

14ème Congrès International de la Société Internationale  
de la Photogrammétrie

HAMBOURG 1980

- - -

Commission IV

Groupe de travail : N° 4 Cartographie par imagerie spatiale et  
systèmes non -photographiques

Genre d'exposé : Communication

Auteur : Alain BAUDOIN  
Institut Géographique National  
2 Avenue Pasteur - 94160 SAINT MANDE - FRANCE

Titre de l'exposé : UTILISATION DES IMAGES SPOT  
POUR LA CARTOGRAPHIE TOPOGRAPHIQUE  
DES PAYS INDUSTRIELS ET DES PAYS NEUFS

Sommaire :

Le satellite SPOT fournira dès 1984 des images spatiales à haute résolution (10 m ou 20 m) verticales ou obliques. La forte répétitivité des images et la possibilité de l'observation stéréoscopique permettront l'identification des détails topographiques qui pourront être cartographiés jusqu'à l'échelle du 1:50 000. Pour les pays neufs la réalisation de cartes topographiques au 1:100 000 sera possible aussi bien en planimétrie qu'en altimétrie.

## Utilisation des images SPOT pour la cartographie topographique des pays industriels et des pays neufs

### Introduction :

Depuis plusieurs années l'Institut Géographique National de France utilise les images LANDSAT à des fins cartographiques, essentiellement pour des applications thématiques (incendies de forêts, cartographie de l'occupation du sol). Les échelles de ces cartes varient entre le 1:100 000 et le 1:250 000 mais la résolution du satellite (80 m) et sa précision géométrique (de l'ordre de 200 m) sont insuffisantes pour la réalisation de cartes topographiques précises à des échelles supérieures au 1:200 000.

Le besoin d'un meilleur outil pour étudier la Terre depuis l'espace est ressenti par de nombreux cartographes. Des progrès sensibles sont prévus grâce à l'emploi des caméras RBV de Landsat 3, du Thematic Mapper de Landsat D ou des chambres métriques embarquées à bord de Spacelab. Les images fournies par ces différents capteurs seront utilisées sans doute avec profit, par les cartographes.

Cependant une nouvelle génération de satellites d'observation de la Terre se prépare à voir le jour prochainement. Parmi celle-ci le projet français SPOT est le plus avancé actuellement.

Le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) qui est responsable de son développement prévoit le lancement du satellite pour le 1er trimestre 1984.

La description de la mission de SPOT (ref. 3), des instruments à Haute Résolution Visible (HRV), (ref. 4), des images fournis et de leur modes de prétraitement (ref. 6) font l'objet de diverses communications à ce congrès. Nous invitons le lecteur à s'y reporter pour plus de détails.

L'Institut Géographique National est fortement intéressé par le système SPOT. D'une part, il est associé avec le CNES pour développer et exploiter le Centre de Rectification des Images Spatiales (CRIS) qui prétraitera les images (cf. ref. 6) ainsi qu'avec plusieurs autres organismes pour créer le Service du Satellite SPOT (3S) (cf. ref. 5) qui diffusera les données et aidera les futurs utilisateurs. L'I.G.N. qui réalise aujourd'hui de nombreuses missions de photographies aériennes et qui conserve ces données dans la Photothèque Nationale continuera ainsi à servir les usagers en données aérospatiales.

D'autre part, il envisage d'exploiter opérationnellement les images SPOT pour réaliser diverses cartes topographiques ou thématiques. Nous examinerons ici les problèmes posés par deux types d'applications topographiques :

- La réalisation et les processus de révision d'une carte topographique moderne pour les pays industriels en utilisant la cartographie automatique associée à un système de gestion de banque de données géographiques.

- L'exploitation de prises de vues verticales et stéréoscopiques sur un pays neuf pour réaliser une carte topographique à l'échelle du 1:100 000.

Les méthodes qui seront exposées sont actuellement en cours d'évaluation, notamment à partir de simulations d'images (ref. 5). Elles devront donc être validées avant d'être implantées à l'I.G.N. et ne peuvent être considérés aujourd'hui que comme des études dont on posera ici les objectifs.

## 1 - Cartographie spatiale automatique à partir d'une base de données géographiques.

Nous allons décrire ici une démarche possible pour exploiter au mieux les images spatiales et en particulier celles qui seront issues des satellites LANDSAT et SPOT.

### Position du problème

La révision des cartes topographiques posent, en utilisant les moyens traditionnels, des problèmes à la fois techniques et économiques.

Techniques car les processus même de révision sont longs : réalisation d'une prise de vues, exploitation des couples stéréoscopiques par des procédés divers (orthophotographies, restitution photogrammétriques ou utilisation d'appareils simplifiés comme le révicarte), rédaction de chancues des planches à modifier, et enfin impression.

Il faut prévoir environ deux ans entre la date de la prise de vues et l'impression de la carte.

Dans ces conditions il ne sert à rien d'accélérer la mise à jour. Une périodicité de l'ordre de 5 à 10 ans correspond donc aux limites des techniques classiques de révision.

Les problèmes sont également économiques car le coût de cette révision reste élevé;

L'utilisation des images spatiales à forte répétitivité d'une part et l'emploi de processus informatiques de l'autre devraient permettre une diminution considérable des délais de réalisation des documents cartographiques. Par là même ces cartes devraient être révalorisées pour de nombreux utilisateurs qui sont obligés aujourd'hui d'effectuer des travaux complémentaires de levés terrestres ou aériens, qui, dans certains cas, deviendraient alors inutiles.

Nous nous placerons dans l'hypothèse d'un pays ayant une bonne cartographie de base à partir de laquelle un certain nombre de fichiers numériques ont été générés, en particulier les fichiers de l'altimétrie et de la planimétrie.

La figure 1. indique comment les différents fichiers géographiques sont constitués et utilisés.

### Constitution d'un fichier maillé des images spatiales

Certaines images brutes reçues par les satellites LANDSAT D ou SPOT pourront être corrigées géométriquement grâce aux points d'appuis qui auront été préalablement archivés dans le fichier "P.A."

Dans le cas de SPOT il pourrait également être envisagé de corriger géométriquement les images obliques à l'aide du fichier altimétrique des Modèles Numériques de Terrain ("M.N.T").

Ces corrections effectuées nous disposerons, pour chaque feuille au 1:50 000, d'un fichier maillé constitué par la superposition d'images multirésolutions, multispectrales, multitemporelles et multi-"angles de visée". L'intérêt de la constitution d'un tel fichier est qu'il offrira à de nombreux thématiciens une base de données directement exploitable pour des études diverses.

Bien sûr il sera hors de question de corriger toutes les images spatiales : Un choix devra être fait pour que l'on puisse en fait retracer avec le minimum de données l'évolution de l'occupation du sol. Nous pouvons par exemple imaginer par feuille au 1:50 000 et par an :

- 1 image panchromatique (résolution 10 m)
- 2 à 3 images multispectrales (résolution 20 ou 30 m)

### Exploitation du fichier maillé des images spatiales

L'I.G.N. exploite actuellement les images LANDSAT pour constituer automatiquement, à l'aide d'un système interactif de traitement d'images, le fichier numérique de la planche des forêts au 1:100 000. Les images SPOT avec leur meilleure résolution permettront d'améliorer ce fichier et surtout offriront la possibilité d'en créer d'autres : réseau hydrographique, zones urbanisées, etc..

Tous ces fichiers planimétriques une fois constitués serviront d'éléments d'apprentissage pour la classification des données du fichier des images spatiales, lesquelles classifications permettront de mettre à jour les fichiers planimétriques.

Le choix des thèmes pouvant faire l'objet d'une telle classification sera bien sûr effectué après de nombreux essais sur les données nouvelles. En particulier, il pourra être intéressant d'étudier l'apport des classifications multivues (c'est-à-dire sur la superposition de couples stéréoscopiques corrigés au niveau 3) et aussi l'utilisation des données altimétriques, et en particulier des pentes comme aide à l'interprétation.

### Mise à jour des fichiers de la planimétrie

Si un certain nombre de thèmes pourront être obtenus directement à partir de fichier des images spatiales, d'autres demanderons l'introduction d'autres types de données :

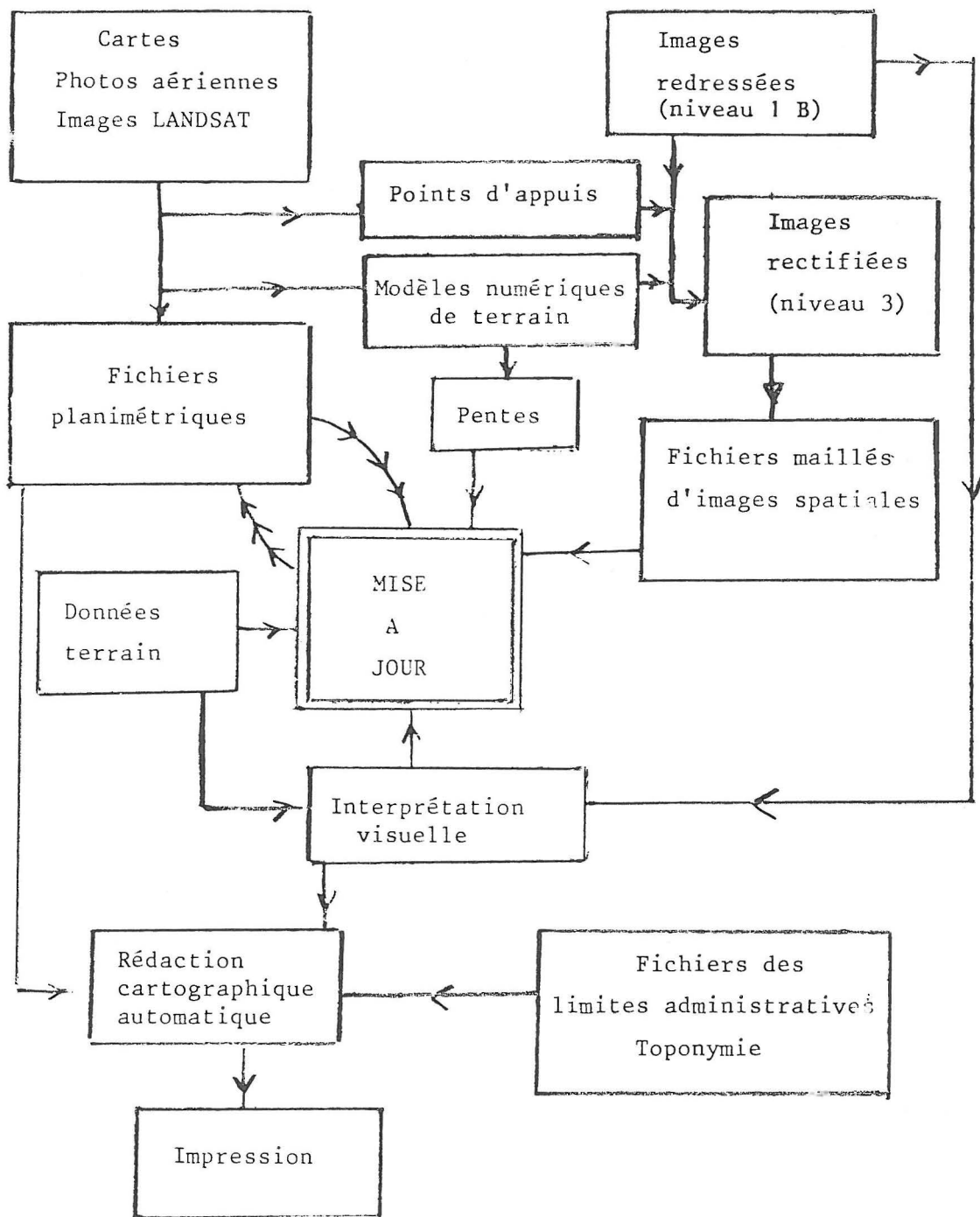


Fig. 1 : Mise à jour des fichiers cartographiques

- Celles issues de l'interprétation visuelle des images lorsque les procédures automatiques sont insuffisantes. (par exemple identification et dessin de superstructures, de détails ponctuels)
- Celles issues d'un complètement sur le terrain

Notons que l'emploi de couples stéréoscopiques de SPOT fourniront par photointerprétation un certain nombre de détails complémentaires à ceux des classifications automatiques.

Toutes ces données devront être intégrées interactivement dans les fichiers planimétriques correspondants. Cela suppose qu'il soit possible de passer facilement des fichiers de type maillés (M.N.T., images) à des fichiers de type vecteurs (routes, hydrographie etc..) et réciproquement.

Cette opération est rendue possible par l'utilisation d'un système de gestion de base de données géographiques développés à l'I.G.N. sous le nom de GITAN.

#### Rédaction automatique

Le fichier planimétrique mis à jour d'une part, le fichiers des images de l'autre fourniront les éléments de base de la carte nouvelle à imprimée. Plusieurs solutions peuvent être choisies pour rédiger celle-ci. Soit n'utiliser que le fichier planimétrique ainsi que les fichiers complémentaires des toponymes, des limites administratives, etc. pour obtenir à l'aide de signes conventionnels et de couleurs symboliques la carte sous sa forme traditionnelle de carte au trait.

Soit utiliser en plus l'une des images du fichier comme fond de photocopie en mêlant les traits de la planimétrie, les couleurs conventionnelles avec les tonalités de l'image.

#### Perspectives d'utilisation

L'expérience acquise sur les données LANDSAT et les essais entrepris à partir des simulations d'images SPOT nous laissent à penser qu'il sera possible, en France métropolitaine d'exploiter les images SPOT pour accélérer le rythme actuel de la révision qui est de l'ordre de 7 à 9ans en moyenne et le porter :

à 2 à 3 ans pour les cartes au 1:50 000

à 1 an pour les cartes au 1:100 000

Ces chiffres indiquent des possibilités techniques et ils doivent être confirmés, ou modifiés par les utilisateurs auxquels un service géographique s'adresse .

Par ailleurs l'apport des images spatiales modifiera sans doute la facture des cartes actuelles, dans la mesure où il sera possible d'augmenter le nombre de thèmes d'occupation du sol, et de fournir ainsi une carte plus moderne, c'est-à-dire mieux adaptée aux besoins des utilisateurs.

## 2 - Cartographie des pays neufs

Les possibilités stéréoscopiques de Spot, ainsi que sa bonne résolution devront offrir aux pays qui ne disposent pas d'une cartographie précise le moyen de réaliser une cartographie à l'échelle du 1:100 000 avec un levé altimétrique d'une précision de 10 à 20 m.

Les différentes étapes de la réalisation d'une telle cartographie sont indiquées dans la figure 2.

### 2.1. Programmation du satellite

Les deux instruments HRV de SPOT sont indépendants et devront être programmés de telle façon que l'ensemble du pays soit couvert par :

- une couverture complète d'images verticales,
- une couverture complète de couples stéréoscopiques ce qui impose un compromis entre l'intervalle de temps qui sépare les prises de vues des deux éléments du couple (1 jour étant l'idéal) et le rapport base/hauteur qui doit être le plus grand possible le compromis varie avec la latitude : à l'équateur pendant un cycle de 26 jours il n'y a que 4 occasions d'obtenir un couple stéréo à 1 jour.

A 45 degrés il y a aussi 4 possibilités d'obtenir des couples stéréo à 1 jour d'intervalle avec un rapport B/H de 0,46, mais on peut aussi avoir 3 vues à 3 jours consécutifs (un triplet) avec un rapport B/H de 0,92 entre la première image et la troisième.

A 60 degrés, le problème est plus complexe. Le rapport B/H est assez faible (0,33) pour un intervalle d'une journée, mais pour 2 jours, il peut prendre la valeur 0,66 ou 1,0 (deux fois pendant le cycle).

Ainsi, la programmation du satellite est une tâche très importante si l'on veut de bons couples stéréo.

Cette programmation est rendue difficile pour une autre raison : d'un couple à un autre le long d'une trace du satellite, le recouvrement varie (de 100 % à 0 % en 1 000 km).

Cette complexité peut sembler être un inconvénient, mais l'utilisation d'angles de prise de vue et de rapports B/H différents sur la même zone améliore la précision des mesures altimétriques.

### 2.2. Triangulation

Cette étape consiste à calculer les paramètres photogrammétriques de chaque image de plusieurs couples stéréo.

Les méthodes de triangulation aérienne pourront être utilisées pour localiser des points inconnus (points de contrôle) à partir de plusieurs couples d'une même zone et de quelques points d'appui, ces points étant dans la zone à cartographier, et connus, par exemple, grâce à la géodésie spatiale.

Mais, dans certains cas, SPOT donnera la possibilité de cartographier une zone sans y connaître aucun point d'appui. En utilisant simultanément les 2 HRV, l'un visant la zone inconnue, et l'autre une zone dans laquelle on connaît des points d'appui dans la zone inconnue.

La précision de ces nouveaux points d'appui dépendra aussi de la précision des mesures d'attitude, qui permettra d'interpoler un d'extrapoler les paramètres géométriques calculés à partir des points connus.

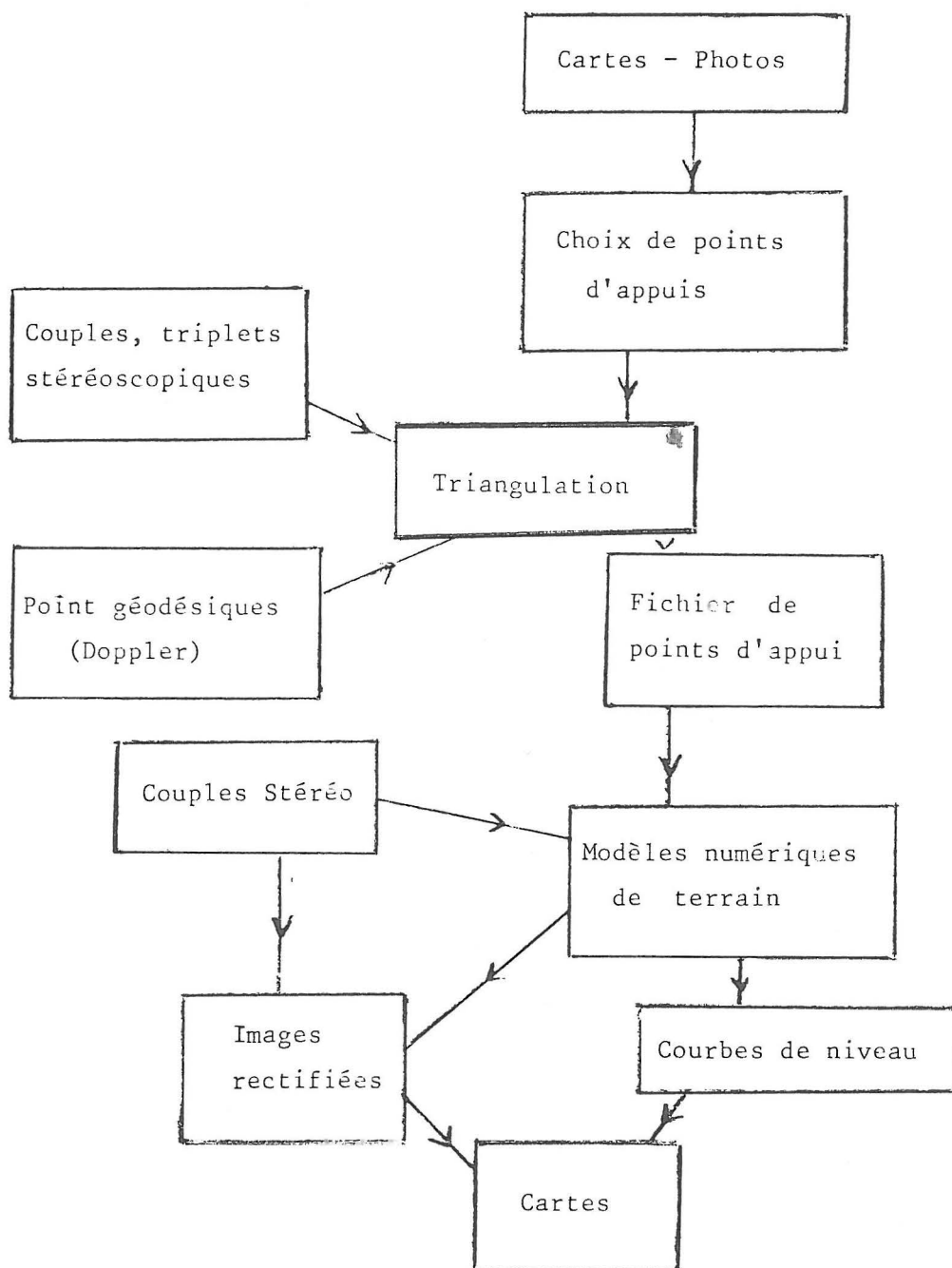


Fig. 2 :: Cartographie des pays neufs



### 2.3. Calcul du MNT

Quand on dispose de suffisamment de points d'appui grâce à la triangulation, il est possible de calculer, dans un premier temps, un modèle de géométrie de chaque image du couple. C'est à dire la relation qui existe entre chaque point (X,Y,Z) de l'espace et sa position (x, y,) sur l'image I :

Deux méthodes sont alors possibles :

- un stéréo-restituteur analytique peut être utilisé avec des images de niveau 1. Les points homologues sont alors "fusionnés" par l'opérateur qui suit les courbes de niveau ou les profils du MNT.

- un processeur peut être envisagé pour utiliser directement l'information sous forme numérique. Ce type de processeur est à l'étude dans plusieurs services de photogrammétrie aérienne. Ils pourront être utilisés pour l'imagerie SPOT. Beaucoup d'entre eux utilisent les droites épipolaires des photographies aériennes pour trouver les points homologues (ainsi, la corrélation numérique est mono-dimensionnelle).

Ces épipolaires n'existent pas dans le cas des images SPOT, mais on peut trouver localement des "quasi-épipolaires".

Dans les deux cas, la précision du MNT dépendra de :

- la précision de la triangulation et des points d'appui
- le rapport Base/Hauteur du couple stéréo
- les variations radiométriques entre les 2 images, ce qui pourra diminuer la qualité de la corrélation (si, par exemple, les ombres sont différentes).

En tenant compte de ces problèmes, la précision attendue pourra varier entre 10 et 20 m, pour le mode mono-spectral du HRV.

Cette précision est compatible avec les cartes au 1:200 000 ou au 1:250 000, avec une équidistance des courbes de 40 ou 50 m.

Les Modèles Numériques de Terrain ainsi calculés peuvent être utilisés alors de deux façons :

D'une part ils permettent de corriger les images légèrement obliques de toutes les parallaxes introduites par le relief et d'obtenir une orthophoto (c'est à dire une image SPOT de niveau 3) qui peut constituer le fond planimétrique de la carte.

D'autre part, en les transformant en courbes de niveau ils vont constituer le fond altimétrique de la carte.

Toutes ces données sont obtenues d'abord sous forme numérique, puis sous forme graphique ce qui permet de constituer directement les fichiers numériques nécessaires à la cartographie automatique pour toutes les opérations ultérieures;

#### Conclusion

Le système SPOT sera un nouvel outil qui aidera les cartographes à dresser les cartes topographiques au 1:200 000 de nombreux pays qui en ont besoin. Un rapport des Nations Unies sur l'état de la cartographie en 1974 fait remarquer que de très grandes zones ne sont pas encore cartographiées avec précision.

Et là où on possède déjà de bonnes cartes, SPOT permettra de réduire les délais de mise à jour de plusieurs années pour les échelles de 1:50 000 et de 1:100 000.

SPOT ne sera pas le seul satellite à usage cartographique. LANDSAT D, avec ses capteurs MSS et "Thematic Mapper" sera bien adapté à la cartographie et à l'interprétation thématique, SPACELAB et sa caméra métrique et la navette spatiale et sa "Large Format Camera" seront adaptés à des missions cartographiques spécifiques. Tous ces différents types de satellites sont des outils complémentaires qui pourront aider les cartographes du monde et, de ce fait, tous ceux qui ont besoin de bonnes cartes.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Stereoscopie spatiale A. BAUDOIN  
Proceedings of an International Conference on Earth Observation  
from Space and Management of Planetary Resources.  
TOULOUSE 1978 pp 431-440
- 2 - Terrain Modeling and Geometric Corrections Using the SPOT satellite  
A. BAUDOIN - D. KIRSNER - J.C. CAZAUX  
XIII<sup>e</sup> Symposium de l'ERIM - Ann Arbor - 1979
- 3 - SPOT First French Remote Sensing Satellite Geometrical performances  
B. CABRIERES - C. WEILL - J.C. CAZAUX  
XIII<sup>e</sup> Symposium de l'ERIM Ann Arbor 1979
- 4 - L'instrument à Haute Resolution Visible (HRV) du système SPOT :  
Un capteur adapté à la Cartographie spatiale G. OTRIO  
XIV<sup>e</sup> Congrès de la SIP - Commission I
- 5 - Distribution des données recueillies par le système SPOT, aide aux  
utilisateurs J. P. DELPONT  
XIV<sup>e</sup> Congrès de la SIP - Commission VII
- 6 - Station Sol Image SPOT - Landsat D - Prétraitement des images.  
B. CABRIERES - J.C. CAZAUX  
3<sup>e</sup> Colloque du G.D.T.A. TOULOUSE 1979