

HAMBOURG 1980

Commission n° VII

Groupe de travail n° VII/1 ou VII/3

Auteur : Jacques-Pierre DELPONT

Société : CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES

18 avenue Edouard Belin

31055 TOULOUSE CEDEX - FRANCE

Titre de l'exposé :

SPOT ET LE SERVICE AUX UTILISATEURS

RESUME :

Avec la mise en place d'un Système Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT) comprenant un premier satellite qui sera mis en orbite durant le premier semestre 1984 et des stations terrestres de recueil des données, le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) se trouve en présence d'un problème de distribution de données à une communauté internationale importante d'utilisateurs très dispersés et appartenant à des disciplines scientifiques et économiques très diverses. Face à un marché à développer et des utilisateurs allant des plus novices dans l'emploi de ce type de données aux plus avertis, la mise en place d'une structure d'accueil adaptative et dynamique s'impose. Il est prévu de confier à un organisme jouissant de la plus large autonomie le soin d'assurer la promotion et la distribution des données recueillies par la station de Toulouse en y associant les services nécessaires pour satisfaire la gamme la plus large de la demande.

Depuis les premières expériences embarquées sur les satellites américains de la série TIROS, jusqu'aux équipements les plus récents emportés par les satellites de la famille LANDSAT, en passant par les observations effectuées à bord des capsules GEMINI et APOLLO et du SKYLAB, l'intérêt présenté par les données d'observation de la Terre obtenues à partir de satellites n'a fait que croître.

La gestion rationnelle des ressources et de l'environnement terrestre ne peut être envisagée sans une mise à jour permanente des informations que l'on possède tant sur la terre elle-même que sur ses interactions avec la biosphère. Les systèmes spatiaux d'observation de la Terre constituent un moyen particulièrement puissant pour acquérir cette information de façon systématique avec un délai suffisamment bref.

Pour cette raison le développement de méthodes et de moyens de télédétection spatiale pour l'observation de l'environnement terrestre est un des axes retenus pour le programme spatial du Centre National d'Etudes Spatiales.

C'est dans ce contexte que le CNES a conçu et proposé le programme SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre) comportant une plate-forme polyvalente d'observation, capable d'emporter des charges utiles correspondant à divers types de missions d'observation et compatible avec le lanceur ARIANE, et des moyens sol permettant d'assurer le contrôle du satellite, la programmation des observations, le recueil des données et leur diffusion aux utilisateurs.

#### LA PREMIERE MISSION DE SPOT

Pour la première mission, le thème proposé est l'utilisation des territoires. Il apparaît en effet que de nombreux secteurs de l'économie, en évolution rapide, s'accommodent de plus en plus mal de la fréquence limitée, des délais importants et des difficultés de réalisation des travaux statistiques ou cartographiques conventionnels. Les pouvoirs publics souhaitent disposer d'informations exhaustives localisées et fréquemment rafraîchies sur l'utilisation qui est faite de l'ensemble du territoire.

La haute résolution des instruments emportés par la charge utile et les possibilités d'observations stéréoscopiques qu'ils offrent permettent par ailleurs de réaliser une couverture cartographique du globe de la catégorie du 1/100.000 et de réaliser des expérimentations nouvelles en matière d'exploration des ressources terrestres.

Le premier satellite, dont le lancement est prévu durant le premier semestre 1984, emporte deux instruments identiques HRV (Haute Résolution Visible) effectuant chacun des prises de vues dans le domaine visible et proche infrarouge à l'intérieur d'un champ au sol de 60 km de large avec un pas

d'échantillonnage de 20 mètres ou 10 mètres selon que l'instrument travaille en mode multibande (trois bandes spectrales) ou en mode panchromatique (une bande large). Un miroir placé à l'entrée de chaque instrument permet de changer la direction de son axe de visée perpendiculairement à la trace au sol du satellite dans un angle de  $\pm 27^\circ$  autour de la verticale et d'accéder ainsi à des points situés à plus de 400 km de cette trace.

Cette possibilité d'effectuer des visées latérales augmente considérablement le nombre d'observations possibles d'une même région à partir de passages successifs du satellite à son voisinage. On peut montrer ainsi que, au cours d'une période de 26 jours qui sépare deux passages du satellite sur la même trace, sept passages permettent d'observer un même point à l'équateur, onze passages le permettent s'il est situé à  $45^\circ$  de latitude.

On peut également obtenir ainsi des couples d'images stéréoscopiques en notant que les vues peuvent être obtenues avec un jour de décalage par des visées situées de part et d'autre de la verticale locale en choisissant convenablement les passages utilisés pour effectuer les observations. Ceci est important du point de vue météorologique : il n'est pas rare qu'une période de beau temps sur une région s'étende sur plusieurs jours consécutifs.

Ces considérations nous ont paru nécessaires pour faire apparaître les particularités de ce satellite et la possibilité de programmer des observations particulières, verticales ou obliques, à la demande des utilisateurs.

Pour compléter cette présentation ajoutons que le satellite sera placé sur une orbite circulaire à 822 km d'altitude, inclinée à  $98,76^\circ$  (donc presque polaire) et heliosynchrone, c'est à dire que le plan qui contient l'orbite conserve un angle constant avec la direction du soleil tout le long de l'année -il fait donc un tour autour de l'axe de la terre en un an- il en résulte qu'une région quelconque de la terre est survolée toujours à la même heure solaire locale qui ne dépend que de sa latitude. De façon nominale le satellite franchit l'équateur dans le sens descendant autour de 10 h 30.

En outre le mouvement de satellite est synchronisé avec la rotation journalière de la terre de telle sorte qu'il repasse exactement sur la même trace tous les 26 jours.

## LA RECEPTION DES DONNEES DU SATELLITE

---

Les détecteurs des instruments HRV sont du type CCD (dispositifs à transfert de charges). Six mille éléments sensibles, intégrés sur des barrettes monobloc, permettent de recevoir la totalité d'une ligne du paysage perpendiculaire à la trace au sol du satellite sans nécessiter de dispositif de balayage mécanique. Une ligne, correspondant à une bande de 10 mètres de large au sol, est lue en moins de 0,3 millisecondes, compte tenu de la vitesse du satellite. Les données d'observation ainsi relevées peuvent être émises immédiatement par le satellite au fur et à mesure de leur obtention par un émetteur de télémesure opérant dans une bande 8025 à 8400 MHz, à un rythme correspondant à 50 M bits/seconde pour l'ensemble des deux instruments.

Ce mode d'émission est dit "télémesure directe". Cette émission peut être reçue par une station terrestre équipée de façon adéquate, tant que le satellite est dans son "cercle de visibilité" -cercle de 2600 km de rayon environ-

Mais les données d'observation peuvent être également stockées dans le satellite, grâce à deux enregistreurs de bord, de façon à être émises lors du passage du satellite dans le cercle de visibilité de la station de Toulouse ; ce mode d'émission est dit "télémesure différée". Il permet de réaliser des observations sur des régions du monde où le satellite n'est en vue d'aucune station de réception.

## LA PROGRAMMATION DU SATELLITE

---

Les stations de réception des données de SPOT s'adressent au centre de Mission situé à Toulouse pour programmer les observations qu'elles désirent recevoir. Le satellite est muni d'un ordinateur dans lequel un programme de travail peut être chargé par télécommande lors d'un passage en visibilité de la station de Toulouse. Ce programme précise les instants de début et de fin des prises de vue, les angles de visées et modes de fonctionnement (multibande ou panchromatique) de chaque instrument, le mode de fonctionnement de la télémesure, etc...

## LA DIFFUSION DES DONNEES AUX UTILISATEURS

---

Les données de télémessure reçues par une station terrestre correspondent, pour un instrument HRV, à l'observation d'une bande du territoire de 60 km de largeur en visée verticale (80 km de largeur si l'angle entre l'axe de visée et la verticale est égal à sa valeur maximale 27°). Les données sont séparées, au niveau de la station ou d'un centre de prétraitement situé en aval, en sous ensembles successifs correspondant à des morceaux de territoire ou "scènes" de 60 km de longueur. Pour une observation verticale et parce que le satellite repasse tous les 26 jours sur la même trace, ces scènes peuvent être référencées par rapport à un carroyage prédéfini sur la terre qui est la grille de référence de SPOT. Pour une observation oblique, les scènes ont pour référence celle de la grille dont le centre est le plus proche de leur centre.

Les stations terrestres archivent donc les données de SPOT sous cette forme pour les tenir à la disposition des utilisateurs, mais parmi ceux-ci bien peu sont aptes à les recevoir ainsi ; il est nécessaire qu'un certain nombre de corrections et de mises en forme soient effectuées au préalable.

## LE CENTRE DE RECTIFICATION DES IMAGES SPOT DE TOULOUSE

---

Le CNES s'est préoccupé de mettre à la disposition des utilisateurs des données de SPOT des produits qu'ils puissent utiliser directement pour effectuer de la photo interprétation ou qu'ils puissent traiter et transformer aisément sur des matériels du commerce.

En collaboration avec l'Institut Géographique National (IGN) un Centre de Rectification des Images SPOT (CRIS) va être mis en place à Toulouse sous la responsabilité des deux organismes. Sa fonction est d'appliquer aux données de SPOT des corrections, transformations et mises en forme permettant de mettre en valeur les qualités de la prise de vue résultant de traitements bien définis, non modifiables à la demande et correspondant à des besoins courants des utilisateurs.

Ces traitements sont regroupés en trois niveaux correspondant à quatre classes de produits :

Niveau 1 : Les corrections radiométriques et géométriques qui sont effectuées sont unidimensionnelles et ne font pas intervenir de repères terrestres ni de données relatives à la restitution d'altitude de satellite.

Niveau 1a : Seule une égalisation des détecteurs tenant compte de leurs étalonnages relatifs dans chaque bande est effectuée. Les données concernant la géométrie de la prise de vue ainsi que les étalonnages interbandes et absolus peuvent être fournis afin de permettre d'effectuer des traitements ultérieurs.

Niveau 1b : Aux corrections précédents sont ajoutées une correction radiométrique tenant compte du déplacement du satellite (correction de filé) et des corrections géométriques (rotation et courbure de la terre, angle de visée). Un rééchantillonnage des lignes et colonnes des données est effectué avec ces opérations

Niveau 2 : Des corrections permettant de rendre superposables entre elles (ou à une carte) des scènes obtenues à des dates différentes sont effectuées. Aux traitements précédents s'ajoutent des corrections géométriques bidimensionnelles faisant intervenir un certain nombre de repères terrestres contenus dans les scènes et connus par leurs coordonnées géographiques.

Du fait que les corrections effectuées ne prennent pas en compte le relief du terrain, la superposabilité recherchée est d'autant meilleure que la visée est plus proche de la verticale.

Niveau 3 : Les corrections effectuées prennent en compte le relief en utilisant un modèle numérique de terrain pour éliminer les effets de la parallaxe. Elles s'appliquent à des prises de vue effectuées avec un angle de visée quelconque, le but étant d'obtenir des produits du type orthophotographie.

En sortie les supports de ces produits sont des films au format 240 mm ou des bandes numériques compatibles ordinateur. Mais le CRIS, considéré comme un organe de production, n'en effectue pas lui même la commercialisation.

## LE SERVICE AUX UTILISATEURS

---

L'utilisation des données de télédétection spatiale est récente. Alors que les possibilités offertes par les données des satellites Landsat 2 et 3 n'ont pas encore été toutes exploitées, SPOT apporte des possibilités supplémentaires du fait :

- de son pouvoir de résolution élevé (pixel de 20 mètres et 10 mètres)
- de l'augmentation de l'accessibilité pour une région déterminée (prises de vue successives à un ou quelques jours d'intervalle)
- des prises de vue stéréoscopiques

On se trouve en présence de produits nouveaux (ou à caractéristiques nouvelles) face à un marché à découvrir. Les utilisateurs actuels ou futurs, de ces produits, sont de trois sortes :

- ceux qui ignorent encore ce qu'ils peuvent leur apporter. Il faut le leur révéler et donc prévoir des actions de promotion et de démonstration.
- ceux qui ont commencé à les utiliser, ont pris conscience de ce qu'ils peuvent en attendre mais n'ont pas encore les compétences ou les moyens nécessaires pour les utiliser. Il faut les aider en leur offrant des services de conseil ou en effectuant pour leur compte des études et réalisations particulières.
- ceux qui les utilisent de façon courante et se sont équipés pour les traiter eux mêmes.

Tous ces utilisateurs représentent en outre des domaines d'activités économiques ou scientifiques très divers. Il faut donc réaliser une interface large et diversifiée permettant d'atteindre les différentes couches d'utilisateurs en leur fournissant les produits et services dont ils ont besoin.

Dans cette perspective le CNES associé à l'IGN (Institut Géographique National), l'IFP (Institut Français du Pétrole), le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) et le BDPA (Bureau pour le Développement des Productions Agricoles), prépare la mise en place à Toulouse d'une structure autonome spécialisée qui assurera la promotion et la distribution de données issues de SPOT auprès des utilisateurs français et étrangers. Cet organisme pourra installer des agences en France et à l'étranger.

Il assurera les opérations suivantes :

° service du "catalogue" : un fichier sur ordinateur couvrant l'ensemble des "scènes" acquises et tenues en archives par la station de Toulouse et les stations étrangères depuis le démarrage du système permettra aux utilisateurs d'obtenir des informations du type : qualité des données concernant ces scènes, couverture nuageuse, existence en archives de produits issus de leur traitement, etc...

Ce catalogue pourra être consulté à Toulouse ou dans les agences au moyen de consoles informatiques spécialisées et à distance pour les utilisateurs équipés des matériels terminaux nécessaires. Des extraits de ce catalogue pourront être édités sur papier ou microfiches et fournis aux utilisateurs qui le demanderont.

° service du "quick look" : des imagettes à résolution réduite des scènes citées par le catalogue pourront être visionnées à Toulouse et dans les principales agences sur des matériels spécialisés. Des copies argentiques sur papier au format 70 mm pourront être commandées par les utilisateurs pour consultation plus à loisir, exécution de tableaux d'assemblage, etc...

° distribution des produits du CRIS sous forme d'images, sur film ou papier au format 240 mm correspondant à une échelle au 1/400 000 et utilisables directement pour la photo interprétation, ou de bandes magnétiques compatibles ordinateur 9 pistes, 6250 ou 1600 bpi, dans différents formats. Ces produits correspondent à des scènes, ou parties de scènes ayant subi un certain nombre de corrections radiométriques et géométriques telles qu'elles sont exposées dans le chapitre précédent.

° Distribution de produits issus des produits fournis par le CRIS par des traitements typiques figurant dans un catalogue : modification de l'étalement de la radiométrie, combinaisons de canaux, images sur film ou papier à l'échelle 1/200 000 ou 1/100 000 ou autres classifications, composites colorés, etc...

° Consultance, traitements particuliers à la demande par des spécialistes sur place ou chez des sous traitants

° Demande de programmation du satellite auprès du centre de Mission SPOT pour obtenir des observations particulières lorsque les données en archives ne permettent pas de traiter le problème posé par un utilisateur.

° Mise à disposition sur place de matériels et de logiciels spécialisés.

° Formation des utilisateurs dans des domaines ou sur des matériels particuliers.



L'objectif que l'on s'est fixé sera atteint si la structure mise en place réalise les caractéristiques suivantes :

- esprit d'accueil vis à vis des demandes des utilisateurs ; souplesse et adaptation vis à vis des situations
- célérité d'exécution ; respect des délais
- contrôle de la qualité des prestations ; souci du service et de la satisfaction du client
- rigueur administrative et financière

#### CONCLUSION

---

Pour la diffusion des données images de SPOT le CNES veut mettre en place à Toulouse un ensemble dynamique chargé d'assurer l'interface entre le système spatial, producteur de données, et les utilisateurs finals de ces données.

La partie la plus en aval, chargée d'assurer l'adaptation fine des produits aux demandes des utilisateurs et leur commercialisation sera assurée par un organisme jouissant de la plus large autonomie, qui aura également pour mission de promouvoir l'usage des données de télédétection et d'élargir le marché.

Cette approche vis à vis d'un marché important d'une application spatiale est nouvelle pour le CNES. Elle a été entreprise avec un objectif de service et d'efficacité vis à vis de la communauté utilisatrice.