

## ADS40 Leica : une caméra numérique en pleine maturité

### ISTAR : une société française au savoir-faire confirmé

■ Nathalie PISOT et Sylvain GEVREY

*Cet article fait suite à deux articles parus dans la revue XYZ, dans le N° 86 de février 2001 exposant le concept de l'ADS40 et dans le N° 89 relatif à l'aérotriangulation avec l'ADS40. Ce troisième volet fait le point, suite aux ventes importantes d'ADS40, sur la production assurée par les possesseurs d'ADS40 en particulier au travers de l'expérience d'ISTAR dans le traitement automatisé des données numériques.*

**D**eux sociétés ont développé une vraie complémentarité dans le domaine de l'acquisition et du traitement des données aériennes numériques, Leica Geosystems et ISTAR, en particulier autour du concept de capteur pushbroom choisi par Leica Geosystems pour sa caméra ADS40. Les deux sociétés ont validé en 2002 la compatibilité entre leurs technologies respectives et travaillent désormais de concert à dynamiser ce segment prometteur.

### La caméra ADS40 et le concept du pushbroom



Revenons brièvement sur le concept de l'ADS40 pour le différencier de la solution matricielle que d'autres constructeurs ont choisie. Leica Geosystems a adopté ce concept en 1997, après avoir exploré avec les fabricants de matrices les avancées possibles sur le plan industriel. En 2003, il n'existe toujours pas de

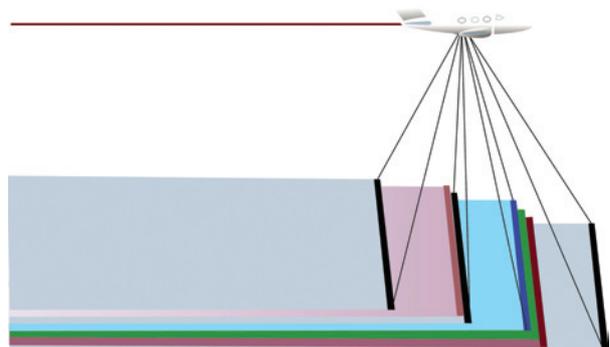
matrice supérieure à 9 000 x 9 000 pixels ; or les besoins spécifiques à la cartographie exigent au moins 10 000 à 12 000 pixels, voire plus. Si Leica Geosystems a choisi une solution qui a été validée, notamment par les plus grands opérateurs de satellites (SPOT IMAGE, Space Imaging, Digital Globe) c'est que, d'une part le concept paraissait mûr pour l'industrialisation, et que d'autre part, le DLR (Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt) associé au développement de la partie électronique et du concept, avait un savoir-faire expérimental étendu. Pour résumer, l'ADS40 peut assurer une prise de vue simultanée en panchromatique (24 000 pixels sur chacun des trois angles de visée : avant, nadir, arrière), et en infrarouge et RVB (couleur) avec 12 000 pixels. La mise en produc-

tion industrielle de l'ADS40 n'a pas été simple, mais les ingénieurs de Leica Geosystems et de DLR ont résolu tous les problèmes majeurs que d'aucuns pensaient insurmontables: stockage et vidage du flux de données, stabilisation de la caméra, trajectographie GPS et capteur inertiel couplés, calibrations géométrique et radiométrique et reconstruction d'une image métrique rectifiée compatible avec les exigences de précision de la cartographie. En un mot, ça marche. Notons que Leica Geosystems n'est pas seul à avoir appliqué ce principe de barrettes CCD à une caméra aérienne : DLR l'a mis en œuvre avec la HRSC ainsi que Starlabo Corp au Japon avec STARIMAGER (TLS - Three line Scanner). Actuellement, l'ADS40 est le seul capteur numérique commercial de ce type.

Les ventes actuelles de Leica : il apparaît une vraie coupure entre l'Europe et les autres grands pays. Douze ADS40 ont été vendues à ce jour et sont en pleine exploitation. Aux USA : EarthData (2), Delorme, DAS-Digital Aerial Solutions ; au Canada : North West Geomatics (1) ; au Japon: Pasco (3) ; en Colombie : Airforce (1) ; en Russie (2) ; en Australie (1). Cinq à six autres ADS40 doivent être livrées prochainement. L'Europe avec une ADS40 commandée par CGR (Italie) attend ou plutôt espère voir démarrer certains grands projets. Notons au passage que certaines ADS40 sont couplées à un LIDAR ALS50 Leica (Delorme USA et PASCO Japon) afin d'exploiter au mieux la complémentarité de l'image numérique, la précision altimétrique du laser et sa rentabilité (thème du colloque Pixels et Cités).

### Le traitement des données

Leica Geosystems et ISTAR n'ont pas attendu cette année pour échanger leurs vues en la matière. ISTAR possède en effet un savoir-faire reconnu et une très grande expérience dans le trai-



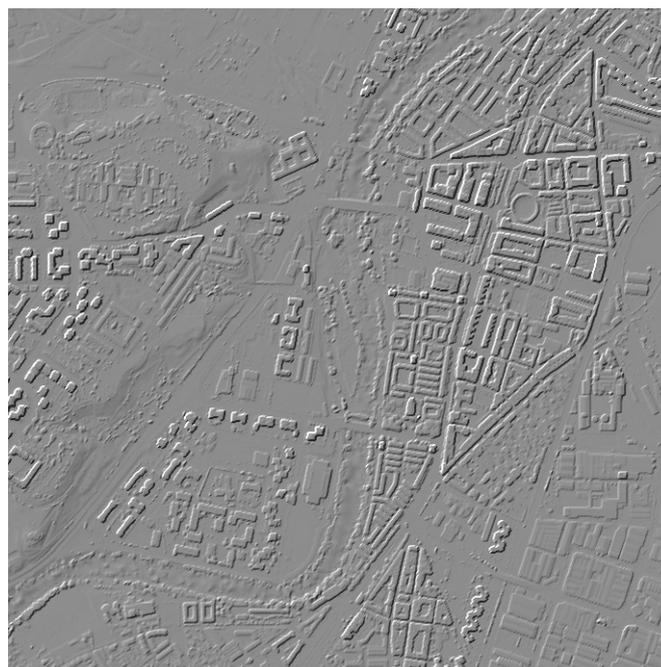
Configuration type de l'ADS40, N&B, Couleur et NIR

tement des images numériques, d'abord pour s'être concentré depuis des années sur le traitement de l'imagerie satellitale (SPOT et autres capteurs) et pour avoir été pionnier en étendant cette expertise au domaine de l'imagerie aérienne, notamment autour des capteurs pushbroom en collaboration avec le DLR, ISTAR ayant finalement conçu une chaîne de production apte à traiter tout type d'imagerie. Dans un premier temps, Leica Geosystems et ISTAR ont validé le traitement des données ADS40 : en octobre 2002, Leica Geosystems a mis à la disposition d'ISTAR une ADS40 pour tester et établir la compatibilité des flux de données avec la chaîne de calcul d'ISTAR, ainsi que pour mesurer la qualité de la géométrie et de la radiométrie. Notons aussi que Leica Geosystems a mis à disposition de l'IGN un laser aéroporté afin de valider le concept, la puissance et la précision du LIDAR Leica.

Suite au succès de ce test, ISTAR s'est employé à réaliser les développements nécessaires pour adapter sa suite logicielle aux spécificités des caméras ADS40 afin de mettre en œuvre un outil de production industriel particulièrement performant. Arrêtons nous un instant sur les points forts de ce procédé ainsi que sur ses différences avec les technologies classiques de la photogrammétrie avant de détailler les produits qui en résultent, non sans avoir rappelé, au préalable que la capture directe des images en format numérique par l'ADS40 supprime les étapes de développement des films et de leur scan, réduisant ainsi les temps et coût de traitement, mais aussi les risques d'altération de la qualité de la donnée initiale (radiométrie notamment).

L'étape d'aérotriangulation, première étape de la production proprement dite, fait appel aux données enregistrées par la centrale inertielle et le système de positionnement D-GPS embarqué lors de l'acquisition, qui permettent de connaître avec une grande précision la position et les mouvements de l'avion pour chaque ligne acquise. Ce système, ainsi que la géométrie linéaire de la caméra (acquisition selon de longues traces et non pas selon une succession de clichés) permet de réduire de façon drastique le nombre de points d'appuis nécessaire à cette étape de calibration géométrique : ainsi, moins d'une dizaine de points GPS par journée d'acquisition est nécessaire pour assurer une précision planimétrique de l'ordre du pixel en tout point du chantier.

L'étape suivante est celle de la création du modèle numérique d'élévation, qui servira à la correction géométrique des données pour le calcul des orthophotographies. Cette étape, fondamentale quant à la précision planimétrique des données finales, est réalisée de façon entièrement automatique par corrélation de couples stéréoscopiques. Cette méthode, issue des techniques développées pour le traitement d'images satellite, permet d'obtenir une information d'altitude pour chaque point du territoire, et non pas uniquement pour les points choisis par un opérateur. Dans le cadre du traitement d'images aériennes, les calculs sont faits non pas pour un couple par point, mais pour chaque couple disponible pour chaque point (on parle alors de corrélation multi-stéréo), tirant parti ainsi du recouvrement latéral choisi pour le plan de vol, mais aussi, et surtout, du taux de recouvrement longitudinal



**DSM de Valladolid (ombré)**

de 300 % spécifique au concept pushbroom et aux trois visées (avant, nadir, arrière) de l'ADS40. Au final, la densité et la précision de l'information obtenue ne sont plus proportionnelles à la ressource opérateur disponible, mais présentes et homogènes sur l'ensemble de la zone traitée, et ce en quelques dizaines d'heures de calcul par journée de vol seulement. Les résultats obtenus démontrent une précision altimétrique tout à fait comparable à celle qu'on atteint avec des acquisitions au moyen d'un LIDAR, ce qui ouvre d'intéressantes perspectives dans le domaine de l'acquisition combinée orthophotographie/modèles 3D.

Comme tout modèle issu de corrélation de données stéréoscopiques optiques, ce modèle d'élévation restitue non seulement les informations d'altitude du sol, mais aussi celles du sursol (bâtiments, ponts, végétation, etc.). Selon le type d'orthophotographie à produire, il devra donc être post-traité de façon à en extraire un modèle numérique de terrain (c'est-à-dire de l'altitude du sol uniquement, lorsqu'on cherche à produire une orthophotographie sans correction géométrique des superstructures) ou pourra être utilisé tel quel, notamment dans le cas de la production d'orthophotographies "vraies", c'est-à-dire dans lesquelles l'ensemble des superstructures doivent être redressées.

Dans les deux cas, le calcul de l'orthophotographie, dernière étape de la production, est lui aussi entièrement automatisé. Seul le mosaïquage entre traces et entre journées d'acquisition (dans le cas d'ortho "sol") ou entre journées d'acquisition uniquement (dans le cadre d'orthoimages vraies) doit être supervisé par un opérateur. Là réside un second avantage majeur du couplage ADS40/chaîne de traitement ISTAR : la possibilité de produire de façon automatique une orthophotographie "vraie" sur plusieurs centaines, voire milliers de kilomètres carrés à des coûts et en des temps raisonnables, ouvrant ainsi

■■■ la voie à de nouvelles applications en domaine urbain notamment (digitalisation des contours de bâtiments, des trottoirs, etc. en 2D, à l'aide d'un outil SIG par exemple).

L'outil de production est pleinement opérationnel depuis 1999 dans les locaux d'ISTAR à Sophia Antipolis, mais également aux Etats-Unis. Au cours de l'été 2003, ISTAR a en effet équipé son partenaire EarthData d'une unité de production particulièrement performante puisque plus de 250 000 km<sup>2</sup> ont pu être produits par EarthData depuis le mois d'août dernier, notamment dans le cadre de la couverture du Nebraska pour l'USDA, mais aussi pour l'USGS ou encore les autorités de l'Etat de Caroline du Nord, qui ont demandé la réalisation en urgence d'une couverture d'orthophotographies à 60 cm de résolution pour évaluer les dégâts causés par le passage du cyclone Isabelle en septembre dernier.

En Europe, malgré que les ventes de caméras commencent à démarrer, la demande des utilisateurs finaux est là. ISTAR a ainsi travaillé cet été avec une des caméras de son partenaire nord-américain EarthData pour honorer les premières commandes, portant toutes sur de l'orthophotographie vraie, accompagnée dans plusieurs cas de fourniture de données 3D. Ainsi ont été réalisées les couvertures des villes de Montpellier et de Belfort en France, de Valladolid en Espagne ou encore de Mohl en Belgique. En Allemagne, ce sont 500 kilomètres le long de l'Elbe qui ont été cartographiés à des fins d'études environnementales, notamment dans le cadre de la prévention des risques d'inondation dans cette région durement touchée par ce type de catastrophe naturelle au cours de l'été 2002.

En Europe encore, un fait mérite d'être souligné. Le JRC (Joint Research Centre, centre de recherche scientifique et technique de la Commission Européenne), a lancé en 2002 un appel d'offres afin de valider une solution potentielle de saisie et traitement d'images numériques. ISTAR a été sélectionné et a choisi de travailler avec l'ADS40 qui a parfaitement rempli la mission demandée. Les conclusions du JRC communiquées en novembre 2003 sont très positives quant au potentiel de la technologie numérique pour répondre aux besoins de cartographie des Etats membres, notamment dans le domaine du contrôle agricole, ainsi que pour les applications cadastrales.



Valladolid Orthophoto couleur (ISTAR)



St Remy de Provence - Infra rouge (ISTAR)

## Un système mature et polyvalent.

On voit au travers de ces divers exemples que l'ADS40 est désormais entrée en pleine phase de production, et ce, parce qu'elle répond parfaitement à des besoins précis.

Lesquels ? Ces besoins sont sans nul doute variés, mais on s'arrêtera tout d'abord sur le fait que les possesseurs d'ADS40 ont choisi ce capteur numérique pour son rendement ainsi que sur son aptitude à enregistrer des données sol avec un pixel minimum de 15 cm. Notons au passage qu'au vu des énormes demandes en cartographie à grande, moyenne et petite échelles, l'ADS40 remplit parfaitement un créneau qui n'est pas encore du ressort des satellites. Les besoins de production de cartes sont immenses, que ce soit en cartographie générale ou en cartographie de précision. Un pourcentage infime des zones émergées bénéficie d'une cartographie classique, les pays les moins riches se passant de cartes à jour, outil pourtant indispensable à leur développement. L'ADS40 est une solution puissante qui peut contribuer à résoudre une partie des problèmes, et c'est pourquoi, de nombreux pays ont budgété l'achat d'une ADS40 pour remplir les tâches de cartographie qui leur incombent et qu'ils ne peuvent manifestement plus assurer avec les caméras classiques alliées au scanner, tant le retard grossit d'année en année. Et la possibilité offerte aujourd'hui de coupler ce capteur avec des outils de production industriels renforce encore les performances et le rendement d'un tel système "tout-numérique".

Les performances radiométriques de ce capteur sont également un atout indéniable pour les utilisateurs d'ADS40. Dans le domaine de la cartographie, on continue à séparer prise de vue en noir et blanc et prise de vue en couleur. L'ADS40 permettant l'acquisition simultanée de toutes les informations, y compris le proche infrarouge, en un seul vol, en pleine résolution, sans aucun surcoût, plusieurs pays nordiques désirent

Produit	Film N&B	Film IR	ADS40
Rouge		?	X
Vert		?	X
Bleu			X
IR		X	X
Panchro	X	X	X
RVB ortho			X
IR ortho		X	X
N&B ortho	X	X	X
C.Composites			X
Classification	?	X	X
MINT	X	X	X
MNE	X	X	X

adopter l'ADS40 pour, d'une part ses capacités évidentes à la télédétection (surveillance de l'état des forêts), mais aussi parce que le codage de la radiométrie sur 12 bits permet d'obtenir des images parfaitement lisibles dans des zones de contrastes extrêmes. Seul un capteur numérique est capable de saisir des nuances sur la glace et sur des ombres denses dans la même zone.

Leica Geosystems a ainsi mené en 2002 différents vols tests dans certains pays, dont la Norvège. En effet, divers organismes nordiques s'intéressent de très près à la prise de vue numérique afin de résoudre deux problèmes majeurs: le premier, consiste à pouvoir travailler rapidement avec un calage le plus approché possible en se passant d'aérotriangulation. C'est possible avec l'ADS40 qui met en œuvre le GPS aéro de précision et l'IMU d'Applanix. Le deuxième problème consiste à travailler à grande échelle et à pouvoir identifier très sûrement des zones boisées présentant certaines caractéristiques (par exemple des maladies...), en employant des logiciels de traitement d'image classiques comme IMAGINE de ERDAS. Jusqu'ici, le choix de l'émulsion d'un film aérien est fonction du but recherché (N&B, Infrarouge...). Les possibilités de traitement en aval en sont automatiquement limitées, d'autant plus que la phase de scan appauvrit toujours l'information extractible. L'ADS40 a démontré en Norvège combien la puissance d'acquisition simultanée en mode multispectral, N&B, IR permettait de résoudre ces problèmes. Les ingénieurs et techniciens entrevoient désormais la mise en œuvre de solutions rapides et puissantes.

Revenons aux possibilités ouvertes avec ce type de caméra. Il ne faut tout simplement pas oublier le processus de restitution qui permet à l'opérateur de saisir des vecteurs, avec superposition raster/vecteur en se servant de ses yeux et d'un périphérique 3D ou de manivelles. Tout programme de restitution (PRO600 avec Microstation V8,...) écrit pour la prise de vue aérienne peut être employé avec l'imagerie de l'ADS40, l'opérateur pouvant choisir les vues stéréo qui l'arrangent, avec la base la plus adaptée à son confort, par exemple en mélangeant une vue Noir et Blanc et la couleur. Il importe aussi de mentionner que l'opérateur travaille sur des segments plus ou moins longs et qu'il n'est pas obligé de recharger le couple suivant, d'où une possibilité de continuité dans la restitution.

Leica Geosystems a fourni à toute société en ayant fait la demande, le Kit de Développement de l'ADS40 avec des jeux de données. L'imagerie ADS40 n'est pas seulement exploitable avec les logiciels Leica ou ISTAR, mais aussi avec ceux de Z/I Imaging par exemple...

## Des caméras numériques et une chaîne en pleine production.

En résumé, le couplage capteur ADS40/chaîne de traitement ISTAR permet la réalisation de produits cartographiques dont la production était jusqu'ici difficile voire impossible à envisager sur de grandes surfaces tant en terme de coûts que de délais. Il en est ainsi de l'orthophotographie vraie, si utile dans les zones urbanisées de par l'exactitude et la précision de la représentation offerte. Notons que la possibilité technique de construire un capteur équipé de barrettes couleur au nadir (en décalant légèrement le panchromatique du nadir) permet d'améliorer les résultats sur les images couleur et de rendre cette production encore plus aisée.

Les modèles numériques d'altitude, dont le rapport précision/coût est sans doute le plus intéressant à ce jour, sont également un atout indéniable apporté par cette technologie, tant par le fait qu'ils permettent de générer des orthophotographies de très grande précision, que par leur utilisation potentielle en tant que tel, dans les nombreux secteurs d'applications faisant appel aux simulations ou calcul en 3D (environnement, aéronautique, défense, communication, etc.), sans pour autant oublier le processus traditionnel de restitution

Est-ce à dire que l'ADS40 et que les outils de production ISTAR ont réponse à tout ? Bien sûr que non. Est-ce à dire qu'une technique exclut les autres ? Encore non. Soyons pragmatiques.

Une technique nouvelle recouvre une autre et ne la périmé pas. Le temps de généralisation d'une nouvelle technique est grosso modo de 10 ans. L'accélération des techniques diminue le temps de "démarrage". Certains acteurs ont investi dans la caméra aérienne film classique puis en conséquence dans le scanner. L'amortissement des outils de production répond à certains critères économiques, voire, dans le domaine de la cartographie nationale, politiques. Il en sera de même pour la caméra numérique et ses applications au quotidien. ●

## Abstract

*The two companies, Leica Geosystems and ISTAR have developed complementary airborne digital data acquisition and processing systems especially designed around the 3-line push-broom data acquisition concept promoted by the Leica ADS40. In 2002 both companies validated the compatibility between their respective technologies and together worked to develop new data processing software in the promising fields of aerial triangulation, DTM, true orthophoto generation and vector data collection. These processes have proved to be so efficient that in combination with the ADS40, it is possible to conduct data capture over large areas in a very short time and to produce data sets of very high precision. ISTAR's professional approach and organization, their powerful data processing capabilities as well as the quantity and quality of the digital data airborne sensor collected with the Leica ADS40, are proof that the digital era in airborne acquisition and production is here to stay.*