

POTENTIEL CARTOGRAPHIQUE DE L'IMAGERIE IKONOS GEO

M. Ettarid¹, F. Degaichia²

¹Département de Cartographie et Photogrammétrie- Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (m.ettarid@iav.ac.maT)

²Institut National de Cartographie et de Télédétection – Algérie (fethi_degaichia@yahoo.fr)

Commission IV, WG IV/7

KEY WORDS: Photogrammetry, satellite, mapping, ortho image, high resolution, accuracy

ABSTRACT:

The availability of high-resolution satellite imagery with stereo viewing capability coupled to unrestricted commercial availability and a good geometric accuracy has made the satellite imagery a possible alternative to the conventional aerial mapping.

Ikonos is a new generation of these satellites, launched successfully in September 1999. The satellite sensor can generate one-meter panchromatic and four-meter multispectral images with off-nadir viewing capability. These high-resolution images theoretically opened unlimited promising perspectives for topographic and thematic mapping.

The present paper comes, in complement to other studies, to investigate the cartographic potential of Ikonos imagery with regard to large mapping scales (1/20000 to 1/5000). The investigation concerns the informational content and the metric aspect of these images. Testing was carried out on the 1m panchromatic Geo imagery, and concerned a part of the city of Algiers (Algeria). The semantic analysis has been made by extracting the image information and comparing it to the informational content of maps derived by usual photogrammetric stereo plotting at different scales. The image was also rectified using ground control points determined by GPS and aerial triangulation and a DTM derived by conventional stereo photogrammetric techniques.

A qualitative (visual) analysis of the precision has been made on the basis of comparisons with maps at different scales derived from photogrammetric stereo plotting. The quantitative analysis was based on the root mean square errors (RMS) computed from residuals on checkpoints. The results obtained from these tests, either in terms of RMS or semantic content, showed that, in the context of this investigation, mapping at scales up to 1/10000 is within the possibilities of Ikonos imagery, whereas mapping at 1/5000 remains however critical.

1. INTRODUCTION

La carte est considérée comme une transcription fidèle des phénomènes localisés sur la surface terrestre ainsi que des différentes relations qui se développent entre ces phénomènes.

De ce fait, la carte a toujours constitué un outil essentiel pour comprendre, analyser et communiquer l'information relative à ces phénomènes et de là un outil de planification des divers projets liés à l'activité de l'homme.

Malheureusement, l'analyse des réalisations en cartographie topographique à l'échelle mondiale et dans les pays en voie de développement en particulier, présente un constat alarmant. En effet, sur le plan continental, les statistiques des Nations Unies montrent que l'Afrique n'est cartographiée qu'à 34.5% à l'échelle 1/50000 et seulement à 2% aux échelles supérieures à 1/25000 (Saoud, 1995).

Par ailleurs, au-delà du problème de la couverture cartographique lié au rythme d'avancement de la production, la révision et l'actualisation des cartes se font à rythme très lent, ce qui rend la plupart de ces cartes obsolètes. Cet état est imputable aux méthodes conventionnelles utilisées pour la production et la révision de ces cartes.

Cette nécessité et ce besoin sans cesse croissant d'information pour les exigences du développement ont toujours poussé l'homme à innover et à améliorer les procédures et techniques de production de cartes.

Malgré ces efforts, les méthodes cartographiques conventionnelles fréquemment basées sur la photographie aérienne n'ont pu répondre de façon efficace à cette demande en

carte. D'une part, celles-ci ne peuvent rendre compte des changements rapides qui affectent la surface du globe du fait d'une activité intense de l'homme dans tous les domaines, et d'autre part, les coûts de production restent très élevés pour établir la carte.

La cartographie spatiale pourrait constituer une réponse à cette demande. Avec les premiers satellites les applications cartographiques restaient limitées par la difficulté de modélisation géométrique, la faible résolution de l'image et le manque de souplesse en terme de dépointage latéral et de programmation. Le satellite Spot fut le premier système ayant permis de réelles applications cartographiques. L'ère des images hautes résolutions a commencé en 1986 avec le lancement de SPOT 1. Les deux dernières décennies ont vu l'arrivée d'images satellites avec des résolutions avoisinant le mètre, tels IKONOS, QUICKBIRD ou SPOT5. Ceux-ci semblent ouvrir de nouvelles perspectives pour la cartographie topographique. Le présent article est une contribution à l'évaluation de l'apport de l'imagerie Ikonos pour la cartographie topographique.

2. POTENTIEL CARTOGRAPHIQUE THEORIQUE DE L'IMAGERIE SATELLITE

2.1. Caractéristiques du satellite Ikonos

Lancé en Septembre 1999 par Space Imaging, Ikonos a été le premier satellite commercial haute résolution. Le satellite a une orbite héliosynchrone avec une inclinaison de 98.1 degrés par rapport à l'équateur et à une altitude de 680km. L'enregistreur à

bord a une fauchée de 11km et collecte simultanément l'image panchromatique et l'image multi spectrale en 4 bandes codées sur 11 bits. La distance d'échantillonnage au sol (GSD) est de 0.82m (au nadir) pour le panchromatique et 3.28m pour le multi spectral. La propriété la plus intéressante reste sa capacité stéréoscopique permettant l'extraction du relief. L'appareil de prise de vues peut être orienté latéralement et le long de la trace, permettant ainsi d'avoir des couples gauche-droite ou avant-arrière. Les images collectées subissent différents traitements pour créer une gamme de produits Carterra avant une précision variable, comme indiqué dans le tableau 1.

| Produits Carterra | CE90 ¹ | RMS ² | NMAS ³ |
|---|--|--|---|
| Geo Reference Map Pro Precision Precision Plus | 50.0 m 25.4 m 12.2 m 10.2 m 4.1 m 2.0 m | 23.3 m 11.8 m 5.7 m 4.8 m 1.9 m 0.9 m | 1/100000 1/50000 1/24000 1/12000 1/4800 1/2400 |

Tableau 1 : Produits Carterra avec les précisions associées (D'après Gerlach, 2000)

¹CE90 : erreur circulaire à 90% de confiance

²RMS : erreur moyenne quadratique

³UNMAS : Normes cartographiques américaines)

2.2. Exigences de la cartographie topographique

Une carte topographique peut être définie comme étant une représentation de détails concrets et durables existants à la surface de la terre à un moment donné. Elle constitue ainsi un inventaire aussi exhaustif que possible, qui doit servir de répertoire et de référence.

Parmi les qualités fondamentales d'une carte :

- La précision, en terme de position des objets par rapport à la position réelle qu'ils occupent sur le terrain.
- et l'exactitude ou fidélité quant à la conformité du contenu et de la nature des objets par rapport à la réalité terrain.

Il est donc évident que toute évaluation du potentiel cartographique de l'imagerie satellite doit se faire sur la base de critères permettant de conférer à la carte les qualités citées ci-dessus à savoir:

- la possibilité de pouvoir identifier sans ambiguïté, sur l'image, le type et la nature des objets à représenter sur une carte à une échelle donnée.
- La précision de localisation tirée des images en question de ces objets.

2.2.1. Contenu sémantique

Le contenu informationnel d'une image est déterminé, en partie, par la résolution et l'échelle, ou encore plus directement par distance résolue au sol (GSD). Cependant, quelques objets, comme les chemins de fer et les routes, doivent figurer sur la carte topographique quelle que soit l'échelle; par conséquent, la

résolution n'est pas en relation linéaire avec l'échelle de la carte.

A cet effet, l'approche adoptée par Light (1980) consiste à déterminer la résolution exigée sur l'imagerie, en se référant aux dimensions du plus petit objet devant être consigné sur la carte en question. Ainsi, si on suppose que, pour qu'un objet soit représenté sur une carte, celui ci doit avoir une dimension minimale de 0.20 mm à l'échelle carte. D'autre part, pour que cet objet soit identifiable sur l'image, il doit être photographié avec une résolution 5 fois meilleure. Ceci est justifié par le fait qu'un objet doit être représenté par 4 à 9 pixels pour qu'il soit identifiable sur une image (Comer et al, 1998). D'où l'expression:

$$R_e = 1/5 * 0.20 * E_c \quad (1)$$

Ainsi, si on veut, par exemple, établir une carte à l'échelle 1/25000, alors la résolution de l'image doit être de 1m.

Cette approche reste bien évidemment théorique et ne peut à elle seule déterminer le contenu sémantique de l'imagerie, celle-ci étant influencée par d'autres facteurs.

2.2.2. Précisions géométriques

Il faut considérer ici la précision de localisation planimétrique et la précision avec laquelle on dérive l'information altimétrique.

En ce qui concerne la précision planimétrique, si l'on considère que les mesures faites sur une image ont une précision de la moitié du pixel d'un coté, et que d'autre part, la précision de la carte qui en résulte doit avoir une précision de 0.1mm, alors :

$$0.5 * R_e = 0.1mm * E_c \quad (2)$$

d'où:

$$R_e = 2 * 10^{-4} * E_c \quad (3)$$

Ainsi, par exemple, pour établir une carte régulière à l'échelle 1/25000, il faut utiliser une image ayant une résolution de 5m.

3. EXPERIMENTATION

3.1. Description des données et logiciels

La zone d'étude couvre une partie de la ville d'Alger (Algérie). C'est une zone urbaine où le bâti est dense. La raison de ce choix est surtout la disponibilité des données. Les données utilisées comprennent :

1) Une portion d'image Ikonos Geo couvrant la zone d'étude et dont les principales caractéristiques sont :

Sensor Ikonos-2

Acquired nominal GSD : Cross scan : 0.86 m

Along scan : 0.86 m

Scan direction : 0 degrees

Nominal collection azimuth : 340.8263 degrees

Nominal collection elevation : 73.34468 degrees

Sun angle azimuth : 137.3819 degrees

Sun angle elevation : 59.55862 degrees

2) Des points de contrôle au nombre de 20 points, dont les coordonnées de 15 d'entre eux proviennent d'une aérotriangulation faite à partir de photos aériennes au 1/4000, les coordonnées des 5 autres points de contrôle ont été déterminées par GPS.

3) Un Modèle numérique de Terrain (MNT) qui a été acquis par restitution photogrammétrique sur un appareil analytique Planicomp P2 à partir de photos aériennes au 1/20000.

Ce MNT a été acquis comme un semis de points irréguliers avec une densité adaptée au relief du terrain et sauvegardé au format DXF.

4) Des restitutions photogrammétriques de la même zone aux échelles 1/20000, 1/10000 et 1/7500.

5) Les logiciels utilisés dans le cadre de ce travail sont : Envi version pour le rehaussement de l'image et OrthoEngine version 8.1.0 de PCI Geomatics pour la rectification.

3.2. Méthodologie

La méthode consiste à mener l'étude sous deux volets : d'abord faire une évaluation sémantique du contenu de l'image Ikonos pour voir à quelles échelles de cartographie correspond le contenu de l'image. En second lieu une évaluation géométrique sera faite.

- Pour l'évaluation sémantique l'image Ikonos a été affichée à l'aide du logiciel Envi version puis rehaussée, agrandie et interprétée de façon à voir quel est le niveau de détails qui peut en être tiré.

- Pour l'évaluation géométrique, l'image a été rectifiée en ortho photo puis les restitutions vecteurs ont été superposées sur celle-ci pour voir le niveau de décalage. Pour quantifier la précision, des points de contrôle ont été mesurés sur l'ortho et les différences de coordonnées terrain et ortho ont permis de calculer l'erreur moyenne quadratique. Les étapes du traitement ayant conduit à ce résultat comprennent:

- ✓ Génération du modèle numérique de terrain : celle a été faite grâce au module « Import & Build DEM » du logiciel OrthoEngine qui a permis d'importer le fichier altimétrique au format dxf provenant de la restitution photogrammétrique des photos aériennes au 1/20000, et de créer le MNT qui va servir à générer l'ortho image à partir de l'image Ikonos Geo.

- ✓ Génération de l'ortho image : dans cette étape, il faut distinguer la rectification ou transformation et le ré échantillonnage. Pour la rectification, deux méthodes ont été utilisées ; la méthode polynomiale et la méthode rigoureuse. Pour la rectification, l'image est affichée puis le fichier contenant les coordonnées des points de contrôle (GCPs) est importé au format ASCII. Il faut aussi spécifier l'emplacement du fichier DEM généré précédemment ainsi la méthode de ré échantillonnage. Pour les besoins de la rectification, les coordonnées images des points de contrôle doivent être mesurées. Dans la liste affichée, pour chaque point de contrôle sélectionné, on identifie sa position sur l'image affichée avec un niveau de zoom adéquat. Une fois assurée de la position il suffit de cliquer sur la souris pour enregistrer les coordonnées images mesurées. Les points dont les résiduelles sont jugées trop grandes peuvent être remesurés ou éliminés. En ce qui concerne le ré échantillonnage, la méthode bilinéaire a été sélectionnée.

4. RESULTATS

4.1. Evaluation sémantique

Le contenu informationnel de l'image constitue une limite quant aux échelles cartographiques qu'il est possible de tirer à partir de cette image. Aussi pour voir le potentiel cartographique de l'image Ikonos, nous avons, après rehaussement, examiné cette image et essayé de voir quels sont les détails pouvant y être détectés. Une comparaison doit ensuite être faite avec les exigences de chacune des échelles cartographiques que nous avons considérées dans ce travail, à savoir les échelles 1/20000, 1/10000 et 1/7500 dont nous disposons de restitution photogrammétriques (figures 1, 2, et 3 de l'annexe A).

L'analyse visuelle de l'image rehaussée et agrandie a révélé que les détails suivants n'ont pu être détectés sur l'image Ikonos : les plaques ou regard d'égout, les lampadaires, les pylônes électriques et téléphoniques, phares, clôture, lignes de transport d'énergie.

Ce sont là des détails qui doivent figurer sur la carte au 1/7500, mais qui ne sont pas identifiables sur l'image Ikonos, ce qui compromet la cartographie à cette échelle à partir de l'image Ikonos.

4.2. Evaluation géométrique qualitative (visuelle)

L'évaluation visuelle de la qualité géométrique de l'ortho image générée consiste à superposer les différentes restitutions photogrammétriques disponibles (vecteur importé au format dxf) à l'ortho image générée (figure 4 ci-dessous, puis figures 5&6 de l'Annexe B), puis procéder à une inspection visuelle pour juger l'exactitude de la superposition ou décalage des différents détails.

Ceci a permis de constater qu'il y a eu superposition parfaite pour les voies ferrées, les voies de communication et les trottoirs. Par contre, pour les constructions, il y a eu bonne superposition pour certaines, alors que les autres présentaient des décalages. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que l'ortho image a été générée avec un modèle numérique de terrain et donc ne tenant pas compte du modèle de surface.

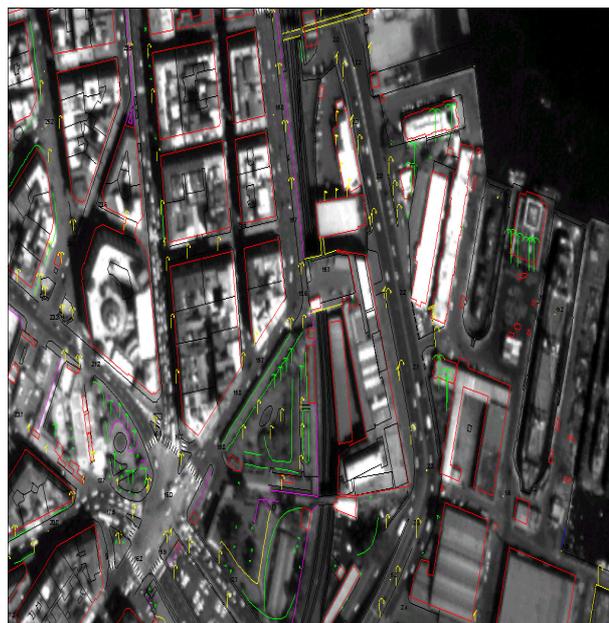


Figure 4: Superposition restitution avec l'ortho image

4.3. Evaluation géométrique quantitative

Dans cette étape, OrthoEngine v.8.1.0 de PCI Geomatic a été utilisé. L'image Ikonos à traiter a été affichée, puis le fichier des points de contrôle (GCPs) a été importé. Chaque point est sélectionné dans la liste puis sa position identifiée sur l'image avec un zoom adéquat. Une fois assuré de la position du point, il suffit de pointer le curseur et de cliquer pour confirmer la mesure des coordonnées image. Après la mesure de trois points, le curseur est guidé automatiquement à la position du point sélectionnée dans la liste. On doit spécifier la nature du point (contrôle ou vérification). Le type de transformation est choisi au moment de la création du projet.

Dans le cadre de ce travail, la transformation a été faite par méthode polynomiale et par méthode rigoureuse.

La transformation polynomiale a été faite avec 14 points de contrôle et 2 points de vérification.

En ce qui concerne la méthode rigoureuse, la transformation a été faite avec plusieurs configurations de points de contrôle. Les erreurs moyennes quadratiques calculées à partir des résiduelles sur les coordonnées, pour les deux transformations et les différentes configurations sont données dans le tableau 2.

| Méthode | Nbre de points | Erreur Moyenne Quadratique | |
|-------------|----------------|----------------------------|-------|
| | | EMQ_X | EMQ_Y |
| Polynomiale | 14 GCP | 0.28 | 0.57 |
| | 2 CP | 5.56 | 15.6 |
| Rigoureuse | 6 GCP | 0.25 | 0.11 |
| | 6 CP | 0.68 | 0.98 |
| | 8 GCP | 0.28 | 0.55 |
| | 8 CP | 0.78 | 1.50 |
| | 12 GCP | 0.52 | 0.71 |
| | 4 CP | 0.74 | 0.59 |
| | 14 GCP | 0.50 | 0.80 |
| | 4 CP | 0.73 | 0.47 |
| | 15 GCP | 0.41 | 0.59 |
| | 5 CP | 0.55 | 0.71 |

Tableau 2 : Erreur moyenne quadratique pour les différentes variantes du test

Nous pouvons constater que la méthode rigoureuse donne de très bons résultats et avec peu de points de contrôle ; l'augmentation du nombre de points influence très peu la précision. Ainsi pour les points de vérification l'erreur moyenne quadratique passe de 1.18 m (pour 6 points de contrôle) à 0.84 (pour 15 points de contrôle)

D'autre part, après génération de l'ortho image, celle-ci a été affichée et les coordonnées terrain des points lues à partir de l'ortho et comparées aux coordonnées connues. Les écarts types calculés à partir des différences ont donné :

EMQ_x = 1.00 m et EMQ_y = 2.50 m

Nous pouvons constater que les erreurs moyennes quadratiques calculées après génération de l'ortho image sont supérieures à celles résultant de la transformation du fait qu'elles incluent en plus l'effet du modèle numérique de terrain et l'effet du ré-échantillonnage.

5. CONCLUSION

Se référant à l'analyse sémantique, on a pu constater que certains détails qui doivent figurer sur la carte au 1/5000 n'ont pu être identifiés sur l'image Ikonos.

En ce qui concerne la précision géométrique, on a abouti à une erreur moyenne quadratique planimétrique de 2.63m. Si l'on se réfère aux normes cartographiques américaines (UNMAS), cette précision répond aux exigences d'une cartographie à une échelle voisine de 1/10000.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Centre National de Cartographie et de Télédétection d'Alger (Algérie) d'avoir bien voulu mettre à la disposition des auteurs les données qui ont servi à l'expérimentation. Ils remercient également la filière de Topographie de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc et le Centre Régional Africain des Sciences et Techniques de l'Espace, Rabat, Maroc, qui, par leur collaboration ont permis la réalisation du présent travail.

REFERENCES

Gerlach, F., 2000. Characteristics of Space imaging One-Meter Resolution Satellite Imagery Products. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B1, Amsterdam, 2000.

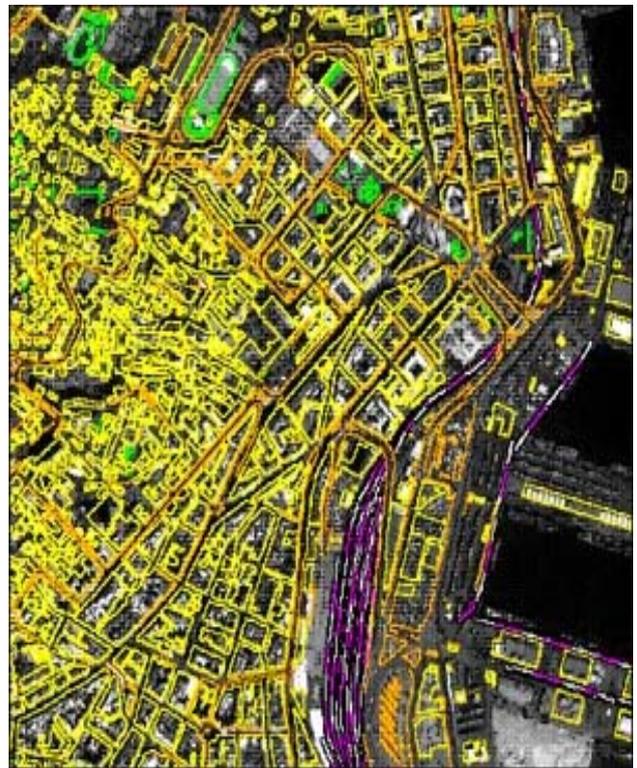
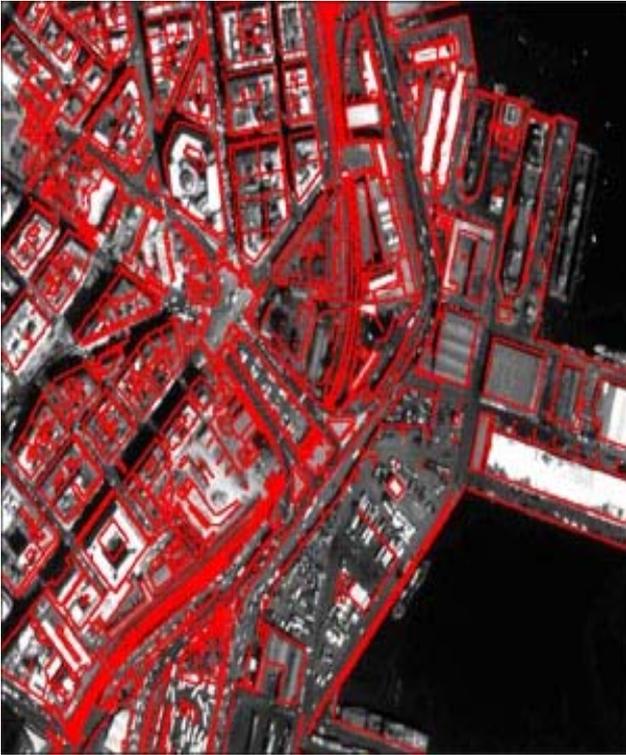
Light, D., 1986a. Mass Storage Estimates for Digital Mapping Era, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 52, No. 3

Light, d., 1990 : "*Characteristics of Remote Sensors for Mapping an Earth Sciences Applications*". Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 56, No. 12,

Saoud M., 1995 : "*Application de la télédétection en cartographie topographique, cas de Meknès*". Géo Observateur, MARISY 95.

Comer R.P., Kinn G., Light D., Mondello C., 1998 : "*Talking Digital*" ; Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 64, No. 12.

**ANNEXE B : SUPERPOSITION DES RESTITUTIONS
AVEC L'IMAGE**



Figures 5 & 6 : Superposition des restitutions avec l'image