International Conference on Space Optics—ICSO 1997

Toulouse, France

2–4 December 1997

Edited by George Otrio

Avant-projet 3S (suite du système SPOT): une nouvelle approche de l'observation de la Terre à haute résolution avec des mini-satellites

Jean-Michel Lachiver, Jean-Michel Martinuzzi

icso proceedings

International Conference on Space Optics — ICSO 1997, edited by Georges Otrio, Proc. of SPIE Vol. 10570, 105700B · © 1997 ESA and CNES · CCC code: 0277-786X/18/\$18 · doi: 10.1117/12.2326441

Proc. of SPIE Vol. 10570 105700B-1

AVANT-PROJET 3S (SUITE DU SYSTEME SPOT) : UNE NOUVELLE APPROCHE DE L'OBSERVATION DE LA TERRE A HAUTE RESOLUTION AVEC DES MINI-SATELLITES

Jean-Michel LACHIVER, Jean-Michel MARTINUZZI

CNES, 18 Avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse Cedex

RESUME - Le système SPOT a fêté en février 97 ses onze ans de vie en orbite. Initié en 1975, ce programme d'observation civil est demeuré pendant très longtemps un des seuls systèmes existants avec LANDSAT. La fin des années 90 est marquée par l'apparition de puissances nouvelles en observation de la Terre comme l'Inde ou le Japon, ainsi que par une multitude de projets nouveaux étatiques et privés, basés sur l'utilisation de mini-satellites. C'est pourquoi le CNES a décidé d'initier un avant-projet baptisé 3S (Suite du Système SPOT) dans une optique post SPOT-5 et basé sur une petite constellation de mini-satellites. Cet article présente la nature du projet en évoquant son concept ainsi que les choix système et l'approche économique retenus.

ABSTRACT - In February 1997, it was the eleventh anniversary of the SPOT system. Started in 1975, this program of remote sensing had remained for a long time one of the only existing system with LANDSAT. By the end of the nineties, new powers in remote sensing like India or Japan and a lot of new projects based on the use of mini-satellites are becoming apparent. In this context, CNES decided to begin the study of a new system, whose code name is 3S, to be a continuation of the SPOT system and using a small constellation of mini-satellites. This article presents the concept of this project.

1 - INTRODUCTION

Le système SPOT a fêté en février 97 ses onze ans de vie en orbite. Initié en 1975, ce programme d'observation de la Terre civil est demeuré pendant très longtemps un des seuls systèmes existants avec LANDSAT. La fin des années 90 est marquée par l'apparition de puissances nouvelles en observation de la Terre comme l'Inde ou le Japon, ainsi que par une multitude de projets nouveaux étatiques et privés, basés sur l'utilisation de mini-satellites.

Pourquoi une telle diversité ? Pourquoi une telle rupture dans les choix système ? Pourquoi un tel engouement aujourd'hui pour les mini-satellites d'observation à haute résolution ?

Les réponses que l'on peut tenter d'apporter s'articulent autour de trois constatations

- les technologies disponibles actuellement ou dans les quelques années qui viennent rendent les mini-satellites faisables et performants,
- les systèmes basés sur l'utilisation de plusieurs mini-satellites offrent des potentialités nouvelles,
- le coût de tels systèmes devraient être significativement inférieur à celui des systèmes classiques.

C'est pourquoi le CNES a décidé d'initier un avant-projet baptisé 3S (Suite du Système SPOT) dans une optique post SPOT-5 et basé sur une petite constellation de mini-satellites.

2 - L'AVANT-PROJET 3S ET LES DEVELOPPEMENTS EXPLORATOIRES ASSOCIES

L'avant-projet 3S est basé sur l'utilisation de la plate-forme de mini-satellites PROTEUS (Plate-forme Reconfigurable pour l'Observation, les TELécommunications et les Usages Scientifiques).

Le premier modèle de PROTEUS est actuellement en cours de développement pour le projet JASON, qui est chargé de prendre la suite du programme TOPEX/POSEIDON. Le lancement du premier satellite JASON est prévu au début de l'an 2000.

En parallèle des études visant à définir le système 3S et ses composantes bord et sol, des actions de Recherche et Technologie (R & T) sont entreprises afin de maquetter les éléments jugés critiques et novateurs dans l'ensemble de la chaîne de image : depuis le paysage observé par le satellite jusqu'au produit fourni par le segment sol. Ces actions de recherche sont identifiées sous le terme de Développement Exploratoire (DE). Ces développements sont au nombre de trois, ils portent sur le télescope, la chaîne image et la transmission bord/sol de la télémessure image. Le schéma présenté ci-dessous (Fig. 1) délimite le domaine technique de chaque DE.

Fig. 1 : Définition des DE menés dans le cadre de l'avant-projet 3S

Le DE télescope consiste à réaliser, intégrer et caractériser un télescope de nouvelle génération appelé TMA (Trois Miroirs Anastigmatiques). Beaucoup plus petit que le télescope des instruments HRV de SPOT (Fig. 2), ce type de télescope offre un champ double pour une qualité image proche de la diffraction. La réalisation de cette maquette a démarré en 1996 et devrait s'achever pour la fin 1998.

Fig. 2 : Comparaison à la même échelle des télescopes HRV et TMA-3S

Le DE chaîne image comprend des maquetages de matériels et d'algorithmes. Pour le matériel, un prototype de détecteurs trichrome doit être réalisé de même qu'une carte mémoire à état solide basé sur l'utilisation de composants commerciaux à boîtier plastique. En même temps, des maquettes logicielles d'algorithme novateurs en débruitage, compression et traitements sol (corrélation automatique, déconvolution) sont en cours de réalisation. Ces différents modules sont intégrés dans un simulateur image qui permet d'optimiser l'ensemble de la chaîne image bord/sol traitée dans son intégralité.

Le DE transmission consiste à maquetter une chaîne complète de transmission de télémessure image en bande X fonctionnant à 250 Mbits/s.

L'ensemble de ces développements exploratoires doit permettre d'établir la faisabilité technologique et algorithmique des solutions retenues dans le cadre de l'avant-projet 3S pour le courant de l'année 1998 et compléter ainsi l'analyse de faisabilité du système 3S.

3 - LE CONCEPT 3S ET SES POTENTIALITES

Différentes solutions sont aujourd'hui à l'étude quant à la définition des caractéristiques des satellites. On ne présente ici que la version la plus élaborée.

Le concept 3S est basé sur une (petite) constellation de trois mini-satellites. Ces trois satellites sont placés dans un même plan orbital, deux d'entre eux étant très proche (séparés de quelques minutes), le troisième ayant pour fonction d'augmenter l'accessibilité qui peut devenir journalière dans le cadre de 3S (Fig. 3).

Fig. 3 : Le concept système 3S

Chaque satellite possède la faculté, comme sur SPOT, de dépointer latéralement (EST/OUEST) mais aussi le long de la trace (NORD / SUD). Ce double débattements autorise des fonctionnements tout à fait originaux tels que

- la stéréoscopie longitudinale : effectuée avec deux satellites, on peut obtenir ainsi de longs segments de prise de vue ($\approx 2000 \text{ km}$) qui après traitement sol fournissent un modèle numérique de terrain précis. Des segments plus courts peuvent aussi être réalisés avec un seul satellite (Fig 4),

Fig. 4 : Prise de vue stéréoscopique longitudinale

- l'élargissement du champ apparent de prise de vue : soit avec deux satellites (Fig 5), ou m avec un seul satellite. Cette deuxième capacité est extrêmement importante lorsqu'il existe besoin de couverture systématique d'une zone. On a alors la faculté de juxtaposer plusieurs segments de prise de vue côte à côte lors du même passage (Fig. 6),

Fig. 5 : Prise de vue à champ élargi avec deux satellites

Fig. 6 : Prise de vue à champ élargi avec un satellite

- la prise de vue de type vignette qui permet en un seul passage d'effectuer un ensemble d'images élémentaires réparties aléatoirement dans une zone d'environ $1000 \times 1000 \text{ km}^2$. Cette fonctionnalité est précieuse, en particulier pour terminer la couverture d'une zone, car le taux de réussite de la prise de vue, de part la couverture nuageuse moyenne est ainsi considérablement améliorée (Fig. 7).

Fig. 7 : Prise de vue de type vignette (1 satellite)

4 - LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES SATELLITES 3S

Les principales caractéristiques techniques des satellites de la famille 3S sont les suivantes :

- Masse	600 kg
- Dépointage	N/S : $\pm 30^\circ$ E/O : $\pm 45^\circ$
- Résolution	Pan : 2.50 m XS : 10 m
- Champ	85 km
- Codage	10 bits
- Enregistreur	100 Gbits
- Transmission	250 Mbits/seconde

Les satellites 3S sont compatibles de la plupart des lanceurs identifiés de mini-satellites. La figure suivante représente un satellite 3S dans l'enveloppe interne du lanceur LMLV1 (Fig. 8).

Fig. 8 : Vue d'un satellite sous coiffe (LMLV1)

5 - L'APPROCHE ECONOMIQUE

Comme pour la plupart des programmes de mini-satellite, un des objectifs de l'avant-projet 3S est d'aboutir à la définition d'un système dont le coût de développement et d'exploitation soit significativement inférieur à celui des systèmes plus classiques. Pour ceci, plusieurs axes d'optimisation financière sont intégrés à l'étude d'avant-projet :

- choix de la plate-forme PROTEUS, produit filière développée en partenariat entre le CNES et l'Aérospatiale. L'objectif est d'aboutir, pour 3S, à une définition de plate-forme qui soit la plus récurrente possible du premier modèle développé au titre du projet JASON,
- mise en place d'une politique composant basée sur l'utilisation maximum de composants commerciaux ainsi que d'une logique de développement à compromis risque/coût privilégiant la minimisation des coûts,
- prise en compte de l'exploitation du système et des coûts associés dès la phase de conception.

Ces différents axes d'optimisation financières ont pour objectif de réduire notablement le coût annuel de la filière d'observation de la Terre optique civile.

6 - CONCLUSION

L'utilisation de mini-satellites permet d'envisager la mise en place progressive d'une constellation de satellites d'observation de la Terre pour la suite de la filière SPOT. Cette approche est rendue possible par la prise en compte de nouvelles technologies. Celles-ci font l'objet de validation en parallèle de l'analyse papier menée dans le cadre de l'avant-projet 3S.

Un tel système multi-satellites offre des potentialités nouvelles qui sont intégrées dès la phase de conception (ex : stéréo bi-satellites et mono-orbite). L'avant-projet est de plus mené avec une approche économique volontariste (ex : utilisation de la plate-forme PROTEUS, logique de développement à coût objectif) également intégrée dès la phase de conception.

Le CNES, à travers l'avant-projet 3S, cherche à mettre en application cette démarche nouvelle dont devrait bénéficier la suite de la filière SPOT.