

# Techniques spatiales et applications topographiques

---

par C. BOUCHER  
*Institut Géographique National*

## 1) INTRODUCTION

Le titre de la conférence "Techniques spatiales et applications topographiques" nécessite de faire quelques commentaires sur les deux éléments du thème de la conférence.

### 1-1) Les techniques spatiales

Sous l'application "Techniques spatiales", il faut entendre la prise en compte de systèmes qui possèdent une composante spatiale, ou, comme l'appellent les spécialistes, un segment spatial.

A ce niveau, il faut préciser que "spatial" signifie l'extérieur de l'environnement immédiat de la Terre, c'est-à-dire plus ou moins à partir de la stratosphère.

Lorsque l'on considère un système qui possède un segment spatial, un certain nombre de caractéristiques peuvent alors être évoquées :

— **Les instruments** mis en œuvre.

Ces instruments peuvent être de rôles divers : mesure, transmission de l'information, propulsion du véhicule...

— La définition et l'analyse des sous-systèmes ou **segments**.

En dehors du segment spatial déjà mentionné, il faut aussi citer le segment sol, lui-même divisé en segments de contrôle et segments utilisateurs.

— Fonctions et usages du système.

— État de développement du système : un système peut être soit un simple projet, soit un système effectivement réalisé à titre expérimental, soit enfin un système opérationnel.

### 1-2) Les applications topographiques

Par applications topographiques, nous désignons les applications qui font appel aux diverses techniques des sciences géodésiques : géodésie, photogrammétrie, télédétection, cartographie...

Dans ce cas, il faut essentiellement identifier un certain nombre de fonctions utiles dans le cadre de ces applications :

- Positionnement (planimétrique, altimétrique ou tridimensionnel).
- Synchronisation.
- Imagerie (dans diverses longueurs d'ondes).
- Collecte et transmission des données.
- Détermination du champ de potentiel (utilisable lui-même pour les calculs d'orbite et la détermination du géoïde).

Nous allons maintenant envisager notre exposé selon une double présentation :

- d'une part, un inventaire des instruments, en illustrant celui-ci d'exemples tirés de la géodésie spatiale,
- d'autre part, en présentant un certain nombre de systèmes opérationnels (TRANSIT, GPS, SPOT, ARGOS).

## 2) LES INSTRUMENTS DE GÉODÉSIE SPATIALE

Le tableau I présente un panorama synthétique des instruments de géodésie spatiale.

Les progrès réalisés dans ce domaine permettent d'espérer dans les années à venir :

- qu'un système de référence terrestre sera défini à une précision de 1 centimètre,
- qu'un géoïde mondial sera défini à 10 centimètres près.

### 3) QUELQUES EXEMPLES DE SYSTÈMES OPÉRATIONNELS

#### 3-1) Le système TRANSIT

Le système Transit est un système opérationnel de navigation du Département de la Défense des États-Unis d'Amérique. Il existe depuis 1964 et devrait être prolongé jusque vers 1995, date à laquelle il serait remplacé par le système NAVSTAR GPS.

Il comporte en permanence environ 6 satellites en orbite polaire autour de la Terre.

Le principe de mesure lié à ce système est celui de l'effet Doppler d'une porteuse radio-électrique émise par chacun des satellites.

Le système ayant déjà fait de nombreuses présentations, notamment à l'AFT, nous prions le lecteur de se reporter à ce document.

Nous rappelons néanmoins que ce système est utilisé d'une façon très fréquente par la navigation maritime, la synchronisation et la géodésie. Dans ce dernier domaine, la précision en position obtenue varie de 5 mètres à 0,5 m (1 G) en fonction de la méthode utilisée.

#### 3-2) Le système NAVSTAR GPS

C'est un système de navigation sur satellite qui offre des informations de positions et de vitesses tridimensionnelles extrêmement précises. Le programme général est l'œuvre du Département de la Défense Américaine, sous la direction de l'U.S. Air Force. Le développement du projet comporte 3 grandes phases :

- validation du concept (1974-1979)
- validation du système (1979-1983)
- mise en place du système opérationnel (1983-1987).

Dans sa phase opérationnelle, la configuration comportera un ensemble de 18 satellites en orbite quasi circulaire, de période de 12 heures. Les satellites émettront deux ondes porteuses dans la bande L, appelées respectivement L1 (1575, 42 MHz) et L2 (1227, 6 MHz). Ces deux fréquences seront modulées par deux séquences pseudo aléatoires, une de précision codée P, et une seconde moins précise, codée C/A.

Ce système n'est donc pas opérationnel à l'heure actuelle, mais un certain nombre de travaux préliminaires ont été réalisés, aussi bien au niveau de simulations qu'au niveau de premières mesures réelles utilisant une constellation provisoire de 6 satellites. Le positionnement géocentrique absolu est assuré au bout de quelques minutes, avec une précision d'environ 10 mètres, quelle que soit la dynamique du récepteur. Ceci est absolument remarquable et répond complètement aux objectifs de navigation de ce système.

Par ailleurs, les organismes cartographiques et géodésiques américains se sont intéressés afin d'étudier les possibilités d'utilisation de ce système, selon

des méthodes différentes qui pourraient donner une précision différentielle meilleure. En effet, l'utilisation normale de ce système, telle qu'elle est envisagée en navigation, consiste à mesurer une distance satellite-récepteur, en mesurant le temps de propagation de groupe de l'onde émise par corrélation au sein du récepteur, de l'onde modulée reçue, avec une onde semblable générée par le récepteur. La loi d'émission étant rapportée à une échelle de temps ultra précise au niveau des satellites, la datation de la mesure au sein du récepteur permet alors de déterminer le temps de propagation, et donc la distance, ou plus exactement la pseudo distance, étant donné qu'une inconnue de synchronisation du récepteur doit être systématiquement introduite. La mesure simultanée ou quasi simultanée sur trois satellites au moins permet alors de se relever dans l'espace et de déterminer ainsi la position d'une façon quasi simultanée. D'autres types de mesures sont envisageables :

- d'une part, lorsque la fréquence reçue est asservie, on peut retirer le code de modulation en générant un code semblable déphasé d'une demi-tour, et ainsi obtenir une porteuse pure que l'on mélange avec une fréquence proche, de façon à obtenir une fréquence de battement affectée uniquement de l'effet Doppler, dû au mouvement relatif entre le satellite et le récepteur. On peut ainsi effectuer une mesure Doppler semblable à celle du satellite Transit,

- une autre possibilité est de mesurer directement la phase du signal reçu en deux stations ; la différence des phases entre les deux récepteurs permet alors d'obtenir une équation qui fait intervenir la différence de distance entre un satellite et deux stations. On peut également combiner cela avec plusieurs satellites sous une forme de mesures doublement différentielles.

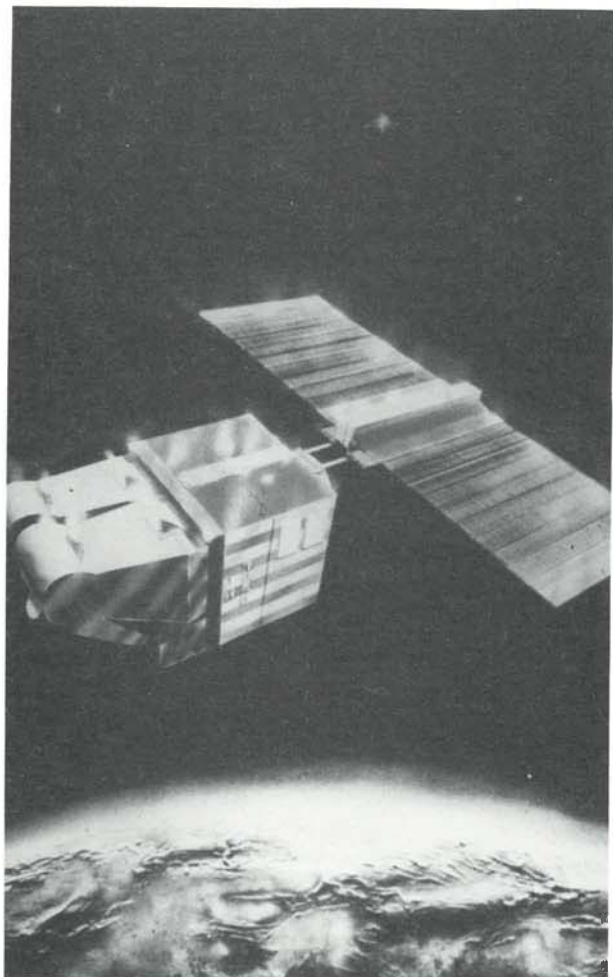
- une autre possibilité, qui apporte des équations semblables aux précédentes, consiste à enregistrer sur bande vidéo le signal reçu en deux stations, et ensuite corréler les deux signaux, selon la méthode utilisée dans le traitement des mesures des émissions de radio-sources (interférométrie à longue base ou VLBI).

Toutes ces méthodes sont à l'heure actuelle largement étudiées au niveau des simulations ; elles montrent toutes des performances à peu près voisines qui peuvent se résumer ainsi :

- position absolue à un mètre près, avec environ une journée d'observation
- position relative à un centimètre près pour des distances n'excédant pas 200 kilomètres.

Ce système est donc potentiellement un outil remarquable pour le géodésien et risque d'apporter une révolution véritable dans les techniques de travail. Malheureusement, il est à l'heure actuelle soumis à un certain nombre de restrictions, notamment de classification militaire, de sorte que les possibilités réelles d'utilisation de ce système par un organisme civil non américain restent une question tout à fait ouverte.

Néanmoins, ce système montre que la technologie est là pour réaliser de telles performances, et devrait être certainement un encouragement pour les organismes spatiaux et cartographiques des pays de monde entier.



### 3-3) Le système SPOT

Le système Spot est un ensemble de satellites de télédétection développé par la France. Le premier satellite Spot 1 est prévu en 1984, et suivi quelque temps après par Spot 2.

Chaque satellite est équipé de deux instruments HRV (Haute Résolution Visible) et d'un ensemble d'enregistrements de données sur bande magnétique et de transmission vers le sol. La résolution est de 20 mètres en mode multibandes et de 10 mètres en mode bichromatique. L'utilisation simultanée de la trajectoire et des possibilités de visées, soit verticales, soit latérales, permet une exploitation des clichés en mode stéréoscopique.

Il faut signaler par ailleurs qu'un projet est à l'étude (POSEIDON) pour équiper Spot 2 d'un altimètre radar et d'un système de positionnement de haute précision (10 centimètres en géométrie relative). Ce système apportera certainement des améliorations considérables dans le domaine de la cartographie spatiale, ainsi que dans le domaine géodésique.

### 3-4) Le système ARGOS

Le système Argos est un système de localisation et de collecte de données qui permet de localiser des plates-formes fixes ou mobiles et de collecter sur toute la surface du globe les informations qu'elles émettent. Ce système est le fruit de la coopération entre le CNES, la NASA et la NOAA.

Le CNES, qui bénéficie dans cette entreprise de l'expérience acquise avec le satellite EOLE (1970-1974), est maître d'œuvre du système Argos pour la conception, la réalisation et l'exploitation.

Les équipements Argos sont embarqués à bord du satellite TIROS-N et de chacun des sept suivants baptisés NOAA-A à G qui seront lancés de façon à en maintenir deux simultanément en fonctionnement.

Un service continu pourra ainsi être assuré jusqu'en 1985 au moins.

Tout particulièrement destiné aux applications ayant trait aux données de l'environnement (météorologie, océanologie, hydrologie, écologie, télédétection des ressources terrestres), le système Argos offre un outil neuf à caractéristiques souvent uniques.

<i>Techniques</i>	<i>Systèmes à utiliser</i>
Point astronomique	HIPPARCOS
Astrométrie spatiale	
VLBI	ERIC
Laser sur satellite	LAGEOS, STARLETTE
Laser inversé	
Laser Lune	
Altimètre radar	GEOS 3, SEASAT, SPOT
Radio sol-satellite	TRANSIT, GPS ...
Accélérométrie, gradiométrie	CACTUS, GRADIO
Magnétométrie	MAGSAT
....	