scale of basins thousands of kilometers across. Topex/Poseidon is a practical answer to many problems in environmental and climatic research.

Operations started smoothly and the preliminary results confirmed the expected performance. Data is being sent regularly to the 38 teams of scientists, in nine countries, who helped to define the project. The final data sets will be distributed, more widely, once the algorithms are validated in February 1993.

Orbit quality is a determining factor in global altimetry. Which is why three independent techniques are used on Topex/Poseidon: laser reflectors, an experimental GPS receiver, and Doris.

Doris was designed to determine the satellite altitude to within 10 cm.

Assessments of orbit quality show that we are achieving this. Accuracy should be even higher once NASA and CNES finish tuning the new gravity field model.

While getting Topex/Poseidon operational, NASA, NOAA and CNES have started defining the altimetric future missions. Probably to be carried by a set of mini-satellites, these will continuously measure the ocean surface—to the same accuracy as Topex/Poseidon—from 1998. Doris is expected to be used for accurately determining the orbits.

1992 was a big year for Doris: more orbitography beacons were set up, our new processing centre is now operational, and several location exercises are in progress. Doris is now being used to work out how high Everest is!

The Doris project team thanks everyone who has helped in its success, and wishes you a Happy New Year.

Editorial

By Michel Dorrer
CNES

In this issue:

Doris Newsletter
N° 4
January 1993

About Doris	5
Doris orbitography network	7
Doris on the roof of the world	11
Altitude determination with Doris	13
Doris and oceanography	15
Notes on Topex/Poseidon orbit	19

Le point sur Doris

Par Albert Auriol
CNES



Doris / Spot2

Quelques trous de mémoire.

Le 10 août, jour du lancement du satellite Topex/Poséidon qui emportait ses petits frères jumeaux, le récepteur Doris de Spot2 s'est bloqué. Crise de jalousie ou, plus probablement, rencontre d'un ion lourd, plus lourd de conséquences cette fois, puisque l'instrument ne réagissait plus aux commandes. Pour le sortir de cet état, il a fallu recourir à couper son alimentation. Comme une commande spéciale permet de reconfigurer la totalité de la mémoire de manière à pouvoir stocker les informations les plus précieuses dans les boîtiers les plus résistants, le mois de septembre a été consacré presque entièrement à cette opération ainsi qu'à la réalisation d'un test complet des boîtiers défaillants de manière à identifier et localiser très précisément les défauts détectés. Ces défauts se sont révélés peu nombreux (taux de 1/20 000) et le Centre de Contrôle sait éviter d'envoyer des informations dans les cases détruites de la mémoire de l'instrument.

Pendant quelques semaines, la localisation opérationnelle a été interrompue, ce qui s'avère peu dommageable pour les expériences de longue durée, mais certaines opérations ponctuelles ont dû être différées.

Depuis début octobre Doris/Spot2 assure à nouveau parfaitement sa mission. Cet incident a permis de démontrer les possibilités d'interactions entre le "sol" et le "bord" et a permis aux équipes (par ailleurs fort occupées par la mise en route de l'exploitation de Topex/Poséidon) d'acquiescer une maîtrise supplémentaire. La production quotidienne dépasse à nouveau les 6000 mesures réparties en plus de 180 passages, ce qui représente un taux de couverture réelle de plus de 60%. Le site minimum de réception des stations de latitude élevée (favorisées par la géométrie de l'orbite quasi-polaire) a été remonté à 17° pour réduire leur

contribution et conserver quelques marges sur le remplissage de la mémoire de stockage de la télémesure.

Expériences de localisation: un calendrier toujours chargé.

L'expérience de Boulc, mesure des mouvements d'un glissement de terrain dans la Drôme (France), est terminée. Les résultats sont satisfaisants et une deuxième campagne est déjà prévue sur ce site en 1993. Bien que la précision ultime du système ne soit pas requise dans ce type de campagne, le système Doris a montré là, comme auparavant à Saint Etienne de Tinée, sa capacité à suivre des mouvements de terrain importants, automatiquement et en permanence.

Le dispositif expérimental installé au Chili, à Cariquima et à Iquique, pour la surveillance continue de l'activité pré-séismique de la région a été complété. Depuis début octobre, une troisième balise de terrain a été installée sur l'île de San Felix au large du Chili. Cette surveillance permanente sur une longue période exige que les 3 balises restent sur ces sites pendant de longues années. Ce programme est financé par l'INSU (Institut National des Sciences de l'Univers) et le CNES, l'équipe scientifique est composée de spécialistes chiliens et français (Institut de Physique du Globe, Paris).

- Depuis fin novembre, deux balises de terrain ont été mises à la disposition de l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération). Elles s'inscrivent dans un programme géophysique mené en Polynésie par cet organisme dans une zone particulièrement active. Les stations sont installées à Tana (Vanuatu) et à Lifu (Nouvelle-Calédonie). Ce programme est également financé par l'INSU et le CNES.

- Une campagne incluant la mise en oeuvre de trois stations Doris en vue de l'amélioration du Réseau de Référence Français menée par l'IGN est en cours.

About Doris



Doris / Spot2

When Doris's memory went blank.

On 10 August 1992, the very day when Topex/Poseidon was launched with its twin Doris receivers, the one on Spot-2 jammed. Family jealousy? More likely an encounter with a heavy ion—a serious incident since the instrument no longer responded to commands. We had to switch off the power supply. A special command reconfigures the whole memory so that the most important data is stored in the most robust units. We spent most of September working on the problem and testing the defective units to find what had gone wrong and where. There turned out to be few defective memory cells (1 in 20,000) and the control centre can avoid sending data to them.

Operational location was interrupted for a few weeks. This had little effect on long-term experiments but some operations had to be postponed. Since early October Doris/Spot-2 has operated perfectly. The incident showed that our ground control system can interact successfully with the satellite. Our teams, working hard on getting Topex/Poseidon going, gained some useful experience.

Some 6000 measurements are now being produced every day during over 180 passes. This represents over 60% coverage. The minimum elevation angle for high-latitude stations (which get the best coverage on Doris's near-global orbit) has been increased to 17° to reduce their contribution in the orbit determination calculation and keep some spare capacity in the telemetry memory.

Location experiments: busy times for Doris.

The Boulc experiment, measuring earth movement in the Drôme *département* (France), is over. The results are satisfactory and a second exercise is scheduled for 1993. Although the highest system accuracy is not required for this type of

work, Doris has shown, as in Saint Etienne de Tinée, that it can automatically and continuously monitor major movements.

- An experimental setup continuously monitoring pre-seismic activity at Cariquima and Iquique (Chile) has been expanded: a third GLB was set up in October 1992 at San Felix, off the coast. This continuous study needs the GLBs to stay in the field for several years. The programme is financed by the *Institut National des Sciences de l'Univers* (INSU) and CNES. The teams consist of scientists from Chile and France (*Institut de Physique du Globe*, or IPG, Paris).

- Two GLBs have been made available for the *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération*, ORSTOM. The work is part of a geophysical programme in a particularly active area of Polynesia. The stations are at Tana (Vanuatu) and Lifu (New Caledonia). The programme is also being financed by INSU and CNES.

- IGN is setting up Doris stations in Toulouse, Brest and Grasse as part of work to enhance the French reference network. The stations will produce simultaneous measurements.

- IGN, in charge of tying the local network in Yemen into a global geodetic reference system, installed a Doris GLB in the Sanaa area from July to September.

- The exercise in Djibouti since early 1990 suffered a few setbacks recently. One of the GLBs was struck by lightning and had to be replaced. This tricky operation could only be done once the logistics were favourable. French technicians lent their support. The solar array and batteries on the second GLB, in a remote area, were damaged, leading to poor performance on some passes. However, since Doris/Spot-2 resumed operational service, the GLBs have again been watching faithfully over the Asal rift.

By Albert Auriol
CNES



Balise Doris, site de Cibinong, Indonésie.
Doris beacon, Cibinong, Indonesia.

Le réseau d'orbitographie Doris

Unique au monde !

La densification du réseau de balises d'orbitographie Doris se poursuit.

Avec l'installation, au cours de ces six derniers mois de 5 nouvelles balises d'orbitographie, le réseau comprenait 47 balises en fonctionnement au 1er octobre 1992. Si l'on ajoute l'installation prévue sur le site de Syowa (base scientifique japonaise en Antarctique) en janvier 1993 et les négociations en cours pour un site sur les Iles Marshall (Etats-Unis), le réseau total est pratiquement en passe d'atteindre les 50 balises initialement prévues.

Le SIMB (Service d'Installation et de Maintenance des Balises Doris), ayant la charge de l'installation des balises et des relations avec les organismes hôtes, en profite pour remercier les nouveaux partenaires Doris :

Everest (Népal) :
Ev-K2-CNR/RONAST Joint Project (Italie/Népal).

Cachoeira Paulista (Brésil) :
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Cibinong (Indonésie) :
National Coordination Agency for Surveys and Mapping (Bakosurtanal)

Yarragadee et Orroral (Australie) :
Australian Surveying and Land Information Group (AUSLIG).

Michel Lansman
IGN/SIMB

Elle produit des mesures simultanées sur Toulouse, Brest et Grasse.

- Dans le but de rattacher le réseau local du Yémen, l'IGN, chargé de cette opération, a installé une balise de terrain Doris dans la localité de Sanaa de juillet à septembre.

- La campagne en cours depuis début 1990 à Djibouti a souffert ces derniers temps, outre les interruptions liées à l'incident du 10 août, de quelques difficultés. L'une des deux balises, foudroyée, a dû être remplacée. Cette opération délicate n'a pu aboutir qu'après avoir attendu des conditions favorables et grâce au concours de techniciens français. La seconde, située dans une zone difficilement accessible, voit son générateur solaire et ses batteries faiblir ce qui occasionne un mauvais fonctionnement sur certains passages. Toutefois, depuis la remise en service opérationnel de Doris/Spot2, les balises du rift d'Asal ont repris leur veille.

L'expérience a déjà fait l'objet de plusieurs publications du GRGS (Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale ; France). Constituant "la mémoire de Doris" en matière de surveillance "géophysique", elle devrait se poursuivre au moins jusqu'à fin 1993.

- En octobre trois campagnes de "localisation éclair" ont été menées dans la région toulousaine. Ces campagnes avaient pour objectif l'alignement précis d'antennes de liaison sol-satellite.

- Alcatel Espace, maître d'œuvre de la station de télémessure et télécommande qui doit équiper l'île Australe de Kerguelen, avait besoin de connaître rapidement les coordonnées d'un point de son établissement de Candie, au Sud de Toulouse, avec une précision métrique dans un repère mondial absolu.

- Le projet de satellite radio-amateur Arsène souhaitait avoir les coordonnées de deux points en banlieue Sud-Est de Toulouse avec une précision métrique. Le système Doris a démontré sa capacité à faire des localisations "éclair" : les mesures ont été captées en octobre et le 15 novembre les résultats étaient fournis au client.

- L'installation des deux balises de terrain supplémentaires sur les pentes du volcan Kilauea (Hawaï) a eu lieu en jan-

vier. La durée de l'expérience est fixée à 6 mois.

- Une campagne d'intercalibration prévue en Californie (U.S.A.) aura lieu début 1993.

- Pour 1993, outre la poursuite des campagnes de longue durée, il est prévu :

- Le début d'implantation d'un réseau régional dans la région de l'arc Hellénique (Grèce, Egypte, Italie), par l'installation d'une balise à Roumeli (Grèce). Cette balise restera en place pour plusieurs années.

- La première partie d'un programme de "Réseau Primaire en Polynésie Française" et le rattachement d'îles par le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine - France) et l'IGN.

- Une reprise des mesures sur le glissement de terrain de Boulc (Drôme, France).

- Dans le cadre des accords France-Russie, une expérience scientifique de localisation à partir d'avril 1993.



Doris / Spot3

Le satellite Spot3 attend toujours dans son cocon. Son lancement est annoncé pour l'automne 1993. L'instrument Doris/Spot3 prendra la relève de Doris/Spot2 ou l'épaulera dans la poursuite de la mission localisation.



Doris / Spot4

La fabrication de l'instrument Doris/Spot4 se termine. L'oscillateur et son blindage ainsi que l'antenne ont déjà été livrés et le récepteur est attendu début 1993.

Il succédera à Doris/Spot2 et Doris/Spot3 dans les années 1995-2000. Grâce à l'option navigateur autonome nommé DIODE (Détermination Immédiate d'Orbite par Doris Embarqué), il assurera la fourniture à bord, en temps réel, d'une orbite de qualité décimétrique (typiquement 50 m le long de la trace). Ces paramètres seront transmis dans la télémessure, associés aux images.

This experiment is described in several *Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale* (GRGS) publications. It represents a first in geophysical monitoring, and is now a sort of "Doris through the ages" archive. The experiment is expected to continue at least until the end of 1993.

- In October Doris showed its capability for "flash" locations, with three exercises in the Toulouse (France) area. The aim was to precisely align the antennas used for the ground-to-satellite link.

- Alcatel Espace is prime contractor for the telemetry and command station to be installed on Kerguelen Island in the southern Indian Ocean. Alcatel recently used Doris to quickly determine the coordinates of its Candie plant, south of Toulouse, in an absolute reference frame, to better than 1 m.

- Doris was used in the Arsène amateur radio satellite project to determine the coordinates of two positions in south-east Toulouse to better than 1 m.

The measurements were made in October and the results handed to customers on 15 November.

- Two more GLBs were set up on the slopes of Kilauea volcano (Hawaii) in January. The experiment is to last six months.

- An intercalibration exercise is to take place in California early in 1993.

- More exercises planned for 1993:

- start of a regional network in the Hellenic arc (Greece, Egypt, Italy) with a GLB at Roumeli (Greece). It will operate for several years,

- start of a primary network in French Polynesia and the tying-in of islands by SHOM (French Navy hydrography and oceanography division) and IGN,

- a scientific location experiment is to start in Russia in April 1993 under a French-Russian agreement,

- resumption of earth movement measurements at Boulc (Drôme, France).

Doris/Spot-3

Spot-3 is still wrapped cosily in its protective container. It is scheduled for launch in September 1993. Doris/Spot-3 will either take over from Doris/Spot-2 or support it in its location mission.

Doris/Spot-4

Doris/Spot-4 is almost ready. The oscillator, oscillator shielding and antenna have been delivered and the receiver is expected in early 1993. Doris/Spot-4 will take over in 1995-2000. Thanks to the autonomous navigation option (*Détermination Immédiate d'Orbite par Doris Embarqué*, or Diode) it will supply high-quality 10-m (roughly 50 m along-track) orbits on board, in real time. The data will be supplied with the Spot imagery in the telemetry.

Doris/Spot-5

... is already on the agenda. It will probably be similar to Doris/Spot-4, with the Diode option, an invaluable add-on for pinpointing Spot images on a map.

VLBI in Toulouse

The position of the Master Beacon in Toulouse used to be one of the least accurately known of the whole Doris network. It will soon be one of the best, thanks to the Very Long Baseline Interferometry (VLBI) exercise conducted in May 1992.

New Doris-Poseidon Control and Processing Centre

The centre, still in Toulouse, now serves the following functions:

- controlling onboard instruments Doris/Spot-2, Doris/Topex, Poseidon altimeter,

- calculating Topex and Spot orbits,

- calculating beacon locations for users' programmes,

- processing measurements from Poseidon altimeter,

- archiving data.

As planned, Doris/Spot-2 operations were gradually switched from the old centre to the new in late July. The Doris/Spot-2 mission was suspended for just one week during operational qualification testing.

Doris orbitography network

There's nothing like it anywhere!

Doris orbitography beacon network continues to expand.

With five new orbit determination beacons (ODBs) installed in the last six months, the network consisted of 47 units as of 1 October 1992. If we add the beacon planned for Syowa (Japanese scientific base in the Antarctic) in January 1993 and the current talks about a site on the Marshall Islands (USA), the full set of 50 ODBs originally planned is almost complete.

The *Service d'Installation et de Maintenance des Balises Doris* (SIMB), in charge of installing beacons and relations with host organizations would like to thank its new Doris partners:

Everest (Nepal):

Ev-K2-CNR/RONAST Joint Project (Italy/Nepal)

Cachoeira Paulista (Brazil):

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Cibinong (Indonesia):

National Coordination Agency for Surveys and Mapping (Bakosurtanal)

Yarragadee and Orroral (Australia):

Australian Surveying and Land Information (AUSLIG)

Michel Lansman
IGN/SIMB



Doris / Spot5

On en parle déjà. Ce sera probablement un modèle équivalent à Doris/Spot4 avec option DIODE, auxiliaire précieux pour la localisation des prises de vues.



VLBI à Toulouse

La position de la Balise Maîtresse de Toulouse était jusqu'ici une des plus mal connues de tout le réseau. Ce sera désormais au contraire, une des mieux connues grâce à la campagne VLBI (Very Long Base Interferometry) qui a eu lieu en mai dernier.



Le segment sol de contrôle et de traitement Doris / Poséidon

Toujours situé à Toulouse, le nouveau Centre de Contrôle et de Traitement Doris/Poséidon (CTDP) assure désormais les fonctions de :

- contrôle des instruments embarqués : Doris / Spot2, Doris / Topex, Altimètre Poséidon,
- calcul de l'orbite des deux satellites,
- calcul de la localisation des balises participant aux campagnes en cours,
- traitement des mesures de l'altimètre Poséidon,
- archivage des données.

Comme prévu, le basculement progressif de l'exploitation de Doris/Spot2 de l'ancien Centre sur le nouveau s'est déroulée fin juillet. La mission Doris/Spot2 n'a été interrompue qu'une semaine pendant les essais de qualification opérationnelle.

Depuis la mise en service de Doris/Topex, le CTDP s'acquitte de toutes ses tâches de contrôle et de traitement sans problème notable. En particulier il calcule quotidiennement les orbites de servitude (qualité métrique) des deux satellites Spot2 et Topex/Poséidon dans un délai maximum de 48 heures.

Le système dispose désormais d'une seconde balise Maîtresse située à Kourou (Guyane française). Elle est synchronisée sur une horloge atomique et est reliée au Centre de Contrôle par une liaison informatique. Celle-ci permet d'assurer correctement les fonctions de téléchargement et de synchronisation du système lorsque la Balise Maîtresse de Toulouse n'est pas disponible (campagne de localisation, essais d'équipements Doris, etc ...).



Doris / Topex/Poséidon

Mis sous tension 6 jours après le lancement, Doris/Topex a immédiatement été mis en service opérationnel, en mode automatique la première semaine puis en mode programmé, mode habituel de fonctionnement, à partir du 24 août.

La première orbite était disponible dès le 17 août et s'est avérée comparable avec celle déterminée à l'aide des premières mesures laser à un détail près : un décalage de 70 km le long de la trace. Une erreur grossière rapidement détectée et tout est rentré dans l'ordre.

Il n'a fallu que quelques heures durant la première semaine pour une vérification rapide du bon fonctionnement de l'instrument dans tous ses modes. Le bruit de l'instrumentation est identique à celui de Doris/Spot2 (0,3 à 0,5 mm/s sur la mesure de vitesse radiale). Les balises sont reçues dès l'horizon ; bien que ces mesures à élévation quasi-nulle ne soient pas exploitables à cause des divers phénomènes de réfraction et de réflexion, elles montrent l'amélioration sensible des récepteurs de Doris/Topex par rapport aux modèles qui équipent Doris/Spot2 et Doris/Spot3.

Depuis sa mise en service, l'orbite du satellite est régulièrement restituée. Le taux de couverture réelle, grâce au réseau de balises d'orbitographie actuel et avec une réception programmée à partir de 15° d'élévation, dépasse 80% ce qui représente 7000 mesures quotidiennes réparties sur environ 180 passages.

Installée dès juillet, une balise Doris participe sur le site de Lampedusa

(Italie) à la campagne d'étalonnage des altimètres de Topex/Poséidon.

Premier ion lourd sur Doris/Topex.

Doris/Topex a rencontré "son" premier ion lourd le dimanche 1er novembre vers 21h alors qu'il survolait le Pacifique Sud au large des côtes Chiliennes. Cette position se situe en bordure de l'Anomalie Sud Atlantique qui présente une importante concentration d'ions lourds. Cette hypothèse a été confirmée par l'altimètre américain qui a lui aussi été victime du même phénomène quelques minutes plus tard. La mission Doris a été rétablie moins de 24 heures après cet incident.



Since Doris/Topex went into service, the centre has performed all control and processing tasks without a hitch. It daily calculates the logistic orbit (1-m accuracy) of Spot-2 and Topex/Poseidon within 48 hours, plus the intermediate orbit within five days.

There is now a second MB in Kourou (French Guiana). It is synchronized with an atomic clock and linked to the Control Centre by computer. All remote loading and system synchronization functions are performed via the computer link when the MB is unavailable, e.g. during location programmes, testing of Doris equipment, etc.



The Doris/Topex receiver was switched on six days after the satellite launch. It was immediately put into operational service, in automatic mode, the first

week and into the routine programmed mode the second (from 24 August). The first orbit was available on 17 August. It turned out to be comparable with that determined from the first laser measurements, except for one detail: an along-track error of 70 km! We quickly sorted it out.

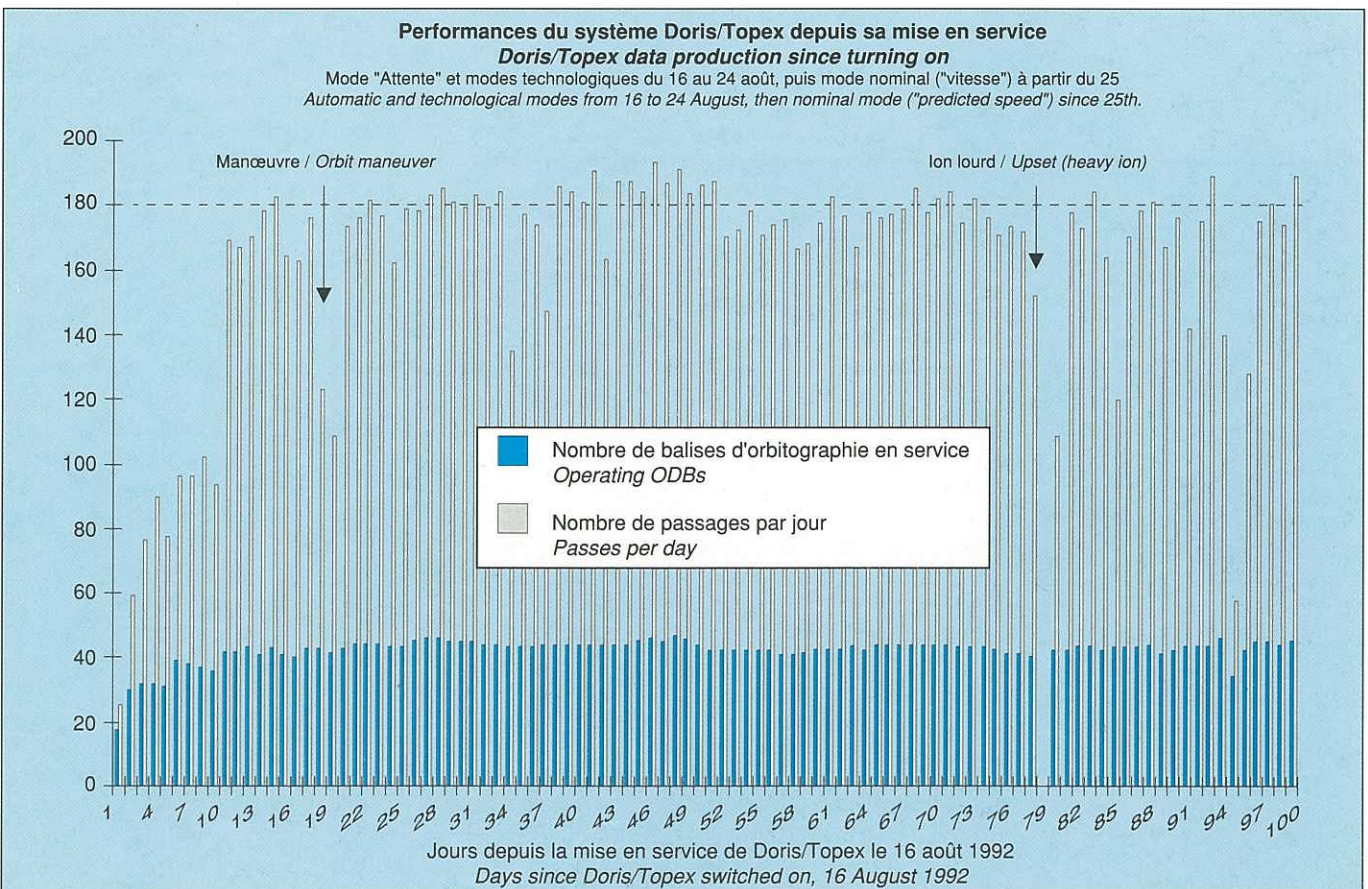
It only took a few hours in the first week to check instrument operation in all modes. The instrument noise is identical to Doris/Spot-2 (0.3 to 0.5 mm/s) on the radial velocity measurement. The beacons were received right from the horizon. Although near-zero elevation angles cannot be used, because of refraction and reflection, they show that the Doris/Topex receivers provide significantly better results than Doris/Spot-2 and Doris/Spot-3.

Since Topex/Poseidon went into service its orbit has been mapped regularly. Thanks to the present orbitography beacon network and programmed reception from 15° elevation angles, coverage is now over 80% of the globe. This represents 7000 daily measurements over some 180 passes.

Since July a Doris beacon at Lampedusa (Italy) has been used to calibrate the Topex/Poseidon altimeters.

Heavy ion on Doris/Topex

Doris/Topex encountered its first heavy ion on Sunday 1 November 1992 at around 21.00 when it was off the Chilean coast in the South Pacific. This is at the edge of the South Atlantic Anomaly area, a trap for protons and heavy ions. This was confirmed when the American altimeter suffered the same fate a few minutes later. The Doris mission was operational again less than 24 hours after the incident. As the orbit is computed over 10-day arcs, orbit quality was maintained despite the incident.



Doris sur le toit du monde !

**Une balise Doris à
5000 mètres : Record battu !**

**Par Michel Lansman
IGN/SIMB**



Dans le cadre de la coopération au sein du projet Doris qui lie le CNES, CLS et l'IGN, l'installation de la 43^{ème} balise d'orbitographie mérite d'être présentée ici.

Cette mission, réalisée par le SIMB (Service d'Installation et de Maintenance des Balises Doris) de l'IGN s'est déroulée à 5000 m d'altitude, elle a pour cadre le "Toit du Monde" à quelques kilomètres de l'Everest au Népal, dans une Pyramide-Laboratoire de verre et d'aluminium de 187 m² à la base et de 8m40 de haut sur 3 étages. Ce projet, né en 1987 s'est concrétisé en 1990 grâce aux efforts conjugués du Professeur Ardito Desio du CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) et de RONAST (Royal Nepal Academy of Science and Technology). On y pratique de nombreuses recherches scientifiques liées à la haute altitude : physiologie humaine, pollution atmosphérique, biologie ainsi que géophysique et géodésie.

Diverses techniques géodésiques ont été mises en oeuvre : Doris depuis mai 1992 et GPS, associés à des mesures géodésiques terrestres (mesures d'angles et de distances) dans le cadre d'une expédition scientifique menée à l'automne 1992 visant à déterminer avec grande précision l'altitude de l'Everest. Rappelons qu'une récente polémique scientifico-médiatique annonçait que le K2 (Pakistan) dépasserait l'Everest de quelques mètres !

C'est à pied qu'il faut se rendre à la pyramide. A partir de l'aéroport de campagne de LUKLA (2800 m) dont la piste rocailleuse est dangereusement inclinée, six jours de "trekking" sont nécessaires à l'adaptation progressive de l'organisme à l'altitude. Un guide sherpa et 5 porteurs m'ont assisté dans cette mission peu ordinaire pour transporter 150 kg de matériel sur des sentiers aux pentes abruptes mais néanmoins très fréquentés. Les noms de NAMCHE BAZAR (3440 m) de TYANGBUCHÉ (3870 m)

ou encore de LOBUCHE (4950 m) sont synonymes d'émerveillement pour tous ceux qui ont eu le privilège de traverser ces lieux fascinants. Arrivés à la pyramide, le souffle manque, la fatigue vous surprend et le mal des montagnes vous abasourdit en procurant de violents maux de tête car on ne dispose guère que de 50% de l'oxygène présent au niveau de la mer ! Mais quels paysages majestueux que ces sommets culminants à plus de 8000 m !

L'installation réalisée le 22 mai 1992 produit environ 2000 mesures par mois en assurant la connaissance de coordonnées absolues à quelques cm près dans un référentiel géodésique international et en contribuant également à une meilleure détermination du potentiel terrestre.

Ce projet mené en coopération avec de nombreux chercheurs italiens, népalais et français affirme la diversité technologique de l'IGN et assure au programme Doris une renommée mondiale dans un domaine scientifique prometteur.

Doris on the roof of the world!



CNES, CLS and IGN have been cooperating on the Doris project for many years. Installing the 43rd Orbitography Determination Beacon (ODB) was a particularly interesting experience.

The beacon was set up by the *Service d'Installation et de Maintenance des Balises Doris* (SIMB) 5000 m up on the "roof of the world", a few kilometers from Everest in Nepal. The beacon was set up in a three-storey glass and aluminium pyramid laboratory, base area 187 m², height 8.4 m. The project was conceived in 1987 and implemented in 1990 due to the efforts of Professor Arditto Desio from the *Consiglio Nazionale delle Ricerche* (CNR) and the Royal Nepal Academy of Science and Technology (RONAST). The work includes a number of biological and geodetic high-altitude experiments, including human physiology, atmospheric pollution, biology, geophysics and geodesy.

The geodetic techniques used include:

- Doris since May 1992,
- GPS with terrestrial geodetic (angles and ranges) measurements in a scientific expedition to accurately determine the height of Everest during the northern autumn, 1992. Readers may recall the popular media stating recently that K2 in Pakistan was a few metres higher than Everest.

The only way to get to the pyramid is on foot. From the rocky, dangerously-sloping field airport at Lukla (2800 m), you have to trek six days to gradually adjust to the altitude. A Sherpa guide and five porters helped me carry 150 kg of equipment along steep but much-used paths. For all who have been lucky

enough to pass through these fascinating places, names like Namche Bazar (3440 m), Tyangbuche (3870) and Lobuche (4950) have a magical ring. By the time you get breathlessly to the pyramid, where there is just 50% of the oxygen at sea level, you are overcome by fatigue and terrible headaches from altitude sickness. But what splendid views of the 8000-m summits!

We finally installed the beacon on 22 May 1992. It generates 2000 measurements a month, providing absolute coordinates to within a few cm in an international geodetic reference frame and contributing to improved determination of the earth's potential field.

This joint project, involving Italian, Nepalese and French researchers, shows yet again that IGN has many technological strings to its bow. The Doris programme will soon achieve even more international recognition in a promising field of scientific research.

Doris beacon at 5000 m beats record

**By Michel Lansman
IGN/SIMB**



Détermination d'altitude avec Doris

Jean-Philippe Dufour
IGN



Doris, comme tous les systèmes spatiaux, permet d'obtenir des coordonnées géométriques géocentriques, dont entre autres la hauteur au-dessus d'un ellipsoïde de référence h . L'altitude H d'un point est une grandeur physique qui se réfère au géoïde, c'est à dire à une surface équipotentielle de référence proche du niveau moyen des mers :

$$H_m = (W_{\text{géoïde}} - W_m) / g_o$$

où W représente le potentiel de pesanteur et g_o l'une des valeurs conventionnelles de pesanteur suivantes :

- Valeur constante choisie arbitrairement ; dans ce cas, les altitudes sont dites dynamiques.

- Valeur moyenne de la pesanteur réelle le long de la ligne de force entre le géoïde et le point M ; il s'agit alors d'altitudes orthométriques.

- Valeur moyenne de la pesanteur normale entre un ellipsoïde de référence et le point de calcul : altitudes normales.

Ellipsoïde et géoïde sont donc deux surfaces fondamentalement différentes et, en certaines régions, très éloignées l'une de l'autre (jusqu'à une centaine de mètres). Par conséquent, Doris seul ne détermine pas l'altitude d'un lieu.

Il est toutefois possible d'obtenir l'altitude en associant à la détermination Doris une estimation de la hauteur du géoïde au-dessus de l'ellipsoïde N au point considéré ; l'altitude H est pratiquement égale à $h - N$. Il existe différentes façons d'estimer N au point à déterminer. Citons entre autres :

- Utilisation de la valeur de N en un point P proche, obtenue par la formule

$$N_p = h_p - H_p$$

H_p et h_p étant elles-mêmes respectivement issues d'observations de nivelle-

ment et de mesures de géodésie spatiale en P .

- Utilisation d'un modèle de géoïde, obtenu par mesures gravimétriques par exemple.

L'incertitude de l'altitude ainsi obtenue résulte de l'incertitude de la détermination Doris et de celle de l'estimation de la hauteur du géoïde.

Altitude determination with Doris



Like all satellite-based location systems Doris provides geocentric geometric coordinates, including the height h above a reference ellipsoid. The altitude H of a point is a physical quantity referenced to the geoid, defined as an equipotential reference surface close to mean sea level:

$$H_m = (W_{\text{geoid}} - W_m) / g_0$$

where W represents the gravity potential and g_0 is one of the following conventional values for gravity:

- arbitrary constant value, in which case the altitudes are said to be dynamic,
- mean value of real gravity along the line of force from the geoid to point M . The derived altitudes are then said to be *orthometric*,
- mean value of normal gravitational force from a reference ellipsoid to the computation point: normal altitudes.

The ellipsoid and the geoid are thus two fundamentally different surfaces, and in

some areas differ by up to 100 m. This is why Doris cannot be used on its own to determine altitude.

However, altitude can be calculated by considering, with the Doris determination, an estimation of the geoid height above the ellipsoid N at that point: altitude H is almost equal to $h - N$. The ways of estimating N at the point to be determined include:

- using the value N_p at a nearby point P , obtained from

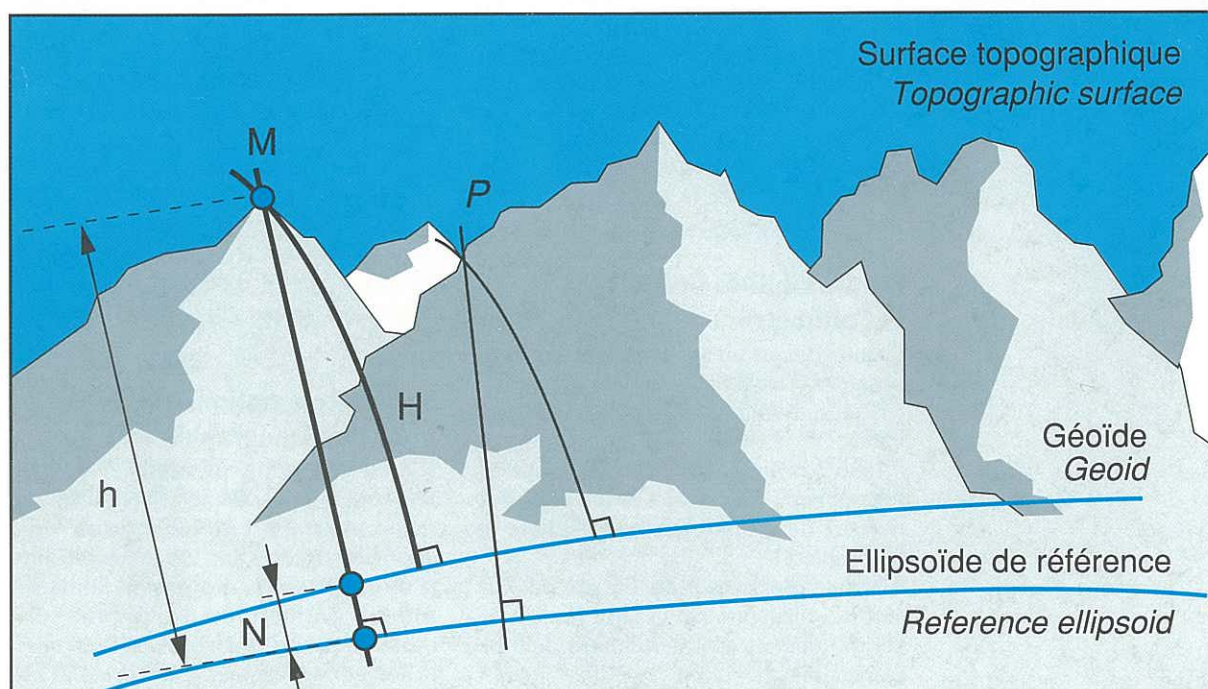
$$N_p = h_p - H_p$$

where h_p and H_p are derived from surveying and space geodesy at P ,

- using a geoid model, for example from gravimetric measurements.

The final altitude uncertainty is determined by the uncertainty of the Doris determination and that of the geoid height estimate.

Jean-Philippe Dufour
IGN



Doris et l'océanographie

Michel Lefebvre
CNES



L'Océan joue un rôle majeur dans l'évolution du climat : régulation du réchauffement planétaire, absorption du CO₂ (effet de serre), échanges avec l'atmosphère, échanges inter-océaniques de masses d'eau et quantités de chaleur.

Pour quantifier ce rôle de l'Océan il faut l'observer. Il s'agit d'une étendue immense (70 % de la surface de la Terre, 82 % de l'hémisphère Sud), difficile d'accès et inhabitée. Les conditions de maintien d'instruments à la mer sont sévères. Leur déploiement et leur récupération nécessitent l'utilisation de navires. Les mesures hydrographiques sont précises et donnent la dimension verticale, mais l'échantillonnage dans l'espace et dans le temps reste très insuffisant.

Les techniques spatiales ont l'avantage de permettre des mesures globales et permanentes de l'océan, au moyen d'instruments soigneusement étalonnés et contrôlés, car peu nombreux. Elles sont certes limitées aux phénomènes de surface, mais leur combinaison avec des mesures in situ au moyen de modèles permet une connaissance tridimensionnelle.

L'altimétrie spatiale permet d'effectuer des mesures précises de la topographie océanique et de ses variations à toutes échelles d'espace et de temps, permettant d'en déduire la circulation océanique.

Les variabilités océaniques et l'altimétrie

L'altimétrie est un système dont les composantes principales sont :

- la mesure de distance par le radar altimètre,
- les corrections à cette mesure et notamment celles dues à la traversée des milieux de propagation troposphère et ionosphère,
- l'orbite précise du satellite porteur qui sert de référence nécessaire lorsqu'on veut atteindre les phénomènes de type planétaire.

Le spectre des variations océaniques peut être divisé arbitrairement en deux catégories :

- les phénomènes turbulents d'échelle spatiale 100 à 500 kilomètres avec des variations temporelles de quelques jours à quelques années,
- les variabilités à large échelle de 500 kilomètres à 10 000 kilomètres avec des variations temporelles allant de quelques semaines à plusieurs décennies, telles les ondes tropicales, les marées, les variations saisonnières, annuelles, inter-annuelles, ainsi que les variations séculaires du niveau de la mer.

Les amplitudes de ces phénomènes sont faibles : quelques centimètres à quelques décimètres. On veut les mesurer avec une exactitude meilleure que 10 %, qui doit être maintenue sur de très longues périodes (20 ans ou plus) pour assurer l'accès à des séries temporelles homogènes.

Le projet Topex/Poséidon a été étudié pour optimiser les différentes composantes du système altimétrique avec une attention particulière à l'orbite précise. On pourra ainsi déterminer la circulation à large échelle.

Doris a été conçu pour répondre spécifiquement à un objectif ambitieux : mettre à la disposition des océanographes une orbite de référence déterminée opérationnellement, avec une précision subdécimétrique dans un système de référence connu et accessible. Testé sur Spot 2 il constitue un instrument de base du projet Topex/Poséidon.

Un système optimisé pour l'océanographie

Il n'est pas inutile de rappeler les critères qui ont conduit au choix initial : la trajectoire est calculée selon une approche dynamique. On bénéficie ainsi des contraintes des lois de la mécanique, permettant de réduire les systématismes des sources d'erreurs telles celles liées aux mesures, et de

***L'altimétrie spatiale permet
d'effectuer des mesures
précises de la topographie
océanique et de ses
variations à toutes échelles
d'espace et de temps,
permettant d'en déduire la
circulation océanique.***

Doris and oceanography



The ocean plays a major role in climate change by regulating global warming, absorbing carbon dioxide (and lessening the greenhouse effect), exchanging gasses with the atmosphere, and transporting water and heat from one part of the ocean to another.

To quantify this role we need data. The ocean, 70% of the Earth's surface and 82% of the southern hemisphere, is hostile and uninhabited. In situ instruments suffer, and need ships to deploy and retrieve them. Hydrographic measurements are accurate and provide the vertical dimension but space and time sampling are still inadequate.

Satellite technology provides continuous global measurements of the ocean. The few instruments must be carefully calibrated and controlled. They are limited to surface measurements, but combining their outputs with in situ measurements in models gives us the three-dimensional data we need.

Satellite altimetry precisely maps the ocean topography and its variations at all time and space scales. From this the ocean circulation can be deduced.

Ocean variability and altimetry

The main components of a satellite altimetry system are:

- ranging by a radar altimeter,
- measurement corrections, especially for tropospheric and ionospheric propagation errors,
- accurate satellite orbit, which can be used as a reference when studying global phenomena.

The spectrum of ocean variations can be divided arbitrarily into:

- turbulent phenomena with space scales of 100 to 500 km and temporal variations of a few days to a few years,
- large-scale variabilities with space scales of 500 to 10,000 km and temporal variations of a few weeks to a few decades, including tropical waves; tides; seasonal, annual, and inter-annual varia-

tions, and secular variations in sea-level. These phenomena range from a few cm to a few tens of cm. We need to measure them to within 10% and maintain that accuracy for at least 20 years to obtain consistent time series.

The Topex/Poseidon project is designed to optimize the altimeter system, particularly the orbit determination component. This is how we hope to determine the large-scale ocean circulation.

Doris is designed to provide oceanographers with an operationally-determined reference orbit to within 10 cm in a known accessible reference system. It was tested on Spot-2 and is of fundamental importance to the Topex/Poseidon project.

Optimized for oceanography

The trajectory is calculated according to a dynamic approach. This puts the laws of mechanics on our side so that we can reduce systematic measurement and other errors, and determine the residual error spectrum a posteriori.

The accuracy achieved using this approach depends on how well we understand the forces acting on the satellite. Within the next ten years the earth's gravity field should be known so accurately that it will no longer represent an error source. Non-gravitational forces will also be:

- better modelled,
- filtered due to the greater number of measurements, or
- measured on board if there is a differential accelerometer.

The system chosen will thus need:

- dense (over 70% isotropic (evenly covering the southern hemisphere and the oceans) coverage. This will enhance force models or enable us to filter out forces which cannot be modelled. It will also reduce geographically-correlated orbit errors due to unsatisfactory modelling,
- observation stations so accurately tied into the International Earth Reference

Michel Lefebvre
CNES

Satellite altimetry precisely maps the ocean topography and its variations at all time and space scales.

From this the ocean circulation can be deduced.

connaître a posteriori le spectre d'erreurs résiduelles.

La précision obtenue avec cette approche est tributaire de la connaissance des forces agissant sur le satellite. Dans un avenir proche (< 10 ans) le champ de gravité de la Terre sera connu avec une précision telle qu'il ne constituera plus un poste d'erreur. De plus les forces non gravitationnelles seront mieux modélisées (connaissance physique des coefficients d'aspect du satellite), filtrées -grâce à une grande densité de mesures-, ou mesurées à bord si on dispose d'un accéléromètre différentiel. Dans ces conditions le système choisi devait répondre aux spécifications suivantes :

- couverture dense (supérieure à 70%) et isotrope (permettant de bien couvrir l'hémisphère Sud et les océans), pour améliorer les modèles de forces ou filtrer celles qui ne peuvent être modélisées, et faire décroître ainsi l'erreur d'orbite dite "géographiquement corrélée", une conséquence des modélisations imparfaites.

- stations d'observation reliées au système de référence de la planète Terre, l'IERS (International Earth Reference System), avec une précision telle qu'on puisse décorrélérer les variations géographiques (tectoniques, marées terrestres) de celles du niveau de la mer. Les positions des marégraphes des grands réseaux (GLOSS) devront être connues dans le même système.

A partir de ces principes de base, de l'héritage des systèmes déjà développés et de leur analyse, on a pu définir les choix techniques du système Doris (décrits dans la Newsletter n°1). Il consiste essentiellement en un système radioélectrique tous temps, basé sur des balises émettrices simples et automatiques utilisant le couple 400-2000 MHz bien adapté à la correction ionosphérique, et un récepteur Doppler à bord du satellite. Cette technique assure également la collecte de données pour les corrections de propagation, la datation des mesures dans une échelle de temps unique, une disponibilité rapide de l'ensemble des mesures, et un contrôle de la qualité du système par un centre opérationnel.

Résultats

Un examen de la situation actuelle permet de mieux juger des performances du système :

- 47 stations sont implantées, leur répartition est isotrope sur la planète : pour la première fois les sites isolés et "océaniques" sont occupés. La couverture pour Topex/Poséidon est de l'ordre de 80 à 90 % ;

- les mesures Doris/Spot 2 ont permis de confirmer l'amélioration des modèles de champ de gravité (et partiellement du géoïde) mais aussi le filtrage des forces de surface malgré une activité solaire intense, la plus importante des 40 dernières années ;

- le réseau de stations a été calculé avec une précision globale de 5 centimètres en absolu par rapport au système de l'IERS ;

- la précision de mesure individuelle est voisine de 0,5 mm/s, incluant les fluctuations de propagation. La stabilité des oscillateurs est conforme aux prévisions (10^{-12} à quelques 10^{-13} sur un passage) et les comparaisons entre Spot 2 et Topex/Poséidon ont renforcé la confiance dans cette précision.

Près de trois années de Spot 2 ont permis de tester la gestion opérationnelle du réseau, de l'instrument embarqué et du système. La gestion centralisée du réseau permet des réactions rapides et efficaces. Le calcul de la trajectoire peut se faire dans des délais courts -quelques jours- permettant ainsi une altimétrie précise opérationnelle.

L'unicité et la qualité de l'échelle de temps assurée par l'horloge de bord a été contrôlée et validée.

L'utilisation conjointe du système Doris pour Spot 2 et Topex/Poséidon a démontré que le système avait une capacité multi-satellites assortie d'une augmentation des moyens sol.

Résultats préliminaires pour la mission Topex/Poséidon

Trois mois seulement après le lancement :

- l'erreur radiale sur l'orbite est inférieure à 10 centimètres. Les tests internes entre orbite laser et Doppler donnent une cohérence de 2 à 5 centimètres. L'espoir d'une orbite de composante radiale précise à 2 centimètres n'est pas utopique,

- l'utilisation des données Doris sur Spot 2 et sur Topex/Poséidon confirme la possibilité de donner une valeur acceptable de la correction ionosphérique. Cette correction est en cours de validation par comparaison aux résultats de l'altimètre bifréquence Topex. Un test positif du couplage entre un altimètre mono-fré-

System (IERS) that we can decorrelate geographical variations such as tectonics and earth tides from sea level variations. The positions of tide-gauges in large systems such as Global Sea Level Observing System (GLOSS) will be needed to be known in the same system.

These basic principles, plus the legacy of older systems, were the basic inputs to the design (see also Doris Newsletter #1). Doris consists essentially of an all-weather radio system based on simple unattended beacons transmitting on 400 and 2000 MHz—frequencies compatible with ionospheric corrections—and a Doppler receiver on the satellite. Benefits of the technology include collecting data for propagation corrections, time-coding of the measurements in a single time-scale, fast delivery of all measurements, and quality control by an operational centre.

Performance

- 47 stations evenly distributed around the world: we can at last study remote ocean sites. Topex/Poseidon provides 80 to 90% global coverage.
- Doris/Spot-2 measurements have confirmed the enhancement of gravity

field models (and to some extent geoid models). They also allow us to filter out surface forces despite the most intense sun spot activity for the last 40 years.

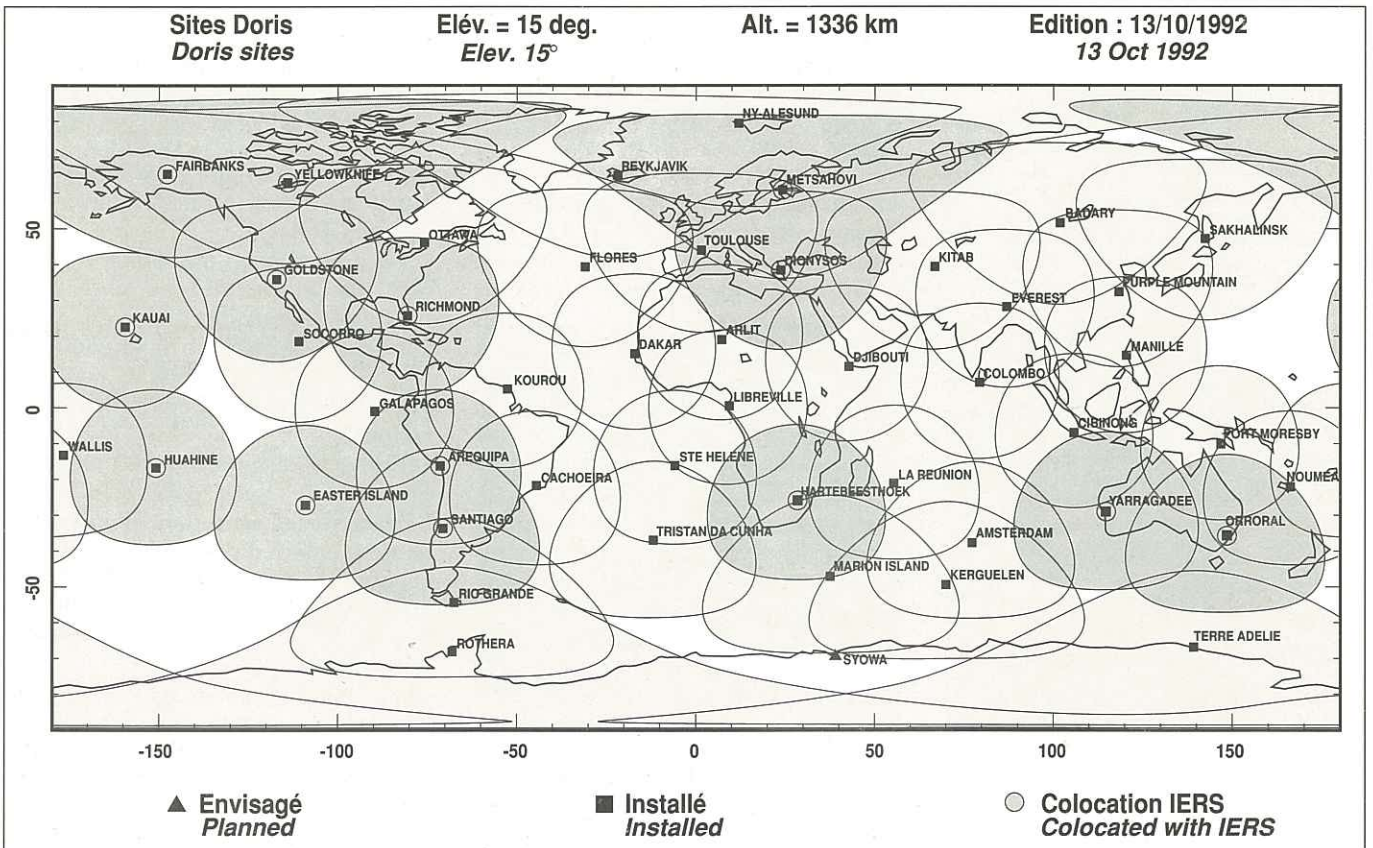
- network stations have been located to absolute global accuracy of 5 cm relative to the IERS.
- individual measurements are accurate to within 0.5 mm/s, including propagation fluctuations. Oscillator stability is as predicted (a few parts per 10^{13} to 10^{12} over a pass). Comparisons between Spot-2 and Topex/Poseidon have increased confidence in the accuracy. Using almost three years of Doris/Spot-2 data we have tested operational management of the network and of the onboard instrument and system. Thanks to centralized network management we can act quickly and efficiently. The trajectory can be calculated within a few days, providing accurate operational altimetry.

The uniqueness and quality of onboard time have been checked and validated. By operating Doris on both Spot-2 and Topex/Poseidon we have shown that it is suitable for multi-satellite operation, providing ground facilities are strengthened accordingly.

Preliminary results of the Topex/Poseidon mission

Within four months of launch:

- radial orbit error is below 10 cm. Tests show that the laser and Doppler orbits are consistent to within 2 to 5 cm. A radial orbit component within 2 cm seems within reach.
- the use of Doris data on Spot-2 and Topex/Poseidon confirms that we can give acceptable values for ionospheric correction. The correction is being validated by comparisons with the results of the dual-frequency Topex altimeter. If we obtain positive results on coupling tests between the Poseidon single-frequency altimeter and Doris, it should be possible to fly Doris on future payloads. We are now using tide-gauges to enhance Topex/Poseidon data. When tide-gauge data is within a few centimeters of the altimetry, it is a powerful aid in evaluating the systematic discrete sampling errors that affect altimeter missions as a result of the orbital cycle, local time, etc. A major effort is being made to co-locate tide-gauges and Doris stations. Doris stations are flexible enough for the network to evolve gradually.



quence (Poséidon) et Doris permettra d'envisager son emport sur des charges utiles futures.

Les liaisons avec les marégraphes sont en cours. Au niveau de quelques centimètres elles constitueront un outil puissant pour évaluer entre autres les erreurs systématiques qui pourraient affecter une mission altimétrique en raison de l'échantillonnage discret et qui seraient dues au cycle répétitif de l'orbite, à l'heure locale, etc.

Un gros effort reste à faire pour la colocalisation de marégraphes et de stations Doris. Remarquons que la flexibilité des stations Doris permet un ajustement évolutif du réseau.

Le futur du système Doris pour les études océaniques

Outre Topex/Poséidon, dont la durée de vie de base est de 3 à 5 ans, Doris devrait être embarqué sur d'autres systèmes altimétriques qui bénéficieraient des qualités du système mais aussi de l'expérience acquise par les équipes

assurant les opérations (déploiement du réseau, exploitation), l'analyse des mesures (orbite précise, position des stations, champ de gravité) l'amélioration du système (miniaturisation, complément système).

Relevons deux points importants :

- le système Doris est totalement ouvert. Des lots de données ont été distribués à plusieurs groupes ; des évaluations objectives ont été faites (cf. Newsletter n°2) et seront poursuivies ;

- les mesures et les données auxiliaires (fréquences, temps, météo) sont soigneusement archivées. Cela signifie qu'elles pourront être analysées et réutilisées dans le futur si d'autres parties du système sont améliorées tels les modèles de force ou le système IERS.

La comparaison Doris sur Spot 2 et Topex/Poséidon a confirmé la reproductibilité du système répondant ainsi aux spécifications requises pour le calcul de longues séries temporelles de surfaces océaniques.

Les progrès en cours ou espérés vien-

dront d'une amélioration :

- des modélisations de composante humide de la troposphère,
- des précisions de positionnement du réseau en relation avec l'IERS (auquel Doris pourrait contribuer en permettant une densification nécessaire),

- du système visant à une flexibilité encore plus grande et une utilisation opérationnelle plus souple.

- du champ de gravité par le système Doris, implanté sur Spot 3 (lancement en 93) et sur Spot 4, et qui pourrait être embarqué sur des satellites plus bas donc plus sensibles (la proposition de satellite BRIDGE vise cet objectif).

Le succès du système tient aussi à la maîtrise complète de l'ensemble du système conçu en support à l'altimétrie et dédié à cet objectif. Cette maîtrise prouvée depuis 3 ans est un atout majeur pour la communauté océanographique.

Michel Lefebvre
CNES

Nouvelles brèves de l'orbite de Topex/Poséidon

François Nouel
CNES



Du point de vue de la performance de l'instrumentation, le système est conforme aux spécifications, et la disponibilité des mesures est complète.

Ceci fait que le SOD (Service d'Orbitographie Doris) est dans les conditions nominales pour calculer l'orbite de Topex/Poséidon, et les premiers résultats sont conformes aux prévisions. Fin décembre, sept cycles avaient été traités - un cycle orbital couvre une période de dix jours, le cycle 1 ayant commencé le 23 septembre.

Pour évaluer la qualité de l'orbite et garantir l'exactitude de 10 cm, diverses techniques sont employées, notamment la comparaison d'orbites obtenues par des techniques différentes. Le schéma ci-contre indique les écarts sur l'altitude : moyenne en centimètres, sur l'ensemble d'arcs de 10 jours. Le SOD a calculé avec son logiciel (ZOOM) une orbite "Doris", une orbite "laser" (une couronne de réflecteurs laser est fixée autour de l'antenne altimètre), et une orbite

"Doris+laser" incluant les deux types de mesures. Le PODG (Precise Orbit Determination Group) de la NASA a lui aussi calculé une orbite laser avec son logiciel GEODYN.

Il s'agit de résultats provisoires qu'il ne faut pas interpréter au niveau de quelques centimètres ; par exemple la correction de distance de la couronne laser par rapport au centre de masse du satellite n'est pas encore parfaitement connue.

Les résultats obtenus sont déjà meilleurs que ceux de Doris/Spot2, bien que le bilan de forces permettant de modéliser le mouvement du satellite ne soit pas encore complètement maîtrisé, en particulier les forces résultant de l'émissivité thermique, qui dépendent fortement des angles de pointage du satellite.

Cependant l'ensemble de ces résultats permet de dire que l'objectif d'exactitude de 10 cm sera atteint et peut-être dépassé.

The future of the Doris system for ocean studies

Topex/Poseidon has an anticipated lifetime of three to five years and Doris is also expected to fly on other altimeter missions. These will benefit not only from the qualities of the system but also from the experience our teams are acquiring in:

- deploying and operating network beacons, and other operations,
- analyzing measurements (precise orbit, station positions, gravity field),
- miniaturization and other system upgrades.

Two important points:

- Doris data is available to all who re-

quire it. Data sets have been distributed to several groups. Objective evaluations have been made (see Newsletter #2) and will continue.

- the measurements and auxiliary data (frequency, time-tagging, weather) are carefully archived. This means that they can be analyzed and reused in the future if other parts of the system such as force models or the IERS system are enhanced. Comparisons between Spot-2 and Topex/Poseidon have confirmed that Doris is reproducible. It therefore meets the specifications for calculating long time series of ocean surface data.

Improvements already in hand, or hoped for, include:

- modelling of the wet component of the troposphere,

- location accuracy of network stations relative to IERS (to which Doris may contribute by filling out the network),
- system upgrades to make implementation and operations even more flexible,
- the gravity field by Doris/Spot-3 (to be launched in 1993) and Doris/Spot-4. Doris could be flown on lower-orbit satellites, which are thus more sensitive, e.g. Bridge.

The success of Doris is also due to the dedicated altimetry support system. Our experience in using it over the last three years is a major asset to the oceanographic community.

Michel Lefebvre
CNES

Notes on Topex/Poseidon orbit



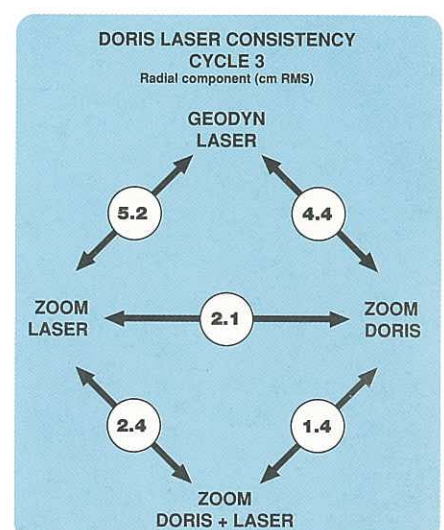
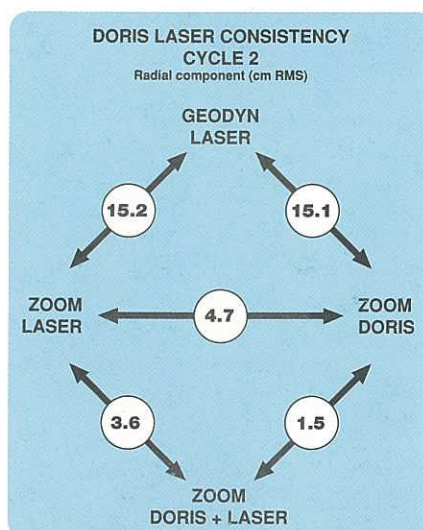
Instrument performance meets specifications and all measurements are being made available. The Doris Orbitography Department has now achieved its nominal status for calculating the Topex/Poseidon orbit, and the initial results match our expectations. By the end of December 1992, seven ten-day cycles had been processed. Cycle 1 began on 23 September.

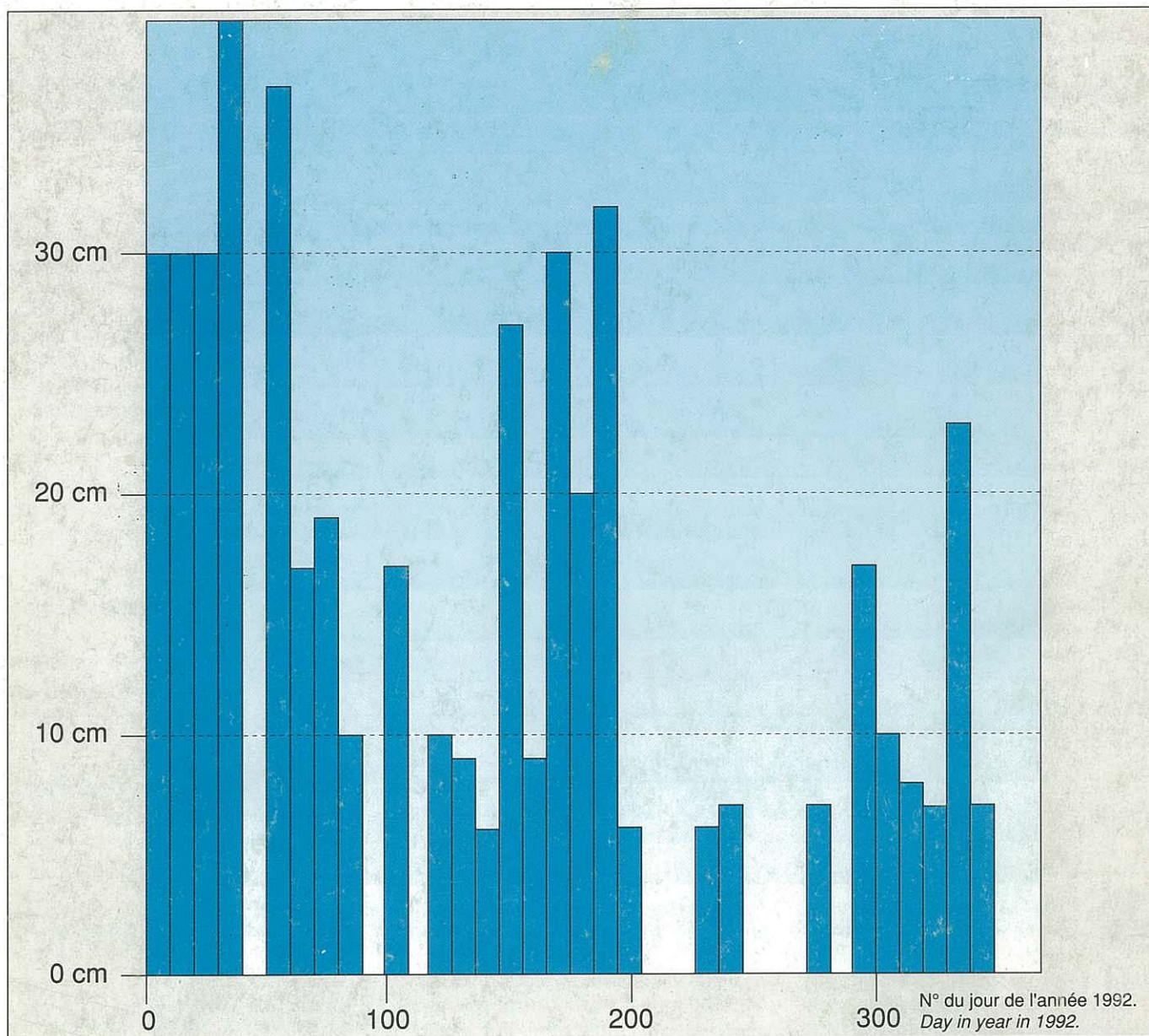
Several techniques are used to evaluate orbit quality and guarantee accuracy to within 10 cm, including comparisons of orbits obtained using different techniques. The diagram below shows the altitude discrepancies, averaged in centimeters over complete 10-day arcs. The DOD used its Zoom programme to calculate a Doris orbit, a laser orbit (a ring of reflectors is set around the altimeter antenna) and a Doris + laser orbit. NASA's Precise Orbit Determination Group (PODG) also calculated a laser orbit using its Geodyn programme.

The results are provisional and must not be considered accurate to within centimeters. For example we do not yet have the correction for ranging measurements from the laser ring relative to the satellite centre of mass.

We have not yet fully mastered the force budget for modelling satellite motion. One of the main problems is forces due to thermal emissivity, which are strongly dependent on the satellite pointing angle. However, the results are already better than those for Doris/Spot-2. We now expect to reach and maybe exceed our objective of 10-cm accuracy.

François Nouel
CNES





Estimation de l'erreur d'orbite Spot 2 au cours de l'année 1992

Le graphique représente l'erreur quadratique moyenne sur l'altitude, entre l'orbite calculée sur un arc de N jours et les N orbites calculées sur des arcs d'un jour. La durée N (10 jours en moyenne) dépend principalement des dates de manœuvres de correction d'orbite et de la disponibilité des données Doris. L'erreur moyenne n'a été calculée que lorsque les N arcs successifs d'un jour existaient.

On peut noter une diminution au cours de l'année, due à ce que les données les plus anciennes n'ont pas bénéficié des récentes améliorations apportées au traitement. Les deux derniers pics supérieurs à 10 cm s'expliquent par la mise au point sur Spot 2 de différentes procédures avant de les appliquer à Topex/Poseidon.

Estimation of Spot-2 radial orbit error in 1992

The RMS radial orbit—satellite altitude—error for n-day arcs is computed by comparing n-day orbits with n consecutive one-day orbits. The chosen arc length, average 10 days, depends mainly on whether orbit correction manoeuvres were being done and whether Doris data was available.

Performance improved steadily during 1992, particularly as the new enhancements were not processed into the oldest data. The last two peaks over 10 cm are due to different operational processing procedures we were evaluating for Topex/Poseidon.



Cette plaquette est réalisée par CLS en coopération avec le CNES et l'IGN.
This newsletter was produced by CLS in cooperation with CNES and the IGN.