

n° 30

juillet/août 05



IGN

MAGAZINE

Le monde de l'Institut Géographique National



dossier, à lire en p. 4

IGN, Et la géographie prend vie.

Prises de vues aériennes : le « tout numérique »

Dès 2006, l'IGN réalisera la totalité de ses prises de vues aériennes en numérique. Des photographes aux navigateurs photographes, l'ensemble des services concernés de l'Institut s'est adapté à cette mutation. Les résultats sont déjà tangibles, avec une réduction des délais et des coûts de production et une spectaculaire amélioration de la qualité.



p.2/3
repères
L'actualité
en bref
et en
images

p.14/15
solutions
Photographies
aériennes,
BD ORTHO®,
assemblages

ÉDITO

Le 22 novembre dernier, dans le nouveau décret statutaire de l'IGN, l'État réaffirmait et actualisait les missions d'intérêt général de l'Institut, reconnaissait ses activités



commerciales comme une de ses missions, instaurait un droit exclusif pour le RGE à l'égard de l'État et de ses établissements publics, et élargissait la composition du Conseil d'administration aux

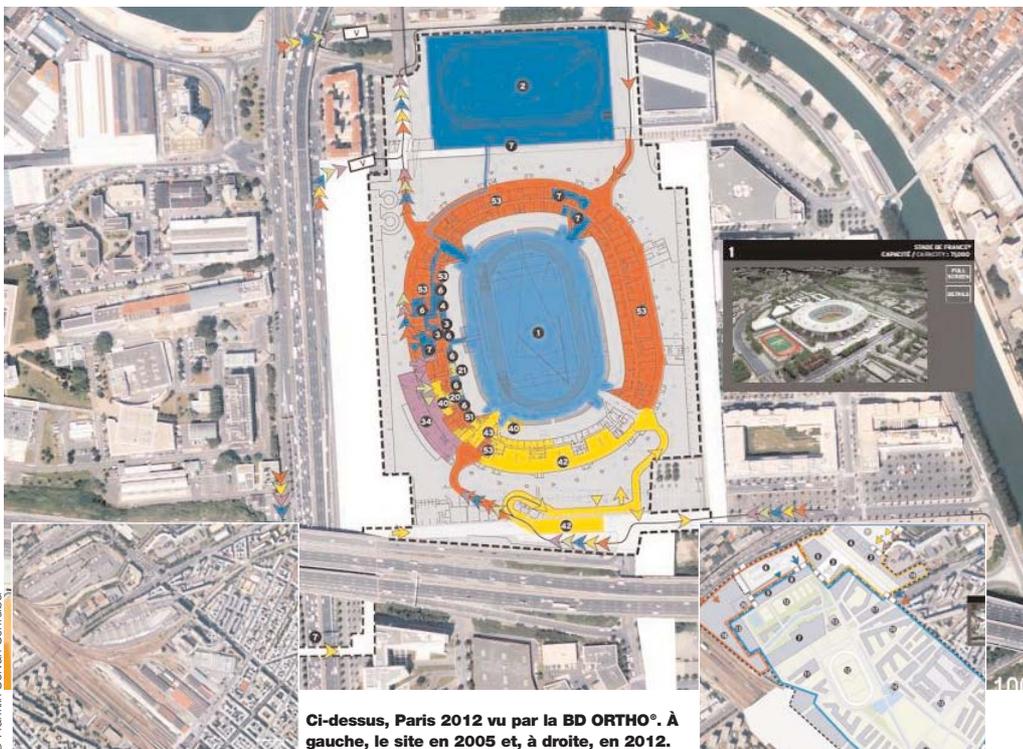
représentants des collectivités territoriales.

Depuis, les deux arrêtés fixant la liste des bases de données géographiques et des fonds cartographiques constitués et mis à jour par l'IGN au titre de ses missions d'intérêt général, et définissant les conditions de constitution et de mise à jour du référentiel à grande échelle ont été signés.

Ainsi conforté sur l'ensemble de ses missions dans le cadre de son statut actuel, l'IGN travaille à définir son projet d'entreprise pour mieux se projeter dans l'avenir et mieux répondre aux besoins de tous. Comme pour la couverture du territoire en prises de vues aériennes, objet de ce numéro spécial, l'Institut œuvre quotidiennement pour répondre aux attentes des professionnels de la géomatique et du grand public.

Bertrand Lévy
Directeur général

Les données IGN au service de Paris 2012

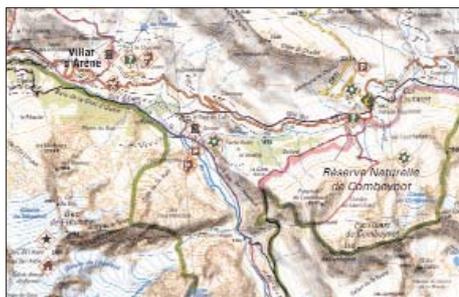


Ci-dessus, Paris 2012 vu par la BD ORTHO®. À gauche, le site en 2005 et, à droite, en 2012.

Dans le cadre de la candidature de Paris à l'organisation des Jeux olympiques en 2012, l'IGN a été prestataire en fournissant des données BD ORTHO® et des fonds de cartes GEOROUTE Raster®. Celles-ci sont intégrées dans une solution innovante permettant de mélanger les données géographiques avec du contenu multimédia, tel que des films sur les principaux monuments de Paris ou des animations 3D, grâce au concours de France Télécom, sur les sites olympiques (stades, villages des athlètes...). Leur proximité et leur parfaite intégration dans le tissu urbain sont parmi les points forts de la candidature de la capitale française. Lors de la visite des membres du CIO, en mars dernier, ceux-ci ont eu à leur disposition des PC portables à écran tactile qui leur ont permis de faire une visite virtuelle des sites olympiques. ■

Des cartes qui vous envoient promener...

Depuis 2002, le centre lyonnais de l'IGN réalise, à partir des données BD CARTO®, BD ALTI® et BD NYME®, des fonds cartographiques à l'échelle du 1 : 60 000 pour l'éditeur Libris. Ces fonds, sur un quadrillage GPS, sont enrichis à l'aide des SCAN 25° et SCAN 50°.

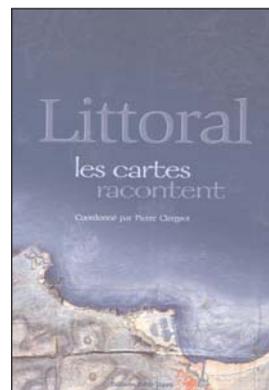


La surcharge touristique ajoutée par Libris, sous contrôle de l'association Grande Traversée des Alpes, facilite les randonnées et met en valeur le patrimoine naturel et historique des massifs.

Les titres parus sont : Vanoise, Écrins, Queyras/Ubaye, Mont-Blanc, Léman et Chartreuse/Belledonne. À paraître : Corse-du-Nord, Corse-du-Sud, Ardèche et Vercors. ■

Littoral, les cartes racontent

Jusqu'à une période récente, il n'existait pas de cartographie continue terre-mer. Aujourd'hui, les risques liés à l'environnement, la prise en compte des changements climatiques, la gestion des espaces littoraux et la cartographie réglementaire imposent la mise en place de cartes qui intègrent en continu la partie marine et terrestre, aussi bien sur le plan planimétrique qu'altimétrique, et ceci dans un même référentiel. Ce livre vous plonge dans l'histoire de la cartographie du littoral avec un florilège de cartes et d'images qui sont autant d'invitations à découvrir les belles côtes de France. Édition Publi-Topex. Prix : 30 € TTC. ■



NOUVEAUTÉS

Les villes et villages fleuris et les jardins de France



Cette carte présente les plus belles communes fleuries de France, labellisées « 4 fleurs », ainsi que les départements fleuries de France. Les dates des principales festivités annuelles (fêtes des fleurs, marchés aux plantes) sont indiquées. Nouveauté et exclusivité IGN.

920. VILLES ET VILLAGES FLEURIS DE FRANCE
au 1 : 1 000 000
Carte réalisée avec le Centre national des villes et villages fleuries.
Prix : 4,59 € TTC



917. JARDINS DE FRANCE
au 1 : 1 000 000
Prix : 4,59 € TTC

Pour sa seconde édition, la carte des jardins de France nous dévoile un florilège des 446 plus beaux jardins français, qu'ils soient alpins, botaniques, Art déco ou Renaissance.

L'IGN parraine « La Carte aux Trésors »



Entre le 28 juin et le 30 août 2005, l'IGN parrainera l'émission « La Carte aux Trésors ». Cette action de communication grand média s'inscrit dans une fidélisation entre deux partenaires – l'Institut géographique national et France 3 – pour promouvoir des jeux télévisés à caractères culturel et sportif, animés par Sylvain Augier. L'offre de parrainage n'est pas sans rappeler celle de « Panorama Europe », mais avec un impact médiatique plus marqué puisqu'au cours des dix émissions diffusées chaque mardi à 20 h 55 durant la période précitée, l'IGN pourra développer

per son identité (billboards avec logo) auprès du grand public et aussi présenter une gamme de produits cartographiques grâce à l'introduction de deux packshots* par émission. « La Carte aux Trésors » représente une valeur sûre en termes de divertissement puisque lors de l'été 2004 cette émission rassemblait près de 3,5 millions de téléspectateurs à chaque diffusion. Il est incontestable que ce choix de parrainage offrira une forte visibilité à l'IGN en lui permettant de sensibiliser à la cartographie une population éprise d'aventure et de découverte. ■

* Packshots : photos des dotations offertes par l'IGN.

Mission d'expertise en Pologne

L'Onic (Office national interprofessionnel des céréales) intervient dans un jumelage avec la Pologne pour la mise en place du Système intégré de gestion et de contrôle des aides directes dans le cadre de la politique agricole commune européenne.

Cet organisme a demandé à l'IGN d'assurer des missions d'expertise et d'appui portant sur le contrôle qualité en matière d'orthophotographies et la définition du système d'archivage des données graphiques. Les experts IGN ont réalisé plusieurs missions à Varsovie, apportant ainsi leur savoir-faire pour la mise en place d'un système de déclarations agricoles fondé sur l'utilisation d'orthophotographies, à l'image de ce qui est actuellement en place en France sur la base de la BD ORTHO®.

PRESSE

LE MONDE INFORMATIQUE DU 8 AVRIL

Géomatique : le marché français retrouve des couleurs

« Le marché de l'information géographique semble promis à une forte croissance du fait de la multiplication des usages. Ce redémarrage laisse présager une importante pénurie de compétences dans les prochaines années. [...] Le chiffre d'affaires global de l'information géographique, qui approchait 527 millions d'euros l'an dernier, devrait connaître une forte croissance dans les années à venir. Le président d'Atigeo, Dominique Caillaud, par ailleurs député de Vendée, maire de Saint-Florent-des-Bois et président de la commission TIC de l'Association des maires de France, explique ce redémarrage par une « explosion des usages » grâce aux progrès des technologies, notamment le développement des réseaux à haut débit, et à la multiplication des domaines d'application. [...] « Le besoin est énorme, résume Dominique Caillaud. Le marché, qui emploie déjà 10 000 géomaticiens, en aura besoin de 10 000 à 15 000 supplémentaires dans les cinq ans à venir. » ■

Contacts presse IGN
Emmanuelle Dormond
01 43 98 83 05
Bernard Delbey
01 43 98 85 91
presse@ign.fr

IGN Institut géographique national
Magazine de l'Institut Géographique National, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris 07 SP. Tél. : 01 43 98 80 00.
Publication bimestrielle. ISSN : 1624-9305.
Directeur de la publication : Bertrand Lévy. Directrice de la rédaction : Anne-Catherine Ferrari.
Rédacteur en chef : Patrick Leboeuf et Christophe Grateau, assistés de Jean-Marc Bornarel.
Comité de rédaction : É. Aracheloff, M. Bacchus, B. Bèzes, A. Bonnaud, C. Cecconi, R. Chaumaz, F. Chirié, M. Cotte, J.-E. David, E. Dormond, F. Gallois, J. Giralt, Ph. Guhur, M. Jeannot, F. Lecordix, P. Lulier, B. Morando, F. Robbiani, C. Vivien. Ont participé à ce numéro : Danielle Van Santen, Jean-Philippe Souchon.
Conception éditoriale et graphique : Sequoia-ETC.
Direction artistique : Michelle Gaydu.
Chef de fabrication : Isabelle Petit. Iconographie : IGN, Daniel Menet/IGN, Bernard Delbey/IGN.
Couverture : Bernard Delbey/IGN.

Coupons à retourner, sous enveloppe affranchie, à IGN Dircom, 136 bis, rue de Grenelle, 75700 Paris 07 SP.

Oui, je souhaite m'abonner gratuitement à *IGN Magazine*

Mes coordonnées : M^{me} M^{lle} M.

Nom : _____ Prénom : _____

Fonction : _____ Organisme : _____

Adresse : _____
(Merci de préciser si cette adresse est professionnelle ou personnelle)

Code postal [] [] [] [] Ville [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

Tél. : []

Conformément à la loi Informatique et libertés, du 6 janvier 1978, vous bénéficiez d'un droit d'accès, de rectification et d'opposition aux données vous concernant. Seul l'IGN est destinataire des informations nominatives que vous lui communiquez, qui ne seront pas transmises à des tiers.

Pour vous abonner en ligne : www.ign.fr

Dossier



Sur la piste de Creil : point fixe,
l'instant magique du décollage.

Le « tout numérique »

Précurseur dans la localisation GPS de ses prises de vues comme dans l'usage de la caméra numérique, l'IGN n'aura pas mis vingt ans pour passer de l'analogique au numérique. Des photogramètres aux navigateurs photographes et des préparateurs des missions aériennes aux opérateurs des couches Ortho, Topo et Parcellaire du RGE, tous les services ont opéré leur mutation. Avec un triple objectif qui s'est déjà concrétisé : la réduction des délais, l'amélioration de la qualité et la diminution des coûts de production. Et un effet sensible dans l'ensemble des ateliers, où tout n'est qu'ergonomie et ambiance feutrée.

À la poursuite de la « formule d'image »

Sur la base aérienne de Creil située au nord de Paris, bâtiments et hangars ont gardé le charme et l'élégance des années 30, et Didier Moisset, l'enthousiasme et l'esprit des pionniers. Pour cet homme de terrain, devenu chef du Service des activités aériennes (SAA), la photographie aérienne reste une aventure. Et cette aventure commence dans l'avion :

« Quand l'avion survole le terrain, au moment où la caméra ouvre son diaphragme, une partie du territoire vient dessiner son image sur le fond de chambre de la caméra. C'est un instant magique, comme quand notre œil regarde un tableau. À ce moment précis, il y a un lien très fort entre le terrain et le fond de chambre, puisque chaque point du sol vient y dessiner son image. Le photogrammètre a toujours rêvé d'être dans l'avion pour pouvoir faire ses mesures à cet instant où le paysage s'imprime sur la rétine de l'appareil. »

»



À bord d'un Beechcraft de l'IGN : le cockpit. Devant le pilote, le GPS à l'aide duquel il guide la trajectoire de l'appareil.

Le SAA

Le Service des activités aériennes compte 80 personnes aux métiers très divers :

- la grosse maintenance des quatre avions IGN et d'un avion scientifique hébergé ;
- les navigateurs :
 - quatre pilotes ;
 - quatre navigateurs photographes ;
- les préparateurs de vol ;
- les opérateurs ou traiteurs d'images ;
- les techniciens de laboratoire photo pour :
 - le scannage de l'analogique (jusqu'en 2006 pour les prises de vues de vocation, et pour les travaux analogiques de commande) ;
 - la sauvegarde du patrimoine de la photothèque nationale ;
 - le travail à façon (posters, agrandissements, collages...)
- une dizaine de photogrammètres au service du ministère de la Défense.
- l'administration, gestion, comptabilité...

» En effet, tout l'enjeu de la photogrammétrie a été de récupérer a posteriori la « formule d'image », qui permet de passer du x, y, z sur le terrain à la position image. La formule mathématique qui permet de faire une carte à partir des clichés. Didier Moisset détaille le long cheminement du processus :

« On a imaginé toutes sortes d'outils pour faire des mesures sur les films. Des films que l'on va déformer pour les développer, car il faut les tremper dans des bains, les sécher... pour obtenir au final une image à la géométrie dégradée. On a inventé des techniques pour faire des calculs compensant l'absence du photogrammètre dans l'avion. Au début des années 80, on lançait encore des missions à pied dans les Alpes ou des convois avec porteurs dans la forêt équatoriale de Guinée pour aller chercher la formule d'image... »

La révolution GPS

L'arrivée du GPS a mis fin à ces expéditions. Progressivement du moins, car en 1988, quand l'IGN était alors le précurseur de la localisation GPS, la constellation des satellites n'était pas encore assez dense. La technique s'est néanmoins rapidement allégée : une antenne reçoit le signal du satellite et l'ordinateur calcule la position.

Dans l'avion aussi, le GPS a tout changé. Auparavant il fallait un navigateur pour guider le pilote au dixième de degré suivant l'axe de vol tracé sur la carte. Aujourd'hui, le pilote a les yeux rivés sur l'écran où apparaissent des chevrons pour le guider « un petit peu à droite, un petit peu à gauche... », l'ordinateur calculant en permanence l'axe prévu d'un point à un autre et la position de l'avion. Ainsi, conclut Didier Moisset, un rêve du photogrammètre s'est réalisé.

« Grâce au GPS, il connaît la position de l'avion au moment précis de la prise de vues. Le GPS de navigation est devenu un outil de photogrammétrie. La trajectoire est parfaitement décrite, cohérente, mais positionnée à une inconnue près. D'où la nécessité de procéder encore à quelques relevés sur le terrain : les

points de terrain. Résultat : des coûts de navigation divisés par dix, sans compter des économies substantielles sur les déplacements sur le terrain désormais très limités. Les mesures, les rotations, les translations... sur les appareils analogiques ont fait place à la corrélation automatique d'image, la formule d'image étant résolue par la photogrammétrie numérique. »

La prise de vues numérique

Parallèlement à ses recherches sur la localisation GPS, l'IGN a également été l'initiateur de la prise de vues aérienne par caméra numérique. Un domaine où la concurrence des industriels a été moins rapide. Un tel matériel coûtait en effet plusieurs millions de francs au début des années 90, date à laquelle le SAA lançait ses premières missions « numériques ». Fruit de perfectionnements successifs, la caméra qui équipe la flotte IGN est constituée de quatre canaux – pour le rouge, le vert, le bleu et le proche infrarouge. Posée sur un support qui rectifie les effets de roulis et de tangage, son axe reste vertical quelles que soient les conditions de vol. Cette année, le SAA va tester la nouvelle caméra IGN dotée de six caméras, ce qui permettra d'augmenter l'emprise et donc de diminuer le nombre de clichés.

Des fenêtres de vol très étroites

Le SAA, qui doit saisir vingt départements par an, ne dispose que de quatre mois en moyenne pour les réaliser. Les prises de vues ne peuvent se faire que dans la plage horaire où le soleil est au-dessus de 30° d'angle d'élévation. Du 15 mai au 15 septembre en général, il y a statistiquement soixante jours favorables. Un délai déjà très court qui laisse encore place à bien des aléas. Entre vendanges et moissons, entre sécheresse et orages, le paysage peut varier considérablement. Pour un rendu homogène, un territoire devrait idéalement être photographié en trois jours. Quoique les écarts d'heures entre les prises de vues, de la rosée du matin aux fortes concentrations d'aérosols dans la chaleur du crépuscule posent encore des problèmes de raccords radiométriques entre les photos. À ces difficultés d'ordre atmosphérique viennent s'ajou-

ter les contraintes réglementaires du survol du territoire. Toute mission doit être transcrite sur une carte aéronautique et soumise à autorisation auprès de l'un des cinq Centres régionaux de la navigation aérienne (CRNA), à la cellule des vols spéciaux. Pour des prises de vues à grande échelle sur les agglomérations importantes, une autorisation préfectorale est nécessaire si l'altitude de vol est inférieure à 5 000 pieds. Le délai d'obtention peut aller jusqu'à six semaines. Le feu vert reçu, reste à espérer que la station météo du SAA, avec ses prévisions à 48 heures, annoncera un créneau favorable en accord avec les contraintes des CRNA et des militaires.

Du plan de vol à l'assemblage des clichés

Afin de ne perdre aucune occasion de gagner cette course contre le temps, les fichiers de plan de vol, avec les coordonnées de chaque point des segments à couvrir, sont installés dans chacun des quatre avions de la flotte. À chaque créneau météo favorable, il faut être prêt à décoller. Ce qui demande une préparation sans faille. Celle-ci s'est considérablement simplifiée depuis que le travail sur carte papier a fait place au logiciel, explique Alain Gervaise, chef du département des opérations aéronautiques :

« Depuis 2002, nous préparons les missions à l'aide du logiciel GéoMAGIC. Après avoir défini les paramètres de la prise de vues – échelle, tolérance, format de cliché, recouvrement entre clichés... – et la délimitation de la zone à photographier, le logiciel dessine automatiquement les axes de vol nécessaires pour couvrir le territoire ainsi que les segments où la caméra sera déclenchée. Dans les zones de relief important, le calcul théorique des altitudes des clichés avec application d'un MNT nous aide à définir précisément les altitudes de vol pour chaque axe. »

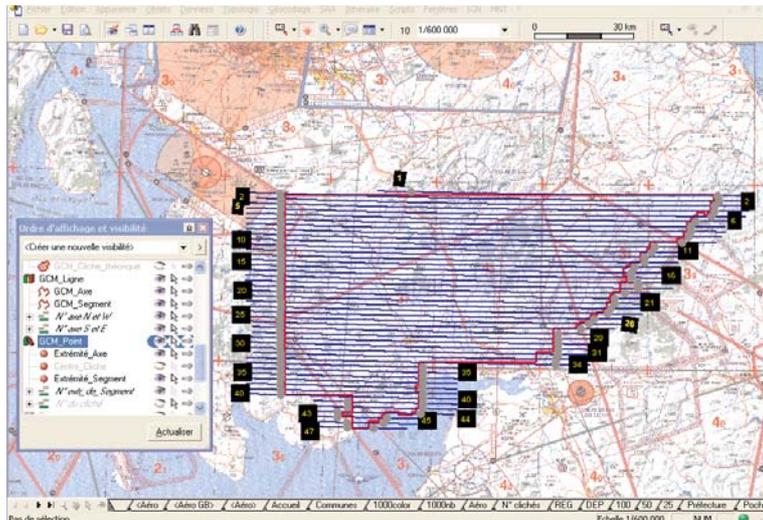
Comme toutes données numériques, le plan de vol informatique offre des fonctionnalités variées. Longueur des axes, nombre de clichés, altitude de vol... permettent ainsi d'accélérer le calcul des devis et de générer des statistiques et des prévisions (par exemple, le nombre de disques durs nécessaires à bord de l'avion pour le stockage des images).

4 000 clichés par département

Comme le quadrillage du plan de vol, la validation des prises de vues se fait désormais sur informatique. Le logiciel TA, développé à l'IGN, génère le tableau d'assemblage des clichés réels, enrichis de données telles que le numéro de cliché, la date, l'élévation du soleil, la surface couverte, le taux de recouvrement... autant de précisions rendues possibles par l'enregistrement de la position donnée par le GPS au moment de la prise de vues.

« Ce tableau d'assemblage est désormais fourni au client sur CD-Rom. Quand on sait qu'il faut 4 000 clichés numériques pour couvrir un département moyen (contre 1 700 argentiques), il est indispensable d'offrir un moyen de situer les photos sur un fond cartographique. »

Quant au Service des bases de données images (SBI), c'est sur des disques externes de quelques centaines de giga-octets qu'il réceptionne les photos aériennes. Confidentialité et efficacité de transfert d'images obligent...



En haut : préparation d'un plan de vol sous GéoMAGIC (Mission aéronautiquement gérée et informatiquement contrôlée). Au centre : dans le hangar de Creil, les mécanos préparent un avion. En bas : mise en place de la caméra numérique quadri-canal.

Au commencement... l'image numérisée

L'accélération spectaculaire de la production issue de la photo aérienne, depuis vingt ans, repose avant tout sur le principe de la numérisation de l'image.

L'image numérique est une image que l'ordinateur doit comprendre pour pouvoir la montrer. En définissant sa résolution – le nombre de points par ligne, le nombre de nuances dans l'infinité des gris qui séparent le noir du blanc –, l'image devient un tableau de valeurs que l'ordinateur est capable d'afficher.

Ce qui permet de jouer sur ces valeurs, en éclaircissant les zones trop sombres, en accentuant les contrastes de zones trop claires, par exemple. Cela permet surtout de faire de la mesure sur l'écran. L'image numérique est un appareil de mesure, chaque point sur l'image étant localisé par ses coordonnées avec une précision qui dépend de la précision de l'image.

Une révolution pour la photogrammétrie !

De la photo aérienne à l'orthophoto

Engagée en 1998, la réalisation de la composante orthophoto du RGE est aujourd'hui achevée dans sa première version. Une performance réussie grâce à la numérisation, dont on a vu la montée en puissance au cours de ces six années, et à la collaboration des services de production et des ingénieurs en Recherche & Développement de l'IGN.

Mission IGN sur le Luxembourg avec la caméra numérique



Modèle de réussite, la réalisation de l'orthophoto du grand-duché de Luxembourg ne s'est pourtant pas passée sans risques. 60 % des prises de vues ont été réalisées en juin, 40 % six semaines plus tard. Mais, finalement, il n'y a pas eu de rupture de végétation à l'arrivée. Avec une résolution de 50 cm/pixel, les 2 500 km² du territoire ont été couverts au rythme d'un cliché tous les 1,824 km. Lisible jusqu'au tracé des places de parking et des terrains de tennis, cette orthophoto est utilisée aussi bien pour se conformer aux règles de la PAC (politique agricole commune) que comme support d'information touristique.

Pour une institution comme l'IGN, l'image ne peut plus être que numérique car elle seule peut satisfaire aux nouvelles exigences de délais de livraison et de mise à jour. Développement des films et numérisation prennent beaucoup de temps, alors que la superposition des différents canaux – rouge, vert, bleu, proche infrarouge – est automatisée et quasi immédiate. Cette rapidité va permettre au Service des bases de données image (SBI) de réduire les échéances de la production de la BD ORTHO®. Jusqu'à hier, le SAA lui fournissait des photos ; il fournira bientôt des images orientées dans l'espace avec un niveau de précision qui va croissant. Dès lors, elles seront prêtes à « habiller les cartes aux couleurs de la photo ».

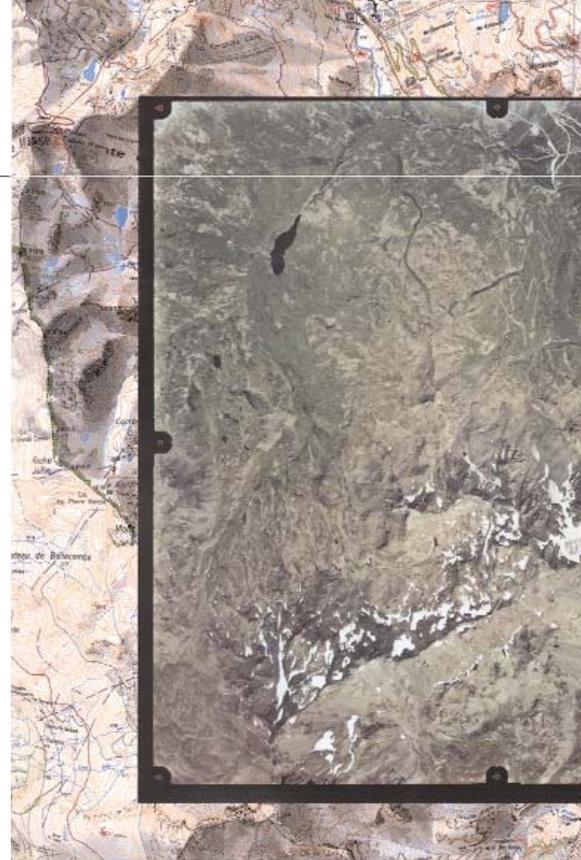
L'orthophoto, une information « démocratique »

Les belles perspectives d'avenir de l'orthophoto n'étaient pourtant pas évidentes au départ. En fait, c'est le marché étranger qui a servi de catalyseur, se souvient Edmond Barbacanne, chef du SBI :

« Au départ, il a été difficile d'orienter le service vers le tout numérique. J'ai été sollicité par IFI (IGN France International) qui sentait dans l'orthophoto numérique un marché porteur. Pour l'établissement du plan cadastral dans des pays comme le Portugal (un chantier qui date des années 1994-1996) ou pour une cartographie initiale à faible coût dans des pays en voie de développement... Le frein était le volume des données. Mais avec les nouvelles capacités de stockage, l'orthophoto a repris son envol et tout son intérêt. Sans compter la démocratisation des outils informatiques et leur puissance de calcul toujours croissante. C'est en partenariat avec IFI que nous avons développé un logiciel pour industrialiser la production avec des techniques d'automatisation. »

Le service, qui était orienté à 70 % vers les travaux externes facturés, s'est alors recentré sur la production de la BD ORTHO®. Et les équipes sont rapidement passées de 85 à 120 personnes.

« Si bien que depuis nos premiers balbutiements sur le Haut-Rhin en 1997, on a terminé la



À gauche, la carte déformée pour être compatible avec la géométrie de la photo aérienne (perspective conique). À droite, transformation de l'image aérienne brute en ortho, c'est-à-dire dans la géométrie de la carte.

BD ORTHO® dans les délais prévus ! Au rythme de vingt départements par an. Soit 80 000 clichés assemblés, au mieux, entre le 15 mai et le 15 août, parfois en septembre, ce qui demande une rigoureuse planification du travail sur l'année. Sachant qu'on ne peut dépasser une année pour sortir les derniers départements, car l'information vieillit très vite. Il faut donc être prêt à sortir les premiers cinq mois après la prise de vues ! »

Une reconversion en équipe

Cette planification doit jongler non seulement avec les aléas météorologiques mais aussi avec les difficultés de traitement particulières à certains territoires, comme les départements côtiers ou montagneux. La montagne nécessite plus d'images pour couvrir le territoire, jusqu'à 50 % de clichés en plus qu'en plaine. Autant de raccords supplémentaires, avec des ombres portées importantes... Quant à la mer, elle pose des problèmes de réflexion spéculaire. Là encore, SBI et R&D travaillent en synergie : mosaïquage automatique – ou semi-automatique –, outil de détection de halo, programme de correction des halos... ont été mis au point par les chercheurs IGN pour résoudre les difficultés apparues en cours de production.

De quatorze à neuf mois, c'est la mesure des gains de productivité enregistrée sur la mission annuelle orthophotographique grâce au passage au numérique. Au terme d'une reconversion collective réussie puisque « personne ne demande à quitter le service » : des ingénieurs et responsables de chantier qui encadrent leur LPI (ligne de production intégrée) aux opérateurs, des cartographes « recyclés » en trois semaines de formation théorique et pratique.

« Ils sont spécialisés dans la radiométrie, la géométrie ou le contrôle de mosaïquage, mais ils sont tous polyvalents pour pouvoir s'adapter aux besoins de la production. On constate le



Prises de vues aériennes

même succès dans la reconversion des deux LPI de 22 personnes qui viennent travailler sur la BD Parcellaire® (qui s'appuiera sur la BD ORTHO® là où il n'y a pas encore de BD TOPO® pour recalculer le cadastre)... »

La technique et l'esthétique

Le succès de l'orthophoto auprès du public, des professionnels et des élus locaux oblige à se poser des questions. Quelle orthophoto l'IGN doit-il fournir ? Un document de travail pour des techniciens ou un produit de communication ? Pour Edmond Barbacanne :

« Il est impossible de faire les deux en même temps. Même si les usages sont aujourd'hui très orientés communication, nous privilégions l'aspect technique. En homogénéisant l'image pour la rendre esthétique, on altère l'information, cela permet de passer d'un produit technique à un produit communication. Le mosaïquage de grandes surfaces présente également des risques. »

« Avec un millier de commandes, de la France entière à la dalle de 1 km² qui couvre un village ou une propriété, la photo ne peut cependant pas décevoir », insiste Didier Moisset, « les gens ne nous commandent pas "une" photo, ils achètent "la" photo de leur territoire. Aussi, il n'est pas question de traiter ces commandes automatiquement. »

Il faut à chaque fois vérifier sa qualité et, s'il s'agit d'un usage privé ou de communication, son esthétique. Au SAA, des opérateurs travaillent le mosaïquage, à moins qu'ils ne choisissent de livrer la photo aérienne si celle-ci est plus « réussie » que l'orthophoto. Mais au SAA comme au SBI, une même certitude : pas question de composer avec la résolution de l'orthophoto, de recourir à des algorithmes simplistes. L'IGN doit rester le référentiel de qualité. La nouvelle caméra six canaux, qui sera testée cette année, s'inscrit dans cette politique.

De quatorze à neuf mois, c'est la mesure des gains de productivité enregistrée sur la mission annuelle orthophotographique grâce au passage au numérique.

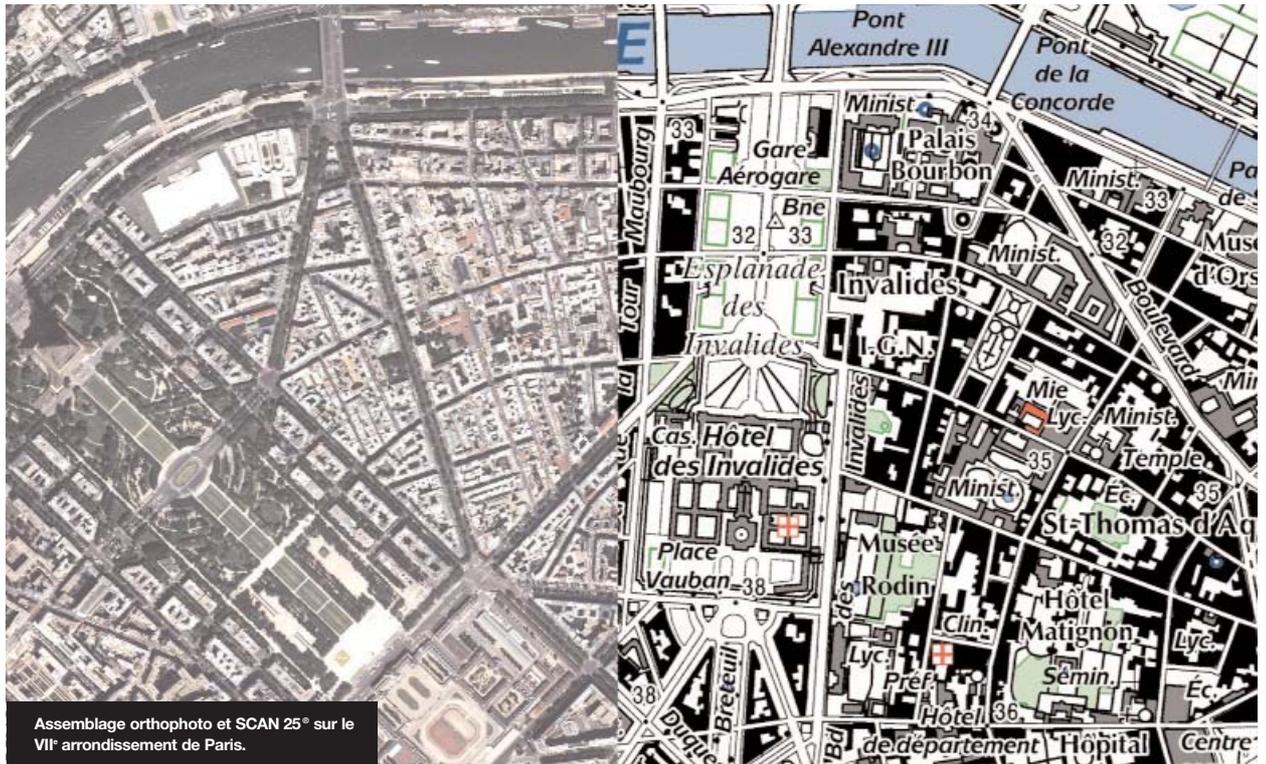
L'Île-de-France à nos pieds



Depuis octobre 2004, et jusqu'en octobre 2005, la Cité des sciences et de l'industrie de la Villette accueille ses visiteurs avec la photographie géante de l'Île-de-France. Cet exemple spectaculaire d'assemblage au sol (10 m x 10 m) est le résultat de la somme d'opérations nécessaires à chaque livraison de l'orthophoto à l'échelle départementale.

- Pour rectifier la géométrie de la photo aérienne et lui donner la précision de la carte ;
- pour assurer le raccord entre chaque « dalle » qui couvre 1 km² du territoire sans altérer l'information ;
- pour assurer la transition entre deux

images, grâce à la technique du mosaïquage qui suit les lignes du paysage. Opération supplémentaire en ce qui concerne cette image de l'Île-de-France : le « zoom » sur cette zone urbanisée, afin de réaliser une image à l'échelle du 1 : 10 000 de façon à distinguer les habitations. Une image de la France entière, représenterait plus de 600 000 dalles de 1 km² qu'il faudrait assembler. Peut-être sera-t-elle réalisable un jour à partir d'une photo satellite qui puisse donner une unité à un assemblage de prises de vues réalisées sur plusieurs années. Un travail qui relèvera autant de la création graphique que de la technique cartographique...



De l'image au vecteur

Complémentaire de l'image, le vecteur modélise le réel et l'enrichit de « données intelligentes ». Pour constituer ces bases de données vectorielles, la photographie aérienne reste la première source d'information. Une information plus riche et bien plus simple à exploiter grâce au tout numérique.

Quand un élu veut présenter le projet de tracé d'une nouvelle route, l'orthophoto lui permet de situer son projet sur une image que tout le monde comprend. Le vecteur vient compléter l'image muette avec le tracé des objets structurant le paysage, tels que réseaux routiers, hydrographie, bâtiments, voies ferrées, que l'on peut caractériser avec des attributs descriptifs. Vecteur et orthophoto sont deux mondes qui se complètent parfaitement. Pour l'usager mais aussi pour le cartographe, explique François Gallois, chef adjoint du Service des bases de données vecteurs (SBV) :

« Pour modéliser le monde réel, en coordonnées x, y, z , pour en décrire la géométrie des objets, la photogrammétrie qui exploite la photo aérienne reste très efficace car elle embrasse un territoire très vaste et elle permet de positionner n'importe quel objet visible en trois dimensions. »

Ce qui n'est pas visible sur les photos aériennes, objets ou attributs, est en grande partie récupéré à partir d'autres bases de données : les noms de routes, par exemple, ou les limites administratives issus de la BD CARTO®, mais aussi les sentiers, les équipements publics ou la toponymie.

De l'image à l'œil

Cette activité de modélisation a été complètement transformée par le passage au numérique, constate François Gallois :

« Auparavant, on travaillait sur des appareils analogiques avec des images argentiques 24 cm x 24 cm. Chaque couple de clichés, superposables à 60 % pour une vision stéréoscopique, était placé physiquement dans un appareil. On a travaillé avec le négatif, le contretype, la diapositive couleur... mais il s'agissait toujours de matériels extrêmement lourds. Dans les années 80, les appareils analytiques ont considérablement simplifié ces mécaniques sans s'en affranchir totalement. »

Les ateliers résonnaient du roulement des manivelles et des tambours, du claquement des pédales au sol qui marquaient l'enregistrement des points. Au SBV, les machines ont cédé la place aux postes informatiques, dans des bureaux paysagers et silencieux :

« Grâce au numérique, qui a dématérialisé les relations mécaniques de l'image à l'œil. Après

une première étape qui a consisté à travailler sur les clichés argentiques numérisés, le service exploite toute la chaîne de la dématérialisation de la prise de vues par caméra numérique au travail sur le logiciel GeoView®.»

Chaque poste de travail est équipé d'un ordinateur avec un écran standard muni d'une dalle polarisante pour une vision stéréoscopique, d'un moniteur pour le suivi du travail et de périphériques de saisie : le stylo pour les déplacements en x, y et une boule pour le z.

Le confort numérique

Aussi spectaculaire que la rapidité de traitement des images est le progrès en ergonomie : sur GeoView®, les modèles 3D sont exploitables pratiquement sans préparation.

« Je me déplace, je décharge une image, j'en charge une autre. Les fichiers correspondant aux deux images se mettent en place automatiquement parce que la modélisation géométrique a été faite en amont. Si le gain de productivité est significatif, celui de l'ergonomie est considérable. La part de travail de mise en place photogrammétrique étant très réduite, l'opérateur peut ainsi se consacrer davantage à l'essentiel de son travail : l'interprétation et la qualification des objets géographiques. Reste le pointé stéréoscopique sur l'objet que l'on

veut mémoriser. Quoiqu'il existe des fonctions de corrélation automatique. »

L'art naît de la contrainte. Les délais imposés à la réalisation de la BD TOPO® ont inspiré les chercheurs de l'IGN qui ont développé des automatismes. Pour la modélisation de la végétation par exemple. Au départ, chaque petit bosquet était numérisé, chaque verger, chaque vignoble.

Désormais, en partant de l'orthophoto, en analysant la texture, la couleur de l'image, on extrait automatiquement, par segmentation de l'image, des contours dont on caractérise le contenu de façon assistée.

Une dynamique élargie

Le passage au tout numérique a également amélioré la qualité de l'image. On dispose aujourd'hui d'une amplitude de 1 000 à 2 000 nuances de gris, bien supérieure aux 256 offertes par la numérisation de l'image argentique.

« Le pixel issu de la prise de vues numérique offre beaucoup plus d'informations. On discerne un plus grand nombre de détails dans les ombres par exemple, comme si l'on avait enlevé la buée sur l'objectif. Cette dynamique élargie, on la doit à la sensibilité des capteurs CCD, supérieure à celle de la pellicule argentique : la donnée est acquise sur plus de niveaux. »

Cependant, leur emprise est plus réduite, il faut donc prendre davantage de photos. Pour le moment du moins...

L'aventure continue...

L'achèvement de la BD ORTHO®, celui de la BD TOPO®, le déploiement de la constellation de satellites Pléiades sont des événements qui marqueront l'histoire de la photographie aérienne mais qui n'y mettront pas fin. Elle reprendra son envol pour de nouvelles missions.

Cadastrage manipulable en 3D, réalisé à partir de l'orthophoto drapée sur le modèle numérique de terrain ; 3D urbain, développé en habillant les façades du modèle numérique d'élévation avec l'image aérienne (avec une productivité multipliée par 100 par rapport au Tracé automatique de perspective urbaine, TRAPU) ; réalisation d'une altimétrie fine par levé laser aéroporté pour la surveillance de l'évolution des côtes par exemple... voilà quelques applications appelées à se développer dans les prochaines années. Sans compter le proche infrarouge, insiste Didier Moisset :

« Le proche infrarouge est un autre de nos atouts. Ce canal est déjà utilisé de façon systématique mais pas encore assez exploité. Pour le moment, ce sont le ministère de l'Agriculture et l'Office national des forêts qui sont le plus intéressés. Mais d'autres applications devraient se développer. »

Quant à la concurrence du satellite, si elle n'est pas encore d'actualité avec Spot 5 (l'image à 5 m ramenée à 2,50 m/pixel par calcul), elle le deviendra en 2008 avec les images de Pléiades à 70 cm. Une raison de plus de préserver la qualité de l'orthophoto aérienne, dont la résolution est très importante pour suivre les phénomènes liés notamment aux pollutions. D'autant plus, précise Edmond Barbacanne, que « le satellite ne garantira pas la mise à jour intégrale : il faudra compléter les "trous" par des photos aériennes, voire des prises de vues par drones* sur les zones urbaines... »

Au SBV également, on réfléchit à l'après 2007-2008. À l'amélioration de l'altimétrie, à la vectorisation de la BD Parcellaire®, à la mise à jour en continu de toutes les bases de données à chaque événement repéré sur le terrain, ainsi que l'explique François Gallois :

« C'est relativement facile sur le réseau routier parce que les sources d'information sont nombreuses. Par contre, pour le bâti, ce sera déjà plus difficile. Cependant, grâce à GeoView®, on pourrait comparer une orthophoto et sa mise à jour. L'exploitation de cette application est en cours de réflexion. »

Une aventure humaine

Si dématérialisation rime pour beaucoup avec déshumanisation, si le virtuel évoque souvent la solitude devant l'écran, la révolution numérique a aussi créé des communautés de concepteurs et d'usagers, >>>

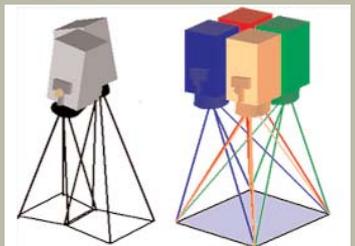
* Drone : avion télépiloté, pouvant être équipé de caméras.

Une caméra numérique en constante évolution

Après un premier prototype testé en juin 2000 sur le bassin d'Arcachon, le concept de caméra numérique multi-canal fondé sur la synchronisation de plusieurs têtes de caméras était validé. En 2001, c'est avec des têtes de caméras au format 4 000 x 4 000 pixels que les missions sur la Communauté urbaine de Bordeaux et sur le Luxembourg ont définitivement validé les algorithmes de superposition des canaux RVB. La même année, sur demande du ministère de l'Agriculture, il était décidé que la BD ORTHO® de l'IGN serait acquise en quatre canaux, RVB et proche infrarouge. Depuis fin 2002, c'est cette caméra mise au point au Laboratoire d'optique électronique et de micro-informatique (Loemi) de l'IGN par Christian Thom et Jean-Philippe Souchon qui équipe la flotte IGN.

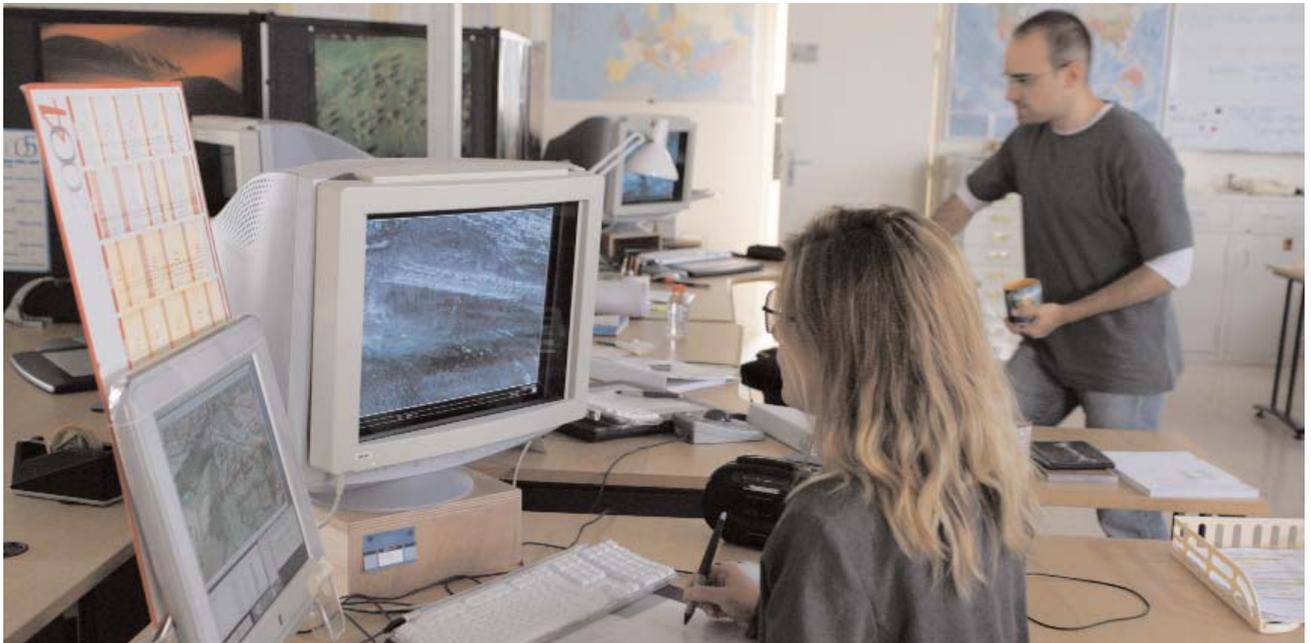
Une nouvelle étape de la prise de vues numérique est franchie cet été avec la nouvelle caméra IGN à six canaux qui augmente la fauchée et qui offre une résolution de 68 cm par pixel.

Un progrès qui allégera les opérations de prétraitement d'images et les coûts de production finale.



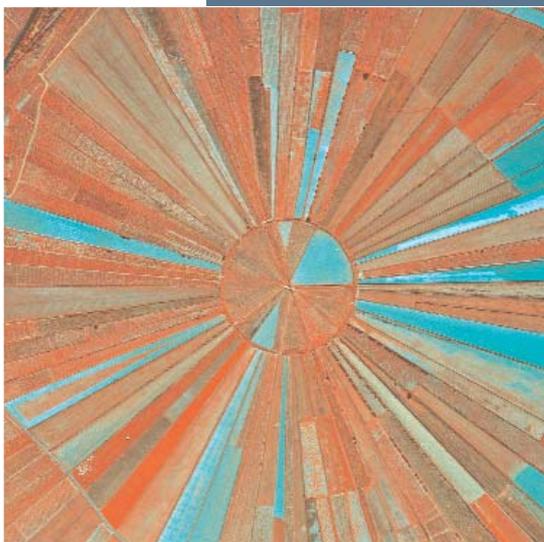
La caméra « 6 têtes » dernière-née. Elle est composée d'une caméra « classique » dotée de 4 objectifs de 60 mm (avec les bandes R, V, B et Infra) et d'une caméra gauche-droite équipée de focales 100 mm panchromatiques.

La « conversion » au numérique engage plutôt au dialogue et à l'entraide qu'au repli sur soi.



Ligne de production intégrée au sein du SBV pour la constitution de la BD TOPO®.

Le proche infrarouge : un atout d'avenir pour la photo aérienne



À la demande du ministère de l'Agriculture, l'acquisition des images du territoire par l'IGN s'est enrichie systématiquement du proche infrarouge. La partie des rayonnements dont les longueurs d'onde se situent juste au-delà du visible pour l'œil humain (entre 700 et 1 400 nm). L'eau absorbant complètement ces rayonnements alors que les objets au sol en renvoient une partie vers l'avion, les images proche infrarouge ont de multiples applications en zones humides ou inondées. Elles permettent aussi de réaliser de la microtopographie sur le littoral, à l'exemple des missions successives réalisées par l'IGN sur le nord du bassin d'Arcachon. Grâce aux comportements particuliers des végétaux dans les grands domaines spectraux, l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) peut, à partir des images proche infrarouge, réaliser une classification très fine des végétaux et distinguer les stades de sénescence ou l'état de santé des espèces.

» créatifs et solidaires. Et pas seulement sur Internet entre militants du logiciel libre. À Creil, on volera cette année avec un logiciel de localisation GPS renouvelé. Une belle histoire de transfert de compétences que raconte Didier Moisset :

« **Toujours à la recherche d'une meilleure précision, le SAA a essayé, en 2003, de modifier son système GPS qui datait de 1988. Mais on n'a pas trouvé sur le marché de meilleur système que celui que nous avons mis au point avec un ingénieur de Sercel. Preuve qu'il avait parfaitement compris nos besoins. Aujourd'hui retraité de Thalès, il a travaillé bénévolement avec un jeune ingénieur IGN pour lui permettre d'aménager le logiciel et ainsi le rendre compatible avec les récepteurs récents. Si bien que pour la mission 2005, nous décollons avec la nouvelle version du logiciel cédé gracieusement par Thalès, et grâce à un transfert de compétences amical.** »

Pas d'angoisse non plus à Saint-Mandé de rester seul, bloqué devant son écran. Au SBI, la production de la BD ORTHO® a été rythmée de réunions d'atelier, d'échanges entre les équipes de production sur des questions d'ergonomie comme de principe. Dans une synergie continue avec les ingénieurs chercheurs : en leur soumettant via le CST* leurs attentes et, réciproquement, en essayant de concrétiser les nouveautés qu'ils mettent au point. La production de la BD TOPO®, allégée de ses volumineuses et bruyantes machines, s'est resserrée sur un même plateau. Opérateurs de toutes générations passent de la restitution au contrôle du travail de leurs collègues. La « conversion » au numérique engage plutôt au dialogue et à l'entraide qu'au repli sur soi. Et elle ne laisse visiblement que peu de place à la nostalgie. D'autant que l'intelligence des logiciels n'arrivera pas à tout automatiser : mosaïquage, homogénéisation, choix esthétiques... seront toujours soumis, *in fine*, à l'œil humain. ■

* CST : Comité scientifique et technique.

GeoView®

GeoView® est né à IGN Espace en 1990 pour répondre aux besoins de conversion de formats de données image et pour automatiser la rédaction de fichiers vecteurs d'habillage cartographiques. Ces fonctions ont ensuite été enrichies et diversifiées au fil du temps par Serge Montaigu et son équipe, pour devenir un logiciel s'ouvrant, à terme, sur toutes les phases de la production de données géographiques.

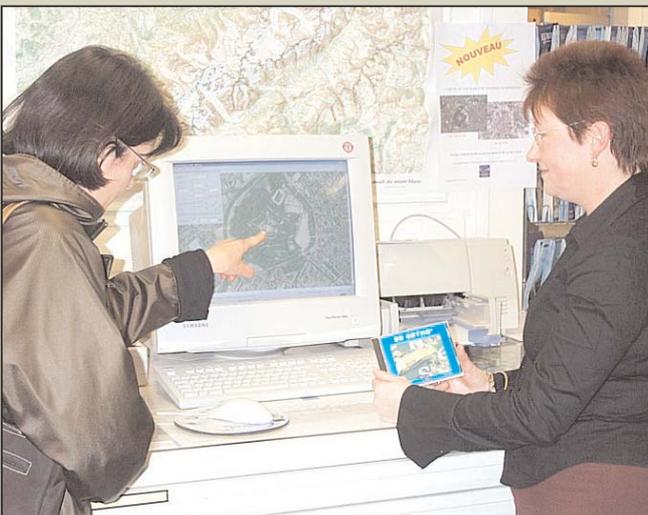
Les différentes étapes d'une chaîne de production d'ortho-images sont prises en charge : elles s'étendent du recalage d'images par saisie de points d'appui (spatiotriangulation) à la mise en forme de mosaïques et leur habillage cartographique, en passant par la rectification et la production de modèles numériques de terrain. Les fonctionnalités plus récentes de saisie de données vectorielles en 3D complètent cet outil avantagement.

Prises de vues aériennes

La Photothèque nationale

Depuis janvier 2005, le Service des activités aériennes s'est engagé dans une nouvelle mission : la sauvegarde du patrimoine de la Photothèque nationale. Un chantier énorme puisque ce fonds issu du Centre de documentation de la photographie aérienne est riche de 4,2 millions de clichés aériens de 1921 à nos jours. Des photos réalisées par l'armée de l'air pour le Service géographique de l'armée ainsi que des photographies de compagnies privées remises plus tard dans le cadre du dépôt réglementaire. Hébergée à l'IGN à Saint-Mandé, la Photothèque nationale met à disposition du public et des professionnels la première couverture systématique du territoire entreprise par le Service géographique de l'armée en 1939 et achevée par l'IGN en 1952. Ainsi que les mises à jour réalisées par l'IGN depuis 1945, avec une fréquence de cinq à dix ans selon la densité et l'évolution de l'urbanisation.

IGN Map



Les clients des agences de vente IGN peuvent délimiter eux-mêmes l'emprise de la photo aérienne qu'ils désirent pour l'emporter dans l'heure sur un CD-Rom. Le dispositif fonctionne, depuis la fin 2004, dans l'ensemble des points de vente IGN : un ordinateur, le logiciel de consultation IGN Map, la BD ORTHO® de chaque département, un graveur de CD-Rom.

Le client, assisté d'un vendeur, demande un département, poursuit la recherche sur un nom de commune, repère la zone qu'il souhaite en zoomant ou en dézoomant. Et l'ordinateur affiche sa photo. Une image grand public qui couvre 4 km² au maximum (15 €/km²) ou un fichier image avec géoréférencement associé pour les professionnels sur 25 km² au maximum (40 €/km²). En ce qui concerne les tirages papier, le client a le choix entre une impression immédiate sur papier ou un tirage photographique, et c'est alors la filière traditionnelle qui est à suivre, avec une livraison dans les quinze jours.



Contacts

Service des activités aériennes (SAA)
Didier Moisset
saa@ign.fr

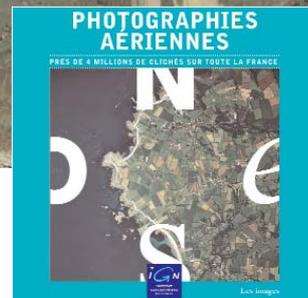
Service des bases de données images (SBI)
Edmond Barbacanne
sbi@ign.fr

Service des bases de données vecteurs (SBV)
François Gallois
sbv@ign.fr

solutions



Pointe du Raz. Prise de vue au 1 : 25 000.
Exemple de produits photographiques, en version
papier et numérique, proposés dans le packshot de
l'émission « La Carte aux Trésors » (voir p. 3).



Pour toute information
à caractère professionnel :
www.ign.fr

PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES : question de K. Petersen (31200 Toulouse)

« Est-il possible de commander en ligne, les références
des clichés étant préalablement repérées, un
assemblage de photos aériennes sur CD-Rom ? Si oui,
comment ? Quelles sont les modalités de règlement ? »

Réponse

Les assemblages de photos aériennes ne se commandent pas en ligne. Il vous faut contacter l'agence IGN de Toulouse. Celle-ci vous proposera l'assemblage correspondant et vous établira un devis. Le produit le plus adapté pour les assemblages photographiques est l'orthophotographie (voir *IGN Map*, p. 13). ■

ZONE MILITAIRE INTERDITE : question de J. Falcoz (83310 Grimaud)

« Je cherche une photo aérienne de toute la plaine de
Grimaud, y compris Port-Grimaud. Or, le quadrillage proposé

Réponse

Sur la rubrique Loisirs/Photo de notre site Internet, la zone du port de Grimaud n'est pas disponible lors de la recherche des photos couvrant la commune de Grimaud. En effet, le cliché correspondant à cette zone ne peut être vendu en ligne, en raison de la présence sur la photo d'une zone militaire, dont la prise de vue est interdite. Il vous est possible de commander ce cliché par fax, à la

pour 2003, sous forme de petites croix rouges, ne couvre pas cette zone. »

Photothèque nationale de saint-Mandé, au numéro 01 43 98 84 01, en précisant, sur un extrait de carte, la zone photographique que vous désirez. La zone interdite à la prise de vue sera masquée sur le tirage que vous recevrez, à moins que vous n'ayez commandé un agrandissement partiel entièrement situé hors de cette zone. ■

Contacts

Photothèque
nationale
phototheque@ign.fr

Service clients
service-client@ign.fr

Photographies aériennes, BD ORTHO®, assemblages...

À LA RECHERCHE DU PASSÉ : question de J. M. Jadot (54590 Hussigny- Godbrange)

« Je suis en cours de réalisation d'une opération de promotion immobilière sur la commune de Rédange, en Moselle. Cette commune ayant un passé industriel, je suis à la recherche de documents d'archives pouvant m'aider à reconstituer l'histoire de la parcelle concernée : cartes, relevés topos, photos aériennes... Pouvez-vous m'aider dans mes recherches ? »

Réponse

La Photothèque nationale a en archives plus de 4 millions de photographies aériennes, prises de 1921 à nos jours. Pour connaître l'ancienneté des différentes missions aérographiques sur une commune donnée, il suffit de se rendre sur le www.ign.fr et d'aller, de lien en lien, à la page permettant d'inscrire le nom de la commune désirée : www.ign.fr > pour vos loisirs > + d'infos.

En ce qui concerne la commune de Rédange, nous apprenons qu'il y a eu 17 missions photo échelonnées de 1950 à 2004 à des échelles allant du 1 : 15 000 au 1 : 30 000. Pour pouvoir effectuer un travail d'investigation, il faudra vous rendre à la Photothèque nationale à Saint-Mandé (adresse sur www.ign.fr) afin de consulter et de commander les documents photographiques qui vous intéressent le plus. ■

Page ouvrant l'accès à la base de données des missions photographiques de l'IGN.

LA BD ORTHO® SUR LE CANTAL : question de G. Lerouxel (63000 Clermont-Ferrand)

« Je travaille pour la société Isagri qui diffuse les BD ORTHO®. Afin de satisfaire la demande d'un client situé dans le Cantal sur la commune de Neuvéglise, j'aimerais connaître la périodicité du renouvellement des orthophotos sur ce secteur géographique, sachant que nous disposons actuellement de photos de 2000. »

Réponse

Nous vous remercions d'utiliser notre BD ORTHO®, seule base de données d'orthophotographies avec une résolution de 50 centimètres disponible sur l'ensemble de la France. La BD ORTHO® est mise à jour tous les cinq ans. Pour le Cantal, la prochaine prise de vues aérienne (avec caméra numérique) sera faite cet été. Les images seront ensuite orthorectifiées, et la nouvelle BD ORTHO® du Cantal sera disponible en 2006. Pour plus d'informations, vous pouvez prendre contact avec le responsable de notre agence Auvergne : Yves Bretonnet (tél : 04 37 64 34 70). E-mail : ar-auvergne@ign.fr ■

DONNÉES SUR INTERNET : question de Ph. Renoir (75019 Paris)

« Nous sommes architectes urbanistes et sommes amenés à situer nos périmètres d'études dans leur contexte territorial (souvent en amont de la signature du marché). Un confrère m'a parlé d'une formule permettant de consulter une base documentaire IGN (photos orthométriques) accessible par Internet moyennant un abonnement. Pourriez-vous me préciser les conditions de cette offre ? »

Réponse

Une réflexion est en cours pour offrir l'accès en ligne aux données orthophotographiques de l'IGN. Les clients pourront consulter et commander les orthophotographies qu'ils désirent, selon des modalités tarifaires correspondant à leurs besoins. Mais vous pouvez, dès à présent, effectuer ces opérations aux comptoirs IGN, qui sont tous équipés pour répondre à votre demande. ■

les trésors de l'IGN

Puissance du numérique au service de la photographie aérienne.
Prise de vue aérienne numérique sur Marseille.
Pixel/sol : 10 cm.

