



## SECOND ANNIVERSAIRE

Les premières mesures Doris ont été effectuées le 3 février 1990, le système fonctionne donc depuis plus de deux ans et trois millions de mesures ont été acquises.

Comme on le constatera à la lecture de cette publication les performances annoncées sont maintenant atteintes. Ces résultats tout à fait remarquables augurent bien de la mission Topex-Poséidon dont le lancement doit avoir lieu en juillet prochain.

Une telle réussite et celles qu'elle prépare ont permis de célébrer un très heureux second anniversaire du système Doris.

Il convient d'associer à cet événement tous les organismes hôtes qui accueillent les balises du réseau d'orbitographie. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute notre gratitude pour leur collaboration et leur efficacité.

*Le projet Doris.*

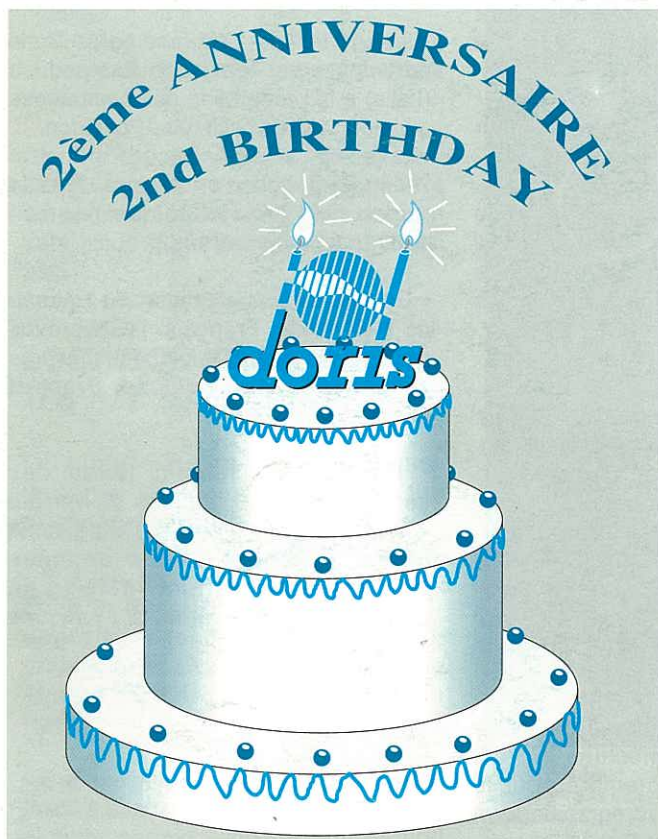


## HAPPY SECOND BIRTHDAY, DORIS!

Two years after Doris began returning data on 3 February 1990, three million precision Doppler measurements have now been made. As you will see in this Newsletter, we have met the performance objectives we set. The outstanding results achieved by the Doris system are very encouraging for Topex-Poseidon, scheduled for launch in July 1992.

With all our successes and the positive outlook for the rest of the programme, we have a lot to celebrate on our second birthday. None of this would have been possible without the support of the organizations which house our orbitography beacons. We thank them once again for their cooperation and high-quality work.

*The Doris project.*



### Dans ce numéro, In this issue:

#### LE POINT SUR DORIS - ABOUT DORIS

Doris / Spot 2 : deux ans déjà	
<i>Doris / Spot 2: two years later</i>	pages 2 - 3
Visites de stations Doris et de marégraphes dans l'Atlantique Austral et l'Antarctique	
<i>Visits to Doris stations and tide gauges in the South Atlantic and Antarctica</i>	pages 6 - 7

#### APPLICATIONS

Calcul de l'orbite des satellites porteurs du récepteur Doris	
<i>Calculating satellite orbits</i>	pages 8 - 9
Positionnement absolu : mieux que 10 cm	
<i>Absolute location accuracy: better than 10 cm</i>	pages 12 - 13
Saint Etienne de Tinée	pages 14 - 15

#### TECHNIQUE - DORIS TECHNOLOGY

Vers de nouvelles balises de terrain Doris : résultats d'une expérimentation menée à Corbin	
<i>New Doris GLBs: results of an experiment in Corbin</i>	pages 16 - 17

## **DORIS / SPOT 2 : DEUX ANS DEJA**

**Plus de 3 millions de mesures ont été recueillies depuis sa mise en service et le système continue à produire une quantité imposante de données d'une grande qualité (voir ci-après les articles sur l'orbitographie et la localisation).**



En effet, ce sont quelque 6000 mesures qui sont effectuées et traitées chaque jour, ce qui représente en moyenne 180 passages journaliers au-dessus des balises du réseau.

L'installation de nouvelles balises a conduit à remonter de 10 à 12° le site minimum qui détermine les cercles de visibilité à l'intérieur desquels les balises sont programmées, pour éviter de saturer la mémoire à bord de l'instrument. Le taux de couverture réelle, (le pourcentage de temps, sur 24 heures, pendant lequel l'instrument produit des mesures exploitables) est actuellement de l'ordre de 70 %.

Au cours des derniers mois, plusieurs événements sont venus perturber la production de données :

- maintenance de la station de réception de télémessure,
- utilisation du système Doris / Spot 2 pour Générer des Données d'Essais pour le nouveau Segment sol Doris-Poséidon (phase GEDES),
- blocages intempêtes du calculateur de bord dus à des ions lourds.

Malgré ces incidents, le taux de disponibilité du système, c'est-à-dire le pourcentage de jours où le système a fourni des données utilisables depuis qu'il fonctionne, se maintient à 95 %.

### **EXPERIENCES DE LOCALISATION : UN CALENDRIER BIEN REMPLI**

• L'expérience pilote de Saint-Etienne de Tinée est terminée et l'exploitation des mesures montre des résultats très satisfaisants.

• La première expérience à caractère promotionnel a été effectuée à Brest (France) en août-septembre pour le compte du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

• Dans la Drôme (France), les intempéries qui ont rendu le terrain totalement impraticable n'ont pas permis d'installer en novembre les balises qui doivent surveiller l'évolution d'un glissement de terrain. L'expérience est donc reportée au printemps 1992.

• Ce répit a permis de tester en vraie grandeur les deux balises de terrain fabriquées récemment avant de les installer au Chili où elles contribuent depuis quelques semaines à un programme géophysique régional.

• Au printemps 1992, deux balises de terrain supplémentaires sont prévues pour compléter, sur les pentes du volcan Kilauea de l'île de Hawaï, les trois balises "fixes" déjà installées.

• Une campagne de géodésie est prévue en avril-juin 1992 en Californie (USA).

• A partir de juin 1992, une balise Doris participera sur le site de Lampedusa (Italie) à la préparation des campagnes d'étalonnage de l'altimètre Poséidon.

• L'implantation d'un réseau dans la région de l'Arc Hellénique pourrait débuter en automne 1992.

• En vue de l'amélioration du Réseau de Référence Français, l'IGN prévoit de faire dès que possible, des mesures simultanées sur Toulouse, Brest et Grasse.

• Pendant ce temps, telles des sentinelles, deux balises de terrain veillent toujours de part et d'autre du rift d'Asal (Djibouti) et les données produites permettent déjà d'en quantifier les mouvements (quelques cm / an).

## DORIS ON SPOT 2: TWO YEARS LATER



Every day, some 6000 measurements are acquired, during an average of 180 passes over the beacon network, and processed.

Now that new beacons have been installed, the minimum elevation angle has been raised from 10° to 12° to avoid saturating the satellite onboard memory. This angle defines the satellite visibility circles within which beacons are programmed. The Doris instrument now produces useable measurements during 70% of the day.

Over the last few months, several incidents have reduced the quantity of results available:

- maintenance on the telemetry receiving station,
- use of the Doris/Spot 2 system to generate test data for the new Topex-Poseidon ground segment (the GEDES phase),
- Single Event Upsets (SEUs) in onboard computer due to bombardment by heavy ions.

Despite these incidents, the system availability factor, or percentage of days on which the system supplied useable data since it started operating, is still 95%.

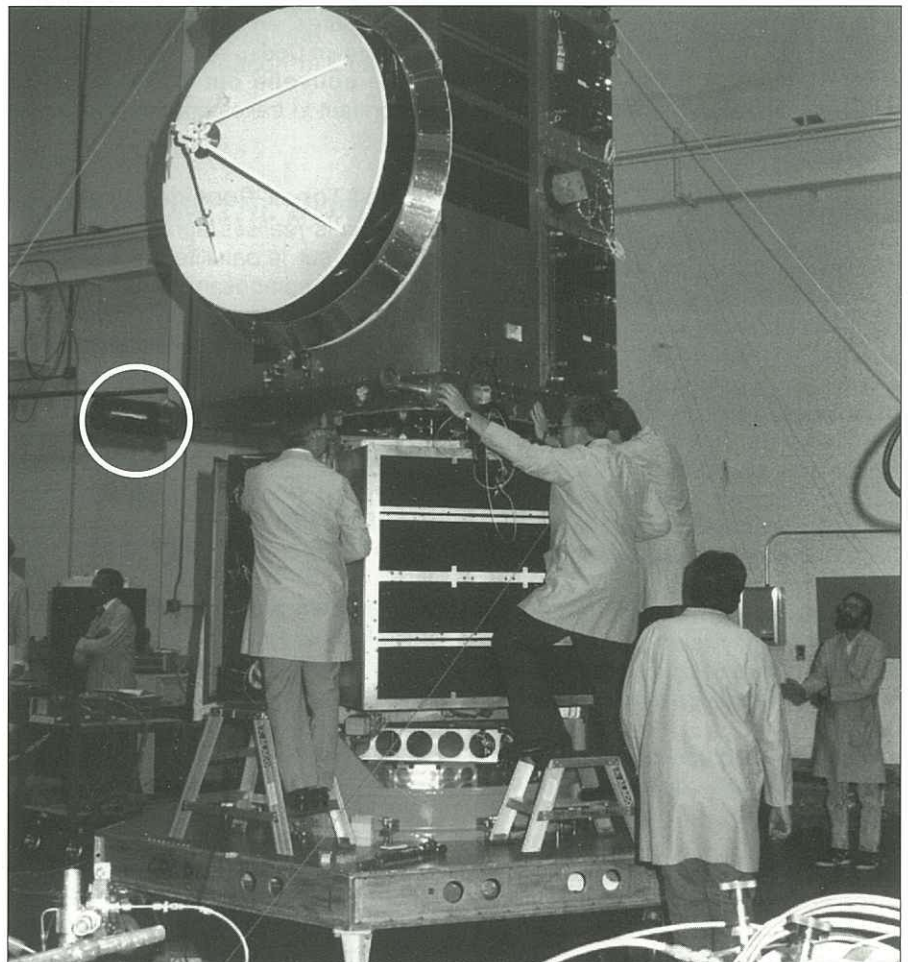
### LOCATION EXPERIMENTS: IT'S ALL HAPPENING

- The pilot experiment in Saint Etienne de Tinée (France) is over, and the results are very satisfactory.
- The first promotional experiment was done in Brest (France) in August-September for the *Service Hydrographique et Océanographique de la Marine* (SHOM, part of the French Navy).
- Bad weather in the Drôme (France) made it impossible to set up beacons to monitor ground slippage: the ground

was too difficult to work on! The experiment has been put back to spring 1992.

- However, this gave us an opportunity to do full-scale tests on two recently-manufactured Ground Location Beacons (GLBs) before they went on their next assignment, a regional geophysics programme in Chile. They have now been operating there for several weeks.
- In spring 1992, two GLBs will join three Orbit Determination Beacons (ODBs) on Mount Kilauea volcano, Hawaii.

**Doris has now collected over three million measurements, and continues to generate an impressive amount of high-quality data (see sections on location and orbitography, below).**



*Topex-Poseidon satellite being integrated at Fairchild (prime contractor, USA). Observe dish antenna for altimeters and Doris antenna (circled).*  
Le satellite Topex-Poseidon en cours d'intégration chez le maître d'œuvre américain Fairchild.  
On remarque l'antenne parabolique des altimètres et l'antenne Doris (repérée par un cercle).

## **ASYMPTOTIQUEMENT VOTRE**

Du 15 janvier au 15 mars 1992, se déroule la phase d'expertise baptisée "ASYMPTOTIC" pour : Analyse SYstématique des Mesures pour les aspects Position des stations, Thermosphère, Orbite, Troposphère, Ionosphère et Champ de gravité. A l'issue de cette période, de nombreux experts vont passer au crible les données produites de manière à obtenir les meilleures performances du système, en identifier les limites et en tirer les enseignements indispensables au succès de la mission Topex-Poséidon.

En outre, les mesures accumulées pendant ces deux mois permettront de calculer un nouveau modèle de potentiel et constitueront le second jeu de données Doris qui sera diffusé à la communauté scientifique internationale.

## **L'AMELIORATION DU RESEAU D'ORBITOGRAPHIE SE POURSUIT**

Avec l'installation en novembre 1991 des balises de Kitab (Ouzbékistan) et de Baïkal (Russie), ce sont 42 sites qui sont désormais équipés. D'autre part, un effort constant est maintenu pour améliorer le réseau avec :

- L'équipement, en janvier 1992, du site de Tristan da Cunha (Atlantique Sud, UK) et du site des îles Galapagos (Equateur) en mars avec une alimentation continue autonome pour pallier les coupures de secteur la nuit.

- Le transfert, en février 1992, de la balise de Signy Island sur le site de Rothera (Antarctique, UK) où elle produit davantage de mesures.

- L'installation d'une balise au Népal, camp de base de l'Everest, au printemps 1992.

- La discussion d'un protocole d'accord inter-gouvernemental qui devrait aboutir à la mise en service tant espérée de deux balises en Australie.

- Un avis favorable pour l'installation d'une balise sur la base Japonaise de Syowa en 1993.

- La reprise de contacts pour l'installation d'une balise à Djakarta (Indonésie).

## **NOUVELLES DE LA FAMILLE DORIS**

### **Doris / Spot 3**

Après avoir subi avec succès tous les essais sur le satellite, il attend sagement le lancement prévu au plus tôt courant 1993.

### **Doris / Spot 4**

Sa réalisation se poursuit pour une livraison prévue en mars 1993. Il comportera un calculateur supplémentaire qui permettra de fournir avec les données images Spot 4, les paramètres d'orbite calculés à partir des mesures, en temps réel, à bord de l'instrument Doris.

Cette nouvelle option rendra plus performant le traitement des images de Spot 4.

### **Doris / Topex-Poséidon**

Les essais réalisés après l'intégration de Doris sur le satellite ont permis de révéler un composant défectueux sur l'un des oscillateurs. Après réparation, l'OUS en cause a réintégré sa place et le comportement de l'ensemble donne désormais entière satisfaction. Les essais d'environnement du satellite sont en cours.

### **Futurs Doris**

Encouragés par le succès de Doris/Spot 2, d'autres systèmes spatiaux envisagent d'utiliser l'instrument Doris.

Dans le but de faciliter son embarquement sur des petits satellites, une deuxième génération d'instruments Doris, de taille réduite, est déjà à l'étude.

Une réflexion a aussi débuté sur un système Doris plus futuriste qui permettrait de satisfaire un plus grand nombre d'utilisateurs.

## **LE SEGMENT SOL DE CONTROLE ET DE TRAITEMENT DORIS- POSEIDON**

La quasi-totalité des logiciels constituant le nouveau Centre de Contrôle ont été livrés. Les logiciels de traitement scientifique sont déjà partiellement installés. Les essais "système" ont déjà commencé et les données recueillies pendant la phase GEDES qui correspondent à des configurations réelles, constituent une aide précieuse pour ces essais. Pour l'instant aucune anomalie majeure n'a été détectée et le basculement de l'exploitation opérationnelle de Doris/Spot 2 sur ce nouveau centre est prévue au printemps 1992. Après une période de qualification il devrait prendre le relais du centre actuel vers la mi-juin 1992. Cette prise en charge opérationnelle de Doris/Spot 2 permettra au nouveau segment sol de se roder en attendant le lancement de Topex-Poséidon prévu fin juillet 1992.

*Albert Auriol - CNES.*

- A geodesy programme is planned for April-June 1992 in California (USA).
- From June 1992, a Doris beacon will be used on Lampedusa island (Italy) in preparation for exercises to calibrate the Poseidon altimeter.
- A regional network may be set up in the island arc off Greece, starting in autumn 1992.
- The French National Geographic Institute (IGN) plans to make simultaneous measurements in Toulouse, Brest and Grasse to improve the French grid system.
- Two GLBs are still standing watch over the Asal rift in Djibouti. The data they are producing has been used to measure ground movement, on the order of a few centimeters a year.

## APPROACHING THE LIMITS — IN MORE WAYS THAN ONE

From 15 January to 15 March 1992 ran a phase of the Doris project called Asymptotic (acronym which someone managed to produce from the French for "routine analysis of measurements for locating stations, and for the thermosphere, orbit, troposphere, ionosphere and gravitational fields". Experts are now combing through the data to maximize system performance, identify the system's limits and learn more for the Topex-Poseidon mission. The data acquired during the two-month period will be used to calculate a new potential model. It will also be the second sample of Doris data to be distributed to the international scientific community.

## ORBITOGRAPHY NETWORK CONTINUES TO IMPROVE

Orbitography beacons (ODBs) were installed in November 1991 at Kitab (Ouzbekistan) and Baikal (Russia), bringing the number of sites to 42. We have also constantly upgraded the network:

- Independent DC power supplies were installed for the ODB at Tristan da Cunha (South Atlantic, UK) in January 1992 and on the Galápagos Is. (Ecuador) in March 1992. Nighttime power breaks will no longer be a problem.
- The Signy island ODB was transferred to Rothera (Antarctic, UK) in February and is generating more measurements.
- An ODB will be installed at the Everest base camp in Nepal in spring 1992.
- Discussions on an inter-governmental memorandum of understanding are continuing, and expected to lead to the implementation of two much hoped-for beacons in Australia.
- The Japanese agree to the installation of a beacon on their Syowa base in the Antarctic in 1993.
- Contact has resumed on the installation of a beacon in Djakarta (Indonesia).

## NEWS FROM THE DORIS FAMILY

### Doris on Spot 3

Doris has successfully undergone testing on Spot 3 and is patiently awaiting the 1993 (or later) launch.

### Doris on Spot 4

Production work on Spot 4 continues, for a delivery scheduled for March 1993. The Doris instrument will have an extra computer so that orbital parameters calculated from real-time Doris measurements can be supplied with Spot 4 imagery. This will once again raise the performance of the Spot system.

### Doris on Topex-Poseidon

After the integration of Doris on Topex-Poseidon, tests revealed a faulty part on one of the ultra-stable oscillators (USOs). The USO was repaired and refitted, and is now operating satisfactorily. The satellite is now undergoing environmental testing.

### Doris on future satellites

Doris has been so successful on Spot 2 that there is now great interest in using it for other satellite systems. More compact second-generation Doris instruments are now being planned. We are also looking even further ahead to a futuristic Doris which would serve a broader range of customers.

## DORIS-POSEIDON CONTROL AND PROCESSING GROUND SEGMENT

Practically all the software for the new control centre has been delivered, and the scientific data processing software is already partly installed. System testing has begun and the data for actual configurations gathered during the GEDES phase is making a valuable contribution. For the moment, no major anomalies have been detected, and operational exploitation of Doris/Spot 2 is planned to switch to the new centre in spring 1992. After a qualification period, the new centre should take over fully from around mid-June 1992. This scheduling will give us a chance to run in the new centre until Topex-Poseidon is launched at the end of July 1992.

*Albert Auriol - CNES.*

## VISITES DE STATIONS DORIS ET DE MARÉGRAPHES DANS L'ATLANTIQUE AUSTRAL ET L'ANTARCTIQUE

P.L.Woodworth  
R.Spencer  
P.Foden  
C.McGarry

Laboratoire Océanographique  
Proudman.



P.L.Woodworth



En janvier dernier, deux équipes de chercheurs de l'Observatoire Bidston, du Laboratoire Océanographique Proudman au Royaume-Uni, ont remédié à d'importants manques de mesures Doris dans l'Atlantique austral et l'Antarctique. A bord du St Helena, un navire flambant neuf du service postal, Bob Spencer et Phil Woodworth, qui constituaient la première équipe, ont croisé depuis l'île d'Ascension jusqu'au Cap, en s'arrêtant plusieurs jours dans chacun de ces lieux fascinants que sont les îles d'Ascension, de Sainte-Hélène et de Tristan da Cunha. Le principal objectif de l'expédition était de réaliser des études de sites en vue d'améliorer, d'ici la fin de l'année, les principaux marégraphes de ce secteur. Mais ce voyage leur a également permis de visiter la station opérationnelle Doris de Sainte-Hélène et d'apporter un complément d'équipement à la balise de Tristan da Cunha.

Installé dans la station météorologique de Longwood, à quelques centaines de mètres — heureuse coïncidence pour un projet français — de la dernière demeure de Napoléon, l'équipement Doris de Sainte-Hélène fonctionne parfaitement depuis plusieurs années. En revanche, celui de Tristan da Cunha fonctionnait de façon plus aléatoire, du fait de l'irrégularité de l'alimentation en courant de l'archipel. L'IGN (Institut Géographique National, France) a donc fourni 17 batteries à haut rendement, pour y alimenter Doris pendant les heures de manque d'énergie. L'opération consistait à remplir ces batteries d'acide, à les câbler et à vérifier le fonctionnement du système, le tout en un jour, délai correspondant à la durée d'escale prévue pour le bateau sur cette île. Bob et Phil ont également modifié le module météorologique de Doris vers une heure du matin, en s'éclairant avec une lampe torche (à cause d'une nouvelle coupure

d'électricité). Ils ont finalement disposé d'un délai plus long que prévu pour mener à bien ces opérations puisque le beau temps, un phénomène exceptionnel sur Tristan, leur a permis de rester trois jours. La houle empêche fréquemment de débarquer sur cette île et récemment, un bateau de réapprovisionnement qui venait du Cap avait dû faire demi-tour. Ce laps de temps supplémentaire leur a permis de vérifier la nouvelle installation de Doris et les systèmes de marégraphes. Ils ont également pu montrer à l'opérateur radio de l'île comment effectuer les corrections occasionnelles pour la mise à l'heure de la balise Doris.

La seconde équipe, constituée de Pete Foden et de Clare McGarry, s'est embarquée à Port Stanley (îles Falkland) sur le James Clark Ross, un navire de recherche également neuf, pour se rendre à Signy (Orcaïdes du Sud), puis à Faraday et Rothera (Péninsule Antarctique). L'objectif était d'étudier le site de Rothera en vue d'y installer un nouveau marégraphe et de déployer, dans le cadre du programme WOCE (World Ocean Circulation Experiment), des enregistreurs de pression en profondeur et des sondeurs à écho inversé dans le détroit de Drake. L'équipe a également transféré la balise Doris de Signy à Rothera, où est implantée la base de recherche britannique de l'Antarctique.

Du point de vue de la visibilité des satellites, dont une montagne obstrue le champ de vision, le site de la base de Signy est défavorable, ce qui a toujours empêché Doris d'y être réellement opérationnel.

Rothera offre l'avantage de jouir d'un horizon plus ouvert, d'être plus au sud, et surtout, de disposer d'une piste d'atterrissage, ce qui permet d'éventuels remplacements d'urgence des équipements.

Partis avant le Nouvel An (avant Noël en ce qui concerne la seconde équipe),

## **VISITS TO DORIS STATIONS AND TIDE GAUGES IN THE SOUTH ATLANTIC AND ANTARCTICA**



Large gaps in Doris tracking in the South Atlantic and Antarctica were plugged in January by two teams of people from the Proudman Oceanographic Laboratory, Bidston Observatory in the UK. The first team composed of Bob Spencer and Phil Woodworth travelled from Ascension to Cape Town on the brand new *RMS St.Helena* stopping several days each at the fascinating islands of Ascension, St.Helena and Tristan da Cunha. The main purpose of the trip was to survey sites for major tide gauge upgrades later in the year. However, the opportunity was taken to visit the operational Doris station at St.Helena and to re-install the beacon at Tristan.

The Doris equipment at St.Helena has worked well for several years at the meteorological station at Longwood, appropriately, for a French project, only a few hundred metres from Napoleon's last residence. However, Doris has never worked well at Tristan because the mains power supply there is so intermittent. Consequently, IGN in France supplied 17 heavy duty batteries to power Doris during night-time blackouts. These had to be filled with acid, cabled up and the system shown to work within one day, the estimate for the minimum time the ship would stay at the island. Bob and Phil also changed the Doris met package at one in the morning by torchlight (due to another mains blackout). In fact the longer than planned for stay of 3 days was possible because of glorious weather in what passes for flat calm at Tristan .

It is often not possible to land there because of the swell, and a resupply ship from Cape Town had turned back only a few days before. The extra time allowed for the new Doris and tide gauge systems to be verified and for the island radio operator to be shown how to make the occasional Doris timing corrections.

The second team composed of Pete Foden and Clare McGarry cruised on the equally brand new *RRS James Clark Ross* from Port Stanley (Falkland Islands) to Signy (South Orkneys) then to Faraday and Rothera (Antarctic Peninsula) to maintain existing coastal tide gauges, survey the Rothera site for a new gauge and deploy bottom pressure recorders and inverted echo sounders in the Drake Passage as part of the World Ocean Circulation Experiment (WOCE). They also transferred the existing Doris beacon at Signy to the British Antarctic Survey base at Rothera. Doris at Signy has never worked well because the base is badly located regarding satellite

**P.L.Woodworth  
R.Spencer  
P.Foden  
C.McGarry**

**Proudman Oceanographic Laboratory.**



*The Doris beacon attached to the island radio shack at Tristan da Cunha. On the right is the Doris met package surrounded by wire to keep out cattle. Next to the wall can be seen the 17 batteries supplied by IGN to power Doris over-night; these will also be protected from cows and the weather. The second antenna on the roof transmits tide gauge and met data to POL via Meteosat. In the background can be seen the RMS St.Helena.*

La balise Doris, fixée sur l'abri radio de l'île Tristan da Cunha. On distingue sur la droite le module météo de Doris, protégé du bétail par une clôture électrifiée. Près du mur sont alignées les 17 batteries fournies par l'IGN pour alimenter Doris pendant la nuit ; ces batteries seront également protégées des vaches et des intempéries. La seconde antenne qui pointe sur le toit, transmet via Météosat les données du marégraphe et les données météo au laboratoire océanographique Proudman. On aperçoit à l'arrière-plan le navire postal St.Helena.

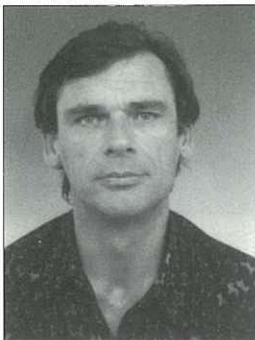
les quatre scientifiques ne sont rentrés au Royaume-Uni que fin janvier. A leur grand soulagement, ils apprenaient, par le personnel travaillant sur Doris à Toulouse, que les stations Doris fonctionnaient maintenant parfaitement (à l'exception du baromètre de Rothera qui sera remplacé prochainement). Ces mises au point ont donc bien été effectuées à temps, pour le second anniversaire de Doris et les données seront

incluses dans le jeu distribué à la communauté scientifique. On souhaite bien sûr que les balises continuent de fonctionner pendant toute l'année 1992, qui est celle du lancement de Topex/Poséidon. Certes, il reste beaucoup à faire, notamment effectuer des connexions géodésiques précises entre les balises Doris et les marégraphes de chaque site (et ensuite entre les équipements GPS et


PRARE). Mais nous savons déjà que les satellites équipés du système Doris seront suivis sur une grande partie de l'Atlantique austral et de l'Antarctique. Une certitude bien agréable, à laquelle s'ajoutent les retombées bénéfiques que cette avancée ne manquera pas d'exercer sur la recherche océanographique française et britannique.

## CALCUL DE L'ORBITE DES SATELLITES PORTEURS DU RECEPTEUR DORIS

**Calculer l'orbite d'un satellite revient à estimer les meilleures conditions initiales — c'est-à-dire la position et la vitesse à une date origine — qui, compte tenu d'un modèle d'évolution de trajectoire le plus proche possible de la réalité, vont permettre de positionner le satellite à tout instant pour calculer des mesures théoriques qui vont être comparées aux mesures réelles. Comparaison et estimation se font suivant le critère des moindres carrés.**



François Nouel - CNES



### EVOLUTION DU CALCUL D'ORBITE DE SPOT 2 DEPUIS LE LANCLEMENT

La mesure théorique doit représenter le plus concrètement possible la mesure physique Doris qui consiste à déterminer l'effet Doppler — perçu au niveau du satellite — que subit la fréquence 2 GHz émise par une balise au sol. On prend en compte les positions réelles des centres de phases des antennes bord et sol par rapport aux points de références que sont le centre de gravité du satellite et un point matériel sur la croûte terrestre, pour écrire l'équation de mesure géométrique dans le vide, à son tour corrigée des propagations atmosphériques (l'ionosphère d'où l'émission d'une fréquence cohérente supplémentaire de 400 MHz dans Doris, et la troposphère dont l'effet est modélisé à partir de données météorologiques acquises et transmises par chaque balise). Dans le cas particulier de Doris, s'agissant d'un "Doppler aller simple", le comportement des oscillateurs sol et bord n'est pas prévisible avec une précision suffisante ; on estime donc des paramètres supplémentaires : en pratique un écart systématique constant par passage au-dessus d'une balise. Une validation expérimentale de l'estimation de la fréquence par calcul a montré que l'on s'écartait seulement de

4.10-12 en fréquence relative par rapport à la réalité.

Le modèle d'évolution de la trajectoire est le point le plus critique du système Doris (et de tout autre système de poursuite de satellite lorsqu'on cherche la précision décimétrique).

Le bruit de mesure instrumental de Doris (hors dérive des oscillateurs et erreurs de propagation troposphérique) est de l'ordre de 0.3 mm/s. Les calculs de modélisation de la mesure (incluant l'oscillateur et la propagation troposphérique) montrent que le système Doris est affecté d'un bruit de l'ordre de 0.5 à 0.6 mm/s, et ceci pour l'ensemble des balises. Lorsqu'on traite toutes les mesures Doris sur une trajectoire de Spot 2 de plusieurs jours (2 à 5), l'écart quadratique dépasse encore 1 mm/s. Il faut dire qu'au lancement de Spot 2, ce dernier dépassait 1 cm/s. Ceci illustre bien le rôle que jouent les modèles des forces qui régissent l'évolution du satellite, et permet de mettre en valeur les efforts entrepris depuis le lancement de Spot 2 pour améliorer ces modèles (voir paragraphe sur la journée consacrée à l'orbitographie Doris).

L'ensemble de la préparation au traitement des données Doris et du calcul de l'orbite du satellite porteur est assuré au travers d'un logiciel appelé ZOOM et d'un environnement informatique approprié compte tenu de



visibility with a large part of its field of view blocked by a mountain. Rothera provides a more open horizon, has the advantage of being further south, and, most important, has an airstrip should equipment need replacing in a hurry.

Both teams set out on their cruises before New Year (before Christmas for the second team) and arrived back in the UK only at the end of January, so

they were greatly relieved to be told by the Doris people in Toulouse that all three Doris stations are now functioning well and in time for the 2nd Doris anniversary (apart from the Rothera barometer which will be replaced). It is to be hoped that they stay working throughout 1992 during which Topex/Poseidon will be launched. While much work remains to be done, including making precise geodetic

connections between the Doris beacons and tide gauges at each site (and eventually between any GPS or PRARE equipment), it is gratifying to know that Doris-equipped satellites will now be tracked over so much of the South Atlantic and Southern Ocean with consequent benefits to UK and French oceanographic research.

## CALCULATING SATELLITE ORBITS



### ENHANCED SPOT-2 ORBITS

To determine a satellite's orbit is to estimate, at a given instant known as the "time origin", the position and velocity of a trajectory reflecting the true one as accurately as possible. This information is used, together with a trajectory extrapolation model, to locate the satellite at any given instant and obtain theoretical values for comparison with actual measurements. The comparison and estimation are done using a least-squares method.

The theoretical value must be as close as possible to the actual measurement. In the Doris system, the true measurement is determined by measuring the Doppler effect, as "seen" by the satellite, on the 2-GHz signal transmitted by the ground beacon. The calculation uses the true positions of the onboard and ground antenna phase centres relative to reference positions, namely the satellite centre of mass and a position on the Earth. An equation for the geometrical solution is used, with corrections for atmospheric propagation effects.

Two types of corrections are needed:

- ionospheric effect, using the coherent 400-MHz Doris signal,
- tropospheric effect, using the weather data acquired and transmitted by each beacon.

In the one-way Doppler mode, we do not have accurate enough *a priori* information on the behaviour of the onboard and ground USOs. We therefore estimate additional parameters, in practice a bias on each satellite pass over a beacon. Experimental validation by calculation has shown that the frequency estimate is out by just  $4 \cdot 10^{-12}$ .

The trajectory model is the most critical area of the Doris system — and of all satellite tracking systems when the aim is to achieve accuracy better than 10 cm.

Doris instrument noise excluding USO drift and tropospheric propagation errors is on the order of 0.3 mm/s. Modelling of the measurement including USO and tropospheric propagation effects shows that noise in the Doris system is around 0.5 to 0.6 mm/s for all beacons. When all Doris measurements are processed on a Spot 2 trajectory of two to five days, the mean square error exceeds 1 mm/s. But when Spot 2 was launched, it exceeded 1 cm/s! This shows how important it is to model the forces on satellite behaviour, and why we have tried so hard to improve the models since Spot 2 was launched (see section on Doris orbitography workshop, on page 11).

All our work while preparing for processing Doris data and calculating

**Scientific advances can now be applied operationally. We can now be fairly sure of achieving 10-cm accuracy on Topex-Poseidon orbitography.**

la quantité importante de mesures traitées.

D'un point de vue pratique, il n'est pas possible de déterminer en une seule fois la meilleure orbite et on a dû mettre au point une stratégie de production qui assure la meilleure précision : d'où la notion de classes d'orbite.

L'orbite de **servitude** est destinée à la sélection des mesures Doris et si nécessaire à l'élimination de mauvaises mesures. Elle est basée sur une extrapolation de la trajectoire obtenue à partir de traitements antérieurs.

L'orbite **fine** est calculée à partir des mesures réelles sélectionnées précédemment. Les données externes intervenant par exemple dans les systèmes de référence (paramètres de rotation de la Terre) ou dans les modèles d'atmosphère (flux solaires, indices géomagnétiques) sont alors définitives. Les modèles d'extrapolation de trajectoire sont choisis de façon à assurer la mission localisation.

Concrètement, l'exploitation est assurée par la société CLS (le logiciel ZOOM a été converti sur les ordinateurs de la société). Ces deux types d'orbite peuvent être produits quel que soit le satellite porteur de Doris (Spot ou Topex / Poséidon).

Il existe une troisième classe d'orbite dite **précise** qui est calculée par le Service d'Orbitographie Doris du CNES : le SOD. L'exploitation des chaînes de traitements est faite sur le Centre de Calcul du CNES. Les modèles d'extrapolation sont ici les plus complets possible et dépendent du satellite comme pour les forces d'origine non gravitationnelle, ceci afin de gagner les quelques centimètres supplémentaires requis par la mission altimétrique.

En conclusion, le système Doris est maintenant opérationnel pour fournir aux utilisateurs des orbites décimétriques. Pour Spot 2, en janvier 1992, les résultats sont de l'ordre de 1 à 1.2 mm/s d'écart quadratique sur les mesures Doris pour un arc de 5 jours. Quant aux recouvrements d'orbite sur 2.5 jours, on trouve en moyenne et pour des stratégies de restitutions comparables, 1 m pour la composante

perpendiculaire au plan de l'orbite, 50 cm le long de la trajectoire et de 10 à 20 cm pour la composante radiale.

### **ATELIER DE TRAVAIL INTERNATIONAL CONSACRE AU CALCUL D'ORBITE AVEC DORIS**

A l'occasion du Science Working Team Topex/Poséidon tenu à Toulouse, la journée du 21 octobre 1991 a été consacrée à l'orbitographie. Plus de 100 participants de divers pays, principalement de France, d'Europe et des Etats-Unis d'Amérique. Plusieurs groupes impliqués dans le calcul d'orbites précises avaient reçu entre 2 semaines et 3 mois de mesures Doris recueillies sur le satellite Spot 2 : l'Université d'Aston, le Colorado Center for Astrodynamics Research de l'Université du Colorado, le Center for Space Research de l'Université du Texas, l'Université de Technologie de Delft, le Goddard Space Flight Center de la NASA, le Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale, l'Institut Géographique National, le Centre National d'Etudes Spatiales et l'Institut de Géodésie de l'Université de Munich.

A travers l'intercomparaison des résultats, les objectifs de l'atelier de travail étaient d'évaluer les performances du système Doris en termes de calcul d'orbite précis et d'identifier les améliorations possibles en termes de traitements pour la meilleure préparation possible du calcul de l'orbite de Topex/Poséidon, où l'on recherche 10 cm ou mieux sur l'altitude du satellite.

Durant cette journée, on a remarqué :

- La contribution des mesures Doris/Spot 2 dans l'amélioration des modèles de potentiel terrestre : GRIM4 pour le GRGS, PGS4405 et 4591 pour le Goddard Space Flight Center, TEG2B pour l'Université du Texas (ces nouveaux modèles permettent en outre une meilleure détermination de l'orbite de ERS1 !).

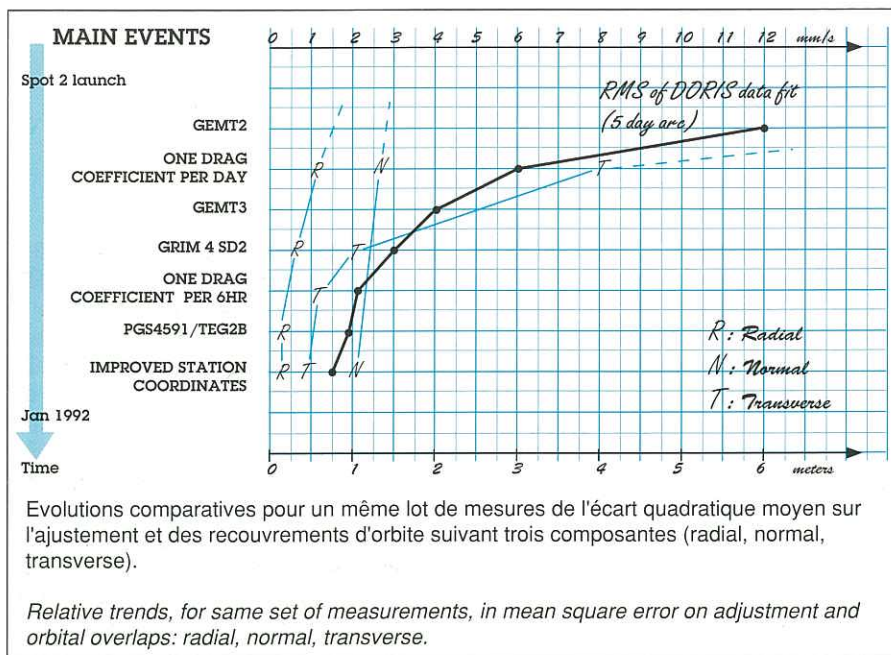
- L'adoption par la plupart des groupes d'une stratégie proposée par le SOD

pour le calcul des forces non gravitationnelles sur Spot 2, en particulier pour le frottement atmosphérique. Cette stratégie est applicable grâce à la couverture de l'orbite apportée par Doris.

- Des jeux de coordonnées pour l'ensemble des balises (37 à l'époque) qui ont une cohérence de l'ordre de 20 cm. De plus chaque groupe affiche en interne une répétabilité de quelques centimètres. Doris permet de localiser en 2 jours maximum, une nouvelle balise à mieux que 50 cm.

Il est maintenant possible de transférer vers une exploitation opérationnelle des techniques à caractère scientifique. En conclusion, la journée du 21 octobre 1991 nous permet de penser que l'objectif identique visé sur Topex/Poséidon sera atteint.

*François Nouel - CNES.*



the satellite orbit has used a program called Zoom, and a processing environment able to handle the large amount of data.

It is not feasible to determine the best orbit in a single step. Our strategy is therefore to define several types, or classes, of orbit. The purpose of the *logistic orbit* is to select Doris measurements and eliminate any spurious ones. It uses the trajectory patterns obtained from previous processing operations.

The *intermediate orbit* is calculated from previously-selected actual measurements. The external data used in the reference systems (Earth rotation parameters) or in atmospheric models (solar fluxes, geomagnetic indexes) is then taken as final. The trajectory extrapolation models are chosen to suit the location mission.

Operations are handled by CLS (the Zoom program was converted for the CLS data processing environment). These two types of orbit can be produced for Doris on both Spot and Topex-Poseidon.

The third type of orbit is the *precise orbit*, calculated by the Doris orbitography group at CNES using the CNES computer centre for data processing. The extrapolation models are as comprehensive as possible, and take account of forces such as those of non-gravitational origin (these depend

on the type of satellite). This gains the few extra centimeters needed by the altimeter mission.

The Doris system can now provide operational users with orbits accurate to within 10 cm. In January 1992 the Spot 2 results are on the order of 1 to 1.2 mm/s mean-square error on Doris measurements for a five-day arc. For 2.5-day overlaps, the average figures for comparable mapping strategies are:

- 1 m for the component perpendicular to the orbital plane,
- 50 cm along track,
- 10 to 20 cm for the radial component.

## INTERNATIONAL DORIS ORBITOGRAPHY WORKSHOP

During the Topex-Poseidon Science Working Team workshop in Toulouse in October 1991, one of the days was devoted to orbitography. Over 100 people came from many countries, mainly France, Europe and the United States. Several groups working on precise orbit calculations had previously received two weeks to three months of Doris/Spot 2 data to work on: Aston University (UK), the Colorado Center for Astrodynamical Research (University of Colorado), the Center for Space Research (University of Texas at Austin), Delft Technology University,

Goddard Space Flight Center (NASA), the *Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale*, the *Institut Géographique National*, the *Centre National d'Etudes Spatiales* and the Geodesy Institute (DGFI, Munich).

By comparing the results we were able to:

- evaluate Doris system performance in terms of precise orbit calculations,
- identify ways of enhancing data processing in preparation for calculating the Topex-Poseidon orbit, which must be determined to better than 10 cm on the satellite altitude.

Highlights from the orbitography workshop:

- Doris/Spot 2 measurements are contributing to the enhancement of terrestrial potential models: GRIM4 at the GRGS, PGS4405 and 4591 at Goddard, and TEG2B at the University of Texas (these new models will also improve determination of the ERS-1 orbit!).

- Most of the groups adopted a strategy put forward by the Doris orbitography group for calculating non-gravitational forces on Spot 2, in particular for atmospheric drag. The strategy has been made possible by the orbital coverage provided by Doris.

- Sets of coordinates for all beacons (37 at the time of the workshop) are coherent to within 20 cm. Each group also has internally achieved precision within a few centimeters. Doris can locate new beacons to better than 50 cm within two days.

Scientific advances can now be applied operationally. After the success of the workshop on 21 October, we can now be fairly sure of achieving 10-cm accuracy on Topex-Poseidon orbitography.

François Nouel - CNES.

## POSITIONNEMENT ABSOLU : MIEUX QUE 10 CM !

Jean-Jacques Valette - CLS.  
Laurent Soudarin - GRGS.  
Anny Cazenave - GRGS.



Le positionnement Doris a bénéficié récemment d'une série d'améliorations apportées au traitement des données. Les deux postes d'erreur principaux (erreur d'orbite et correction troposphérique sur la mesure Doppler) ont pu être réduits de façon significative grâce à :

- l'utilisation du tout dernier modèle de champ de gravité calculé au GRGS et incorporant de nouvelles mesures Doris,
- l'ajustement d'un coefficient de frottement toutes les 6 révolutions de Spot 2,
- l'utilisation du modèle CNET 1 et l'ajustement d'un biais troposphérique sur l'allongement total au zénith par passage et par balise,
- la correction des données météorologiques (température et pression) lorsque les mesures des capteurs sont notoirement erronées.

Les coordonnées calculées ont été comparées aux positions IERS (International Earth Reference System) pour les 11 balises Doris rattachées aux sites IERS (Laser, VLBI et GPS), de façon à estimer l'exactitude du positionnement absolu Doris. Les écarts entre la solution Doris et IERS sont présentés dans la table ci-contre. On constate que la plupart des différences sont inférieures à 10 cm. L'écart-type de l'ensemble est de 8 cm, ce qui constitue une amélioration d'un facteur 2 à 3 par rapport aux résultats antérieurs.

Alors que jusqu'ici le positionnement absolu subdécimétrique ne pouvait être atteint que par des moyens lourds et onéreux, il est confirmé que Doris a atteint cet objectif, à l'issue de deux ans de travaux.

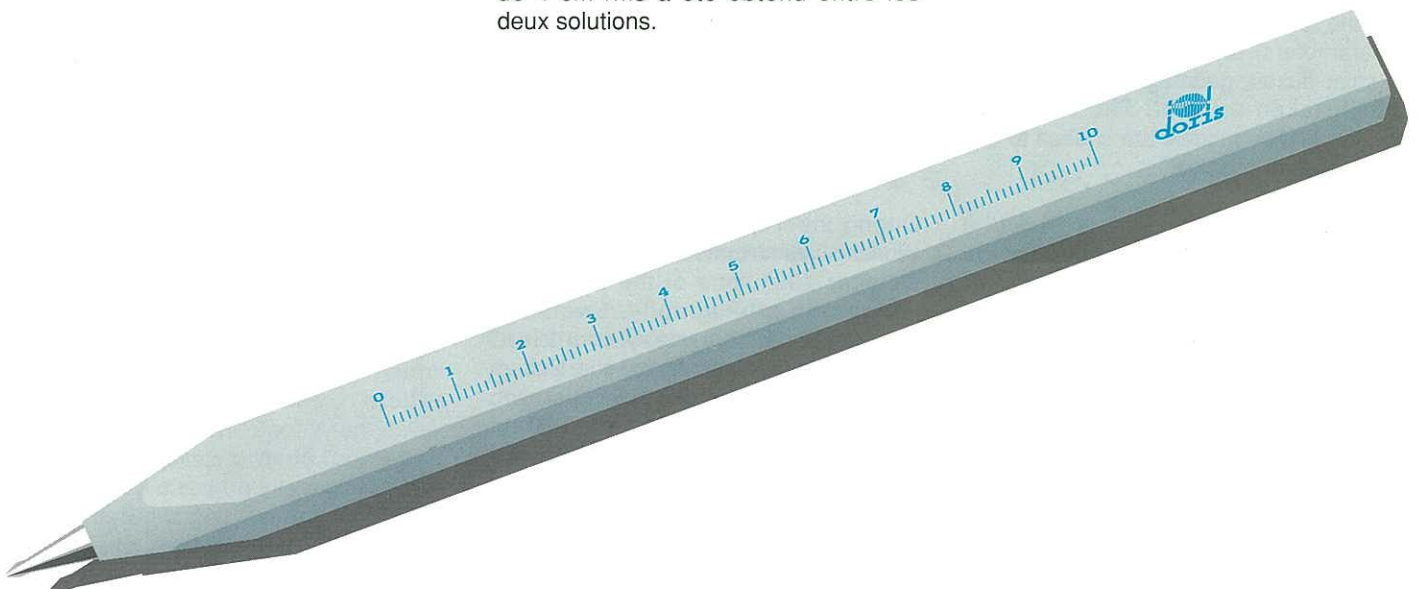


L. Soudarin



J.J. Valette

Dans une étude test menée parallèlement au GRGS et à CLS à partir de 36 jours de mesures (3/8/91 au 15/9/91) les coordonnées de l'ensemble des balises Doris ont été calculées par méthodes semi-dynamique et géométrique. Un accord de 4 cm rms a été obtenu entre les deux solutions.



# ABSOLUTE LOCATION ACCURACY BETTER THAN 10 CM!



The Doris location data processing system has recently been upgraded in several ways. The two main sources of error, orbital error and tropospheric error on the Doppler measurement, have now been reduced significantly on Spot 2. This has been achieved by:

- using the latest gravity field model calculated at the GRGS, with new Doris measurements,
- adjusting a drag coefficient every six orbital revolutions,
- using a CNET-1 model, and fitting a tropospheric bias to the zenith path through the troposphere for each pass and each beacon,
- correcting temperature and pressure data when sensors fail.

In studies at the GRGS and CLS using 36 days of measurements (3 August to 15 September 1991), the coordinates of all Doris beacons were calculated by

semi-dynamic and geometric methods. The two sets of results agreed to within 4 cm.

The calculated coordinates for the eleven Doris beacons tied to laser, VLBI and GPS International Earth Reference System (IERS) sites were compared with the IERS positions to estimate the accuracy of Doris absolute location. Most of the differences, shown in the table below, are less than 10 cm. The overall standard deviation is 8 cm, a twofold or threefold improvement over previous results.

These results confirm that lightweight inexpensive Doris beacons can provide ten-centimeter location accuracy or better, after just two years of operation.

**Jean-Jacques Valette - CLS.**  
**Laurent Soudarin - GRGS.**  
**Anny Cazenave - GRGS.**

(cm)	Latitude	Longitude	Altitude
Metsahovi	-6	-5	6
Dionysos	1	8	-12
Hartebeetsthoek	7	19	7
Yellowknife	-5	1	-1
Goldstone	8	5	-4
Hawaii	1	8	-7
Fairbanks	6	2	-8
Richmond	3	-16	19
Easter Island	5	-6	8
Arequipa	5	-13	2
Huahiné	-13	-1	-10

*Différences (exprimées en centimètres) entre positions Doris et IERS - Calcul par méthode semi-dynamique, sur la période du 3/8/91 au 15/9/91.*

*Differences (in centimeters) between Doris and IERS positions - Calculation by semi-dynamic method, 3 August to 15 September 1991.*

## SAINT ETIENNE DE TINEE



La précision, le fonctionnement autonome des balises et la centralisation des opérations de mise en oeuvre, de recueil et de traitement de l'information, font de Doris un moyen adapté au suivi automatique et continu des déformations affectant la surface de la Terre : mouvements tectoniques lents (quelques cm/an), mouvements brusques (pré-sismiques ou pré-éruptifs), glissements de terrain (quelques mètres/an).

A partir de données régulièrement obtenues, le positionnement relatif de balises souvent proches est calculé sur des périodes dont la durée est liée à la vitesse des déformations à mesurer (quelques jours à quelques semaines), avec possibilité d'effectuer des moyennes glissantes.

De manière à qualifier et à démontrer les capacités de Doris dans le domaine de la géotechnique, une expérience pilote a été mise en place à Saint Etienne de Tinée (Alpes Maritimes, France). Il s'agissait de mettre en évidence le déplacement et de déterminer la vitesse de glissement de terrain en surveillant les coordonnées relatives et la distance calculée entre deux balises Doris dont l'une était située dans le village et considérée fixe, l'autre étant placée dans une zone dont on sait de longue date qu'elle est en mouvement. La distance entre ces balises est d'environ 1390 mètres.

- Une première campagne de mesures a été réalisée au cours de l'automne 1990. Des problèmes techniques ont perturbé l'acquisition des données. Malgré tout, une exploitation a pu être faite mais les résultats sont peu nombreux et les performances inférieures à celles attendues.
- Une seconde campagne a été menée pendant 45 jours sur les deux mêmes sites au début de l'été 1991.

### COMPARAISONS

Il existe des systèmes de mesure automatique de vitesse relative entre des emplacements situés sur le versant opposé et des points situés sur la zone de glissement. Ils sont mis régulièrement en oeuvre et des triangulations sont réalisées de manière périodique.

Aussi, s'agissant d'une première expérience, les résultats de Doris sont actuellement comparés avec ceux obtenus par des moyens traditionnels déjà implantés sur ce site, de manière à valider les résultats obtenus et à apprécier l'exactitude, la précision et les véritables possibilités de Doris appliqué à la géotechnique.

### EN GUISE DE PREMIERE CONCLUSION

L'expérience de Saint Etienne de Tinée montre que l'on peut accéder de manière automatique et sans intervention sur place à des informations concourant à caractériser un glissement de terrain. Toutefois, les contraintes de fiabilité des stations de terrain s'avèrent importantes car il faut s'attacher à recueillir régulièrement les mesures.

Pour l'équipement de sites nouveaux, la compétitivité de Doris par rapport à des moyens plus classiques est à examiner en termes économiques.

*Jean-Pierre Chassaing - CLS.*

**L'expérience de Saint Etienne de Tinée montre que l'on peut accéder de manière automatique et sans intervention sur place à des informations concourant à caractériser un glissement de terrain.**

## SAINT ETIENNE DE TINEE



Several features of Doris make it the ideal system for automatic, continuous monitoring of surface deformations: high precision, self-powered beacons, and centralized operations, data gathering and data processing. Applications include monitoring gradual movements of tectonic plates (a few centimeters a year), sudden movements (pre-seismic and pre-eruptive), and ground slippage (a few meters a year).

Regularly obtained data is used to locate beacons — often closely spaced — relatively to each other. The length of the experiment depends partly on the rate at which deformations occur, over a few days or weeks. Sliding averages are often calculated.

To test and demonstrate Doris capabilities in geotechnics, we conducted a pilot experiment at Saint Etienne de Tinée in France's Alpes Maritimes. Our aim was to study movement and gauge the rate of ground slippage by monitoring the relative coordinates and calculated distance between two Doris Ground Location Beacons (GLBs). One was in the village and considered to be stationary, the other in an area known for a long time to be moving. The GLBs were around 1390 m apart.

The first exercise was conducted in autumn 1990. Due to technical problems in data acquisition, the results were useable but not satisfactory in quality or quantity. The second exercise lasted 45 days, at the same two sites, in early summer 1991.

### COMPARING DORIS WITH CONVENTIONAL SYSTEMS

Conventional systems can already automatically measure the velocity of movements of an area subject to ground slippage relative to sites on the opposite slope. Triangulation is done at regular intervals.

As this is a first experiment, we are comparing the Doris results with those from conventional methods employed at the same site. The data sets we use for comparison were the Doris results from autumn 1990 and from 7 June 1991 to 6 August 1991. We want to validate our results and find out how accurate and precise they could be. We also want to know how suitable Doris is for geotechnics.

### CONCLUSION

The Saint Etienne de Tinée experiment shows that ground slippage data can be acquired automatically and remotely. However, GLB reliability is a significant constraint as the data must be recovered regularly.

Doris may be an attractive solution for new sites, and its cost-effectiveness must now be studied.

*Jean-Pierre Chassaing - CLS.*

*The Saint Etienne de Tinée experiment shows that ground slippage data can be acquired automatically and remotely.*

# VERS DE NOUVELLES BALISES DE TERRAIN DORIS : RESULTATS D'UNE EXPERIMENTATION MENEES A CORBIN (VIRGINIE, USA)



P. Groussin - CLS



Deux des articles de cette publication, celui de F. Nouel, d'une part, celui de J.J. Valette, L. Soudarin et A. Cazenave, d'autre part, confirment les excellents résultats fournis par Doris en orbitographie et en restitution des coordonnées du réseau de référence. Dans le domaine de la géodésie spatiale, ceci incite naturellement à étendre l'usage du système à la localisation de sites dont les coordonnées sont à connaître avec une précision subdécimétrique quels que soient les emplacements de ces sites. Mais pour que cette idée puisse être mise en oeuvre, une autre catégorie de balises a dû être conçue, les balises de terrain.

## CONTEXTE ET EXPERIMENTATION

Afin de valider techniquement la viabilité d'une telle application sans investissements importants, une première génération de balises de terrain a été développée à partir d'une technologie directement issue de celle des balises d'orbitographie et un certain nombre d'expériences pilotes ont été faites (à Djibouti, Saint Etienne de Tinée, ...).

Les premiers résultats et les premières leçons sont aujourd'hui disponibles et il est possible d'envisager l'avenir en connaissance de cause.

En effet, les balises d'orbitographie sont des instruments de mesure de haute technologie destinées à être installées à demeure dans des ambiances de laboratoires ou proches de celles-ci. Le passage de ce type de matériel à un matériel opérationnel sur le terrain n'est donc pas immédiat. En particulier, les contraintes d'alimen-

tation en énergie, de facilités de transport et d'adaptation à l'environnement ne faisaient pas partie des choix fondamentaux adoptés lors de la conception du parc de balises d'orbitographie.

Dans un plan d'ensemble de modifications destinées à pallier ces inconvénients et à donner naissance à une nouvelle génération de balises de terrain, une expérimentation a été réalisée avec pour buts :

- l'évaluation de la marge de puissance transmise disponible ;
- l'évaluation des performances de localisation en utilisant un oscillateur de qualité sensiblement inférieure.

Pour ses possibilités de modularité, nous avons choisi de travailler avec un prototype, en lui faisant subir les modifications suivantes :

- puissance d'émission variable programmable par pas ;
- modification de l'interface oscillateur pour y adapter soit l'oscillateur Doris soit un autre oscillateur. Il s'agit en fait de celui utilisé dans les dix stations de référence d'orbitographie Argos.

Nous avons cherché un site tel que l'encombrement radioélectrique dans les bandes de fréquences Doris soit minimal ce qui nous a amené à coopérer avec le "National Geodetic Survey" de Corbin (Virginie, USA) intéressé par le système Doris et qui a bien voulu nous accueillir pour cette expérimentation.

L'installation du matériel sur le site a été effectuée au mois d'octobre 1990 et l'antenne a été installée sur un point géodésique.



## **NEW DORIS GLBS: RESULTS OF AN EXPERIMENT IN CORBIN (VIRGINIA, USA)**



The articles by François Nouel and by Jean-Jacques Valette, Laurent Soudarin and Anny Cazenave both confirm the excellent results provided by Doris in orbitography and mapping the coordinates of the reference network. Geodesists need similar accuracy for other terrestrial sites, and it was only natural that the system be extended to such applications. Coordinates can now be calculated to within 10 cm using ground location beacons (GLBs).

### **BACKGROUND**

To test the feasibility of such applications without making a major investment, first-generation GLBs were developed using technology spin-offs from the Orbit Determination Beacons (ODBs). Pilot experiments have been conducted in Djibouti, Saint Etienne de Tinée and elsewhere.

We have learned the lessons from the initial results, and are in a much better position for the future. Doris ODBs are high-tech devices designed for lab-type environments. Converting them for in situ use takes time. Problems include power supplies, shipping and handling, and the environment: ODBs were simply not designed for the field.

To overcome these problems and produce new-generation beacons, we did experiments to:

- assess the power margin,
- assess location performance using a lower-quality USO.

We decided to work with a modular prototype, which we modified as follows:

- the radiated power was made programmable in increments,
- the oscillator interface was modified

so that we could fit either a Doris USO or the USO used on Argos orbitography beacons.

We needed a site where there was little radio crowding in the Doris frequency bands. This was why we worked with the National Geodetic Survey in Corbin (VA, USA), who were interested in Doris and were good enough to let us run our experiment there. We set up the equipment in October 1990 and installed the antenna at a surveyed geodetic site. We took no special precautions to protect the equipment against the weather.

### **RESULTS**

Once we had determined the initial radiated power and the location accuracy, we started the experiment proper. The main results were as follows:

#### **Reduced power**

We reduced the 2-GHz channel power from 10 W to 5 W, setting the maximum drop in the number of messages collected per pass to 20%. Power on the 400-MHz channel had to be kept at 5 W.

The results are valid for the level of radio crowding in the Washington area, or at least its equivalent in the frequency bands used. They can only be applied worldwide when we have done tests in Europe, where there is strong interference in the Doris transmit bands.

#### **Changing the oscillator**

Location degradation relative to performance with the Doris USO was as follows (for non-continuous arcs):

Aucune précaution particulière n'a été prise pour protéger les équipements des intempéries.

## RESULTATS

Après avoir déterminé les conditions initiales de puissance transmise et de précision de localisation, il a été procédé à l'expérimentation dont les résultats majeurs sont les suivants :

### Réduction de la puissance

En se fixant une dégradation maximale du nombre de mesures collectées par passage à 20%, la puissance transmise sur la voie 2GHz peut alors être réduite à 5 Watt au lieu de 10 Watt. Par contre, la puissance transmise sur la voie 400MHz doit être maintenue à 5 Watt.

Il faut retenir que ces résultats sont valables pour l'encombrement radio-électrique du site de Washington ou au moins de son équivalent dans les bandes de fréquences utilisées. Ces résultats ne seront applicables à l'échelon mondial qu'après vérification en Europe où le brouillage est important dans les bandes d'émission Doris.

### Changement d'oscillateur

En terme de dégradation de la localisation par rapport aux performances obtenues avec l'oscillateur Doris, les trois périodes de mesures utilisées étant des arcs disjoints de 1-5-10 jours, la localisation est dégradée de la manière suivante:

- répétitivité (augmentation de l'écart type en pourcentage par rapport aux conditions initiales)

arcs de 1 jour : <70%

arcs de 5 jours : <37%

arcs de 10 jours : <20%

- biais

arcs de 1 jour : <50cm

arcs de 5 jours : <30cm

arcs de 10 jours : <20cm

## PREMIERES CONCLUSIONS : IMPACTS SUR UNE FUTURE BALISE

L'expérience menée a tout d'abord permis de détecter et d'éliminer certaines imperfections de conditionnement des balises de terrain.

La réduction de la puissance transmise se traduira directement par une diminution sensible de l'alimentation et une réduction du volume de l'équipement balise.

Le passage d'un oscillateur de qualité Doris à un équipement de qualité "Orbitographie ARGOS" pourra être accepté pour des expérimentations ne nécessitant pas la précision ultime Doris.

Moindre consommation, aptitude au transport et au fonctionnement dans des conditions d'environnement difficiles sont les priorités de développement d'une nouvelle génération de balises de terrain Doris.

Patrick Groussin - CLS.  
Jean-Pierre Chassaing - CLS.

*Nous remercions le Dr Benjamin REMONDI pour sa précieuse collaboration ainsi que toute l'équipe du National Geodetic Survey de CORBIN pour son accueil, son aide et son dévouement.*

*Une part du financement de cette expérimentation a été apportée par la Délégation Générale à l'Espace.*

**Moindre consommation, aptitude au transport et au fonctionnement dans des conditions d'environnement difficiles sont les priorités de développement d'une nouvelle génération de balises de terrain Doris.**

Precision (increase in rms error with respect to initial conditions):

- 1-day arcs: < 70%
- 5-day arcs: < 37%
- 10-day arcs: < 20%

bias

- 1-day arcs: < 50 cm
- 5-day arcs: < 30 cm
- 10-day arcs: < 20 cm

Argos orbitography type oscillators can be used for experiments not requiring full Doris precision.

The priorities for the new generation of Doris GLBs will be lower power drain, ability to withstand shipping, and operation in more hostile environments.

*Patrick Groussin - CLS.  
Jean-Pierre Chassaing - CLS.*

## INITIAL CONCLUSIONS

Through the experiment we were able to identify and eliminate some defects in the packaging of the GLBs. Lower radiated power translates as a noticeably smaller power supply and therefore a smaller beacon.

*All our thanks to Dr. Benjamin Remondi for his collaboration and to the team at the National Geodetic Survey in Corbin for their welcome, their help and their dedication.*

*Some of the funding for this experiment was provided by the Délégation Générale à l'Espace.*



En cours d'essai, contrôle de la puissance émise par la balise.  
*Measuring radiated power.*

***The priorities for the new generation of Doris GLBs will be lower power drain, ability to withstand shipping, and operation in more hostile environments.***

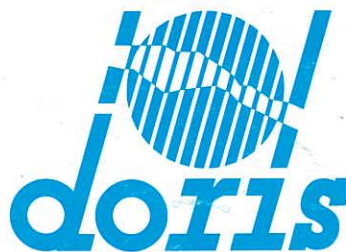
DORIS STATION  
CARIQUIMA  
(CHILE - CHILI)



PAMPA SAGUANI

• Pour en savoir plus :  
CLS peut fournir toute information complémentaire.  
Contactez Philippe Gros au 61 39 47 20  
ou Jean-Pierre Chassaing au (1) 45 08 77 54.

• For further information on Doris:  
please contact Philippe Gros (33) 61 39 47 20  
or Jean-Pierre Chassaing (33) (1) 45 08 77 54.

  
dorls

  
CLS

  
cnes

  
ign  
FRANCE

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.