

### Un réseau de stations exemplaire

Le CNES et l'IGN ont installé, dès 1986, dans le monde entier, des stations autonomes. Elles sont utilisées en tant que points de référence au sol, pour couvrir en continu la trajectoire des satellites. Grâce à une coopération internationale exemplaire, le système DORIS présente un réseau d'une soixantaine de stations uniformément réparties sur tout le globe.

### Surveillance et maintenance du système

Au niveau système, les évolutions et améliorations de DORIS sont diverses et profondes : en particulier, l'activité de l'équipe de surveillance de l'intégrité est maintenant rodée et efficace, assurant la détection immédiate d'une balise défaillante, ou ses premiers signes de vieillissement, bien avant que ses performances en soient affectées.

En synergie avec le travail de cette équipe, le réseau de balises a été maintenu et amélioré avec des stations rénovées et un contrôle de stabilité de ses antennes. Son homogénéité, sa maintenance et son contrôle permanents font du réseau de stations DORIS un atout majeur du système et la garantie d'une performance stable.

### Un centre de traitement en expansion, une constellation de satellites croissante

Les données acquises et mémorisées à bord des satellites sont transmises périodiquement à SSALTO, le Centre multi-missions d'orbitographie et d'altimétrie, implanté à Toulouse. Il surveille le bon fonctionnement des stations, traite l'ensemble des mesures, calcule l'orbite des satellites porteurs, archive et distribue les données.

Depuis 1990, une dizaine de satellites, dont au moins 4 simultanément depuis 2002, ont apporté leur contribution de mesures exploitées par la communauté scientifique internationale. Aujourd'hui 6 satellites contributeurs sont en vol, et les futures missions en préparation garantissent une telle constellation au-delà de 2020.

### A bord du satellite :

Une antenne, pointée vers le sol, reçoit les ondes radioélectriques envoyées par les stations survolées. Un récepteur électronique effectue des mesures de décalage de fréquences Doppler. Un oscillateur ultra stable, horloge de l'instrument et clé du système, assure la précision des mesures et leur datation.

### Au sol :

Une soixantaine de stations émettent un signal radioélectrique capté par le satellite.

## Demain, de nouveaux produits, de nouvelles applications

Plus d'autonomie à bord des satellites, plus de précision dans la restitution d'orbite, des équipements plus fiables et moins encombrants, des fonctions supplémentaires : le système DORIS est en amélioration constante. Une nouvelle décennie se prépare, tournée vers le développement d'applications au service d'une meilleure connaissance de notre planète.

### Encore plus de performances.

Mises en place à partir de la fin de l'année 2001, les stations DORIS de troisième génération, d'une fiabilité accrue, comportent plusieurs évolutions dont la possibilité de décaler leurs fréquences d'émission pour éliminer les risques de brouillage entre stations voisines. Le réseau existant va s'étoffer afin d'équiper de nouveaux sites, notamment à proximité de marégraphes, pour faire jouer la complémentarité des observations du niveau des mers.



A bord des satellites, l'encombrement des récepteurs diminue. Dotés initialement d'un seul canal, les récepteurs de la dernière génération (DGXX) en comportent sept et peuvent ainsi recevoir simultanément les signaux de sept stations différentes.

### DIODE, un grand pas vers l'autonomie des satellites

L'utilisation du navigateur DIODE (Détermination Immédiate d'Orbite par Doris Embarqué) sur SPOT 4, puis sur Jason 1, Spot 5, Envisat et récemment sur Jason 2 et CryoSat 2, a marqué une étape dans l'évolution des satellites vers une véritable autonomie de navigation.

Les mesures réalisées par le récepteur DORIS sont en permanence traitées à bord par le logiciel DIODE, qui calcule, en temps réel, la trajectoire du satellite.

Cumulant aujourd'hui des années de vie en orbite, DIODE s'est avéré tout à fait opérationnel avec une disponibilité supérieure à 99,5 %. Il a fourni à SPOT 4 une précision de quelques mètres, aujourd'hui améliorée à 4 centimètres sur la composante radiale de Jason 2. Les satellites porteurs de DORIS peuvent utiliser cette information à bord (pointage), au sol dans leurs centres de contrôle pour le suivi de trajectoire, ou pour les traitements sol de leurs données (images, mesures altimétriques) : DORIS/DIODE, ouvre la voie vers l'autonomie totale des satellites.

# DORIS

## Le géomètre de l'espace



## Mesurer au centimètre près depuis l'espace

L'espace est un excellent observatoire pour étudier les océans, un milieu en constante évolution. Pour être exploitées par les scientifiques, les précieuses informations collectées par les instruments d'un satellite altimétrique doivent être accompagnées d'informations sur sa position exacte. Depuis le milieu des années quarante-vingt-dix, le système DORIS permet la pleine exploitation des données issues de ces outils, en fournissant une orbite d'une précision de l'ordre du centimètre. DORIS est aussi un système de localisation de grande précision, il est un acteur fondamental dans l'étude de la géodésie et de la géophysique. Ses données, participant à la définition du système de référence terrestre ITRF, sont essentielles à l'étude de la forme et des mouvements les plus infimes de la terre.

Ainsi, DORIS joue un rôle majeur dans les remarquables résultats des missions franco-américaines d'étude des océans, TOPEX/POSEIDON, Jason 1 et Jason 2. Véritable géomètre de l'espace, DORIS relèvera encore de nouveaux défis durant les années à venir et contribuera à la réussite des futures missions d'observation et d'étude de notre planète.



### Un système sur mesure qui a fait ses preuves

Le système DORIS (Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégré par Satellite) a été conçu et développé par le CNES conjointement avec le Groupe de Recherches de Géodésie Spatiale (GRGS) et l'Institut Géographique National (IGN) pour déterminer finement la position des satellites sur leurs orbites et localiser précisément des stations terrestres.

fotolife

Realisation ACM 2010-242 - CNES Toulouse



Pour plus d'information :  
Service International DORIS : <http://ids-doris.org>  
CNES : <http://cnes.fr>



De l'Espace pour la Terre

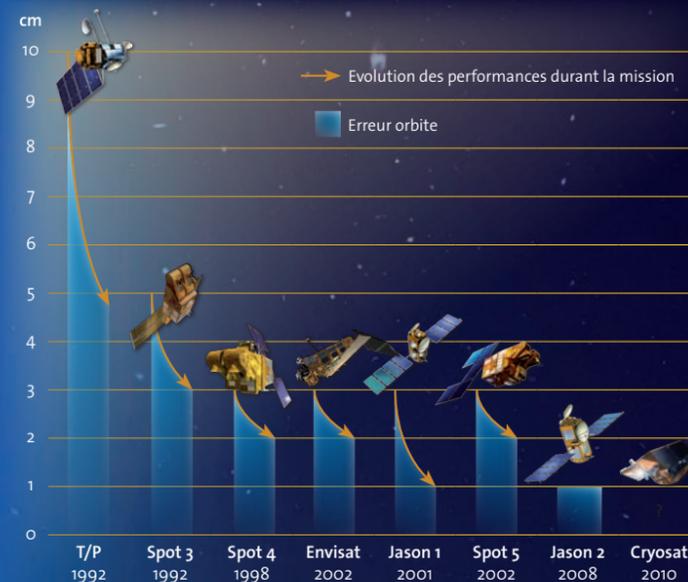


## Une trajectoire de plus en plus précise

### Des résultats spectaculaires

Depuis sa première mission probatoire sur le satellite SPOT 2, le système DORIS a relevé tous les défis. L'objectif fixé pour la mission TOPEX/POSEIDON était de connaître l'altitude du satellite avec une précision de 13 cm. Pari très ambitieux car les meilleurs systèmes existant alors ne fournissaient qu'une mesure au mètre près, insuffisante pour l'océanographie spatiale.

La précision des orbites calculées avec les mesures DORIS, a rapidement atteint 10 cm, puis 2,5 cm, une belle prouesse pour ce nouveau concept qui a permis le succès de la mission TOPEX/POSEIDON. Au fil des années, la performance demandée au système DORIS n'a cessé de croître. Ainsi la précision d'ensemble du système altimétrique Jason 1 dont DORIS constitue le cœur orbitographique suppose que le « géomètre de l'espace » atteigne le niveau du centimètre.



## La Terre en mouvement

Les progrès constants de DORIS en font un système de référence pour l'orbitographie de précision, élément indispensable aux applications de l'altimétrie, allant de l'océanographie opérationnelle aux études climatiques, en passant par la modélisation.

### Surveiller le niveau des océans



Plus que jamais sujet d'actualité, les études climatiques requièrent des indicateurs pour mesurer et éventuellement mieux prévoir les conséquences du réchauffement

de la planète, dont les effets dévastateurs touchent une grande partie de la population mondiale. La montée du niveau de la mer est un indicateur du réchauffement climatique qu'il faut surveiller de manière précise et régulière à l'aide de plusieurs techniques. A ce titre, les données DORIS associées à celles des altimètres en orbite, ainsi que les marégraphes assurent un suivi de la montée du niveau des océans sur plusieurs décennies.

A des échelles temporelles plus courtes, l'étude du niveau de la mer par altimétrie couplée à d'autres observations permettent de détecter des phénomènes tels que des cyclones ou des dérèglements climatiques comme El Niño.

### De la géodésie vers la géophysique...

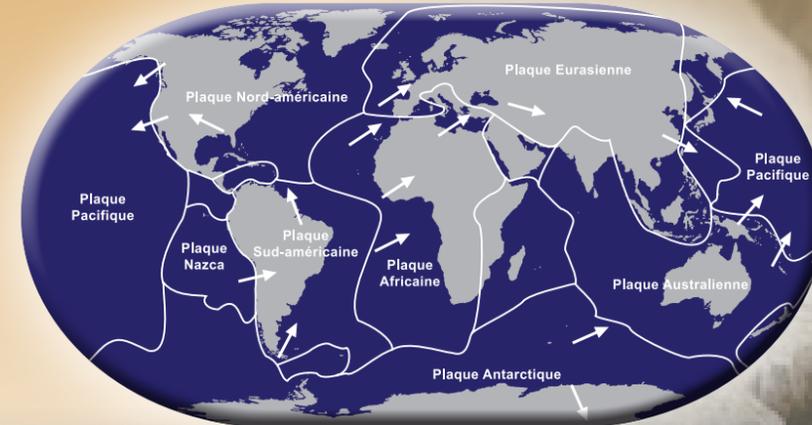
DORIS a su mettre à profit son réseau unique de stations et sa capacité de localisation précise pour répondre aux besoins de la géodésie et de la géophysique.

### Participer au système de référence international

La fiabilité du réseau associée à sa couverture dense et homogène et à l'augmentation du nombre de satellites de la constellation DORIS (>4 depuis 2002) ont permis au système DORIS de caractériser les positions des stations ainsi que leur vitesse avec une grande précision géodésique. C'est ainsi que DORIS est devenu en 1994 une des techniques de localisation pour la définition du Système de Référence Terrestre International (ITRF).

L'ITRF est une référence géodésique à l'échelle de la planète, qui rassemble et publie les coordonnées et les vitesses moyennes de quelques 500 instruments de géodésie spatiale - antennes GPS, balises DORIS, télescopes LASER et antennes VLBI (Interférométrie à très longue base).

Ce système est utilisé par toutes les applications nécessitant un positionnement précis : détermination des orbites précises, astronomie, géophysique, climatologie et toutes sciences qui étudient les déformations et les mouvements de notre planète.



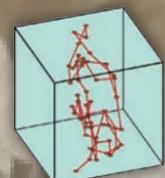
Le service IDS (International DORIS Service, <http://www.ids-doris.org>), a été créé au début des années 2000. Il diffuse des données et des produits de localisation DORIS vers une communauté scientifique de géodésiens et de géophysiciens. Les performances du système DORIS ont offert à l'IDS à partir de 2007 un véritable essor puisque 7 centres d'analyses internationaux ont contribué à une solution combinée DORIS pour l'ITRF 2008.

### Déterminer le mouvement des plaques tectoniques

La surface terrestre est constituée de plaques tectoniques qui se déplacent très lentement les unes par rapport aux autres. La précision obtenue avec l'accumulation des mesures DORIS sur plusieurs années permet de suivre des mouvements horizontaux de plus en plus infimes.



### Accéder au mouvement du centre des masses de la Terre



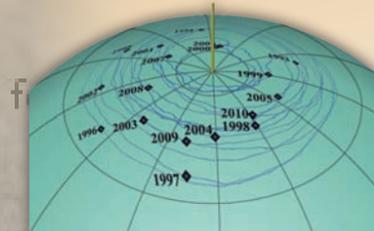
Le centre de gravité de la Terre n'est pas fixe. Il évolue à l'intérieur d'un cube de 1 cm de côté en fonction de certaines redistributions de masse à la surface du globe. Elles ont pour origine le déplacement océanique, l'humidité des sols, le poids de la couverture neigeuse ou le volume des nappes phréatiques,.... DORIS mesure, au fil des saisons, ces variations millimétriques qui affectent le calcul d'orbite.

### Observer les mouvements d'un volcan

Les mesures effectuées par la station Mexicaine de Socorro ont permis d'établir un déplacement spécifique et le relier à l'activité d'un volcan situé non loin de là.

### Mesurer les variations de l'axe de rotation de la Terre

La vitesse de rotation de la Terre varie et la planète « oscille » très légèrement autour de son axe de manière continue. Ces « mouvements du pôle », inscrits dans un carré d'environ 20 m de côté, sont mesurés, jour après jour, grâce à DORIS avec une précision d'autant meilleure que le nombre de satellites est élevé (>4).



### Et d'autres applications encore comme :

suivre l'écoulement d'un glacier, détecter les déplacements saisonniers des stations, caractériser le contenu en électrons de l'atmosphère...

## DORIS : 20 ans de réussite

Le système DORIS est un succès technique, opérationnel et scientifique. Installé sur différents satellites et étudié pour de nouvelles missions, DORIS garantit à ses utilisateurs la qualité et la pérennité d'un service opérationnel d'orbitographie et de positionnement précis. Durant la prochaine décennie, le système accueillera de nouveaux partenaires dans le cadre du Service International DORIS (IDS, International DORIS Service) et fournira à la communauté scientifique internationale encore plus de mesures et de produits dérivés.

### Applications DORIS

- Détermination d'orbite
- Champ de gravité
- Rotation terrestre
- Localisation
- Navigation
- Datation

