

Association Française de Topographie

xyz 78

topographie

géodésie

photogrammétrie

SIG

géomatique

métopologie

hydrographie

topométrie

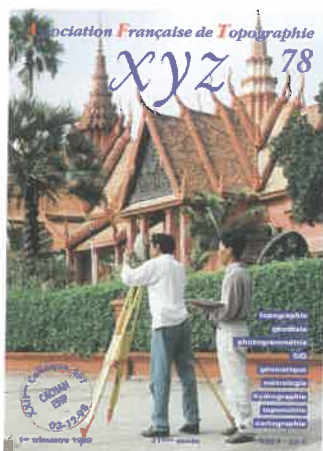
cartographie

XXII^{ème} Colloque AFT
CACHAN
ESTP
03-12-98

1^{er} trimestre 1999

21^{ème} année

130 F - 20 €



REVUE DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

136 bis rue de Grenelle – 75700 PARIS 07 SP – © 01 43 98 84 80 – fax 01 47 53 07 10
e-mail : aftopo@club-internet.fr – Secrétariat : tous les jours de 9 h à 12 h et de 14 h à 17 h

ISSN 0290 – 9057 1999 • 1^{er} trimestre

n° 78 • s o m m a i r e

Image de l'aide internationale, image de la France et de l'IGN, le projet d'assistance technique pour le cadastre municipal de Phnom-Penh au Cambodge, conduit par IGN-FRANCE-INTERNATIONAL. Lire notre article page 34.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

André BAILLY

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION ET DE LA PUBLICITÉ

Robert CHEVALIER

COMITÉ DE RÉDACTION

- André BAILLY
Ingénieur ETP
- Jean BOURGOIN
Ingénieur Général Hydrographe ER
- Robert CHEVALIER
Géomètre-Expert DPLG
- Pierre GRUSSENMEYER
Maître de Conférences – ENSAIS
- Raymond D'HOLLANDER
Ingénieur Général Géographe-IGN
- Michel SAUTREAU
Directeur Div. honoraire Cadastre
- Robert VINCENT
Ingénieur ECP
- Dr Pascal WILLIS
Ingénieur en chef géographe-IGN

COMITÉ DE LECTURE

- MM. BAILLY, COMBES, FONTAINE,
LEVALLOIS, MEYER, MILLION,
PUYCOUYOUL, SCHAFFNER,
VINCENT.

MAQUETTE ET MONTAGE

Jack BIQUAND

ABONNEMENTS

Carine BALLAND

e-mail : aftopo@club-internet.fr

Trimestriel – Le numéro : 130 F / 20 €

Abonnement d'un an

France Europe (voie terrestre) : 480 F / 73 €

Étranger (avion, frais compris) : 500 F / 76 €

Les règlements payés par chèques payables
sur une banque située hors de France
doivent être majorés de 40 F / 6 €

L'AFT n'est pas responsable des opinions émises
dans les conférences qu'elle organise
ou les articles qu'elle publie.

Tous droits de reproduction ou d'adaptation
strictement réservés.

COMPOSITION CD GRAPH

1 allée des Vinaigriers

44300 Nantes – © 02 40 50 02 35

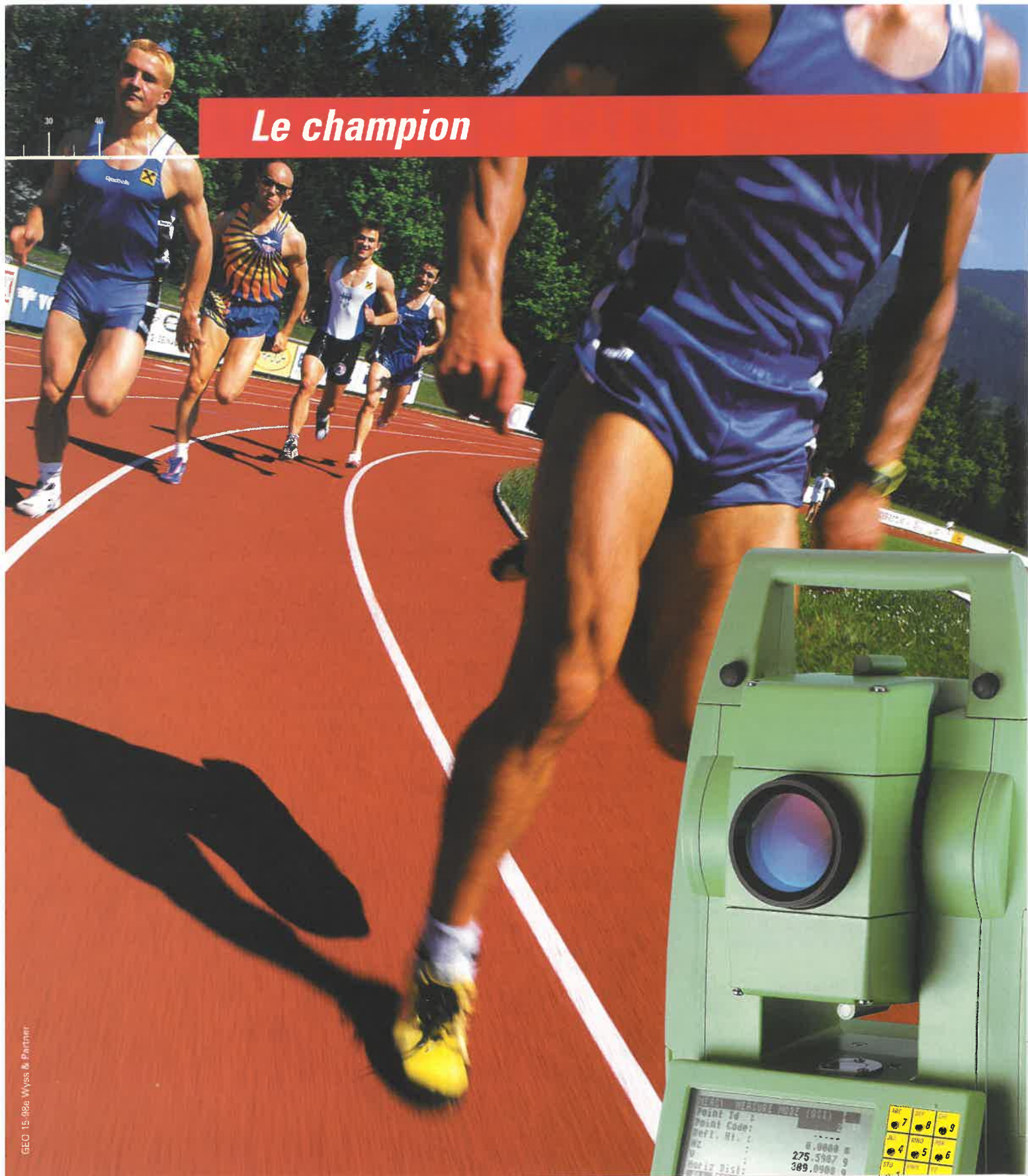
IMPRIMERIE MODERNE USHA

Aurillac 150001

© 04 71 63 44 60 – fax 04 71 64 09 09

– Editorial.....	5
– Info-Topo.....	7
– Assemblée générale de l'AFT.....	16
– XXII ^e COLLOQUE AFT à Cachan	
• Colloque "Informatique et Topographie".....	17
• L'information géographique et l'innovation IGN Jean Poullit.....	18
• Les caméras numériques de l'IGN, apport de nouvelles technologies dans l'acquisition des données topographiques Jean-Philippe Souchon.....	24
• Bourse d'échange départementale cartographique Patrick Guillemain.....	31
– Le cadastre municipal de Phnom-Penh Thierry Bordas.....	34
– Canevas géodésique pour les nouvelles infrastructures dans le centre de Berlin Andreas Blume, Helmut Gehring, Klaus Ludwig, Joachim Merkel.....	40
– L'introduction du GPS centimétrique au PAD Marc Henaut.....	45
– Généralisation cartographique de la bathymétrie Raymond Guillou.....	51
– O.MAR. SIG, étude de marché 1998-2002 Henri Pornon.....	55
– Laser-scanning, une nouvelle technique, de nouvelles possibilités Peter Axelsson, Haaken Sterner.....	57
– 5 000 tonnes portées à bout de visées C. Degand.....	64
– Des modèles pour prédire les marées océaniques Christian le Provost.....	65
– Evolution de l'auscultation d'ouvrages d'art Sylvain Billou, Jérôme Lebourg.....	66
– La page 4 X 4, Jimmy le petit Suzuki Robert Chevalier.....	67
– La topographie au service des archéologues Rémi Georges, Nicolas Thiebaut.....	69
– Les centurions triangulateurs de la 3 ^e légion Auguste L.R. Decramer, P. Etcheto.....	73
– L'espace du passé, si vous passez par Dijon Dominique Vinot.....	82
– Un certain monsieur Tournachon Jean Clerget.....	83
– Géomètres Sans Frontières : faire le point François Bodin.....	85
– Les tendances actuelles en matière de calcul des canevas de base Claude Million.....	86
– Opération simple et rapide M. Elayachi.....	90
– L'art - Les livres Jack Biquand.....	91

Le champion



GEO 15-98a Wyss & Partner



Série professionnelle TPS1100. Plus rapide, plus endurante, plus économique. Pour augmenter votre productivité, les ingénieurs de Leica Geosystems ont développé un système de reconnaissance automatique (ATR) qui effectue le pointé à votre place avec une précision optimale, quelles que soient les conditions. Le prisme 360° vous garantit également des mesures en des temps records, pour doubler votre efficacité sans effort ! Des prix inégalés pour de telles performances :

n'hésitez pas à contacter votre représentant afin de découvrir ce champion !

Leica

MADE TO MEASURE

On est fiché dans les coulisses de l'AFT

Au tout début de l'existence, bien avant les années 90, une vingtaine de fichiers de bases de données vivait une vie paisible au sein de l'AFT, avec chacun sa particularité. On les appelait *TOPO*, *scientifiques*, *cotisations*, *sympathisants*, *médias*, *publicité*, etc. Et chacun d'entre eux se prélassait sur un modèle différent. Vint la dernière décennie du siècle, celle que nous connaissons et qui a vu l'évolution de l'association vers plus de complexité et de services. Il a donc fallu regrouper tous les fichiers en un seul pour une efficacité accrue, ce qui nous a menés vers un fichier central (FC). Il s'agissait dans un premier temps de récupérer toutes les informations éparses dans les différents fichiers. L'AFT a alors adopté un nouveau logiciel de traitement de données sur MAC.

C'est là qu'intervient l'équipe de choc qui conçoit un nouveau fichier encore en cours actuellement. Maintenant s'engage le dialogue entre "les informaticiens" qui conçoivent et "les utilisateurs" qui exigent toujours plus, ignorants qu'ils sont des limites de l'informatique (qui en a!), ils posent alors des colles à tout bout de champ. Pendant ce temps il s'agit de gérer au mieux (en moins pire!) des informations importantes, variées, et cela en fonction d'une multitude de critères et au quotidien.

Ce fichier est une source d'exploitation capitale pour l'AFT, sa conception et sa mise en route exigent un énorme investissement en temps, or n'oublions pas qu'il n'y a qu'une personne à plein temps qui assure le secrétariat et des bénévoles à temps partiel qui se comptent sur les doigts d'une seule main, et le fichier grossit chaque jour (des milliers de fiches actuellement).

Tout ceci pour donner une idée des perturbations que peut entraîner un changement informatique de fond (courrier reçu plusieurs fois, retard,...). Actuellement, le nouveau petit (mais grand par l'âme!) fichier central passera un studieux mais agréable séjour entre les mains expertes de ses créateurs pour un nettoyage des doublons et l'homogénéisation, avant de revenir dans sa famille d'adoption. Depuis mi-novembre nous avons un PC. Mais si vous recevez deux numéros de la revue, ne nous en voulez pas, donnez-le à un ami bien intentionné!

Les fichiers sont faits pour être mis à jour en permanence et celui de l'AFT prend en compte vos adresses électroniques. En effet, depuis le début de l'année, vous pouvez nous contacter par e-mail à l'adresse :

aftopo@club-internet.fr

Nous invitons tous les membres à nous envoyer un mail, ceci nous permettra de vous joindre plus facilement pour vous informer de l'actualité topo. La préparation de la page Internet de l'AFT est en cours et nous la présenterons dans notre prochain numéro.

Ces événements qui visent à insérer au mieux l'AFT dans les pages du troisième volume de l'histoire des millénaires se produisent alors que l'Association fête ses 20 ans, et dans les esprits topographes s'agitent et se colorent les images encore virtuelles d'une grande CITOP-2000 pour cet anniversaire.

Au fait! En attendant, bonne année à nos confrères arpenteurs!

André Bailly

Souplésses Totale



Station Totale GPS 4800

Les avantages du "Tout sur la canne"

Station Totale GPS 4700

Légèreté et Modularité

C'est vous qui choisissez !

Les deux systèmes utilisent en commun les atouts qui confortent et illustrent l'avance de trimble en matière de topographie par GPS bifrèquence :

- Légèreté, Compacité
- Sécurité des mesures
- Précision de l'antenne micro entrée
- Convivialité, rapidité et environnement multitâche du carnet de terrain TSC1
- Puissance et accessibilité du logiciel cartographique et topographique Trimble Survey Office



*Le nouveau
récepteur 4700*

 **Trimble**

Trimble Navigation France
Tél. : 02 99 26 31 81
Fax : 02 99 26 39 00
www.trimble.com/survey

INFO

TOPO

*actualités
bloc-notes
flashes*

Info-Topo est un choix d'informations émanant du comité de rédaction. Il fait l'objet d'un examen critique et la publication des textes sur les produits, les services et les événements de la profession ne présente aucun caractère publicitaire.

MICROPLAN (Erratum)

Une malencontreuse coquille nous a fait imprimer dans le précédent numéro d'XYZ que la société Microplan assumait le conseil et la main-d'œuvre pour la fabrication de données informatiques. Il fallait lire maîtrise d'œuvre et non main d'œuvre, la fourniture de celle-ci n'entrant pas dans le cadre des prestations fournies par MICROPLAN.

Rappelons que cette société, dirigée par un ancien géomètre du cadastre, propose une offre logicielle permettant l'importation et l'exportation de données au format DXF, la gestion de plusieurs plans en simultané qui se superposent à l'écran, la communication d'informations avec l'ensemble des prestataires de service (géomètre, architecte, gestionnaire de réseau...).

Ses 2 logiciels VICAD et VICAD PRO sont spécialement conçus pour répondre aux besoins des petites et moyennes communes.

MICROPLAN BP 85 – 4 rue de l'Expansion
67152 ERSTEIN CEDEX
Tél. 03 88 64 80 80 – Fax 03 88 64 80 89

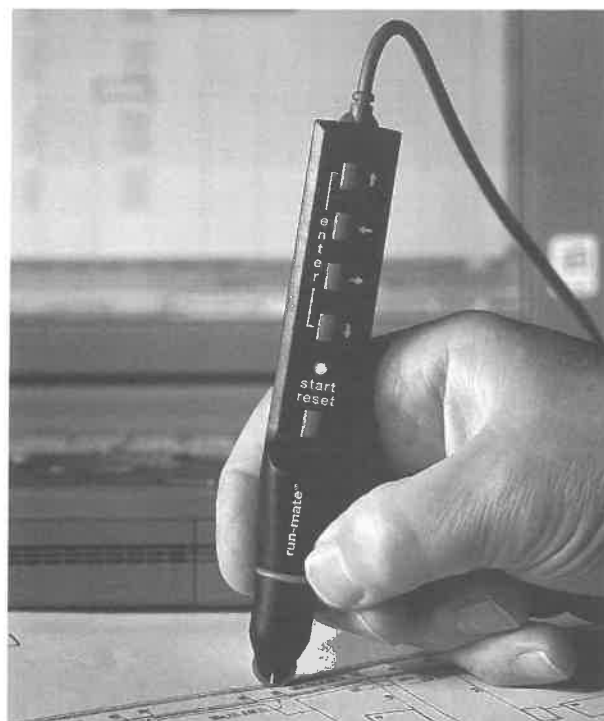
Run-mate™

Un curvimètre qui peut être branché sur PC pour l'enregistrement simple de mesures à partir de dessins. C'est le premier curvimètre à commande intégrée du curseur à distance pour un logiciel PC. Les résultats des mesures, les unités de mesures sélectionnées et les échelles sont directement visibles dans une fenêtre sur l'écran PC. Il fonctionne sous Windows 3.0 – 3.11 – '95 – '98 + NT, pour serveur et workstation. Installation par CD ROM. Il est muni d'un câble de 3 mètres et de D-connector pour porte série. Le pouvoir de résolution est de 1 mm et l'exactitude tolérée de +/- 0,2 %.

La petite roue de mesure en polyuréthane est antidérapante et ne s'use pas. Sans pile, CE approuvé, fabriqué sous ISO 9002.

Par ailleurs, METLAND, la société fabricante met en ligne un site Internet interactif qui permet de voir son

catalogue et passer des annonces gratuitement sur du matériel de topo d'occasion, offre et demande. Un mot de passe et une clé sont attribués à chaque contact s'enregistrant sur le site.



(METLAND – ZI Grand Large
Rte de Nemours – 77760 URY – Tél. 01 60 71 54 00
Fax 01 64 24 44 41 – www.metland.fr)

Intergraph Carl Zeiss

Il y a des décennies que Carl Zeiss et intergraph coopèrent étroitement à l'uniformisation des systèmes de photogrammétrie. La société Intergraph s'est forgée une solide réputation en qualité de producteur de cartes graphiques, de systèmes de calcul et de logiciels très puissants, tandis que le spécialiste de l'optique, Carl Zeiss,

GEO 2000

PRISES DE VUES AERIENNES METRIQUES

COULEUR • NOIR ET BLANC • INFRA-ROUGE



LA PREUVE PAR x 40 ...



*L'objectif le plus performant.
Le Scanneur photogrammétrique
le plus évolué, pour le meilleur
de l'image numérique.*

Contacts : Roger NOBLE
Vincent BERTHIER (ESGT 92)

**SCANNEURISATION
de 7 à 112 microns**



CD ROM - DAT 4 mm - DAT 8 mm

23, Grande Rue - Villemeneux - 77170 BRIE-COMTE-ROBERT
Tél. : 01 64 05 38 60 - Fax : 01 64 05 38 35

est mondialement connu pour ses chambres de prise de vue aériennes.

Ces deux sociétés envisagent des activités conjointes en photogrammétrie, elles ont en effet signé une lettre d'intention où elles expriment leur volonté de créer une entreprise commune dans ce domaine. La nouvelle entreprise aura son siège à Huntsville en Alabama aux E.-U. et son agence européenne à Oberkochen en Allemagne. L'entité à venir table sur un chiffre d'affaires initial de 50 millions de dollars.

Signalons que la société Carl Zeiss avait primitivement l'intention de rejoindre le joint-venture LH Systems LLC afin de créer une nouvelle entité. Cela impliquait une approbation des autorités de la Communauté Européenne qui a tardé et crée une attente que les deux sociétés ne pouvaient supporter. Les deux sociétés n'ont donc pas donné suite à ce projet presque abouti.

LH Systems

LH Systems LLC, le joint-venture de Leica Geosystems et de GDE Systems, a été fondé le 1^{er} juin 1997 afin d'assurer le développement et la commercialisation sur une base mondiale de la photogrammétrie et des caméras aériennes Leica, ainsi que la diffusion sur le plan civil des systèmes de photogrammétrie numérique de Helava Associates Inc., filiale de GDE Systems.

Les lignes de produits comprennent les systèmes complets de prise de vue aérienne de marque Leica (RC30, PAV30), l'ensemble logiciel de gestion du vol photo (ASCOT, Flykin...), les équipements de photo interprétation (APT2, ST4, TSP1), les stéréorestitueurs analytiques (SD2000/3000), l'ensemble logiciel dédié à l'aérotriangulation (ORIMA), le logiciel de restitution (PRO600), le logiciel du scanner photogrammétrique Helava (DSW300), le package logiciel de photogrammétrie numérique (SOCET SET® et DODGER), LH Systems assure les ventes avec son réseau de distribution en direct et au travers de diverses représentations.

(France LH Systems EURL
Tél. 01 55 47 99 71 – Fax 01 47 49 69 46)

Le Trimble nouveau

• Trimble (NASDAQ : TRMB) lance la TTS 500 station optique

Trimble confirme son engagement à proposer des systèmes de positionnement de hautes performances au monde de la topographie en présentant la TTS 500 station optique qui vient s'ajouter à la famille des stations totales GPS. Sa technologie permet des mesures de distances sans prisme et est conçue pour une utilisation sur les sites où le signal GPS est faible ou masqué.

En utilisant la TTS 500 le topographe collecte des données pour des chantiers topographiques, implantations de sites de construction, bornage, contrôle sismique et géodésique ainsi que pour des travaux de photogrammétrie. Trimble introduit la version 7.0 du logiciel Survey Controller pour le carnet de terrain TSC1 et la version 1.5 du logiciel de dessin Trimble Survey Office. Ces deux nouvelles versions permettent un échange de données souple et transparent entre les stations totales GPS 4700, 4800 et la nouvelle TTS 500 ainsi qu'avec les stations optiques et lasers d'autres fabricants. Cette interopérabilité entre GPS et instruments conventionnels optimise la productivité en permettant d'utiliser un ensemble d'outils variés et adaptés à chaque situation de terrain.

La TTS 500 est un instrument de mesure optique intégrant la technologie de distance mètre sans réflec-

teur. Cette technologie permet à un seul opérateur de réaliser rapidement des mesures qui nécessitaient beaucoup plus de temps avec une station optique conventionnelle. La TTS 500 EDM permet une précision millimétrique pour les travaux où le GPS n'est pas utilisable tels que tunnels, parking souterrain et forêts très denses ainsi que les façades d'immeubles ou d'édifices difficiles ou dangereux à atteindre.

• Survey Controller version 7.0

Le Survey Controller version 7.0 fonctionne sur le TSC1 carnet de terrain révolutionnaire. Le TSC1 est extrêmement résistant, très facile d'utilisation pour le contrôle et l'enregistrement des données. La conception orientée terrain du logiciel guide efficacement l'opérateur dans la maîtrise des systèmes GPS et des instruments de mesure conventionnels lasers et stations optiques même fabriqués par d'autres marques. Cette nouvelle version du Survey Controller permet tout, du traitement GPS en passant par les données optiques et RTK, jusqu'au transfert vers le logiciel de CAO et de cartographie. Utilisable par les GPS et les stations optiques conventionnelles des fabricants du marché.

• Logiciel Trimble Survey Office v 1.5

Trimble Survey Office 1.5 fait partie intégrante de l'interopérabilité entre GPS et système topographique conventionnel. C'est le premier logiciel qui permet à la fois le traitement des mesures GPS brutes, des mesures temps réel RTK et des données des instruments optiques les plus populaires du marché. Le logiciel est compatible Windows 95 et NT. Les utilisateurs bénéficient de nouvelles caractéristiques facilitant l'utilisation des données entre bureau et terrain. La réduction des données de terrain et la production automatique de carte permet de rapidement décharger les données du terrain et de produire des projets précis pour la construction. Lorsque le topographe est prêt à retourner sur le terrain pour implanter des points, Trimble Survey Office traduit les informations théoriques du projet et transfère le fichier complet du projet vers le TSC1. L'opérateur navigue vers chaque point et calcule instantanément un remblai ou un déblai. Si les conditions nécessitent l'utilisation d'une station optique, le topographe peut connecter son TSC1 au TTS 500 ou à toute autre station conventionnelle pour terminer son travail.



(Trimble Navigation France
Tél. 02 99 26 31 81
Fax 02 99 26 39 00
<http://www.trimble.com>)

IGN : les bornes de l'aventure



PEGGY BOUCHET
Traversée de l'Atlantique à la rame



LA BORNE



NICHOLAS GOUBERT
Prix spécial "IGN"

Créées par IGN il y a onze ans, les Bornes de l'Aventure ont pour vocation de récompenser chaque année les meilleurs aventuriers sur terre, sur mer et dans les airs. Une initiative à laquelle France 3 et France-Info se sont associés. L'édition 98 s'est intéressée aux défis majeurs qui se sont déroulés dans l'année, sans oublier de rendre hommage à quatre personnalités du monde de l'aventure qui ont disparu en 1998 : Eric Tabarly, Chantal Mauduit, Eric Escoffier et Patrick de Gayardon. 21 nom-

més étaient à l'affiche et soumis au vote du jury composé de leurs pairs parmi lesquels il faut citer, hélas en oubliant tous les autres : Florence Arthaud, Hubert Auriol, Isabelle Autissier, Patrick Baudry, Alain Bombard, Jean-Loup Chrétien, Jean-Louis Etienne, Titouan Lamazou, Nicolas Hulot, Jacques Lanzmann, Henri Pescarolo, Philippe Poupon, Patrick Ségal, Antoine etc.

Les Bornes ont été remises le 10 décembre dernier à l'Espace Moulin Rouge dans le cadre d'une soirée télévisée présentée par Laurent Bignolas, retransmise sur France 3 dans la nuit du réveillon de Noël. Ont été élus : BORNE DE L'AVENTURE SPORTIVE 98, Peggy Bouchet pour sa traversée de l'Atlantique à la rame, BORNE DE L'AVENTURE DÉCOUVERTE 98, Janot Lambert pour son expédition sous-glaciaire au Groenland, BORNE DE L'AVENTURE EUROPÉENNE 98, Alain Hubert et Dixie Dansercoer pour leur traversée du pôle Sud à pied, BORNE D'OR IGN DE L'AVENTURE, à l'aéro-club de France à l'occasion de son centenaire, deux prix spéciaux ont été attribués : PRIX SPÉCIAL VOYAGEURS 98, à Alexandre Poussin et Sylvain Tesson pour leur traversée de l'Himalaya à pied, PRIX SPÉCIAL SPORTIF IGN DE L'ANNÉE 98, Nicholas Goubert, champion de France de triathlon travaillant au SDT Géoroute à St Mandé, a qui nous adressons nos félicitations spéciales. Un PRIX FRANCE-INFO DES AUDITEURS a été attribué à Bruno Peyron et Skip Novak pour leur traversée record du Pacifique Nord 114 jours, 17 heures, 22 mn!).

Une étude de IETI Consultants sur les CD-Rom de navigation routière pour le grand public

Il existe une dizaine de CD-ROM d'aide à la navigation routière et à la recherche d'itinéraires dans les rayons des vendeurs d'informatique pour le grand public. La société IETI-Consultants a comparé entre eux ces produits : proposent-ils les mêmes itinéraires, disposent-ils des mêmes fonctionnalités, et s'appuient-ils sur les mêmes bases de données géographiques ? Plusieurs critères ont été observés : les itinéraires, la rapidité de calcul, les fonctionnalités et données additionnelles, l'ergonomie, les facilités d'installation, la zone couverte, les prix. Les produits testés couvrent l'Europe et trois ne concernent que le territoire français.

De réelles disparités existent entre les différents produits. Les dates d'édition varient de plus de deux ans. Une synthèse de comparaison a été établie qui permet à des acquéreurs potentiels de faire un choix. L'étude complète est disponible gratuitement sur le site WEB à l'adresse :

<http://www.ieti.fr/1p-cdroute.htm>
(Bd des États-Unis - 71 000 Mâcon)
Tél. 03 85 21 91 91 - Fax 03 85 21 91 92

StreetNet Connect France

C'est une base de données vectorielles très précise, c'est une carte de référence pour les applications SIG. Ce produit comprend trois niveaux : un réseau de routes principales en trois catégories de voies de circulation (autoroutes, nationales et départementales), avec les points d'intérêts rencontrés, un réseau "rues", très détaillé depuis les autoroutes jusqu'aux petites allées, et comprenant les chemins de fer, les voies navigables, les terrains, les zones bâties, les informations administratives et les grands points d'intérêt, enfin un réseau d'interconnexions comprenant cinq catégories de voies de communication. StreetNet Connect France est distribué par Tele Atlas.

(TELE ATLAS BV - 47 av. Carnot - 94 230 Cachan)
Tél. 01 49 08 53 53 - Fax 01 49 08 72 53
<http://www.teleatlas.com>

Un mensuel sur les SIG



"SIG, la lettre" titre d'un mensuel qui se veut un rendez-vous régulier d'informations simples et efficaces sur les SIG. Son ambition est d'aider les fournisseurs, les utilisateurs, les observateurs, tous ceux qui font le marché des SIG, à se repérer dans cet univers de plus en plus complexe.

La rédaction du journal est dirigée par Françoise de Blomac, ex-responsable marketing à ESRI, responsable marketing com. d'Intergraph, et chef de produit chez ADDE. "La lettre" se veut indépendante, au service exclu-

sivement des utilisateurs de SIG, donc sans publicité aucune.

Le premier numéro est paru en novembre 1998. Parmi les rubriques, notons : un article sur le problème d'une véritable politique nationale et européenne de l'information géographique, à l'occasion d'une question posée par un sénateur au gouvernement, un "dossier" sur SIG et système d'exploitation, d'Henri Pornon : SIG, pouvoir et organisation, les rencontres cartographiques d'Arles (4^{èmes} rencontres régionales de l'IGN), quelques expériences d'agences d'urbanisme, des "infos" du monde des SIG, des interviews de responsables...

Édité par "Rouge vif" - 4 rue Gaston Monmousseau
BP 420 - 78055 St Quentin en Yvelines - CEDEX
Abonnement pour 10 numéros (1 an) : 1750 F
ou 2 ans, 2975 F.

Le SIG en 3D : "GeoConcept 3D"

Les informations d'altitude associées aux objets géographiques sont désormais visibles dans un navigateur à l'aide de la technologie VRML. C'est une extension du SIG GeoConcept 3.6, il crée des visualisations 3D de terrains et de cartes, calcule des profils en long, fait des études d'intervisibilité. Les scènes sont créées par placage de textures sur le Modèle Numérique de Terrain, et par la transformation des objets géographiques GeoConcept en objets volumiques. Des objets VRML existants peuvent être associés aux objets géographiques. Ceci permet, par exemple, d'associer des objets réalistes à des symboles géographiques (arbres, poteaux, lampadaires...).

Les fichiers au format VRML produits peuvent être distribués sur Internet et affichés dans n'importe quel navigateur Web disposant d'un navigateur VRML (Netscape4, Internet explorer 3 ou 4 avec CosmosPlayer).

Tous les utilisateurs pour qui la troisième dimension est un élément de décision sont concernés : collectivités locales, urbanistes, environnement, aménagement etc.

Disponible au prix conseillé de 15000 FHT.

(GeoConcept SA
25/27 rue de Tolbiac - 5647 Paris CEDEX 13
Tél. 01 53 94 57 00 - Fax 01 53 94 57 99
<http://www.geoconcept.com>
e-mail : info@geoconcept.com).

Spectra Precision : nouvelles cordonnées

Depuis le 14 décembre :

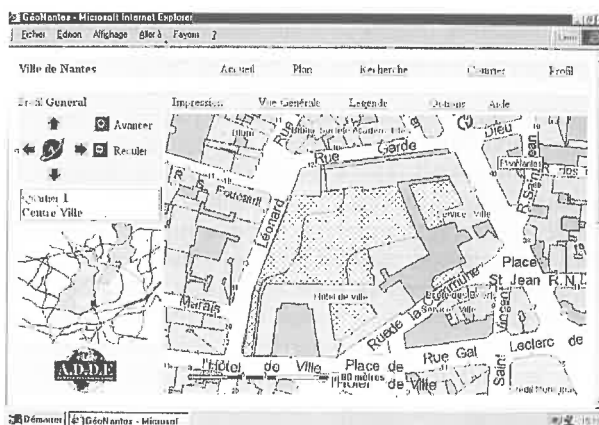
Parc Hightec VI - 9 av. du Canada
Les Ulis - 91966 Courtabœuf CEDEX
Tél. 01 69 18 63 30 - Fax 01 69 18 63 27
Tél. SAV 01 69 18 63 70 - Fax. SAV 01 69 18 63 60

Un observatoire géodésique à Tahiti

À Tahiti (Panaaia) s'est installé progressivement depuis 1995 une station laser et des balises de radiopositionnement, Doris, GPS, Prare. Le campus de l'Université française du Pacifique les accueille ainsi qu'une balise Argos. Ces quatre techniques de positionnement permet-

tent ainsi le recalage des différents repères conférant à ce site le titre d'Observatoire Géodésique de Tahiti qui fait désormais partie du réseau mondial d'Observatoires Géodésiques. Parmi ses contributions : étude des plaques tectoniques, cinématique, géodynamisme global, positionnement du géocentre, rotation de la Terre, interaction Terre-Océan-Atmosphère, altimétrie... Ces actions sont possibles grâce à un accord CNES, UFP, NASA, signé pour une durée de dix ans.

Nantes : le choix de Mapinfo MapX



La mairie de Nantes a engagé ses ressources cartographiques dans les solutions Intranet et Internet.

Elle est la première ville française à ouvrir ses fonds cartographiques sur le site et offre ainsi à ses administrés des services conviviaux et une information pertinente. Pour ce faire, le service géomatique a mis en œuvre la solution Mapinfo MapX. Les données cartographiques ont pu être décentralisées ce qui a favorisé la naissance de nouvelles demandes émanant d'utilisateurs occasionnels qui avaient ainsi un outil simple à leur disposition. Par ailleurs, cette solution répond aux impératifs de souplesse, de partage d'une même source d'information et de multiplicité des points d'accès. Ce projet s'inscrit dans une démarche globale de la ville baptisée InterNantes qui doit faciliter la mise à disposition et la circulation de l'information entre les services de la mairie grâce à Intranet.

La solution choisie est distribuée par ADDE, spécialiste français de l'édition de logiciels et de technologies liées à la cartographie décisionnelle. Nantes s'était fixé comme critère de choix la fiabilité du produit et son avance technologique.

(ADDE - 17 rue Louise Michel BP 29
92301 Levallois-Perret CEDEX
Tél. 01 41 05 37 05 - Fax 01 47 58 76 46
E-mail : adde@adde.fr - Internet : www.adde.fr)

Spot-image à Pékin

Beijing Spot Image Co Ltd a été créé en juillet 1998 avec la mission de commercialiser les données reçues à la station de réception de Miyum en Chine. Ce joint-venture entre SpotImage-France et la China Remote Sensing Satellite Ground Station (RSGS) est présidé par François Begaud qui était responsable de la zone Extrême-Orient.

L'inauguration s'est déroulée à Pékin le 24 septembre dernier en présence de Claude Allègre, notre ministre de l'éducation nationale, du vice président chinois de l'Académie des Sciences, de Jacques Mouysset PDG de Spot-Image et du professeur Pan, directeur du RSGS. La présence de 200 personnalités chinoises et françaises a permis la rencontre avec de nombreux utilisateurs potentiels des produits Spot.

IGN et Internet

Depuis plus de dix ans l'IGN a pris le virage du numérique, notamment en créant de multiples bases de données utilisables directement sur ordinateur. Internet permet aujourd'hui d'aller plus loin dans les services de l'IGN, et, dans cette optique, l'Institut met en œuvre une stratégie de développement progressif de l'usage de ce nouveau média. Son site Internet a été constitué avec des moyens modestes, mais aujourd'hui la grande richesse de contenu accumulé dénote une réelle ambition sur le moyen et le long terme. Deux grandes familles de prestations sont offertes : l'information sur l'Institut et ses produits et les services en ligne offerts par l'établissement. L'information consiste en présentation de l'IGN, en catalogue de produits grand public et de services professionnels, les services en ligne permettent d'acheter par correspondance les photos aériennes sur le territoire métropolitain (ils utilisent le service télécommerce de France-Télécom qui sécurise la transaction), la localisation de la photo est réalisée comme pour une simple consultation sur fond de carte affiché sur écran. De nouveaux services sont prévus pour l'avenir : l'achat de l'ensemble des cartes IGN (plus de 3000 titres), l'accès à une base de 2 millions de toponymes, l'accès aux données de géodésie et de nivellement (80 000 bornes et 450 000 repères de nivellement actuellement sur Minitel), etc.

Pour présenter ces réalisations et projets, Jean Poulit, Directeur Général de l'IGN, a tenu une conférence de presse le 18 novembre dernier.

Partenariat IGN intergraph

Un nouveau partenariat entre l'IGN et Intergraph se fixe pour objectif de permettre aux élèves de l'École Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) d'accéder à une technologie de pointe et de former des photogramètres sur outils Intergraph. Pendant trois ans la société fournira à l'ENSG une configuration complète, matériel et logiciels, et effectuera la maintenance et la mise à niveau. L'ENSG transmettra à Intergraph des informations d'ordre technique pour optimiser les outils. La société formera deux enseignants pour l'ENSG.

(www.ensg.ign.fr ou e-mail : info@ensg.ign.fr)

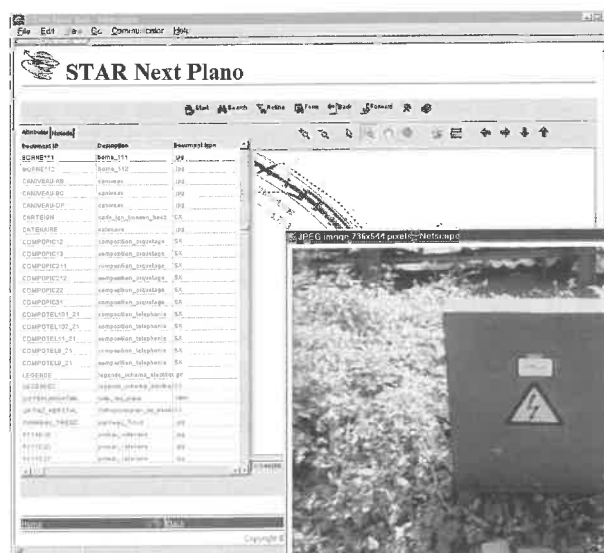
StarNext et PlanoNext

Depuis deux ans "Star informatic" a développé une nouvelle catégorie de logiciels qui s'appuie sur la technologie Internet pour améliorer la communication avec de très grandes bases de données graphiques. Ce sont des logiciels techniques pour la conception et la gestion d'infrastructures : STARNEXT.

Star Informatic a également développé une application d'exploitation d'armoires à plans numérisés qui utilise

Internet. Le point fort de ce produit baptisé PlanoNext est la vitesse d'affichage de plans matriciels ou vectoriels de très grande taille. Avec un modem et une ligne téléphonique standard moins de 10 secondes sont nécessaires pour dessiner le plan complet ou n'importe quel agrandissement quelles que soient la taille et la complexité. Ce système développé en Java utilise Corba. Le poste de l'utilisateur se contente d'un navigateur MSEXPLORER ou NETSCAPE.

PlanoNext est destiné au secteur industriel et aux gestionnaires d'infrastructures. Il permet l'accès de n'importe quel endroit du globe à des documents gérés sur plusieurs serveurs délocalisés. Outre le logiciel, Star Informatic offre des solutions d'hébergement de l'application et des armoires à plans sur ses propres serveurs sous la forme de services loués.



(Star Informatic, + 32 4367 53 13 (ext. 340)
GSM : + 32 7524 6057 - Fax : 32 4367 17 11
e-mail : jpc@star.be)

Lancement réussi de "GLONASS"

Le lanceur "PROTON" a mis sur orbite le 30 décembre 98 à 21 : 35 : 46 : 23 MT (UTC + 0300) un bloc de 3 satellites Glonass dans le créneau 7 (plan orbital 1). Il a été programmé pour placer les satellites en action selon : SV-779 (Kosmos 2364) créneau 2 (canal 2), SV-784 (Kosmos 2363) créneau 7 (canal 7), SV-786 (Kosmos 2362) créneau 8 (canal 8). Il faudra trois ou quatre semaines pour qu'ils soient en position exacte et opérationnels.

GPS - Nouvelle gamme Leica Geosystems

Le system 500, une gamme de capteurs et de logiciels GPS au sein de laquelle l'utilisateur a le choix entre 3 capteurs (SR510, 520 et 530) de dimensions réduites et légers et SKI-Pro, un nouveau logiciel branché sur l'environnement Windows™.

Ces capteurs peuvent être mis en station sur un trépied (modes Statique et Statique Rapide), sur une canne à plomb (topo et levers en temps réel), avec un sac à dos pour les applications SIG, embarqué sur un véhicule en

mode cinématique, sur un bateau pour l'hydrographie ou sur un pilier pour l'auscultation.

Les trois modèles sont dotés du nouveau microprocesseur breveté ClearTrak™ assurant un contact rapide avec les satellites et une excellente poursuite, même dans le cas d'élévations faibles et de conditions défavorables. Les nouvelles techniques de traitement du signal et d'atténuation des trajets multiples permettent aux capteurs du System 500 de fournir des mesures de haute précision dans des conditions jugées jusqu'alors inadaptées aux observations GPS.

L'extension des capteurs du System 500 étant très facile (du SR510 au SR520 au SR530), les clients peuvent acquérir le capteur correspondant à leurs besoins et à leur budget actuels en ayant l'assurance qu'une extension vers un modèle plus complet est possible à tout moment.

Les capteurs GPS étant de plus en plus utilisés comme des cannes porte-prismes de station totale, le système 500 laisse le choix entre les cannes en alu ou en fibre de carbone.

Les programmes pour les routines COGO, les calculs de surfaces, l'implantation de lignes et de surfaces et la détermination de points inaccessibles sont intégrés en standard.

Le nouveau logiciel SKI-Pro complète le system 500, il fonctionne sur des plates formes 32 bits équipées de Windows™ 95, 98 ou NT et offre une assistance au bureau, la gestion des données et des projets et un post-traitement intégral des données.



(Leica Geosystems – 86 av. du 18 juin 1940
92563 Rueil Malmaison CEDEX
Tél. 01 4732 8542 – Fax 01 4732 8595)

OCE : nouvelles offres logicielles

Début février OCE a présenté à l'occasion du MICAD sa nouvelle stratégie élaborée autour de solutions d'impression et d'archivage, en y adjoignant des offres logicielles. Parmi celles-ci et en avant première OCE REPRO EXEC, système unique de gestion des archives et impressions.

Spécialement conçu pour les industriels, est compatible avec tous les systèmes multifonctions grand format du marché et notamment ceux de la Série 9 Océ (Océ 9800, Océ 9700, Océ 9600, Océ 9400). Bâti sur une architecture Client/Serveur, Océ Repro Exec permet de pointer, de visualiser et d'imprimer toutes sortes de fichiers.

Comme tout serveur d'impression, il intègre des fonctions d'administration et de gestion des files d'attente, avec en plus, l'optimisation des ressources liées aux solutions Océ. Ce système logiciel totalement modulaire et évolutif, permet une intégration et des liens actifs vers les bases de données clients.

Une autre nouveauté, Océ 9600, un système multifonctions (copieur, scanner, imprimante) grand format à 4 A0/minute. Destiné aux marchés de la GED, de la CAO et aux reprographes, permet simultanément la numérisation, le traitement de l'impression et de la finition. Il produit des documents du A4 au A0 sur une longueur allant jusqu'à 15 mètres. L'Océ 9600 dispose d'autres caractéristiques uniques : une capacité d'alimentation inégalée (jusqu'à 16 combinaisons possibles avec des variations de 2 à 6 bobines et jusqu'à 3 cassettes feuille à feuille) et un système de finition intégrée totalement pilotable à distance depuis le poste de travail.

L'Océ 9600 possède les standards de qualité propre à la Série 9 (résolution de 400 dpi et Océ Image Logic pour un excellent rendu des impressions).

(OCE – France – 32 av. du Pavé Neuf
93882 Noisy le Grand CEDEX
Tél. 01 45 92 50 00 – Fax 01 43 05 12 15)

G2C, un groupement d'associations au service du Génie Civil



Outre la très grande variété des disciplines et des professions, le Génie civil se caractérise par une très grande variété de spécialités techniques.

La diversité et l'interdisciplinarité sont de très grandes richesses, mais pour qu'elles soient bien exploitées il faut qu'elles soient accompagnées par un effort de coordination. C'est cette prise de conscience qui a conduit à la création de G2C dont notre association fait partie. Tous

les membres sont exclusivement des associations regroupées pour être un lien de concertation et d'échanges, un foyer d'actions communes et un centre de réseau d'information.

G2C regroupe actuellement quinze associations.

PcVision présente Geofield



PcVision annonce la sortie officielle du logiciel GéoField, le croquis de terrain électronique compatible DWG.

L'application GéoField est un nouveau logiciel développé par PcVision fonctionnant sur un penpad (ordinateur de terrain à écran tactile) dans l'environnement Windows. Ce logiciel est un outil complémentaire aux appareils de terrain (tachéomètres, systèmes GPS,...)

GéoField permet :

- d'effectuer un levé géocodifié sur le terrain, et d'obtenir en temps réel le dessin du levé avec symbolique associée sur le penpad
- d'implanter des points à partir d'un dessin DWG chargé sur le penpad
- de mettre à jour et de compléter un levé déjà réalisé, à partir d'un dessin chargé sur le penpad
- d'associer des attributs S.I.G. aux objets levés

L'environnement de travail a été étudié afin de permettre une utilisation simple et intuitive sur le terrain. (Boîtes de dialogue Windows, radiocommande des appareils de levé, sélection des commandes par icônes,...).

(Pour plus de renseignements : PcVision : 0329086818
Contact : Étienne MORO
Site Internet : www.pcvision.fr)

Nouveaux logiciels de photogrammétrie à C.H.S.

Annoncés par « Continental Hightech Services » pour compléter le logiciel principal Photomod :

Aerot 1 est un ensemble indépendant d'aérotriangulation par faisceau qui s'emploie avec ou sans **PHOTOMOD**. Une fonction de calcul bathymétrique permet de déterminer les coordonnées de points observés sous la surface de l'eau, à partir de points connus au sol.

Sacade est un logiciel indépendant de **PHOTOMOD** destiné au calcul de redressement d'image soit sur plan moyen ou niveau 2 lorsque quelques points sont connus en X, Y, Z, soit orthorectification ou niveau 3 lorsque le MNT est parfaitement connu. »

(C.H.S. – 370 av. Napoléon Bonaparte – 92500 Rueil Malmaison – Tél. 01 47 51 57 47 – Fax 01 47 49 37 21
<http://www.chs-carto.fr>).

Alliance IBM/Leica Geosystems

Leica Geosystems, par cette alliance, va combiner sa technologie GPS à celle d'IBM en matière de cartes électroniques en silicium germanium.

Le but est de réduire la taille des systèmes GPS et leur coût de fabrication. Parallèlement IBM intégrera la technologie GPS à ses innovations devenant ainsi un acteur majeur du GPS. Cet accord ouvrira de nouveaux marchés et de nouveaux horizons à Leica Geosystems dans le domaine topographique, la navigation embarquée dans les véhicules, les ordinateurs portables, les téléphones cellulaires, etc.

Alliance conclue le 21 octobre dernier.

(Leica Geosystems – 86 av. du 18 juin 1940
92563 Rueil Malmaison CEDEX – Tél. 01 47 32 85 90
Fax 01 47 32 85 95 – www.leica-geosystems.com).

Un D.E.S.S. SIG et gestion de l'espace

C'est le diplôme que proposent, en formation professionnelle de haut niveau, l'Université Jean Monnet et l'École Nationale d'Ingénieurs de St Étienne.

Les spécialistes S.I.G. doivent disposer d'une culture informatique solide sur micro-ordinateur et station de travail. Ils ont besoin d'une connaissance générale des outils de la gestion de l'espace et du contexte de ses métiers. Il faut enfin qu'ils maîtrisent les outils et méthodes de gestion de l'information géographique.

Le DESS se veut aussi un lieu de réflexion, de débats et d'échanges entre des étudiants aux parcours et aux cultures différents, tous passionnés par la gestion et l'analyse de l'information géographique. Cette expérience s'avère un atout précieux pour des futurs professionnels appelés à conduire des projets dans des contextes de travail multi-métiers et multi-disciplines.

CRENAM – Université Jean Monnet
6 rue Basse des Rives – 42023 St Étienne CEDEX 02
Tél. 04 77 42 19 25

ENISE – 58 rue Jean Parot
42023 St Étienne CEDEX 02 – Tél. 04 77 43 84 84

Erratum : Dans l'article de Marie-Thérèse Gambin « Plans et cartes de villes à la Renaissance », le texte d'Alberti comprend aussi les deux colonnes de la page 77, qui auraient dû figurer en caractères italiques. (XYZ n°77).

ANNONCES

• 78-1- (1)

Cabinet Seine-Maritime, 5 employés, recherche ingénieur type ENSAIS pour stage DPLG en vue de reprise sous 3 à 5 ans. Travaux privés et administratifs en Topographie, Urbanisme et VRD.

Écrire à M. DUPÉ, Géomètre-Expert Foncier, 9 rue Dubois – 76 430 SAINT ROMAN

• 78-1- (2)

39 ans, Ingénieur Topographe, 15 ans d'expérience dans une grande entreprise de prospection pétrolière, recherche poste à responsabilités techniques, commerciales, administratives.

Tél. 01 60 13 37 50 ou écrire à la revue qui transmettra.

SUR NOTRE AGENDA

- 10/11-03-99** Les crues de la Normale à l'Extrême
Lyon – SHF – Tél. 01 42 50 91 03 – Fax 01 42 50 59 63
- 15/17-03-99** Géodésie et Topographie dans le futur
Gavle (Suède) – Renseignements : J.M. Becquer – Tél. 46 26 63 30 00 – Fax 46 26 61 06 76
- 19/22-03-99** Premières journées de l'arpentage romain, "de l'arpenteur romain au géomètre moderne".
Marseille – Inscription : P. Joachim Rubini au 04 91 94 06 69.
- 16/26-04-99** 124^e Congrès des Sociétés Historiques et Scientifiques.
Nantes – 1 rue Descarte – 75005 Paris.
- 27/29-04-99** Salon MARI (Stand AFT : H13)
Carrousel du Louvre – Paris – Tél. ORTECH 01 45 23 08 16
- 18/21-05-99** GEOTECHNICA 99
Cologne – Tél. 49 (221) 8210 – Fax 49 (221) 8212574
- 20/21-08-99** 19^e conférence cartographique internationale
Ottawa – Tél. 1 (613) 992 9999 – Fax 1 (613) 995 8737
- 01/03-09-99** INTERGEO 99 et 83^e geodätentag
Hanovre – Tél. 49 (721) 931 330 – Fax 49 (721) 931 3311
- 11-09-99** COAST GIS 99
Brest – IFREMER
- 18-09-99** ION-GPS 99
Nashville USA – Tél. 1 (703) 683 7101 – Fax 1 (703) 683 7105
- 23/24-09-99** 47^e semaine photogrammétrique
Stuttgart – Tél. 49 (711) 121 3201 – Fax 49 (711) 121 3297
- 25/26-09-99** Symposium "Global navigation satellite system"
Italie (voir l'AFT).

BULLETIN D'ADHÉSION

à retourner à l'AFT - 136b rue de Grenelle - 75007 SP Paris (France)

Mr ☐ Mme ☐ Mlle ☐ ou raison sociale ☐

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Profession : _____ Secteur d'activité : _____

TARIFS ANNUELS

La cotisation est indissociable de l'abonnement à la revue trimestrielle XYZ.

Un droit d'inscription (entre parenthèses) est perçu à l'adhésion.

- Ingénieur, Géomètre-Expert, Indépendant, Cadre, Personne morale : **435** Frs (+ 50 Frs)
- Technicien, Agent de maîtrise, Retraité cadre et ingénieur, Enseignant : **275** Frs (+ 30 Frs)
- Etudiant, Stagiaire, SN, Retraité technicien et agent de maîtrise : **190** Frs (+ 10 Frs)



des commissaires aux comptes (MM. Vinot et Challine)
au dépouillement du vote (MM. Faverjon et Cabanel)

Assemblée générale de l'AFT - 20 ans d'activités

Le 15 décembre dernier s'est tenue l'Assemblée Générale annuelle statutaire de l'AFT. Le rapport moral, présenté par Edmond Barbacanne, secrétaire général, a été approuvé à l'unanimité des membres présents, le rapport financier également qui était présenté par Robert Vincent.

L'assemblée devait procéder au renouvellement statutaire de sept membres du Conseil. 286 votants ont pris part au vote, 224 se sont valablement exprimés (62 bulletins nuls). Ont été élus ou réélus : André Bailly, Jean Bret (élu), Robert Chevalier, Jean Fleury, Jean Giraud, Pierre Grussenmeyer (élu) et Jacques Riffault (élu).

Bienvenue aux nouveaux élus qui participaient déjà avec constance aux activités AFT.

Le conseil est maintenant le suivant, après vote et réunion du nouveau conseil :

Président : André Bailly

Vice-présidents : Jean Bourgoin
Robert Chevalier
Michel Mayoud
Jacques Tassou

Secrétaire Général : Edmond Barbacanne

Secrétaires Adjointes : Pierre Bijou
Pierre Second

Trésorier : Dominique Vinot

Trésorier Adjoint : Pierre Grussenmeyer

Membres : Jean-Marie Becker, Jean Bret,
Jean Cabanel, Jean Fleury,
André Giraud, Jacques
Riffault,
André Rish, Robert Vincent

Dans une réunion du précédent Conseil, le 17 novembre 1998, le principe de la 4^e CITOP pour les 20 ans de l'AFT a été retenu pour 2000, sans arrêter le lieu. Le Comité de lecture de la revue a reçu le renfort de Christian Meyer et Claude Million, et le Comité de rédaction accueille désormais Pierre Grussenmeyer et Pascal Willis.

Il a été noté la participation de l'AFT : au congrès de la FIG à Brighton (A. Bailly, R. Chevalier, J. Tassou et sept conférenciers présentés), au congrès des Géomètres allemands, Intergéo (A. Bailly, R. Chevalier, P. Grussenmeyer, D. Vinot et un stand AFT), Univers Carto 98 à Chartres (J. Fleury, A. Giraud).

André Giraud a participé au colloque du groupe G2C, fin 99, sur le thème "risques en génie civil" qui présentera le résultat d'ateliers qui auront fonctionné tout au long de l'année.

L'AFT adresse ses remerciements à ceux qui quittent le Conseil après de nombreuses années de collaboration, Jacques Furher et Michel Meymier, et tout particulièrement Raymond d'Hollander pour le travail remarquable effectué pour la revue, il conserve son titre de Vice-Président Honoraire, pour notre honneur et avec notre gratitude.



informatique et topographie

XXII^{ème} colloque aft

Le 3 décembre dernier, sur le campus de l'ESTP de Cachan, l'amphithéâtre accueillait les participants au XXII^e colloque AFT sur le thème "Informatique et topographie".

Nous ne saurions trop remercier l'ESTP et son directeur Serge Eyrolles, Régis Vallée directeur des études et M. Ourgaud directeur du Campus, pour leur accueil, leur collaboration et l'aide matérielle apportés à cette journée, renforçant ainsi, s'il en était besoin, les liens jamais démentis entre l'École et l'AFT.

Côte à côte, étudiants, professionnels, fabricants, utilisateurs, ingénieurs et techniciens, ont écouté les trois conférenciers, MM. Jean Poulit, directeur général de l'IGN, Jean-Philippe Souchon (IGN-LOEMI) et Patrick Guillemin de l'EDF-GDF, dont nous publions les communications dans les pages suivantes. Les participants pouvaient ensuite visiter l'exposition et conférer avec les 24

exposants où nous retrouvions avec plaisir les fabricants et les produits souvent présents dans nos colonnes*.

12 mini-conférences dont nous parlerons dans notre prochain numéro, jalonnaient la journée en continu animée par : Atlog, Leica, Trimble, Husky, Spectra-Precision, Carl-Zeiss, PcVision, Kartes, Bornes et Balises, Fogale-Nanotech, DAP Technologies, D et P Systems.

Pour aiguïser le "pointu" de la journée, Claude Boucher s'adressait aux élèves de l'ESTP pour leur parler de la recherche à l'IGN, lesquels élèves étaient ensuite reçus par le Conseil de l'AFT devant une collation offerte en leur honneur.

Parmi les personnalités qui ont honoré le colloque de leur présence on notait Michel Louis, ancien directeur général adjoint de l'IGN, M. Gastaldi, ancien président du CA de l'IGN, M. Berthier, président du CNIG, et des membres éminents de l'administration et des entreprises de topographie ou ayant un secteur topographie.

Claude Boucher



*Setam-Informatique, Bornes et Balises, Spectra-Precision, Nikon, France-Sercel, Pentax, GeoMédia, Carl-Zeiss, Topcon, Leica-Geosystems, Maury-Informatique, JS Info, Mesures et Systèmes, Atlog, WPI Husky, Le Pont Équipements, Trimble, Soft-Construct, Azimat, Kartes, Fogale-Nanotech, DAP Technologies-Martec.

N.D.L.R. : Notons les stages d'initiation et de perfectionnement de l'ESTP : - connaissances de base en topographie, - perfectionnement en topographie, - de l'importance du nivellement en voirie urbaine. Pour les renseignements : Tél. 01 44 41 11 35 - Fax 01 44 41 11 41 Web <http://www.estp.fr>

Jean-Philippe Souchon



l'information géographique et l'innovation IGN

Jean Poulit
directeur
général ign



L'IGN a une longue tradition de qualité technique. Il dispose de laboratoires réputés qui font progresser la science géographique. Un exemple en témoigne : la caméra numérique très haute définition, décrite dans un article de ce numéro et présentée au Colloque AFT de Cachan par Jean-Philippe Souchon, brillant chercheur à l'Institut.

Il s'agit là d'une réalisation à la pointe des nouvelles technologies numériques qui apporte de nettes améliorations en matière de qualité radiométrique des prises de vues et de souplesse de traitement des données. Nous allons à grands pas vers le tout numérique. Le domaine géographique comme beaucoup d'autres domaines, vit une véritable mutation et l'innovation est au cœur de cette mutation.

C'est notamment sur ce point que l'Institut a insisté dans son rapport stratégique au gouvernement établi au printemps 1998 "l'IGN et la Société de l'Information" dont l'instruction est en cours. Parmi les cinq orientations stratégiques proposées, deux paraissent essentielles : l'innovation et le développement des partenariats public/privé. Je vais, après vous avoir rappelé le contenu de ces cinq axes stratégiques, vous présenter la politique d'innovation et de partenariat poursuivie par l'IGN.

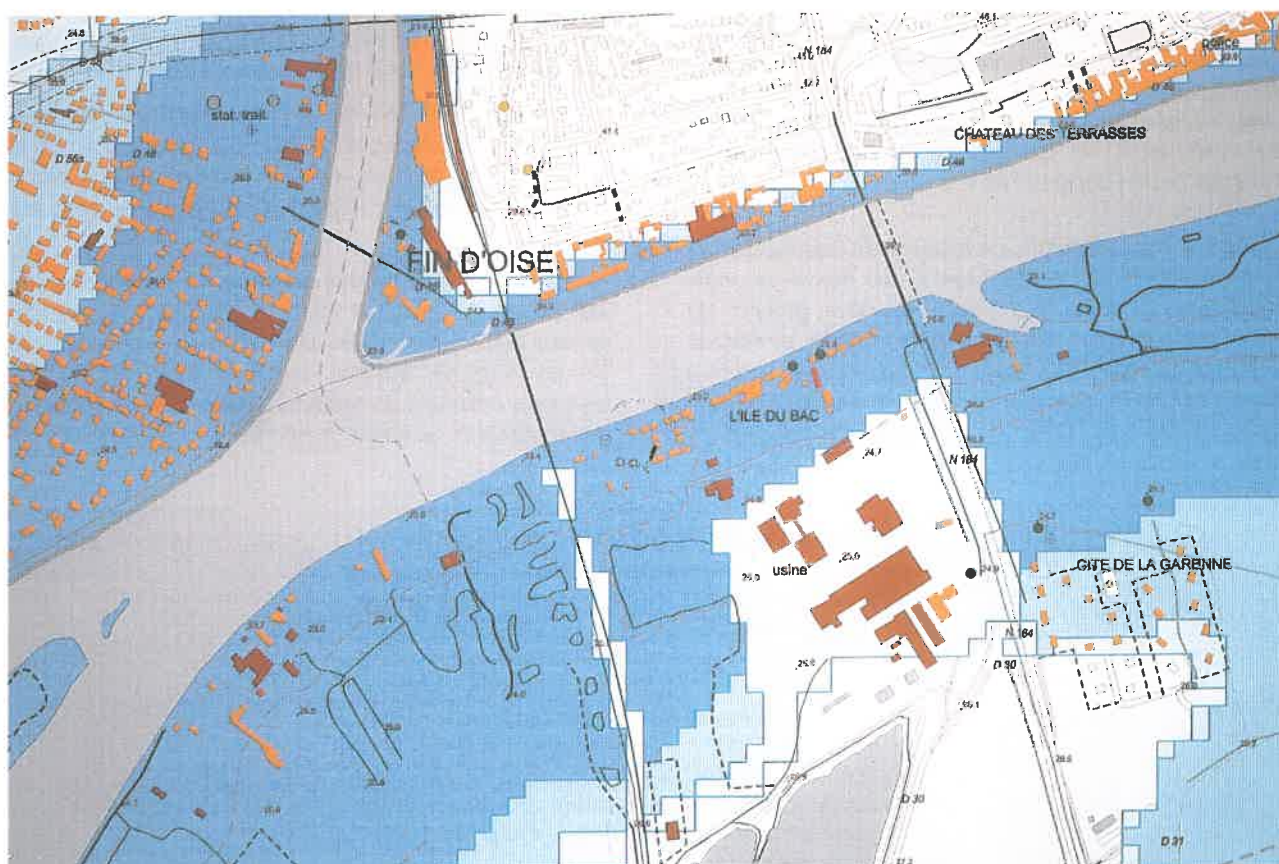


Photo 1



Photo 2

I. LES CINQ ORIENTATIONS STRATÉGIQUES DE L'IGN

L'Institut a proposé dans son rapport stratégique au gouvernement des orientations claires destinées à soutenir la croissance de l'usage de l'information géographique en France.

1^{ère} orientation

• **Rappeler, rénover et conforter les missions d'intérêt général de l'Institut** dont l'activité de production d'informations géographiques touche des domaines essentiels : liberté de circulation, sécurité civile et militaire, protection des personnes et des biens, environnement, aménagement du territoire.

2^e orientation

• **Renforcer la synergie des grands programmes civils, militaires et internationaux de production et d'exploitation d'information géographique** : je citerai simplement un exemple pour illustrer cette orientation, celui des programmes de navigation développés pour les avions militaires dont les Modèles Numériques de Terrain peuvent être exploités pour concevoir des équipements anti-collision sol à bord des avions civils.

3^e orientation

• **Clarifier les modalités de financement des activités de l'Institut, en distinguant notamment :**

– Les programmes financés intégralement par la puissance publique (on y trouve le réseau géodésique, le nivellement et la couverture aérienne de base)

– Les programmes financés par la puissance publique mais dont le coût est atténué par des licences d'usage ou des droits de reproduction acquittés par les utilisateurs (on y trouve en particulier les grandes bases de données numériques de l'IGN)

– Les programmes à valeur ajoutée sur les données publiques, financés par les utilisateurs. Bien entendu, les prestations complètes de service sur cahiers des charges spécifiques ne faisant pas appel aux données de l'IGN sont entièrement rémunérées par les utilisateurs.

4^e orientation

• **Faire de l'innovation un axe stratégique**

5^e orientation :

• **S'adapter à l'évolution du contexte économique et professionnel du secteur en développant les partenariats public/public et public/privé.**

Ce sont ces 4^e et 5^e orientations que je vais maintenant développer.

II. L'INNOVATION, CLEF DE LA RÉUSSITE

L'innovation est aujourd'hui une des conditions essentielles de la réussite d'une entreprise.

Pourquoi innover ?

Les capacités d'innovation doivent être utilisées pour concevoir des produits nouveaux diversifiés, bien adaptés aux besoins à satisfaire et à coûts maîtrisés.



Photo 3

Photo 4



L'innovation permet en effet :

– d'adapter l'offre aux besoins de l'utilisateur par :

- le développement de nouveaux produits : prises de vue aériennes numériques, BD TOPO® en zone rurale 5 fois moins chère que la BD TOPO® standard, BD Parcellaire compatible BD TOPO®.
- l'utilisation de nouveaux media (CD-ROM, Internet, imagerie...)
- la mise en œuvre de nouveaux processus de fabrication.

– de diminuer le coût de fabrication et d'augmenter la flexibilité de la production par :

- l'utilisation des résultats de la recherche : reconnaissance d'objets sur les images, lecture automatique de cartes pour la constitution de bases de données.
- l'utilisation de nouveaux modes d'acquisition des données : procédés de positionnement, caméra numérique.
- la conception de processus de fabrication adaptés à des produits divers.
- la valorisation de l'expertise des ingénieurs et des techniciens

Sur quels produits innover ? :

Concrètement, cet effort d'innovation portera sur l'amélioration de produits existants ou sur la conception de produits nouveaux.

Tout d'abord les photographies aériennes :

Le programme de couverture systématique du territoire sera maintenu avec un rythme de renouvellement de 5 ans en ayant recours à la caméra numérique, en cours d'industrialisation, ou bien en effectuant une numérisation systématique des missions aériennes départementales.

L'évolution majeure résidera dans la création systématique d'une couverture d'orthophotographies numériques d'après ces missions au même rythme que celles-ci, c'est-à-dire 5 ans. C'est un projet ambitieux qui a pour vocation de répondre aux besoins exprimés récemment.

Ensuite les bases de données géographiques existantes :

- La scannérisation des cartes au 1 : 25 000 sera achevée.
- Les bases de référence que sont la BD ALTI® et la BD CARTO® seront mises à jour et enrichies.

Enfin, la grande base de données de l'IGN, la BD TOPO® :

Cette base de données géographiques, de précision métrique, couvre déjà 25 % du territoire et 55 % de la population. Afin d'accélérer sa constitution, nous avons au cours des 6 derniers mois mis au point une méthode très innovante permettant en zone rurale de diviser par 5 le coût et les délais de réalisation de la BD TOPO®. La couverture de la totalité du territoire national pourra être ainsi achevée en 2005 au lieu de 2017, date auparavant envisagée.

Et demain, la BD parcellaire :

Nous conduisons avec la DGI un programme ambitieux d'adaptation du Cadastre aux techniques numériques : la DGI réalisera la numérisation et la lambertisation du cadastre. L'IGN assurera le recalage géométrique

des planches cadastrales et la vectorisation pour aboutir à la constitution d'une BD PARCELLAIRE, complémentaire aussi bien de la BD TOPO® que de l'orthophotographie départementale et cela avec la précision du mètre.

III. LES PARTENARIATS

Au-delà de ces programmes principaux de création de produits numériques, c'est la mise au point de prestations à valeur ajoutée qui constitue une des évolutions marquantes.

Cette orientation est essentielle pour offrir à l'utilisateur un réel service qui dépasse la fourniture de données de base. Cette recherche de complémentarité devra s'opérer de manière large et presque systématique. C'est la condition pour que l'IGN :

- continue à jouer un rôle moteur dans le développement de l'information géographique
- sorte du débat "secteur public/secteur concurrentiel" et clarifie sa position par rapport aux autres acteurs.
- multiplie ses contacts avec les usagers.

La coproduction avec des partenaires privés, dans le cadre de ce qui pourrait s'intituler des "IGN Services", basés sur un croisement de compétences, pourra constituer une réponse à de multiples attentes. Je citerai IGN Service Trafic, service dédié à l'aide à la circulation, IGN Service Géo Image, service dédié à une large diffusion de données photographiques ou géographiques numériques et enfin IGN Service Aménagement pour tous les aspects concernant l'aménagement du territoire et l'environnement.

Prenons l'exemple des inondations et des risques encourus par les résidents d'un site urbanisé : les données de la BD TOPO® ont été croisées avec les cotes de crues historiques d'occurrence centennale, trentenaire ou décennale. On détermine de la sorte les bâtiments exposés à un risque d'inondation de gravité croissante. Ces études permettent d'établir des diagnostics précis très utiles pour l'établissement des plans de prévention des risques d'inondation. (Photo 1)

Un autre usage consiste en la reconstitution à partir de la BD TOPO® d'un paysage d'un réalisme étonnant (Photo 2), comportant la représentation du patrimoine bâti et celle des plantations qui marquent profondément un site, qu'il soit naturel ou urbain. Le logiciel a été mis au point à partir des algorithmes du CIRAD, laboratoire du ministère de l'agriculture implanté à Montpellier. Il s'agit ici de la Boucle de la Seine, dite Boucle de Chanteloup dans les Yvelines avec l'Île des Migneaux et son paysage réputé, cher aux impressionnistes. On visualise parfaitement le paysage tel que chaque habitant du site le connaît aujourd'hui. On peut dès lors apprécier l'impact de l'ouvrage projeté. Ce type de représentation facilite la concertation au moment des débats préalables à l'implantation des grandes infrastructures.

Enfin, en relation avec le bruit, les résultats d'une méthode s'appuyant sur le logiciel MITHRA du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment appliqué aux données de la BD TOPO® et à celles d'une base de données de trafic. (Photos 3 et 4).

La méthode repose sur la simulation du bruit émis par le trafic en façade de chaque bâtiment étage par étage. La BD TOPO® localise tout bâtiment avec la précision du mètre, la base de données trafic utilise également com-

me support la base GEOROUTE® compatible avec la BD TOPO®.

Les résultats obtenus sont très précis, beaucoup moins coûteux que des mesures directes et sont appréciés par les élus et les associations de riverains dans le cadre des procédures de concertation.

En conclusion, mettre l'information géographique à la portée de tous, en misant sur l'innovation, tel est le grand objectif que poursuit l'IGN. L'information géographique doit notamment faciliter la concertation et le dialogue pour tout ce qui concerne l'aménagement local et la pro-

tection de l'environnement. Elle doit également rendre plus sûrs et plus agréables les échanges de notre vie quotidienne. Dans cette perspective, il revient à l'Institut de nouer des partenariats aussi bien publics que privés et de porter haut le flambeau de l'innovation. C'est ce à quoi il s'emploie déjà et continuera à s'employer demain.

(L'intervention de Jean Poulit a été complétée par les réponses aux questions posées par l'assemblée. Elles portaient sur l'échéancier de la mise en place de la BD parcellaire et sa consultation, en particulier sur Internet. D'autres questions avaient trait à des problèmes techniques, sur la numérisation, sur la caméra numérique, etc.)

ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES

SIG
et système de coordonnées
du 29 mars au 30 mars 1999

3400 F - 518,33 €

SIG
et données GPS
le 1^{er} avril 1999

1800 F - 274,41 €

EXTRAIT DE NOS FORMATIONS

Réseau géodésique français
concepts et applications

le 8 juin 1999
1500 F - 228,67 €

Demandez notre catalogue à :

ENSG

Centre de Formation Permanente

Cité Descartes - Champs-sur-Marne
77455 Marne-la-Vallée Cedex 2

Téléphone : +33 (0)1 64 15 31 20

Télécopie : +33 (0)1 64 15 31 27

Mél : Cfp@ensg.ign.fr

Serveur : <http://www.ensg.ign.fr>



LA PHOTOGRAMMETRIE NUMERIQUE EVOLUE



CHANTIER COLOSSAL OU CHANTIER DE FACADE

CONSULTEZ C.H.S.

TEL : 01.47.51.57.47

FAX : 01.47.49.37.21

www.chs-carto.fr

**DES SERVICES ET DES LOGICIELS DE PHOTOGRAMMETRIE
ADAPTES A VOS BESOINS.**




Apport de nouvelles technologies dans l'acquisition des données topographiques

les caméras numériques de l'IGN

Jean-Philippe SOUCHON – Christian THOM (IGN/LOEMI)

RÉSUMÉ



Le projet caméra numérique, qui a débuté en 1991 à l'Institut Géographique National illustre l'apport de nouvelles technologies à l'acquisition des données topographiques. À cette époque, l'inadéquation des caméras numériques disponibles sur le marché à des applications photogrammétriques a amené le LOEMI, en 1995, à développer ses propres prototypes. Leurs caractéristiques ont été optimisées en vue d'une utilisation dans des chaînes de restitution photogrammétrique numérique. Ces prototypes qui n'ont depuis lors cessé d'évoluer, arrivent aujourd'hui à la stabilité et la qualité requise pour un passage en production. On assistera alors à un déplacement des coûts de production, la prise de vue plus chère étant compensée par l'absence de développement photographique et de numérisation. Les images acquises par ces caméras, qu'elles soient panchromatiques ou couleur, ont suscité un important intérêt chez de nombreux utilisateurs de produits cartographiques. Leur grande qualité, radiométrique et géométrique, améliore considérablement leur lisibilité, leur exploitation photogrammétrique, mais permet aussi de lever le véritable frein à l'automatisation des chaînes de restitution que constituait la numérisation des clichés argentiques.

INTRODUCTION

Du secteur médical à l'imprimerie, nombre de professions ont vu leur mode de travail profondément modifié par l'introduction de l'informatique et de l'électronique dans leurs outils de production. Les métiers de l'IGN n'ont pas échappé à cette règle avec le développement des appareils de restitution numériques et de l'orthophotographie numérique. Alors que l'on parle d'appareils de restitution numériques bon marché basés sur un simple PC [EGELS 98] et de l'intégration d'algorithmes de restitution automatique ou semi-automatique dans des chaînes de production tout numérique, une seule étape analogique va bientôt subsister : la prise de vue aérienne. À l'heure actuelle, on continue d'utiliser des clichés argentiques que l'on numérise après développement du film. Le film photographique ne permet pas d'obtenir des données de qualité radiométrique suffisante pour certaines applications et les phases de développement et de numérisation ne font qu'amplifier le problème. L'idée d'embarquer un capteur directement numérique à bord des avions de l'IGN s'est vite révélée intéressante et indispensable à une chaîne numérique de production de données topographiques de qualité.

LE CONTEXTE DU PROJET

L'état de l'art au début du projet

Le projet caméra numérique démarre en 1991, époque à laquelle différentes sources d'images numériques existent déjà. Trois grandes classes se dégagent alors :

• La numérisation de clichés argentiques :

Elle permet en outre de continuer à utiliser les chambres de prise de vue dont est déjà doté l'IGN et d'obtenir des images numériques de fauchée importante. Néanmoins, cette méthode présente des inconvénients : des délais d'obtention importants, l'introduction de coûts supplémentaires, les traitements chimiques et la numérisation qui détériorent une qualité radiométrique déjà faible et enfin l'instabilité géométrique du support.

• L'imagerie spatiale :

Sa relative simplicité opérationnelle liée au fait que de nombreux développements et recherches ont déjà été réalisés dans ce secteur et la grande fauchée des images ne peuvent compenser deux carences : l'absence de très haute résolution (de l'ordre décimétrique) et la traversée de l'épaisseur totale de l'atmosphère à l'origine de la dégradation du contenu des images qui ne peuvent satisfaire les attentes des photogramètres. Les délais d'obtention demeurent importants et les coûts réels sont difficiles à évaluer.

• L'imagerie aérienne :

Deux types de procédés sont alors à étudier suivant que l'on choisit de développer des caméras autour de capteurs linéaires (barrettes CCD) ou des capteurs matriciels. Ces deux procédés présentent l'avantage de fournir une imagerie de grande qualité radiométrique. Les principaux inconvénients des caméras linéaires résident, d'une part dans la complexité de récupération de la géométrie des images nécessitant l'utilisation d'une plateforme stabilisée et la mesure précise de l'attitude du cap-

teur durant l'acquisition, et d'autre part dans le couplage temps d'exposition/taille de pixel sol. Ces caméras utilisent beaucoup la technologie spatiale et donc des développements déjà réalisés. La couleur est plus facile à obtenir avec ces caméras (trois barrettes munies de filtres colorés) qu'avec une caméra matricielle et la fauchée est plus grande (environ 15 000 contre 4 000 pixels). Par contre les caméras matricielles offrent une bonne qualité géométrique, une possibilité de contrôle de la qualité des images en temps réel et une géométrie de prise de vue traditionnelle en photogrammétrie : projection conique (cylindrique pour les barrettes).

Les spécifications attendues pour une caméra numérique dédiée à la prise de vue aérienne

Disposant de toutes ces solutions techniques et désirant obtenir la plus grande qualité radiométrique mais également géométrique possible, il a été décidé d'opter pour une caméra à capteur CCD matriciel. Afin de limiter au maximum les coûts de vol donc le nombre d'axes de prise de vue à réaliser, le format du capteur devait être le plus grand possible.

Il est bien entendu indispensable de concilier un recouvrement stéréoscopique d'au moins 60 % et une taille de pixel sol la plus petite possible ce qui n'est autorisé que par une vitesse de lecture élevée, un fort débit de données sur disque et une compensation de filé électronique la plus précise possible. Il a enfin été décidé de

réaliser une interface pour l'envoi de tops GPS afin de positionner les sommets de prise de vue.

La première caméra numérique

En 1993, le LOEMI se dote d'une caméra construite par Photometrics (USA) munie d'un capteur 4Kx4K de Loral Fairchild Imaging. L'adaptation de cette caméra pour l'embarquement à bord d'un avion s'est faite à l'IGN. Les caractéristiques de cette caméra figurent dans la première colonne du tableau *figure 1a*. La cadence de prise de vue s'est révélée insuffisante et la qualité des images acquises trop mauvaise pour prétendre rivaliser avec les clichés numérisés. L'idée d'utiliser une caméra du commerce a donc été abandonnée. À la même époque, une enquête au niveau européen sur l'utilisation de caméras numériques en photogrammétrie était réalisée pour l'OEEPE, les résultats dépouillés et exploités lors d'un atelier de travail. La décision fut alors prise de mettre au point à l'IGN un prototype de caméra mieux adapté aux applications aéroportées.

LES CARACTÉRISTIQUES DES CAMÉRAS NUMÉRIQUES DE L'IGN

Description générale [THOM, SOUCHON 98]

Les caractéristiques essentielles des caméras figurent dans le tableau *figure 1a*.

En 1995, pour réaliser un prototype de caméra numérique matricielle à l'IGN, on a choisi un capteur Kodak qui

Figure 1a – Caractéristiques des caméras numériques IGN

CARACTÉRISTIQUE	CAMÉRA 1993	CAMÉRA 1996	CAMÉRA1 1997	CAMÉRA2 1997
Taille du DTC	4096 x 4096	3072 x 2048	3072 x 2048	4096 x 4096
Couleur	non	possible	possible	non
Numérisation	1 Mhz, 12 bits	5 Mhz, 12 bits	8 Mhz, 12 bits	8 Mhz, 12 bits
Rapport Signal/Bruit	90	300	300 P/200 C	300
Dynamique	< 500	3000	2000 P/1000 C	2000
Période minimum entre deux clichés	20 s	4 s (12 bits), 2 s (8 bits)	2 s (12 et 8 bits)	4 s (12 bits), 3 s (8 bits)
Pixel sol min, en stéréo avec Vavion = 100 m/s	1 m	50 cm (12 bits) 25 cm (8 bits)	18 cm	20 cm (12 bits) 12 cm (8 bits)
Moyen de stockage et capacité	1 disque dur fixe de 1 Goctets	2 disques durs, 3 Mo/s, 8 Go extensibles (disques amovibles à chaud)	2 disques durs, 10 Mo/s, 20 Go extensibles (disques amovibles à chaud)	2 disques durs, 10 Mo/s, 20 Go extensibles (disques amovibles à chaud)
Compensation de filé	non	électronique, jusqu'à 22 mm/s, précision : 1/2 pixel	électronique, jusqu'à 22 mm/s, précision : 1/2 pixel	électronique, jusqu'à 22 mm/s, précision : 1/2 pixel
Interface GPS pour date et position des sommets de prise de vue	oui	oui	oui	oui
Objectifs	24 mm, 1/150 s min. (Optique Thévon)	24 mm, 1/150 s min. (Optique Thévon)	24 mm, 1/150 s min. (Optique Thévon) 50 mm, 1/1000 s min. (Schneider Super-Angulon PQS)	24 mm, 1/150 s min. (Optique Thévon) 50 mm, 1/1000 s min. (Schneider Super-Angulon PQS)

proposait une matrice panchro de 2048 lignes par 3072 colonnes. L'électronique a été développée autour de ce CCD dans le souci d'obtenir une dynamique et un rapport Signal/Bruit (S/B) les plus grands possibles. La dynamique est égale au rapport :

$$\frac{\text{signal détectable le plus grand}}{\text{signal détectable le plus petit}} =$$

$$\frac{\text{niveau de saturation} = 86\,000\,e^-}{\text{bruit de lecture} = 29\,e^-} \cong 3\,000$$

On voit l'importance d'un faible bruit qui dans nos caméras panchro conduit à une dynamique de 3000 niveaux de gris. La conversion du signal analogique (vidéo) en signal numérique se fait donc sur 12 bits et le stockage des données sur 2 octets par pixel. On peut noter que les vitesses et les capacités de stockage ont connu de 1996 à 1997 une évolution qui a permis de réduire de moitié la période minimum entre deux clichés et donc la taille de pixel sol pour une vitesse d'avion donnée. De même, Kodak a proposé depuis un capteur plus grand (4Kx4K) dont nous nous sommes équipés.



Figure 1b – Système d'acquisition et caméra1 1997

Nous verrons par la suite l'importance de la dynamique et du rapport S/B qui a déjà fait l'objet d'une étude dans [THOM, JURVILLIER 97].

La couleur [SOUCHON98]

La caméra1 1997 permet d'intégrer un capteur couleur de mêmes dimensions que le capteur noir et blanc. Ce capteur a la particularité d'être doté d'un dispositif anti-éblouissement (drain anti-blooming). La technique employée pour installer un tel dispositif limite malheureusement la capacité en électrons des pixels et par conséquent la valeur de la dynamique. C'est pourquoi la distinction est faite entre panchro (P) et couleur (C) dans la colonne caméra1 1997 de la figure 1a pour ce qui est des caractéristiques radiométriques.

Il est important de décrire brièvement la structure du capteur couleur installé dans la caméra (figure 2). Ce capteur est en fait constitué d'une mosaïque de petits filtres colorés et les images brutes subissent un traitement mis au point au laboratoire afin de retrouver leur pleine résolution.

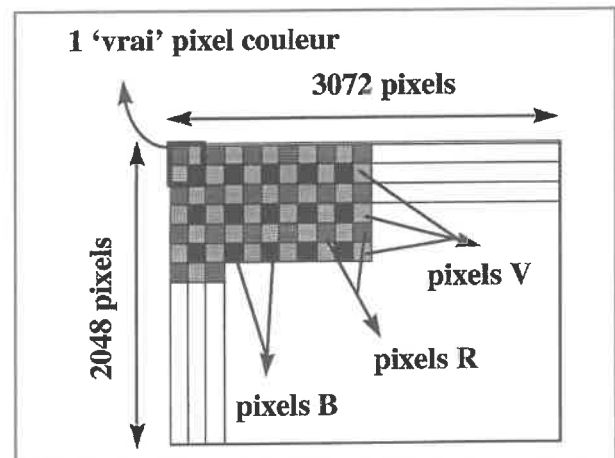


Figure 2 – Structure du capteur couleur

La compensation de filé électronique

La compensation de filé est une caractéristique essentielle pour une caméra destinée à la prise de vue aérienne. Nous avons opté pour une compensation électronique du filé : durant le temps d'exposition, on décale les charges autant que nécessaire de ligne en ligne afin de suivre le déplacement des objets au sol et d'obtenir une précision au demi-pixel près. Voici une illustration de l'importance de la compensation de filé :



Figure 3a – Extrait avec compensation de filé



Figure 3b – Extrait sans compensation de filé

Vu la structure du capteur, on procède par paires de lignes pour la compensation de filé dans les images couleur.

LES APPORTS DE L'ACQUISITION DIRECTEMENT NUMÉRIQUE

La pénétration des ombres et des zones peu contrastées

Comme nous l'avons déjà mentionné, la dynamique de la caméra permet de séparer sans difficulté 2000 à 3000 niveaux de gris, alors qu'un film traditionnel, même très bien traité, ne permet guère d'en séparer plus de 50 [KASSER 97].

Ceci autorise l'identification de très nombreux détails dans les zones très claires et dans les zones à l'ombre où l'on peut encore compter sur 200 niveaux de gris, contre 1 ou 2 sur des films normaux. Ce phénomène observé dans les zones d'ombres des images panchro en 1996 est encore plus net dans les images couleur (voir figure 5b). En effet, l'information présente dans les ombres est bleutée car éclairée par le ciel bleu. Or la réponse spectrale des capteurs noir et blanc est partiellement coupée dans les longueurs d'ondes correspondant au bleu tandis que l'ensemble (pixel + filtre bleu) du capteur couleur est parfaitement sensible dans cette gamme de longueurs d'ondes.

Suivant le même principe, une grande dynamique permet de faire apparaître de l'information dans des zones peu contrastées. Dans l'illustration de la figure 4, on voit qu'un corrélateur pourrait détecter plusieurs points significatifs sur le toit de la gare de Perrache de Lyon dans l'image numérique, tandis qu'il ne pourrait corrélérer que les quatre coins du toit dans le cliché numérisé (le bruit ne se corrélant pas).

La correction du voile atmosphérique, la sensibilité à la météo

À partir des histogrammes calculés dans chaque canal R, V, B de l'image en tenant compte de l'épaisseur variable d'atmosphère traversée suivant qu'un pixel se situe au centre ou à la périphérie d'une image, on mesure la valeur du voile à retrancher. La qualité radiométrique des images permet de réaliser une correction efficace bien que fondée sur un modèle très simpliste (figure 5). Ceci laisse entrevoir la possibilité de voler par un temps légèrement brumeux qui ne permettrait pas de réaliser des photographies couleur de qualité.

Une mission aérienne de la caméra numérique couleur réalisée sur la ville de Rennes en août 1998 nous révèle également qu'il est envisageable d'acquérir par temps nuageux des images destinées à être restituées. En effet, au cours de cette mission, le ciel s'est couvert jusqu'à un taux de 5/8e d'alto-cumulus, et on se rend

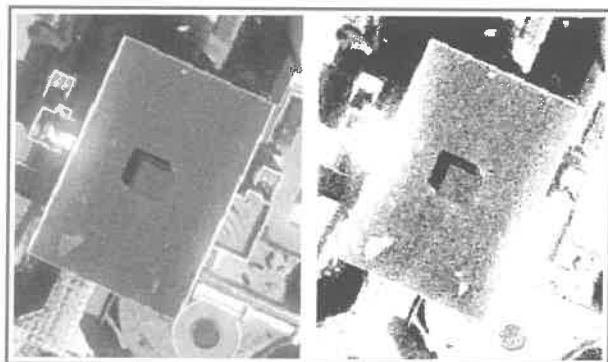


Figure 4a – Extrait de cliché numérisé (pixel sol = 40 cm)

compte à l'aide de la figure 6, que les images auraient été restituables.

On peut noter que les ombres sont beaucoup moins contrastées et par conséquent plus facilement pénétrables sous couvert nuageux en raison de l'éclairement diffus.

Les raccords radiométriques entre images

Pour conclure au sujet de tous les apports d'une bonne radiométrie, nous allons maintenant aborder le problème des raccords entre les différents clichés d'une mission. Le numérique offre la possibilité de calibrer le capteur et d'effectuer de manière automatique des traitements [THOM, SOUCHON 97] donnant des images radiométriquement homogènes contrairement aux clichés argentiques (vignettage, défaut de calibration du scanner, etc.) [JAUBERTIE 98]. Lorsque la météo n'a pas changé au cours d'une mission, on traite toutes les images d'une mission avec les mêmes valeurs de voile atmosphérique à corriger. Au laboratoire MATIS de l'IGN, un développement réalisé par Frank FUCHS et Franck JUNG, permet de réaliser de manière automatique et sans l'aide des données GPS un tableau d'assemblage des images acquises au cours d'un chantier caméra numérique. La figure 7 qui illustre cette partie est tirée de résultats de leurs travaux sur le chantier de Rennes.

Nos images ne permettent tout de même pas d'éviter les coefficients de réflectance bidirectionnelle que présentent des surfaces homogènes comme les terrains de sport (figure 7b) ou des surfaces texturées comme les cimetières (figure 7c). On notera la continuité radiométrique du cours d'eau figure 7b.

Les autres apports

La qualité de la géométrie du capteur est un point essentiel qui doit être mentionné. Par opposition au film déformable, le capteur est rigide et la calibration géométrique de l'ensemble formé par le capteur et l'optique permet de corriger précisément la distorsion dans les images et de connaître la position pixellaire du point principal. Ces données sont importantes pour des applications photogrammétriques.

L'exploitation photogrammétrique est également améliorée en terme de résolution spatiale. En effet, à échantillonnage équivalent, on a un gain de résolution avec les images numériques : c'est l'apport de la résolution radiométrique. On pense ainsi que des images numériques acquises au pixel sol de 70 cm remplaceront des clichés numérisés à 40 cm de pixel sol pour la restitution de la BDTopo. À tout cela s'ajoute le contrôle temps réel à bord de l'avion qui permet de savoir sur site si certains axes doivent être revolés et si la mission est acceptée.

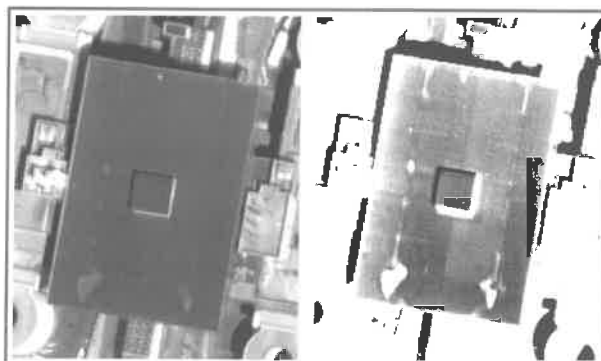


Figure 4b – Extrait d'image numérique (pixel sol = 40 cm)



Figure 5a – Extrait d'une image du Mans sans correction du voile atmosphérique (40 cm)



Figure 5b – Le même extrait après correction de ce voile



Figure 6 – Ci-contre image sous-échantillonnée acquise sur Rennes le 06/08/98 : on voit la zone à l'ombre d'un nuage à gauche du cliché.

Ci-dessous, à gauche, redistribution des niveaux de gris de l'extrait dont l'emprise figure en jaune.
À droite, la même zone acquise par temps clair le 21/09/98.





Figure 7a – Extrait du tableau d'assemblage couleur réalisé au MATIS.
 Plus de 15 images sous-échantillonnées contribuent à cet extrait,
 les segments de droites représentent la largeur et passent par le centre des images.



Figures 7b et 7c – Exemples de surfaces à coefficient de réflectance bidirectionnelle.

CONCLUSION

L'exploitation photogrammétrique des données numériques est donc améliorée par rapport à celle des clichés argentiques numérisés : une amélioration de la radiométrie due à la réponse linéaire du capteur à la lumière, une amélioration également de l'archivage, des coûts hors prise de vue, des délais et un gain de résolution spatiale. Au sujet de la résolution spatiale, une étude devrait être menée dans les mois à venir pour établir la

relation entre taille de pixel sol en numérique et échelle de prise de vue en argentique suivant les applications visées. Mais la qualité des images est également un facteur essentiel de l'automatisation des chaînes de restitution ; elle augmente en effet la robustesse et la précision des algorithmes utilisés [DISSARD, BAILLARD 98]. On ne peut par conséquent envisager aujourd'hui une chaîne de restitution numérique de grande qualité et automatisée sans que son premier maillon, l'acquisition des données, ne soit lui-même directement numérique.

Bibliographie

- [DISSARD, BAILLARD 98], "Analyse automatique d'images aériennes stéréoscopiques pour la restitution 3D des milieux urbains", O. Dissard, C. Baillard, Bulletin n° 149 de la SFPT, pp. 28-41.
- [EGELS 98], "La photogrammétrie numérique : vers une banalisation du métier de photogrammètre ?", Y. Egels, Bulletin n° 149 de la SFPT, pp. 8-11.
- [JAUBERTIE 98], "Étude et réalisation d'une mosaïque de photos aériennes numériques", P. Jaubertie, Rapport de DESS Télédétection, Méthodes, Applications et environnement.
- [KASSER 97], "Le "tout numérique" sur les chemins d'une vulgarisation", M. Kasser, Revue GÉOMÈTRE novembre 1997, pp. 30-33.
- [SOUCHON 98], "Les images numériques maintenant en couleur", J.-Ph. Souchon, Bulletin d'Information, la recherche à l'IGN 97, pp. 17-24.
- [THOM, JURVILLIER 97], "An aerial digital frame camera for photogrammetry : radiometric comparison with scanned imagery", Ch. Thom, I. Jurvillier, Geomatica, Vol 51, N° 2 (1997), pp. 133-141.
- [THOM, SOUCHON 97], "Chaîne de traitement des images numériques couleur", J.-Ph. Souchon, Ch. Thom, octobre 1997.
- [THOM, SOUCHON 98], "Le point sur les caméras numériques de l'IGN", Ch. Thom, J.-Ph. Souchon, Bulletin n° 149 de la SFPT, pp. 12-20.

AFT ADHEREZ

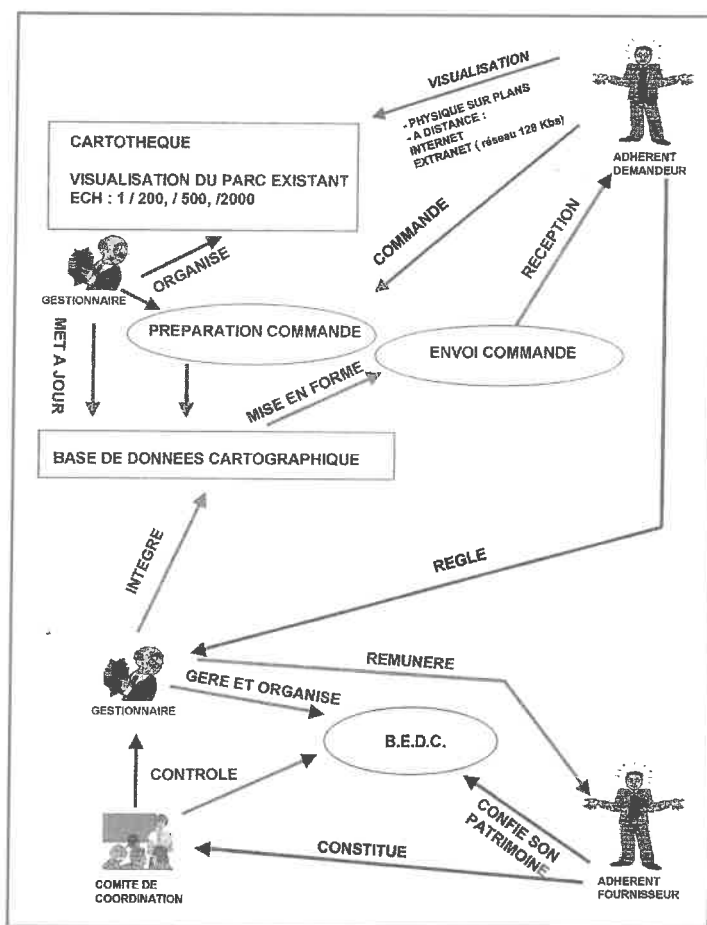
L'Association Française de Topographie est le lieu géométrique où se rencontrent les grandes écoles de la nation et de la topographie, les organismes de la profession, et surtout ceux qui ont à connaître de la topographie, opérateurs et utilisateurs.

Vous y partagerez l'expérience et le savoir avec vos collègues de tous les secteurs, vous y trouverez un lieu d'échange et une connection avec vos besoins professionnels, vous y rencontrerez la solidarité du métier.



bourse d'échange départementale cartographique

Patrick Guillemin



HISTORIQUE

Depuis les années 1980, la DAO a commencé à investir nos différents services de cartographie, que nous soyons gestionnaires de réseaux, services d'état chargés de la voirie, ou bien collectivités territoriales... Nous sommes tous confrontés à la douloureuse problématique qui consiste à gérer un patrimoine quelconque, à en tenir à jour ses données techniques et à en prévoir le renouvellement.

Les études et les travaux qui en découlent nécessitent, en terme de qualité, beaucoup plus d'attention et de préparation face aux exigences environnementales.

Aussi l'informatisation de nos bureaux de dessin, après avoir imposé une adaptation des moyens et des hommes, se trouve aujourd'hui confrontée, tel un coureur de marathon à devoir trouver son second souffle pour aller encore plus vite et plus loin.

Les périodes plus ou moins longues que nous avons vécues ces dernières années, en terme d'adaptation sont maintenant terminées et les droits à l'erreur dont nous jouissions, au nom de la mise en place de nos nouvelles organisations sont devenus obsolètes; face à l'exigence de nos clients (internes comme externes) en matière de plans numérisés, de réactivité et d'accroissement de la couverture de nos parcs respectifs.

L'outil informatique, dans les domaines cartographiques, est devenu non seulement indispensable, mais aussi, irremplaçable pour répondre aux nombreux usages des exploitants de réseaux, des décideurs gestionnaires, et des utilisateurs de plans. Il a laissé entrevoir un monde où l'acte de gestion et d'exploitation ne peut plus se concevoir sans ses traitements ultras rapides et sa rationalité sans faille. Les SIG se sont popularisés et se sont vulgarisés pour nombre d'applicatifs.

En fait, L'informatisation est, à l'aube de l'an 2000, victime de son succès; elle a su se mettre au service des hommes, devenir plus conviviale, être plus lisible et plus accessible, mais elle souffre aujourd'hui d'un cruel manque de bases communes, la compatibilité de ses diverses applications est trop souvent restée au niveau du simple argumentaire commercial, l'hyper spécialisation des applications a conduit les maîtres d'œuvre à se renfermer sur leurs systèmes complexes, sur leurs organisations réciproques et à se convaincre qu'ils étaient seuls, livrés à eux mêmes. Leurs "chers" outils, qu'ils avaient, à grand-peine, eus du mal à maîtriser, étant inévitablement les meilleurs de toute une gamme qu'ils ne connaissent d'ailleurs même pas car évoluant trop vite chaque jour.

Dès lors, le risque est bien présent de passer à côté de l'essentiel et de perdre de vue l'objectif final et le résultat attendu des autres.

un protocole clair

UN BESOIN

Si l'on ajoute à cette réflexion, la dure réalité économique qui consiste à devoir planifier et compter, l'on peut alors comprendre le désarroi qui fût le mien, lorsqu'en 1996 je pris la responsabilité d'un service cartographique gérant les réseaux de la totalité d'un département.

Les comptes sont simples à faire :
(échelle 1/200 & 1/500)

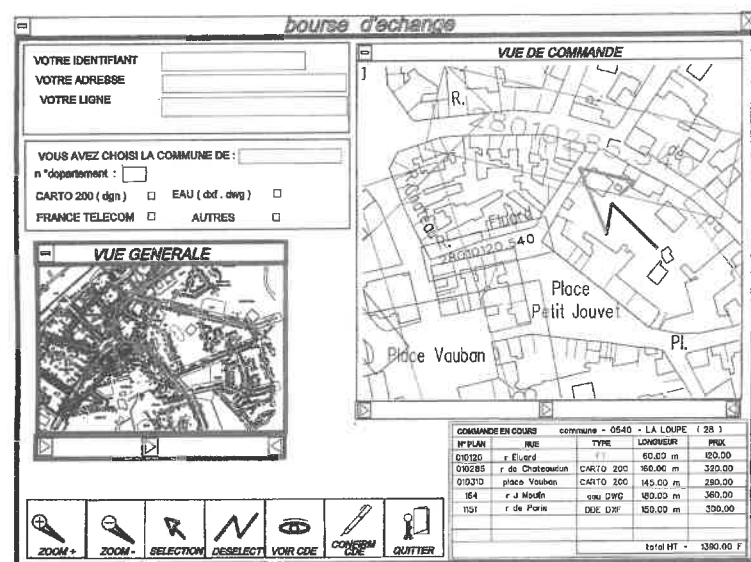
- longueur de réseaux = 9 000 km
- Parc actuel numérisé = 600 km
- Reste à acquérir = **8 400 km**

J'ai actuellement deux sources de financement possibles :

- 1°) le renouvellement des réseaux avec une acquisition de fonds de plan numérisés à l'occasion des travaux, représentant environ 80 km annuellement (investissements).
- 2°) Des opérations d'informatisation de la cartographie existante (anciennes normes) avec un budget de fonctionnement.

En malaxant judicieusement ces quelques données dans la grande moulinette financière, le lecteur comprendra aisément, que pour une durée de 30 ans, il me faudra acquérir (80 km x 30) 2 400 km sur investissement et le reste soit 6 000 km avec l'aide d'un budget de fonctionnement.

Le coût moyen actuel étant d'environ 10 kF/km, c'est donc d'un budget de 2000 kF annuel dont j'ai besoin, uniquement pour répondre au besoin de couverture des réseaux existants.



Projet de logiciel en cours de développement

B.E.D.C. 28

**BOURSE D'ÉCHANGE
DÉPARTEMENTALE
CARTOGRAPHIQUE**

BUT :

- FÉDÉRER LES UTILISATEURS DE FD PLANS
- LES REGROUPER AUTOUR D'INTÉRÊTS COMMUNS
- ÉLARGIR PLUS RAPIDEMENT LA COUVERTURE
- RÉDUIRE LES COÛTS D'ACQUISITION

OBJECTIFS :

- METTRE EN PLACE ET GÉRER UN DISPOSITIF INTER SERVICES
- INTÉGRER, VISUALISER, ET ÉCHANGER LES FONDS PLAN NUMÉRIQUES
- CRÉER UN CAHIER DES CHARGES MINIMAL/DIFFÉRENTS STANDARDS
- RENDRE COMPATIBLE LES OUTILS DIFFÉRENTS

PRODUITS CONCERNES :

- TOUT PLAN, SCHÉMA OU PRODUIT CARTOGRAPHIQUE (Toute échelle confondue)
- DONT L'ÉCHELLE EST CONNUE OU DONT L'ORIGINE INFORMATIQUE EST IDENTIFIÉE (DXF, DGN, DWG...)
- L'ORIGINE ET LA PROPRIÉTÉ SONT IDENTIFIABLES

UTILISATEURS CONCERNES (ADHÉRENTS) :

- COLLECTIVITÉS LOCALES
- SERVICES PUBLICS
- SERVICES D'ÉTAT
- GESTIONNAIRES DE RÉSEAUX
- EPIC : (Entreprises à Caractère Industriel et Commercial)
- MAÎTRES D'OUVRAGE OUVRAGES & MAÎTRES D'ŒUVRE (Publics ou Privés)
- BUREAUX D'ÉTUDES
- CABINET D'EXPERT
- ASSOCIATIONS DIVERSES
- TOUT OPÉRATEUR/MISSION SUR DOMAINE PUBLIC
- TOUTE ENTITÉ JURIDIQUE SI OBJECTIF NON COMMERCIAL

Vous
comprendrez,
qu'avec un tel chiffre,
mon cher patron frôle l'infarctus à
une vitesse de 433 MHz et qu'il n'a ni les
moyens de m'en octroyer le quart annuellement, ni l'envie
d'attendre 30 années pour mesurer les termes du chal-
lenge.

Dès lors, il nous faut envisager d'autres solutions qui nous permettent de travailler plus vite et à moindre coût, tout en garantissant le respect de nos normes internes...

La prise de conscience que nous ne sommes pas uniques et isolés face à cette problématique d'acquisition de base, est un facteur déterminant pour voir surgir un embryon de solution, basé sur la fédération des besoins, le regroupement d'intérêts communs et la valorisation de patrimoines existants au profit de l'acquisition de zones non couvertes.

DES SOLUTIONS À TROUVER ENSEMBLE

J'ai eu la chance par le passé, de devoir conduire des missions analogues concernant la coordination des travaux, où la problématique était du même ordre. À la fois économique et à la fois quantitative avec un seul résultat à atteindre : la satisfaction de tous (maître d'ouvrage, utilisateurs, observateurs externes...).

Comme pour toute action novatrice, il convient de tenir compte des éventuels détracteurs, des

conflits d'intérêts et des inévitables envies hégémoniques.

La seule solution pour réussir, consiste à adopter des principes simples de transparence, avec des possibilités de contrôle et surtout avec le souci de respecter l'autre dans ses impositions techniques, ses normes et ses contraintes spécifiques.

Le but est de créer une bourse d'échange basée sur le partenariat dans laquelle chacun trouve un intérêt en rapport avec l'énergie qu'il y met.

Les principes fondamentaux étant :

La force créée par l'union, le respect des besoins de tous, l'accroissement des couvertures cartographiques, la garantie du droit de propriété, la volonté que tous soient gagnants, l'engagement de réinvestir les gains obtenus vers des besoins cartographiques, l'association des différents acteurs de la profession (prescripteurs, professionnels, utilisateurs...), la revente au tiers du prix d'acquisition, la protection du droit d'usage.

COMMENT Y PARVENIR ?

Tout d'abord un tour de table des principaux interlocuteurs est impératif :

Il permet de présenter les centres d'intérêts, de bâtir un inventaire des besoins, de répertorier les patrimoines existants et les potentiels d'échange.

Un protocole de fonctionnement peut dès lors être envisagé qui traduit clairement les principes de base et définit sans ambiguïté les modalités de fonctionnement (adhésion, participation financière, support de consultation, modalités d'envoi et de réception...).

Enfin la nomination d'un gestionnaire, interlocuteur de tous et maître d'œuvre du projet est une étape qu'il ne faut pas négliger quant aux conséquences ultérieures.

Elle est déterminante pour définir les modalités de premier établissement (rassemblement et constitution d'une base générale, mise en place des outils de consultation, de communication, rémunération du gestionnaire, durée du contrat et contrôle de ses prestations...).

Cette bourse d'échange doit, pour vivre pleinement être la plus complète possible dans les produits (échelle) proposés, elle peut, par ailleurs, fournir des prestations complémentaires telles que les transpositions automatiques de format, montage, assemblage et édition pour des non spécialistes (ex : petites collectivités).

Enfin, elle est appelée à jouer un rôle d'expert et de conseiller dans les domaines cartographiques, SIG...

Au regard des multiples besoins que nous avons tous, et des différents tours de table, réalisés, nous pouvons citer d'une façon non exhaustive comme actions ou objectifs futurs :

- La réalisation de bornage Lambert en grosses agglomérations.
- La constitution d'une cartothèque commune.
- Le développement d'outils de communication.
- La mise en place et la gestion, par regroupement de communes de certains SIG (éclairage public, réseaux divers, Syndicats d'aménagement des fossés, rivières).
- L'assistance aux collectivités pour la gestion territoriale.

- Le conseil et les catalogues produits de domaine d'expertise.

- La mise en réseau via Internet ou extranet d'échanges et de prestations de services orientées vers les utilisateurs cartographiques et les collectivités.

En fait, les activités de cette future bourse d'échange ne sont pas limitées mais doivent répondre aux besoins des institutions locales et être le fruit des compétences des spécialistes locaux de proximité, c'est de leur capacité à innover et à proposer des solutions efficaces que dépend la réussite du fonctionnement de cette B.E.D.C.

LES OPPORTUNITÉS, LES RISQUES

J'ai personnellement présenté lors de deux conférences thématiques (Chartres salon "Univers carto 28" en octobre 98 et Cachan "journée AFT" en décembre 98), les principes régissant cette future bourse d'échange départementale et j'ai été surpris de l'intérêt tant des prescripteurs que des professionnels concernés pour envisager des montages de conventions et de protocoles. Nombreux ont été ceux qui pensent qu'il est impératif de nous fédérer et de nous organiser ensemble pour répondre plus vite à nos besoins respectifs.

Certes des problèmes restent à résoudre, la voie décrite ci-dessus ne sera pas si facile que cela au regard de lourdeurs administratives bien connues, tous ne sont pas au même niveau d'équipement et de compétences, certains penseront qu'il y a plus à gagner en restant seuls, que "c'est déjà assez compliqué comme cela... pour ne pas s'embêter avec les autres...", que la profession va mourir si les donneurs d'ordre s'organisent ensemble, etc.

À tout cela, je préfère répondre que devant l'ampleur des besoins, il est aujourd'hui vital de rendre crédibles nos outils de travail et nos organisations et qu'il nous faut convaincre par l'exemple, les futurs utilisateurs encore septiques, de l'intérêt d'utiliser une cartographie performante; que par cet exemple et les réinvestissements induits, le marché, plutôt que de s'écrouler, s'ouvrira et évoluera vers des domaines que nous ne pouvons même pas soupçonner aujourd'hui...

Qui aurait été assez fou, à l'époque Napoléonienne, pour imaginer un cadastre numérisé accessible de n'importe quel lieu de la terre par Internet? Pourtant, c'est pour demain...

Qui, parmi beaucoup d'entre nous, aurait pu, sans être visionnaire, deviner que ses plumes "Graphos" ou "Rotring" seraient avalées par une souris?

Qu'en sera-t-il demain? Nous n'en savons rien! Mais une chose est sûre :

C'est que nous sommes condamnés à la perfection et à la productivité et que si nous ne savons pas nous unir, nous allons devoir conserver nos armoires remplies de calques jaunies bien au-delà de notre mort et que nous ne verrons jamais l'aboutissement de notre travail actuel.

Je suis un fervent convaincu de la nécessité de travailler ensemble, d'échanger et de mettre en commun des réflexions apparemment anodines qui nous feront progresser et gagner mutuellement du temps.

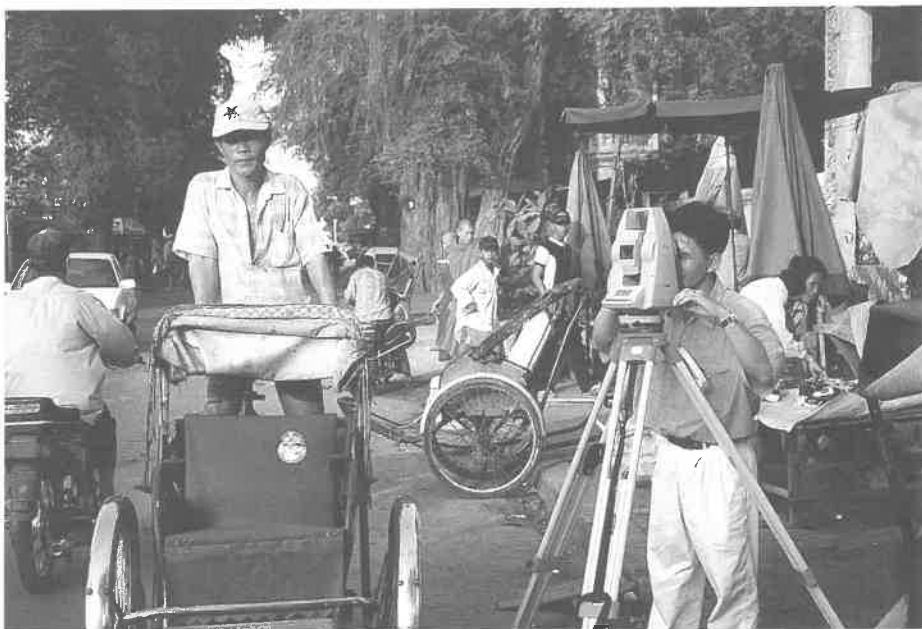
*Pour les idées, point de contact :
P. GUILLEMIN - 10 Allée PHILIDOR
28000 CHARTRES - Tél. 02 37 24 72 21*

cadastre municipal de phnom penh

Projet
d'Assistance
Technique

97
98

IGN France International
Thierry Bordas
Chef du projet



Le drame vécu par le Cambodge en général et Phnom Penh en particulier date seulement d'une vingtaine d'années.

Dans un pays en pleine reconstruction économique et d'une grande instabilité politique, Thierry BORDAS, Ingénieur Topographe ENSAIS, a dirigé sur place un projet d'Assistance Technique pour le compte de IGN France International.

D'une durée de 18 mois, sa mission a consisté à définir et mettre en œuvre les méthodes de travail nécessaires au fonctionnement du Cadastre Municipal de Phnom Penh, puis de les inculquer au personnel local.

1. LE CADASTRE MUNICIPAL DE PHNOM PENH

C'est en 1975 que les Khmers Rouges prirent possession de Phnom Penh et obligèrent ses 2 millions d'habitants à évacuer la ville en l'espace de 48 heures.

À la libération vietnamienne, en 1979, tout fut à reconstruire. Le Cadastre avait totalement disparu, seuls 10 % de ses employés avaient survécu et les archives avaient fait l'objet d'une destruction massive et systématique.

Le Cadastre Municipal de Phnom Penh fut créé en 1982. D'une superficie de 372 km², la ville est divisée en 4 districts urbains et 3 districts ruraux.

Jusqu'en 1997, le Cadastre ne disposait que de très peu de moyens et devait se contenter de jouer un rôle limité en répondant à des besoins ponctuels sans plan de travail établi. Il compte aujourd'hui 70 employés au centre et une vingtaine de personnes dans chacun des districts.

Leurs fonctions essentielles consistent à :

- délivrer des titres de propriétés
- enregistrer les transactions
- participer à la délivrance des permis de construire
- procéder à des enquêtes parcellaires.

En fait les fonctionnaires sont sous-payés et ne travaillent pas plus de 3 heures par jour au bureau afin de gagner leur vie par d'autres moyens.

2. LA SITUATION FONCIÈRE À PHNOM PENH

En 1979, la réoccupation de Phnom Penh s'est faite de manière spontanée et anarchique selon le principe « premier arrivé, premier servi ».

C'est en 1992 que fut votée la loi foncière. Le premier article stipule que l'état ne reconnaît pas de droit de propriété antérieur à 1979.

Aujourd'hui, Phnom Penh qui compte plus d'un million d'habitants, connaît un très fort problème démographique : sa population aura doublé dans 10 ans.

Plusieurs dizaines de milliers de familles ne peuvent, faute de moyens financiers, acheter un terrain pour construire leur maison. De nombreuses parcelles dans le centre de la ville ont été redécoupées. Les immeubles conçus pour 1 ou 2 familles en hébergent actuellement 6 ou 8.

Les propriétaires sont parfois chassés en quelques heures car nombreux sont ceux qui n'ont pas de titre.

On estime à plus de 100 000 le nombre de squatters vivant essentiellement sur les toits des immeubles où de véritables villages se sont formés.

Il est nécessaire aujourd'hui de recenser toutes les propriétés et de connaître leurs propriétaires. Ce travail pourra alors servir de base pour :

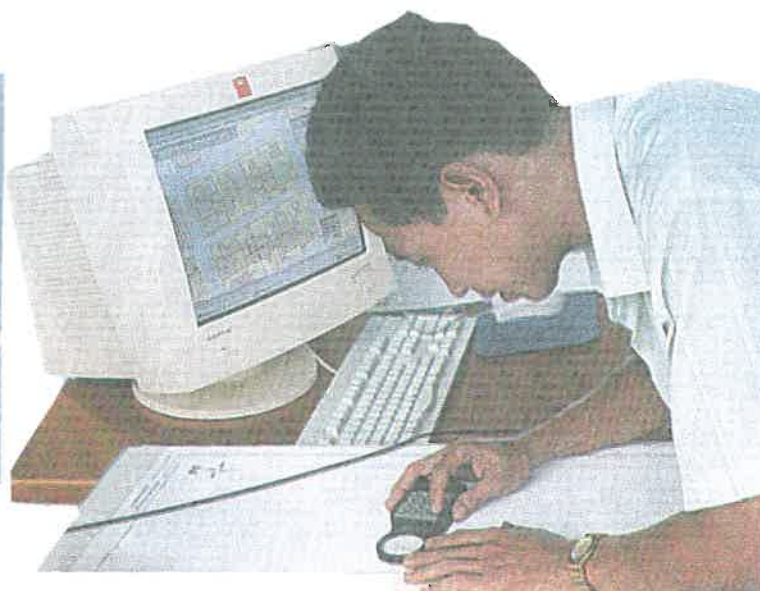
- sécuriser la propriété
- garantir les transactions immobilières
- aider à l'aménagement en maîtrisant le foncier
- faciliter le crédit
- mettre en place une fiscalité foncière équitable

3. L'AIDE FRANÇAISE AU CADASTRE MUNICIPAL

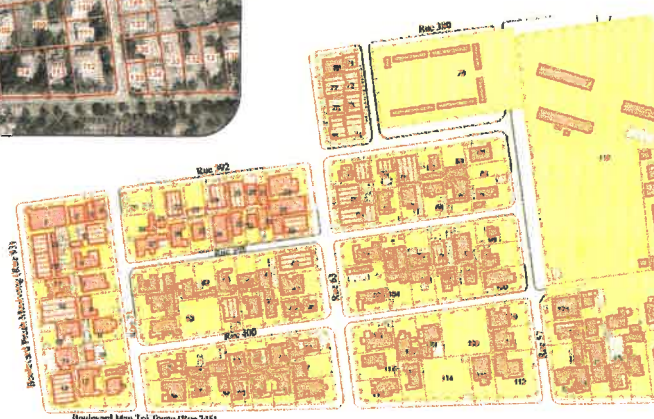
Cela fait déjà plusieurs années que la France intervient auprès du Cadastre Municipal de Phnom Penh à travers divers projets destinés à lui fournir les moyens indispensables au plein exercice de son rôle.

En 1993, IGN France International a procédé à la prise de vue aérienne au 1/10 000 de la commune de Phnom Penh.

En 1995, le cabinet Rollin a réalisé par photogrammétrie la cartographie numérique couvrant environ 60 % de la superficie de la commune.



Orthophotographie



Plan cadastral



Plan topographique





Des plans graphiques ont été fournis aux échelles du 1/1 000, 1/5 000 et 1/10 000 ainsi que des fichiers informatiques au format DXF.

C'est en 1997 que j'ai été détaché sur place pour une période de 18 mois afin de définir et de mettre en place les méthodes de travail nécessaires au fonctionnement du Cadastre Municipal de Phnom Penh, puis de les inculquer au personnel local.

4. LE PROJET D'ASSISTANCE TECHNIQUE

4.1 Exploitation des fichiers cartographiques livrés en 1995

À mon arrivée, le Cadastre ne disposait d'aucun ordinateur. J'ai donc installé une configuration en réseau composée de :

- 3 PC (Pentium Pro 200)
- 1 traceur jet d'encre A0 (HP 755 CM)
- 1 imprimante laser A4
- 1 scanner A4
- 1 table à numériser A1 (Kontron)
- 1 système de sauvegarde (Jaz)

Nous avons traité les fichiers cartographiques DXF sous Géoconcept, et aujourd'hui le personnel local est à même de fournir des plans destinés à différents organismes (Bureau d'Urbanisme de Phnom Penh, Aéroport International de Pochentong, Électricité du Cambodge,...) afin de procéder à des études variées.

4.2 Mise en place d'une chaîne de production d'orthophotos

Nous avons aussi entrepris d'étendre aux zones rurales la cartographie existante par la mise en place d'une chaîne de production Orthomat.

Le Cambodge est le premier pays étranger où ce logiciel a été implanté.

Par rapport à la photogrammétrie qui fut utilisée pour les zones urbaines, l'orthophotographie assure :

- une réalisation plus rapide et moins chère
- une exploitation beaucoup plus facile par les personnes non qualifiées (un paysan illettré reconnaît ainsi facilement sa parcelle sur une orthophoto).
- une production à Phnom Penh car les moyens matériels et humains sont beaucoup moins exigeants.

Malheureusement le coup d'état en juillet 1997 nous a empêché d'acheminer le scanner photogrammétrique, prévu initialement, qui aurait permis aux Cambodgiens d'être totalement autonomes.

Il nous a fallu scanner les négatifs en France.

Là aussi de nombreux organismes se montrent aujourd'hui particulièrement intéressés par cette technique, et nous avons déjà fourni des orthophotos pour des études forestières et des projets d'aménagement de polders à l'extérieur de Phnom Penh.

4.3 Élaboration des documents de base du Cadastre

4.3.1 Analyse

Les documents de base à établir en premier lieu sont le plan cadastral et le registre foncier.

Mon principal souci a été de concevoir un cadastre opérationnel. Dans une ville qui évolue aussi vite, il est indispensable d'effectuer les mises à jour rapidement et facilement. Seul un délai court dans l'acquisition des données (quitte à les simplifier dans un premier temps) peut permettre d'atteindre un tel objectif.

Il m'a été très difficile de convaincre au début les responsables locaux de cette priorité. N'ayant pas d'expérience en la matière et subjugués par les démonstrations de SIG en France, ceux-ci pensaient pouvoir disposer très vite de bases de données aussi renseignées, précises et performantes.

Afin de les sensibiliser au problème, j'ai d'abord appliqué une méthode très complète sur une zone test en exigeant en particulier de mesurer systématiquement tous les bâtiments. Les rendements observés ont montré qu'à raison de 6 personnes par district, il aurait ainsi fallu une quinzaine d'années pour terminer uniquement le cadastre de la zone urbaine de Phnom Penh.

Le fort décalage d'avancement entre les différents quartiers ainsi que le retard pris dans les mises à jour auraient paralysé l'exploitation des données.

En collaboration étroite avec les principaux utilisateurs, j'ai ensuite élaboré une méthode de travail beaucoup plus réaliste et opérationnelle.

Elle consiste à compléter la cartographie issue de la prise de vue aérienne par une phase terrain permettant :

- la mise à jour du plan
- la définition des limites de parcelles
- la collecte d'informations sur les parcelles et les propriétaires

4 années suffiront ainsi à terminer le cadastre des zones urbaines et périurbaines de Phnom Penh.

4.3.2 Méthodologie

• Principe général :

Les informations cartographiques sont gérées sous Géoconcept et les informations littérales sous Access.

Une parcelle est identifiée par un n° unique dans le pays. Il permet de faire le lien entre les 2 bases de données. *Exemple* : 12-01-02-05-0089-00 signifie :

n° province	12
n° district	01
n° quartier	02
n° village	05
n° parcelle	0089-00

La surface de parcelle calculée sous Géoconcept renseigne le champ correspondant sous Access.

Une propriété est identifiée par un n° unique correspondant au n° de parcelle auquel on ajoute 2 chiffres.

Exemple : 12-01-02-05-0089-00-01

Les propriétaires ne peuvent être identifiés par un n° unique car tous ne sont pas enregistrés par l'état civil.

De plus leurs noms ne sont pas toujours orthographiés de la même manière. Le n° de propriétaire correspond au n° de propriété auquel on ajoute 2 chiffres.

Exemple : 12-01-02-05-0089-00-01-02

Une parcelle peut contenir plusieurs propriétés (exemple : des compartiments). Une propriété peut appartenir à plusieurs propriétaires. Le propriétaire de 2 parcelles aura 2 numéros de propriétaire.

La zone d'étude est le village. L'échelle finale est le 1/1 000 en zone urbaine et le 1/5 000 en zone rurale.

Le support cartographique est fourni en zone urbaine par une restitution photogrammétrique au 1/2 000 et en zone rurale par des orthophotos au 1/2 000.

• Phase terrain :

- Informations cartographiques :

Les limites de parcelles sont définies en présence des voisins et mesurées à la chaîne ou au moyen d'une sta-

tion totale LEICA TC600. Les bâtiments sont mis à jour en se limitant aux grands changements. À chaque parcelle est affecté un n° provisoire.

- Informations littérales :

Les fiches de parcelles, de propriétés et de propriétaires que j'ai élaborées permettent de recueillir les données essentielles.

• Phase bureau :

- Informations cartographiques :

Les limites de parcelles, leurs numéros provisoires ainsi que les mises à jour sont reportés sur la minute.

Quand toutes les parcelles d'un village sont dessinées, nous pouvons procéder à leur numérotation définitive de telle sorte que les parcelles voisines portent des numéros voisins. Il est alors possible de procéder à leur digitalisation sous Géoconcept.

- Informations littérales :

Les numéros définitifs des parcelles, des propriétés et des propriétaires complètent les fiches correspondantes.

Leur saisie informatique est facilitée car à chacun des 3 types de fiches correspond 1 table Access, et à chaque numéro de rubrique correspond 1 champ sous Access.

5. CONCLUSIONS

Les difficultés rencontrées furent nombreuses.

L'élimination systématique des intellectuels par le régime Khmer Rouge il y a 20 ans, le climat d'instabilité politique permanent, les problèmes économiques quotidiens, l'analphabétisation importante, la nécessité d'utiliser la langue et la police khmères, l'absence d'état civil ainsi que les différences culturelles ne constituent que quelques exemples des obstacles qu'il a fallu surmonter.

La tâche était cependant exaltante car prépondérante dans le développement de la ville. Elle faisait de plus appel à des compétences variées.

J'ai rencontré un personnel motivé par son travail qui a su devenir opérationnel en peu de temps.

Dès à présent, l'exploitation de la cartographie numérique de la ville et la production d'orthophotos permet de répondre à de très nombreuses demandes.

L'élaboration des plans cadastraux et des registres fonciers sur plusieurs zones pilotes a permis de valider les différentes procédures avant de les généraliser à toute la commune.

De plus, les propriétaires se sont montrés très coopératifs et réellement désireux de régulariser leurs situations. Mais l'exode rural s'amplifie et l'évolution de la ville s'accélère. Le nombre d'hôtels, d'usines et d'immeubles s'accroît. En même temps, le nombre de logements de toutes sortes augmente.

D'autre part, de très gros problèmes matériels subsistent, en particulier dans l'exploitation des différents réseaux (assainissement, électricité, eau potable, téléphone,...).

Le Cadastre Municipal est le seul organisme disposant de plans numériques sur la commune, outils indispensables à la gestion de son développement.

L'effort entrepris doit se poursuivre très rapidement à travers d'autres projets d'Aide Internationale.

C'est là une des conditions essentielles pour que Phnom Penh puisse préserver les qualités de l'une des plus belles capitales de l'Asie du Sud-Est.

ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា

ជាតិ សាសនា ព្រះមហាក្សត្រ

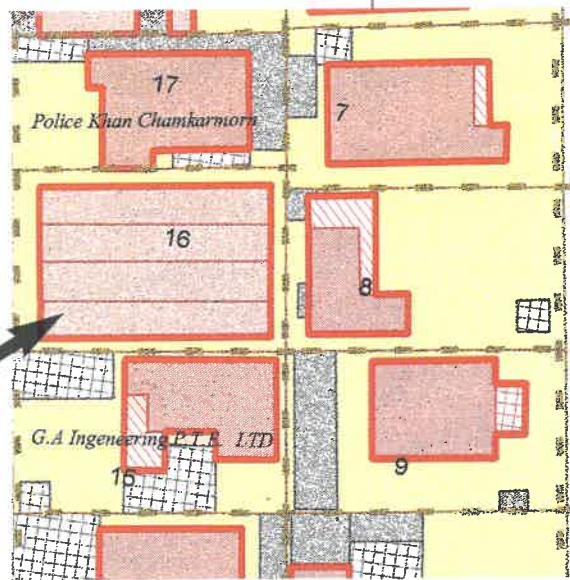
វិញ្ញាបនបត្រសំគាល់ម្ចាស់អចលនវត្ថុ លេខ

សាលាក្រុងភ្នំពេញ

ខណ្ឌ ប្រុក.....ចំការមន
សង្កាត់ ឃុំ.....បឹងកេងកង ទី ១
សង្កាត់លេខ.....១១២
ក្រោលដីលេខ.....៨
ជិតផ្លូវលេខ.....១៦
ផ្លូវលេខ.....៩៣
ផ្ទះលេខ.....៤២៤ AE0

ភ្នំពេញ, ថ្ងៃទី.....ខែ.....ឆ្នាំ ១៩៩-
នាយកបង្គំស្តេចយោធិ៍ក្រុងភ្នំពេញ

បានឃើញ និង យល់ព្រម
ភ្នំពេញ, ថ្ងៃទី.....ខែ.....ឆ្នាំ ១៩៩-
ប្រតិភូរាជរដ្ឋាភិបាលប្រចាំរាជធានីភ្នំពេញ



Rue 71



PENTAX®

Système GPS

PENTAX POSITIONING SYSTEM

Système 9500 (Double fréquence)

Système 9400 (Simple fréquence)



PENTAX France

12/14, rue J.-Poulmarch

BP 204

95106 ARGENTEUIL Cedex

Tél. : 01 30 25 75 64 - Fax : 01 30 25 75 76

Agence :

Créativa Bât. E

BP 1225

84911 AVIGNON Cedex 9

Tél. : 04 90 84 05 63 - Fax : 04 90 84 05 64

canevas géodésiques

pour les nouvelles
infrastructures
dans le centre de
Berlin

Andreas Blume – responsable topographie, zone VZB (GAUFF-ingénieure
Helmut Gehring – service topographique de Berlin – chef de projet
klaus ludwig – service topographique de Berlin – Deusch Bahn – AG
Joachim Merkel – coordinateur des travaux géodésiques – Emch+Berger GmbH

Berlin ayant vocation future de siège du parlement et du gouvernement allemand, d'espace économique au centre de l'Europe et de métropole internationale, il s'ensuit le développement du réseau ferré de longue et de courte distance. Après la chute du Mur, on vise à relier le réseau ferré interrompu depuis des décennies, à l'étendre et à l'adapter aux exigences spécifiques du nouveau millénaire en matière de circulation. Le concept dit, "du champignon" (fig. 1) comprend tant la remise en état des anciennes voies ferrées berlinoises, que le tracé nord-sud dans son centre, projet déjà esquissé il y a 80 ans.

Pour l'essentiel, le, "concept du champignon" se dessine à partir de trois sections du réseau grandes lignes intra-urbain :

- Le Nördlicher Berliner Innenring (boucle interne septentrionale) représente le chapeau du champignon
- La Stadtbahn (chemin de fer métropolitain) en figure le rebord, et
- La desserte nord-sud en est le pied.



Fig. 1

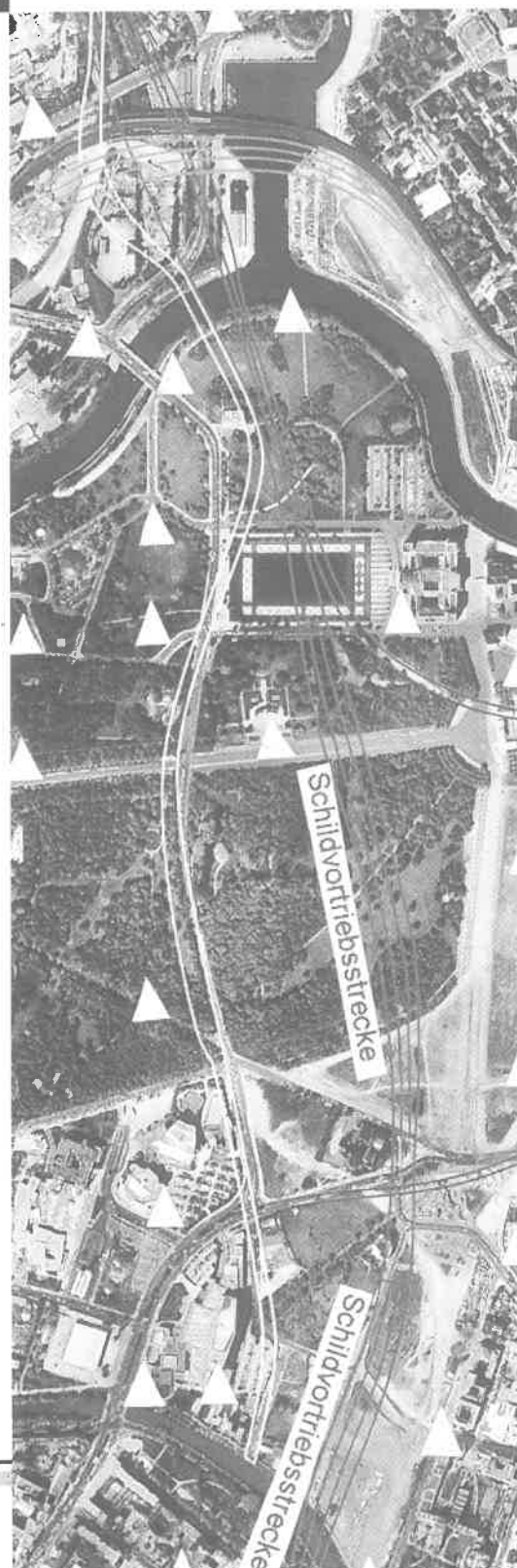


Fig. 2



Fig. 3

Le tracé du champignon correspond dans une large mesure aux lignes existantes de « Hamburg », « Lehrte » « Dresden » et « Anhalt », supprimées suite à la seconde guerre mondiale et à la réduction de l'exploitation ferroviaire. Ces voies n'ayant été ni vendues ni utilisées à d'autres fins, on a pu faire l'économie d'une coûteuse procédure d'autorisation de réfection, la législation ferroviaire n'y voyant en somme qu'une réactivation d'installations au repos.

20 milliards de DM ont été attribués au financement du concept du champignon, l'objectif étant de satisfaire au futur flux annuel de 50 millions de voyageurs sur longue distance, et 85 millions sur lignes régionales ou de courte distance (prévisions pour l'année 2010).

Grâce à la réalisation de ce nœud de communication ferroviaire, les voyageurs de l'espace suburbain accèdent directement au cœur de la ville avec son siège du gouvernement et du parlement, au centre commercial et tertiaire du Potsdamer Platz, aux musées et bibliothèques du Kulturforum dans le centre historique de Berlin.

LE PROJET VZB

VZB : Verkehrsanlagen im Zentralen Bereich Berlin = réseau de communication dans l'espace central de Berlin (N.D.L.R.).

Dans le cadre du projet VZB (fig. 2) seront réalisés :
La grande ligne nord-sud, à quatre voies ;

Le tunnel pour la route de décongestionnement B96 sous le Tiergarten ;

La U5, ligne de métro Brandenburger Tor – Döberitzer Strasse, en passant par le Spreebogen et le Lehrter Bahnhof, et l'anticipation sur les travaux de construction de la ligne de métro U3 dans le secteur Potsdamer Platz et Kulturforum.

La pièce maîtresse de la liaison ferroviaire nord-sud longue de 9 km environ, est un segment de tunnel de 3,5 km. L'entrée du tunnel se situe au nord du Lehrter Bahnhof, gare urbaine promise à un avenir de nœud de communication majeur de Berlin : elle accueillera 2 voies croisées du ICE (Inter-City-Express) ; la ligne aérienne de la Stadtbahn (train métropolitain) ; la grande ligne ferroviaire souterraine nord-sud ; la ligne de métro U5 ; la ligne 521 de la Stadtbahn ; et le futur train magnétique à grande vitesse.

Entre l'entrée nord et le Reichstag, la construction du tunnel pour la ligne «longue distance» est aérienne, alors que pour les segments sous le Tiergarten et le sud du Potsdamer Platz a été adoptée la technique minière du creusement par propulsion.

Une contrainte qui fait loi à toute construction dans Berlin, est le ménagement de cette nécessité écologique qu'est la nappe phréatique, dont la surveillance est assurée par un système de management expressément créé à cette fin.

L'obligation de conformer les travaux aux dernières données scientifiques et technologiques en matière de construction aérienne ou souterraine, est une condition sine qua non au permis de construire ces ouvrages destinés au transport et à la communication.

Quand le mode de construction est aérien comme pour le segment de tunnel allant du Lehrter Bahnhof jusqu'au Reichstag et au Potsdamer Platz, on dresse dans le sol des murs à cannelures assurés par des ancrs à jet, faisant fonction de coffrage et de soutènement de la tranchée. Puis on creuse la fouille de construction jusqu'à la profondeur voulue. Grâce à des ancrs à poussée verticale et à une dalle de béton sous l'eau cette fouille est maintenue au sol malgré la poussée de la nappe phréatique. L'ouvrage des tunnels y est exécuté après pompage de l'eau.

Une forme particulière de construction aérienne est la méthode du caisson, procédé permettant d'opérer à ciel ouvert : au sud du Landwehrkanal, dans le secteur du Gleisdreieck, on érige 6 caissons au total. Sous chacun d'entre eux se trouve une chambre d'ouvrage dont la protection contre les infiltrations d'eau de la nappe phréatique est assurée par pression d'air à 2,3 bars maximum. Dans cette chambre, la terre est descellée par injection d'eau et immédiatement évacuée par pompage. Ainsi par son poids propre et par l'affouillement de la chambre d'ouvrage le caisson s'enfonce jusqu'à 1m par jour.

Dans le cas du mode de construction souterrain (Reichstag – Potsdamer Platz – Gleisdreieck), le tube du tunnel est creusé par un propulseur à bouclier, aussitôt habillé d'éléments préfabriqués en béton, si bien que l'achèvement du gros œuvre accompagne la marche du propulseur.

L'acheminement des matériaux vers les chantiers du centre et l'enlèvement des déblais – 30 millions de tonnes au total –, assurés en grande partie par voie ferrée et par voie navigable, sont organisés par deux centres logistiques, d'où rayonne vers les chantiers un réseau de routes et de tapis roulants, quasi en marge de la circulation publique.

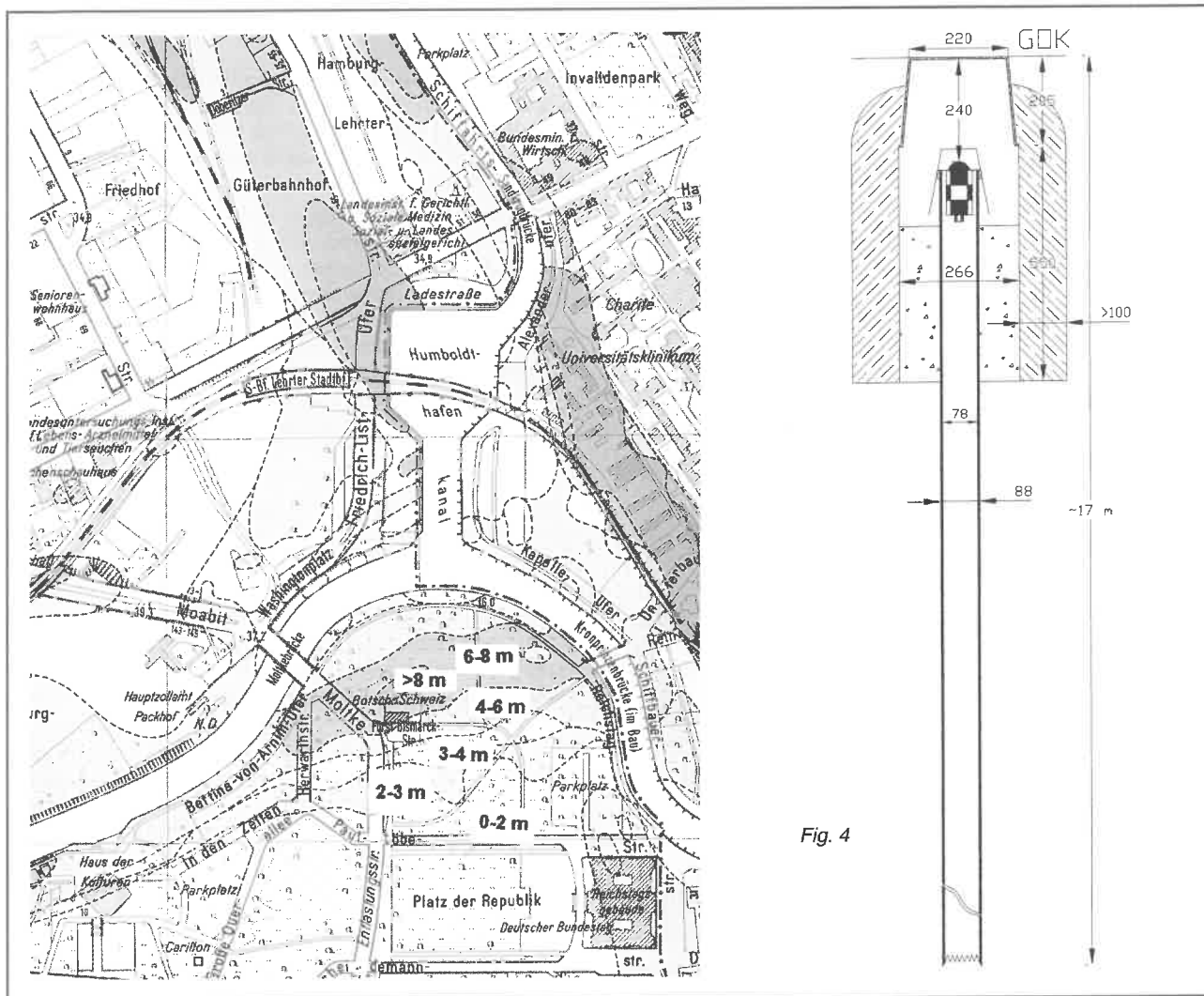


Fig. 4

Parallèlement à l'édification du réseau de communication s'élèvent les nouveaux bâtiments du gouvernement fédéral dans l'espace géographique du Spreebogen et naissent les complexes de différents grands investisseurs au Potsdamer Platz.

La multitude d'actes légiférants, nés au cours du déroulement du chantier et subordonnés les uns aux autres, appelle une coordination du management en matière de construction. Un gage absolu de la bonne marche du chantier est l'utilisation de bases géodésiques identiques.

La suite développe la contribution de la topographie au grand chantier du centre de Berlin.

LE RÉSEAU DES POINTS DE CANEVAS PLANIMÉTRIQUES DU VZB

En 1993, les mandataires principaux : la « Deutsche Bahn » et le Sénat demandèrent la mise en place d'un réseau de points de canevas planimétriques en rapport avec les chantiers des installations de transport. Selon des considérations conceptionnelles, une importante partie des points de canevas existants pour le Sénat berlinois fut utilisée. Il s'agit de points placés 15 cm sous un garde-fou (Geländeoberkante) en tuyau d'acier et marqué dans le béton, protégés au niveau du sol par une caisse de protection.

Pour satisfaire à la demande d'un réseau proche des chantiers, d'autres points ont dû être mis en place, ceux-

ci se trouvant à proximité directe des chantiers futurs. Ces nouveaux points furent en partie matérialisés par des poteaux plantés six mètres sous terre et 1,4 m au-dessus du garde-fou. Les poteaux sont protégés contre le retournement par un manteau métallique et un remplissage de sable, et ils ont une installation permettant le centrage forcé avec une capuche de protection fermant à clef.

Les points du réseau devaient être proches des lignes en construction, mais suffisamment éloignés pour ne pas être influencés par des mouvements du sol, facilement accessibles et avoir un horizon dégagé pour la réception GPS.

Le réseau de points a été calculé dans le système de coordonnées officiel du « Land Berlin » compte tenu de l'imbrication du projet VZB dans la politique générale de construction berlinoise. Limitée par les multiples travaux topographiques sur les chantiers de Génie Civil, l'exigence en précision du réseau de points du VZB fut limitée à une erreur moyenne planimétrique de ± 5 mm.

La conception du réseau de points fut fixée par une distance moyenne entre points de 250 m sur une étendue de 2×10 km. Du fait de la distance relativement importante entre points et de la configuration du centre ville (densité de construction, circulation, couverture...), qui rendent les visées réciproques difficilement réalisables, le réseau de points fut en majorité déterminé par voie GPS. La mise en œuvre de cette méthode fut aussi pour les maîtres d'œuvre une condition d'utilisation raisonnable du

réseau VZB et est prise en considération dans le dossier d'appel d'offres à travers une formulation adéquate.

Un autre critère de sélection des emplacements pour les points du réseau fut la difficile situation du sol à Berlin. Avec le secours de cartes des sols et de cartes géologiques on a pu délimiter les superficies qui étaient probablement touchées au niveau du sol par les répercussions des chantiers et paraissaient impropres à la mise en place des points de canevas.

Ainsi du fait de toutes ces contraintes, le réseau fut constitué de 60 points. Des calculs de simulation et des tests des différentes configurations du réseau, dans lesquels la répartition et le nombre de points; l'époque, la stratégie et la méthode des mesures GPS, ainsi que l'apport de mesures redondantes par tachéométrie furent mis en tant que paramètres variables, conduisirent à un choix justifié du mode de réalisation des bases géodésiques.

Après la validation par une expertise indépendante, réalisée par des spécialistes scientifiques de l'Université technique de Berlin, des configurations du réseau précédemment simulées, le projet pu être transposé. Pour le terrain, cinq récepteurs GPS Leica System 200 et un tachéomètre électronique Leica TC 2002 furent utilisés. Les observations GPS furent réalisées en mode statique, et les mesures tachéométriques en centrage forcé sur des points sensibles du réseau GPS pour la stabilité de l'ensemble.

Dans le cadre d'une comparaison, les points intégrés du réseau de premier ordre du « Land Berlin » (ÜL), les observations GPS et les mesures de polygonales furent testés séparément et en combinaison du point de vue de la qualité et différents modèles de transposition dans le système de coordonnées propre au « Land » furent essayés. De par le calcul par les moindres carrés et la prise en compte d'inconnues relatives aux coefficients d'échelle et aux rotations, de même qu'un facteur d'échelle pour les mesures de distances, une transformation optimale du réseau géodésique vers le réseau officiel put être atteinte avec une erreur moyenne (emq) en planimétrie de $\pm 3,4$ mm. Les valeurs des paramètres de transformation du réseau VZB vers les coordonnées officielles au niveau des points identiques « ÜL » sont insignifiantes. Grâce à l'utilisation de coordonnées VZB, contrairement au système VZB, les précisions de détermination et de proximité sont définies séparément. L'utilisation de ces coordonnées est exclusivement mise au point pour le projet d'installations de transport dans la zone centrale de Berlin, et est contrôlée pour leur diffusion par un coordinateur topographique. La surveillance et l'actualisation du réseau de points de canevas planimétrique VZB est sauvegardée sur une minute bien définie dépendant des maîtres d'ouvrage.

LE CANEVAS ALTIMÉTRIQUE DU VZB

Alors que les conditions et les exigences liées au canevas planimétrique dans la zone centrale conduisirent à la réalisation d'un réseau géodésique indépendant, dans le cas du canevas altimétrique, des optimisations furent nécessaires. La densité déjà présente de points avec des distances de 100 à 200 m, paraissait absolument suffisante et, au contraire du réseau planimétrique, seuls de faibles corrections de précision (compensations) étaient à réaliser. Cela était aussi dû à l'existence d'un canevas altimétrique homogène dans les deux moitiés de la ville résultant d'une campagne de mesures et de calculs sur l'ensemble de Berlin en 1950 et 1951. Le niveau

« Normalnull » des altitudes normales orthométriques toujours inchangé du système de 1912 fut utilisé à cette époque par rattachement à 9 points de canevas altimétriques antérieurs de l'administration de l'empire pour le levé réalisé sur le Land. Des mesures réalisées directement après la chute du mur montrent une bonne compatibilité du canevas qui avait été disjoint pendant des décennies.

La documentation fiable et à valeur judiciaire des mesures d'auscultations de bâtiment a une priorité spécifique en tant que preuve de la stabilité des constructions ou en tant que mesures préventives pour des dégâts au niveau des constructions déjà existantes dans le cadre de la prévention d'un litige possible. Le recours à une base géodésique utilisée par tous les intervenants du chantier serait alors d'une importance capitale.

Ces considérations ainsi que d'autres au niveau économique donnèrent l'avantage à l'utilisation du canevas altimétrique officiel dans le cadre des grands travaux de la zone centrale de Berlin. Il en résulte une augmentation de l'activité d'auscultation (de contrôle) du canevas altimétrique par les services publics également par rapport à l'actualité des altitudes déjà fixées. Ce déploiement était également nécessaire au regard des résultats obtenus précédemment à travers le contrat passé avec le Land de Berlin et par le besoin de mettre à disposition les résultats des mesures de base destinées aux grandes infrastructures ainsi qu'aux directives propres à l'urbanisme.

Le fait, que les altitudes officielles n'étaient modifiées que lors de changements supérieurs à ± 2 mm, s'est révélé être gênant dans les nivellements de haute précision avec une exactitude générale inférieure à 1 mm.

Les limites de modification analogues dans les autres Länder de la République Fédérale conduisirent ici régulièrement à la mise en évidence d'erreurs à travers une pratique courante dans la réclamation des précisions avec la mise en œuvre d'analyses de la fiabilité et de la solidité des points de repère environnants. La déduction de ces affirmations à propos de ces points de repère ne devient officielle que lors de l'utilisation d'au moins trois ou quatre de ces points et l'on ne peut remédier à ce handicap que lors de la mise en place d'un système normalisé destiné à faire l'inventaire des points d'altitude avec rajout régulier des points nouveaux à inventorier. L'exploitation de ces résultats eut pour conséquence une amélioration de la qualité du réseau des points d'altitude.

Comme avant le début des travaux, les conséquences futures sur le canevas altimétrique n'étaient que des suppositions limitées, des points fixes supplémentaires sur tiges allant jusqu'à 17 m de profondeur de fondation furent déterminés sur la périphérie des chantiers pour améliorer la stabilité du niveau altimétrique (fig. 4). L'emplacement et la profondeur des fondations de ces cinq repères de nivellement, disposés de manière régulière sur l'ensemble de la zone en construction, furent choisis en fonction de la fréquence d'utilisation et de la stabilité (dépendant du procédé de construction et des conditions géologiques). Les critères de proximité et de stabilité des points fixes sur tiges furent particulièrement difficiles à respecter au niveau de la zone de construction de la « Spreebogen » (coude de la Spree) et du chantier de grands travaux de la gare de Lehrte, du fait du comportement insatisfaisant du sol du bassin versant de la Spree.

L'intégration de ces points dans le système altimétrique s'est révélée à l'heure d'aujourd'hui, après trois ans d'activité intense sur les chantiers comme le garant d'une conduite consciencieuse et intensive des travaux

topographiques, ce qui fut prouvé par une comparaison du réseau utilisé au début des travaux avec la situation actuelle en 1998. Sur les 60 points fixes du départ sur la zone en travaux, environ 70 % d'entre eux sont à présent considérés comme déplacés (modifiés) ou détruits, alors que de leur côté, les points fixes sur tige restèrent intacts durant tout ce temps.

UTILISATION DES BASES GÉODÉSIQUES

Le réseau de points de canevas planimétrique et altimétrique est mis en place par le maître d'ouvrage et constitue la base pour tous les travaux topographiques suivants. Selon le « VOB » le maître d'ouvrage est obligé de définir les axes principaux des installations de construction et de les transmettre. Le travail du maître d'œuvre est le maintien et la préservation de ce tracé. Comme ce partage des tâches entre les entreprises de construction n'est pas raisonnablement transposable, le réseau VZB, y compris l'axe des voies, fut défini par règlement contractuel comme des données des points de canevas.

MESURE DE DENSIFICATION

Sur les bases du réseau VZB, la densification du canevas est entreprise dans chaque zone en construction par les bureaux de géomètre y travaillant. Les réseaux de densification dépendent des demandes spécifiques des chantiers et prennent en compte les conditions périphériques comme les possibilités de visées réciproques, les horizons dégagés pour les observations GPS, la proximité des chantiers, les situations conflictuelles avec des installations de chantiers, les degrés de densification, la méthode de mesure (absolue ou relative), la spécificité des objets (génie civil, travaux routiers, chaussées en dur).

Le maintien et la conservation du réseau de densification sont du ressort du maître d'œuvre. Les harmonisations au niveau des zones de transition entre les parcelles en construction sont utilisées dans un intérêt privé. En outre, par roulement, des discussions pour l'échange d'informations sont menées.

LES IMPLANTATIONS ET LES MESURES DE CONTRÔLE

Les travaux d'implantation et de contrôle sur les nouvelles constructions, y compris la comparaison entre le prévu et le réel (récolement) sont menés à partir du réseau de densification entourant les chantiers. Les précisions ainsi obtenues varient en corrélation avec le type de travail du cm pour les coffrages, à une très haute précision

pour la mise en place des réseaux de points spéciaux pour les tunnels et l'implantation des directions d'avancée servant de base pour le guidage des tunneliers.

Les exigences particulières des réseaux pour tunnel (souterrains), pour le percement des galeries découlent pour l'essentiel de la courte longueur de base par rapport à la distance à parcourir, lors de la mise en place de la direction principale de percement.

Dans ce but, pour une liaison entre les entrées de tunnel et une calibration du gyroscope, un réseau spécial, composé de 7 points du réseau planimétrique VZB et de 38 points de densification fut mis en place dans la zone nord. Au départ, il était prévu de calculer ce réseau de manière indépendante. Lors d'une comparaison entre un calcul indépendant et une compensation en bloc intégrée au système VZB, aucune différence significative n'a pu être relevée au niveau de la précision des points de densification et de la direction utilisée pour la calibration du gyroscope. C'est pourquoi les résultats de la compensation purent être conservés sans restriction pour le percement, ce qui à nouveau démontre les caractéristiques de grande qualité du réseau VZB.

MESURES DE DÉFORMATION

Les mesures de déformation sur les nouvelles constructions et les existantes servent essentiellement de preuve de stabilité dans la responsabilité personnelle des chantiers.

L'AUSCULTATION ET LES MESURES DE RÉCEPTION

Les mesures d'auscultation servent à garantir la qualité lors de la construction et vérifient entre autres par des contrôles indépendants l'implantation, le réseau de densification, la méthode topographique du maître d'œuvre et le respect des tolérances imposées, lors de la construction. En outre, les mesures de réception, par exemple pour le service fédéral du chemin de fer lors de la construction des installations ferroviaires, sont du domaine de compétence des mesures d'auscultation.

Les travaux destinés aux installations de transport dans la zone centrale de Berlin sont en cours depuis 1995. La progression rapide de ces travaux et les techniques utilisées sont très exigeantes pour la topographie. Malgré la préparation intensive pour créer les bases géodésiques, la perte ou l'utilisation limitée de certains points fixes sont inévitables. Néanmoins, le maintien du niveau de qualité élevé des points fixes a pu être préservé jusqu'à présent malgré des circonstances contraires.

L'introduction du GPS centimétrique au port autonome de dunkerque



GPS - RGF93
Que faire des canevas locaux ?

Photo J.L. Burnod – BDL communication

Marc Henaut – ingénieur ENSAIS – (société IDS)

L'arrivée du GPS centimétrique à fréquence élevée à l'occasion de l'opération d'acquisition d'un sondeur multifaisceaux pour résoudre notamment le problème de la correction d'attitude et le positionnement de vedettes de sondage bathymétrique, a fait découvrir la nécessité de reprendre à la base l'ensemble des applications topographiques dans un processus de qualité référentielle.

Au delà de cette première application originale d'utilisation du GPS centimétrique pour positionner une vedette de sondage dans l'espace dix fois par seconde, il est important de construire une base géodésique solide ouverte sur l'avenir, car les applications sont nombreuses.

Hors du champ des utilisations classiques du GPS centimétrique, il y a maintenant la possibilité de positionner exactement des grands ouvrages isolés dont le positionnement relatif était douteux, et par conséquent inutilisable, en matière de surveillance de ses déformations. Il y a aussi de nombreuses applications sur les engins mobiles de grandes dimensions : positionner une roue-pelle dans l'espace ne sera plus une chose incertaine, conduire un grand navire relativement au fond d'un chenal deviendra contrôlable au centimètre près. Une autre révolution sera de connaître exactement la hauteur des plans d'eau en se dispensant des marégraphes et de la fameuse formule du SHOM dont on subodore qu'elle ignore certaines particularités locales.

Enfin la refonte du système géodésique local va être une excellente occasion de fédérer les usages et éliminer certaines "traditions" topographiques, égaliser la précision des repères, enrichir les procédures qualités des travaux topographiques et de recolement après travaux.

Le Port de Dunkerque conscient de la difficulté de cette réforme, souhaite vivement recueillir l'avis des adhérents de l'AFT.

Jean-Pierre Grassien
Port Autonome de Dunkerque

Le Port Autonome de Dunkerque travaille actuellement à l'évolution de son système de positionnement pour ses levés bathymétriques. La mise en place d'un système GPS centimétrique est engagée.

L'utilisation du GPS centimétrique exige une réflexion quand à son intégration dans les canevas locaux et la compatibilité de sa composante verticale avec les références altimétriques utilisées.

Le remplacement par l'IGN du canevas géodésique actuel (NTF) est en cours. A terme, le RGF93 va devenir le système légal. Il permet entre autres d'harmoniser les bases de données SIG et d'optimiser l'utilisation du GPS.

Le Port Autonome de Dunkerque, a confié à la société IDS l'étude une refonte du canevas portuaire permettant l'utilisation du GPS centimétrique harmonisant les usages en matière de topographie, de bathymétrie et de maintenance d'ouvrage et prévoyant le passage au RGF93.

L'ÉVOLUTION DU SYSTÈME GÉODÉSIQUE DE RÉFÉRENCE EN FRANCE

Les coordonnées obtenues par les mesures GPS sont exprimées dans un système de référence tridimensionnel et géocentrique. En France, la précision de la NTF (Nouvelle Triangulation Française) n'est plus adaptée aux nouvelles techniques de positionnement par GPS. C'est pourquoi le C.N.I.G. (Conseil National de l'Information Géographique) a recommandé la mise en place d'un nouveau réseau géodésique : le RGF (Réseau Géodésique Français).

• Rappels sur la NTF

Description

La NTF (Nouvelle Triangulation Française) est le système légal actuellement employé en France. Achevée en

1991, la NTF est hiérarchisée en quatre ordres principaux auxquels s'ajoute un cinquième ordre complémentaire. La précision de ce système planimétrique, inhérente aux techniques utilisées depuis les années 1950, est estimée à 1.10-5 (soit 1 cm par km).

Les coordonnées planes sont exprimées en Lambert I, II, III, IV, basée sur une projection conique conforme tangente avec facteur d'échelle. La division en quatre zones minimise l'importance de l'altération linéaire.

Le système d'altitude associé

Le système NTF étant bidimensionnel, c'est l'altitude normale NGF qui lui est associée en tant que composante verticale. Ces altitudes sont exprimées dans le système NGF-IGN69 (Nivellement Général de la France 1969). Le réseau IGN69 est rapporté au zéro du marégraphe de Marseille.

Inadéquation de la NTF avec les techniques actuelles et futures de positionnement

La NTF a été réalisée par des campagnes de géodésie classique. L'évolution des AEMD¹ et surtout du système GPS est difficilement compatible avec la précision de la NTF. La NTF présente des problèmes d'échelle et d'orientation dus aux méthodes de calcul.

De plus, le GPS fournit des coordonnées dans un système géocentrique, mondial et tridimensionnel, alors que la NTF fournit des coordonnées bidimensionnelles planes ou géographiques, auxquelles on ajoute une altitude. C'est pourquoi le CNIG a recommandé la mise en place d'un nouveau réseau géodésique français : le RGF.

• Le système RGF93

Le système RGF93 (Réseau Géodésique Français) est associé au réseau RGF. Il est géocentrique et tridimensionnel, de précision centimétrique. C'est la réalisation nationale du système européen ETRS89 basé sur le réseau EUREF. Les coordonnées RGF93 sont donc bien des coordonnées ETRS89. Elles sont aussi équivalentes à des coordonnées WGS84 pour des applications d'une précision de quelques centimètres.

Le RGF93 est associé à l'ellipsoïde GRS 1980 ($a = 6378137$ m ; $f = 1/298.257222101$)

Les coordonnées sont exprimées soit :

- sous forme tridimensionnelle géographique (ou cartésienne)
- en projection Lambert-93 accompagnées de l'altitude NGF

Les écarts entre le système NTF et le système RGF93 peuvent atteindre cinq mètres.

Le RGF

Le RGF comprend trois niveaux hiérarchiques :

– Le RRF

Le RRF (Réseau de Référence Français) est constitué de 23 sites répartis sur l'ensemble de la France Métropolitaine. Ses coordonnées ont été déterminées avec les méthodes les plus précises, et la précision relative entre deux sites du RRF est centimétrique (10^{-7}). Ils font partie du réseau EUREF.

– Le RBF

Deuxième niveau hiérarchique du RGF, le RBF (Réseau de Base Français) est constitué d'un millier de sites

géodésiques nouveaux uniformément répartis tous les 25 km.

– Le RDF

Le RDF (Réseau de Détail Français) comprend l'ensemble des 79000 points de la NTF. Les coordonnées RGF93 de ces points sont obtenues par transformation des coordonnées NTF.

La précision des points en coordonnées NTF est moins bonne, cette imprécision est conservée lors du passage en RGF par transformation.

La projection Lambert-93

Pour exprimer des coordonnées planes, la projection Lambert-93 a été choisie. Bien que de type « Lambert », ses paramètres n'ont rien de commun avec le « Lambert » associé au système NTF.

C'est une projection conique conforme sécante, unique pour tout le territoire métropolitain. Elle est définie par les paramètres ci-dessous :

- parallèles d'échelle conservée :
 $\varphi_1 = 44^\circ$ N et $\varphi_2 = 49^\circ$ N
- méridien central : $\lambda_0 = 3^\circ$ E Greenwich
- latitude origine : $\varphi_0 = 46^\circ 30'$ N
- coordonnées de l'origine :
E = 700 000 m
N = 6 600 000 m

L'avantage de cette projection unique est évident dans l'univers numérique des SIG (Systèmes d'Information Géographique). Cependant l'altération linéaire est importante ; ses valeurs atteignent 2 mètres par kilomètre à Dunkerque (orientation Nord – Sud). Ces altérations impressionnantes peuvent être facilement prises en compte dans les procédures de calculs topométriques de réduction de distance.

Actuellement, le RRF et le RBF sont en place. L'IGN a commencé à convertir les repères existants pour réaliser le RDF. Sur le territoire du PAD, on dispose déjà de repères connus dans les deux systèmes NTF et RGF93.

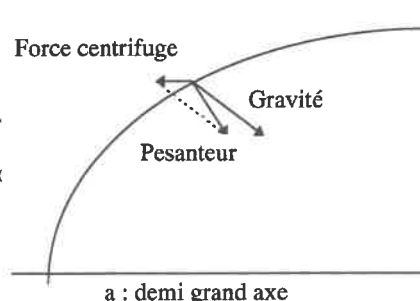
Il est donc indispensable en cas de travaux géodésiques de s'intéresser à cette évolution et surtout de la prévoir.

LE PROBLÈME DES ALTITUDES PAR GPS

L'utilisation du GPS en géodésie est aujourd'hui une évidence. Néanmoins, sa généralisation n'a pas encore apporté de solutions simples et de mises en œuvre faciles vis à vis de l'intégration de sa composante verticale dans les systèmes altimétriques utilisés. Le système altimétrique légal IGN69 repose sur la notion complexe de géoïde.

• Définition du géoïde

En 1687, Newton énonce son principe de la gravitation universelle qui a pour conséquence de remplir une sphère par un soïde de révolution.

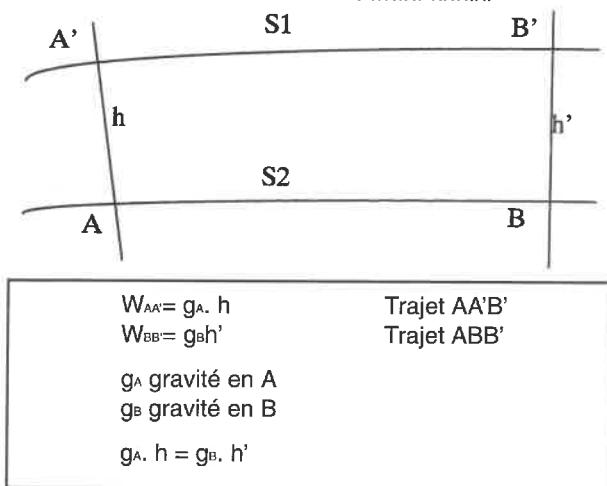


1 - Appareils Électroniques de Mesure de Distances

La composante de la force centrifuge et de la gravité en un point du globe est la pesanteur, dont la direction s'appelle la verticale. Les instruments de mesure sont soumis à la pesanteur, dont la direction (verticale) est irrégulière en raison de l'attraction des masses.

On introduit alors la notion de surfaces équipotentielles de pesanteur, ou surfaces de niveaux, perpendiculaires en tous points aux verticales. Deux surfaces équipotentielles sont telles qu'on passe de l'une à l'autre en effectuant le même travail.

Considérons deux surfaces de niveaux S1 et S2 et le trajet AB'. Le travail effectué pour se déplacer d'une surface à l'autre est indépendant du trajet choisi



Les pesanteurs étant différentes, h et h' sont différents. Les surfaces équipotentielles ne sont pas parallèles : il en résulte une différence de niveau entre A' et B' alors que la dénivelée est nulle.

Il ne peut donc y avoir de systèmes d'altitudes cohérents sans mesures gravimétriques, d'où la définition d'une altitude normale : $AN = W_{AA'}/g_n$ où g_n est la pesanteur réelle mesurée au lieu considéré, alors que l'ancienne norme, l'altitude orthométrique, abandonnée en 1969, considérait la pesanteur théorique.

C'est la surface de niveau, ou géoïde, qui sert de référence au nivellement : l'altitude d'un point est la distance métrique qui le sépare du géoïde.

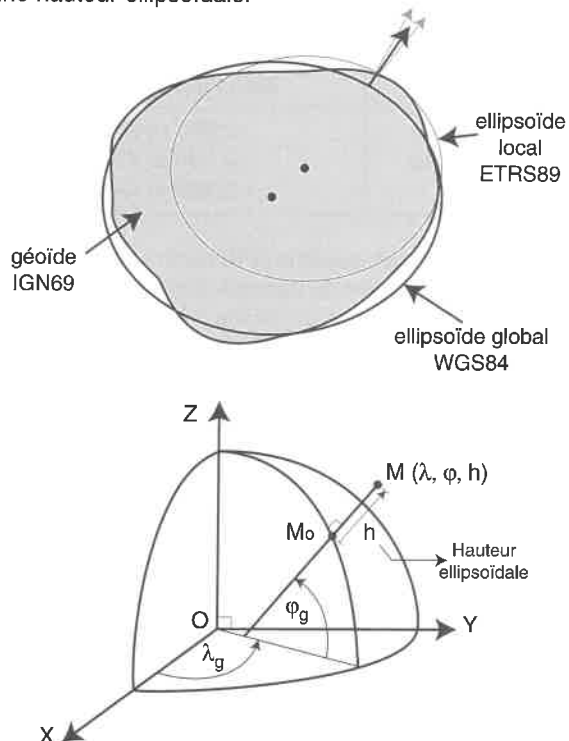
Le système IGN69 est donc un système d'altitudes normales, les dénivelées sont corrigées pour atténuer les effets de la gravité. Ces corrections sont d'ailleurs négligeables sur le plan local. Cette surface physique, dénommée géoïde, oblige donc à associer mesures géométriques et mesures gravimétriques.

Pour modéliser le géoïde, il n'est donc pas suffisant de s'intéresser aux différences d'altitudes. Il faut étudier les variations gravimétriques. Localement ces variations n'influencent pas les altitudes. Néanmoins, des données gravimétriques peuvent indiquer l'allure générale du

géoïde (pente nord-sud), des anomalies ponctuelles et confirmer une modélisation géométrique.

• L'arrivée des « Altitudes GPS »

L'utilisation du GPS pour le nivellement pose le problème de transformation des données issues de deux systèmes de référence différents puisque le GPS fournit une hauteur ellipsoïdale.



Le géoïde représente la forme des mers et des océans, supposés calmes et au repos, prolongés sous les continents (c'est une surface équipotentielle). Cette surface ne correspond à aucune définition mathématique puisqu'elle dépend des anomalies de pesanteur qui ne sont pas modélisables. L'ellipsoïde, au contraire, est une surface mathématique qui permet une définition géocentrique et tridimensionnelle pour le positionnement spatial. Il n'existe donc pas de processus purement mathématique pour répondre aux problèmes. Il est nécessaire d'acquiescer des données et de modéliser cet écart localement.

L'écart entre le géoïde et l'ellipsoïde varie en France entre 43,5 et 54,5 mètres. Il peut localement varier de plusieurs centimètres par kilomètres, notamment dans les régions montagneuses. Sur la région dunkerquoise, cet écart doit se situer entre 43,45 et 43,75. Pour une utilisation centimétrique du GPS, il convient donc de déterminer précisément la position du géoïde par rapport à l'ellipsoïde de référence utilisé. Plusieurs études ont déjà été réalisées en France et proposent des solutions. Généralement, les propositions sont faites pour le territoire français en entier et par conséquent induisent une précision inadaptée aux besoins présents.

• Remarques

Du fait de ses activités, le Port Autonome de Dunkerque doit travailler dans différents systèmes altimétriques :

Système de référence	Différence par rapport au 0,00 de l'IGN69	Différence par rapport au 0,00 cote marine de Dunkerque
Ancien NGF (Lallemand)	+ 0,60	+ 3,30
IGN69	0,00	+ 2,70
Nivellement Bourdaloue	- 0,33	+ 2,37

H Dunkerque	- 2,521	+ 0,141
Cote marine Dunkerque	- 2,70	0,00
Cote marine Gravelines	- 2,96	- 0,26

De plus, Dunkerque est le port principal de la zone de marée 1 défini par l'EPSHOM, Gravelines en est le port secondaire. Dans le domaine maritime la cote marine ou zéro hydrographique (zéro des cartes marines) prime sur l'IGN69.

Nom	Zéro hydrographique
Dunkerque	- 2,693 m IGN69
Gravelines	- 2,730 m IGN69
Calais	- 3,459 m IGN69

L'intégration d'un système GPS centimétrique dans le processus d'acquisition de données bathymétriques pose évidemment le problème du géoïde mais renvoie aussi à l'utilisation et à la définition des différents systèmes altimétriques utilisés.

PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT AU PORT AUTONOME DE DUNKERQUE

• Contexte

La société I.D.S. assiste le PAD pour l'acquisition de son système GPS. Par extension de ses travaux, elle préconise au PAD pour le développement durable de ses outils un développement géodésique inévitable dans le contexte actuel.

En effet, le PAD fait face aujourd'hui à :

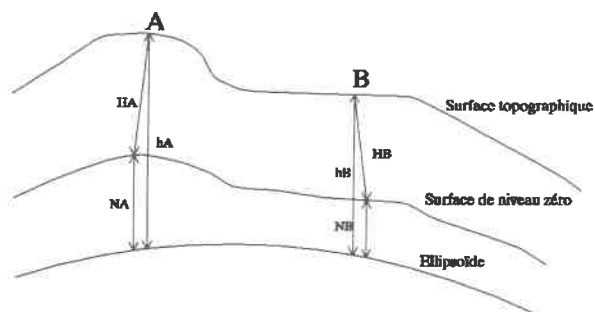
- l'arrivée du GPS pour l'acquisition de données bathymétriques et par extension topographiques.
- l'évolution du système géodésique de référence avec la mise en place progressive du RGF93.
- une nécessaire rénovation de son canevas géodésique pour homogénéiser ses bases de données et ses besoins en informations géographiques.

L'idée générale d'une refonte du canevas portuaire permettant l'utilisation du GPS et prévoyant l'arrivée du RGF93 est donc mise en avant.

Le principal problème est de faire correspondre les hauteurs ellipsoïdales avec les altitudes normales IGN69. De nombreuses études montrent la complexité d'une modélisation du géoïde. Dans le cas présent, on cherche à simplifier le problème. En effet, on a l'avantage de travailler localement et sur un territoire ayant un relief constant et simple. Cela permet de s'affranchir de données gravimétriques indispensables pour un véritable géoïde.

On ramène donc le problème à la recherche de l'ondulation et on abandonne la notion de géoïde au profit de surface de niveau zéro.

La notion d'ondulation est donc ramenée à une composante géométrique. Sa variation est faible sur le territoire du Port Autonome de Dunkerque (30 cm) et implique de travailler avec précision et précaution, car les fautes ou erreurs seront difficilement décelables.



$$\Delta H = \Delta h - \Delta N$$

H : altitude IGN69
h : hauteurs ellipsoïdales
N : ondulations

Les valeurs de l'ondulation sont donc déterminées par comparaison des altitudes IGN69 et des hauteurs ellipsoïdales.

• Méthodologie proposée

On définit maintenant une méthode pour rationaliser les travaux répondant aux différents besoins du PAD (intégration du GPS, arrivée du RGF93, rénovation du canevas portuaire).

Chaque besoin pourrait être traité séparément mais cela entraînerait une redondance de travaux.

La première démarche est donc d'étudier les références géodésiques disponibles sur le territoire du PAD. La superficie du territoire, la diversité des activités et les constants aménagements ont rendu le référentiel géodésique disparate dans sa répartition, sa précision et ses origines. Il est nécessaire de réaliser un état des lieux de l'existant pour pouvoir asseoir un nouveau référentiel et utiliser les données disponibles.

En complément de l'existant, une définition des besoins en points géodésiques permet de quantifier le nombre de points du futur réseau.

Un certain nombre de points du canevas seront aussi placés géographiquement de telles manières à pouvoir fournir ultérieurement des données pour la surveillance des ouvrages. Ces points n'auront pas forcément un intérêt géodésique fort, *mais un intérêt stratégique certain pour la maintenance préventive.*

Le canevas doit pouvoir répondre aux besoins de tous les services du Port Autonome de Dunkerque. Son adaptation géographique sera donc contraignante.

Pour déterminer les ondulations il faut comparer les altitudes normales et les hauteurs ellipsoïdales d'un canevas dense de points répartis sur tout le territoire du PAD. De la densité du canevas et de la bonne répartition des points va dépendre la précision de la détermination de la surface de niveau zéro.

La répartition des points est soumise à la topographie du terrain. Il est nécessaire d'encadrer au maximum les jonctions terre – mer (quais, darses, etc.) et de disposer de points assez loin dans les terres pour appréhender la surface de niveau zéro à l'approche du littoral.

La combinaison entre les points nécessaires au futur canevas et ceux utiles pour la détermination de la surface zéro doit être judicieuse pour rationaliser les travaux.

Le maximum de points connus en IGN69 sera utilisé. Il sera certainement nécessaire pour des raisons de contrôle ou de densification d'utiliser des points du réseau altimétrique.

L'implantation de nouveaux points sera effectuée avec les précautions d'usage : stabilité, disponibilité de références visuelles, emplacement, etc.

Tous ces points doivent ensuite être observés par GPS. L'IGN recommande de travailler pour les nouveaux chantiers directement en RGF93. Il sera donc nécessaire de s'appuyer sur des points du réseau RGF93.

L'utilisation du GPS centimétrique pour l'acquisition des données bathymétriques nécessite la mise en place d'une station de référence. Celle-ci servira aussi de pivot pour l'utilisation du GPS comme outil topographique. La station de référence s'appuiera pour sa détermination sur les sites du RBF et sur les références du deuxième ordre du canevas Lambert disponibles sur la région dunkerquoise.

On utilisera donc la station de référence comme point central du nouveau canevas. Néanmoins, une hiérarchisation du canevas est probable. Les observations et les points d'appuis évolueront selon cette hiérarchie possible. Selon l'importance du point, le nombre de pivots et la durée des observations seront modifiés.

Les observations GPS fournissent donc les valeurs de comparaison pour déterminer la surface zéro. Tous les écarts obtenus demandent un traitement statistique et mathématique des points pour contrôler la validité du modèle et déterminer sa précision. Bien-sûr, des tests du modèle sont indispensables.

Il est très difficile de savoir le nombre exact de points nécessaire à telle ou telle précision pour le modèle de surface zéro. Il est évident que l'approche va se faire de manière progressive en déterminant un premier modèle et en testant sa validité puis en incrémentant le nombre de points.

Tous les points du canevas seront intégrés dans le calcul en premier. Des points supplémentaires seront observés selon la densité et la répartition du réseau.

L'exploitation des données GPS sera donc double : d'une part en altimétrie, pour valider l'uti-

lisation du GPS dans les trois dimensions et d'autre part en planimétrie pour fournir les coordonnées du nouveau canevas en RGF93.

Toutes les coordonnées seront donc exprimées en RGF93, leur transformation en Lambert sera fournie, soit par le logiciel de post-traitement GPS (certains fournisseurs GPS intègrent déjà le système RGF93 dans leurs modules), soit par une adaptation grâce aux points communs dans les deux systèmes. Les points repris conserveront leurs coordonnées actuelles en Lambert.

Une des finalités est de disposer de paramètres locaux de transformation précis sur le territoire du Port entre les systèmes Lambert et le RGF93. Cela permettra entre autres de convertir les bases de données des différents services le moment venu.

Cette démarche générale comprend des travaux importants à réaliser, notamment au niveau de l'acquisition des données.

Elle devrait permettre de répondre aux attentes en positionnement et d'harmoniser le référentiel. Une amélioration de la précision de l'information géographique est envisageable. L'anticipation sur le RGF93 permettrait une meilleure cohérence des données GPS et un gain de temps sur les changements à venir.

(article écrit en collaboration avec M. Badaoui, de la société IDS)



GPS on s'agrandit !

De Washington, le vice-président Gore a annoncé le 25 janvier dernier un crédit de 400 millions de dollars destiné à améliorer le GPS en ajoutant deux nouveaux signaux civils aux futurs satellites du système.

Le second signal civil utilisera la fréquence 1227,60 MHz, avec le signal militaire actuel, et sera disponible pour les utilisations hors domaine de sécurité. Les dispositions du budget prévoient l'installation de ce second signal sur les satellites lancés en 2003.

La clé de voûte de cette initiative de modernisation est une décision de la Maison Blanche sur le choix de la fréquence du troisième signal civil qui pourra intervenir pour couvrir les besoins où la sécurité est le facteur essentiel (aviation civile...). Le troisième signal sera logé à 1176,45 MHz dans un secteur du spectre alloué internationalement aux communications radio des services de navigation aérienne, il sera mis en œuvre en 2005. La date à laquelle ces nouveaux services seront accessibles aux usagers dépendra des dates de lancement et du nombre suffisant de satellites en orbite pour couvrir les besoins et conserver les capacités opérationnelles.

Combinées avec le signal civil actuel de 1575,42 MHz, les nouveaux signaux amélioreront les performances du système et permettront sans doute de nouvelles applications dans cette technologie en constante expansion.

VUES AERIENNES METRIQUES

TOUTES ÉCHELLES - TOUTES ÉMULSIONS :
POUR TOUTES APPLICATIONS



AU SERVICE DES AMENAGEURS

670, rue Jean Perrin • Z.I. • 13851 AIX EN PROVENCE CEDEX 03

Téléphone : 04.42.60.05.45 • Télécopie : 04.42.24.26.04

généralisation cartographique de la bathymétrie

Raymond Guillou – chef de la production cartes (SHOM)

INTRODUCTION

Faire les meilleures cartes marines possibles est l'une des missions du SHOM. Pour cela, il doit maîtriser parfaitement la technique de généralisation cartographique ⁽¹⁾. En expliquer au navigateur les grandes lignes pour lui permettre une meilleure compréhension de sa carte est un devoir que la Lettre du SHOM a abordé dans son n° 14. Nous allons voir maintenant quels principes régissent le choix des informations bathymétriques ⁽²⁾ portées sur une carte marine.

GÉNÉRALISATION CARTOGRAPHIQUE DE LA BATHYMÉTRIE

L'objectif de la généralisation bathymétrique sur les cartes marines est de définir une image lisible et simplifiée à l'aide de sondes (valeur de la profondeur en un point) et d'isobathes, préservant les formes remarquables du relief sous-marin tout en tenant compte des contraintes de sécurité et de lisibilité. Ce processus est traditionnellement appelé "choix de sondes cartographiques". C'est tout l'art du cartographe marin, qui doit avoir un bon sens pratique de l'usage qui sera fait de la carte, que de simplifier cette information sans la dénaturer tout en assurant la sécurité de la navigation.

Or, il existe peu de règles qui gouvernent cette opération fondamentale du processus de cartographie marine. Nous allons toutefois examiner les phases essentielles de la procédure traditionnelle de généralisation de la bathymétrie à partir de données numériques (fig. 1). Ces données sont extraites de la Base de Données Bathymétriques du SHOM (BDBS), puis filtrées afin d'obtenir une pseudo-minute de bathymétrie lisible à l'échelle de la carte. Ce filtrage, basé sur un tri des sondes par valeur croissante, sélectionne itérativement les sondes les plus faibles en retirant les sondes les plus proches dans un voisinage circulaire donné. Il permet de respecter les contraintes de lisibilité et de sécurité. Sur ce document, le cartographe trace ensuite l'ébauche des isobathes afin de mieux comprendre la géomorphologie du fond marin. Il est alors en mesure de rechercher les sondes caractéristiques, c'est-à-dire celles qui caractérisent

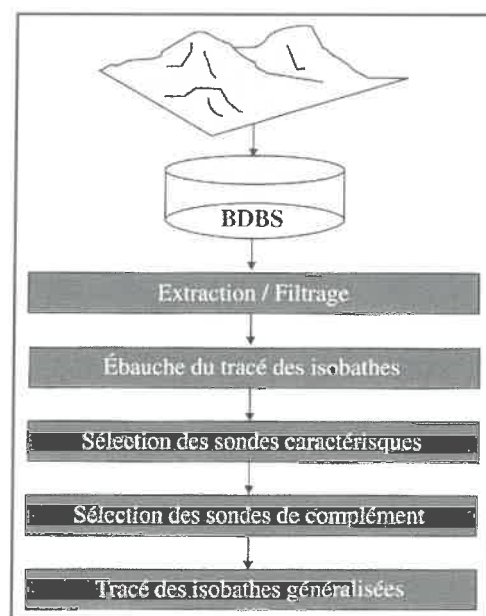


Fig. 1 – Processus manuel de généralisation bathymétrique en cartographie marine

nettement un accident du terrain (le plus souvent elles mettent en cause la sécurité de la navigation car ce sont les sondes les plus faibles, qui correspondent à des remontées du fond sous-marin (sommets sous-marins)).

Une fois ces sondes sélectionnées, il s'agit, de la côte vers les profondeurs croissantes, de compléter la sélection des sondes afin de maintenir une certaine homogénéité en densité tout en assurant la sécurité de la navigation. Ces sondes de complément seront sélectionnées de proche en proche à partir des sondes caractéristiques.

Enfin les isobathes cartographiques sont tracées en tenant compte de la sélection des sondes afin d'assurer la cohérence géométrique des sondes et des isobathes ainsi que la lisibilité de la carte. Ces différentes étapes sont schématisées sur la figure 2. Le résultat obtenu, dont un exemple concret est illustré par la figure 3, est une représentation généralisée de la bathymétrie, à la fois lisible et assurant la sécurité de la navigation.

Ce processus manuel de généralisation de la bathymétrie repose sur l'expertise du cartographe. Celui-ci doit être apte à détecter et corriger des conflits multiples en gérant des priorités et en réalisant des choix.

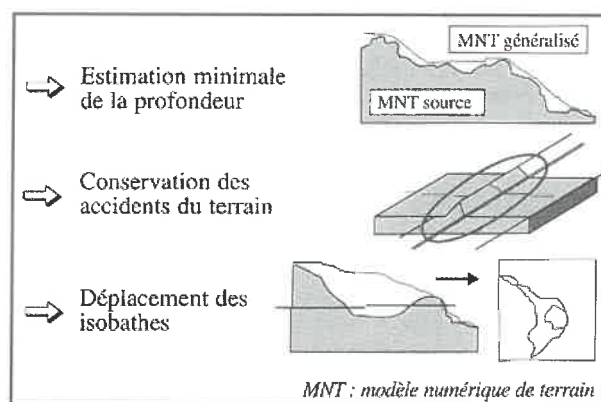


Fig. 2 – L'application des règles au modèle de terrain le plus fidèle dont dispose le cartographe (issu des levés bathymétriques) est illustrée par les schémas ci-dessus :
– détermination d'une enveloppe du fond plus ou moins détaillée suivant l'échelle de la carte ;
– conservation des éléments caractéristiques du fond ;
– généralisation des isobathes par déplacement dans le sens des profondeurs croissantes

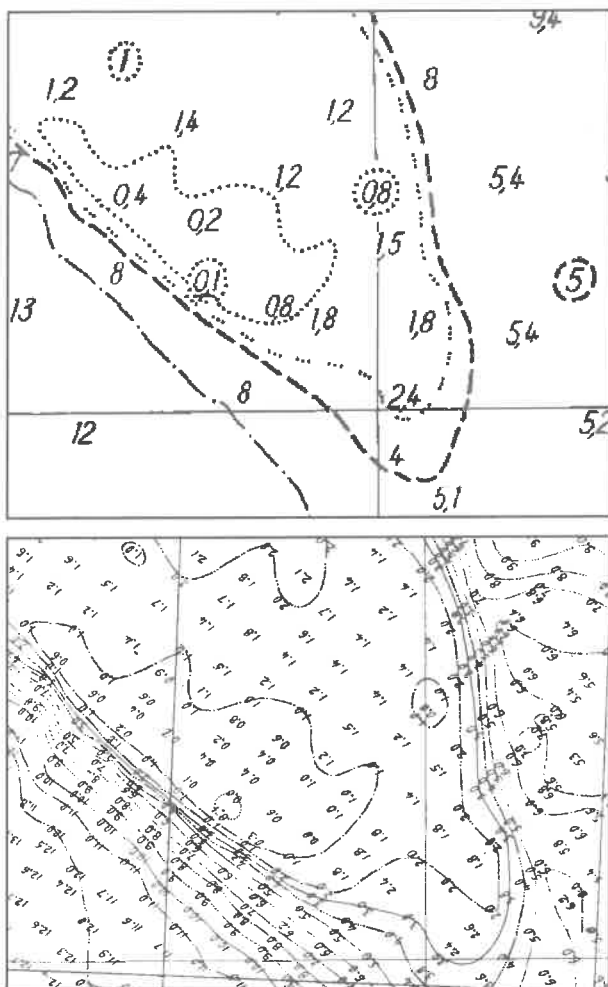


Fig. 3 – Exemple de généralisation bathymétrique

LE CHOIX DE SONDES

La phase de préparation d'une carte marine la plus coûteuse est le choix de sondes, qui est indissociable du tracé des isobathes. Les isobathes apportent une bonne connaissance de la bathy-morphologie du fond, essentielle à la bonne réalisation du choix de sondes. De même celui-ci influence le tracé des isobathes définitives pour respecter les critères de généralisation et de lisibilité.

Pour le cartographe, il s'agit là d'exploiter les données bathymétriques en vue de donner la meilleure image possible du fond, tout en ne faisant aucune impasse sur le critère de sécurité de la navigation. Ainsi le cartographe doit avant toute autre chose vérifier le critère de sécurité satisfait par l'application des deux règles suivantes :

Règle 1 :

Dans le triangle formé par trois sondes choisies S1, S2 et S3 il ne doit pas y avoir de sonde non retenue de valeur inférieure à la plus faible des trois. Cette règle est impérative et n'admet aucune dérogation. Dans l'exemple représenté, (fig. 4) l'existence de la sonde S4, inférieure à S1, rend le choix de sondes inacceptable.

Règle 2 :

Aucune sonde non choisie ne doit être de valeur inférieure à celle de la sonde interpolée dans le triangle au même endroit ⁽⁹⁾.

Cette règle ne peut pas toujours être respectée rigoureusement. Elle peut conduire, notamment aux petites

échelles, à des déformations importantes des figures bathy-morphologiques réelles.

Ces déformations doivent être limitées par un choix judicieux des sondes et des isobathes cartographiées. Dans l'exemple cité, la sonde non choisie S5 ne vérifie pas cette règle. Cependant le cartographe peut tolérer ce défaut suivant le cas (on suppose ici que S4 n'existe pas). La sonde non choisie S6 respecte quant à elle totalement les critères énoncés.

PERSPECTIVES

L'élaboration d'une carte peut apparaître comme un travail sans grande difficulté. L'expérience montre au contraire que c'est un travail complexe, qui prend du temps et qui requiert des compétences particulières et du savoir faire.

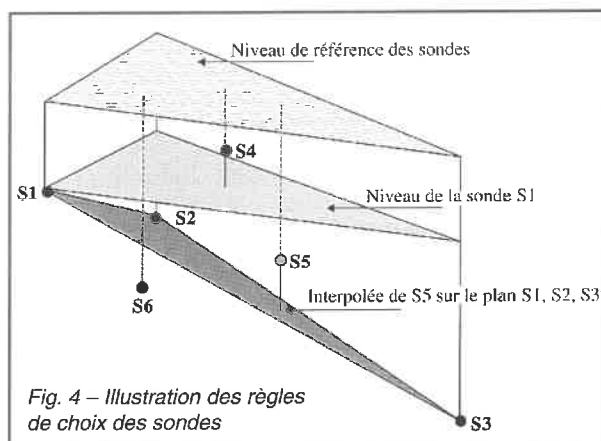


Fig. 4 – Illustration des règles de choix des sondes

Il ne faut pas perdre de vue que la carte marine est le document fondamental pour préparer et suivre sa navigation (détermination et suivi des routes du navire).

Une carte marine doit en particulier répondre aux principes suivants :

- Toutes les informations sont présentées de façon claire et sans ambiguïté ;
- Toutes les informations ont été vérifiées à partir de documents originaux ;
- La carte possède les qualités requises pour l'usage auquel elle est destinée. En particulier, elle montre une quantité suffisante d'informations pour permettre de naviguer avec précision et sans risque à tout instant ;
- La carte est d'un graphisme net, agréable et facile à lire, dans lequel les éléments les plus significatifs se repèrent rapidement.

Aujourd'hui, les cartographes marins réalisent des traitements numériques complexes. Ils travaillent depuis plusieurs années à la production de cartes électroniques (ENC) pour les ECDIS ⁽⁴⁾ et utilisent de plus en plus les systèmes d'information géographiques (SIG). Ils sont donc favorables à l'emploi d'outils d'aide au traitement numérique des données bathymétriques. Des études ont commencé pour la mise au point de logiciels interactifs qui proposeront au cartographe des ébauches de solution au choix de sondes ; il lui appartiendra de valider ces solutions ou de les modifier (le logiciel sera aussi capable de détecter les anomalies de traitement lors de la généralisation, anomalies qui peuvent exister dans le choix fait par le cartographe, ce qui nécessite actuellement un contrôle strict par un tiers).

Ainsi, le processus de généralisation de la bathymétrie pourra bénéficier des travaux de recherche dans le

domaine de l'orographie et de la généralisation du linéaire. S'il n'existe pas encore de plate-forme de généralisation automatique suffisamment performante, il semble que cette situation puisse changer dans les années à venir. Ceci ouvre donc des perspectives très encourageantes pour ce qui est de la réalisation d'une telle plate-forme.

Les avantages de cette génération d'outils cartographiques seront doubles. Ils généreront un gain de productivité évident par la conservation de l'intégrité de la chaîne numérique, des données acquises aux produits

numériques. De plus, il deviendra plus facile de généraliser la bathymétrie selon des objectifs, des contraintes et des règles différents. Il peut s'agir de ceux de la navigation par corrélation, de la lutte sous la mer, etc. Par ailleurs des études sur la généralisation de la bathymétrie pourront être utilement étendues à d'autres paramètres géophysiques (magnétisme, pesanteur, sédimentologie...).

Enfin, ce problème sera d'autant mieux et vite résolu qu'une collaboration internationale se développera.

(Article paru dans "La lettre du SHOM aux navigateurs". Déc. 98. Reproduit avec leur aimable autorisation).

NOTES

- (1) C'est la procédure ayant pour but de synthétiser l'information géographique afin de la représenter dans un espace restreint, tout en maximisant la qualité de l'information transmise selon le niveau de perception souhaité.
- (2) Il suffit de savoir que le radical bathy vient du grec bathus, qui signifie "profond", pour comprendre que le mot bathymétrie est relatif à la mesure des profondeurs et qu'isobathe désigne la ligne reliant sur une carte des points de même (iso) profondeur!
- (3) Intersection de la verticale passant par la sonde considérée avec le plan passant par les trois sondes retenues a priori.
- (4) Electronic chart display and information system : système de visualisation de cartes électroniques et d'information.

Rollei

fototechnic

Photogrammétrie numérique

- **MSR** : Redressement d'images - Mosaïques jusqu'à 100 photos
- **CDW** : Photogrammétrie 3D multi-images - Orientation automatique - Compensation de faisceau en bloc (750 inconnues simultanées) - Restitution assistée
- **Orthoimage** : Orthophotoplans en applications terrestres ou aériennes
- **Q7** : Chambre numérique - Résolution 1280 x 1024 - Flash incorporé - Viseur optique + écran - Pccard de 8 à 45 Mo - Interfaces Scsi, Série, Parallèle

MAURY INFORMATIQUE - 1, résidence Avel Mor - 56250 SAINT-NOLFF

Tél./Fax : 02 97 45 42 65 - Email : mauryinfo@compuserve.com

TOULOUSE

FORMATION INITIALE :

E.P.T.E.G.E.

Ecole Privée des Techniques Géographiques de l'Environnement

- Classe post-bac de mise à niveau scientifique
- BTS Géomètre-Topographe
- Classe préparatoire à l'ESGT et à l'ENSAIS
- Spécialisation post-BTS en SIG - CARTO

... UNE VOCATION, UN METIER

FORMATION CONTINUE :

SERVICES GEOGRAPHIQUES

- SIG, Cartographie, D.A.O., Télédétection : Formations professionnelles de 2 jours à 15 semaines pour étudiants, salariés, Géomètres-Experts, demandeurs d'emploi.

E.P.T.E.G.E. - SERVICES GEOGRAPHIQUES

Associations à but non lucratif régies selon la loi de 1901

75, avenue de Grande-Bretagne, 31300 TOULOUSE - Tél. : 05 34 50 50 30 - Fax : 05 34 50 50 31

E-mail : sg@compuserve.com - Site WEB : <http://ourworld.compuserve.com/homepages/SGE/>

Olivier Reis

Ingénieur géomètre-topographe ENSAI Strasbourg

Diplômé de l'Institut de traducteurs et d'interprètes (ITI) de Strasbourg

9, rue des Champs F-57200 SARREGUEMINES

Téléphone : 03 87 98 57 04 Télécopie : 03 87 98 57 04 E-mail : o.reis@infonie.fr

Pour toutes vos traductions d'allemand et d'anglais en français en
topographie - géodésie - photogrammétrie - SIG - cartographie - GPS

Reinhart Stölzel

Ingénieur géomètre-topographe

Interprète diplômé de la Chambre de commerce et d'industrie de Berlin

Blankenburger Strasse 151C, D-13127 BERLIN

Tél. (privé) : 00 49 30 47 48 11 15 Tél. (prof.) et fax : 00 49 30 44 36 90 34 E-mail : Stoelzel@t-online.de

Pour toutes vos traductions de français et d'anglais en allemand en
topographie - géodésie - chemin de fer - routes

Paul Newby

Membre de la Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)

Diplômé des universités de Cambridge (géographie) et de Londres (photogrammétrie)

9 Merrytree Close, West Wellow, Romsey, Hants SO51 6RB GB

Téléphone : 00 44 1794 322 993 Télécopie : 00 44 1794 324 354 E-mail : xav40@dia1.pipex.com

Pour toutes vos traductions de français en anglais en
topographie - géodésie - GPS - SIG - cartographie - photogrammétrie - télédétection

Des topographes traducteurs à votre service

OMAR SIG (Observatoire du MArché des SIG)

étude de marché 1998-2002

Henri Pornon
IETI Consultants

IETI Consultants a réalisé en 1998 une estimation segment par segment et type de prestation ou de données du marché français de la géomatique et en a déduit des prévisions d'évolution pour les années 1999 à 2002. Cet article propose une synthèse des résultats de l'étude.

MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Dans un premier temps nous avons évalué le nombre de sites installés dans les divers segments et pour les divers types d'équipements envisageables à partir de notre *Observatoire Géomatique* pour le secteur public et une partie du secteur privé (exploitants, géomètres, fournisseurs), puis estimé ce nombre pour le reste des entreprises. Pour chaque segment, nous avons également défini son potentiel (nombre d'entités susceptibles d'être concernées par les SIG) à partir d'un comptage approximatif pour le secteur public, et à partir du fichier d'EUROSTAT « *Entreprises en Europe* » pour les entreprises.

Ensuite, nous avons défini des modèles-types d'équipement informatique et d'acquisition de données. Chaque modèle-type correspond à une situation d'investissement et de maintenance pour un certain nombre de segments. Nous avons ensuite estimé le nombre d'entités susceptibles de s'équiper dans les 5 années à venir (de 1998 à 2002) dans chaque segment, en tenant compte de la base déjà installée, et de l'état de sensibilisation du segment à la technologie des SIG. Cette estimation a été faite dans deux scénarios : le premier, scénario pessimiste, est le prolongement de la situation actuelle (taux de croissance compris entre 8 et 10 %). Le deuxième, scénario optimiste, correspond à un taux de croissance d'environ 20 %, plutôt supérieur à la situation européenne (taux de croissance d'environ 15 %). Les hypothèses sur lesquelles se basent ces deux scénarios sont décrites par ailleurs.

Pour ce qui concerne l'informatique, nous avons pris en considération six types de prestations : matériels, périphériques, logiciels, applications (progiciels ou spécifiques), services de formation et d'assistance, conseil. Pour les données, nous avons défini 11 rubriques : conversion de données spécifiques (données thématiques propres aux organismes), traitements sur les données (conversion, formatage, assemblage, intégration), acquisition de données à échelles diverses : million (type FLA de l'IGN

ou BD 901), petite (type BD CARTO), moyenne (type BD TOPO ou photogrammétrie à moyenne échelle), ou grande (type lever topographique ou photogrammétrie à grande échelle) échelle, cadastre, adresses postales (et fichiers graphiques permettant le géocodage), raster (essentiellement, cartes scannées, imagerie satellite et orthophotoplans), statistiques et autres données (notamment matrice cadastrale).

RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

D'après nos estimations, le chiffre d'affaires de la géomatique se répartit en 1998 de la façon suivante entre secteur public et secteur privé, et entre données et systèmes informatiques :

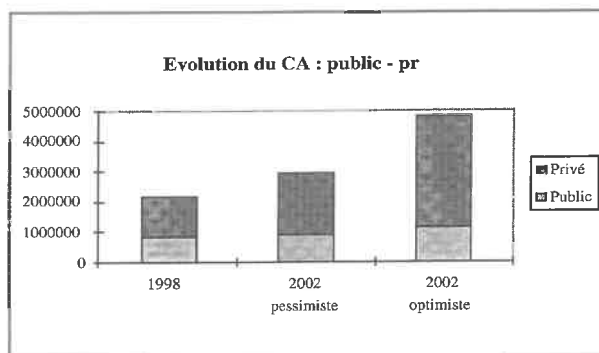
1998	Public	Privé	Total	%
Données	459110	951596	1410706	66
Informatique	349086	377681	726767	34
Total	808196	1329277	2137473	
%	38%	62%		

Le secteur privé (exploitants et fournisseurs privés de SIG et de données pour le public compris) représente donc un volume d'activité plus élevé que le secteur public. Rappelons que nous intégrons à notre évaluation les outils graphiques mis en œuvre dans les applications de géomarketing, mais aussi du patrimoine, du transport et de la gestion de site. En revanche, nous ne prenons en considération, ni les outils de GMAO (gestion de maintenance assistée par ordinateur), ni les outils graphiques de CAO/DAO (conception et dessin de projets d'infrastructures ou de bâtiments utilisés dans les bureaux d'études privés ou publics).

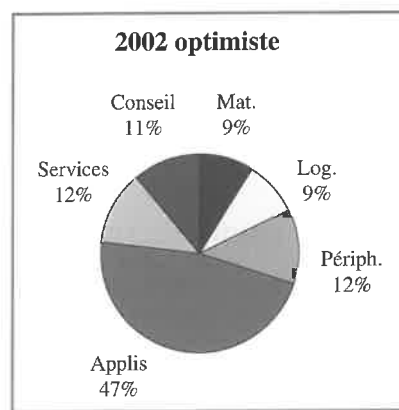
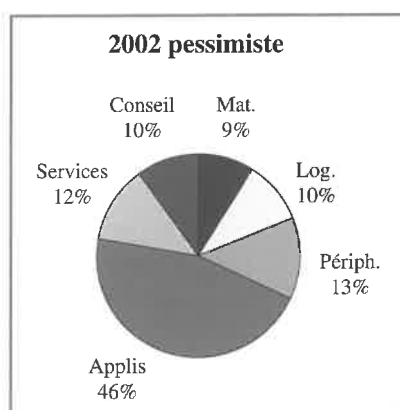
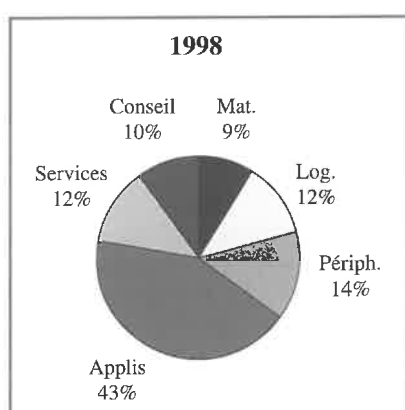
Les parts respectives de l'informatique et des données devraient rester stables d'ici 2002. En revanche, la part des entreprises devrait augmenter au détriment de celle du secteur public. En 2002, celui-ci ne devrait plus

représenter que 28 % du marché dans le scénario pessimiste et 23 % dans le scénario optimiste.

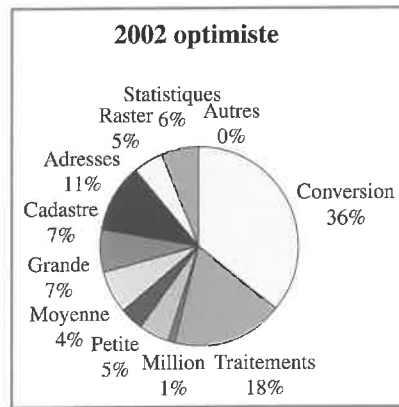
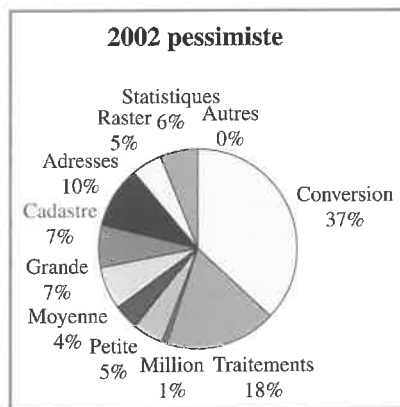
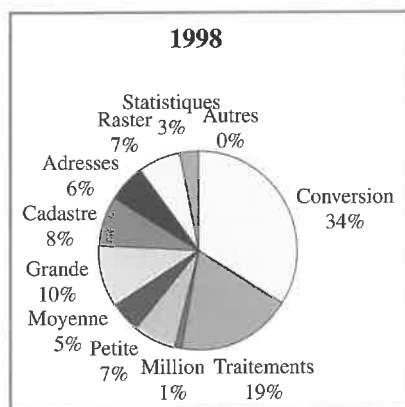
En 1998, les chiffres d'affaires les plus importants (plus de 100 MF) sont réalisés dans les villes de 10 à 50 000 habitants, les entreprises et les réseaux Télécom, d'eau et d'assainissement. Les applications de géomarketing, de gestion de patrimoine et de gestion de réseaux représentent plus de la moitié du chiffre d'affaires total du secteur. Ensuite, les applications de transport, multimédia, environnement et téléphonie représentent un quart du chiffre d'affaires. Ces domaines sont également les plus prometteurs en perspectives de croissance.



Concernant l'informatique et les prestations associées, les applications (progiciels applicatifs et applications spécifiques) représentent en 1998, 43 % de la dépense, les logiciels SIG de base n'intervenant que pour 12 % du coût des dépenses informatiques. Cet écart s'accroît progressivement, les deux postes représentent respectivement 45 % et 10 % en 2002 dans le scénario pessimiste, 46,5 % et 9,5 % dans le scénario optimiste.



Concernant les données, au-delà des dépenses importantes de conversion de données spécifiques (35 %) et de traitements sur les données (19 %), les deux données les plus diffusées en 1998 sont les grandes échelles (10 %) et le cadastre (9 %). Dans les deux scénarios, la part des données d'adresses, statistiques et à l'échelle du million augmente en pourcentage entre 1998 et 2002, alors que celle des données à petite, moyenne, grande échelles et cadastrales diminue.



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION

L'étude segment par segment montre que leur développement dépend pour partie de paramètres économiques généraux, mais aussi pour beaucoup des évolutions relatives à la diffusion des données publiques. La baisse des tarifs des producteurs publics (ou le développement d'une offre privée concurrentielle), la capacité de diffuser des données en faibles volumes, la levée des contraintes institutionnelles dynamiseraient le marché de la géomatique de façon significative.

Les résultats complets de l'étude sont diffusés par la société IETI Consultants.

laser scanning

Une nouvelle
technique
innovante
vers de nouvelles
possibilités
d'applications
dans l'espace

Peter Axelsson,
Haakan Sterner



NOTICE SUR LES AUTEURS

Le Docteur **Peter Axelsson** a étudié la topographie à l'Institut Technique Royal de Stockholm. De 1985 à 1989 il a travaillé comme consultant pour la Société Hasselblatt engineering AB. Puis il est retourné à l'Institut Technique Royal où il a terminé sa thèse de cadre dans l'équipe de recherche sur le balayage laser aéroporté, les satellites à haute résolution et la photogrammétrie numérique.

M. **Haakan Sterner** de la société **Saab Surveys Systems AB** est couramment chargé des ventes et de la commercialisation ; M. Sterner a une vaste connaissance des milieux internationaux dans la direction de la production et de la recherche technique, il participe, au niveau de l'encadrement, à de nombreux comités de direction. Son expérience internationale sur les techniques de l'information date de 1980. Sa formation : il est bachelier en Administration des Entreprises de l'Université de Stockholm et Ingénieur Mécanicien de cette même Université.

Les levés par Balayage Laser sont une nouvelle technique de saisie des données du terrain, laquelle présente des caractéristiques qui permettrait de l'étendre au domaine des relevés faits à partir de l'espace. Les données sont saisies suivant des procédures détaillées et précises, et traitées suivant des modèles mathématiques, et ce, en temps presque réel.

Cet article présente brièvement la phase de saisie des données, et la manière dont ces données de terrain seront traitées selon des modèles qui servent à les analyser.

Les savoir-faire requis pour utiliser le Balayage Laser peuvent être considérés comme de nature « géodésique », alors que les traitements des données qui suivent ont des ressemblances avec la science de la photogrammétrie. Le Balayage laser donne un relevé des données de terrain en temps presque réel, ce qui permet de faire de substantielles économies, notamment là où des connaissances très précises sur des problèmes spécifiques sont nécessaires, alors ils apportent des avantages importants.

Dans cet article un accent particulier est mis sur la définition tridimensionnelle très précise des conducteurs des lignes à haute tension, en les distinguant du fond constitué par le sol, la végétation, les pylônes eux-mêmes. Sans une connaissance très précise des moyens de modélisation mathématique, pour « détacher » les conducteurs du fond des autres détails, il serait impossible de tirer un avantage de ce procédé par rapport aux méthodes traditionnelles, sans cela cette méthode ne présenterait pas le moindre intérêt économique, et n'aurait jamais été implantée.

Il devient clair que le mélange entre les mesures traditionnelles et les nouvelles techniques associées à un savoir-faire très précis sont la clé qui mène vers des solutions très économiques. Mais, il est néanmoins évident que l'utilisateur final de ces applications et les topographes traditionnels n'ont pas encore de tribunes où mettre en commun et développer leurs idées. Nous espérons que cet article éclairera les voies qui mènent à des possibilités de dialogue entre tous les intervenants.

PRINCIPES DU BALAYAGE LASER

Les principes du système présenté sont sans détours. La position d'un avion est déterminée en utilisant la méthode GPS cinématique à l'aide d'une ou de plusieurs stations de référence fixes au sol et d'un récepteur dans l'ap-

pareil. Le dispositif est doublé d'un système de navigation inertielle qui détermine, notamment, les **altitudes**. La distance entre le scanner SAAB-TOPEYE et le sol est mesurée par un laser, la position du point au sol est déterminée connaissant la position de l'émetteur et son altitude par GPS et en utilisant les données de la navigation inertielle,

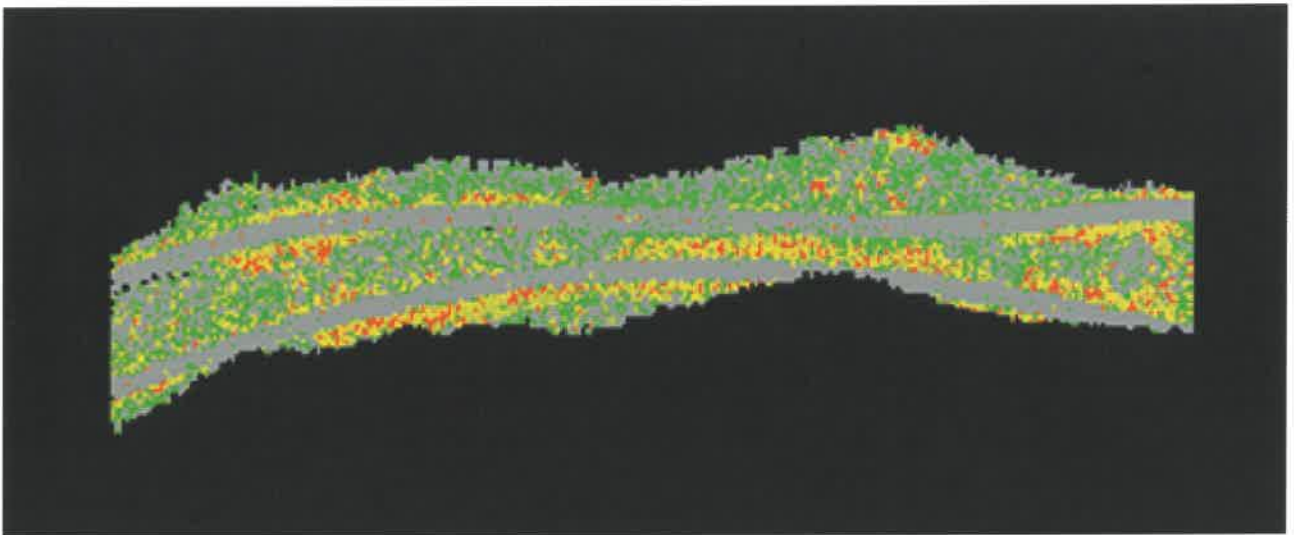
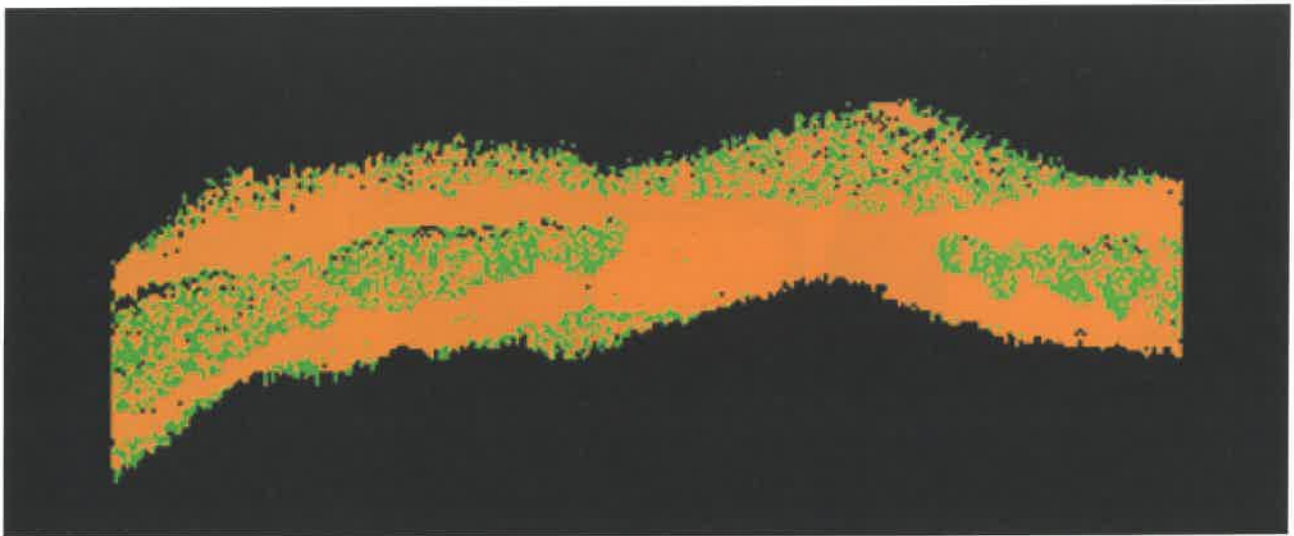


Figure 1 – Levers de voie ferrée. Les points verts de l'image de gauche représentent les emplacements d'échos multiples, indiquant par conséquent la présence de végétation. L'image de droite montre le réflectance de la même zone.

Figure 2 – L'image de gauche est une photographie aérienne et celle de droite est produite par la réflectance du signal laser. Les deux images couvrent la même surface d'un parc de Stockholm



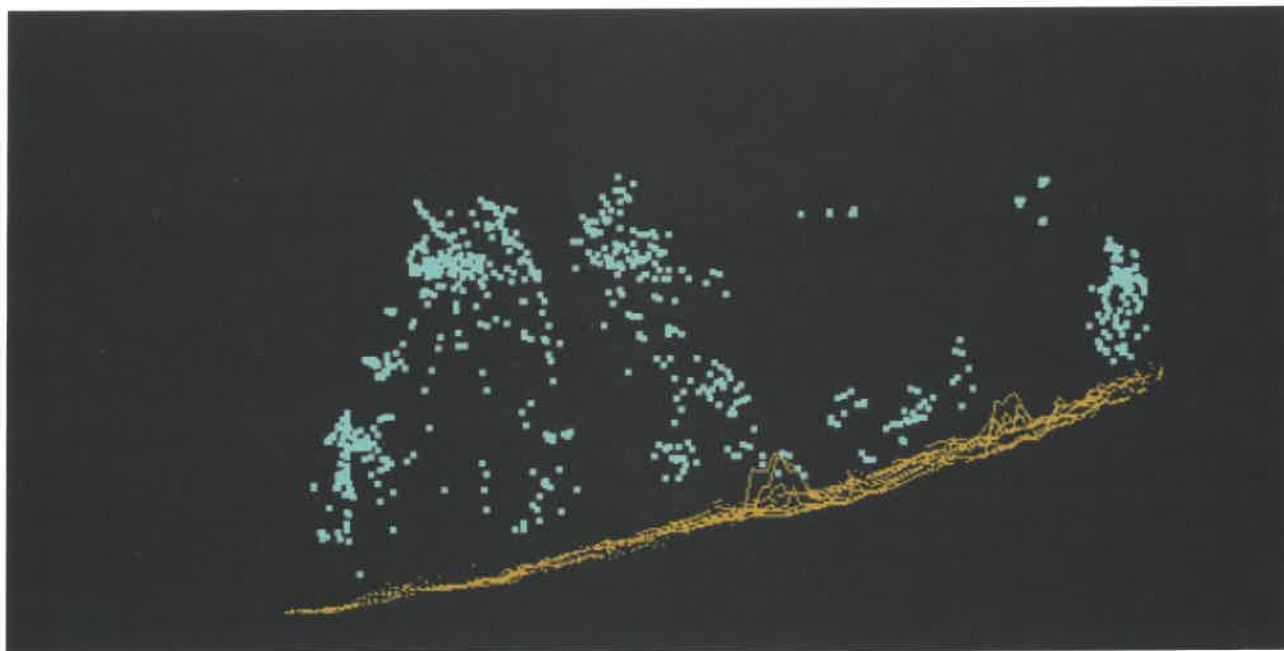


Fig. 3-a : Étape 1 – On sépare le sol des objets qui se trouvent au-dessus 76 304 points sont classés en sol, 23 696 points sont classés en objets.

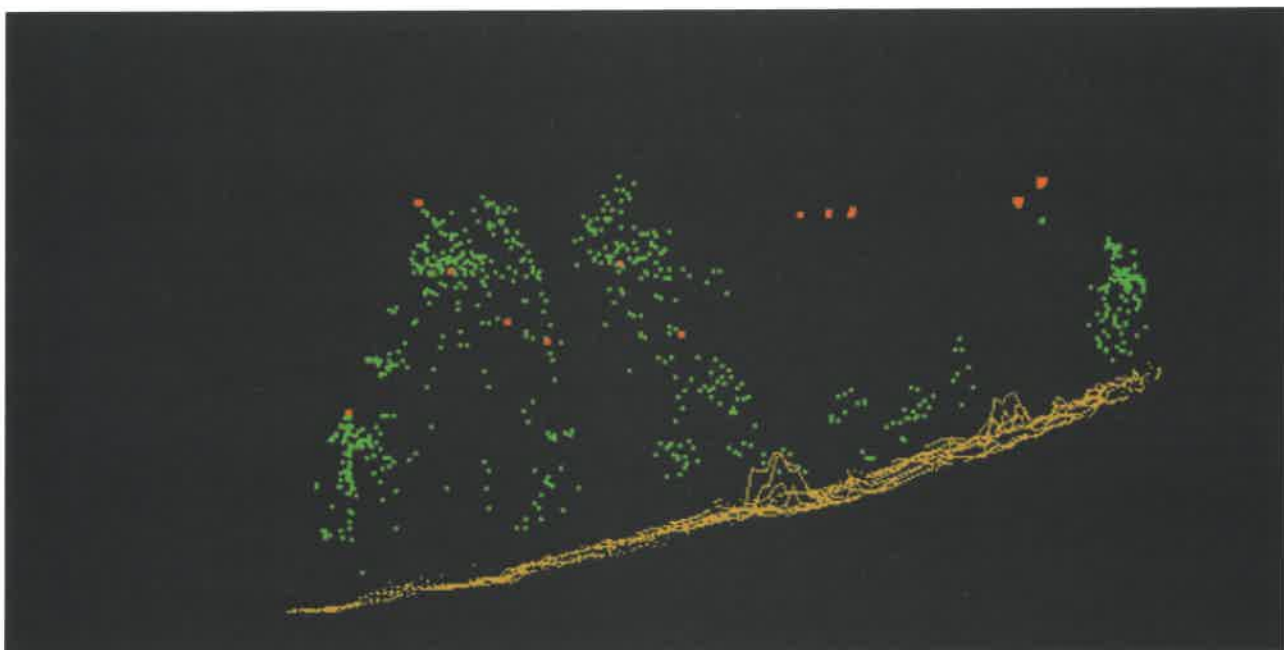


Fig. 3-b : Étape 2 – On sépare, dans les points qui ne sont pas des points de sol, la végétation et les lignes : 22 160 points sont classés en végétation et 1 536 points sont classés en lignes à haute tension.

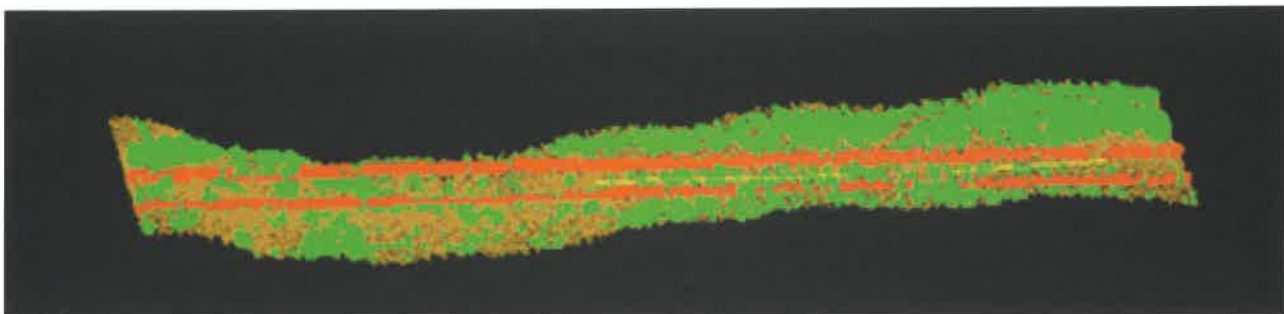


Fig. 3-c : Étape 3 – Classification finale de Hough.

enfin on utilise la mesure de la distance et de la direction de la visée par le balayage du laser. C'est le principe de base de tous les systèmes de balayage par laser pour déterminer la position en trois dimensions des points au sol. Présentement la technique du laser est parfaitement au point, et a atteint un haut degré de maturité. Pourtant, les systèmes utilisés sont complexes, et sont plus « géodésiques » dans les modes d'acquisition, et assez « photogrammétriques » dans le traitement des données.

CE QUI FAIT LA DIFFÉRENCE

Le balayage laser a quelques caractéristiques qui le distinguent des techniques pouvant être présentées comme des variantes envisageables, telles que la photogrammétrie ou les mesures traditionnelles au sol :

- Il n'est pas affecté par le mauvais temps et l'éclairement du site.
- Le travail au sol est limité à la mise en place des stations de référence et des points de contrôle.
- Les données sont immédiatement disponibles, presque en temps réel.
- Il est pratique dans les zones traditionnellement difficiles telles que les villes denses, les zones forestières et les lignes électriques à haute et moyenne tension.

CE QUI FAIT DÉFAUT POUR L'INSTANT

Afin de rendre le balayage laser de plus en plus accepté et utilisé, il faut réaliser des modélisations mathématiques et des algorithmes pour l'interprétation des données qui mènent le plus directement possible à des produits sous des formes immédiatement utilisables par les utilisateurs qui sont en fin de chaîne. La difficulté essentielle est de séparer le fonds, des objets qui sont à sa surface, c'est-à-dire de définir un modèle numérique de terrain et de le séparer d'un sous-ensemble de modèles numériques de surface, ce point doit faire l'objet de recherches encore plus approfondies. D'autres tâches, dépendant des applications, telles que la séparation des objets et leur identification, la modélisation de villes en 3D et les levés destinés aux travaux d'ingénierie devront faire l'objet d'études plus poussées. En dehors de Terra-Scan, et de la Microstation qu'il faut lui ajouter, les logiciels spécialisés utilisés sont développés par les fournisseurs ou les Universités et leur appartiennent.

LES DONNÉES DU BALAYAGE LASER

Un système de balayage laser produit des données qui sont caractérisées par des nuages de points 3D qui ne sont pas totalement distribués de façon aléatoire. Ces nuages de points contiennent plus d'information qu'un modèle de surface 2,5D, dans lequel l'altitude a une valeur unique Z qui est une fonction des coordonnées X et Y. Ce qui veut dire que dans certains cas il est possible de « voir » des murs verticaux et de savoir qu'ils sont verticaux; en outre, des surfaces situées sous des ponts peuvent être saisies et des estimations des volumes de la végétation peuvent être faites.

La densité des points est fonction de l'altitude de vol, mais aussi de facteurs dépendants du capteur lui-même, de la plate-forme qui le reçoit, avion ou hélicoptère, des visibilité du terrain et de la fréquence d'échantillonnage. Les applications de modèles numériques des villes, les levés des lignes haute et moyenne tension, demandent des densités de points plus importantes que la simple dé-

finition d'un modèle numérique de terrain qui se contente d'une grille de 5 à 10 mètres.

Le système SAAB TopEye dispose, en plus, de deux qualités qui lui sont propres et qui sont bien utiles dans la suite du traitement des données :

- Les multiples échos du laser peuvent être enregistrés. Ceci est d'importance dans le filtrage des données ultérieur et pour la mise en œuvre des algorithmes de discrimination entre la végétation et la surface du sol, pour ultérieurement calculer le volume de la végétation dans les applications forestières (voir figure 1).
- L'amplitude de la réflectance des impulsions laser donne une information radiométrique sur la zone levée. La réflectance peut être vue comme une image de la zone dans la bande étroite de l'infrarouge qu'utilise le laser. Ceci peut être utilisé pour la mise en œuvre des algorithmes d'identification c'est-à-dire pour séparer les zones revêtues des zones couvertes d'herbes. (Voir Figure 2).

LE TRAITEMENT DES DONNÉES DU BALAYAGE LASER

Le traitement des données du balayage laser a, le plus souvent, pour objectif d'en retirer les informations insignifiantes, ou pour toute autre raison les points non désirés, comme par exemple pour définir la surface du sol au milieu du « bruit » provenant de la végétation qui le couvre, ou pour obtenir des informations spécifiques à un certain type d'objets au milieu du « bruit » de la végétation et des bâtiments.

L'information du nuage de points sous-aléatoire est perdue si les données ne servent qu'à être interpolées dans la grille régulière d'un modèle numérique de surface. Les données originales doivent être d'abord utilisées dans un processus de filtrage et de modélisation jusqu'à ce qu'une représentation correcte des objets recherchés et une généralisation puisse être faite. Dans certains cas, par exemple pour la saisie des câbles des lignes à haute tension, ceci est une nécessité.

Les diverses applications demandent des algorithmes et des stratégies particulières pour l'identification et la définition des objets. Toutefois, la détermination de la surface du sol est une tâche qui revient à chaque application, sa saisie a recours aux algorithmes généraux à chaque fois.

Suivant ces principes, une stratégie d'interprétation des données brutes du laser est basée sur un modèle numérique des altitudes avec la possibilité de lui adjoindre d'autres types de données de capteurs si elles sont disponibles... Cette stratégie peut être résumée de la manière suivante :

- Utiliser les mesures de distances laser originales le plus longtemps possible, de préférence sous la forme de fichier TIN* pour conserver un accès facile aux points voisins.
- Séparer les objets de la surface du sol.
- Utiliser des algorithmes spécialement dédiés à une application pour la classification et la modélisation.

Les autres types de données, telles que la réflectance ou les informations relatives aux échos multiples des mesures du scanner laser, ne seront inclus dans le processus général que si elles sont disponibles, il en sera de même des images existantes ou les informations tirées d'une banque de données géographiques.

* TIN : de l'Anglais Triangular Irregular Network.

APPLICATION À LA DÉTECTION ET À LA CLASSIFICATION DES LIGNES DE TRANSPORT ÉLECTRIQUE

La modélisation des lignes de transport électriques est une application qui est adaptée au moyen de détection du balayage laser. On utilise un hélicoptère comme moyen de transport des détecteurs, il lui est possible de suivre les lignes avec beaucoup de précision et de rapporter des mesures très denses et nombreuses. La classification est divisée en trois étapes :

- Séparation de la surface du sol et des objets qui se trouvent au-dessus.
- Classification des objets au-dessus du sol en lignes électriques ou en végétation, c'est-à-dire en deux classes, en utilisant leurs comportements statistiques, incluant les échos multiples et les données de réflectance.
- Classification plus raffinée des lignes électriques par la recherche de lignes parallèles et des structures linéaires par utilisation d'une transformation de Hough* à deux dimensions.

Si on les compare aux procédés utilisés pour la détection des contours des objets dans le traitement d'images classiques, les points mesurés sur les objets ne portent aucune information de direction, par conséquent l'espace de recherche à explorer pour utiliser la transformation de Hough est trop vaste. Toutefois, des directions approximatives, permettant de réduire l'espace de recherche, peuvent être tirées de la direction de vol, si celle-ci n'est qu'une bande le long de la ligne électrique, on peut, aussi utiliser le repérage manuel des pylônes. Cette dernière manière de faire est spécifique à la fonction de la méthode de détection des câbles de TerraScan.

Dans l'exemple, un ensemble de données de 100 000 points saisis dans le vol d'une bande avec une densité de 8 points/m² a été utilisé... Aucune direction approchée des lignes n'a été donnée.

Les trois étapes sont montrées en *figure 3* de a à c, seule une faible partie de la bande de vol est montrée sur les figures.

76 304 points ont été classés en sol.

23 024 points en végétation.

672 points en lignes électriques divisées
en cinq lignes parallèles en 2D.

La société TerraSolid Limited a utilisé les principes ci-dessus dans son implantation des fonctionnalités de détection des câbles électriques dans le produit Terra-

Scan... Les points classés comme lignes électriques sur la *figure 4* sont traités en les transformant en vecteurs définissant le conducteur. Lorsque les points sont convertis en fichiers vecteurs de Microstation il est possible de les utiliser comme modèles pour d'autres usages tels que dans des systèmes experts ou d'autres types d'applications de génie civil.

CONCLUSIONS

Le système de balayage laser a démontré son utilité en d'autres circonstances et selon d'autres auteurs par exemple des modèles numériques de surface dans des lieux où la végétation est dense ou dans des modélisations 3D de villes. Les procédures automatiques pour l'interprétation et la classification des mesures de distances laser ont prouvé leur efficacité en utilisant de nombreux types de statistiques de classification.

D'une manière plus générale, d'autres sources d'information peuvent être utilisées pour augmenter les chances de détection correcte des procédures. Ces sources supplémentaires d'information peuvent être les mesures de réflectance et les échos multiples des mesures de longueurs du scanner laser, les données existantes 2D des banques de données géographiques, les plans d'utilisation des sols etc. La *figure 5* illustre un exemple où les modèles numériques de surface, incluant les bâtiments, et basées sur des données laser peuvent être combinées avec une image aérienne et des données géographiques.

La classification et la modélisation des données requièrent d'avoir des connaissances très spécifiques des besoins de l'utilisateur final. À notre sens, c'est par la dernière phase de modélisation que la valeur de la saisie des données laser est valorisée. Des données classifiées et modélisées sont nécessaires dans les applications et peuvent être la source d'économies substantielles. En utilisant les données de façon efficace il est possible de leur donner une importance qu'elles n'ont pas naturellement. Dans l'application de ces principes aux lignes électriques, les données mesurées servent à décrire l'objet. Mais on peut en tirer beaucoup plus, par exemple on peut détecter les arbres qui sont des dangers potentiels pour la ligne, on peut, aussi, mieux planifier l'entretien des servitudes de passage et, éventuellement, refaire le projet de la ligne en supprimant les goulots d'étranglement et améliorer ainsi sa capacité de transport. Ces économies n'existent pas dans le traitement traditionnel du problème dans l'usage qu'on fera d'un plan topographique. Elles sont maintenant possibles et interviennent ainsi dans les activités de base du client.

* La transformation de Hough est un outil classique de l'analyse d'images qui permet de détecter la présence de courbes ayant une forme paramétrique (droite, courbe,...).

RÉFÉRENCES

- Ackermann, F. (1996) :** Airborne Laser Scanning for Elevation Models. GIM, Geomatics Info Magazine, Vol. 10, Number 9, October 1996.
- Axelsson, P. (1999) :** Processing of Laser scanner data Methods and Algorithms, Submitted to ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Haala, N., Brenner C., Anders, K. H. (1997) :** Generation of 3D City Models from Digital Surface Models and 2D GIS, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 32 – Part 3-4 W2.

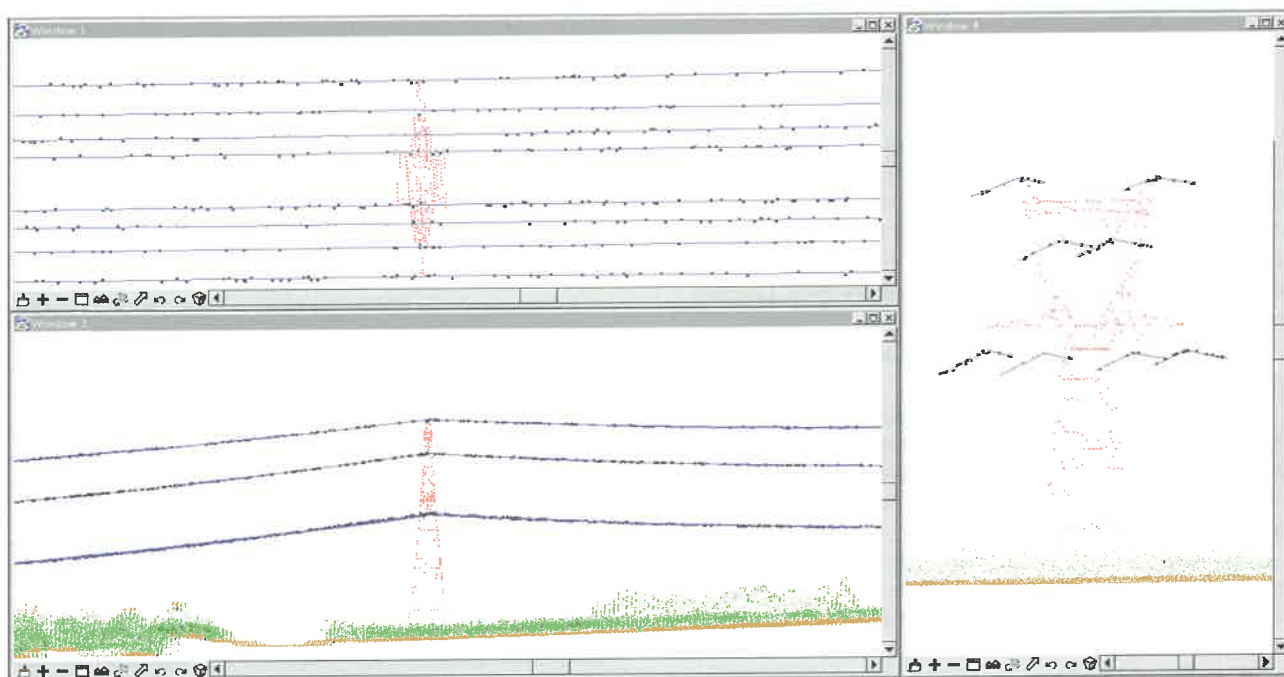


Fig. 4 : TerraScan, classification des points laser en : sol, végétation et lignes de transport.
Les vecteurs bleus sont les points de réflexion situés sur des conducteurs qui ont été convertis en fichiers vecteurs.

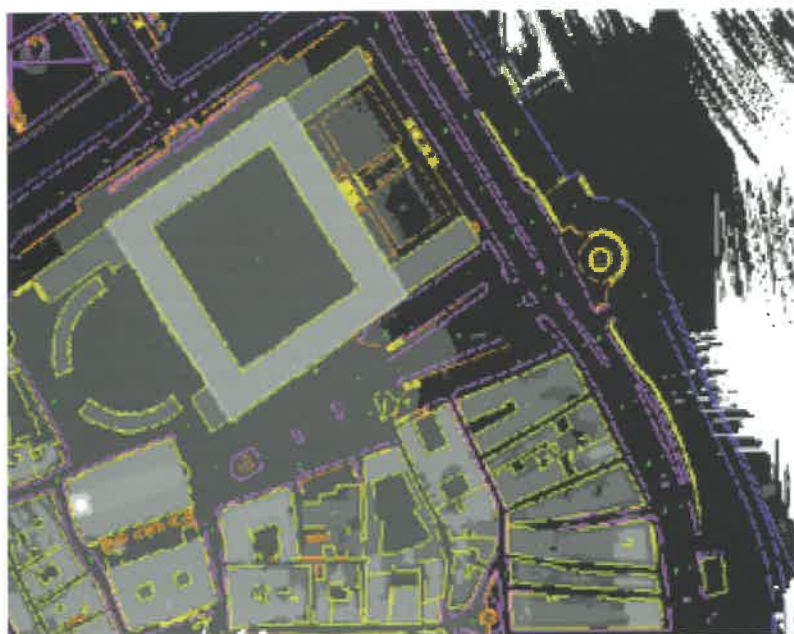


Fig. 5 : Les données du scanner laser sont associées aux données 2D cartographiques à gauche, et drapées d'une image aérienne en bas à droite.



LOGICIEL DE TOPOGRAPHIE ET PROJETS VRD



la solution globale du géomètre

COVADIS, c'est la garantie pour votre cabinet d'un applicatif complet et performant :

- Calculs topométriques et codification du levé,
- Dessin topographique 2D/3D,
- Digitalisation et structuration topologique,
- Calculs de lotissements avec quantitatifs et métrés,
- Modélisation 3D avec profils et cubatures,
- Conception de projets VRD et routiers,
- Intégration dans le site et rendu photoréaliste.

COVADIS, c'est la compétence et le sérieux d'une équipe d'ingénieurs partageant quotidiennement vos exigences professionnelles.

COVADIS : le meilleur rendement à tous les régimes.



Autodesk.
Authorized Systems Center



Immeuble "La Vigie" - 20 quai Malbert
CP 1 - 29607 BREST cedex
Tél. 02 98 46 38 39 - Fax 02 98 46 46 64
Site Web: <http://www.geo-media.com>



**5 000
tonnes
portées
à**

bout de visées



C. Degand

Le 17 septembre 1998 le chantier T.G.V. Méditerranée a encore donné l'occasion aux Ingénieurs et techniciens de s'exprimer et se distinguer. L'opération était originale, elle consistait à soulever, transporter et positionner un ouvrage de 5 000 tonnes pour le franchissement du Rhône sur la commune de Mornas. Cet ouvrage appelé Bow-string, est constitué de 2 poutres en arc et tirant situées latéralement aux voies espacées de 15,5 m entre axes de suspentes, d'une hauteur de 40 m pour franchir une portée de 120 m.

Les différents composants fabriqués en usine arrivent sur le chantier par convoi exceptionnel. Ils sont assemblés et soudés à terre 7 mètres au-dessus d'une plateforme dont l'axe est confondu avec l'axe de la ligne TGV. La compétence du Cabinet GONDOUIN et la haute précision du géodimètre 640 servomotorisé a permis un assemblage au millimètre alors que les éléments provenaient de différentes usines.

Le Bow-string étant fin prêt, il restait l'opération la plus délicate qui consistait à franchir le Rhône. Pour ce transfert l'ouvrage est mis en place sur des remorques modulaires automotrices (KAMAG) positionnées aux extrémités de la structure. Leurs essieux équipés d'une suspension par vérins hydrauliques sont capables d'absorber des variations de niveau de sol de plus ou moins 250 mm. Sur ces remorques, le Bow-string rejoint la 1^{re} pile culée construite dans le fleuve et est embarquée sur deux barges couplées formant un ponton de 60 m X 20 m. Ces barges, tirées par des câbles, sont déballastées au fur et à mesure de l'embarquement des remorques. Pendant la traversée, l'ensemble de l'ouvrage repose donc à l'avant sur la barge, à l'arrière sur les remorques roulant à terre, et est guidé par un LASER

d'alignement SPECTRA. Dès que les pieds d'arc surplombent les têtes de pile, le Bow-string est mis en appui sur celles-ci.

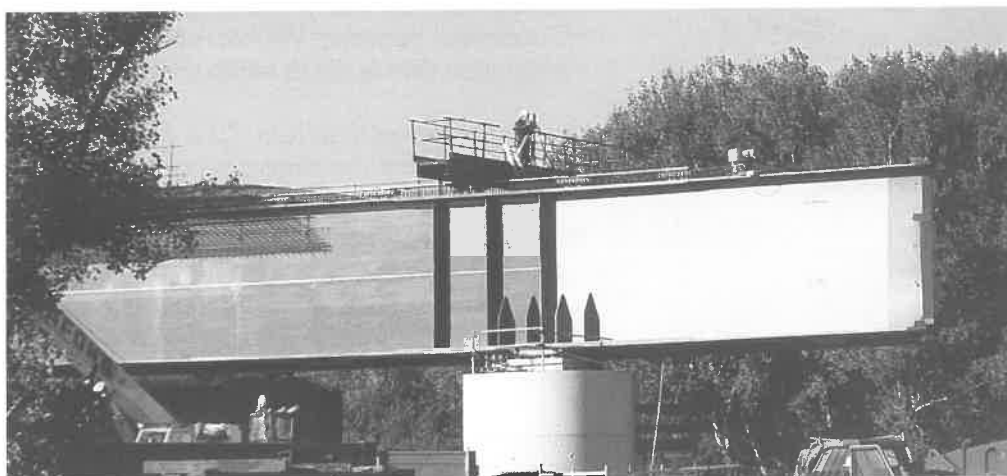
Cette opération ne pouvait aboutir sans le concours des géomètres qui portaient là sur leurs épaules de lourdes responsabilités :

4 cibles actives sont disposées aux 4 angles de l'ouvrage. Pendant son déplacement, 2 géomètres équipés de stations topographiques servomotorisées avec pointé automatique, positionnés en retrait et sur l'axe, l'un à l'avant l'autre à l'arrière contrôlent en temps réel le dévers. Celui-ci pour éviter le basculement transversal de l'ouvrage ne doit pas excéder 5 cm. Simultanément 2 autres géomètres surveillent le niveau de la barge qui doit rester stable avec une tolérance maxi admise de ± 3 cm.

L'opération fut bien menée :

- Géomètres avec grande expérience pour ce type de travaux,
- Équipements topographiques avec pointé automatique type GÉODIMÈTRE 640 servomotorisé AUTO-LOCK.

Rappelons encore les risques pris par le Cabinet GONDOUIN. Bravo encore à ces hommes méconnus qui exercent un travail ingrat, dans l'ombre, sans lesquels l'opération ne pouvait être couronnée de succès.



Des modèles pour prédire les marées océaniques

Christian le Provost – directeur du Legos (Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales)

Comme l'océan est un fluide, sa réponse aux forces d'attraction luni-solaire est intimement liée à la forme des bassins océaniques, à la topographie de leurs fonds, et aux détails des tracés de leurs côtes. Pour prédire les marées en un endroit à un instant donné, il faut donc connaître la position de la Lune et du Soleil, ainsi que les caractéristiques locales de cette réponse dynamique de l'océan.

À l'origine les marégraphes, seuls outils d'observation

La seule méthode fut pendant longtemps de l'observer. Aujourd'hui encore c'est à partir d'observations que les services hydrographiques prédisent les annuaires de marées. Mais loin de ces lieux d'observation, les seules méthodes pour tenter de définir cette réponse ont été l'imagination, puis la modélisation numérique, car le problème est trop complexe pour être résolu analytiquement. Pendant longtemps, les marégraphes ont été le seul outil d'observation in situ, d'abord installés le long des côtes dans les ports. À partir des années 1960, des stations marégraphiques adaptées aux grands fonds permettent de réaliser des mesures au large et au milieu des océans. Mais la lourdeur logistique de leur mise en œuvre n'a permis d'explorer qu'une faible partie de l'océan mondial, essentiellement l'Atlantique Nord et le Pacifique Nord-Est. De même que les développements de la modélisation numérique, considérables au cours de ces dernières années, ne permettent toujours pas de définir la distribution des marées à l'échelle globale avec la précision centimétrique exigée maintenant pour les études géophysiques.

Mise au point d'un modèle hydrodynamique opérationnel

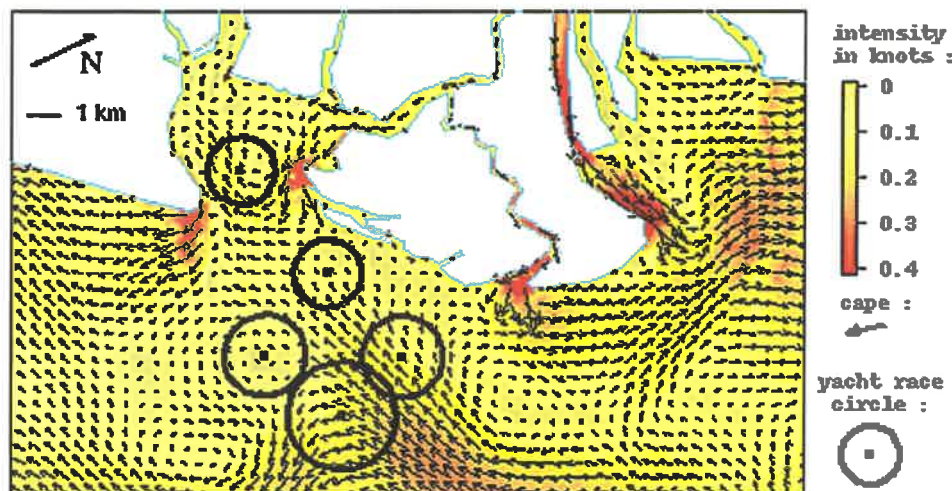
L'arrivée des satellites altimétriques de haute précision, comme Topex-Poséidon, a totalement révolutionné la situation. À partir de la fin de l'année 1992, ce satellite a commencé à jouer le rôle de milliers de marégraphes, le long de ses traces, entre + 63° et - 63° de latitude. Certes, la fréquence d'échantillonnage est singulière : un point tous les dix jours seulement pour Topex-Poséidon et tous les 35 jours pour ERS 1, alors que

la période de la marée est de l'ordre de 12 heures. D'où un problème de "stroboscopie" qui fait que la marée vue par le satellite Topex-Poséidon a une période apparente de 60 jours. Les scientifiques ont donc développé des méthodes adaptées pour extraire, du signal altimétrique, les informations spécifiques sur la marée. C'est ainsi qu'une équipe française a pu construire un modèle qui prédit désormais la marée en tout point de l'océan mondial avec une précision supérieure à 3 cm sur l'océan profond, à 10 cm le long de toutes les côtes du monde entier. Ces résultats ont été obtenus grâce à la précision exceptionnelle de la mission Topex-Poséidon et à la conception d'un modèle hydrodynamique original simulant la propagation des marées avec la résolution spatiale nécessaire sur tout l'océan, c'est-à-dire jusqu'à quelques kilomètres le long des côtes. Ce modèle est désormais opérationnel et mis à la disposition de la communauté internationale. Une dizaine de modèles de ce type ont été développés simultanément par diverses équipes du Science Working Team de Topex-Poséidon. Mais notre modèle reste l'un des plus performants.

Pour autant, le problème des marées océaniques n'est pas encore totalement résolu. Il reste à mieux comprendre comment l'énergie des marées est dissipée dans l'océan, par frottement des courants sur les fonds océaniques, et par génération d'ondes internes qui se propagent loin à l'intérieur de l'océan à partir des reliefs sous marins sur lesquels elles sont engendrées. Il reste à comprendre également comment la marée agit sur le ralentissement de la vitesse de rotation de la Terre, et sur l'éloignement progressif de la Lune de notre planète. Il reste par ailleurs à améliorer les méthodes qui permettent de déduire les caractéristiques des courants de marée des observations altimétriques, via les modèles hydrodynamiques assimilant ces observations. La prédiction des courants de marée est en effet d'un intérêt majeur pour les études d'environnement côtier, l'exploitation pétrolière en mer, la navigation pour ne citer que quelques exemples. L'usage combiné du modèle de prédiction global et

de modèles hydrodynamiques locaux de très haute résolution est une solution actuellement à l'étude pour répondre à ces besoins. Nous avons déjà quelques exemples de réalisation, comme l'application faite par le Laboratoire National d'Hydraulique d'EDF pour prédire les courants de marée lors des Jeux Olympiques d'Atlanta (États-Unis) en 1996.

Avec l'aimable autorisation
de CNES-Magazine (n° 3, oct. 98)
© CDT 50, R. Busch, 1998 (Photo)
© SMET 50, 1998 (Photo)



évolution de l'auscultation d'ouvrages d'art



épreuves sur l'ouvrage courteline du douzième arrondissement – Paris

Sylvain Billou, chef de mission, et Jérôme Lebourg, ingénieur ESGT 1998 (ATGT)

Le pont de l'avenue Courteline fut construit en 1967 et franchit le Boulevard périphérique entre la Porte DORÉE et la Porte de VINCENNES.

Il s'agit d'un pont dalle précontraint qui présente un certain nombre de fissures sur la face inférieure de la dalle. L'analyse de ces fissures et un recalcul de l'ouvrage ont conduit le gestionnaire à engager une procédure de chargement de l'ouvrage avec mesures de flèches.

Le travail a été réalisé par la société ATGT (Association de Topographes Géomètres et Techniciens d'études) de Villeneuve St Georges.

L'auscultation des ouvrages d'art représente une technique spéciale de la topographie. Elle demande dans tous les cas une instrumentation assez lourde (repères de nivellement, scotch-lites) et nécessite des besoins en personnel et en matériel relativement importants.

L'automatisation de ces interventions permet de réduire à la fois le besoin en matériel et les temps d'intervention pour des surveillances ponctuelles.

Cette avancée a pu être réalisée à l'aide du théodolite TCA 1800 couplé à l'utilisation d'un tableur permettant de fournir des résultats immédiats. Ceci permet de surveiller en temps réel les mouvements de l'ouvrage lors des chargements.

La réussite du chantier dépend autant du travail réalisé sur le terrain que de l'étude faite en amont.

Cette période est décisive pour le résultat final. En effet, l'instrumentation de l'ouvrage reste une étape importante qui ne doit pas être laissée au hasard. Une interface sous Excel doit être préparée pouvant traiter les données sorties de l'appareil en temps réel.

Concernant les essais réalisés sur l'ouvrage Courteline de nuit, le module développé permettait de donner les flèches et les écarts type sur chaque point de mesure en temps réel à chaque cas de charges.

Quant à la précision des mesures, ce système apporte la plus grande satisfaction. Les résultats obtenus ne donnent en aucun cas un écart type supérieur à deux-dixièmes de millimètres. Les dispersions liées à l'utilisation de système sur des distances supérieures à 80 mètres sont malgré tout assez importantes.

La précision de cette technique en nivellement indirect se rapproche de celle du nivellement direct pour une étude où l'on devait initialement utiliser trois NA2002, chacun relié à un ordinateur. Seuls un TCA 1800 et un ordinateur sont ici utiles.

De plus, cette technique permet de travailler de nuit sans avoir besoin d'utiliser de lampe grâce au système de reconnaissance automatique du prisme du TCA 1800.

Les autres points importants de la mise en place sont l'assurance de la stabilité de la station et de la bonne fixation des prismes.

Une difficulté persiste quant à l'utilisation de ces derniers. Le principe de leur fixation n'offre pas aujourd'hui une totale souplesse d'utilisation. Contrairement aux repères de nivellement qui font partie intégrante de l'ouvrage, les prismes utilisés sont rajoutés à sa surface. Un système pourrait être envisagé permettant, à l'aide de chevilles, de visser le prisme à l'intérieur de l'ouvrage donnant une plus grande liberté pour l'enlever et le remettre.

Ces nouvelles techniques représentent assurément l'avenir de l'auscultation des ouvrages d'art. On s'attachera notamment à la notion de traitement en temps réel, très intéressante puisqu'elle permet une appréciation de la vie de l'ouvrage en continu.

Aussi, la notion de nivellement de précision peut actuellement se rapporter au nivellement indirect. Cela peut engendrer de nouvelles perspectives pour de nombreux travaux. En effet, de nombreux ouvrages d'art sont actuellement équipés par des scotchs-lite pour la planimétrie et par des repères en laiton pour l'altimétrie. Il suffirait maintenant d'équiper l'ouvrage à l'aide de prismes.



la page 4 x 4

Robert Chevalier

Vedette du Mondial de l'Automobile, le JIMNY est un tout petit 4x4 (L = 3,625 m, l = 1,600 m) ce qui lui confère une remarquable aptitude à la circulation urbaine, tout en gardant la possibilité de s'évader hors des chemins battus, en faisant ainsi un nouveau concept de véhicule alternatif, loisirs et urbain, vraiment dans l'air du temps.

En ville, ses dimensions compactes, sa direction assistée, son faible rayon de braquage (4,90 m), sa position de conduite surélevée et sa visibilité panoramique lui permettent de manœuvrer et de se garer avec une grande aisance.

En tout terrain, son châssis séparé constituant une plate-forme indéformable, ses deux essieux moteurs rigides, sa suspension à ressorts hélicoïdaux, son moteur essence 1,3 l/16 soupapes développant 79 CV à 6 000 T/m, avec un couple de 104 Nm à 4 500 T/m (mais déjà plus de 100 Nm à 2 600 T/m) en font un véhicule adapté à toutes les situations.



suzuki jimny le petit 4 x 4 sympa

Bien sûr, quand les conditions de franchissement se compliquent il est possible d'enclencher la boîte transfert grâce au système DRIVE ACTION, l'opération pouvant se faire en marche jusqu'à 100 km/h. Quand ça devient encore plus délicat, on dispose d'un rapport ultra-court, tandis que les angles d'attaque et de sortie (42 et 46°) associés à une garde au sol de 190 mm permettent de s'engager sur un obstacle et de le franchir sans dommage.

Au niveau de la qualité de vie à bord on appréciera un tableau de bord clair et convivial, les sièges avant qui peuvent se couler intégralement pour former avec les sièges arrière un couchage de dépannage et la banquette arrière qui se replie en deux parties permettant ainsi de moduler l'espace disponible.

En ce qui concerne la sécurité, on notera des freins à disque de grande dimension à l'avant (tambours à l'arrière - l'ABS est en option), deux airbags à l'avant, des pare-chocs ultra-robustes, des protège-bas de caisse, de très grands rétroviseurs extérieurs réglables électriquement et une roue de secours extérieure n'encombrant pas le coffre, installée en position basse afin de ne pas nuire à la visibilité arrière, tout ceci achevant de rassurer le conducteur en toutes circonstances.

Mais ce qui différencie vraiment le JIMNY des autres petits 4x4, c'est sa petite bouille sympathique, à nulle autre pareille qui en fera craquer plus d'un (et plus d'une...) et lui permettra à coup sûr de ne pas passer inaperçu.

Vitesse maxi = 140 km/h

Consommation moyenne = 8,21

Prix TTC = de 89 800 F à 99 800 F (hors options).

Zeiss.

Liberté de choix.

Liberté en Topographie.

Carl Zeiss présente une autre première mondiale : Elta® S, la station totale avec le viseur global unique le Quick-Lock. Ce système rétablit le pointé sur le prisme requis. Mais l'Elta® S ne se contente pas seulement de cela : son système de fin pointé automatique FineLock se centre précisément, même sur la plus petite des cibles, en quelques secondes. Utilisé ensemble avec l'unité de contrôle ReLink-S, il vous laisse libre d'organiser les procédures, et même de travailler avec vos propres méthodes. En ajoutant le système SearchLight, une aide à la recherche de la cible par mauvaises conditions atmosphériques, et le système Position-Light, l'outil rapide pour orienter le porte-prisme lors des

implantations, vous obtenez ainsi un système intelligent solutions d'en-
Sélectionnez les fonction de vos avec les options vous, ou vos im-
geants. Essayez

de sembles.
possibilités en
besoins d'aujourd'hui
de mise à jour pour demain. Comme
pératifs, ils deviendront plus exi-
l'Elta® S : la première station
totale au monde avec un systè-
me de viseur de prisme global.
Le système qui vous laisse
mesurer ce que vous voulez,
de la manière dont vous
voulez.

Les nouvelles stations totales
orientées Systèmes Carl Zeiss :
Elta® S 10 1" et 1 mm + 2 ppm
Elta® S 20 3" et 2 mm + 2 ppm

Qualité certifiée suivant norme DIN ISO 9001 / EN 29001



Distributeurs agréés dans toute la France



Carl Zeiss France S.A.

Division Géodésie

F-78230 Le Pecq

Tel.: ++33-1-34 80 20 03

Fax: ++33-1-34 80 20 01

E-mail: cabanel @ zeiss.fr

Systèmes Géodésiques Zeiss. Pour avoir de bonnes cartes en main.

la topographie au service des archéologues



Jerash – Jordanie • Temple de Zeus et Place Ovale

Rémi Georges – Nicolas Thiebaut – ESTP – IFAPO

Suite à un article d'Emmanuel Natchitz et de Bertrand Ravez (ETP 97) paru dans la revue XYZ N° 70, nous avons décidé de présenter notre candidature auprès de l'IFAPO (Institut Français d'Archéologie du Proche-Orient) pour notre stage de 2^e année à l'ESTP. Il s'est donc déroulé du 1^{er} juin au 31 août 1998, sur divers sites archéologiques en Syrie, en Jordanie et au Liban, selon les besoins des archéologues.

Le matériel utilisé était classique (Leica TC600, Portable PC), les conditions et méthodes de travail, par contre, l'étaient moins. Du fait des dates du stage, nous étions justement au Proche-Orient pendant les mois aux températures les plus chaudes. C'est-à-dire entre 35 °C et 45 °C dans l'après-midi. Nous étions donc souvent contraints à travailler tôt le matin et dans la soirée. Sur un des chantiers (Khirbeth edh Dharih, en Jordanie), nous devions nous lever à 4h30, pour une arrivée sur le chantier à 5h30! Fin de la matinée de travail à 13h00, sous un soleil de plomb. L'après-midi était quelquefois consacré à une sieste bien méritée, mais plus souvent à réaliser l'ensemble du traitement des données. Le temps réservé à chaque site était en effet assez court, et les archéologues appréciaient aussi particulièrement de pouvoir utiliser dès le lendemain du lever les plans que nous avions à dresser. Cela leur permet de mieux visualiser les fouilles, de confirmer ou d'infirmer telle ou telle hypothèse, ce qui influe sur la suite des fouilles.

LA RÉPUBLIQUE ARABE SYRIENNE

À Souweida (Syrie du Sud), avec l'architecte Mikael KALOS, nous avons effectué le lever de la citadelle, durant tout le mois de juin. On peut entrevoir celle-ci à l'aide d'anciennes photos aériennes mais, au sol quasiment rien ne permet de la détecter. En effet, la ville de Souweida n'ayant jamais été abandonnée par ses habitants au cours des siècles, l'antique citadelle (1 000 ans avant Jésus-Christ) se trouve sous la ville actuelle. Ainsi, pour lever un bout de mur, il nous fallait descendre au fond des caves, parfois au 2^e sous-sol. Ceci impliquait de très nombreuses stations dans le seul but de relever un pan de mur de 2 à 3 m! Et bien sûr, la suite du mur se trouvait dans la cave voisine, que l'on ne pouvait atteindre que de la surface... Et ainsi de suite.

Le travail dans de telles conditions est souvent pénible pour des raisons diverses. Bien évidemment, il y a le manque de lumière. Nous étions équipés de plusieurs lampes torches et d'une baladeuse improvisée. Encore fallait-il trouver de l'électricité, ce qui n'était pas toujours évident, et de toute façon il ne nous fallait parfois guère plus de 10 minutes pour casser l'ampoule contre un mur de basalte (Souweida se trouvant dans une région traversée par de grandes coulées de lave, la majorité des maisons antiques sont construites en basalte). Quand ce n'était que l'ampoule! En effet, il nous est plusieurs fois arrivé de nous cogner la tête contre un imposant linteau

de basalte. Par ailleurs, nous avons effectué des relevés dans des salles de 3 x 4 m, couvertes d'une dalle unique de basalte, soutenue par des corbeaux, comportant parfois de nombreuses fissures. Il nous est même arrivé de mesurer des salles à moitié effondrées, à la chaîne, à plat ventre, avec le plafond à moins de 30 cm de la tête. Mais cela nous a aussi permis de découvrir de magnifiques portes en basalte de plus de 2000 ans, en parfait état de fonctionnement.

Souweida étant une ville typiquement arabe, les ruelles sont étroites et surtout sinueuses. Ainsi, pour aller d'un quartier à un autre assez rapidement, le seul moyen était de passer par... les toits, heureusement plats sous ces latitudes. Cependant, trouver le bon toit pour poursuivre le lever un peu plus loin n'est pas toujours aisé. Une fois ceci fait, il n'y avait plus qu'à trouver comment y monter... Nous avons également travaillé, en alternance, à Masakeb, un site proche en pleine forêt.

Plus tard, nous avons travaillé à Palmyre, site inscrit au patrimoine mondial de l'Unesco. Nous devions relever précisément le périmètre de protection du site, pour Mme BRITZ, architecte mandatée par l'Unesco. En effet, de nombreux habitants commencent à construire diverses maisons en parpaings et en béton, ce qui n'est pas du plus bel effet, vu depuis le site archéologique. Par ailleurs, de multiples endroits n'ont pas encore été fouillés. Il faut donc les préserver à tout prix. Cependant il n'existe que peu de bornes matérialisant sur le terrain le

périmètre imposé. Nous avons ainsi été aidées par M. ASSAAD, directeur du musée de Palmyre, mais même lui ne connaît qu'approximativement les limites. Pour mener à bien cette étude, une campagne topographique plus longue serait nécessaire. Nous sommes en effet restés sur ce site moins d'une semaine. Cela nous a tout de même permis d'admirer la splendide oasis et les nombreux vestiges de l'époque romaine et arabe. Il convient toutefois de noter que pour alimenter la palmeraie de très nombreux captages sont réalisés, souvent illégalement d'ailleurs, ce qui risque de menacer à long terme les ressources en eaux de la ville de Palmyre.

LE ROYAUME HACHÉMITE DE JORDANIE

Nous avons tout d'abord découvert le site de Jerash et en particulier le temple de Zeus fouillé par l'équipe de Jean-Pierre BRAUN. Le principal travail qui nous a été demandé était le rattachement de l'ensemble du site aux réseaux globaux UTM, GTM et PALESTINE. D'une part cela permettra de regrouper les différentes fouilles dans le même repère. En effet, l'ensemble du site est fouillé par plusieurs équipes (des Français, des Italiens, des Suisses...). Chacune de ces équipes travaille dans son propre repère relatif, ce qui a empêché jusqu'à présent tout raccordement précis des différentes zones. Par ailleurs, cela permet aussi de relier le site avec les carrières éloignées (repérées par GPS) et les autres sites archéologiques du Liban.

Ce raccordement était, d'un point de vue théorique, assez simple. Mais, il est rare que tout se passe toujours comme on l'espère. Ainsi, nous avons dû nous y reprendre à trois fois pour enfin pouvoir recueillir des données. Les distances étaient très importantes (3 km pour la mesure de distance, 7 km pour l'orientation sur les points géodésiques). Une équipe de topographes avait déjà essayé de prendre la distance l'année dernière avec le TC500, mais sans succès. Jean-Pierre BRAUN avait alors essayé avec trois prismes en visée directe, sans amélioration. Nous avons alors enfin réussi à prendre la distance en interposant le prisme entre les deux stations. Il faut noter que le TC600 s'est alors révélé bien meilleur que d'après les données constructeur : nous avons mesuré une distance de 1 700 m avec un seul prisme, alors que pour 1 300 m, le TC500 nécessitait trois prismes. Bien sûr, les conditions atmosphériques pouvaient être qualifiées d'exceptionnelles. Nos problèmes n'en étaient pas pour autant résolus. En effet il fallait aussi réaliser l'orientation. Or, vers 9 h 00 du matin la température était déjà tellement élevée que, à 7 km, il nous était impossible de voir même approximativement où se trouvait la mire. Il était alors hors de question de pouvoir faire une quelconque orientation digne de ce nom. Nous y sommes parvenus le lendemain matin à 7 h 00, mais de justesse.

À Kirbeth edh Dharih, fouille dirigée par François VILLENEUVE, il nous a été demandé de lever les courbes de niveaux tout autour du temple. Nous avons alors effectué un très important semis de points que nous avons ensuite pu traiter grâce à un programme d'interpolation linéaire que nous avions écrit avant notre départ de Paris. Il nous a vraiment simplifié la tâche. Les archéologues étaient à la fois très contents et très... surpris. Nous avons en effet dessiné toutes les courbes de niveaux en trois jours, alors qu'ils avaient prévu une semaine entière. C'est dans des moments comme ceux-

là que l'on se rend bien compte des bénéfices que l'on peut tirer d'un bon tachéomètre électronique à enregistrement interne associé à un ordinateur doté des logiciels appropriés.

LA RÉPUBLIQUE LIBANAISE

À Shhim, au Sud de Beyrouth, nous avons réalisé un levé complet du site fouillé par une équipe polonaise dirigée par Thomasz et Ewa WALISCEWSKY. Il s'y trouve un temple, un village, trois pressoirs et surtout une basilique, daté du V^e siècle après Jésus-Christ, dont le sol recouvert de mosaïques a été entièrement préservé. Ce levé avait pour but l'aménagement touristique ultérieur du site. Il n'a pas été très facile.

Tout d'abord parce que nous avons dû déterminer des alignements de murs parmi de véritables champs de pierres. Ce n'est pas très évident pour des "archéologues" néophytes. Ensuite parce que le site était recouvert d'épaisses broussailles. Heureusement, nous avons bénéficié de l'aide des... militaires stationnés sur place.

Ils sont en effet présents en permanence pour protéger les mosaïques en place des voleurs éventuels. Et, il est vrai que le blindé positionné à l'entrée du site et bien visible de la rue est assez dissuasif.

Enfin, nous avons terminé notre séjour par l'aqueduc de Beyrouth. Il s'agit d'une fouille dirigée par Levon NORDIGUIAN et Yasmine MAAKAROUN. Nous avons tout d'abord dû trier toutes les données topographiques d'une campagne précédente, puis nous les avons complétées. Cela nous a permis de visualiser une des façades de l'aqueduc, ainsi que le terrain naturel. Pour cela, il nous a fallu prendre des points dans des zones quasi inaccessibles, non seulement à cause du terrain escarpé, mais aussi à cause des ronces qui poussaient en abondance au pied de l'aqueduc.

UN SÉJOUR INOUBLIABLE

Ce qu'il nous semble falloir évoquer en premier, c'est la population. À peine immergés au Proche-Orient, nous avons découvert ce que signifie réellement l'hospitalité arabe. Qualifier cette population d'accueillante est véritablement un euphémisme. En Syrie tout particulièrement, nous avons dès le début été très agréablement surpris. Lorsque nous travaillions à Souweida, bien que nous ne connaissions guère plus de deux ou trois mots d'arabe, les habitants nous ont tout de suite invités chez eux pour boire un café, un thé ou du jus de fruit. Souvent, voyant que nous travaillions dans la rue près de leur maison, ils nous apportaient ces boissons directement dans la rue. Il nous est même arrivé un jour, alors que nous faisons un lever au 2^e sous-sol, d'y voir arriver, à l'aide d'une lampe de poche, les propriétaires de la maison avec du thé. Ce qui se passait dans les caves, se passait alors aussi tout naturellement sur... les toits. Nous y avons en effet plusieurs fois pris le thé, accompagné parfois de fruits de saison.

Sous l'impulsion de l'architecte Mikaël KALOS, nous avons aussi participé à un mariage bédouin. Nous n'étions bien sûr pas invités, mais lorsque nous avons appris qu'il y en avait un dans le village, nous avons décidé d'aller voir. Et là encore, quelle ne fut pas notre surprise de nous voir accueillir comme des invités de la famille, par le père du marié, placés aux meilleures

places, et évidemment conviés au repas. Il s'agissait du repas traditionnel, le Mensaff, du mouton bouilli, avec du riz, servi dans un grand plat pour 6 personnes, que nous avons mangé comme tout le monde, avec la main droite uniquement, assis par terre. Ce repas a été suivi par des danses bédouines traditionnelles. Il s'agit d'une expérience qui restera pour nous inoubliable.

Les mois de juin et juillet, comme tout le monde le sait, la France était tenue en haleine par... la Coupe du Monde. Et bien, la Syrie, la Jordanie et le Liban aussi. Beaucoup se demandaient même si nous n'étions pas un peu fous : pourquoi diable est-ce que des Français viennent en Syrie alors que la Coupe du Monde se déroule en France ! Cela leur était incompréhensible. Ne disposant pas de télévision, les résultats nous étaient annoncés dans la rue, avec félicitations. Un soir, alors que nous franchissions la frontière, un douanier syrien, voyant notre passeport, nous a demandé si nous aimions le foot. Sur notre réponse affirmative, il nous dit fièrement, et bien France-Italie, c'est gagné ! Un autre moment formidable a été la finale France-Brésil. Nous l'avons suivie à Amman, dans un internet-café réservé par l'Ambassade de France. Explosion de joie au coup de sifflet final (3-0 pour ceux qui auraient pu oublier) et félicitations des ouvriers, de la population, des douaniers, de l'armée... Il est vrai que la France est très appréciée au Proche-Orient.

Notre séjour nous a aussi permis de découvrir de splendides sites et paysages. En Syrie, le site le plus connu est celui de Palmyre, avec ses ruines romaines, son château arabe, son oasis... De même, en Jordanie, nous avons visité Pétra, avec ses tombeaux taillés à même la montagne, et nous avons fait un petit détour par la Mer Morte et par Aquaba, au bord de la Mer Rouge. Enfin, nous avons visité plusieurs sites dans le Sud Liban, ainsi que Baalbek dans le Nord. Tous ces sites peuvent vraiment être qualifiés de magnifiques. À voir absolument.

Enfin, pour ce qui est de la sécurité et de la présence de l'armée, nous ne nous sommes jamais sentis en insécurité. En Syrie, l'armée est omniprésente, dans et hors des villes, mais elle est assez statique. Ca et là, on peut encore apercevoir quelques missiles orientés au Sud-Ouest. En Jordanie, c'est surtout les services de police que l'on voit un peu partout. Par contre, au Liban, c'est un peu plus impressionnant car les barrages routiers de l'armée syrienne et de l'armée libanaise sont nombreux. Il n'est pas rare de voir des chars d'assaut en mouvement, de très nombreuses batteries antiaériennes, tant dans le Sud, en raison de l'occupation par un pays voisin, que dans le Nord, en raison de problèmes internes. Mais, nous n'avons jamais eu de problèmes avec l'armée, bien au contraire.

Ce stage fut donc pour nous inoubliable à bien des égards, et si nous sommes partis de Paris un peu anxieux face à l'inconnu, nous n'avons à aucun moment été amenés à regretter le choix de ce stage au Proche-Orient. Nous avons pu mettre en pratique les connaissances acquises à l'ESTP, dans un cadre un peu moins traditionnel que d'habitude. Nous avons ainsi développé l'initiative, l'adaptation face à des situations nouvelles, et surtout l'auto-vérification, nécessaire à tout ingénieur-géomètre.

D'autant plus que nous étions seuls, il n'y avait pas d'autre topographe pour vérifier l'exactitude de nos levés et de nos calculs. Nous avons par ailleurs découvert des pays, des hommes et une culture fantastiques. Ce qui nous a fortement donné l'envie de retourner au Proche-Orient. Nous tenons enfin à adresser tous nos remerciements à Jean-Marie DENTZER, directeur de l'IFAPO, et aussi tout particulièrement à Pierre-Marie BLANC, secrétaire général de l'IFAPO, sans qui ce stage n'aurait pu se dérouler d'une manière aussi parfaite.

Palmyre – Syrie • Temple de Bel



MARI9 EUROPE99

11^{ème} ÉDITION

EXPOSITION / CONFÉRENCES
CARROUSEL DU LOUVRE - PARIS - FRANCE
27, 28 & 29 AVRIL 1999

LE MARCHÉ EUROPÉEN DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

SALON MARI EUROPE'99

Coupon à renvoyer à :

ORTECH - 11 rue Bergère 75009 Paris

Pour toutes informations :

☎ 01 45 23 08 16 / Fax : 01 48 24 01 81

SOCIÉTÉ :

NOM :

PRÉNOM :

ADRESSE :

CODE POSTAL :

VILLE :

TÉLÉPHONE :

FAX :

Je souhaite :

☐ recevoir le programme de la manifestation
(conférences et visite)

☐ réserver un stand

avec le parrainage de



CNIG

et le concours de

Marketing Direct

**Marketing
DIRECT**

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

ORTECH





Tunisie – Table de Jugurtha – Haut-Lieu historique

les centurions-triangulateurs de la 3^{ème} légion Auguste

L. R. Decramer
P. Etcheto

Section
archéologique
de
l'ASC-CNES

1- INTRODUCTION

Dans sa quête incessante de connaissances, l'Homme a toujours voulu savoir la place qu'il occupe dans l'univers et a fortiori connaître cette planète sur laquelle il vit, et la question de sa forme et de ses dimensions en est une. Elle a conduit à une des plus belles aventures scientifiques que l'histoire de la géographie ait connue. Notre propos ici n'est pas d'écrire, une fois de plus, cette histoire mais de la rappeler brièvement afin de mieux éclairer deux événements majeurs déterminants pour ces Sciences de la Terre. Comment nos ancêtres se la représentaient-ils ? Certains la voulaient cylindrique, tandis que d'autres l'imaginaient sous la forme d'un disque, d'autres enfin la voyaient sphérique. Les premiers astronomes, par des observations minutieuses de notre univers, ont vite levé le doute et s'ils conclurent qu'elle était bien ronde, ils n'en connaissaient pas les dimensions. On doit à Eratosthène (III^{ème} siècle av. J.-C.) la première détermination du rayon terrestre et par la suite la première carte-image du monde habité. Nous reviendrons sur son idée géniale et sur sa méthode.

Si les philosophes et astronomes grecs se sont attachés aux concepts de l'univers, les Romains plus pragmatiques se sont chargés d'administrer avec rigueur leur Empire et de le couvrir d'un réseau routier gigantesque. Malheureusement rares sont leurs cartes qui nous soient parvenues ; le seul monument géographique connu est une copie du XIII^{ème} siècle, la carte de Peutinger. C'est une carte routière de l'Empire, déformée à outrance et construite dans un but pratique, ce qui a fait dire à certains que les Romains avaient une présentation peu conforme de notre Terre. Ensuite, la cartographie s'enrichira des apports des géographes arabes et des grands voyageurs ou navigateurs. Il faudra attendre Magellan en 1521 pour que soit réalisé le premier tour de notre planète : par une circumnavigation de près de trois ans, on prenait physiquement conscience de ses dimensions réelles. Celle-ci prenait de la consistance avec la découverte des principaux continents, mais la cartographie pêchait toujours par son impression. Il semble qu'il faille attendre le XVIII^{ème} siècle et la mise au point des chronomètres marines de précision pour que le problème de la longitude soit enfin résolu.

Progressivement, la sphère terrestre se remplissait géographiquement avec les dernières découvertes des terres australes, mais la dimension de notre Terre restait toujours approximative et il faudra attendre le XVII^{ème} siècle pour qu'en soit réalisée la première mesure scientifique. En effet, Jean Picard en 1670 mesure de façon rigoureuse, par triangulation, un arc de cercle sur une portion de la méridienne de Paris. On connaissait enfin le rayon moyen, mais déjà la théorie de Newton prédisait qu'elle n'est pas une sphère parfaite. La question de savoir « *Quelle forme elle avait, pamplemousse ? Ou citron ?* » enflamma alors l'imagination des membres de l'Académie royale des Sciences. Aussi deux expéditions furent envoyées au Pérou et en Laponie afin de mesurer un arc de méridien sur l'équateur et un autre au niveau du cercle polaire. Toutes deux utiliseront les méthodes de triangulation bien éprouvées. Maupertuis partit en Laponie en 1736 et confirma rapidement la théorie de Newton, quant à l'expédition de La Condamine au Pérou elle durera pratiquement dix ans. Ce fut une aventure scientifique et humaine hors du commun tant ses membres se heurtèrent à des difficultés de toute nature. Le résultat final est connu : la Terre est un sphéroïde oblong et aplati au pôle. La Terre avait atteint sa forme quasi définitive et la méthode de triangulation s'imposait définitivement. Ensuite la géodésie et la cartographie progresseront lentement et graduellement, elles atteignent de nos jours une précision remarquable grâce à la géodésie spatiale. Le modèle du géoïde est devenu de plus en plus raffiné et la dérive des continents peut maintenant être suivie au centimètre près.

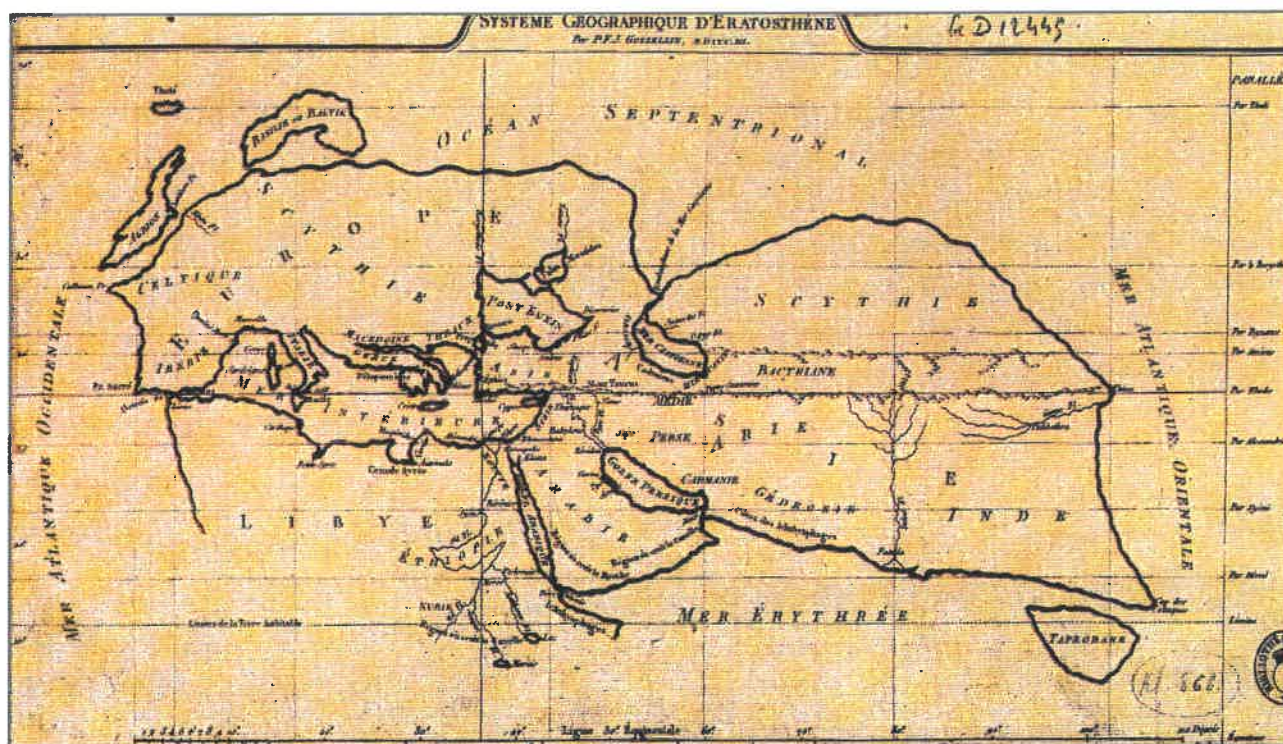


Fig. 1 – Système géographique d'Eratosthène, d'après Gosselin (1803)

2 - LA QUESTION DES MÉRIDiennes

La méthode la plus simple connue depuis l'Antiquité pour déterminer le rayon de la Terre est la mesure d'un arc de méridien. Il suffit pour cela de viser aux deux extrémités de cet arc la hauteur d'une étoile pour connaître son angle, puis par une méthode d'arpentage appropriée d'évaluer la distance entre ces deux points. La difficulté essentielle, mais bien réelle, est la mesure de distance. Il faut en effet porter bout à bout des perches étalon sur une grande distance si on veut une bonne précision, ce qui nécessite de trouver une route assez étendue, rectiligne, suffisamment plane et de préférence orientée nord-sud. Comment a opéré Eratosthène pour estimer la longueur d'un grand cercle ?

2-1 – L'expérience d'Eratosthène à Syène (III^{ème} siècle av. J.-C.)

Il ne nous reste malheureusement aucun de ses écrits. On connaît son œuvre par ceux qui l'ont, plus tard, rapportée pour le confirmer ou l'infirmer, donc des documents de seconde main avec tout ce que cela implique d'erreurs ou de désinformations. Bibliothécaire à Alexandrie, il constate au cours d'un voyage dans le Sud de l'Égypte que le soleil zénithal au solstice d'été se reflète au fond d'un puits de l'île d'Éléphantine (Syène, Assouan), tandis qu'il provoque à la même époque une ombre sur la place d'Alexandrie. Il évalue ainsi par l'ombre du gnomon la valeur angulaire qui est d'« un cinquantième de tour » entre ces deux sites et il estime leur distance à 5000 stades en se basant, dit-on, sur la durée de parcours des caravanes de chameaux. Comme le Nil coule du Sud vers le Nord, il pense que les deux villes se situent sur un même méridien, ce qui lui fait dire que la circonférence de la Terre est de 250000 stades. On a longtemps épilogué sur cette longueur, de 39400 km

pour certains à comparer aux 40000 km moyens des géographes. Nous savons que la précision obtenue est discutable puisqu'elle est le fruit d'une chaîne d'erreurs qui se compensent, mais il faut reconnaître à Eratosthène le génie de son idée et le talent de sa méthode.

Ayant ainsi déterminé le rayon terrestre, il découpe ensuite le globe en parallèles et en méridiens. Son méridien d'origine passe évidemment par Alexandrie tandis qu'il met le centre de l'œkoumène dans l'île de Rhodes. Puisque l'ombre du gnomon détermine la latitude d'un lieu, il peut le placer exactement sur sa carte. Si le principe est simple pour deux points situés sur une même ligne nord-sud, le problème de la longitude est évidemment plus compliqué puisqu'elle fait intervenir la notion de temps. Eratosthène ne s'est-il pas déjà trompé en plaçant Syène et Alexandrie sur un même méridien, alors que la différence de longitude est de plus de 3° ! On ne doit donc pas être étonné des déformations significatives – dans le sens est-ouest – de sa carte telle que la reconstituait Gosselin en 1830 (fig. 1).

La méthode de la méridienne sera reprise au IX^{ème} siècle par les géographes arabes qui opéreront dans la plaine de Palmyre, puis bien plus tard en 1670 par l'abbé Picard. Celui-ci mesure un arc de 1° 22' 55" entre Sourdun et Malvoisine, établit une base sur la section de Villejuif à Juvisy et applique la méthode de triangulation imaginée par le Hollandais W. Snellius. Cette méthode est simple : à partir d'une base étalonnée à l'aide de perches, on établit une série de triangles dont on mesure les angles au sommet avec un quart de cercle. Ces sommets sont des points remarquables de loin et la mesure des angles n'offre aucune difficulté majeure. Picard obtient en final, une circonférence terrestre de 40035 km, c'est-à-dire paradoxalement une valeur voisine d'Eratosthène. Pourtant ici, on est bien loin des caravanes de chameaux.

Aura-t-il donc fallu attendre près de vingt siècles pour arriver pratiquement au même résultat ? C'est ici qu'interviennent les maîtres de la géométrie appliquée.

2-2 – Les géomètres romains

Si le procédé du « pas des chameaux » est approximatif, il existait alors une méthode directe, plus exacte : l'arpentage. Celui-ci était bien connu des géomètres égyptiens², grecs, puis romains et ces derniers l'ont porté à un très haut niveau. Certaines cartes gravées sur pierre, dont le groupe retrouvé à Orange ou les parties de la grande carte de Rome préparée sous l'empereur Septime Sévère (193-211 apr. J.-C.) sont là pour le prouver. Les géomètres romains travaillaient à partir de manuels de géodésie dont certaines copies nous sont parvenues mais elles sont tardives, elles datent des VI^{ème} et IX^{ème} siècles. Ces manuscrits sont toujours en cours de traduction. Outre ces documents ou ces cartes, de nombreux cadastres ont été identifiés dans leur ancien empire, et leur étude a permis de mieux comprendre les méthodes et les techniques utilisées à cette époque. Or parmi ceux-ci, il en existe un, en Tunisie, immense par son développement et unique par ses témoins archéologiques. Ces témoins sont tout bonnement des bornes géodésiques écrites et en place, c'est-à-dire des documents originaux qui matérialisent in situ le travail des géomètres.

3 – LA CENTURIATION TUNISIENNE (I^{ER} SIÈCLE APR. J.-C.)

Ces bornes cadastrales ont été retrouvées dans le Sud tunisien, l'ancienne Africa Nova. Elles ont été placées au début de notre ère, sous le règne de Tibère, par les officiers géomètres de la III^{ème} légion Augusta, c'est pourquoi on parle plutôt de centuriation. Celle-ci s'étend sur 254 km de long et 110 km de large, c'est-à-dire sur un territoire équivalent au Languedoc. On doit souligner ici le nombre exceptionnel – le plus important que l'on connaisse – de bornes qui lui sont rattachées, et la qualité des informations que contiennent leurs épigraphies. Elles ont été découvertes au début de notre siècle autour du Chott el Fejej par les officiers topographes français alors chargés de dresser les cartes de la Tunisie.

Ces découvertes rapportées par leur chef de secteur, le capitaine Donau, ont permis aux premiers chercheurs de tenter de reconstituer une partie du carroyage. On en connaît le principe général : deux axes cardinaux orthogonaux appelés *kardo maximus* et *decumanus maximus* sont d'abord définis à l'origine. Ils sont orientés dans l'espace selon un azimut α , variable d'un cadastre à un autre. Le découpage s'opère ensuite en lignes principales parallèles décumanes et cardinales, distantes de 5 centuries (*quintarius*) au croisement desquelles est placée une borne. Celle-ci porte ses coordonnées mesurées par rapport au point origine ou *locus gromae*. À titre d'exemple, sur la borne d'Henrich Chenah (n° 1) sont gravées les valeurs suivantes : DD LXX (70 centuries à droite du *decumanus*, *dextra decumanum*) et UK CCLXXX (280 centuries au-delà du *cardo ultra kardinem*). Comme la centurie vaut environ 704 m, elle se situe donc à plus de deux cents kilomètres de l'origine. En outre, cette borne porte l'épigraphie suivante : *LEG (io) III AUG (usta) LEIMITAVIT C (aio) VIBIO MARSO PROCO (n) S (ule) III* qui atteste que la 3^{ème} légion Auguste et C. Vibius Marsus son proconsul (pour la troisième fois) avaient été chargés de délimiter le pays. Enfin

une croix, le *decussis*, est gravée sur la tranche supérieure comme sur nos signaux géodésiques, et cette croix est orientée selon les axes principaux. On connaît à ce jour une vingtaine de ces cippes dont une douzaine a conservé ses distances avec une unique borne, celle de Graïba, qui se situe dans le second quadrant SD (*sinistra decumanum*, à gauche du *decumanus*). On conçoit dès lors toute la richesse d'informations que l'archéomètre dispose avec ces témoins exceptionnels de première main pour reconstituer le canevas dressé par les *gromatici*³. Donc des documents établis par des géographes, retrouvés par des topographes, mais qui avaient été encore peu étudiés par des ingénieurs géographes⁴.

3-1 Une méthode de recherche originale

Le carroyage étant par définition une construction géométrique, il est possible d'en établir un modèle mathématique. Pour cela, on recherche la meilleure superposition entre deux réseaux orthogonaux aux nœuds desquels sont situées les bornes. Le premier est basé sur les coordonnées géographiques telles que relevées sur le terrain et le second sur les coordonnées romaines inscrites sur les bornes. On a donc un jeu de quatre inconnues : X0 et Y0 pour l'origine, l'angle d'orientation et c la valeur de la centurie (elle varie selon les époques). À partir des coordonnées calculées dans le datum WGS 84, on introduit ces données dans un récepteur GPS qui restitue immédiatement les paramètres de navigation pour arriver dans la zone de prospection.

Il faut signaler ici, l'originalité de ces recherches archéologiques. Le site n'est pas découvert par hasard comme pour de nombreuses fouilles ; ici, on sait par avance ce que l'on doit trouver et où, grâce à un modèle mathématique prédictif. Initialement, compte tenu des nombreuses incertitudes liées aux bornes répertoriées : positions géographiques approximatives – elles étaient mesurées au pas du cheval du capitaine Donau –, épigraphies incertaines ou parfois détruites, éléments communiqués par les différents auteurs souvent contradictoires, nos premiers calculs étaient assez approximatifs. Aussi les premières recherches sur le terrain ont été assez laborieuses, mais une fois les premières bornes découvertes, le modèle est réajusté et devient de plus en plus précis.

C'est ainsi qu'une douzaine de cippes a été retrouvée après deux campagnes de recherche⁵ auxquels s'ajoutent certaines bornes relevées par le géographe Davin en 1929. Leurs positions sont relevées au moyen de GPS : erreur absolue d'environ 50 m, à comparer aux incertitudes initiales de plus d'un kilomètre. Outre ces mesures, une étude détaillée de la pierre, de son épigraphie et un relevé topographique du site sont effectués dans chaque cas. On dispose maintenant d'un catalogue sur les bornes consignait toutes ces nouvelles données.

3-2 Les résultats

On a présenté sur la figure 3, une des bornes retrouvées autour du Chott el Fejej. On note qu'une série de bornes est quasiment alignée selon une direction privilégiée, à 70° par rapport au méridien. Sur la carte de la Tunisie (fig. 7), est présenté le carroyage de la centuriation avec ses axes cardinaux D0 (*decumanus* 0) et K0 (*cardo* 0) dont l'origine se situe au Nord de Thala dans la plaine du Saltus Massipianus, c'est l'origine d'arpentage. L'emplacement de cette borne (0,0) n'est pas encore tout

à fait déterminé, mais des recherches antérieures⁶ nous ont conduits à proposer deux sites distincts : l'un, l'origine d'arpentage où les géomètres ont établi leur base d'arpentage en terrain plat, c'est le Saltus Massipianus ; l'autre, le point de référence de la centuriation où ces derniers ont défini leurs axes cardinaux⁷. Ce point originel se trouverait sur la Table de Jugurtha, un observatoire imprenable (*photo en tête de l'article*) qui domine justement Ammaedara, le camp de Vibius Marsus. Le *Kardo Maximus* est orienté ENE à 35° dans la direction de Carthage, c'est-à-dire l'azimut obtenu précisément par le modèle mathématique.



Fig. 2

De la même façon, à partir des coordonnées romaines relevées sur les épigraphies, on présente *figure 4* la position respective des bornes dans le système cartographique romain, la *forma*. L'alignement remarquable des bornes se situe sur un axe γ (GI) où le point G est situé sur la méridienne à l'origine, c'est le « centre de gravité » de la centuriation. On obtient ainsi une figure géométrique parfaite où l'orientation des axes est à nouveau de 35°.

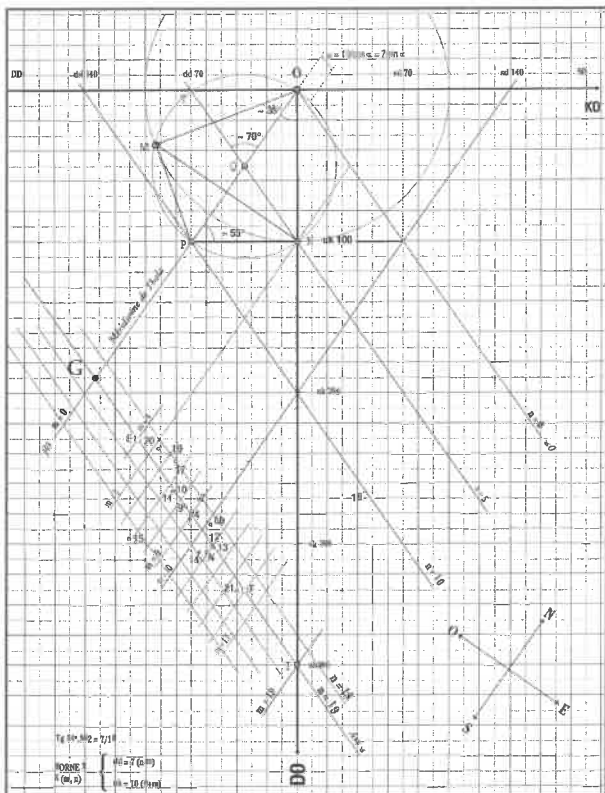


Fig. 4 – La « Forma » de la Centuriation

3-3 Méthode de diagonalisation généralisée

Le principe de construction de cet angle est présenté sur la *figure 4*, au point origine, c'est un quasi-losange ONPM inscrit dans un cercle de centre Q, dont la diagonale principale est la méridienne (axe $\beta 0$). Les deux axes $\beta 0$ et $\gamma 0$ sont les deux directions de progression des géomètres. On démontre, par un changement d'axes classique que les coordonnées romaines d'une borne dans ce nouveau référentiel ($\beta 0$ et $\gamma 0$) ont pour valeurs : $dd = 7 \cdot (n-m)$ et $uk = 10 \cdot (n+m)$ où dd et uk sont respectivement les distances en centurie par rapport aux axes $D0$ et $K0$, et n et m deux entiers naturels. En prenant pour vecteur unité la diagonale du triangle ($m = \sqrt{149}$), les paramètres n et m prennent la valeur 19 au point I. Ainsi dans cette grille losangique, la borne n° 1 a pour valeurs $dd = 7 \cdot (19-9) = 70$ et $uk = 10 \cdot (19+9) = 280$ et l'azimut α pour valeur $= 35^\circ$ ($\arctg 7/10$).

On a justement noté que toutes les bornes ont pour valeurs cardinales (uk) un multiple de 5, tandis que les grandeurs décumanes (dd) paraissent quelconques. Le principe classique de disposer les bornes sur un quadrillage carré de côtés 5*5 ne s'applique donc pas. Par contre, on a remarqué que toutes valeurs décumanes sont multiples de 7 ou de 5 et dans ce cas la double grille losangique et orthogonale convient parfaitement.

Le principe que les *mensores* travaillaient selon la diagonale est connu par les textes et constaté sur certains cadastres. De même, il avait été proposé que l'angle d'orientation pourrait toujours se ramener à un ratio simple⁸. Ici, c'est une méthode unifiée de ces deux principes qui est proposée mathématiquement à partir des grandeurs inscrites sur les bornes. Par un raisonnement inductif on est passé d'un cas particulier, un alignement de bornes retrouvées sur l'axe $\gamma 19$, à un cas général. Inversement, à partir de cette nouvelle grille a-t-on retrouvé d'autres lignes parallèles à cet axe ?

3-4 La *forma* de la centuriation

On peut donc placer les bornes sur la carte romaine (*fig. 4*) dans un double système d'axes : les axes ortho-normés ($D0$ et $K0$) et la grille losangique (n, m). On note qu'une seconde ligne $\gamma 18$ commence à se dessiner. En effet, c'est à partir de la relation $dd = 7 \cdot (n-m)$ que la borne 19 a pu être retrouvée alors que son découvreur, le capitaine Lafond en 1930, avait lu $dd 85$, c'est-à-dire un « *quintarius* ». Nous l'avons bien retrouvée, mais à la côte $84 = 7 \cdot (18-6)$ et son épigraphie : LXXXIV confirme pleinement le principe proposé. Autre exemple, plus subtil encore. Sur la borne de Bir Oum Ali (n° 20), nous avons lu, ainsi que Davin, $dd 90$. Le modèle donnait un écart de près de 600 m avec cette valeur, tandis que le principe prédisait 91 ($7 \cdot 13$). Où était l'erreur ? Un examen plus attentif de la pierre a permis de déceler une écaïlle derrière le dernier chiffre. Le chiffre 1 avait en fait disparu. L'ensemble redevenait cohérent. C.Q.F.D. La méthode de diagonalisation était validée et elle s'applique parfaitement à toutes les autres bornes. La centuriation s'appuie sur une grille losangique et non pas seulement sur un carroyage orthonormé.

Cette méthode pourrait sans doute se généraliser à d'autres figures géométriques, autres que celle définie ici par le triangle rectangle 7/10. En particulier, un cadastre construit sur le triangle d'or 3/4/5 aurait pour orientation $\alpha = 36,87^\circ$ ($\arctg 3/4$) et pour coordonnées de jalonnements : $dd = 3 \cdot (n-m)$ et $uk = 4 \cdot (n+m)$, le vecteur unité

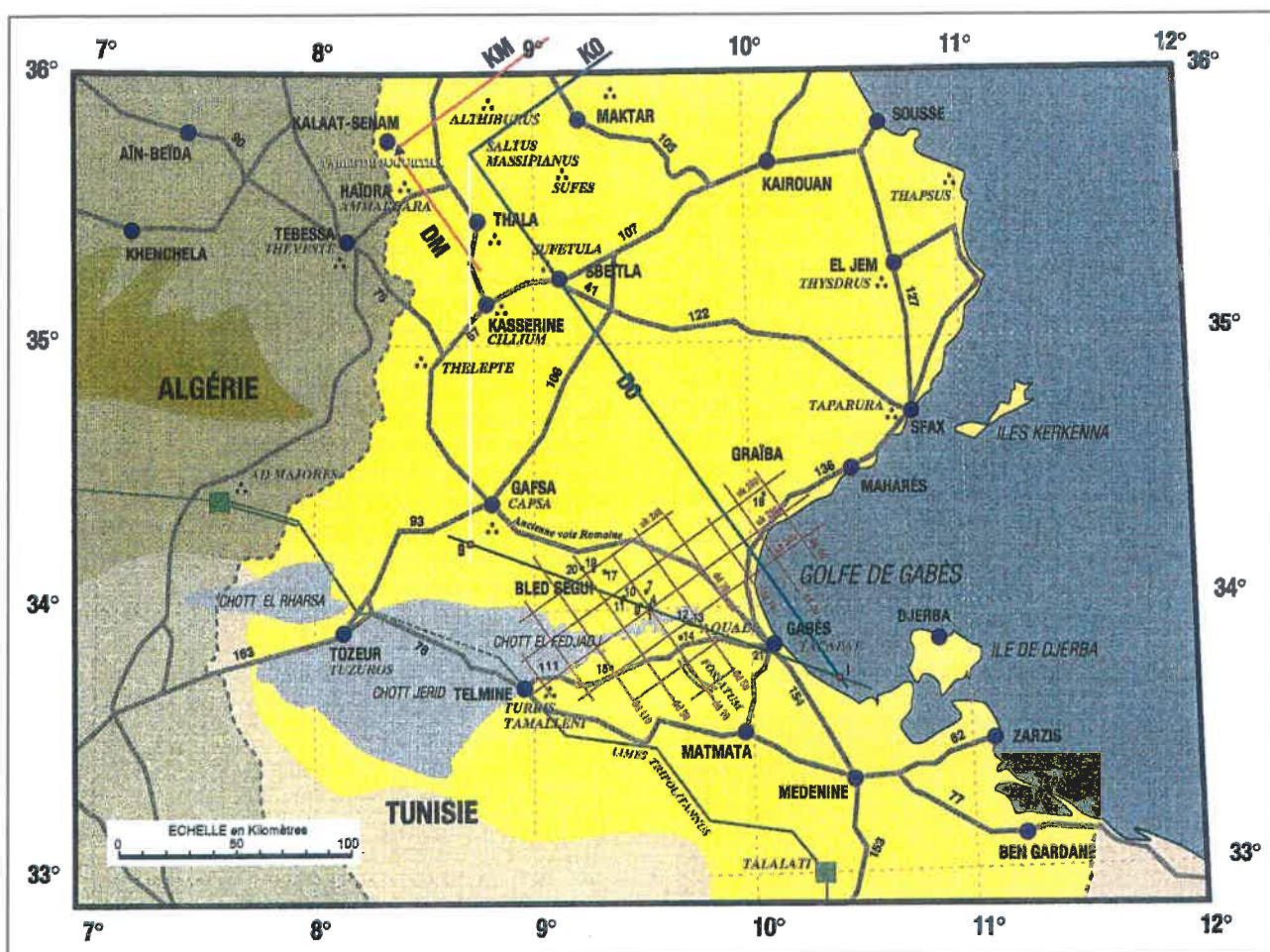
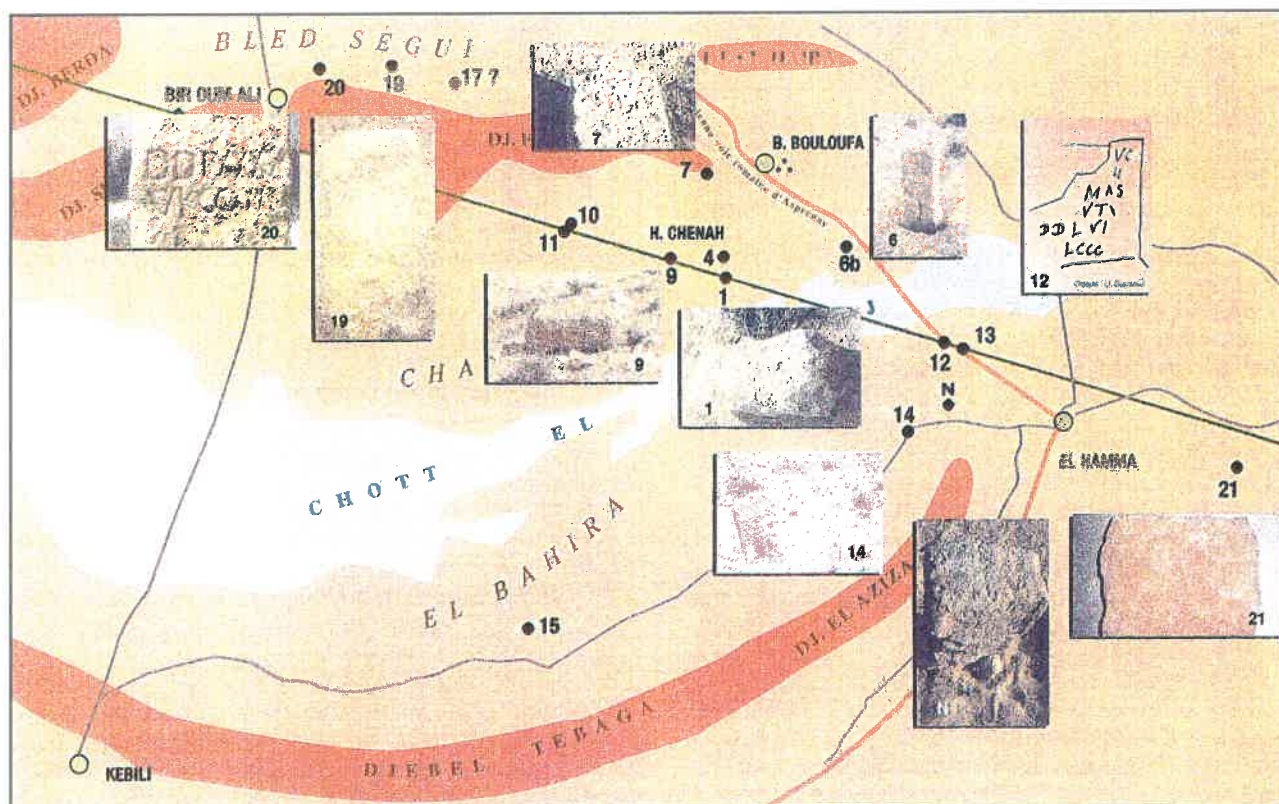


Fig. 7 – Tunisie – La grande centuriation

Fig. 8 – Les bornes retrouvées autour du Chott El Fejej



permet ensuite de calculer les distances. On sait que les mathématiciens romains avaient des notions de trigonométrie : la fonction sinus est directement liée à la fonction corde (cf. *les tables d'Hipparque*) et la tangente est exprimée ici par un ratio simple, et ils avaient aussi des notions de trigonométrie sphérique (cf. *les analemmes d'Hipparque*¹¹). Cependant la démarche des géomètres est différente : ils ne visent pas des tours avec un quart de cercle, mais tracent des alignements avec une groma. Ils devront donc naviguer entre les obstacles majeurs en évitant par exemple les chaînes de montagne.

On a remarqué justement que les bornes tunisiennes évitent les montagnes et qu'elles sont disposées sur des cardines *quintari* ($\Delta u = 5$). En d'autres termes, on a $\Delta u = 10^\circ((n + m))$, d'où $\Delta n = \Delta m = 0,25$. C'est le plus petit intervalle qui a été relevé par exemple sur la borne 20. On dira que 0,25 μ , soit 2,15 km, est le pas de progression sur la grille losangique. En Tunisie centrale, la limpidité de l'air rend la visibilité excellente, il y a peu de forêts, les obstacles naturels sont essentiellement les mouvements de terrain. On pourrait admettre que cette distance de deux kilomètres correspond à la visibilité optique maximale entre deux stations. Il est possible alors d'imaginer une progression par deux groma conjuguées afin d'assurer la fermeture des triangles pour minimiser les erreurs angulaires. Les géomètres tenaient-ils compte de la rotondité de la Terre dans ce calcul¹² ? nous ne prononcerons pas.

Par contre, on admettra facilement que ces triangulateurs, lors de leurs visées, recalait régulièrement leur groma sur le méridien local pour éviter les dérives d'orientation¹³. L'opération s'effectue simplement avec un gnomon. Dans ce cas, la route empruntée serait une combinaison d'une loxodromie (recalage à cap constant sur le méridien) et d'une orthodromie (le grand cercle passant par le plan vertical des fils de la groma lors du jalonnement). Dès lors, on comprend la difficulté d'extrapoler le modèle depuis les bornes dans le Sud jusqu'à l'origine présumée. Cette extrapolation conduit à une différence de plusieurs centaines de mètres sur le *locus gromae* selon l'une ou l'autre route.

De la même façon, on pourrait admettre que ces arpenteurs mesuraient régulièrement de nouvelles bases pour éviter de propager les erreurs de distance. Nous n'en avons pas la certitude, mais on doit remarquer que la voie romaine dans la plaine du Saltus Massipianus au nord de Thala, à proximité du *locus gromae* est rectiligne sur plusieurs kilomètres et orientée strictement nord-sud, elle répond au problème de la base initiale¹⁴. D'autres tronçons de cette voie depuis Thala jusqu'à Gabès (Tacapae) sont orientés selon cette méridienne ou selon l'axe γ . Cette corrélation est indéniable et vient appuyer l'hypothèse émise. Ces portions de voie auraient pu servir de bases de contrôle intermédiaires. Il reste donc dans ce domaine un travail important à accomplir et les axes de recherche pour y parvenir sont suggérés justement par cette *forma*.

Par toutes les nouveautés et propositions énoncées ici, il semble bien que la centuriation tunisienne, ce monument géographique exceptionnel, tienne bien toutes ses promesses. Certes les nouveautés bousculent, il

n'en reste pas moins vrai que les propositions avancées pourraient ouvrir de nouvelles perspectives.

4- CHÂINON MANQUANT ET CONTINUITÉ

Ainsi les centurions-géodésiens disposaient de toutes les données nécessaires pour déterminer par la même occasion le rayon de la Terre : une méridienne, la méridienne de Thala, un arc terrestre partant de l'origine jusqu'à un point aux environs de Gafsa (Point G ?) mesuré très précisément par triangulation et des mesures astronomiques relevées au gnomon. À n'en pas douter, la précision obtenue devait être redoutable, il suffit pour s'en convaincre de remarquer qu'ils ont arpenté plus de 300 kilomètres à travers chaînes de montagne, déserts et chotts pour venir positionner exactement la borne extrême connue près de Gabès. Faute de trace marquante retrouvée, cet aspect restera encore une simple conjecture. Cependant ces centurions ont bien fait œuvre de géodésiens, les bornes tunisiennes sont des signaux géodésiques de premier ordre déterminés par triangulation. Les Picard, les Cassini et les géodésiens modernes sont bien dans la continuité d'Eratosthène et de Vibius Marsus.

Les officiers géodésiens de l'État Major

Il faudra attendre la fin du 19^{ème} siècle pour que l'œuvre de Vibius Marsus bien qu'ignorée, soit reprise par les officiers-géodésiens de l'État Major. En effet, tandis que le capitaine Donau exhumaient des sables ces énigmatiques pierres du proconsul Vibius Marsus, ses officiers topographes s'appuyaient pour leurs levés sur la triangulation de premier ordre. Car pour décrire dans le détail les éléments géographiques, il faut un canevas précis et, ce canevas venait d'être justement dressé par les officiers-triangulateurs du Service Géographique des Armées (fig. 3). Nous avons pu exhumer des archives de ce service, le rapport de mission d'un certain capitaine de Vauvineux. Rapport remarquable, écrit en décembre 1896 à Lima et qui mérite d'être connu. Dans une campagne mémorable, cet officier géodésien ira installer et viser les signaux géodésiques dans cette partie de l'Africa Nova que le proconsul Vibius Marsus, dix-neuf siècles plus tôt, triangulait pour la première fois. Non seulement de Vauvineux fut un géodésien consciencieux – pas moins de dix-sept sommets¹⁵ gravés en hiver pour installer ses tours de visée –, mais il fut aussi un auxiliaire compétent des services archéologiques du Ministère de l'Instruction et des Beaux-Arts. Il reconnaît, entre autres, le camp de cette III^{ème} légion Auguste à Ammaedara (Haïdra), la Table de Jugurtha, ce haut lieu historique « où la tradition veut que le roi Jugurtha ait caché ses trésors, cherchés en vain par les Romains »¹⁶, mais aussi premier observatoire des *gromatici* pour la création de cette centuriation.

Le résultat des travaux de ces officiers géodésiens et topographes est connu, ce sont ces merveilleuses cartes au 1/50 000^{ème} ou au 1/100 000^{ème} du SGA. Ces cartes, bien que non remises à jour, resteront toujours des documents de toute première importance. Comme leurs prédécesseurs romains, ils ont écrit eux aussi un des plus beaux chapitres de l'histoire de la géographie de Tunisie. Histoire inédite jusqu'ici, mais qu'il convient maintenant de garder en mémoire et ces deux noms Vibius Marsus et de Vauvineux doivent être retenus.

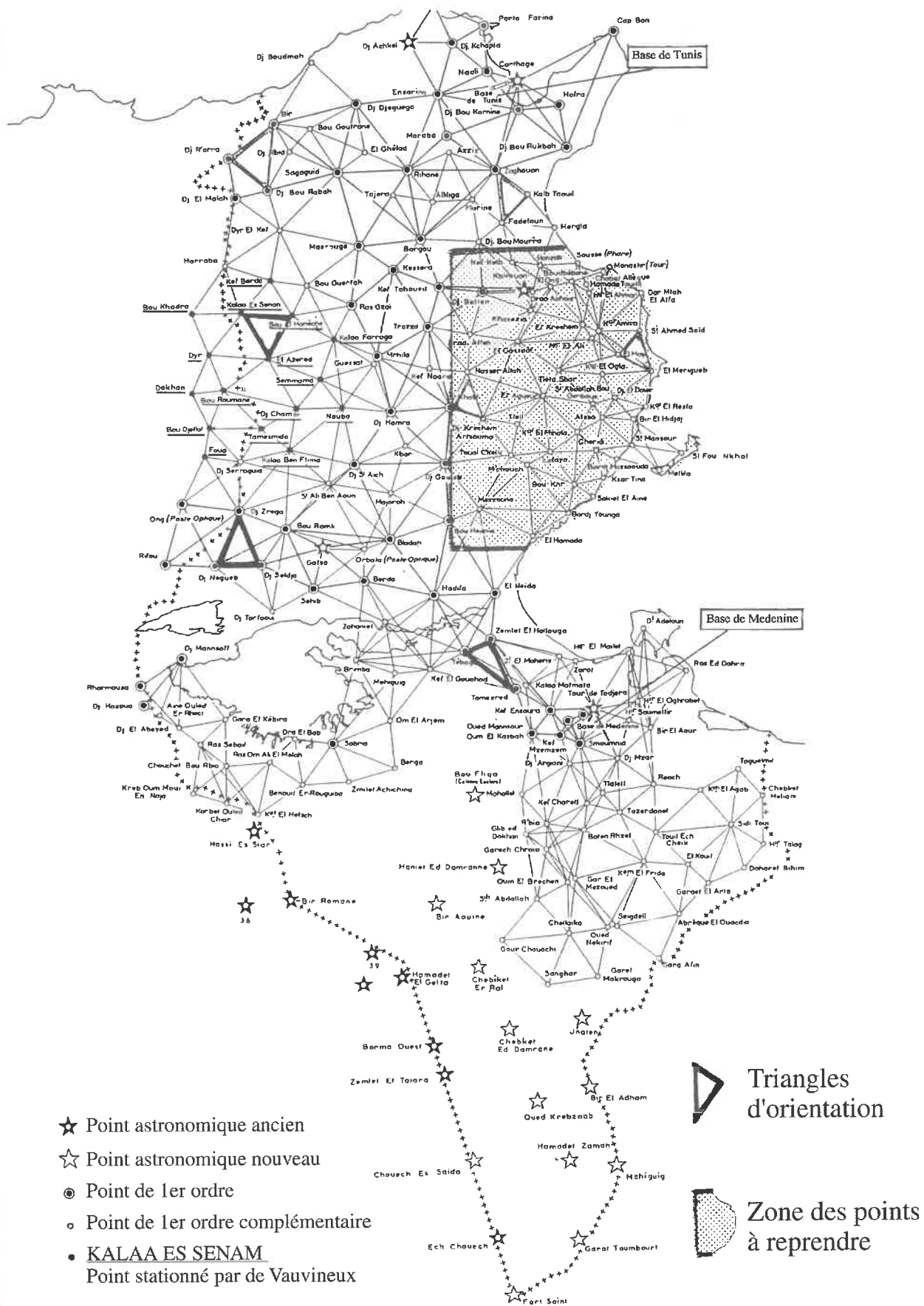


Fig. 3 – La Triangulation de la Tunisie (doc. IGN)

NOTES

- 1- Certains portulans du Moyen Âge dont la carte de Piri-Re'is (1513), donnent cependant une présentation des côtes du continent américain et africain relativement exacte, ce qui laisserait à penser que la détermination des distances maritimes faisait appel à des mesures astronomiques assez poussées.
- 2- Ce qui nous fait dire qu'Eratosthène, qui était un esprit rationnel, a peut-être utilisé les données cadastrales de la vallée du Nil, et non pas comme le veut la légende – ou ses détracteurs – à l'estime du temps de parcourt des caravanes.
- 3- *Gromatici, mensores* : géomètres, arpenteurs, en propre ici géodésiens.
- 4- Davin terminait sa note par : « Il y a lieu de poursuivre ces recherches ». Note sur le cadastre romain du Sud tunisien. Bulletin archéologique du C.T.H.S. 1930-31, p. 689 -699.
- 5- Ces travaux ont été menés par la section Archéologie de l'ASC du CNES, à laquelle s'est associé pour les recherches sur le terrain, le club « Les Amis de Jugurtha » de Kalaat Senam.
- 6- L. R Decramer, R. Hilton (1998). Nouvelles recherches sur la grande centuriation de l'Africa Nova. Cahiers de Métrologie, t. 16, octobre 1998.
- 7- Dans la triangulation moderne de la Tunisie, le point fondamental (datum) est Carthage, la colline de Byrsa station astronomique, tandis que la base a été réalisée plus loin, dans la plaine de Tunis. Les géodésiens Picard, Cassini, La Condamine et Maupertuis ont choisi une base d'arpentage différente du point d'observation astronomique, ce qui est plutôt une règle générale. Cette notion fondamentale entre le lieu où est définie l'orientation de la centuriation – l'observatoire où on « consulte les augures » – et le point où commence l'arpentage – la base – n'est pas encore admise par certains spécialistes des cadastres antiques. On a appelé ici KM et DM les axes cardinaux initiaux et K0 et D0 les axes à l'origine d'arpentage (borne 0,0).
- 8- M. Guy. Les orientations des parcellaires quadrillés. RAN, 26,1993, p. 57-68.
- 9- G. Chouquer, F. Favory. Les arpenteurs romains. Théorie et pratique. Éditions Errance.
- 10- L. R. Decramer. Contribution des techniques spatiales à l'archéométrie. La grande centuriation tunisienne. Actes de l'Université d'été Internationale. Tunis, 12 / 25 Juillet 1998.
- 11- On consultera avec profit les cahiers de l'AFP : Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'Univers dans l'Antiquité de Raymond d'Hollander.
- 12- La somme des angles du triangle sphérique est égale à $180^\circ + T/R \leq \text{où } R \text{ est le rayon terrestre.}$
- 13- Dans la triangulation moderne de la Tunisie, les signaux de premier ordre : la Table de Jugurtha (le point originel de la centuriation), le Bou el Hanèche (l'origine présumée du cadastre selon Davin) et l'El Azered forment un triangle d'orientation, c'est-à-dire que les opérateurs ont contrôlé par visées astronomiques l'orientation des côtés. Sur le même parcourt que les géomètres romains, les géodésiens français ont établi un autre triangle d'orientation à l'est de Gafsa et un troisième au sud du Chott el Fejej, sur le jebel Tebaga. Ces corrélations entre la triangulation moderne et la centuriation ne sont pas fortuites, elles sont dictées par la topographie même du terrain (fig. 3).
- 14- Pour trianguler la Tunisie, les géodésiens français ont arpenté deux bases : la première, la base de Tunis au nord, puis la base de Médénine au sud (fig. 3).
- 15- Les signaux géodésiques stationnés par le capitaine de Vauvineux au cours de cette mission dans le Centre Ouest tunisien sont les suivants (du Sud au Nord.) : Kalaa ben Flima, Tamesmida, Neuba, Dj. Chambi, Semmama, El Azered, Kalaa Forraga, Bou el Hanèche, Kalaa es Senam (Table de Jugurtha), Kef Berda ; et dans l'Est algérien : Foua, Bou Roumane et très probablement Bou Djellal, Doklan, Dyr et Bou Khadra (fig. 3).
- 16- L.R. Decramer, Ch. Ouasli, A. Martin. À propos de la Table de Jugurtha. (Selon le carnet de route d'un officier géodésien en mission dans les confins algéro-tunisiens). À paraître dans Institut des Belles Lettres Arabes, Tunis.

Association Française de Topographie

ADHÉREZ

Pour le contact permanent avec la profession, la prise directe avec la science et la technologie du métier. Pour se situer dans la topographie dont l'universalité est probante. L'une des solutions est d'adhérer à l'AFT.

L'AFT est le lieu géométrique où se rencontrent les grands organismes de la topographie, le cadastre, le service hydrographique, l'IGN... les grandes écoles de la profession, ENSAIS, ENSG, ESGT, ESTP, ENC... les hommes des grandes écoles de la nation, Polytechnique, Centrale...

Et aussi tous les techniciens, ingénieurs, hommes de terrain, qui font, chaque jour, le tissu expérimenté d'un métier dont la vocation de l'AFT est de faire partager par tous l'expérience et le savoir, la solidarité professionnelle.

l'espace du passé

si vous passez par dijon



un petit guide de la fin du XVIII^e siècle

Ce document présente, de manière forcément un peu brève, un petit ouvrage détérré des archives familiales à l'occasion de l'inventaire d'une bibliothèque.

Si je n'en connais pas l'origine, il semble toutefois qu'il accuse un certain caractère d'authenticité...

Il m'a paru toutefois intéressant dans la mesure où il témoigne d'un souci d'utilité et de conseil pratique aux voyageurs (de l'époque...) ainsi que d'un désir certain de précision.

Dans ce sens, il pourrait être comparé aux guides touristiques contemporains, quelle qu'en soit la couleur de couverture. (Des reproductions peuvent être faites à la demande...)

Celui-ci est modestement gris, une soixantaine de pages brochées, et s'intitule « Description Historique et Topographique de la Route de Paris à Dijon par Vitteaux ». Il porte en outre un numéro, N° 51, ce qui semble confirmer qu'il faisait partie d'un ensemble de publication du même type, faisant l'objet de parution par fascicule.

Il est également accompagné d'une carte qui n'est pas et de loin la partie la moins intéressante, tant par sa qualité d'impression que par la richesse des détails.

Elle se déclare « Dernière Feuille de la Route de PARIS à DIJON... Dressée et dessinée sur les Lieux en 1780, par L. DENIS, Géographe, avec privilège du Roy... » Bien sûr.

Son échelle déclarée donne environ 53 millimètres pour 3 lieues de 2000 toises... Plus intéressant, elle est très voi-

sine de celle de la carte Michelin actuelle au 1/200 000. Pour mémoire, feuille 65, Montargis Auxerre Dijon.

À noter que l'ouvrage ne comporte aucune illustration.

Tout au long de l'itinéraire, l'auteur nous signale, en termes bien sûr un peu répétitifs parfois, les villes et hameaux (ham.) traversés, les virages, les ponts et les cours d'eau, les montées et descentes, les châteaux, les croix... On y parle des cultures, des bois et de la vigne, de la nature des roches. On signale les jours de départ des messageries et de la Poste, l'emplacement de quelques auberges.

L'aspect géographique pur n'est pas absent C'est ainsi que l'on nous signale qu'après Sombornon... «... à l'inspection de la vue, on s'aperçoit avec étonnement du point de partage des bassins de la Méditerranée, qui est au levant, et celui de l'Océan, qui est au couchant. Descendant de la grande chaîne primitive, on sort du bassin de l'Océan pour entrer sur celui de la mer Méditerranée, et même l'on peut dire que l'on change de température... ».

La fin de l'ouvrage contient une longue « Description de la Ville de Dijon » de ses ressources, de ses monuments sans oublier encore les horaires et tarifs des diligences et courriers. Mais on ne parle pas du courrier de LYON!

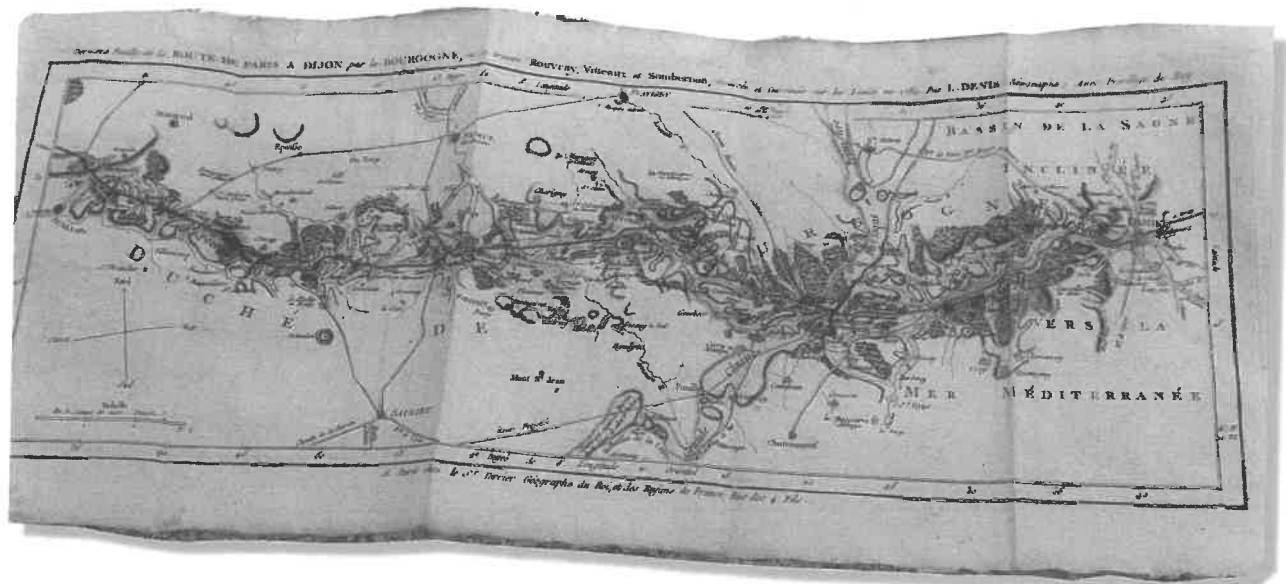
Il n'y manque même pas les coordonnées géographiques. Sans préciser le point...

Longitude, 2 d, 42 m, 23 secondes.

Latitude, 42 d, 19 m, 22 secondes.

À 134 538 toises en ligne directe de Paris.

Dominique Vinot



« Ignorer le passé, c'est aussi raccourcir l'avenir »
(Julien Grenn)

un certain monsieur Tournachon

Jean Clerget – ingénieur E.S.G.T.

Il semble que depuis les années 68 nous assistions à un curieux phénomène où l'on voit les philosophes perdre leurs références, les religieux rejeter dogmes et prophéties et les scientifiques abandonner leurs axiomes pour découvrir le chaos.

L'accélération des moyens de communication et d'information laisse à penser que désormais les lendemains se déclinent à l'imparfait et qu'hier n'est plus reproductible.

Ces positions paraissent diamétralement opposées à celles qui prévalaient au siècle précédent où naissait :

Gaspart, Félix TOURNACHON, le 6 août 1920 à Paris.



Après des études de médecine qu'il abandonna pour le journalisme, ce dernier devint caricaturiste et photographe. Portraitiste reconnu, ami de BAUDELAIRE et d'OFFENBACH, il immortalisa toutes les gloires de son époque de George SAND à Sarah BERNHARDT en passant par Victor HUGO, Alphonse DAUDET et MISTRAL.

Peintre à ses heures, il se lie d'amitié avec DELACROIX, MILLET et DEGAS surtout, qui le traitait affectueusement de faux-jeton et faux-tographe.

Critique d'art avisé, il organise une exposition en 1874 dans son atelier au 35, Boulevard des Capucines. La presse parla alors *"d'un canular, d'un musée des horreurs"*. C'était en fait la première exposition impressionniste !

On sait aujourd'hui que les très célèbres *"Grands Boulevards"* de MANET sont la réplique, par le cadrage, d'une photo prise du même atelier.

En 1859, Félix TOURNACHON exerce donc la profession de photographe dans toute la plénitude de son art, lorsqu'il fait la connaissance des frères GODARD, illustres aéroliers qui l'initient aux techniques de l'Aérostation ; une seconde passion va l'animer.

Photographe et aérolier, tout se conjugait pour que lui vînt, l'année même, l'idée de photographier Paris d'en haut.

Personnage truculent, il s'embarqua ainsi dans le plus simple appareil, dissimulé par le seul rideau noir de sa chambre de prise de vue, afin de ne pas surcharger le ballon captif que manœuvraient les frères GODARD (cf. gravure ci-dessus).

Dès l'année suivante, il est imité par James-Wallace BLACK qui photographie sa ville de Boston à plus de 400 mètres d'altitude.

S'il n'ignorait rien des essais divers relatifs aux relevés de terrain effectués soit par aéronefs, soit par photographie, il voulait, lui, toutefois, associer les deux moyens.

Il connaissait les relevés effectués manuellement par COUTELLE et GUYTON de MORVEAU depuis les montgolifières sous la révolution. Parallèlement, au sol, les

efforts du chirurgien militaire CHEVALLIER pour assembler une planchette topographique à une chambre photographique (qui donna plus tard le tachygoniometre et au début du siècle le photo-théodolite (cf. gravure en fin d'article)) ne lui étaient pas inconnus.

Toutefois, les résultats de ses tentatives périlleuses ne furent pas immédiats et les difficultés furent multiples.

Il fallut tout d'abord équiper la nacelle pour prendre des vues à la verticale (ou presque) et surtout préparer, en altitude, les plaques au collodion. Les premières photographies sont décevantes, car les plaques deviennent rapidement noires. Félix TOURNACHON en découvre fortuitement la cause : c'est l'hydrogène sulfuré qui s'échappe du ballon qui réagit sur l'iodure d'argent des plaques et les voilent... Pour pallier ce phénomène jusqu'alors rédhibitoire, il lui suffit simplement d'interrompre la sortie du gaz pendant la prise de vue. Le résultat est des plus encourageants aussi écrit-il la même année : *"J'ai combiné les moyens particuliers qui me permettent d'employer la photographie pour le levé des plans topographiques et cadastraux et aussi pour diriger les opérations stratégiques, pour le levé des fortifications d'une place, d'une armée en marche"*.

L'idée fait son chemin ; il dépose un brevet pour la Photographie Aérostatique et protège son procédé qui consiste, à bord d'un ballon captif, à tirer tous les quarts d'heures une épreuve photographique négative sur verre qu'il fait parvenir au sol au moyen d'une boîte navigant le long d'une corde. L'épreuve fixée et rendue positive donne, en un instant, les indications précieuses que réclame la tactique militaire (cette idée fut abondamment reprise et exploitée par les armées en présence lors de la *"Grande Guerre"*).

Dans le même esprit, une décennie plus tard, durant le siège de Paris, rien d'étonnant à retrouver Félix TOURNACHON, commandant la compagnie d'aéroliers de la place Saint-Pierre de Montmartre, chargé d'organiser le service postal par ballons et pigeons avec l'assistance

bienveillante de Georges CLEMENCEAU, alors Maire de Montmartre.

Enfin, archétype du chercheur touche-à-tout, (ils étaient légion en cette fin du 19^e), il résulte pour l'essentiel qu'il fut un fabuleux précurseur :

- Précurseur en instituant le photo-reportage bâti sur des instantanés montrant des personnages pris sur le vif.

- Précurseur et mécène en assistant techniquement et pécuniairement les premiers impressionnistes.

- Précurseur en utilisant le premier la lumière artificielle pour photographier ses modèles d'abord, puis les catacombes et les fonds marins.

- Précurseur de l'aéropostale dont le goût pour les belles lettres nous fait penser inévitablement à Saint-Exupéry.

- Précurseur même des "tours opérateurs" en construisant en 1863 un énorme ballon dirigeable de 40 mètres de haut composé de 7 000 mètres de soie avec une nacelle de 2 étages équipée d'un lit, lavabo, chambre à développer qui pouvait embarquer plus de 40 passagers.

Enfin, et surtout, précurseur en tant que premier des photographes volants.

Pourtant, ce génie reconnu, gloire d'un jour, ne devait pas demeurer illustre.

Preuve en est cet article paru dans l'ILLUSTRATION d'octobre 1897 sous la plume d'un certain Jules CHANCEL intitulé, à la rubrique "LES OUBLIÉS" : NADAR autrefois.

Car NADAR, j'ai omis de vous l'indiquer était la contraction déformée de TOURNACHON que ses amis de bohème (de galère dirions-nous aujourd'hui) surnommaient TOURNADAR.

C'est sous ce pseudonyme qu'il signait ses articles, romans, nouvelles et photographies, intitulant même ainsi son atelier du boulevard des Capucines puis son laboratoire marseillais.

NADAR figure à la société d'encouragement pour la locomotion aérienne au côté de Jules VERNE qui le prit pour modèle. Le nom du héros de "LA TERRE à la LUNE" ARDAN est l'anagramme de NADAR et les illustrations de l'édition HETZEL vont jusqu'à reproduire fidèlement sa stature et son visage.

Mais comme aimait à conclure Rudyard KIPLING, c'était là une autre histoire, c'était au temps des certitudes, c'était au temps où la fiction ne dépassait pas la réalité des proches lendemains, c'était au temps où naissait la photogrammétrie aérienne dont un certain Gaspart, Félix TOURNACHON dit NADAR semble bien être le génial initiateur.





Géomètres Sans Frontières

De l'ancêtre du géomètre ou de celui du marin, nul ne sait qui a commencé par utiliser cette expression maintenant reprise par tous...

Particulièrement bien adaptée à ceux qui vivent nos activités de mesure, nous nous devons spécialement, à Géomètres Sans Frontières, de la reprendre aujourd'hui, alors que vient de se tenir notre assemblée générale annuelle.

L'évolution des techniques nous interpelle et remet en cause nos schémas de travail dont nous ne nous débarrassons qu'avec peine, anesthésiés par la force de l'habitude, quand les cheveux blanchissent, ou par la crainte du saut en avant lorsque les bancs de l'école sont encore chauds des fonds de culotte que les plus jeunes d'entre nous y ont usés.

Alors au réveil des jours de fête de fin et de début d'année, tâchons d'ouvrir un œil lucide sur notre environnement professionnel, sur nos motivations qui nous ont poussés à créer G.S.F. et sur nos souhaits pour l'avenir.

Lorsque, les matériels ayant radicalement changé en facilité d'utilisation et en qualité, le professionnel devient presse bouton il perd sa raison d'être s'il n'est pas capable de dépasser sa fonction première, de la même façon qu'il donne moins à son frère lointain et désavantagé s'il va "presser le bouton" à sa place au lieu, simplement, de lui prêter le matériel.

Nous constatons ainsi chaque mois que diverses ONG utilisent la topographie et la pratiquent elles-mêmes sans jamais nous demander le moindre conseil et sans, apparemment, trop de problème... bien que dans le domaine du bénévolat les loupés soient vite moralement effacés par le côté "gratuit" des prestations fournies.

Nous devons donc, hommes d'un art qui se démocratise en apparence, apprendre à travailler en équipes pluridisciplinaires ou en osmose avec d'autres professionnels, et ceci vaut encore plus dans le cadre de travaux bénévoles afin que la responsabilité de ceux-ci ne retombe jamais sur ceux qui ont donné de leur temps ou de leur argent.

L'avenir peut ainsi pour notre association se trouver balisé entre d'une part la nécessité de ne pas empiéter

faire le point

François Bodin
géomètre-expert
(président de GSF)

sur le domaine professionnel commercial et d'autre part le cœur de garder de la disponibilité auprès d'autres intervenants, membres d'ONG du Nord ou du Sud ou acteurs locaux du développement.

Il est enfin un point de la charte de Géomètres Sans Frontières que nous n'avons pas encore mis en avant, qui me semble porteur de tous les espoirs dans les relations Nord-Sud et qui nous demande ce que d'autres ont exprimé en évoquant la nécessité de créer des "passerelles d'amitié" : **"se mettre à l'écoute des modes de vie et des pratiques locales afin d'adapter nos techniques aux besoins et objectifs d'aménagement"** (point VI de la charte).

La technique devenant plus secondaire, sous réserve d'en maîtriser tous les ressorts, nous pensons que Géomètres Sans Frontières remplirait pleinement sa mission en aidant à des échanges d'étudiants ou jeunes professionnels, la connaissance réciproque permettant seule de "construire ensemble".

Il y a quelques années, au tout début de l'informatisation de la topographie, un opérateur géomètre d'un pays en développement avait été envoyé en formation à Paris; lors de son retour parmi nous, il nous raconta son voyage et ses impressions et là où nous attendions des cris d'admiration sur l'évolution technique (*les tables traçantes venaient seulement d'apparaître...*) il ne vit rien de si extraordinaire, par contre les trapézistes du cirque Bouglione lui avaient laissé un souvenir d'éblouissement particulièrement fort.

Comme lui, gardons ouverts notre potentiel d'émerveillement et de surprise joyeuse; bien sûr le théodolite ou le niveau auront toujours leur place dans nos voyages, mais peut-être plus comme un cadeau pour enrichir une amitié naissante que comme le symbole d'un savoir technique qui risque d'être dominateur dans nos mains et sans réel intérêt au cœur de ceux que nous pouvons croiser sur nos chemins sans frontières...

Nous nous devons d'être plus que jamais prêts à répondre aux jeunes qui ont des projets d'échange comme à tous nos amis lointains qui, de temps en temps, font appel à notre assistance technique.

(Tél. 02 48 65 30 09 - Fax 02 48 65 05 19)

AVANT PROPOS

L'utilisation croissante de GPS dans les travaux de topographie ne doit pas faire oublier que ce merveilleux moyen ne remplacera jamais totalement les moyens traditionnels. Au contraire, il faut se préparer à utiliser tous les moyens mis à notre disposition, et mélanger les mesures des uns avec celles des autres.

En particulier, on pense au mélange des mesures GPS avec les mesures traditionnelles de triangulation, pour, par exemple, densifier le réseau des points déjà déterminés.

Il se trouve que les points de base déterminés par GPS sont exclusivement des points stationnables, et qu'on a l'habitude de se servir de points non stationnables tels que des clochers, des réservoirs d'eau potable, des antennes diverses, tous situés sur des points élevés sur lesquels on peut lancer des visées de relèvement pour exécuter des travaux de détail. En outre de leur évidente utilité, les points non stationnables sont très peu coûteux à observer et leur matérialisation et leur balisage sont, évidemment, gratuits.

Il est non moins évident qu'il est plus simple, et moins coûteux, à précision égale, de faire un relèvement sur des points élevés que de faire une paire de stations GPS (station de base connue et station inconnue).

INTRODUCTION

Cet état de chose pose un problème qui est celui des référentiels dans lesquels on est amenés à "mélanger" les résultats. Le référentiel de calcul de GPS est, en dehors de toute transformation, un système géocentrique tri rectangulaire, donc "3D"; alors que les référentiels habituels de la topographie sont les coordonnées planes ("2D") des projections nationales, auxquelles on ajoute l'altitude au-dessus du géoïde, soit "2D + 1", ce sont des représentations de mesures faites sur le géoïde, appliquées sur un ellipsoïde particulier qui caricature ce géoïde en lui étant localement tangent, sans pour cela avoir le même barycentre que lui, tant s'en faut d'ailleurs, pour l'ellipsoïde de Clarke!

Le "mélange" des mesures spatiales et terrestres ne peut se faire que si on transforme un des systèmes dans l'autre. Or, cela ne peut se réaliser sans dommage pour au moins l'un des deux types de mesures. En général, on transforme les résultats GPS dans le système de projection national, cela n'est pas facile, c'est parfois contestable, ou imprécis.

Pour l'instant, et en attendant la mise en place du nouveau système de coordonnées utilisant le même ellipsoïde de référence que celui de GPS, il est très rare que les origines des systèmes nationaux 3D et du système international WGS 84 coïncident, les sept paramètres

des transformations sont, en raison de la faible surface relative des territoires nationaux par rapport à celle du globe dans son entier, très imprécis et très corrélés, pour cela on réduit les sept paramètres à trois ou quatre, mais lesquels privilégier, alors que les résultats sont différents selon ceux qu'on a retenus?

Avec le nouveau système de coordonnées, les référentiels spatiaux et terrestres étant les mêmes, ces problèmes ne se poseront plus, mais il reste celui des transformations dans la projection LAMBERT 93 qui imposera des déformations d'échelle très importantes à ses limites extrêmes. Il restera, aussi, l'utilisation de points situés en dehors des frontières qui auront toutes les chances d'être connus dans le référentiel mondial, ou un référentiel très proche. On note, en effet, des efforts importants et concordants de GPS et des systèmes nationaux pour se rapprocher d'ITRF.

L'idée qu'on veut développer, et qui tend à s'imposer d'elle-même, est de calculer les deux catégories de mesures dans un système réellement commun, à savoir les coordonnées géocentriques 3D sur l'ellipsoïde international WGS 84, en conservant, avant de faire mieux, les méthodes héritées de la topographie ou de la topométrie, en bref les calculs se feraient, et commencent à se faire déjà en X, Y, et Z géocentriques, même pour les mesures traditionnelles.

On peut se demander pourquoi ?

Remarquons, tout d'abord, que dans la période transitoire pendant laquelle la nouvelle projection Lambert 93 s'imposera, nous aurons quatre systèmes de coordonnées :

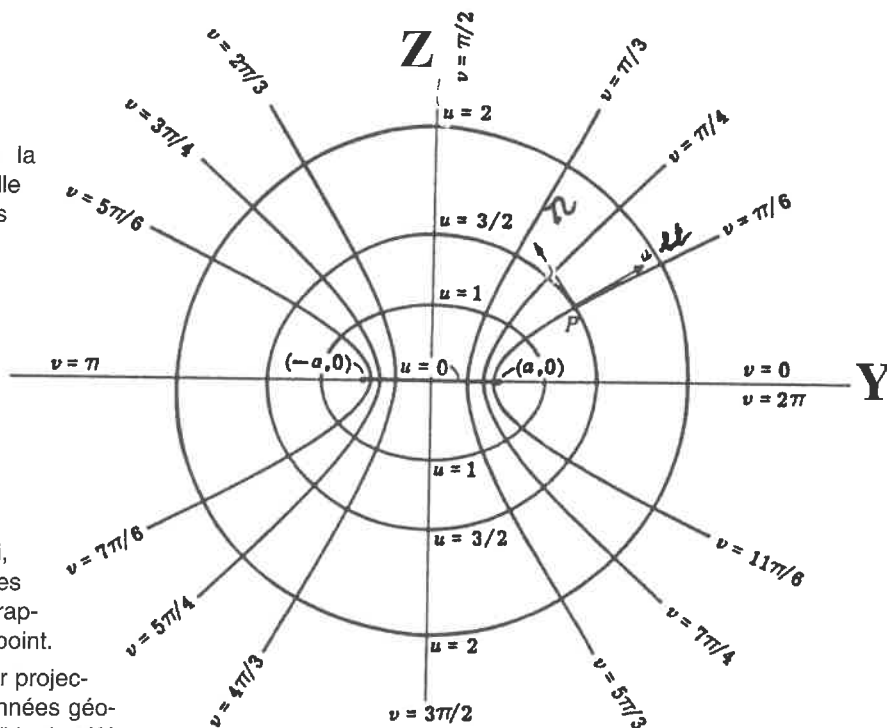
1. Les coordonnées géocentriques de GRS 80 X, Y, Z.
2. Les coordonnées géographiques, directement calculées à partir des précédentes, λ et φ Longitude et latitude sur l'ellipsoïde GRS 80 différentes, non seulement des Longitudes et Latitudes (λ_{NTF} et φ_{NTF}) calculées sur l'ellipsoïde de Clarke, base de la NTF, mais très légèrement différentes, aussi, des coordonnées géographiques tirées d'observations astronomiques Λ et Φ rapportées à la normale au géoïde en ce point.
3. Les coordonnées Lambert 93 x et y par projection conforme sur un cône des coordonnées géographiques (λ , φ) ci-dessus sur l'ellipsoïde de référence GRS 80.
4. Les coordonnées Lambert I, II, III, ou IV par projection conforme sur un des quatre cônes des coordonnées géographiques (λ_{NTF} et φ_{NTF}) sur l'ellipsoïde de Clarke.

On constate que si on veut calculer les points de densification déterminés par les opérations de la triangulation secondaire (Cheminements, intersections, relèvements, etc.) avec les avantages de la géométrie plane, il faudra bien choisir un de ces quatre systèmes de référence. On élimine d'emblée le dernier (en quatre individus) qui ne présente que des inconvénients. Il reste :

1. Faire les calculs de densification en coordonnées géocentriques de GRS 80 X, Y, Z, c'est-à-dire en 3D, c'est possible.
2. Faire les calculs de densification en coordonnées géographiques, directement en λ et φ Longitude et latitude sur l'ellipsoïde GRS 80, c'est ce qui s'est fait depuis fort longtemps en géodésie, mais qui n'était pas de pratique courante chez les topographes, mais qui pourrait le devenir en raison de la facilité qu'on a maintenant de faire ces sortes de calculs. On notera que cela imposera de toutes les façons d'en déduire les coordonnées géocentriques du 1° par le calcul.

Les auteurs tenants de cette méthode proposent même de faire les calculs de GPS dans ce seul référentiel, et de ne pas tenir compte du précédent, en décomposant les vecteurs GPS en longueurs et en angles qui seront réduits à l'ellipsoïde, pour revenir à des calculs de géodésie classique.

3. Faire les calculs de densification directement en coordonnées Lambert 93, ce qui donnerait l'avantage de faire les calculs en coordonnées planes, même si cet avantage serait un peu diminué du fait que les géodésiques ne sont pas des droites en projection conforme¹. En outre, il faudra par des calculs inverses, recalculer les coordonnées géographiques, puis les coordonnées géocentriques.



Il se trouve que le passage des coordonnées 1 aux coordonnées 2 se fait en projetant orthogonalement le point connu en X, Y, Z sur l'ellipsoïde de référence, les moyens de calcul utilisés sont très nombreux. M. C. Boucher [1] les avait recensés en 1980, M. Duquesne en avait complété la liste en 1988 [2], on a noté de multiples contributions depuis. Or, cette projection ne tiens aucun compte du fait que la verticale est certes perpendiculaire au géoïde, mais que ce n'est pas une droite, sur l'ellipsoïde aussi les normales aux équipotentielle sont courbes, ce sont des arcs d'hyperboles : Figure 1, selon certains auteurs qui voudraient continuer de faire tous les calculs sur l'ellipsoïde (Solution 2, ci-dessus) ce serait la seule solution pour « intégrer » correctement l'ancienne NTF. Leurs remarques sont sans doute fondées, mais c'est finalement c'est la solution 1 qui prévaut, donc les calculs des points complémentaires se font de plus en plus dans le système de calcul de GPS, pour éviter les imprécisions et les erreurs résultant de transformations d'un système dans l'autre.

LES CALCULS TOPOMÉTRIQUES EN 3D

Polygonale

On connaît les calculs d'excentrement de point GPS, ils sont enseignés à l'IGN à ceux qui suivent les cours de cette spécialité, les Écoles d'Ingénieurs ont dû se mettre à la page. Les calculs d'une polygonale ne sont rien d'autre que des excentrements successifs, en tenant bien compte du fait que les calculs mettent en œuvre des Azimuts et non des gisements, à chaque nouvelle station il faut recalculer l'azimut inverse pour calculer le Go de la nouvelle station. Toutefois, il n'y a que des inconvénients à compliquer les choses il est beaucoup plus simple de transformer les visées en vecteurs unitaires, on se reportera à la figure 2. Soit le système géocentrique de GRS 80 X, Y, Z cette dernière coordonnée étant verticale sur la figure, soit les coordonnées locales au point P, n, vers le nord rejoignant l'axe Z ; u (pour up), en direction de la ver-

¹ - Les géodésiques étant, sur de courtes distances et en 3D, presque des cercles, ce sont donc, aussi, presque des cercles en projection conforme.

ticale du point P, et e pour est formant un trièdre direct avec les deux coordonnées précédentes. Pour passer des coordonnées X, Y, Z à e, n, u, on doit faire une rotation autour de Z de $\frac{\pi}{2} + \lambda$ dans le sens négatif pour que e soit parallèle à X.

On doit ensuite tourner autour de l'axe e de $\frac{\pi}{2} - \varphi$ dans le sens négatif pour amener u à être parallèle à Z. La matrice de rotation R, produit des deux matrices précédentes R(e). R(Z), permet de passer de coordonnées locales aux coordonnées générales. Son inverse, qui est sa transposée, permet de faire les transformations inverses, le vecteur directeur v d'une visée est en coordonnées locales du point p :

$$v = \begin{pmatrix} \sin(Az) \cdot \sin(Z) \\ \cos(Az) \cdot \sin(Z) \\ \cos(Z) \end{pmatrix}$$

Az azimuth de la visée, Z distance zénithale de la visée, d distance inclinée. On peut appliquer à ce vecteur v la rotation R pour faire le calcul en coordonnées générales :

$$\Delta X = R \cdot v \cdot d, \quad \Delta X = (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)^T$$

$$(3.1) = (3.3) \cdot (1)$$

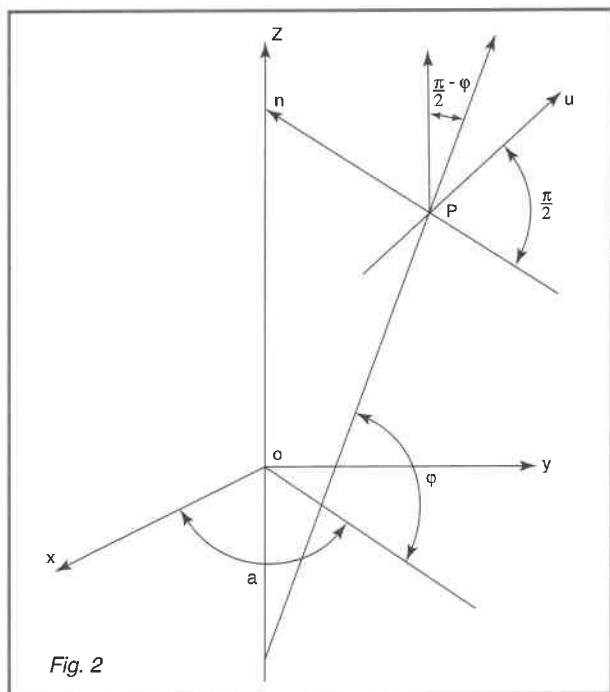


Fig. 2

Le calcul de Azo

Afin de calculer l'azimut inverse, nécessaire pour connaître Azo et orienter le côté suivant, on procède de la manière suivante :

On transforme les différences de coordonnées : $-\Delta X$, $-\Delta Y$, et $-\Delta Z$ du système général en coordonnées locales du nouveau point (indice ') qui vient d'être calculé, on transforme ensuite ces coordonnées locales e', n', u'en un vecteur unitaire local de la visée inverse v' :

d'où $Az_0 = Az'$ - l'si l'est la visée inverse.

L'intersection

On a donné dans ces lignes [3], après bien d'autres sans doute, la formule applicable à l'intersection 3D, on a une bonne occasion de l'appliquer ci-dessous.

Notons d'abord qu'il faut préalablement transformer les vecteurs issus des deux points d'où partent les visées, Ceci aura l'avantage accessoire de tenir compte du fait que les deux verticales aux deux stations ne sont pas parallèles, certes il s'en faut souvent de peu, mais il est plus rigoureux de faire ainsi. On remarque aussi, que ces calculs impliquent qu'on ait calculé les coordonnées géographiques des deux stations 1 et 2.

$$\begin{aligned} \bar{V}_1 &= R_1 \cdot \bar{v}_1, R_1 = f(\lambda_1, \varphi_1), \\ \bar{V}_2 &= R_2 \cdot \bar{v}_2, R_2 = f(\lambda_2, \varphi_2), \\ R &= \begin{pmatrix} -\sin(\lambda) & -\cos(\lambda) \cdot \sin(\varphi) & \cos(\lambda) \cdot \cos(\varphi) \\ \cos(\lambda) & \sin(\lambda) \cdot \sin(\varphi) & \sin(\lambda) \cdot \cos(\varphi) \\ 0 & \cos(\varphi) & \sin(\varphi) \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Connaissant ces deux vecteurs le calcul est le suivant :

$$\rho_{1P} = \frac{\bar{1} \cdot \bar{2} \cdot \bar{V}_1 - p \cdot \bar{1} \cdot \bar{2} \cdot \bar{V}_2}{1 - p_2} \quad \text{Avec } p = \bar{V}_1 \cdot \bar{V}_2 = \cos(A)$$

$$\rho_{1P} = \frac{\bar{1} \cdot \bar{2} \cdot \bar{V}_2 - p \cdot \bar{1} \cdot \bar{2} \cdot \bar{V}_1}{p_2 - 1}$$

$\bar{1} \cdot \bar{2}$ est le vecteur de la base, A l'angle au sommet inconnu, le résultat est ρ_{1P} qui est la longueur du point i connu au point P inconnu. On calcule les coordonnées géocentriques à partir des deux points connus et on fait la moyenne arithmétique.

Le relèvement

On cherche à calculer un relèvement à partir des coordonnées géocentriques XYZ de trois points connus dans ce système.

Les photogrammètres, qui ont depuis longtemps étudié le problème, nous apprennent qu'il n'y a pas de solution directe, car les expressions ne sont pas linéaires. Il faut donc procéder par approximations successives.

Guidé par une démonstration très claire de Monsieur HARMEL, ingénieur au SGN de l'IGN, on en est venu à une solution approchée fort simple :

On utilise la formule barycentrique dans un plan défini par les trois points sur lesquels on se relève, mais en ajoutant la troisième coordonnée Z, qui est traitée comme les deux autres, les coefficients de pondération restant les mêmes pour les trois coordonnées, la solution se trouve dans ce plan qui est différent de l'horizontale des mesures, mais de très peu si les visées sont assez courtes.

Cette solution, qu'on pourrait croire fantaisiste, donne des résultats excellents dans les cas courants. C'est assez normal car on calcule un barycentre qui reste le même que le plan soit incliné ou horizontal.

On peut affiner la solution en utilisant les distances zénithales si elles ont été mesurées.

Pour vérifier si ces résultats étaient pertinents, on a traduit les coordonnées géocentriques en latitude et longitude, la hauteur ne n'ayant alors aucune signification.

On a pu vérifier la validité ces résultats par une méthode rigoureuse sphérique tirée de la solution apportée jadis par Pothenod au problème du relèvement plan, la transposition est très facile.

Cette méthode qui n'est qu'approchée impose une compensation de toutes les façons inévitable dans tous les cas, même s'il n'y a pas de mesures redondantes. Voir à la fin du paragraphe suivant

COMPENSATIONS

On ne vient de traiter que le problème du calcul des points approchés. Les compensations peuvent aussi être considérées comme des problèmes classiques. On empruntera à [4] les formules linéarisées des moindres carrés : On a neuf inconnues modifiées par une visée horizontale :

$x = [\delta x_1, \delta y_1, \delta z_1, \delta \varphi_1, \delta \lambda_1, \delta x_2, \delta y_2, \delta z_2, \delta Az_1]^T$ où δx , δy , et δz sont les corrections à apporter aux coordonnées approchées **géocentriques** X_0, Y_0, Z_0 du point placé en indice, de même $\delta \varphi$, et $\delta \lambda$ sont les corrections à apporter aux coordonnées **géographiques** approchées des points notés en indice, ce sont les coordonnées géographiques de la station d'où est issue la visée, enfin δAz_1 est la correction à apporter à Az_0 approché de la station indiquée 1.

Les équations d'observations linéarisées sont :

A. $x = l_m + Az_{0m} - l_c - Az_{0c}$ avec A gradient de la relation d'observation, l : lecture de l'angle horizontal, et Az_0 Azimut du zéro du limbe **approché**, les indices m indiquent que c'est la valeur mesurée et c la valeur calculée d'après les coordonnées approchées $l_c + Az_{0c}$, représente l'azimut **calculé** de la visée d'après les valeurs approchées connues, lorsque $l_m + Az_0 - l_c - Az_c \approx 0$ on cesse les itérations, de ce côté rien de nouveau.

Pour une visée zénithale les corrections ne portent, bien entendu, que sur les huit premières inconnues citées, δAz disparaît de la liste des inconnues. Enfin, pour une mesure de distance inclinée les inconnues sont celles qui corrigent les coordonnées **géocentriques seulement**, elles ne sont donc plus que six. On voit donc qu'on ne peut réellement pas isoler totalement les coordonnées géocentriques des coordonnées géographiques qui définissent les verticales des stations, mais ceci ne paraît pas être un point crucial.

Cas particulier du relèvement

On a bien souligné que le calcul direct du relèvement n'était pas possible, en dehors d'approximations successives ; les calculs sont les mêmes que ceux des compensations, même si les mesures ne sont pas redondantes : Un point relevé en 3D a six inconnues :

$x = [\delta x, \delta y, \delta z, \delta \lambda, \delta \varphi, \delta Az]^T$, c'est-à-dire dans l'ordre : les trois coordonnées 3D géocentriques, puis les deux coordonnées géographiques, enfin le Az_0 . Le gradient A est alors :

$$\frac{\sin(\lambda) \cdot \cos(Az_{ij}) - \sin(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \cdot \sin(Az_{ij})}{d \cdot \sin(Z_{ij})}$$

$$\frac{-\cos(\lambda) \cdot \cos(Az_{ij}) - \sin(\varphi) \cdot \sin(\lambda) \cdot \sin(Az_{ij})}{d \cdot \sin(Z_{ij})}$$

avec

$$\frac{\cos(\varphi) \cdot \sin(Az_{ij})}{d \cdot \sin(Z_{ij})},$$

$$\sin(\varphi) - \cos(\varphi) \cdot \cot g(Z_{ij}), \cot g(Z_{ij}) \cdot \sin(Az_{ij}), -1$$

Az_{ij} azimut de i vers j, de même, Z_{ij} distance zénithale de i vers j, les coordonnées géographiques approchées λ et φ sont celles de la station, d est la distance inclinée approchée.

On remarquera que si on n'a fait des visées que sur trois points connus en mesurant les trois angles horizontaux et les trois distances zénithales on ne dispose que de six équations d'observation pour déterminer six inconnues, le système n'est par conséquent pas surabondant, enfin que les coordonnées géographiques et les coordonnées géocentriques sont très corrélées.

Les relations linéaires pour les visées zénithales sont les mêmes, sauf pour le coefficient de Az_0 qui est, évidemment, nul. On ne la répétera donc pas. Enfin, tout le monde aura noté que les coefficients d'une visée d'intersection comportent trois termes supplémentaires avant le dernier qui sont égaux aux trois premiers mais changés de signe.

CONCLUSIONS

On conclura en posant une question : Pouvons-nous ignorer ce mouvement, qui ne se réduit pas à l'hexagone, pour conserver des habitudes qui ne sont que des archaïsmes ? Les calculs un peu compliqués, et ceux qu'on a présentés le sont-ils vraiment, ne sont pas des problèmes actuellement où beaucoup de praticiens se fient aveuglément à des logiciels tout faits, il suffira pour eux d'en changer.

Les avantages sont évidents : quelles que soient les longueurs des visées aucune correction de dv n'est à calculer, les mesures de longueurs ne sont pas altérées par des corrections d'échelle dues à la projection. En outre, il n'est pas innocent de prendre enfin conscience que la terre est un sphéroïde, enfin le travail dans les pays neufs, ou dans ceux qui n'ont pas entretenu leurs réseaux géodésiques, sera facilité et conduit de façon uniforme, alors qu'actuellement l'arbitraire le plus total règne. Ceux qui ont eu à utiliser des réseaux géodésiques faits par d'anciennes puissances coloniales ou par des prospecteurs, dont on ne connaissait ni le référentiel géodésique ni la projection, perdus dans les désordres des indépendances ou simplement inconnus, nous comprendront aisément.

RÉFÉRENCES

[1] C. Boucher : Transformations entre coordonnées cartésiennes tridimensionnelles et les coordonnées géographiques ellipsoïdales. Étude des Algorithmes – Notes techniques n° 8 et 9 : IGN mars 1980.

[2] H. Duquesne : Coordonnées et systèmes géodésiques en usage en France : ENSGCPR d'astronomie et de géodésie : mars 1988.

[3] C. Million : L'intersection 3D : X Y Z n° 72 -1997-3.

[4] G. Strang & K. Borre : Linear Algebra, Geodesy, and GPS : Wellesley-Cambridge Press 1997.

e-mail : claudemillion@wanadoo. fr

NDLR : le logiciel d'essai est disponible chez l'auteur

opération simple et rapide

M. Elayaci
enseignant-chercheur
Institut
Agronomique et
Vétérinaire
Hassan II
Rabat-Instituts

Le gisement G d'une direction AB est l'orientation de cette direction par rapport à un méridien autre que celui qui passe par l'origine de la ligne (AB), la différence entre l'azimut et le gisement de cette direction définit ce qu'on appelle la convergence des méridiens.

En projection LAMBERT, le gisement est donné en fonction de l'azimut et de la convergence des méridiens en un point par :

$$G_{ab} = A_{zab} - \gamma, \text{ à l'EST du méridien origine}$$

$$G_{ab} = A_{zab} + \gamma, \text{ à l'OUEST du méridien origine.}$$

La convergence des méridiens (γ) est obtenue par ($\gamma = (\lambda - \lambda_0) \sin(\varphi_0)$) avec (λ) Longitude du point et (φ_0) la Latitude du parallèle origine. Le gisement G_{ab} peut être aussi calculé lorsqu'on dispose des coordonnées LAMBERT des points (A) et (B) de la direction (AB), en fonction de l'angle (α) défini par : $\alpha = \text{atan}(\Delta X / \Delta Y)$ avec $\Delta X = X_b - X_a$ et $\Delta Y = Y_b - Y_a$, ($\text{atan} = \text{arc-tangente}$).

La valeur de G_{ab} est obtenue en tenant compte des signes de ΔX et ΔY , quatre cas sont alors illustrés :

1. $\Delta X > 0$ et $\Delta Y > 0$: $G_{ab} = \alpha$
2. $\Delta X > 0$ et $\Delta Y < 0$: $G_{ab} = \alpha + 200$
3. $\Delta X < 0$ et $\Delta Y < 0$: $G_{ab} = \alpha + 200$
4. $\Delta X < 0$ et $\Delta Y > 0$: $G_{ab} = \alpha + 400$

Ces quatre cas peuvent être simplifiés en deux grands cas :

- si $\Delta Y < 0$ alors quelque soit ΔX on a $G_{ab} = \alpha + 200$
- si $\Delta Y > 0$ alors si $\Delta X > 0$: $G_{ab} = \alpha$
sinon : $G_{ab} = \alpha + 400$

D'une façon encore plus simplifiée, le gisement d'une direction peut être déterminé sans énumérer ni les quatre cas ni les deux grands cas. Ceci peut être donné par la formule suivante :

$$G_{ab} = \alpha + 200 - 100 * [\text{abs}(\Delta X) / \Delta X] * [1 + \text{abs}(\Delta Y) / \Delta Y]$$

abs indique la valeur absolue

Soit :

$$R = \text{abs}(\Delta X) / \Delta X, S = 1 + \text{abs}(\Delta Y) / \Delta Y$$

et $T = 200 - 100 * R * S$: donc $G_{ab} = \alpha + T$

Vérification :

On considère les quatre cas déjà illustrés, on peut s'assurer de la validité de la formule ainsi présentée :

1. si $\Delta X > 0$ et $\Delta Y > 0$ alors : $\text{abs}(\Delta X) = \Delta X$
et $\text{abs}(\Delta Y) = \Delta Y$ donc $R = 1, S = 2$ et $T = 0$,
 $G_{ab} = \alpha$
2. $\Delta X > 0$ et $\Delta Y < 0$ alors : $\text{abs}(\Delta X) = \Delta X$
et $\text{abs}(\Delta Y) = -\Delta Y$ donc $R = 1, S = 0$ et $T = 0$,
 $G_{ab} = \alpha + 200$
3. $\Delta X < 0$ et $\Delta Y < 0$ alors : $\text{abs}(\Delta X) = -\Delta X$
et $\text{abs}(\Delta Y) = -\Delta Y$ donc $R = -1, S = 0$ et $T = 0$,
 $G_{ab} = \alpha + 200$
4. $\Delta X < 0$ et $\Delta Y > 0$ alors : $\text{abs}(\Delta X) = -\Delta X$
et $\text{abs}(\Delta Y) = \Delta Y$ donc $R = -1, S = 2$ et $T = 400$,
 $G_{ab} = \alpha + 400$

L'utilité de cette méthode est qu'elle permet alors de simplifier le calcul d'un gisement par un programme informatique. Le temps de traitement des différents cas par le microprocesseur est réduit en utilisant cette modeste formule : simple mais aussi intéressante voire évidente.

N.D.L.R. : Certains langages informatiques ont déjà prévu le cas traité ci-dessus notamment l'instruction : $\text{Atan2}(Y, X)$ qui a la même action sur les données, toutefois les angles étant comptés dans le sens trigonométrique il faut l'utiliser, pour avoir des gisements en écrivant $\text{angle} = \text{Atan2}(X, Y)$, en permutant X et Y et ajouter une instruction :

Si ($\text{angle} < 0$) alors $\text{angle} = \text{angle} + 2.\pi$ ou $\text{angle} + 400$ grades.

L'ART-LES LIVRES

Jack Biquand

■ Manuel de photogrammétrie (Karl Kraus, Peter Waldhäusl, traduction de Pierre Grussenmeyer et Olivier Reis)

Depuis plus de dix ans, la filière topographie de l'ENSAIS entretient d'étroites relations avec l'Institut de Photogrammétrie et de Télédétection de l'Université Technique de Vienne, dans le cadre de programmes européens d'échanges d'étudiants et de travaux de recherche. Cette édition française s'inscrit dans le cadre de cette coopération.

Cet ouvrage qui est traduit en sept langues est utilisé pour l'enseignement et la recherche appliquée en photogrammétrie dans de nombreuses écoles et universités dans le monde. En France, très peu d'ouvrages ont été consacrés à cette discipline, le dernier a été publié en 1972 aux Éditions Eyrolles, il était l'œuvre de Henri Bonneval, un ingénieur géographe de l'IGN, professeur à l'ENSG et au CNAM.

Dans l'avant propos, Pierre Grussenmeyer et Olivier Reis définissent les buts que les auteurs se sont assignés :

Ce livre s'adresse à l'étudiant ayant des connaissances de base en mathématiques (BTS, DUT, DEUG ou équivalent), à l'ingénieur, à l'enseignant, au chercheur et aux professionnels de l'information géographique et de la mesure en trois dimensions. L'ouvrage contient plus de 200 illustrations, des exemples numériques, des exercices, et des références bibliographiques tout au long de l'exposé.

La première partie du volume est consacrée aux principes mathématiques de la photogrammétrie, précisant les relations fondamentales utilisées dans la suite du manuel. Le chapitre suivant présente les techniques photographiques importantes pour la mise en œuvre des chambres photogrammétriques aériennes et terrestres. Les différentes méthodes d'orientation d'un couple de prises de vue sont ensuite détaillées dans un chapitre intitulé stéréorestitution. Un inventaire des différents systèmes de stéréophotogrammétrie permet de comprendre l'évolution des techniques depuis le début du siècle.

Dans le chapitre consacré à la triangulation photogrammétrique et aux calculs d'aérottriangulation, les méthodes des modèles indépendants et des faisceaux sont développées. Pour la présentation des techniques d'orthophotographie, les auteurs présentent essentiellement les méthodes assistées par ordinateur et les méthodes numériques. Le dernier chapitre est consacré à la photogrammétrie numérique et aux méthodes de traitement d'image mises en œuvre dans les logiciels depuis quelques années. Cette partie constitue la suite logique des cha-

pitres précédents et présente les caractéristiques des systèmes numériques actuellement en plein développement.

(Hermès – 8 quai du Marché Neuf – 75004 Paris
Tél. 01 53 10 15 20 – <http://www.editions-hermes.fr>
416 pages – 390 F)

■ Dictionnaire technique multilingue (volume 6 – Topographie)

Ce dictionnaire réunit les termes relatifs aux travaux géodésiques, topographiques et cartographiques, en langue allemande, avec les équivalents en anglais et en français. Ce travail important de terminologie est très apprécié des spécialistes internationaux. Ce vaste ouvrage a été commencé à la fin des années 60 et une première édition "provisoire" est parue en 1971, sous les auspices d'un "Bureau permanent du Dictionnaire Multilingue" dirigé par le professeur H. Seeger, président de l'"Institut für Angewandte geodäsie" (IFAG) de Francfort.

La contribution française à cette œuvre est importante, un "Comité de traduction" a été constitué par les bilingues Français-Allemand : Louis Tschaen et Pierre Grussenmeyer (ancien et nouveau professeurs à l'ENSAIS), René Koecher, Lucien Faber, Michel Klopfenstein, Victor Kieffer et Roger Schaffner, rejoint par les collègues de la SMAF : P. Gfeller, R. Fasel, J. R. Amstein et H. Dupraz, pour les termes spécifiques utilisés en Suisse romande.

Les volumes, au nombre de 14, paraissent en désordre au fur et à mesure de leur achèvement à cause de la complexité du travail, "l'arpentage" entre en effet dans un contexte historique, coutumier, juridique, il est lié à la vie sociale et à la propriété, ce qui amène à "moult" mots ou expressions, des sens et définitions différents et parfois très pointus, d'où difficultés d'équivalence dans les langues.

L'un des derniers volumes paru est le 6, topographie, en 97. La langue de définition est l'allemand, c'est-à-dire que les notions s'orientent aux modalités de la géodésie allemande ainsi qu'aux lois et réglementations de ce pays. L'anglais et le français présentent les équivalents, sans explications, sauf dans le cas où il n'y a pas d'équivalence.

Sont parus actuellement : 6 - topographie, 10 - topométrie industrielle et de génie civil, 12 - géométrie souterraine, 13 - évaluation foncière, 14 - remembrement, 15 - planification urbaine et aménagement du territoire.

*L'ouvrage est consultable à l'AFT ou commander à
IFAG – Aussenstelle – Berlin – Stanffbergstrasse
13 D. 10785 Berlin.*

■ Arts premiers ou arts primitifs ? Digression

L'existence des formes artistiques est aussi ancienne que l'Humanité. Le double souci de l'Homme était de survivre d'une part et de se hisser en communauté spirituelle d'autre part. Ces deux activités "humaines" en coexistant prouvent la nécessité de l'Art, au même titre que la nécessité de la chasse et de la cueillette.

Du fond des âges, nous sont parvenues des œuvres égalant la valeur et la puissance des arts récents, de Piero della Francesca au Gréco, de Tiepolo à Cézanne, c'est aussi beau, aussi vrai, et prouve qu'il n'y a pas de progrès en Art, que seules les techniques (et encore) évoluent.

C'est pourquoi, revenant à l'actualité récente, l'expression, d'"Arts premiers" en parlant des arts lointains est pleine d'ambiguïtés. S'il y a des arts premiers, c'est qu'il y a des arts seconds ! Alors quels sont-ils, de quelle époque, où en constate-t-on l'émergence ? Premiers par rapport à quoi,

L'art parle de l'homme et les deux histoires ne peuvent être dissociées. Les expressions artistiques adoptées par telle ou telle société primitive nous informent aussi sur son système symbolique de référence, car leur but n'a jamais été de "faire quelque chose de beau", mais d'abord d'être utile à la société, que ce soit pour faire une casserole, une arme, un objet de guerre, de culte ou de funérailles. L'art primitif, puisque c'est ainsi qu'il faut l'appeler, l'art primitif dans sa dimension esthétique est une invention de l'occident. D'ailleurs, il fut dédaigné jusqu'à la fin du XIX^e siècle où il fut alors à l'origine d'un renouvellement inouï de l'art occidental et qui est sans conteste à porter au crédit de sa prodigieuse richesse formelle.

C'est là que l'idée émise récemment d'un Musée des arts primitifs pose comme condition de bien comprendre sa spécificité, et il convient de cerner ce qu'il possède de traits irréductibles au nôtre. On ne peut le faire qu'en comprenant cet art comme un ensemble d'objets formels issus du système de croyances et de valeurs qui leur confèrent leur sens originel. Rappelons nous que, encore actuellement, les potiers Dogon fabriquent les récipients (les "canaris") selon la même technique rudimentaire qu'il y a des siècles et se soucient bien peu de faire une "œuvre d'art" ce qui, pour nous, occidentaux avides de nouveautés et de gadgets, est une extravagance. Cette différence est bien plus fondamentale que la race ou la religion, et pour comprendre il nous faut nous libérer d'habitudes liées aux conceptions de l'art pour l'art qui n'a aucun sens dans ce contexte. Quand nous faisons un masque c'est pour décorer un mur, chez eux un masque figure un être-autre et sa fonction est de libérer son énergie essentielle pour s'en protéger.

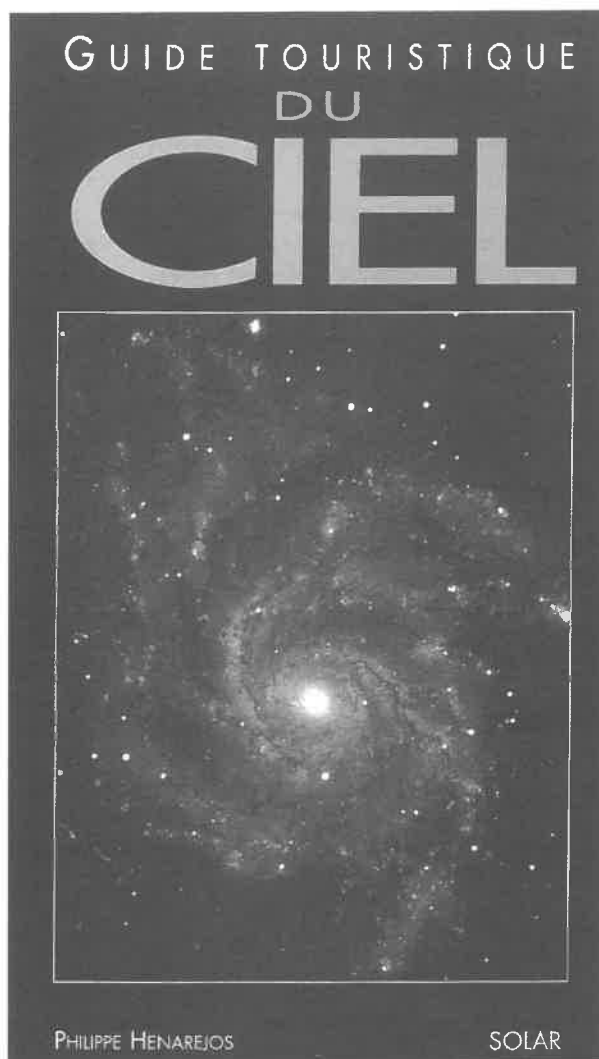
Le beau n'est ni unique, ni absolu. La Vénus de Milo n'est pas "plus belle" que les statues de l'Île de Pâques, et les grottes de Lascaux ne sont pas d'un art moins abouti que Paolo Uccello ou Picasso.

Cependant il faut bien constater que la "mondialisation", pour employer un mot à la mode, crée un phénomène de décadence pour cet art-artisanat qui perd son sens traditionnel fécondé par les croyances et la vie, malgré des tentatives pour le tenir vivant.

(Ce texte "au cours de la plume" a été inspiré par le discours de Arnaud d'Hauterives, secrétaire perpétuel de l'Académie des Beaux-Arts, dans sa séance solennelle du 25 décembre 1998).

■ Guide touristique du CIEL (Philippe Henarejos – SOLAR)

Circuit n° 3 – Étape 2 – Durée 1 h – Niveau facile –
Magnitude 7 – Distance 15 millions A. L. – Localisation :
5° 45'd'Alcor, dans la constellation de la Grande Ourse –
Coordonnées : AD 14h3,1 mm, D + 54° 21,3 mm. À voir
aux alentours : NGC 5474 et NGC 5485.



Voilà !

Comme un guide de randonnée, ce livre propose des parcours à travers le ciel qui permettent d'observer les astres tout en apprenant l'histoire qu'ils racontent. Bien sûr quelques notions de base sont nécessaires, mais c'est surtout la curiosité qui est en cause, le rêve qui est généré.

C'est de manière ludique que nous sommes invités à visiter le ciel en y voyageant. Plutôt que de présenter étoiles et planètes constellation par constellation, par ordre alphabétique le plus souvent, on nous propose des promenades thématiques d'observation, accompagnées de commentaires comme le ferait un guide de randonnée. 29 circuits d'une soirée articulés en quatre ou six étapes "visites" d'étoiles ou visite de sites (sur la Lune par exemple).

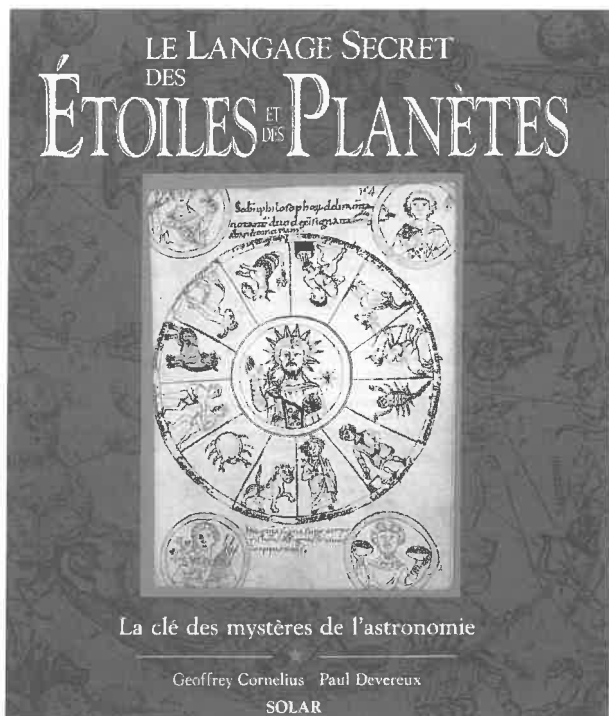
Une formule très complète, une centaine de belles photos et des cartes pour une initiation amusante mais sérieuse, ni trop savante, ni élémentaire. Précédée de quelques notions indispensables, d'un chapitre sur les

instruments d'observation et l'utilisation des cartes célestes, et d'un autre à la fin sur l'univers en évolution (la vie sur Mars, les planètes extrasolaires, les distances célestes, la formation des étoiles et les supernova, les trous noirs et les sursauts gamma...).

L'auteur, Philippe Henarejos, est journaliste scientifique. Il collabore aux revues Science et Vie et Ciel et Espace.

(Aux éditions SOLAR – 12 avenue d'Italie – 75013 Paris).

■ **Le langage secret des étoiles et planètes**
(Geoffrey Cornelius et Paul Devereux)



L'ouvrage commence par la description du Cosmos, des phénomènes stellaires et planétaires correspondant aux tentatives faites par l'homme, au fil des temps et des civilisations pour élaborer une vision de l'univers ordonné : 1^{er} chapitre, "la science du ciel". Dans un deuxième chapitre : où est la place de l'homme, "la grande représentation". Thème parallèle : l'évolution des relations entre le ciel et nous, "les correspondances" qui traitent de la divination, de l'astrologie, du symbolisme et du mythe céleste. Enfin dans "les alignements sacrés", l'attention est portée sur les monuments et les sites architecturaux qui témoignent du désir de l'Homme de mettre en évidence des relations entre Terre et Ciel.

À la base des mythes de toutes les civilisations, y compris les plus récentes et contemporaines, il y a une cosmogonie, une doc-

trine de la genèse du cosmos, et le couple Terre-Ciel en est le premier élément. Dans l'imaginaire collectif il existe un désir profond d'ordonner tout cela et d'en dresser la carte, construction mentale ou scientifique, ou pseudo, car il est de notoriété dans l'inconscient qu'un rapport de date et d'alignement existe avec notre vie individuelle.

Le chapitre consacré à la science des alignements est d'un grand intérêt. Partout dans le monde les ruines laissées par les anciennes civilisations, témoignent d'une connaissance approfondie du ciel (Stonehenge, Avebury, Casteltigg, Nevugrange, Gavrinis, la Grande Pyramide d'Égypte, Karnak, Vijayanagarar, Cahokia, Uxmal, Machu Picchu, etc.). La fonction de ces monuments et alignements demeure hypothétique, mais il est probable qu'il s'agissait de garantir la cohésion et la pérennité du monde, de ses cycles et de ses raisons.

Un survol général d'un grand intérêt, qu'on lit presque comme un roman, avec sa part de science et de poésie.

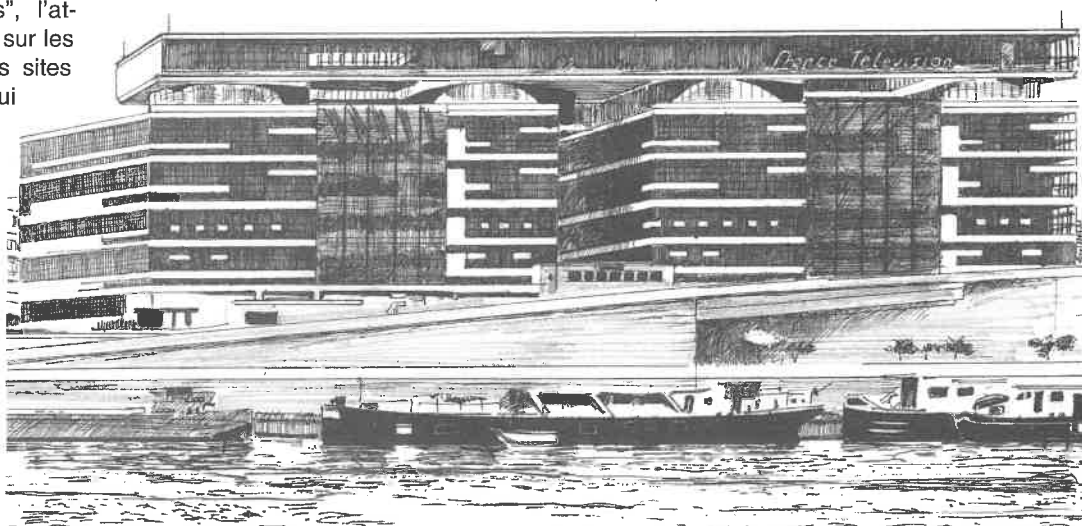
(Traduit de l'anglais – Chez SOLAR
12 av. d'Italie – 75013 Paris)

■ **Christian Dardennes : dessins de chantiers**

L'art graphique n'est pas sa profession, mais son passe-temps c'est le dessin au trait, à la plume et au crayon. L'architecture et les paysages urbains le passionnent, la réhabilitation des entrepôts de Bercy lui fait découvrir la puissance d'évocation que peut acquérir cet art qu'il maîtrise. Le Grand Louvre, ensuite, est une entreprise à sa taille. Un premier livre est édité en 1993 et connaît un succès. Là dessus se pointe le Stade de France, un beau sujet pour notre artiste qui commence son travail avant même le premier coup de pioche ! En 1997, il publie un nouvel ouvrage et, d'emblée, il retient l'attention d'un certain nombre de partenaires qui en font la "carte de visite" de leur entreprise. Entre temps il s'enfonce dans le sol de Paris pour croquer des images de "météor" et "d'éole", sans doute pour ne pas perdre la main et pour nous procurer une nouvelle œuvre !

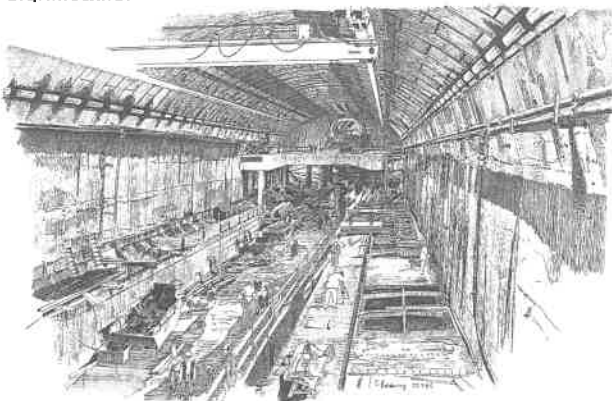
Un projet aussi vaste qu'une nouvelle aérogare à Roissy ne pouvait le laisser indifférent, il y trouve les formes élégantes et originales que sa plume transcrit avec vigueur et précision. Au milieu de la poussière et du bruit, l'âme de l'ouvrage naissant est kidnappée pour mieux nous conter l'aventure technique et humaine qui s'y déroule.

.../...



Aujourd'hui c'est la Maison de France-Télévision, un projet qui ne pouvait pas laisser Christian Dardennes indifférent. Il a trouvé des formes élégantes et originales que sa plume ou son crayon ont transcrites avec rigueur et vivacité. La réussite indéniable de notre auteur est de saisir l'âme d'un ouvrage naissant et d'en transcrire l'aventure technique et humaine qui s'y déroule.

Il en est de même pour « METEOR : le futur a son métro ». Ces quelques mots sous forme de slogan affirment l'objectif poursuivi par la RATP pour la quatorzième ligne du métro de PARIS : étendre son réseau en mettant en œuvre à la fois des technologies innovantes et une nouvelle conception des espaces et du service offert. Les dessins de ce livre mettent l'accent sur quelques sites significatifs.



Extrait la station Châtelet dans toute sa complexité, avec quai et escaliers et couloir d'accès, cité Sud

(Société d'Éditions Régionales
26 rue Duvivier - 75007 Paris)

Prix : broché 200 F, relié 250 F - Météor : 300 F
en relié seulement - (+ 25 F pour frais d'envoi)

■ Un numéro spécial des « annales hydrographiques »

Le SHOM, service hydrographique et océanographique de la marine, vient de publier un numéro spécial des annales hydrographiques pour marquer le 150^e anniversaire du démarrage en 1848 de cette publication technique et scientifique.

Ce n'est pas pour céder à la mode des commémorations, qui agace parfois ceux qui n'y voient que la nostalgie d'un passé idéalisé sans rapport ni avec les réalités d'aujourd'hui ni avec les défis de demain, que le SHOM a pris cette initiative. Selon les termes de l'ingénieur général François Milard, directeur du SHOM, dans la conclusion de ce numéro spécial, il s'agit avant tout que les ingénieurs et techniciens du SHOM « n'ignorent ni l'héritage légué par leurs aînés ni les devoirs dont ils seront à leur tour comptables envers leurs successeurs ».

Cette publication, qui constitue aussi une contribution concrète du SHOM à l'année internationale de l'océan, ne saurait décrire exhaustivement 150 années de travaux hydrographiques et océanographiques menés sur les toutes les mers du globe. Elle évoque cependant, par quelques coups de projecteur, tous les principaux thèmes d'action du SHOM, que ce soit par l'histoire de l'institution et de son personnel, par l'analyse de l'évolution des sciences et techniques mises en œuvre ou par le panorama des coopérations nationales et internationales dans lesquelles le « SH » français a toujours été très actif. Ce numéro intéressera non seulement les hydrographes,

océanographes ou cartographes mais aussi les navigateurs, et plus généralement tous les passionnés de la mer.

(150 ans d'annales hydrographiques, 1848-1998, *Annales hydrographiques*, 5^e série, vol 22, n° 769, 1998, 240 pages, 139 FF (21,19 euros). Liste des points de vente accessible par le 3615 SHOM et sur le site Web <http://www.shom.fr>; pour tous renseignements sur le service de la revue, s'adresser à : EPSHOM - BP 426 29275 Brest CEDEX).

■ DICO-TP

Un dictionnaire qui manquait dans l'univers des TP. Il traite tout ce qui concerne les infrastructures, routes, VRD, assainissements, parcs de stationnement, aménagements urbains, ponts et ouvrages d'art, majeurs etc. En dehors de sa fonction de définition, il répond aux questions que peuvent se poser les ingénieurs sur les aspects techniques et pratiques, sur les normes et les textes réglementaires, sur les essais contrôles et critères qualitatifs du domaine des TP.

En fin d'ouvrage des annexes très utiles, une bibliographie et des fiches techniques diverses. 832 pages format 155 x 235, reliure pelliculée luxe, 680 FTTC frais d'envoi compris.



(ARCATURE
85 bis rte de Grigoy
91 130 Ris Orangis
Tél. 01 69 43 66 80
Fax 01 69 43 65 74)

Prix Montgolfier 1998

A été attribué à Michel Gambin, ancien élève de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, promotion 1951-1954, il obtient un mastère à Harvard où il est l'élève des fameux Terzaghi et Casagrande.

Dès son retour des USA, c'est pendant 20 ans de 1958 à 1978, auprès de Louis MENARD, l'inventeur du pressiomètre du même nom, qu'il développe ses compé-

tences. Il en est le plus proche collaborateur et à ce titre participe activement à la promotion des méthodes d'études de sol à l'aide du fameux pressiomètre.

Il intervient sur de nombreux ouvrages en France, comme par exemple les échangeurs du boulevard périphérique de Paris ou les ouvrages des autoroutes Paris-Chartres et Paris-Rouen. Mais c'est en consolidation des sols que Michel GAMBIN exerce aussi son talent, aussi bien en France, comme à l'aéroport de Nice ou sur le terre-plein de Fontvieille à Monaco, qu'à l'étranger.

Que ce soit à Sumatra dans les zones volcaniques, au Mexique sur le barrage de Pénitas, en Tunisie et au Nigéria sur des ports, les interventions de Michel GAMBIN sont déterminantes.

Il dimensionne aussi les pieux de fondation des plates-formes de production pétrolière en mer au large du Gabon, en mer de Java, dans le golfe persique.

En 1978, Michel GAMBIN est nommé Président de la société américaine MENARD. Mais après la disparition de Louis MENARD, c'est dans le cadre de SOLETANCHE que, pendant 10 ans jusqu'en 1992, il anime le groupe chargé de l'amélioration des sols.

Il est actuellement conseiller scientifique chez APAGEO et vice-président du comité français de Mécanique des Sols et des Fondations. Il est également chargé d'enseignements à l'École des Ponts et Chaussées, après l'avoir été au Centre des Hautes Études de la Construction et à l'Université Pierre et Marie Curie.

Ses publications et communications dans les congrès internationaux sont toujours très nombreuses et très précieuses.

Le Comité de Construction et Beaux Arts ne pouvait qu'honorer par un Montgolfier une si belle carrière au service de la Science et de la Construction.

AFT-LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE

ensemble des termes et locutions

techniques utilisés en topographie

présenté selon le classement alphabétique avec renvoi
aux chapitres et paragraphes des définitions

Le LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE, fruit du travail de la "commission enseignement" de l'AFT, est achevé. Il totalise 116 pages réparties en 12 chapitres :

1. généralités, 2. mesures des longueurs, 3. mesures des angles horizontaux, 4. mesures des altitudes, 5. canevas, 6. cadastre et travaux fonciers, 7. levé tachéométrique, 8. levé au goniographe (planchette), 9. implantations, 10. calculs, 11. représentation cartographique, 12. photogrammétrie.

Le nombre total de termes recensés est de 1 200.

Rédigé et vérifié par des professeurs et les professionnels les plus "pointus" de la topographie, ce lexique est un instrument que nous avons voulu exhaustif dans la mesure où les procédés anciens ou classiques sont abordés pour mieux introduire et approfondir ce que la technologie moderne tendrait, par le perfectionnement de son automatisme, à oblitérer.

La commission enseignement a, bien entendu, pensé particulièrement aux élèves des écoles de géomètres et de topographes.

l'ensemble de l'ouvrage est à disposition à l'AFT

REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 78

TOPCON2^e couv.
SETAM3^e couv.
LEICA4^e couv.

AERIAL 50
AEROSCAN 96
ATLOG(encart)
CARL ZEISS 68
C.H.S. 23
DOREL (encart)47-48
ENSG 22
EPTGE 54

GEO 2000 8
GEOMEDIA 63
LEICA 4
MAURY 53
MICROPLAN 96
NEWBY 54
NIKON 2
ORTECH 72
PENTAX 39
REIS 54
SPECTRA PRECISION 1
STÖLZEL 54
TRIMBLE 6

Valorisez vos compétences

auprès des
communes
avec

L'outil du
Professionnel

- Traitement DXF
- Préparation des données

MICROPLAN

Web: www.microplan.fr

B.P. 85 - 67152 ERSTEIN Cedex
Tél. 03 88 64 80 80 - Fax 03 88 64 80 89

VicadPro

SIG

- Convivial
- Performant

AERO
Scan
s.a.r.l.

- PRISES DE VUES
AÉRIENNES VERTICALES
- NUMÉRISATION DE PHOTOGRAPHIES
AÉRIENNES SUR FILM
- AÉROTRIANGULATION NUMÉRIQUE
- ORTHOPHOTOPLANS

Centre d'Exploitation : Aéroport de Nancy-Essey • F - 54510 TOMBLAINE
Tél. (33) 03 83 18 00 03 • Fax (33) 03 83 18 00 53