

UTILISATION PHOTOGRAMMETRIQUE ET CARTOGRAPHIQUE DE SPOT

H. Guichard, D. Kirsner, G. Lestringand
 et G. de Masson d'Autume *)

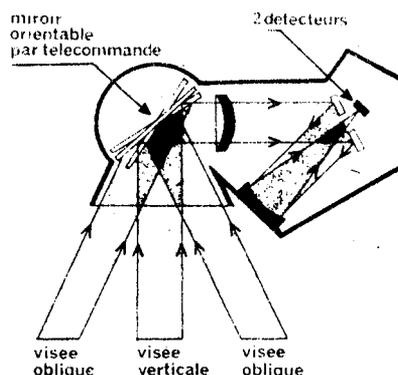
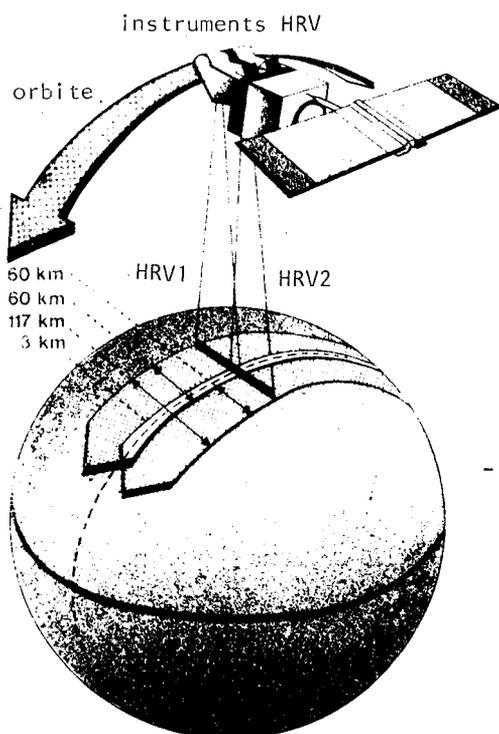
Le lancement en 1985 par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) du satellite SPOT va permettre une exploitation systématique à usage cartographique de données continues d'un satellite d'observation de la Terre à haute résolution.

Rappelons très brièvement les caractéristiques du satellite:

- 2 instruments (HRV) identiques à balayage par barrettes à transfert de charge (CCD) de 6000 détecteurs (mode panchromatique) ou 3 fois 3000 détecteurs (mode multibande) de caractéristiques suivantes:

	mode panchromatique	mode multibande
bandes spectrales	0.51 - 0.73 μm	0.50 - 0.59 μm 0.61 - 0.68 μm 0.79 - 0.89 μm
largeur du balayage au sol en visée verticale	60 km	60 km
dimension du pixel	10 m x 10 m	20 m x 20 m
nombre de pixels par ligne	6000	3000
dimension d'une scène (après découpage) en visée verticale	6000 π x 6000 π ou 60 km x 60 km	3000 π x 3000 π ou 60 km x 60 km
balayage au sol des deux instruments en visée nominale	117 km	117 km
enregistrement à cord des variations d'attitude	oui	oui

Chaque appareil, et c'est ce qui constitue une des nouveautés de SPOT permettant une application photogrammétrique possède un miroir orientable qui, outre la visée "nominale" permet des prises de vues latérales d'orientation par rapport à la visée verticale comprises entre -27° et $+27^\circ$, ce qui permet d'observer des points situés à l'intérieur d'une zone de 475 km de chaque côté de la trace du satellite.



- caractéristiques de l'orbite

- orbite héliosynchrone de période 26 jours
- heure de passage : 10h30 locales à l'équateur
- orbite de descendante du nord au sud sur la face éclairée
- inclinaison : 98°
- altitude moyenne : 832 km
- excentricité : comprise entre 0 et $1.1 \cdot 10^{-3}$

*) lectured by H. Guichard

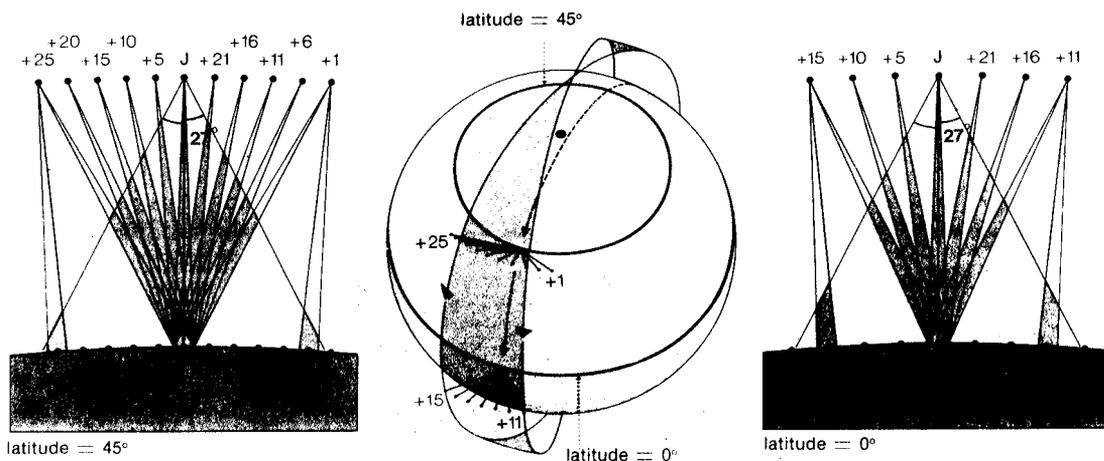
- répétitivité

le débattement du miroir permet d'observer une même zone durant plusieurs jours à l'intérieur de la période de 26 jours.

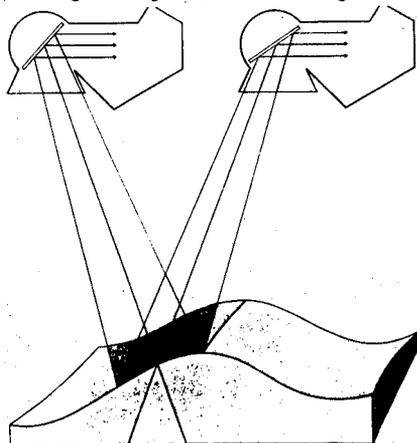
exemples de ces observations répétitives par rapport au jour J correspondant à l'observation à la verticale:

latitude 0° : J+0, J+5, J+10, J+11, J+15, J+16, J+21 ...

latitude 45° : J+0, J+1, J+5, J+6, J+10, J+11, J+15, J+16, J+20, J+21, J+25...



passage au jour J passage au jour K



- stéréoscopie

la possibilité répétitive d'observation avec des orientations différentes du miroir permet d'avoir des vues stéréoscopiques prises à peu de jours d'intervalle. D'après ce qui précède pour un jour d'intervalle le rapport B/H varie approximativement de 0.75 à l'équateur à 0.5 à la latitude 45°

Spécifications des produits suivant leur niveau cartographique

1. Produits standard

Ces produits, réalisés par le CRIS *) à Toulouse seront distribués par la Société SPOT IMAGE chargée par le CNES de la diffusion des produits SPOT.

Il s'agit de produits classés en niveaux suivant leur ordre de rectification:

- niveau 1A : seules les corrections radiométriques d'étalonnage de chaque détecteur sont effectuées. Aucune correction géométrique n'est effectuée. Les produits de niveau 1A sont ceux qui doivent être utilisés pour une exploitation précise photogramétrique et/ou cartographique de niveau 4 et 3.
- niveau 1B : en utilisant les informations relatives à la trajectoire du satellite et à l'angle de visée de l'instrument HRV des calculs et des études sur simulations ont montré qu'il serait possible de corriger les défauts de l'image introduits par les variations d'altitude et de vitesse du satellite qui modifient l'échelle de l'image, ainsi que ceux dus à l'obliquité des prises de vues, la courbure et la rotation de la Terre.

Ces corrections, effectuées automatiquement, permettront de connaître la position géographique d'un point de l'image avec une précision de l'ordre de 2 km mais les variations d'échelle ne devraient pas dépasser 1%.

*) centre de rectification des images spatiales constitué par le CNES et l'IGN

- niveau 2 : La résolution spatiale des images SPOT est compatible avec la réalisation de cartes topographiques aux échelles voisines du 1 : 100 000 .

Pour obtenir des images ayant une qualité géométrique comparable à celle des cartes au 1 : 100 000 il faut corriger chacun des points de l'image provenant du satellite avec une précision de 50 m.

Des simulations ont montré que ces corrections sont possibles pour des images prises en visée verticale (les déformations dues au relief sont alors faibles) grâce à l'utilisation de points d'appui (3) mesurés sur les cartes existantes (à des échelles supérieures au 1 : 50 000) .

Ces corrections ne peuvent pas être entièrement automatisées et elles nécessitent l'utilisation de consoles de visualisation interactives pour choisir et exploiter les points d'appui.

Ces consoles permettent également de comparer plusieurs images du même paysage et de les superposer entre elles avec une précision d'un demi pixel (5 m pour les images panchromatiques, 10 m pour les multispectrales).

2. Produits de niveau cartographique

Les spécifications du satellite, haute résolution, emploi de barrettes qui assurent une géométrie constante d'une part et le fait qu'une orbite de satellite a un comportement rigide permettent une utilisation cartographique de SPOT.

Il ne s'agit pas uniquement de cartographie topographique car dans beaucoup de disciplines thématiques il est nécessaire de disposer d'un support topographique précis.

- niveau 3 : Avec un certain nombre de points d'appui pris sur l'image connus en x, y, h on peut connaître avec précision les relations entre x, y, h et p, q coordonnées images de chaque point. En ce sens on peut écrire

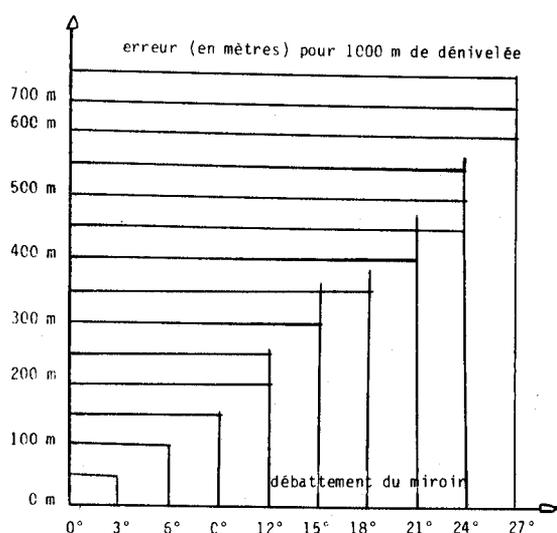
$$p = f(x, y, h) \quad q = g(x, y, h)$$

si on dispose d'un modèle numérique de terrain c'est-à-dire si on peut connaître en chaque point x, y la correspondance

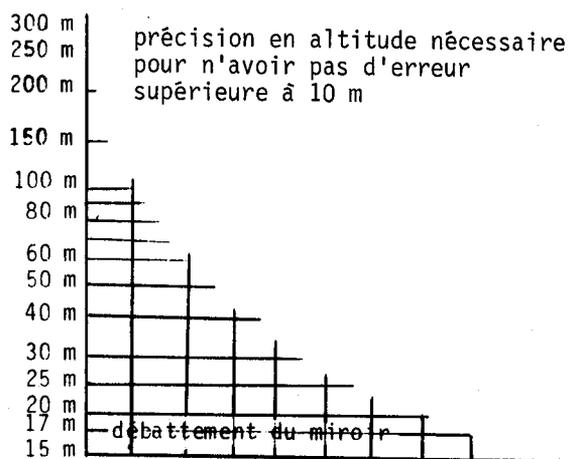
$$h = h(x, y) \quad \text{on a de ce fait}$$

$$p = f_1(x, y) \quad q = g_1(x, y) \quad \text{ce qui}$$

permet une rectification de l'image avec une précision dépendant à la fois de la valeur du M.N.T. et de l'angle de débattement du miroir.



On voit sur la figure ci-dessus l'erreur commise en position pour 1000 m de dénivelée; les deux courbes correspondent aux deux bords de la scène



Le graphique ci-dessus représente la précision en altitude requise pour ne pas faire d'erreurs supérieures au pixel (10 m dans le cas du panchromatique) en planimétrie

- niveau 4 : Deux prises de vues à partir de deux orbites d'angles de visées suffisamment différents peuvent être restituées comme en photogrammétrie classique. La géométrie est bien entendu différente mais de forme connue et permet, avec un appareil de restitution analytique (Traster par exemple) où la loi de correspondance peut être introduite dans la calculateur, une restitution analogue à une restitution de photographies aériennes. Cela permet de réaliser soit directement une cartographie par les procédés classiques, soit de réaliser une planche de courbe d'où un MNT qui permet un traitement ultérieur de niveau 3.

En ce qui concerne la restitution photogrammétrique (et même la rectification de niveau 2 et 3), de la même manière que l'aérotriangulation avait permis une cartographie moins coûteuse que celle résultant d'une préparation couple par couple, il est possible, lorsque plusieurs scènes consécutives prises avec la même angle de prise de vues sont utilisables, de restituer par "segment" avec un nombre de points plus réduits. Cette possibilité provient de la rigidité de l'orbite, fait qui n'existe pas en aérotriangulation classique et oblige à une densification minima des points d'appui.

Ce fait permet sur un segment,

- soit de ne pointer qu'un nombre réduit de points d'appui sur la totalité du segment, ce qui diminue des coûts d'exploitation,
- soit d'"accrocher" le segment que par les scènes extrêmes où il existe des points d'appui (cas des régions peu équipées en géodésie). Dans les scènes sans points d'appui, la loi de correspondance terrain-image sera néanmoins connue, ce qui permet avec un autre segment analogue, d'angle de visée différent, d'effectuer une restitution photogrammétrique.

Utilisation de SPOT pour la cartographie topographique et thématique

L'étude mathématique de la loi de correspondance (terrain (x,y,h) - image (p,q)) montre que si on dispose de points d'appui de très bonne qualité, le seul facteur d'imprécision reste la connaissance des variations non linéaires en temps de l'attitude (tangage, lacet, roulis).

D'une part ces variations doivent être faibles et par ailleurs le satellite SPOT disposera d'enregistreurs de variations d'attitude.

Sur les premières simulations reçues en utilisant les enregistrements d'attitude, les écarts sur une scène sont inférieurs au mètre (de l'ordre de 3 m si on les néglige).

Cela signifie que la précision planimétrique de la rectification et de la restitution dépendra principalement de la reconnaissance des formes et que c'est celle-ci qui conditionne l'échelle utile en planimétrie.

Les résultats livrés ci-après doivent être replacés dans le contexte d'un pays industrialisé, possédant déjà une cartographie de base précise.

En ce qui concerne les restitutions de niveau 4, SPOT, avec une précision de restitution altimétrique de l'ordre de 15 m, doit pouvoir permettre sans problèmes une cartographie régulière au 1:100 000. Encore faut-il remarquer qu'on est dans ce cas très strict sur les normes et que nombre de pays en voie de développement seront satisfaits avec une cartographie au 1:50 000 issue de SPOT.

Produits de niveau 3 à l'IGN

Ceux-ci sont destinés, dans un premier temps à exploiter au mieux les images du territoire français pour faciliter la révision des cartes au 1:100 000 et peut-être au 1:50 000, du moins en certains de leurs thèmes, et surtout pour constituer une base de données géographiques susceptible de produire des cartes générales de l'occupation du sol ou des cartes plus spécifiques à la demande des utilisateurs.

Bénéficiant du fait qu'en 1984 l'ensemble de l'altimétrie française sera numérisée, ainsi qu'un certain nombre de données géographiques (limites administratives, routes principales, etc.) il sera possible de rectifier certaines images SPOT avec une grande précision (environ 10 m).

La nécessité de corriger les images SPOT au niveau 3 apparaît très vite en cartographie où il faut pouvoir superposer différentes images SPOT entre elles pour effectuer des traitements multitemporels, mais aussi superposer ces images à d'autres fichiers géographiques et pouvoir juxtaposer des images contigües, sans discontinuités.

Bien sûr, l'effet du relief est important pour des images obliques mais il n'est pas non plus négligeable pour des vues verticales.

A 45° de latitude les parallaxes introduites par le relief dans les deux images verticales depuis des orbites adjacentes sont de l'ordre de 10 m pour 100 m de dénivelée.

APPLICATIONS A LA REVISION PLANIMETRIQUE (D. Kirsner, G. Lestringand)

Des simulations d'images SPOT prétraitées au niveau 3 ont été étudiées pour vérifier d'une part leurs qualités géométriques et analyser d'autre part la richesse des informations qualitatives qu'elles pourront apporter. Bien qu'il soit nécessaire d'examiner de nombreuses autres simulations pour parfaire notre évaluation, nous pouvons dire que SPOT pourra être utilisé pour:

- réaliser des orthophotocartes au 1:50 000, complétées éventuellement par des images obliques pour obtenir la vision stéréoscopique (semblable à des stéréo-orthophotos). Ces documents pouvant être délivrés très rapidement après la prise de vues (quelques semaines) leur assureraient une actualité qui fait défaut à nombre de cartes topographiques au 1:50 000.

- Réviser les cartes "au trait":

- au 1:25 000 les données SPOT seront insuffisantes mais il pourra être envisagé de les utiliser pour mieux gérer les prises de vues aéroportées et les travaux de complètement sur le terrain.

- au 1:50 000 de nombreux détails pourront être identifiés sur les images SPOT: nouvelles routes, constructions et lotissements récents, coupes forestières, etc... Cependant certains objets risqueront d'être mal identifiés ou confondus avec d'autres: bâtiments isolés, carrières, vignes et vergers.

Selon les besoins des utilisateurs il peut être envisagé soit de définir un nouveau type de carte, sans doute plus économique et révisé plus fréquemment (tous les 2 à 3 ans) mais adapté à la vision spatiale du paysage, soit de compléter cette vision depuis SPOT par des données complémentaires aéroportées ou sur le terrain pour respecter les spécifications cartographiques actuelles.

Dans tous les cas, SPOT laisse présager une automatisation plus grande des procédés de rédaction cartographique pour réduire les coûts et surtout les délais de production de ces cartes.

- Pour le 1:100 000 et les échelles plus petites, SPOT sera parfaitement adapté, permettant non seulement d'obtenir une représentation plus objective du paysage (en évitant des erreurs dues à la généralisation des détails à partir des cartes au 1:25 000) mais également d'enrichir les cartes existantes de données sur l'occupation du sol. Des systèmes interactifs de traitement d'images du type de ceux qui sont déjà utilisés pour les images LANDSAT (TRIAS et SEMIO) faciliteront l'interprétation des images et la rédaction des cartes.

Si la demande des utilisateurs le justifie, il devrait alors être possible de réviser des cartes tous les ans.

Valeur cartographique du niveau 4

A l'IGN on a procédé à une reprise de l'étude de précision des pointes de restitution photogramétrique menés sur les simulations géométriques SPOT en mode panchromatique à la résolution 10 m du site de CAMARES dans le Sud du Massif Central Français.

Les premières conclusions évoquées dans la fiche de cartographie CA2 éditée par le GDTA sont largement confirmées.

Méthode

A l'aide de l'appareil de photogrammétrie analytique TRASTER on a mis en place le modèle de simulation SPOT *) et calé ce modèle stéréoscopique sur la carte IGN à 1:50 000 disposée en sortie sur la table de tracé du TRASTER.

En positionnant le traceur de la table sur un point coté de la carte, on effectuait le pointé correspondant pour le modèle SPOT, on notait la différence entre la cote de la carte et l'altitude mesurée à l'aide des simulations stéréoscopique.

*) CAMARES Niveau 1A
- Vue 21°05 vers l'Est
- Vue 22°06 vers l'Ouest

Résultat

Sur un cinquantaine de points ainsi visités on a constaté que 80 % des écarts étaient inférieurs à 5 m l'écart maximum relevé atteignait 19 m.

Conclusion

Ces résultats encore plus optimistes que ceux annoncés dans la fiche de cartographie CA2 *) ont pu être mis en évidence à l'aide des améliorations suivantes des moyens de mesures:

- observation simultanée et non différée des 2 vues de simulation stéréoscopique
- mesures effectuées en dixième de pixel .

ESSAI DE CORRELATION AUTOMATIQUE D'IMAGES NUMERISEES (G. d'Autume)

L'essai a été réalisé à partir d'un couple de photos aériennes au 1:60 000 numérisées au pas de 0.2 mm en vue d'une simulation SPOT. (figure 1)

La procédure de traitement utilisée est décrite sommairement ci-après.

Rééchantillonnage selon les lignes épipolaires

On construit 2 images E1 et E2, au pas de 12.5 m, telles que tout point de coordonnées I, J1 de E1 a pour homologue un point I, J2 de E2. (figure 2).

Pour chaque pixel I, J de l'image E1 ou E2 on calcule à l'aide du modèle de déformation, les coordonnées pixels VI, VJ de l'image d'origine et la densité est interpolée pour ces valeurs dans le fichier d'origine.

Ce ré-échantillonnage est toujours possible, même en l'absence de points au sol connus.

Première approximation

A chaque pixel des images E1, E2 est affectée la valeur 1 si le pixel appartient à une ligne de crête de la fonction gradient de densité et si en outre la valeur absolue du gradient est supérieure à une limite donnée. Sinon on lui affecte la valeur 0.

L'imprimante électrostatique permet de visualiser l'image ainsi réduite aux contours en faisant correspondre un point aux 1 et un blanc aux 0. (figure 3).

La matrice binaire est subdivisée en "pavés" $N \times N$ et chaque pavé est considéré comme un pixel "concentré" auquel est affectée une densité fictive, comprise entre 0 et N^2 , égale au nombre de 1 qu'il contient.

Les images "concentrées" ainsi obtenues sont alors corrélées à l'aide d'un programme standard de corrélation épipolaire. Par rapport aux images d'origine, le nombre de pixels est divisé par N^2 , le nombre de pas d'exploration par N et le volume de calcul par N^3 . Dans l'essai présenté on a pris $N=3$ et la corrélation a été faite sur des pavés de 5×5 avec 9 pas d'exploration.

La corrélation donne, pour chaque pixel I, J de E1, une valeur $P(I, J) = J_2 - J_1$ de la parallaxe épipolaire et un coefficient de mérite $Q(I, J)$ qui peut d'ailleurs être nul.

La fonction P affectée du poids Q est filtrée et lissée par un programme standard basé sur l'algorithme de la grille élastique. La figure 4 donne des courbes iso-valeurs de P à l'équidistance de 12.5 m.

Deuxième approximation

On construit une nouvelle image E'2 par ré-échantillonnage à partir du fichier d'origine, mais cette fois les valeurs VI, VJ qui servent à interpoler la densité $D(I, J)$ sont celles qui correspondent à I, J2 avec $J_2 = J + P(I, J)$.

Dans ces conditions les parallaxes existant entre E1 et E'2 sont des parallaxes résiduelles matérialisant les défauts de la fonction P donnée par la première approximation. Ces défauts peuvent être visualisés par l'examen stéréoscopique des images E1 et E'2 réduites aux contours tandis que l'examen stéréoscopique de E'2 et E2 permet de visualiser la fonction P elle-même. (figure 5).

Les images E1 et E'2 sont à nouveau corrélées, mais cette fois sans concentration des pixels. Dans l'essai présente on a corrélé les composantes PX et PY du gradient de densité, toujours sur des pavés de 5×5 et avec 9 pas d'exploration (soit en fait 1/3 du domaine d'exploration de la 1ère approximation).

*)
Ecart altimétrique maximum = 28 m
Ecart altimétrique moyen = 15 m

La parallaxe résiduelle dP est filtrée et lissée comme précédemment et les corrections dP sont ajoutées aux parallaxes P correspondantes.

La figure 6 donne les courbes isovalues de la fonction parallaxe corrigée.

Sortie du MNT

Connaissant la fonction parallaxe $P(I,J)$ et les paramètres de prise de vues, on peut calculer pour chaque pixel I,J les coordonnées-terrain X,Y,Z de l'intersection des 2 rayons puis, par simple interpolation, un MNT au pas souhaité.

La figure 7 donne à l'échelle du 1 : 50 000, les courbes de niveau à l'équidistance de 20 m, calculées à partir d'un MNT au pas de 50 m.

Conclusion

La comparaison des courbes issues du MNT avec la planche de courbes provenant de la restitution de clichés au 1 : 30 000 est assez satisfaisante. Il faut en effet noter que la résolution du fichier numérique, soit 12 m, est 20 fois moins bonne que celle qui correspond au pointé stéréoscopique des clichés au 1 : 30 000. Par ailleurs il s'agit d'un terrain assez difficile: dénivellées importantes, falaises abruptes, terrain assez boisé pauvre en détails géométriques facilement corrélables. Le temps total de traitement, actuellement voisin d'1 heure, est bien inférieur à celui de la restitution manuelle.

CONCLUSION : IMPORTANCE DU PROJET SPOT POUR L'IGN

L'IGN investit depuis 1979 des sommes importantes, sous forme d'études et de matériels, dans le projet SPOT: plusieurs dizaines de millions de francs seront dépensés avant le lancement du premier satellite en 1984. Ces efforts sont indispensables pour mieux adapter les produits et services que peut rendre l'IGN à ses utilisateurs en sachant maîtriser les technologies nouvelles.

SPOT ne remplacera pas du jour au lendemain la cartographie traditionnelle mais il permettra de la compléter.

En fournissant plus rapidement des données cartographiques constamment réactualisées aux gestionnaires de notre territoire, l'IGN pourra ainsi mieux remplir son rôle d'organisme national de la cartographie française au service des collectivités nationales ou locales.

En réalisant plus rapidement et moins cher que par les techniques traditionnelles des travaux cartographiques à l'étranger l'IGN sera plus à même de contribuer au développement des pays intéressés ou de fournir les prestations thématiques souhaitées.

La place privilégiée de l'IGN dans la préparation du programme SPOT est un atout important pour atteindre les objectifs dans la décennie prochaine et ainsi développer son rôle national et international, dans le cadre d'une vaste coopération spatiale où SPOT sera l'un des maillons.

Résumé

Le CNES lancera le satellite SPOT en 85. La résolution élevée (10 m en panchro) et la possibilité d'orienter les visées font que ce satellite pourra être utilisé à des fins cartographiques.

La société SPOT Image chargée de la diffusion des données distribuera un certain nombre de produits standard classés de niveaux 1 et 2. Les produits de base de niveau cartographique sont d'une part le niveau 3 qui est la rectification d'une scène à l'aide de points d'appui et d'autre part le niveau 4 qui est la restitution photogrammétrique de deux scènes d'une même région prises avec des angles de prises de vues différentes.

L'IGN qui réalisera les niveaux 3 et 4 a étudié les possibilités d'utiliser les images SPOT pour les traitements multitemporels et la révision planimétrique ainsi que la valeur cartographique du niveau 4.

Un essai de corrélation automatique d'images numérisées suivant une méthode mise au point par M. Masson d'Autume a donné des résultats très intéressants et se poursuivra pour une restitution automatique des images satellites.

PHOTOGRAMMETRIC AND CARTOGRAFIC UTILIZATION OF SPOT

Abstract

The French National Space Agency (CNES) will launch the SPOT satellite in 1985. Its high resolution (10 m in the panchromatic mode) and the possibility of orienting the sightings will enable the satellite to be used for cartographic purposes.

The SPOT IMAGE Co. will be responsible for distributing the satellite data including a certain number of standard products known as Levels 1 and 2. The basic products for cartographic purposes will be those known as Level 3, rectification of a scene using control points; and Level 4, photogrammetric plotting of two scenes of the same region viewed from different angles.

The Institut Géographique National France (IGN-F), which will produce the Level 3 and Level 4 material, has studied the possibility of using SPOT images both for processing images obtained at different dates and also for planimetric revision together with the cartographic value of Level 4 material.

Automatic correlation trials on digitized images in accordance with a method developed by G. Masson d'Autume have given very interesting results and will be implemented for automatic plotting of satellite imagery.

PHOTOGRAMMETRISCHE UND KARTOGRAPHISCHE ANWENDUNG VON SPOT

Zusammenfassung

Die nationale französische Raumfahrtbehörde (CNES) wird 1985 den SPOT-Satelliten in seine Umlaufbahn bringen.

Seine hohe Auflösung (10 m im panchromatischen Bereich) und die Möglichkeit der Aufnahmeorientierung wird den Satelliten für kartographische Zwecke auszeichnen.

Die SPOT IMAGE Gesellschaft wird für die Verteilung der Satellitendaten verantwortlich sein, einschließlich einer bestimmten Menge von Standardprodukten, bezeichnet mit Stufe 1 und 2. Die Grunderzeugnisse für kartographische Zwecke werden aus der Stufe 3, der Entzerrung einer Szene mit Hilfe von Paßpunkten, und aus der Stufe 4, der photogrammetrischen Zeichnung von 2 Szenen derselben Region aus unterschiedlichen Winkeln betrachtet, kommen.

Das Institut Géographique National (IGN-Frankreich), welches das Material der Stufen 3 und 4 erstellen wird, hat die Möglichkeit untersucht, die SPOT-Bilder sowohl für die Verarbeitung von Bildern, die zu verschiedenen Zeitpunkten erstellt werden, als auch für die kartographische Fortführung aus dem Material der Stufe 4 einzusetzen.

Die automatische Linienverfolgung in digitalisierten Bildern in Übereinstimmung mit einer von G. Masson d'Autume entwickelten Methode ergab sehr interessante Ergebnisse und wird für die automatische Auswertung von Satellitenbildern eingesetzt werden.

UTILIZACION FOTOGRAFICA Y CARTOGRAFICA DE SPOT

Resumen

El CNES (Centro Nacional de Investigaciones Espaciales) lanzará el satélite SPOT en 1985.

La alta resolución (10 m en pancromático) y la capacidad de orientar las vistas hacen que este satélite podrá ser utilizado para fines cartográficas.

La sociedad SPOT IMAGE encargada de la difusión de los datos distribuirá un cierto número de productos standard clasificados nivel 1 y 2. Los productos de base de nivel cartográfico son por una parte el nivel 3 que corresponde a la rectificación de una escena con ayuda de puntos de apoyo y por otra parte el nivel 4 que corresponde a la restitución fotogramétrica de dos escenas de una misma área tomadas con ángulos de toma diferentes.

El IGN que realizará los niveles 3 y 4 estudió las posibilidades de utilizar las imágenes SPOT para los procesamientos multitemporales y la revisión planimétrica así como el valor cartográfico del nivel 4.

Un ensayo de correlación automática de imágenes digitalizados por un método puesto a punto por el Señor de Masson d'Autume ha dado resultados muy interesantes y será aplicado para una restitución automática de imágenes de satélite.

Remark:

Two analglyph images are enclosed in the back jacket

Hervé Guichard, Ing. en Chef Géographe
Institut Géographique National
136 bis rue de Grenelle, F-75 Paris VII

Analyses numériques Couple de photographies à 1 : 60 000, numérisées à 100 microns (pixel 6 m)
ETCA cliché 62 mission 78-FR 7003/600 cliché 61

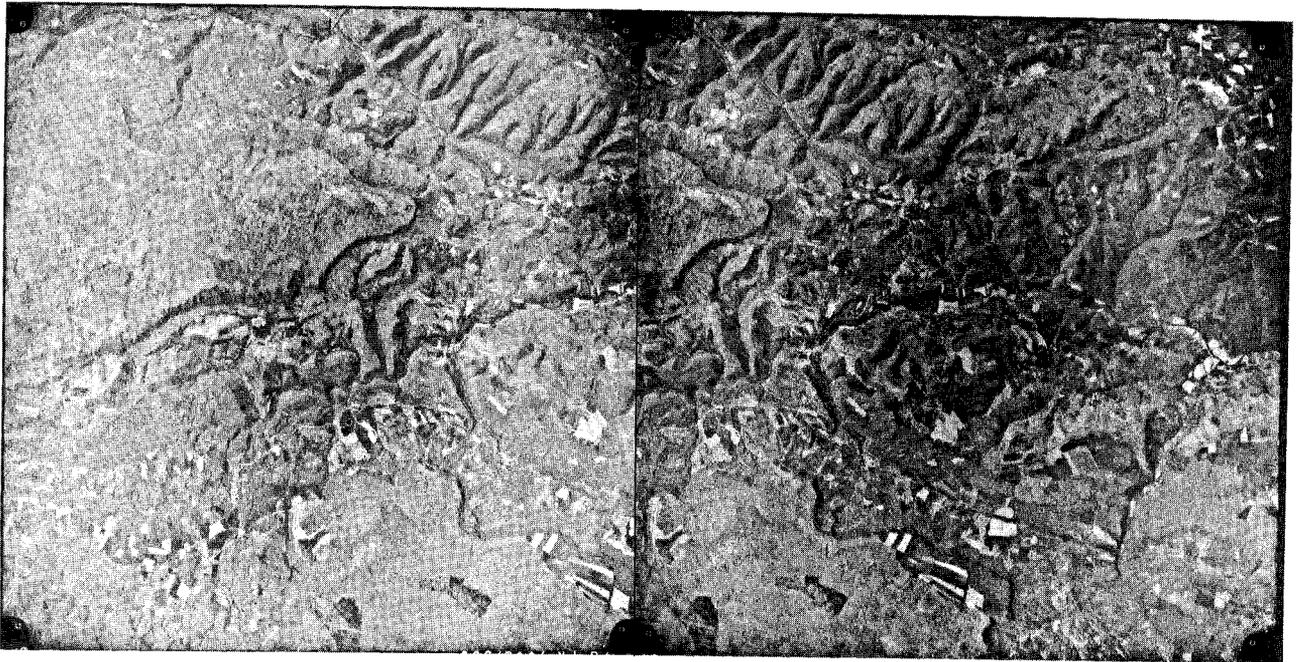


Figure 1

ici les fichiers ont été restitués en demi teinte à 50 microns,
l'échelle de l'illustration se trouve, de ce fait, réduite à 1 : 120 000

CAMARES 3

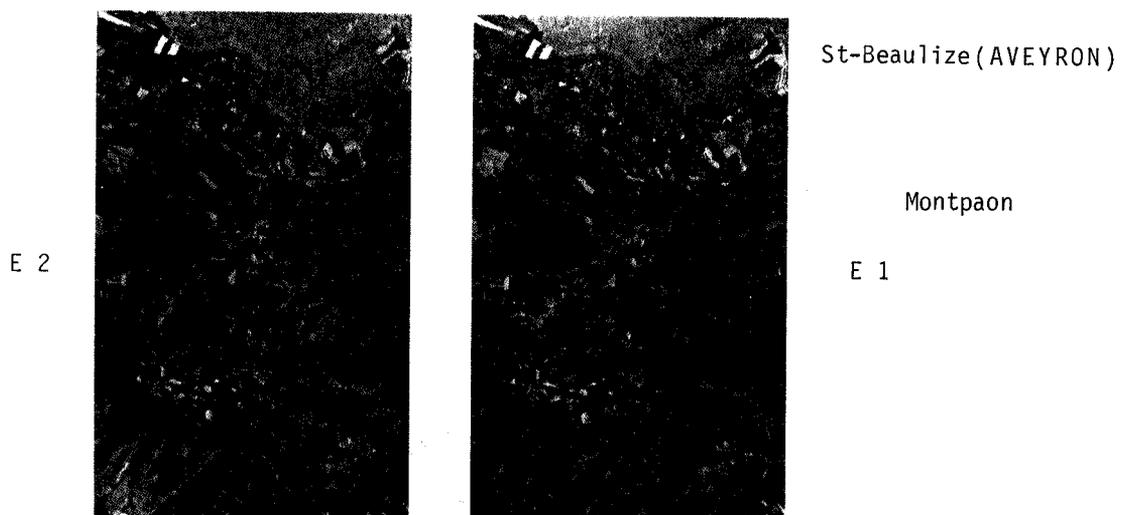


Figure 2

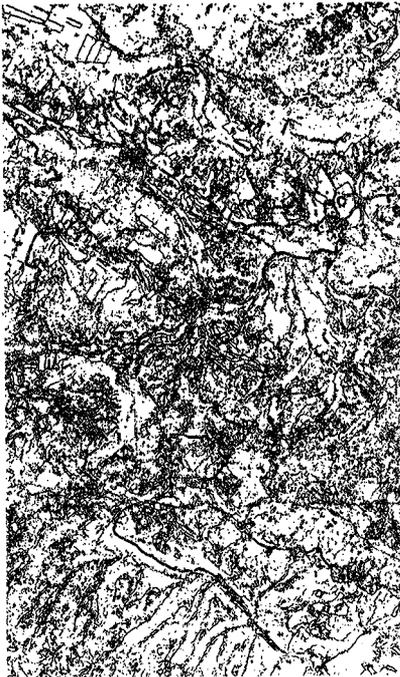
Après regroupement par blocs de 4, on dispose de pixels d'environ 12 m
utilisés pour la construction des images E1 et E2, par rééchantillonnage selon
les lignes épipolaires

Illustration restituée au SEMIO

images réduites au contour

E 2

E 1

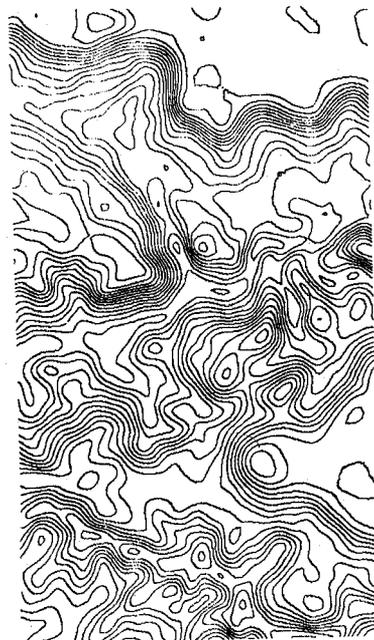


REC 62



REC 61

Figure 3



courbes d'isovaleur
de parallaxe épipolaire
1ère approximation

Figure 4

Equidistance = 0,3 pixel concentré de 3 par 3
= 0,3 x 3 x 12,5 m 11 m

