

xyz

n° 77

Association Française de Topographie

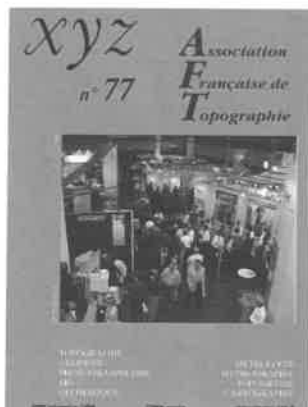
98

INTERGEO



TOPOGRAPHIE
GEODESIE
PHOTOGRAMMETRIE
SIG
GEOMATIQUE

METROLOGIE
HYDROGRAPHIE
TOPOMETRIE
CARTOGRAPHIE



INTERGEO 98. Lire notre article page 20.

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,
PUYCOUYOL, SCHAFFNER,
VINCENT.

MAQUETTE ET MONTAGE

Jack BIQUAND

ABONNEMENTS

Carine BALLAND

Trimestriel – Le numéro : 130 F

Abonnement d'un an

France Europe (voie terrestre) : 480 F.

Étranger (avion, frais compris) : 500 F.

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

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

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

Secrétariat : tous les jours de 9 h à 12 h et de 14 h à 17 h

ISSN 0290 – 9057 1998 • 4^{ème} trimestre

n° 77 • s o m m a i r e

• EDITORIAL

- La langue d'Esope
Robert Chevalier 5

• INFO-TOPO

- Les informations de la profession 7

• DANS LA PROFESSION

- De la défense des intérêts de la France, en français et en langues étrangères
Michel Mayoud 19
- Intergéo 98
Robert Chevalier 20
- Forum technique à l'ENSG
Claude Million 22
- Cadastre ruraux et SPOT
Françoise Axès 23
- La page 4 x 4, Peugeot-Dangel 4 x 4
Robert Chevalier 27
- Système Topeye, Univers Carto 28 30
- Un stage OGE/AFT/FIEF
Jacques Gastaldi 31
- Réflexions sur l'évaluation du vignoble en France 34
- L'espace du passé 35

• GPS

- CERN. Le projet LHC
Tristan Blaudet 37
- Le projet REGAL
Eric Calais 42
- Levé statique et dynamique de profil par méthode GPS différentiel temps réel
M. Hallé 46
- Utilisation du GPS en agriculture
Eric Basset 50
- GPS et le syndrome de l'an 2000
Claude Million 54

• L'ESPACE DES JEUNES

- Aptitude des systèmes de télédétection à cartographier l'antarctique
Christophe Podevin 56
- Postface de Frédérique Rémy 64

• SIG

- Une solution de gestion des fonds sous-marins
Jean-Pierre Grassien, Denis Theisen 66

• SCIENCES - TECHNIQUES

- Mieux que la clothoïde, la spirale adoucie
Claude Million 69

• L'HISTOIRE

- Le renouveau des études sur l'arpentage antique
Gérard Chouquer 73
- Plans et cartes de villes à la Renaissance
Marie-Thérèse Gambin 75

• L'ART - LES LIVRES

- Jack Biquand 83

LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE-AFT, nomenclature, ensemble des termes et locutions techniques

utilisés en topographie, présentés selon le classement alphabétique avec renvoi aux chapitres
et paragraphes des définitions (encarté hors texte)

- ANNONCEURS 80

LOGICIEL DE TOPOGRAPHIE ET PROJETS VRD



covadis

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 mètres,
- 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.

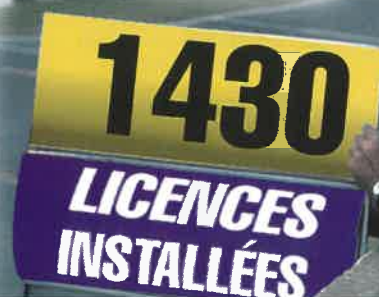
COVADIS : le meilleur rendement à tous les régimes.



Autodesk
Authorized Systems Center



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



LES LANGUES D'ÉSOPE

Chacun se souvient bien sûr, de l'histoire d'ÉSOPE qui, prié par, son maître XANTHUS de lui présenter tour à tour le meilleur et le pire des mets, lui proposa à chaque fois des langues.

Explication d'ÉSOPE : la langue, organe de la vérité et de la raison n'est-elle pas la meilleure des choses ? Mais elle est aussi l'organe de l'erreur et de la calomnie et donc la pire des choses.

Au-delà de cette parabole, interrogeons-nous pour savoir s'il n'en est pas de même de l'informatique.

Celle-ci est partout. Il suffisait par exemple pour s'en convaincre, de faire le tour des stands du salon Intergeo à WIESBADEN pour constater son omniprésence, que ce soit dans les stations totales, dans les GPS ou plus simplement dans nos bureaux où elle a remplacé les tables à dessin et les règles à calcul.

Quel outil formidable qui a permis sur une période de 30 ans davantage de progrès techniques qu'au cours des deux millénaires précédents.

Quelle simplification dans les tâches humaines qui se voient ainsi allégées et rendues plus performantes.

Mais certains esprits chagrins (ou lucides) se posent néanmoins des questions :

- Ne risquons-nous pas d'être dévorés par l'impérialisme informatique ?
- Nos enfants sauront-ils demain faire un calcul simple sans ordinateur ?
- Les futurs ingénieurs seront-ils capables de raisonner sans l'aide de celui-ci ?

Par ailleurs, cette informatisation à outrance doublée d'automatisation et de robotisation n'est-elle pas dévoreuse d'emplois et par voie de conséquence ne détruit-elle pas l'individu ? Actuellement, un géomètre grâce à une station robotisée ou un récepteur GPS peut réaliser seul un lever là où il fallait jadis une brigade de 3 à 5 personnes.

C'est sans doute le prix à payer pour améliorer la compétitivité et la rentabilité, mots-clé de nos économies modernes.

Mais gardons la tête froide : Nul ne peut revenir en arrière devant la marche inéluctable du progrès. Sachons simplement ne considérer ces techniques modernes que comme des outils et des aides à la décision. L'ingénieur, libéré des contraintes matérielles n'en sera que plus performant puisqu'il pourra mieux laisser fonctionner le plus remarquable des ordinateurs : le cerveau humain, dont ces techniques deviennent l'auxiliaire et rien que l'auxiliaire.

Alors point de regrets. Sachons relativiser les rôles respectifs de la machine et de l'homme. Sachons aussi ranger à certains instants l'ordinateur portable et le téléphone du même nom (qui a dit insu-portable ?) pour qu'ils ne détruisent pas notre vie personnelle et nos loisirs.

Sachons également garder la passion qui a toujours animé notre merveilleuse profession, même si la contemplation d'un écran est sans doute moins exaltante que les travaux traditionnels de terrain qui avaient un parfum d'aventure et de liberté.

Gardons nous d'être passéistes ou nostalgiques.

Le progrès est en marche. Vive le progrès !

Robert Chevalier



SCORPIO
LAND SURVEY

6000

NOUVELLE GAMME

Le
GPS qui défie
VRAIMENT
L'obstacle



ICI



LÀ



MAIS LÀ
AUSSI

DASSAULT
SERCEL **NP**

Nikon

DISTRIBUÉ EN EXCLUSIVITÉ
PAR NIKON FRANCE S.A.

191 RUE DU MARCHÉ ROLLAY 94504 CHAMPIGNY-SUR-MARNE CEDEX
TEL. 01 45 16 46 60 - STANDARD 01 45 16 45 16 - FAX 01 45 16 45 55



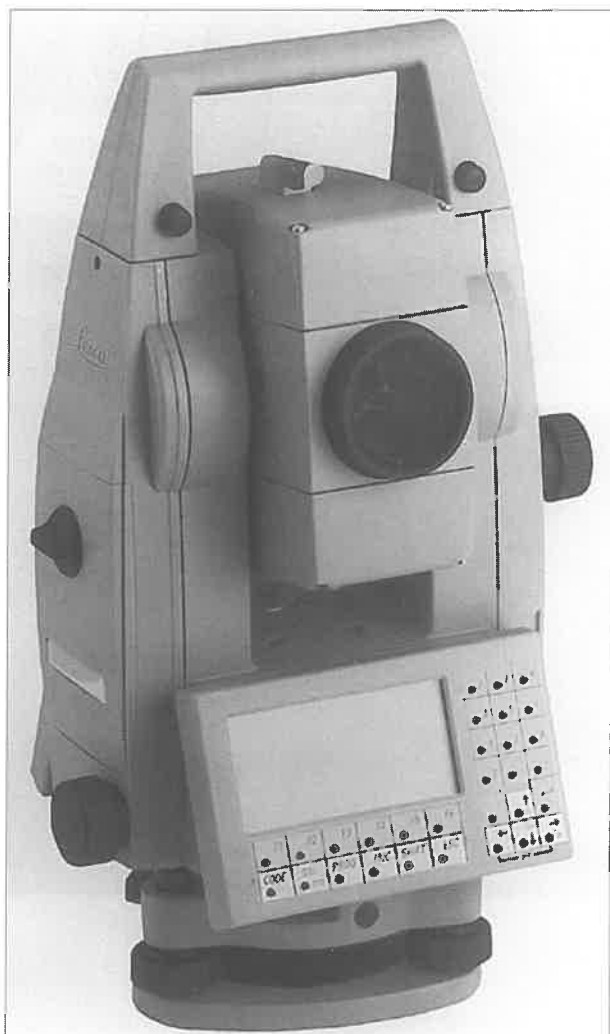
INFO

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.

Leica-geosystems : une nouvelle génération d'appareil



Le TPS1100 : Nouveau design, plus petit, plus léger, plus ergonomique, plus rapide, plus simple, c'est la nouvelle gamme des tachéomètres électroniques de Leica. Elle se décline en cinq modèles proposant des précisions allant de 1,5" à 5" (0,5 mgon à 1,5 mgon) et du plus classique tachéo (TC) au tachéomètre automatique (TCA), le top en matière de reconnaissance automatique de prisme.

Les versions TCR et TCRM comprennent un distancemètre intégré qui mesure sans réflecteur tout en produisant un point laser (intéressant pour mesurer l'inaccessible). La télécommande RCS1100 réunit le contrôleur, la batterie, la radio modem et l'antenne en ensemble compact de moins de 1 kg et sans câbles.

Avec le TCA, un prisme de 360 degrés permet de prendre deux fois plus de points. Ajoutons y cette nouvelle couleur de l'appareil, vert pomme. Pour mieux s'intégrer à la nature ?

Le lasermetre DISTO™ pro



Stations Totales

Caractéristiques:

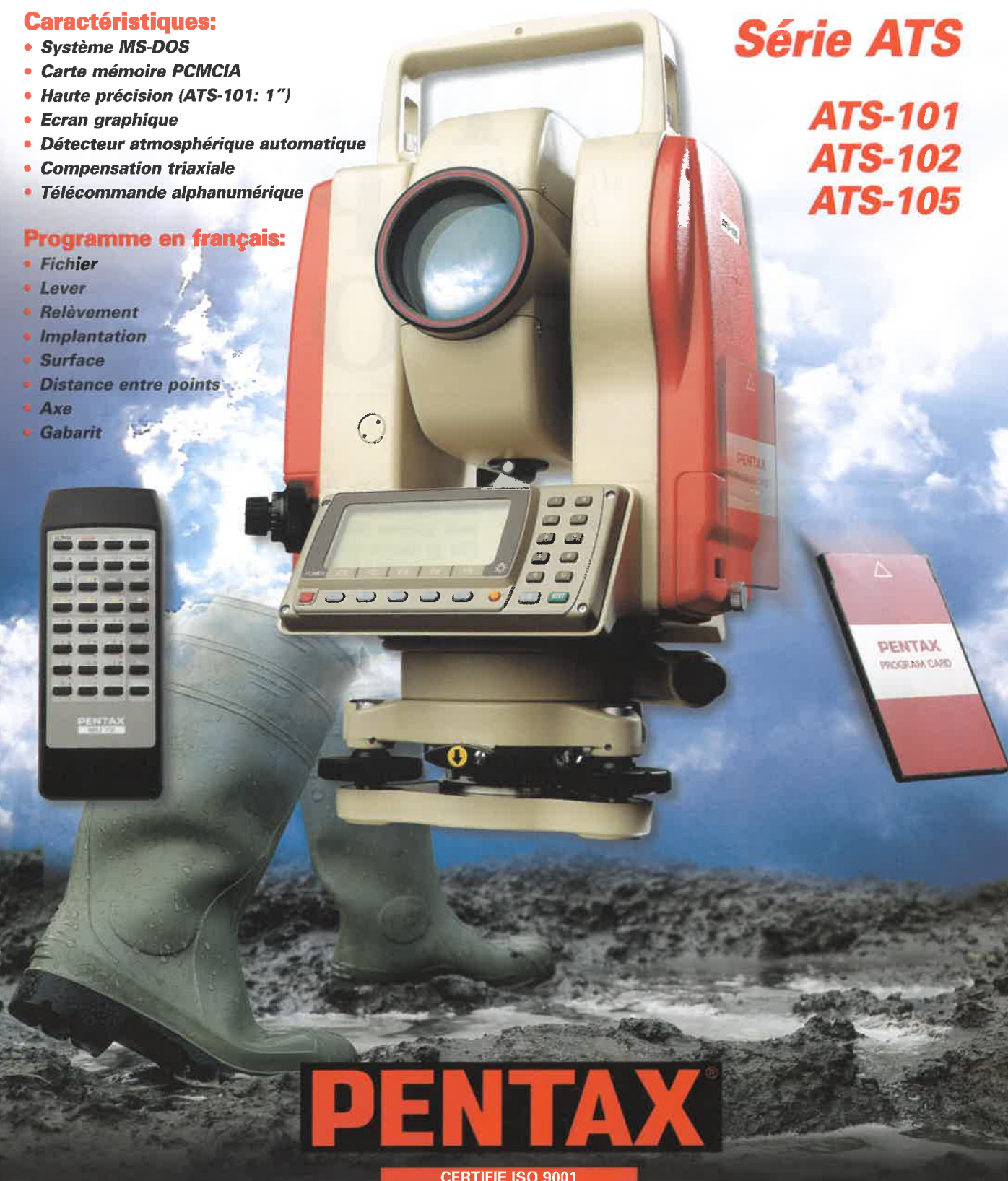
- Système MS-DOS
- Carte mémoire PCMCIA
- Haute précision (ATS-101: 1")
- Ecran graphique
- Détecteur atmosphérique automatique
- Compensation triaxiale
- Télécommande alphanumérique

Programme en français:

- Fichier
- Lever
- Relèvement
- Implantation
- Surface
- Distance entre points
- Axe
- Gabarit

Série ATS

ATS-101
ATS-102
ATS-105



PENTAX®

CERTIFIE ISO 9001

PENTAX France

12-14 rue Jean Poulmarch - BP 204 - 95106 Argenteuil cedex

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

Région Centre

P. Casas

Tél/Fax: 04 73 31 05 10

Région Sud-Est

A. Guirand

Tél/Fax: 04 42 50 68 83

Région Sud-Ouest

F. Bernata

Tél/Fax: 05 59 83 23 72

Il complète la gamme des Disto™ basic et Disto™ memo et possède les mêmes caractéristiques : la mesure est rapide et sans contact, l'affichage est numérique. Une capacité de 1000 mesures et une portée de 100 mètres permettent de mesurer à la fois en intérieur et en extérieur, grâce au viseur laser BFT2 qui se fixe de façon magnétique sur l'instrument.

Il possède une butée métallique interchangeable et l'innovation majeure réside dans les programmes de mesure qui simplifient le travail. Disto™ calcule les surfaces, les volumes, les angles obtus, les hauteurs à partir de deux mesures (Pythagore), les valeurs moyennes de huit mesures, mais aussi les surfaces triangulaires à partir de la hauteur, les mesures triangulaires par les trois côtés, les longueurs et diagonales de toits, les surfaces circulaires par le diamètre. Le système de codage simplifie le travail : on code la mesure sans prendre de notes sur le terrain (utilisation de l'interface RS232 au bureau.)

(Leica-Geosystems, 86 av. du 18 juin 1940
92563 Rueil-Malmaison CEDEX
Tél. 01 47 32 85 42 – fax 01 47 32 85 95)

"L'école chez soi" plus que centenaire



Évidemment puisqu'elle fut créée en 1891 ! Son directeur, Jean-Michel Bourgois, est fier de cette institution qui a forgé plusieurs générations de professionnels des BTP. On compte plus de 20 000 "anciens" de l'école actuellement dans la vie active, ce qui explique le "compagnonnage" de la profession. Ce n'est pas là le moindre

mérite de cette école de marquer les élèves de son label qui est une garantie d'emploi et de qualité. S'y référer est enrichir le diplôme obtenu, en témoignent les quarante enseignants de l'école qui occupent tous, dans leur métier, des postes de responsabilités.

Cependant, cette formation individuelle, adaptée aux besoins extrêmement variés des élèves, privent ceux-ci de la présence stimulante d'une classe qui permet de se mesurer avec ses condisciples, et atténue la compétition qui est bonne préparatrice de la vie du travail. Cette EAD le remplace par un partenariat très actif avec d'autres écoles ou sociétés et, en ce qui nous concerne, avec l'ESTP et l'ESGT. (les formations vont du niveau CAP au niveau ingénieur, en passant par les BT, BP, Bac pro, BTS). Bon nouveau siècle à cette école !

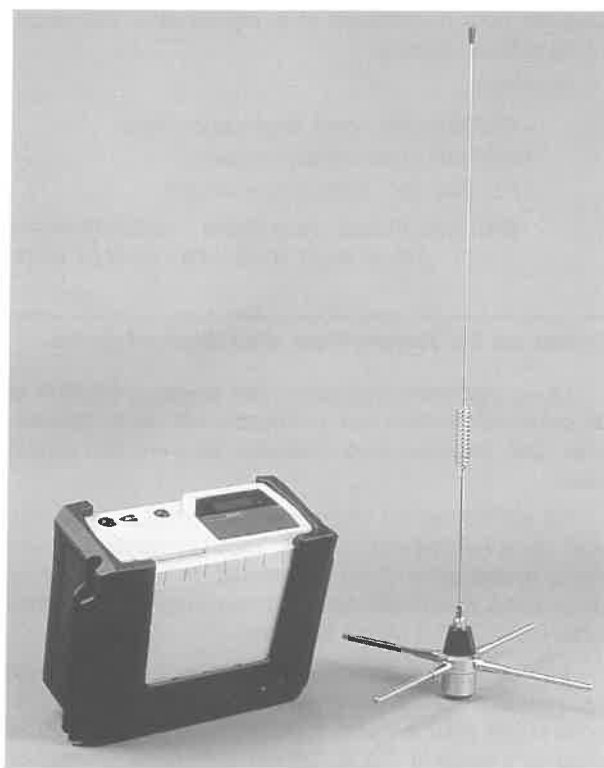
(École chez soi, 71 rue de Billancourt – 92774
Boulogne-Billancourt – CEDEX – Tél. 01 46 03 66 83)

INNOBAT 98 : mission réussie

Un grand événement professionnel transfrontalier était l'objectif du 8^e salon franco-espagnol de la construction. C'est fait 120 exposants (+ 52 % 1996), 6412 professionnels visiteurs (20 % espagnols), d'abord, bien entendu, les frontaliers Midi-Pyrénées et Aquitaine, mais aussi région parisienne et autres départements, même la Martinique !

(9 rue Louison Bobet – 64200 Biarritz)

NIKON : Scorpio 6000RK



Un nouveau relais radio développé par DSNP, conçu pour l'utilisation de la gamme.

LRK (Long Range Kinématique) autorise une couverture de 40 km. Ce relais lui permet sur la même fréquence la transmission des informations de la station fixe vers un ou plusieurs mobiles. Les levés topo GPS longue portée deviennent possibles même au passage d'environnements difficiles.

Faible consommation : – de 10 W, compatibilité avec toutes les stations fixes et mobiles monofréquence ou bifréquence de la gamme Scorpio.

(NIKON-France, 191 rue du Marché Roi/ay – 94504
Champigny-sur-Marne – CEDEX – Tél. 01 45 16 45 16)

REGMA, toute l'imagerie

Depuis 1928 la société REGMA est spécialisée dans l'enduction de supports techniques films et papiers. Aujourd'hui son activité est centrée sur la recherche et le développement de nouvelles formules chimiques d'enduction de rubans transferts thermiques pour des applications de codes barres, ticketing, fax...



Parallèlement la société a développé ses activités de vente d'équipements et de services de maintenance associés pour l'impression et la reproduction des documents grands formats.

Retenons :

- **REGMA Cad** : pour l'impression filaire.
- **REGMA Color** : pour l'imagerie.
- **REGMA Jet** : pour la bureautique.

(REGMA 93 boul. de la Seine - 92000 Nanterre
Tél. 01 41 21 10 00 - Fax 01 41 21 10 31)

Leica et la formation des techniciens

Leica geosystems propose des stages d'initiation et de perfectionnement aux professionnels de la topographie. Des formules personnalisées peuvent être proposées.

La société est un organisme de formation agréé auprès de la Formation Continue. Tous les stages donnent lieu à la signature d'une convention de formation et se déroulent à Rueil-Malmaison (92) au siège de Leica-systems (sauf GPS à Marne la Vallée).

Les conditions de prise en charge des formations peuvent être obtenues auprès des organismes où l'entreprise cotise pour la Formation Continue. Les géomètres-experts inscrits à l'OGE bénéficient d'une convention spéciale simplifiant et facilitant notablement les conditions de prise en charge.

16 stages sont proposés, la plupart avec plusieurs sessions, ils concernent les stations totales et leur utilisation, le GPS, l'informatique, ils concernent les débutants ou les professionnels désirant se perfectionner.

Renseignements et inscription :
Tél. 01 47 32 85 42 - Fax 01 47 32 85 95

DAP : nouveau microflex PC9800

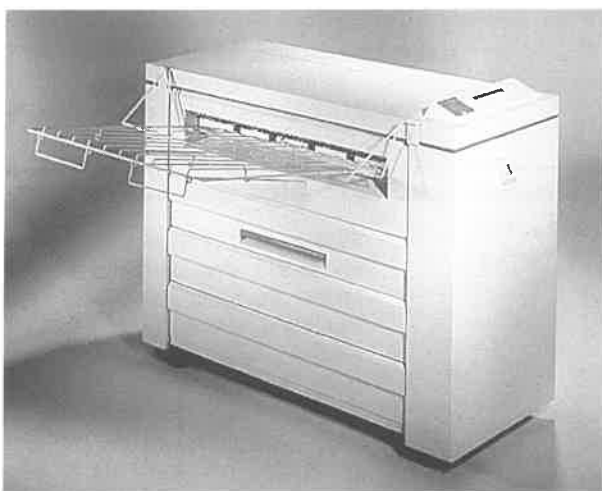


Un PC tout terrain, 5^e génération d'ordinateur de saisie portable, fonctionnant sous WINDOWS, il est le premier à notre connaissance à intégrer un Sound Blaster, permettant ainsi l'enregistrement et l'écoute des messages sans saisie sur clavier.

16 Mb de mémoire, 2 interfaces PCMCIA et un processeur 386. Ergonomique il est équipé d'un grand écran graphique, d'un clavier en caoutchouc rétro-éclairé et d'un boîtier droitier-gaucher. Sa robustesse lui permet des chutes sur béton, les immersions accidentelles, et les températures extrêmes.

(DAP technologie, Tél. 01 41 21 95 95
Fax 01 41 21 95 65 - Site web : www.daptec.com)

XEROX, 8825 et 8830 : impression A0



Le contrôleur du 8825 est bâti autour d'un processeur Power PC et offre un rendement maximal jusqu'au format A0, quel que soit le type de fichier et sa complexité. Une résolution réelle de 400 dpi sur 33 niveaux de gris et des traits d'un pixel d'épaisseur permettent des sorties de qualité. Il accepte un large éventail de formats de données et de protocoles de réseaux afin de garantir une parfaite compatibilité avec le système d'information de l'entreprise... Il est complété par une panoplie de logiciels-utilisateurs. Il est proposé au prix de 95 000 F avec une seule bobine et 115 000 F avec deux bobines.

Le 8830DDS (Digital Document System) est un traceur numérique grand format, rapide et simple d'emploi. Il est conçu pour offrir les capacités d'un service de reprographie au niveau départemental dans l'entreprise, il fournit un accès immédiat aux documents d'ingénierie grâce à ses facultés de scannérisation-réseau (scan-to-network), d'impression numérique et d'impression en réseau. Le système offre une résolution de 400 dpi ainsi que la fonction AutoIQ (un dispositif d'amélioration automatique breveté par Xerox qui assure une haute qualité des copies et impressions). À l'aide d'une carte Ethernet, les clients peuvent se connecter à un réseau. Le Document Retrieval Tool (logiciel client de scannérisation-réseau du système) permet la scannérisation, la mise en image et la mise en mémoire de documents d'archives sur disques locaux ou en réseau. Le prix ne nous a pas été communiqué.

(XEROX, Patrick Tinet - Tél. 01 69 18 40 40)

La société Leica geosystems en bourse ?

Investcorp, une société d'investissement londonienne, a acheté 100 % des parts de Leica geosystems. La direction reste inchangée. Investcorp a déjà racheté 70 entreprises, environ 12 milliards de dollars et mis 50 d'entre elles sur le marché boursier. Leica geosystems, avec 20 % de parts de marché et un chiffre d'affaires en hausse de 10 % en 1997 par rapport à 1996, pourrait donc être introduite en bourse.

Par ailleurs, la société a cédé ses logiciels DPS à la société D & P Systems, celle-ci continuant de développer des solutions pour toutes les machines de travaux publics : tunneliers, niveleuses, finisseurs, autogrades, machines à attaque ponctuelle... Ce partenariat vise principalement à répondre aux besoins spécifiques de chacun des clients des deux entreprises et optimiser les développements des futurs systèmes de guidage.

(Leica-geosystems, 86 av. du 18 juin 1940
92563 Rueil-Malmaison – CEDEX
Tél. 01 47 32 85 42 – Fax 01 47 32 85 95)

Calcomp : nouvelle gamme de tablettes à numériser



La gamme des tablettes à numériser "Stations" de Calcomp a été développée pour répondre à différents besoins. Comprenant une petite tablette graphique très précise, une souris, sans fil ni batterie, un stylet également sans fil ni batterie, et un logiciel d'exploitation, cette nouvelle gamme est proposée en quatre versions :

Création Station : pour usage personnel, formation et arts graphiques.

Création Station Pro : pour les professionnels des arts graphiques et les centres de formation spécialisés.

Design Station : pour la CAO sous Windows et les nouveaux venus à la CAO.

Design Station Pro : pour les professionnels et les concepteurs et ingénieurs CAO.

La gamme des "Stations" est disponible et les prix s'échelonnent de 829 F à 5 194 F selon les modèles.

(CALCOMP, Ges.m.b.H. World Trade Center
A 1300 Wien-Flughaven – 431 7007 6459
pour la France, Continental Square B. Mercure pl. de
Londres – 95727 Roissy CDG CEDEX
Tél. 01 49 19 92 00 – Fax 01 41 19 92 30)

Carl Zeiss mesure la rotation de la Terre



Sur commande de l'Office fédéral de cartographie et de géodésie (BKG) allemand, l'entreprise Carl Zeiss d'Oberkochen conçoit et réalise le plus grand gyroscope à laser annulaire du monde, destiné à mesurer la rotation de notre planète. Il sera mis en service dans trois ans au sein d'un laboratoire souterrain d'une station de base de l'Office à Wettzell dans la forêt bavaroise. C'est la suite d'un programme lancé en 1997 en Nouvelle Zélande (cf. XYZ 70 du 1^{er} trimestre 97). La haute précision de mesure exige l'absolue stabilité à long terme du trajet lumineux des faisceaux laser. Pour ce faire le corps du prototype est élaboré à partir d'un bloc monolithique de ZERODUR, dont la dilatation thermique est quasiment nulle. D'une superficie de 4,2 x 4,2 m et d'un poids de 10 tonnes le défi technique est énorme et nécessite un assemblage en deux parties. Sur notre photo, le bloc de zerodur est soumis à des mesures dans l'établissement Carl Zeiss.

(Carl Zeiss, 73446 OberLochen – Allemagne
Tél. 0 73 64 20 0)

MARTEC : le MIRA-Z "topo"



Le récepteur bi-fréquence MIRA Z, fabriqué par MARTEC, se dote d'un nouveau logiciel interne destiné aux applications topographiques et géodésiques. Ce nouveau "firmware" propose plusieurs langages de communication : français, anglais, italien, espagnol, allemand. Il délivre une ou plusieurs sorties de données dans des systèmes et référentiels complètement programmables tels que la projection LAMBERT (1 ou 2 parallèles), UTM, Stéréographique... et des datums NTF, ED50, et/ou

locaux. Les Données de positions (temps Réel ou Différé) sortent en WGS84, mais aussi en Lambert et en local, et ceci simultanément et indépendamment sur les 4 ports RS232 de l'appareil (DB9).

La mémoire interne du MIRA-Z est constituée d'une carte PCMCIA accessible en face avant à travers une trappe étanche. Les données brutes ou corrigées sont récupérées après mission sans recourt à un PC. Une nouvelle carte vierge peut être installée à la place de la précédente instantanément. Extrêmement compact, le Récepteur MIRA-Z peut aussi recevoir un Récepteur radio modem intégré au boîtier. Ainsi connecté à une antenne UHF, le MIRA-Z est prêt à fonctionner en temps réel quand nécessaire. La taille du boîtier est de : 210 x 178 x 47 mm poids 2 kg.

MARTEC : MIRA-ZE



Ce nouveau récepteur bi-fréquence est la version "SENSOR" du récepteur MIRA-Z bi-fréquence. Associant compacité et performance, il est destiné à l'acquisition LI/L2 code et phase en précision centimétrique temps réel. Les positions et données brutes sont corrigées à une cadence maximum de 10 Hz. Le boîtier MIRA-ZE en aluminium anodisé, étanche, au format "EUROCARD", dispose de 4

ports série et d'une entrée alimentation de 10 à 32 volts.

Ce tout nouveau système est utilisable instantanément pour le contrôle d'engin, la télécommande de machines, le guidage de Drones.

Dimensions 226 x 105 x 60 mm.

(Martec - 5 rue Carle Vernet - 92318 Sèvres CEDEX
Tél. 01 46 23 79 09 - Fax 01 46 26 55 55)

"Grand Vitara" en version diesel



Le Suzuki "Grand Vitara", petit 4 x 4 polyvalent bien adapté aux travaux de notre profession, présenté dans le dernier numéro d'XYZ, est proposé depuis le Mondial de l'Automobile en version turbo-diesel.

Le moteur de 2 l de cylindrée avec une puissance de 87 CV et un couple remarquable de 216 Nm, dès

2000 t/mn est suralimenté par un turbocompresseur compact à faible inertie, qui assure une réponse immédiate et permanente aux besoins du conducteur avec une très grande sobriété.

La vitesse maxi. est de 150 km/h, la consommation moyenne de 7,8 l/100 km. Prix TTC : de 134 800 F à 146 800 F (selon équipements).

L'autre grande nouveauté de ce salon chez SUZUKI, le petit 4 x 4 JIMNY, sera présenté dans un prochain numéro.

INTERGRAPH : GeoMedia Pro

Présenté par la société le 15 octobre dernier, à l'IGN, un SIG de nouvelle génération : GeoMedia Professional (Pro). C'est le premier produit de saisie et de gestion de données spatiales spécialement conçu pour une utilisation avec les bases de données relationnelles (SQL) standards. Le nombre d'actions requises pour la saisie et l'édition de données est considérablement réduit ainsi que le temps d'apprentissage grâce à l'interface graphique utilisateur (GUI) Windows. GeoMedia Pro intègre toutes les fonctionnalités de la version 2.0 avec des optimisations importantes dans le domaine de la saisie et de la mise à jour des données. Avec cet outil, INTERGRAPH introduit un nouveau concept de SIG. Au lieu d'utiliser des lignes et des points pour représenter des parcelles, rues et autres éléments géographiques, GeoMedia Pro utilise des composants objets intégrant des informations spatiales et d'attributs. Ce SIG utilise des serveurs de données permettant un accès universel, mondial, qui permet d'effectuer des analyses simultanées avec différents formats de données dans des systèmes de projections cartographiques multiples. Un seul et unique poste de travail suffit pour intégrer des données de sources multiples et de formats différents. Ce SIG a été conçu pour offrir une personnalisation ouverte, où l'on peut sélectionner les outils de personnalisation qui répondent le mieux aux besoins.

INTERGRAPH : GeoMedia Web Map 2.0

C'est un logiciel de publication de cartes vectorisées intelligentes et d'applications SIG sur le Web. Elles peuvent être affichées sur les réseaux Intranet, Internet, Extranet, à partir de n'importe quel logiciel de navigation. GeoMedia Web Map 2.0 permet d'éditer des cartes vectorisées "à la volée", à partir d'une base de données SIG fonctionnant en temps réel, sans qu'il soit nécessaire de convertir ces informations dans un nouveau format, ou de conserver une copie de la base de données. Ce produit ne nécessite aucun développement spécifique pour créer des fonctions intelligentes. L'utilisateur peut créer ses propres cartes interactives, il fait alors appel aux fonctions d'affichage et de recherche pour parcourir et consulter les données stockées dans les réseaux Intranet, Internet ou Extranet.

(INTERGRAPH, tél. 01 30 64 14 20

Fax 01 30 64 75 39

<http://www.intergraph.com/france>)

Bentley Systems et Océ annoncent :

Le logiciel d'ingénierie de Bentley reçoit dorénavant un logiciel intégré de support de la famille de systèmes d'impression grand format d'Océ. Développée conjointement par les deux sociétés, une interface raster RTL spécifique aux imprimantes Océ est intégrée à MicroStation pour les souscripteurs au programme Bentley Select, permettant aux utilisateurs d'installer directement n'importe quel système d'impression grand format d'Océ. Bentley System -France CNIT BP 424 92053 Paris - La Défense tel : 0 1 46 92 40 92)

SOKKIA : MiniMeter MM30 et MM30R



Pour mesurer les courtes distances 30 à 100 m (avec cible), par rayon laser. Celui-ci, pointé vers le point à mesurer, est réfléchi vers l'instrument et fournit une mesure en moins de 1 sec avec une précision de +/- 3 mm. L'instrument fonctionne par microprocesseur intégré, il calcule et

affiche les surfaces et les volumes. Il possède une sortie RS-232C permettant le transfert des données vers un PC. Batterie rechargeable, construction étanche répondant à la norme IPX7. Poids : 500 gr avec batterie. 90 x 50 x 200 mm.

(SOKKIA, 21 boul. Littré - 78600 le Mesnil le Roi
Tél. 01 34 93 36 36 - Fax 01 34 93 36 20)

DUOSCAN T1 200



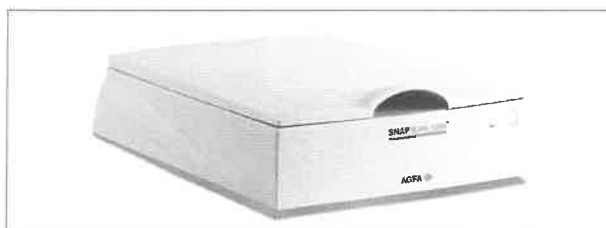
Dernier-né de la famille DuoScan, à technologie Twin-Plate, le T1200 dispose d'une qualité accrue avec une meilleure netteté optique et une productivité

maximale avec ses deux plateaux qui peuvent être chargés indépendamment l'un de l'autre.

Ce scanner propose une résolution optique de 600 x 1 200 ppp, une profondeur d'échantillonnage de 36 bits en couleur et un Dmax de 3.0D pour les transparents. Il est livré en standard avec la dernière génération du pilote Agfa Fotolook 3.0 et la version complète du logiciel de Gestion des Couleurs Agfa ColorTune 3.0 avec ses chartes IT8, la version complète du logiciel de retouche d'images Corel PhotoPaint 8.0 ainsi que le logiciel de reconnaissance de caractères Caere OmniPage LE. Le chargeur automatique de documents est disponible en option. Prix 4 990 FHT.

SNAPSCAN : deux nouveaux scanners grand public

Le SnapScan 1200P, la version 600 x 1 200 ppp du SnapScan 310 EPP, bénéficie de tous les atouts qui ont fait le succès des 310 EPP : la numérisation couleur 30 bits, des images de grande netteté, une interface parallèle rapide pour une installation facile, la convivialité du pilote FotoSnap pour les novices en numérisation et la puissance de Fotolook pour un usage avancé. Il est livré en standard avec Ulead iPhotoExpress pour la retouche d'images, Caere OmniPage LE pour une reconnaissance de caractères efficace et Visioneer PaperPort avec ses fonctions d'archivage, de copie et fax. Il est proposé au prix de 1 190 FTTC.



Agfa s'est associé au lancement de Windows 98 et lance son nouveau scanner à interface USB le SnapScan 1212U. Windows 98 supporte totalement la nouvelle technologie d'interface USB (voir article plus loin) intégrée dorénavant dans la majorité des PC et portables récents.

Premier scanner de la gamme Agfa intégrant l'interface USB, l'Agfa SnapScan 1212U présente une résolution optique de 600 x 1 200 ppp avec un échantillonnage de plus de 68 milliards de couleurs, ce qui lui permet de restituer parfaitement et avec précision les couleurs et nuances de l'original. Prix tarif de 1 490 FTTC.

Les sites Agfa :

www.agfa.fr - www.agfa.com - www.agfa.worldnet.net

Agfa-Gevaert : Division des Systèmes Graphiques

13 Bd Henri Sellier BP 72 - 92 152 Suresnes CEDEX
Tél. 01 40 99 86 86 - Télécopie 01 40 99 88 10

MICROPLAN

Cette société créée en 1997 développe et commercialise un nouveau logiciel SIG intéressant les petites et moyennes communes en permettant, sur un simple ordinateur PC, l'accès simple et convivial aux différents plans utilisés dans les mairies (cadastre, POS, réseaux et documents techniques). Elle assume le conseil et la main d'œuvre pour la fabrication des données informatiques.

Ses produits sont :

- Le logiciel VICAD : L'outil de visualisation des informations classiques d'une commune. Formation restreinte des utilisateurs (une journée). Consultation rapide, conviviale et immédiate des documents, avec imprimante et mesures graphiques, mémorisation et personnalisation des données.

- Le logiciel VICAD PRO : Permet d'agir sur les données des plans en plus de leur consultation. Il s'adresse à des techniciens. C'est un outil de professionnel.

(Microplan - BP 85 - 4 rue de l'Expansion
67152 Erstein CEDEX
Tél. 03 88 64 80 80 - Fax 03 88 64 80 89)

Bathymétrie et imagerie, deux spécialités au service de tous ceux qui travaillent les pieds dans l'eau.

Fable aquatique

L'aigrette et le bathymaître

Une aigrette que la faim guette,
Du fleuve arpente le cours.
"L'onde est trouble, même le jour,
et sa profondeur m'inquiète.
Dans la vase le ver s'est niché
où mon bec ne peut le trouver."
Un bathymaître passait par là,
Avise la belle et dit "Hola,
Bec et pattes ne savent montrer
Ce que cartographie peut révéler.
Vieux capteurs dois remplacer
Nouvelles méthodes dois adopter."
L'oiseau, loin d'être sot
Se gratte la tête un court instant,
Puis convient qu'il est grand temps
De revoir ses moyens hydro.

Enfin... presque tous.



Acthyd vend et loue des systèmes de sondage ou d'imagerie à la communauté hydrographique française. La plus large gamme de récepteurs GPS au monde. Le meilleur rapport performances/prix en sondeurs mono ou multifaisceaux.

Distributeur officiel des marques Applied Acoustic Engineering Benthos, Trimble, Odom Hydrographic Systems, C-Max, Trittech International, Ore International, Woods Hole Instruments.

téléphone 01 69 91 43 43
mobile 06 07 44 07 31
télécopie 01 69 91 43 44

Forum Bentley

Dans le cadre prestigieux du toit de la Grande Arche de la Défense s'est tenu pour la troisième fois le forum Annuel Bentley, les 21 et 22 octobre. Cette manifestation a permis de réunir une trentaine de partenaires présentant leurs innovations sur les stands de l'exposition. Ce forum qui comportait également un cycle de conférences, a été riche en avant-premières puisqu'on a assisté en particulier à la présentation de :

- MicroStation Modeler® et MicroStation Triforma® dans leurs versions fondées sur le Modeleur Parasolid.
- La gamme complète ModelServer.
- La nouvelle solution d'ingénierie routière GEOPAK-Macao.

L'événement marquant a sans doute été le lancement de la version Java® de MicroStation® : MicroStation J®, base d'un nouveau concept : "l'Enterprise Engineering Modeling". Parmi les exposants proposant des produits en rapport avec les métiers de la topographie et des SIG, on a pu remarquer particulièrement ATLOG avec une nouveauté le "GEOVISUAL" (voir notre information par ailleurs), AZIMUT, CDI Développement, Générale d'information, Geotech, Graphland, JSInfo, Océ-France, XEROX...

Les Bornes IGN de l'Aventure

Créées en 1987 par l'Institut Géographique National, les Bornes IGN (analogie avec les bornes géodésiques), récompensent les hommes et les femmes qui ont accompli dans l'année écoulée les "aventures" les plus remarquables vécues dans l'un des trois milieux naturels : la Terre, l'Air, l'Eau. Les lauréats sont élus par leurs pairs. Une centaine d'"aventuriers" les élisent parmi les nominés sélectionnés par le "jury Bornes IGN" composé d'anciens lauréats, de journalistes, de personnalités compétentes. Selon les éditions, 4 à 6 nommés sont retenus pour chaque élément.

Cette année l'IGN a décidé de récompenser des aventures liées à la découverte et à la performance sportive. Par ailleurs, l'Institut décernera une borne européenne de l'aventure afin de féliciter les "aventuriers" non français qui, dans ce continent, réalisent des exploits.

Cette cérémonie annuelle de remise des trophées célèbre ainsi l'aventure à trois dimensions : la valeur humaine, la découverte de la nature et la performance sportive.

Cartographie informatique : IV^e rencontre régionale IGN

Afin de répondre aux questions que se posent élus et décideurs l'IGN organise chaque année une rencontre régionale sur le thème de la cartographie informatique.

La IV^e rencontre s'est déroulée les 1^{er} et 2 octobre derniers au Palais des Congrès d'Arles. La PACA, région exemplaire en matière d'usage de bases de données géographiques et pionnière sur des sujets aussi sensibles que l'aide à la maîtrise des feux de forêts, la concertation État-Régions en matière d'aménagement du terri-

toire, de protection de l'environnement et de gestion des risques a permis des échanges riches et fructueux.

L'IGN maîtrise l'ensemble de la filière. Il est aujourd'hui partie prenante dans l'ère de la société de l'information avec les nouveaux outils et les nouveaux moyens de communication : Internet, échange de données informatisées, SIG.

ATLOG : le geovisual



Geovisual est un logiciel de levé de terrain visuel. Entendons qu'il s'adresse à ceux qui réalisent des plans cartographiques à partir de levé de terrain topographique, qu'il permet ce levé en temps réel avec construction et visualisation instantanées. Geovisual fonctionne sous Windows sur ordinateur portable de terrain compatible PC. Il est adapté à de nombreux types d'appareils de levé et fonctionne sur MicroStation Powerdraft qui est la version économique de MicroStation sous Windows.

(ATLOG - 522 av. Reine Mathilde - 76520 Franqueville
tél. 02 32 86 86 00 - fax 02 32 86 86 01
disponible à partir du début 99)

L'AFT en conférence

Le président d'Honneur de l'AFT, Robert Vincent, Ingénieur de l'École Centrale de Paris, a tenu une conférence le 17 octobre sur "Paul-Adrien Bourdalouë, un inconnu célèbre", à la mairie de Sancerre, devant une assistance passionnée où il fut particulièrement brillant sur ce sujet qu'il a déjà traité avec maîtrise, en particulier dans un article très apprécié de XYZ (N° 68 - 1996).

Tutorat dans les TP

Les Travaux Publics sont la seule profession à avoir constitué dès 1996 un "Ordre des Tuteurs". La FNTF a mis en place cette structure dans le but de répondre à un besoin réel des entreprises : rajeunissement des effectifs, fidéliser les jeunes et former à la pratique à côté des formations théoriques.

L'accord fut signé le 19 septembre 1996 entre la FNTF, la FNSCOP et les syndicats de salariés des TP. Il

prévoit d'inscrire à l'ordre des tuteurs les salariés d'entreprise qui ont suivi volontairement une formation spécifique de 6 jours dans les Centres retenus par la profession, et qui ont exercé la fonction de tuteur en entreprise dans l'année suivant leur formation.

La profession organise une manifestation annuelle au cours de laquelle un tuteur est distingué dans l'Ordre des Tuteurs. Il reçoit un diplôme et une prime de 4000,00 F. En 1996 160 tuteurs ont été récompensés et à la fin 1998, l'Ordre comptera 347 tuteurs.



Un bizutage intelligent

Vingt maisons dans les arènes de Doué la Fontaine dans la Sarthe. 500 élèves-ingénieurs ETP : les écoles des Travaux Publics, de la Mécanique-Électricité, du Bâtiment et des Ingénieurs Géomètres.



Devant 120 VIP les personnes les plus influentes dans le monde de la construction et les chasseurs de tête, les élèves ingénieurs se sont livrés à des jeux de construction de maquettes en polystyrène des maisons régionales de France et du monde, avec une bonne dose de débrouillardise et l'aide de cutter. En plus, chaque équipe devait trouver un slogan ; une chanson, et une chorégraphie pour vanter leurs sponsors.

Ce séminaire d'intégration créé il y a onze ans (bien avant les réactions de Ségolène Royale) est organisé par les élèves de 2^e année dans un endroit différent, après Deauville, Chantilly, les Sables d'Olonnes, Bruxelles, c'est Doué qui a été choisi.

D'après H. FOMBARON, directeur adjoint de l'ESTP : "Le bizutage tel qu'il était pratiqué avant par certaines écoles était contestable, l'ESTP a mis en avant des valeurs comme dignité et fraternité. La philosophie de ce message tient en trois grands principes : le jeu, l'intégration, la transmission.

La journée s'est terminée par un forum débat avec les chefs d'entreprise, puis un excellent concert de jazz et un dîner où les participants firent connaissance avec le saumur brut.

Un ancien, E. GABRIEL, renchérit : "nous avons été les pionniers, créer une alternative au bizutage prouve que l'on sait anticiper et que l'on forme des gens responsables et respectueux de la personne humaine. L'idée était aventureuse, mais c'est désormais plus qu'une tradition, c'est une institution et notre label". ▼

TRIMBLE : les solutions GPS



TTS 500

Station optique qui vient s'ajouter à la famille des stations totales GPS. Sa technologie permet des mesures de distance sans prisme sur les sites où le signal est faible ou masqué. Trimble y introduit en plus la version 7.0 du logiciel Survey Controller pour le carnet de terrain TSCI et la version

1.5 du logiciel de dessin Trimble Survey Office. Ces deux nouvelles versions permettent un échange de données souples et transparentes entre les stations totales GPS 4700, 4800 et cette nouvelle TTS 500 ainsi d'ailleurs qu'avec les stations optiques et lasers d'autres fabricants. Cette interopérabilité entre GPS et instruments conventionnels optimise la productivité et permet au topographe d'utiliser un ensemble d'outils variés et adaptés à chaque situation.

Logiciel Trimble Survey Office version 1.5

Il fait partie intégrante de l'interopérabilité entre GPS et systèmes traditionnels. 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 existants sur le marché. Ce logiciel est compatible avec Windows 95 et NT.

Survey Controller version 7.0

Fonctionne sur le carnet de terrain TSCI, extrêmement résistant, facile d'utilisation. La conception orientée

terrain du logiciel guide l'opérateur dans la maîtrise des systèmes GPS et des instruments de mesures conventionnels lasers et stations optiques même fabriqués par les autres marques.

RTK/OTF bifrèquence MS 750

Un nouveau récepteur cinématique temps réel élaboré dans le cadre de systèmes GPS de haute technologie pour le guidage d'engins et les applications maritimes. 20 mm, 20 mesures par seconde et un temps de latence de 20 millisecondes (20 mm/20-Hz/20-ms). Il fournit une information GPS fiable pour guider avec précision les tracteurs, équipements miniers et engins de construction, pour effectuer des travaux maritimes et des études hydrographiques, pour piloter des navires. Sa sensibilité est assortie aux précisions horizontales de deux centimètres et verticales de trois centimètres.

Prêt à l'emploi, facile à intégrer et à configurer, il est compatible pour les corrections GPS différentielles à la fois aux formats RTCM et CMR (Compact Measurement Record) publiées par Trimble.

Le récepteur choisit ainsi la meilleure source de corrections pour assurer une navigation sans problème.

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

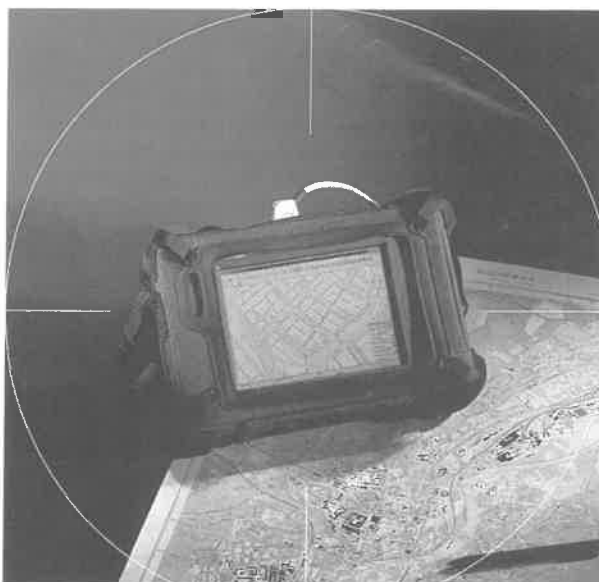
MAP 500 : un système d'information graphique de terrain

Cet ensemble logiciel constitue une véritable boîte à outils qui permet d'exploiter de façon optimale tous les systèmes de mesures topographiques. Il s'utilise comme une base de données SIG, comme un carnet de terrain électronique pour la commande directe des instruments, et comme numériseur pour vérifier sur place la justesse des mesures.

Avec une technologie GPS, avec des stations totales ou autres capteurs, ce système d'information graphique est une plate-forme de communication commune à tous. Que l'on fasse des mesures géométriques on line, que l'on introduise manuellement les données ou que l'on gère des attributs non géométriques, MAP 500 les traduit sous forme graphique pour en permettre la vérification visuelle immédiate.

Ce concept « système » est signé Carl Zeiss. Il fonctionne sous Windows 95 et Windows 3.1 sur différents ordinateurs portables « pen computer », et sur PC de bureau. Étanche, gainé de caoutchouc, spécial terrain, dimensions 25 x 17 x 5 cm, poids : 1,7 kg.

Qualité certifiée suivant Norme DIN ISO 90001/EN 29001
(Carl Zeiss – 60 route de Sartrouville – 78230 Le Pecq
Tél. 01 34 80 20 00 – Fax 01 34 80 20 01)



SUR NOTRE AGENDA

- | | |
|--------------------|---|
| 3-12-98 | XVI ^e Colloque AFT "Informatique et Topographie" – ESTP – CACHAN 94 – Renseignements à l'AFT |
| 4/5-12-98 | 4 ^e salon national des Ingénieurs CNIT/Paris – CNISF |
| 15/18-01-99 | Carrières... Autrement – Foyer de l'Arche de la Défense – LE PARISIEN |
| 22/23-01-99 | Assemblée G ^{ale} de la Fédération des Géomètres-experts – Hôtel Méridien Montparnasse – PARIS |
| 9/12-02-99 | MICAD Porte de Versailles – PARIS |
| 16/26-04-99 | 124 ^e Congrès des Sociétés Historiques et Scientifiques à NANTES
1, rue Descartes – 75005 PARIS |
| 18/21-05-99 | GEOTECHNICA 99 à COLOGNE (D) – Tél. 49 221 8810 – Fax 49 221 821 25 74 |
| 1/3-09-99 | INTERGEO 99 à HANNOVRE (D) – Tél. 49 72 931 3310 |
| 15/18-09-99 | Conférence ISPRS à MUNICH (D) – Tél. 49 89 282 2671 – Fax 49 89 280 9573 |
| 15/18-09-99 | ION-GPS 99 à NASHVILLE (USA) – Tél. 1 703 683 7101 – Fax 1 703 683 7105 |
| 20/24-09-99 | Semaine photogrammétrique à STUTTGART (D) – Tél. 49 711 121 3201 – Fax 49 711 121 3297 |
| 26/29-99 | Symposium "Global Navigation Satellite Systems" en ITALIE |

ANNONCES

• 77-4-(1)

JH, 26 ans, technicien en géomatique (Centre de Recherche et de Formation en Géomatique, CREFOGE) BTS d'action commerciale à l'ESARC. Formation à tous types de logiciels SIG, numérisation, scannérisation ou digitalisation, de cartes et plans en vue de bases de données. Langue anglaise lue, écrite et parlée. Cherche emploi. Tél. 06 82 18 75 81 ou écrire à la revue.

• 77-4-(2)

Ingénieur-géomètre topographe, 19 ans d'expérience en gestion de projets et dans les travaux d'aménagement civil et rural, cherche emploi, de préférence dans les pays de l'Océan indien. Connaissance informatique. Français et anglais parlé, lu et écrit. *Écrire à la revue.*

• 77-4-(3)

Ingénieur géomètre topographe souhaite acheter du matériel topographique optique d'occasion, en bon état, avec accessoires (théodolites, niveaux...). *Envoyer offre ou adresse à la revue.*

• 77-4-(4)

JH. 25 ans, ingénieur ESGT. Stage au Centre Spatial guyanais, stage de fin d'études à l'Observatoire de Paris (VLBI). Rédaction d'un mémoire classé A : validation des sessions d'observations de VLBI. Très motivé et dynamique. Cherche emploi d'ingénieur géomètre. Tél. 01 46 30 39 56 ou écrire à la revue.

• 77-4-(5)

"Le Pont Équipement" recherche un INGÉNIEUR COMMERCIAL. Mission : développer les ventes d'instruments de topographie (GPS et Stations Totales), assistance technique. Profil : Géomètre de formation ou possédant une expérience de terrain. Qualité de communication, de négociation et de conviction. Une expérience similaire à ce poste serait appréciée. Secteur d'activité et de résidence, le Sud de la France. *Lettre, CV et photo adressés à : Le Pont Équipement, M. Blondel, 21 boul. Littré - 78600 le Mesnil le Roi. Ou écrire à la revue.*

• 77-4-(6)

URGENT ! Recherchons géomètre, formation ingénieur ou similaire pour chantier en Belgique. Mission : implantation de pieux en XYZ, à partir de plans. Possibilité de CDI si bonne adaptation à l'entreprise. Tél. 03 87 07 67 07. *Ou écrire à la revue.*

• 77-4-(7)

H. 37 ans. Nationalité canadienne. Diplôme et expérience internationale d'architecte. Études en CAO-DAO. Actuellement conseiller en recherche et développement (bâtiments publics, Montréal). Langues : français, anglais, hongrois, arabe. Étudie toute propositions d'emploi (informatique, architecture, urbanisme). Tél. 01 48 55 98 51 ou écrire à la revue.

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

DE LA DÉFENSE DES INTÉRÊTS DE LA FRANCE

Libres propos – Libres propos – Libres propos – Libres propos

L'adoption de l'anglais comme langue unique de travail à la FIG a suscité çà et là diverses réflexions et prises de position que je comprends et respecte : la girouette des vents linguistiques est en effet impitoyable, et notre ego historique et culturel en subit forcément quelques convulsions. En outre, il est terriblement frustrant de ne pouvoir communiquer avec autrui quand on se trouve condamné à subir le fait, mais cette nécessité présente de l'anglais ne doit pas conduire à une quelconque forme d'autisme collectif, avec manifestations de rejet de ceux qui ne nous font pas l'honneur et le plaisir de parler notre langue. Le grec, le latin et le français ont eu leurs heures de gloire, l'espéranto n'est resté qu'un beau rêve, et l'anglais "pratique", qui relève surtout de l'anglo-américain, s'est progressivement imposé à tous pour continuer d'une autre façon ce qui a toujours été, ce qui doit toujours être et qui doit plus que jamais s'intensifier : la communication et l'échange entre peuples de langues et de cultures différentes. Inutile de se commettre en clichés et lieux communs sur le commerce mondial, Internet et le World Wild Web pour illustrer ce propos.

Pour avoir complété ma formation à l'étranger, pour avoir travaillé depuis près de 25 ans dans un organisme scientifique européen (le CERN), pour avoir œuvré depuis des années à ce que notre représentation à la FIG soit plus forte et mieux adaptée aux circonstances présentes, je tiens tout d'abord à rassurer les esprits inquiets : on n'y perd ni son âme ni sa culture, on y gagne connaissance, sagesse et modestie en toutes formes d'exercices comparatifs, et on en ressort finalement plus proche et plus riche de ses propres origines – vaines et vilaines prétentions en moins... – D'autre part, pour ce qui concerne la Science, elle a évidemment son propre vocabulaire spécialisé, plutôt complexe, mais l'essentiel sémantique s'exprime en concepts, raisonnements, postulats ou équations qui relèvent purement d'une rigoureuse logique. La communication scientifique est moins riche en finesses linguistiques que ne le sont la philosophie, la littérature ou les beautés de la poésie.

Car enfin qui a perdu quoi dans cette affaire ? Quand les trois langues officielles étaient encore statutairement "en usage", il n'y a jamais eu traduction simultanée (fort coûteuse) sur l'ensemble des sessions simulées d'un Congrès ou de cette rencontre

annuelle maintenant baptisés "Working Week". Le plus souvent, seules les salles du Comité Permanent et des rares sessions plénières étaient équipées de cabines de traduction et pourvues en traducteurs – plus ou moins bons, plus ou moins rapides et parfois vite à court de vocabulaire technique approprié. Le français nous arrivant dans les écouteurs pouvait être pire que le mauvais anglais de l'intervenant parlant ce sabir anglo-saxon évoqué par Jack Biquand dans son éditorial... Voilà le peu qu'ont perdu les francophones monolingues quand ils prenaient la peine d'assister aux rares séances traduites.

Quant à ce qu'ils n'ont pas gagné, quant à ce que toutes nos professions de "géomètres" finiraient par perdre par absence totale de visibilité de la France dans les échanges techniques, scientifiques et relationnels au sein de la FIG (je ne parle pas ici des autres représentations), c'est la génération à venir – celle qui doit se battre et s'ébattre dans l'espace européen – qui en souffrira, et ce n'est pas un très beau cadeau à lui faire.

Les temps changent, la FIG change, les statuts changent : on peut éventuellement s'organiser autrement mais il serait déplorable de "décrocher" totalement pour ces seuls motifs. Il est temps que les dirigeants et décideurs monolingues qui se réservaient cet agréable privilège aient la courageuse sagesse de déléguer à de plus jeunes collègues parlant anglais... Le jardin à cultiver n'est plus hexagonal, et cette obligation "pratique" est présentement indispensable à qui veut tracer quelques sillons européens. Nos vieilles histoires sur la "perfide" Albion et le souvenir de nos grandeurs passées n'ont pas grand-chose à voir dans cette affaire : la bataille est économique, et les atouts majeurs (outre la compétence) sont en la capacité de convaincre – avec parfois la nécessité de s'allier à eux – tous ces gens qui ne nous font pas l'honneur et le plaisir de parler notre si belle langue...

Michel Mayoud,

Vice-président de l'AFT,

*président du Comité Français
de Représentation à la FIG,*

*président de la Commission 6/FIG
(Engineering Surveys).*

16 octobre 1998

Libres propos – Libres propos – Libres propos – Libres propos

EN FRANÇAIS ET EN LANGUES ÉTRANGÈRES



intergeo 98 wiesbaden

82^{ème}
geodätentag

Robert Chevalier

Comme chaque année, INTERGEO organisé cette fois à WIESBADEN, du 23 au 25 septembre a obtenu un succès considérable.

En effet plus de 14 000 visiteurs ont visité 246 stands, répartis sur 6 halls et représentant 13 nations.

L'AFT est une habituée de cette manifestation depuis longtemps, jusqu'à ce jour en tant que visiteur et invité, dans le cadre des excellentes relations qui l'unissent au DVW, organisateur du salon.

Cette année un nouveau pas a été franchi, puisque l'AFT présentait un stand, certes modeste, mais qui portait à 3 (!) le nombre des stands français (avec DAS-SAULT/SERCEL et les bornes FENO).

À l'évidence cet événement est peu connu des professionnels français, et on ne peut que le déplorer, compte tenu de l'importance et de l'intérêt de celui-ci.

Un de nos objectifs était non seulement de faire connaître nos actions dans le domaine de la connaissance des sciences géographiques, en les élargissant sur le plan international, mais aussi d'attirer pour leur plus grand bien, des firmes et visiteurs français sur cette manifestation.

(Photos André Bailly)





Objectif plutôt bien atteint, puisqu'à la suite d'un mailing adressé à de nombreux professionnels, un certain nombre d'entre eux a répondu à notre invitation.

Leur participation et leur engagement à nos côtés se concrétisèrent par la mise à disposition de posters présentant des produits phares de la technologie française (SpotImage, IGN, EDF/MENSI et son capteur SOISIC...) ou des actions en faveur de l'export (ACTIM).

D'autres étaient fournis par des sociétés privées (AERIAL, Fogale-Nanotech, Batibornes, Tellura, Faynot...) mais tous ont concouru à rendre ce stand attractif et intéressant.

Toujours dans la logique de services rendus à nos partenaires, des plaquettes de présentation de leurs produits ou de leur société (EDF, ACTIM, MATRA, PC VISION... étaient proposées aux visiteurs, tandis que notre stand était utilisé comme lieu de rendez-vous pour des contacts avec d'éventuels partenaires étrangers (KARTES, DIA-PRINT, EUROBORNE...) avec le concours de nos collègues alsaciens qui assuraient la traduction.

Les écoles d'ingénieurs françaises n'étaient pas oubliées puis nous présentions également des affichettes sur l'ENSAIS, l'ESGT, l'ESTP, l'ENSAIS et l'ENC.

De très nombreux visiteurs, allemands bien sûr, mais aussi italiens, belges, luxembourgeois, marocains... (et

français!) nous firent l'amitié de s'intéresser à nos activités en venant bavarder sur le stand, tout en appréciant l'accueil "à la française" grâce à la prévoyance du président Bailly qui avait apporté de quoi se désaltérer et se restaurer sur le pouce.

Ces contacts nous permirent de constater une fois de plus, que dans les milieux un tant soit peu instruits et cultivés, la langue française est plus répandue que l'on croit.

Déjà un grand projet se dessine pour l'AFT : en 1999 Intergeo se tiendra à Hanovre du 1^{er} au 3 septembre.

Pourquoi pas un stand plus important permettant d'accueillir par voie de posters, d'affiches ou tout autre support de communication, des sociétés françaises qui ne peuvent pas ou ne veulent pas investir dans un stand, mais qui pourraient aussi, se faire connaître, par le biais de l'AFT, laquelle deviendrait ainsi le porte-drapeau des professionnels français à l'export.

On se prend aussi à rêver d'un futur CITOP qui pourrait être un Intergeo à la française. Mais compte tenu des différences d'état d'esprit que l'on constate par rapport à nos voisins allemands, comment attirer autant d'exposants et de visiteurs, si ce n'est en fédérant tous les acteurs des différents secteurs de la vie professionnelle et en informant les diverses organisations françaises (CFR FIG, OGE, AFIGEO, CFC, SFPT, CNFGG et FIEF).



sur le stand
AFT
au
centre
M. Platen (DVW)
et
Mme Seghers

forum technique à l'ENSG

Claude Million

GPS

Le 30 septembre 1998 s'est tenu, dans le cadre prestigieux de l'ENSG, un forum sur les techniques GPS comprenant des expositions et des démonstrations des matériels et des logiciels, et des conférences qu'on peut qualifier, sans exagération, de magistrales.

La manifestation a rassemblé un public assez nombreux pour presque remplir totalement l'amphithéâtre CAUCHY lors de la tenue de deux conférences, l'une dans la matinée traitant de l'utilisation de GPS pour la localisation et le guidage des engins de terrassement, et plus généralement des engins de travaux publics faite par deux chercheurs du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, et un utilisateur d'une entreprise qui avait participé aux essais, après une introduction du directeur de l'École Nationale des Sciences Géographiques, qui a présenté l'école qu'il dirige, les contributions de l'IGN dans l'utilisation de GPS, et les conférenciers, l'autre l'après-midi sur l'équipement géodésique national par M. Claude Boucher, directeur du Laboratoire de Recherches en Géodésie à l'IGN, qu'il est inutile de présenter tant il est connu dans notre profession.

Parmi les exposants qui, à la demande, ont fait des démonstrations de réceptions en extérieur, en temps réel, sur le terrain de football situé devant l'école, on remarquait une forte participation de Dassault-Sercel-Nikon, stand de matériel Français très entouré et très sollicité.

Leica Geosystems qu'il est également inutile de présenter, cette Société ayant toujours été en pointe sur GPS et ceci depuis le début en 1984, présentait, avec une compétence qui ne se dément jamais, un matériel de réception-transmission-traitement en temps réel pour DGPS.

Ashtec représenté par la société Martec exposait, en dehors de son matériel traditionnel bien connu, des matériels de réception totalement dépouillés, mais moins chers, permettant aux Universitaires, Archéologues et autres usagers impécunieux d'utiliser GPS pour l'enseignement, la Recherche et les fouilles etc.

On notait, également, la présence de Trimble, et de ses trois distributeurs (Acthyd, D3E, Le Pont Équipement) avec sa gamme extrêmement étendue de récepteurs, stations de base et transmetteurs de toutes tailles et de toutes précisions, et ce, avec des prix très compétitifs.

On a remarqué la société Carl Zeiss laquelle ne présentait pas directement de récepteur GPS, mais une gamme de Stations totales motorisées ou non et de niveaux automatiques à faire rêver.

La société Geotronic était représentée par Spectra Precision.

On notait, évidemment, la présence d'un stand de l'AFT, modeste, mais très entouré.

La pertinence des questions posées montrait que l'assistance n'était pas composée que de curieux et d'élèves, ces derniers par ailleurs assez nombreux, mais de professionnels, souvent chevronnés. On a noté dans l'assistance la présence de nombreux collègues utilisant couramment GPS et ayant réalisé des chantiers dignes d'intérêt, notre Revue accueillerait volontiers leurs articles sur ces sujets, comme elle le fait toujours.

La conférence du matin a montré à quel point les chantiers de travaux publics étaient prêts à accueillir des récepteurs GPS associés à des systèmes, devenus traditionnels, de nivellement laser sur les engins de terrassement, compactage et finissage des chaussées, et les avantages qu'on pouvait tirer de cette utilisation. On a noté, avec le plus grand intérêt, la création du banc d'essai permanent des récepteurs GPS destinés à équiper les engins de travaux publics en mouvement, par le laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

La conférence de l'après-midi a permis à M. BOUCHER de décrire, dans le détail, les relations très étroites qui existent entre GPS et l'équipement géodésique national depuis qu'en 1991 la localisation des points géodésiques par triangulation a été supplantée par ce nouveau système. Les progrès techniques de GPS dûs tant au matériel qu'aux moyens et méthodes, mises au point à l'IGN et ailleurs pour s'en servir, ont, semble-t-il, débordé les conceptions et les décisions du CNIG, et ont forcé cet organisme à réviser plusieurs fois ses recommandations, à un point tel que seul les observateurs extérieurs très attentifs sont capables de s'y retrouver aujourd'hui. C'est dire que cette conférence était la bienvenue. Ce n'est pas sans humour que le conférencier a abordé un sujet pourtant austère et rébarbatif, qui, pourtant ne doit pas être passé sous silence tant l'avenir va dépendre des décisions qui seront prises ou qui ont déjà été prises. Il est évident qu'un exposé accessible au plus grand nombre s'impose (dans les Revues par exemple), tant il apparaît indispensable que le CNIG soit informé des réactions des futurs utilisateurs, qui sont, probablement, loin d'être en complet accord avec l'avenir qu'on leur prépare.

Au total, une journée parfaitement réussie, bien organisée dans un cadre extraordinaire, un public de choix qui lui a donné le succès qu'elle méritait, l'ENSG a tout intérêt à être bien connue.

Le "modeste" stand AFT.

Le président Bailly avec Jean Denègre.



cadastres ruraux et spot

deux
solides
références
en
Amérique
latine

Françoise Axès – Spot Image – Ingénieur Études et Projets



Travaux de mesures géodésiques et topographiques au Nicaragua.

Les images Spot sont aujourd'hui de plus en plus utilisées pour la création et la mise à jour de cadastres informatisés.

En Amérique Latine, après avoir remporté fin 1996 les appels d'offres lancés par la Banque Mondiale et la Banque Interaméricaine de Développement, Spot Image s'est engagé dans la réalisation et la supervision de deux projets qui devraient s'achever au début de l'année 1999.

Ces deux projets combinent :

- les outils et méthodes d'acquisition et de levé de l'information (images Spot, photographies aériennes, GPS),
- les équipements informatiques permettant de gérer d'importantes bases de données et de traiter l'information numérique issue de la photo-interprétation ou de la restitution photogrammétrique,
- les nouveaux outils de manipulation de l'information spatiale que sont les systèmes d'information géographique.

En **Argentine**, la Banque Mondiale a accordé à la Direction Générale du Cadastre de la province de Corrientes un prêt pour numériser et remettre à jour le cadastre destiné à alimenter le futur système d'information territorial (SIT). Ce SIT permettra en particulier à la Direction Générale de calculer l'impôt foncier, dans le cadre du programme d'assainissement financier instauré en Argentine au niveau fédéral. Le consortium international Spot Image, Trenque Rives Saint-Chamant, Aeroespacio est en charge de la partie "cartographie et individualisation parcellaire" de ce programme, pour un montant de 4,5 millions de dollars. Sa mission est de fournir une base de données cadastrales entièrement numérique, sur l'ensemble du territoire de Corrientes (en-

viron 89 000 km² et 250 000 parcelles urbaines, périurbaines et rurales).

Au **Nicaragua**, la Banque Mondiale finance un projet de modernisation de l'agriculture et de régularisation du droit de propriété foncière, dans le cadre d'une réforme agraire et d'un large programme de développement économique et de gestion durable de l'environnement. L'une des composantes clés du futur "système d'information territorial" est la création d'un cadastre rural, qui permettra la distribution de titres de propriété et la mise en place d'un système d'enregistrement des terres.

Il s'agit d'un projet de transfert de technologie consistant à mettre au point, en collaboration avec l'Institut Nicaraguayen des Études Territoriales (INETER), les méthodes de création du cadastre informatisé sur des zones pilotes représentatives des différents types de parcellaire : petit parcellaire lié à une agriculture intensive à l'ouest (coton, café, bananes) et grand parcellaire à l'est, dans des zones quasiment inexplorées.

À l'issue de ces tests seront émises les recommandations méthodologiques pour l'extension des travaux à l'ensemble du pays (130 000 km²). Le projet comporte également la fourniture de données Spot sur tout le territoire, la fourniture de logiciels et matériels informatiques nécessaires à la gestion et l'actualisation du cadastre, ainsi qu'un volet important d'assistance technique et de formation du personnel de l'INETER.

UTILISATION DES IMAGES SPOT POUR L'INFORMATISATION ET LA REMISE À JOUR D'UN CADASTRE RURAL

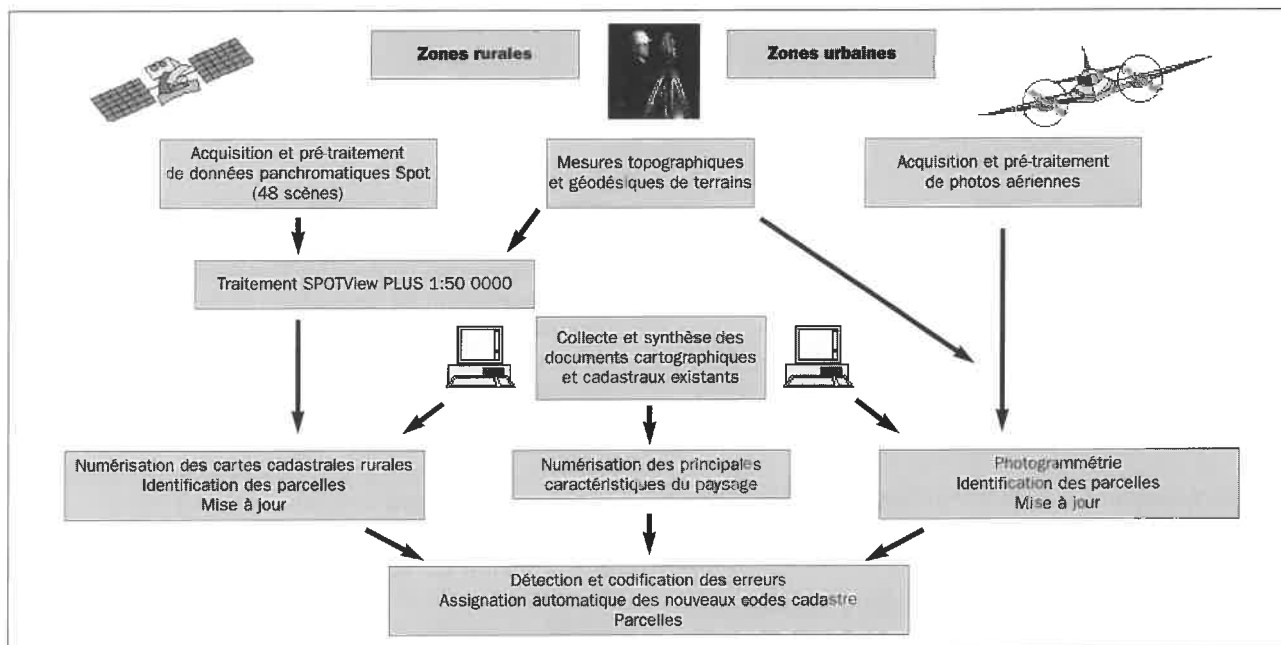
Les principales étapes méthodologiques développées dans les deux projets supervisés par Spot Image sont les suivantes :

- programmation des satellites Spot,
- acquisition d'images Spot panchromatiques (résolution 10 m) sur l'ensemble du territoire,
- planification des campagnes aériennes (délimitation précise des zones urbaines et périurbaines à survoler) et des travaux géodésiques et topographiques,
- réalisation de mesures GPS et de levés topographiques, fournissant des points d'appui utilisés à la fois dans le volet rural (correction des images satellitaires) et dans le volet urbain et périurbain (photogrammétrie ou orthophotos),
- recueil et analyse des plans existants et de la documentation cadastrale associée,
- production de spatiocartes numériques sur la totalité du territoire, selon le découpage cartographique standard du pays, éditées sur papier et film,
- production du squelette géométrique de base pour la cartographie cadastrale en prenant comme réfé-

rence la spatiocarte Spot en milieu rural, les photographies aériennes en milieu urbain : numérisation des cartes topographiques, intégration des limites administratives, et remise à jour des éléments stables du paysage (routes, voies ferrées, réseau hydrographique,...) par photo-interprétation assistée par ordinateur,

- production de plans cadastraux préliminaires : numérisation des plans cadastraux existants, corrections géométriques pour les rendre superposables aux spatiocartes, comparaison des limites de parcelles sur l'ancien cadastre et sur les images, permettant la remise à jour raisonnée du cadastre rural : détection des principales erreurs, correction des erreurs les plus évidentes, codification des erreurs restantes pour les enquêtes de terrain ultérieures,
- compléments d'enquêtes de terrain,
- résultats d'enquête dans le système d'information et production des planches cadastrales actualisées.

En milieu rural, les images Spot permettent de travailler aux échelles du 1/50 000 en Argentine, du 1/25 000 au Nicaragua. Les deux dernières étapes ne sont pas incluses dans le projet argentin, mais font l'objet de tests sur les zones pilotes dans le projet nicaraguayen.



Méthode de mise à jour du cadastre de la Province de Corrientes en Argentine

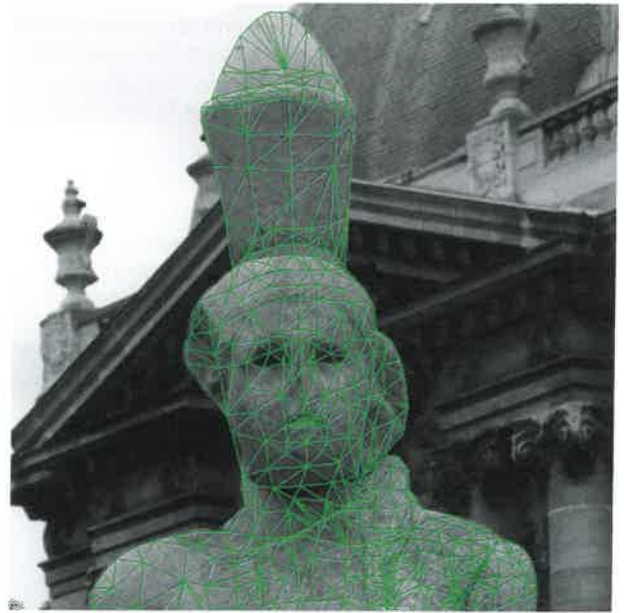
NÉCESSITÉ D'UNE IMPLANTATION LOCALE ET D'UNE CAPACITÉ D'INTÉGRATION DES DIFFÉRENTS MÉTIERS DU CADASTRE

Pour mener à bien ces deux projets, Spot Image a installé en Argentine et au Nicaragua, dès le début 1997,

deux véritables centres de production permettant d'analyser de volumineuses archives papier, puis de traiter de manière informatique les plans et la documentation cadastrale.

À Corrientes comme à Managua, une équipe permanente de plusieurs personnes assure la gestion tech-

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.**



nique et administrative quotidienne du projet, en relation étroite avec un chef de projet basé à Toulouse, ainsi que la coordination générale des travaux réalisés par les partenaires et les sous-traitants de Spot Image dans les différentes professions concernées.

Il s'agit de géomètres experts, de topographes, de cartographes, de spécialistes de photo-interprétation, de sociétés de photogrammétrie, de sociétés de développement informatique, de sociétés de formation.

La production est assurée par du personnel recruté localement. En Argentine, par exemple, l'équipe locale, installée dans la ville de Corrientes, organise et contrôle le travail d'une quarantaine d'étudiants et d'une soixantaine de personnes du cadastre qui ont été formés aux nouvelles techniques de traitement de l'information. Le travail de préparation de la documentation est réalisé au sein même des instituts cadastraux concernés, les traitements informatiques ont lieu dans les locaux du consortium.



Centre de production installé à Corrientes, en Argentine

LES DONNÉES SPOT, UNE ALTERNATIVE INTÉRESSANTE POUR RÉDUIRE LES COÛTS ET LES DÉLAIS DE RÉALISATION DE CADASTRES NUMÉRIQUES

Les projets de cadastre en cours dans le monde doivent être terminés dans des délais très brefs allant de 2 à 5 ans.

L'expérience montre que l'utilisation des spatiocartes Spot permet la réalisation rapide d'un premier cadastre informatisé. Les spatiocartes sont particulièrement utiles pour planifier les campagnes d'acquisition de photographies aériennes sur les zones urbaines et les zones d'extension périurbaine récentes, et les campagnes de levés de points d'appui.

Elles permettent d'aboutir rapidement à un squelette géométrique des limites cadastrales, actualisé et homogène sur grandes superficies. Elles permettent enfin de mieux préparer les travaux ultérieurs de recensement ou de délimitation foncière, et par conséquent de diminuer considérablement les coûts et les délais de production.

Les spatiocartes Spot jouent un rôle primordial dans une approche progressive pour la mise en place des systèmes d'information cadastraux : définition des zones prioritaires à enquêter, amélioration progressive de la précision géométrique par les levés de terrain et les méthodes classiques, extension aux autres zones quand les ressources financières du pays et la volonté politique le permettent.

Enfin, les spatiocartes Spot servent aussi de référence cartographique pour les autres applications dans le cadre de ces "systèmes d'information territoriaux" à finalités multiples.

La résolution de 2,5 m du prochain satellite Spot 5 constituera un atout supplémentaire pour ce type d'application.

*(Avec l'aimable autorisation
de "SPOT MAGAZINE")*



un véhicule bien français

par Robert Chevalier

PEUGEOT-DANGEL 4x4

La société DANGEL, spécialiste des applications de systèmes 4 roues motrices sur des véhicules de constructeurs généralistes, a commencé à se créer une réputation vers la fin des années 70 avec le développement des Peugeot 504 break et Pick-up, qui ont rapidement connu une grande popularité, en particulier dans les pays à réseau routier peu développé :

Ceux qui connaissent les pistes africaines ont le souvenir de ces 4x4 reconnaissables à leur style relevé et aux grosses roues de 16 pouces, qui se sont forgés une image d'efficacité et de fiabilité (bon nombre d'entre eux sont encore en service...).

En 1986, les Peugeot Dangel 505 break 4x4 prirent le relais jusqu'à l'arrêt de fabrication du véhicule de base en 1991. À la même époque apparurent des adaptations de transmissions intégrales sur des véhicules de type VP, tels que Peugeot 305 en 84 puis 309 GTI 16V en 89.

Parallèlement la production s'est orientée sur l'équipement de véhicules utilitaires, en partenariat avec le groupe PSA et FIAT. Ce furent : le Peugeot Dangel J5 en 87, le Citroën Dangel C15 en 91, les Boxer/Jumper/Ducato depuis 95 sur base fourgon, produit par Peugeot/Citroën/Fiat, tous ces véhicules permettant une excellente alternative route et tous chemins.

Fort de cette riche expérience, Dangel a présenté au Mondial de l'Automobile une nouvelle génération de 4x4 légers, sur la base du Peugeot Partner, petit véhicule apte à satisfaire nos collègues géomètres-topographes grâce à sa polyvalence, son volume utile et un budget raisonnable.

La gamme disponible à la fin de l'année comprendra une version V.P. (moteur essence de 1.8 l) et 2 versions V.U. (essence 1.8 l et diesel 1.9 l). Par rapport au modèle de base, ces véhicules présentent les caractéristiques suivantes :

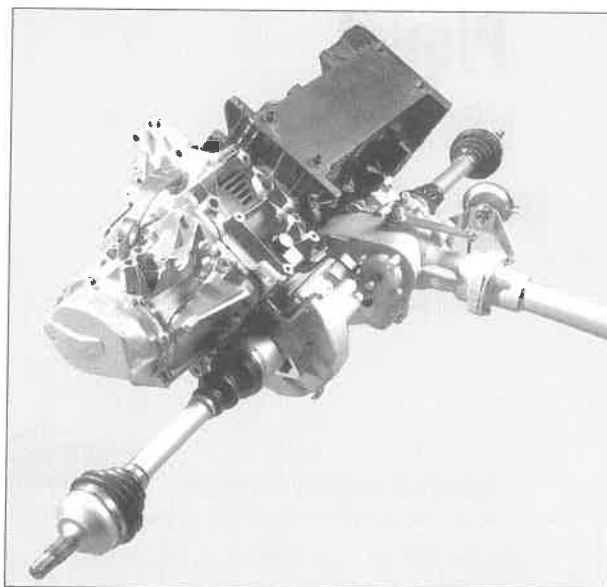
Transmission 4x4 débrayable : boîte de transfert avec différentiel central à répartition de couple AV/AR (en option : réducteur de vitesse avec rapport 1/1,72) trans-

mission longitudinale reliant la boîte de transfert au pont arrière sans aucune liaison avec le soubassement, pont arrière suspendu (avec verrouillage de différentiel en option).

Suspension : traverse arrière et bras tirés de suspension spécifiques intégrant l'accrochage du pont AR et les transmissions transversales (les liaisons au sol gardent les géométries et formes du modèle de base).

Garde au sol : la caisse est rehaussée de 70 mm, tandis que l'adoption de pneumatiques de plus grandes dimensions (190/70/R15) augmente encore de 30 mm. la garde au sol, portant celle-ci à 215 mm.

Les caractéristiques générales du Partner restent inchangées. Le poids en ordre de marche passe cependant à 1335 Kg. Malgré son petit gabarit la hauteur de caisse est importante. Attention aux branches basses sur les chemins forestiers...



GPS

Tout sur le GPS en trois modules
du 29 mars au 1^{er} avril 1999

6 et 8 avenue Blaise Pascal
Cité Descartes - Champs-sur-Marne
77455 Marne la Vallée cedex 2



ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES

Catalogue des
formations 1999



NOUVEAU !!
SIG et systèmes de coordonnées
SIG et données GPS

renseignements et inscriptions

Téléphone : +33 (0)1 64 15 31 20

Mel : Cfp@ensg.ign.fr

Télécopie : +33 (0)1 64 15 31 27

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



**Piquet
verrou,
accrochez
vous !**

NOUVEAU



PIQUET-VERROU, A LA POINTE DE LA RESISTANCE !

Le nouveau piquet-verrou d'Eurobornes allie performance et efficacité, deux qualités que vous retrouverez dans tous les services de la société :

- les études techniques sur-mesure
- la livraison de votre commande dans les meilleurs délais, par nos soins ou par transporteur,
- des conditions de paiement exceptionnelles.

Notre produit vous intéresse,
Renseignez-vous !

**100%
GARANTI**
Si votre produit
est défectueux,
Eurobornes s'engage
à le remplacer.

web: <http://www.eurobornes.com>

EUROBORNES
L'imagination-service

email: eurobornes@eurobornes.com

SAINT-SIXT, BP 122. 74804 LA ROCHE-SUR-FORON Cedex. Tél. 04.50.25.81.32 - Fax 04.50.03.33.71.

Alpache

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 bifréquence :

- 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

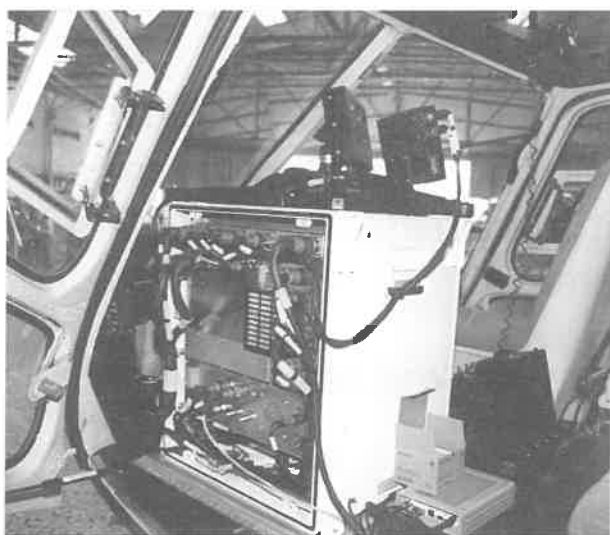


*Le nouveau
récepteur 4700*

 **Trimble**

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

Systeme "TOPEYE"



Les 23 et 24 septembre chez EUROCOPTER à Marignane le département Topo de la firme Suédoise SAAB bien connue pour ses productions aéronautiques et automobiles, présentait son système "tous temps" de levé par laser aéroporté par hélicoptère (voire par avion mais avec une moindre plage d'applications).

Participaient à cette démonstration une cinquantaine d'invités (utilisateurs potentiels) venus du monde entier. Parmi eux un observateur de l'AFT.

Le système baptisé "TOPEYE" qui sera décrit dans notre prochain numéro par ses concepteurs présente l'avantage de pouvoir être mis en œuvre quelles que soient les conditions météorologiques et sous tous les climats. Positionné par GPS il est intégralement informatisé, produit des images numériques et offre la possibilité de travailler en temps réel.

Un pas de plus vers le tout numérique tout informatique...

Univers carto 28



Univers carto 28 est tenu les 23 et 24 septembre à Chartres sur l'espace chartrexp. Outre l'IGN, ce salon de "la cartographie numérisée" réunissait 53 exposants occupant une quarantaine de stands dont celui de l'AFT. On y exposait du matériel informatique (stations DAO, traceurs, scanners), on y rencontrait les constructeurs de matériel de topo, les concepteurs de logiciels (SIG, CARTO, DAO, CAO, impression), des prestataires (numérisation, façonniers, intégration).

La Direction Générale des Impôts de Chartres était présente, avec elle étaient signées, sur l'expo elle-même, deux conventions regroupant les gestionnaires de réseaux et 42 communes pour la numérisation du plan cadastral.

Au long de ces deux journées, les visiteurs ont assisté à différentes conférences, dont celles de messieurs Bacon et Boullard pour l'AFT avec pour thème : "constitution d'un Modèle Numérique de Terrain".

1077 visiteurs enregistrés : des collectivités locales, des gestionnaires de réseaux, des professionnels de la cartographie. Des étudiants et des entreprises visiteurs se sont succédés pendant ces deux jours. L'AFT était visitée par de nombreux étudiants venus s'informer sur les débouchés de la profession et les formations existantes.

Il était encourageant pour notre métier d'entrevoir des perspectives favorables du fait de l'explosion des techniques et des champs d'applications élargissant nos horizons professionnels.

Les exposants représentaient un échantillonnage assez bien diversifié des acteurs du métier : concepteurs, fabricants, opérateurs et utilisateurs. On peut espérer de nombreuses retombées (la décision d'équipement de services cartographiques à l'ex DDA, une bourse d'échange départementale, deux conventions signées, et les nombreux contacts et échanges entre exposants dont certains ont même réalisé des ventes directes.) En conclusion, notons en particulier :

- le développement des multi-utilisations des SIG, notamment en agriculture.
- l'arrivée d'Internet.
- l'utilisation de plus en plus répandue du GPS sur engins mobiles pour acquisition instantanée des données terrain (X, Y et même Z!).



Photo André Bailly

OGE – AFT – FIEF

un stage consacré aux domaines de l'export pour le géomètre-expert

J. Gastaldi

Placé conjointement sous l'égide de l'Ordre des Géomètres Experts, de l'Association Française de Topographie (AFT) et de la Fédération Internationale pour les Études Foncières (FIEF), organisé par celle-ci, un stage intitulé "le géomètre à l'export" s'est déroulé les 17 et 18 septembre à Paris dans les locaux de l'ordre des géomètres.

Vingt et un géomètres experts assistaient à ce stage.

L'objet du stage était d'inventorier les différents organismes qui, ayant compétence dans les domaines de l'activité à l'étranger, sont de nature à prêter leur concours ou à servir de référence aux géomètres français désireux d'exporter leur savoir faire et leur activité.

Au demeurant le témoignage de trois géomètres exportateurs a été présenté.

Ouvert par un exposé des trois présidents (OGE, AFT, FIEF) le stage était ainsi structuré.

- Administrations et institutions françaises.
- Institutions relevant de la communauté internationale.

Les unes et les autres ont été appelées à démontrer leur rôle, leur organisation et leur mode d'intervention.

Au titre du premier groupe, sont intervenus :

Madame WOOD au titre de la COFACE ;

M. NOISSETTE au titre du ministère
des affaires étrangères ;
M. COUZY au titre de l'IGN-France international ;
M. LEYRAT au titre du centre français
du commerce extérieur ;
M. CORNUAULT au titre de l'ACTIM-CFME ;
M. DELMAIRE au titre de la Banque
de développement des PME.

Au titre du second groupe, sont intervenus :

M. GAFFRÉ, délégué permanent auprès
de l'Union européenne ;
M. DECAUX, au nom de la Banque Mondiale ;
M. HARIRI, au nom de la Banque interaméricaine
pour le développement ;
M. RIDDELL, au nom de la FAO.

En outre :

M. KASSER, directeur de l'École Supérieure des Géomètres a exposé les différents aspects de la formation dans le contexte international et a présenté la formation du Mastère de politique foncière et de cadastre du conservatoire national des arts et métiers ;

M. VALLA, trésorier du FIEF a présenté une analyse des structures d'organisation comptable ayant à être mises en œuvre par les cabinets, groupements et consortiums dans le cadre d'activités d'exportation.



LA REPONSE A TOUS VOS BESOINS EN INFORMATIQUE CARTOGRAPHIQUE

✓ AUDIT-CONSEIL

✓ LOGICIELS CAO,
DAO et SIG

✓ DEVELOPPEMENT
D'APPLICATIFS

✓ FORMATION
ASSISTANCE

✓ DONNEES
CARTOGRAPHIQUES



Gestion du parcellaire
et de l'urbanisme



Gestion
de cimetière



Gestion des réseaux :
Eclairage public
Eau, Assainissement...



Gestion de patrimoine :
bâtiments, espaces verts...

291, boulevard Clemenceau - 59700 Marcq-en-Barœul
Tél. 03 20 65 03 44 - Fax : 03 20 65 07 76 - E-mail : infos@i2g.fr

Les orientations essentielles pouvant être dégagées des exposés et entretiens, formulées au cours du stage peuvent être résumées comme suit :

- La problématique foncière connaît progressivement, à l'étranger, un intérêt croissant du fait des perspectives de développement des pays ou des changements des régimes politiques.

- L'offre française en matière de politique foncière, d'opérations foncières, de procédures d'identification foncière, de cadastre, d'aménagements et de projets de développement est effectivement qualifiée pertinente et disponible. Il en est de même pour toutes opérations reposant sur la topographie, prise en son sens large.

- Sans écarter les initiatives individuelles, il apparaît que, le plus souvent, l'offre en ces domaines doit, pour être concurrentielle, être organisée en groupements, consortiums et autres formes. Ceci permet d'intégrer le foncier dans une offre globale et puissante ; cette offre doit, autant que faire se peut, associer des spécialistes eux-mêmes structurés dans le pays objet de l'offre.

- Nous souffrons généralement d'un handicap en matière linguistique. Cet écueil doit être surmonté par une préparation déterminée. Tout français ne sera présent en tant que tel que dans la mesure où il maîtrise notamment l'anglais.

- Même si une vive concurrence existe, celle-ci n'est analysée par des bailleurs de fonds qu'en termes d'objectifs ; de même par les gouvernements. Ce qui nous oblige à être performants, mais ce qui nous donne effectivement des chances égales à celles de tous autres.

- Les institutions françaises décrites ci-dessus constituent – sans pour autant fausser la concurrence – un réseau efficace et puissant de conseil et d'appui aux initiatives françaises.

D'une façon générale, le stage a été le révélateur d'un environnement complexe dont l'analyse s'avérait nécessaire. Mais, pour autant, ne faisons pas de complexes d'une autre nature : nous sommes à armes égales avec nos concurrents ; notre expérience croissante compensera notre relative inexpérience.

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@dial.pipex.com

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

Des topographes traducteurs à votre service

en marge du congrès de brighton

réflexions sur l'évaluation du vignoble en France

Parmi les intervenants au XXI^e congrès de la FIG à Brighton en juillet dernier, une communication de Jacques Mouterde, Géomètre-expert-France, traitait des problèmes de l'évaluation foncière du vignoble en France.

Ce fut, en particulier pour nous français, un régal œnologique, gastronomique aussi bien que technique.

Jacques Mouterde nous rappelle que la vigne se perd dans la nuit des temps quand on veut en faire l'histoire. Il cite "la genèse" où il est narré que Noé, sortant de son arche après le déluge, planta une vigne et en but le vin. Le grec Dionysos et le romain Bacchus étaient l'objet de culte et leur arrivée sur la cote marseillaise il y a vingt six siècles a introduit en France les précieux ceps. Enraciné dans le passé, ancré dans le présent, le vin. Et l'expert doit savoir évaluer la terre qui le produit.

En notre temps actuel, la spécialisation des agriculteurs vers la rentabilité et la qualité a éliminé les vins médiocres et une législation stricte a abouti au label incontesté des AOC. Jacques Mouterde distingue neuf grandes régions viticoles :

- Bordeaux et Sud-Ouest : 113 667 ha et 5,433 millions hl/an. Citons Château-Yquem, Margaux, Mouton-Rothschild.
- La vallée du Rhône : 72 300 ha et 3 millions hl/an. Citons Châteauneuf du Pape.
- Bourgogne-Beaujolais : 48 716 ha et 2,555 millions hl/an. Citons Pommard, Meursault, Julienas, Morgon, Brouilly, Chablis.
- Alsace : 14 506 ha et 1,236 millions hl/an. Citons Sylvaner, Gewurtztraminer.
- Champagne : 30 000 ha et 2 millions hl/an.
- Provence et Corse : 100 000 ha et 5 millions hl/an.
- Languedoc-Roussillon : 42 244 ha et 1,952 hl/an.
- Val de Loire-Touraine : 28 536 ha et 2 millions hl/an.
- Jura-Bugey-Savoie : 4 200 ha.

N.D.L.R. : Le texte intégral de la communication de J. Mouterde est disponible à l'AFT.

CARTE IGN 915

Une nouvelle carte qui enrichit la série des cartes thématiques de l'IGN. Gouleyante, odeurs de terroirs, arôme de banane, moelleuse, vive, élégante, colorée, racée, délicate, avec ses cépages noirs et blancs, elle est idéale pour organiser des escapades dans les vignobles de France, dans les 18 régions viticoles.

Elle propose, en outre, une cotation des millésimes de 1976 à 1996. Elle peut se déguster avec ses enfants, les cartes régionales : Beaujolais, Alsace, Bordeaux, Champagne, Bourgogne.

Elle est éditée en collaboration avec les éditions Benoît France en trois langues (français, anglais, allemand) et pour 27 F. Une carte bien française !

vins à la carte



Le Clos Vougeot

Différents paramètres doivent être retenus pour l'estimation de la valeur d'une vigne, entre autres :

Le cépage : Au XVI^e siècle l'agronome Olivier de Serres affirmait que "le génie du vin repose dans le cépage", et il en existe une grande quantité (on dit plus de 1 000!), mais seulement une trentaine participe à la production des grands vins. Citons Gammay, Chardonnay, Pinot-Noir, Cabernet-Sauvignon, Merlot.

Le terroir : Les sols, siliceux, argileux, calcaires, donnent au vin son caractère. Chaque vigne a sa pédologie, son irrigation, ses saisons, sa météo privée.

Le climat : C'est la note finale qui personnalise le vin, et l'exposition aux différents points cardinaux est déterminante.

Une vigne produit vers 3 ou 4 ans après sa plantation, sa production idéale se situe vers 20/25 ans, et il faut la remplacer vers 60 ans. Éléments importants pour une expertise. Il faut aussi étudier la taille, les maladies, la vinification et le matériel employé, le travail avant et pendant les vendanges et la mise en bouteilles, l'œnologie et la chimie employées. Enfin, au prix de la vigne

s'ajoutent les bâtiments d'exploitation.

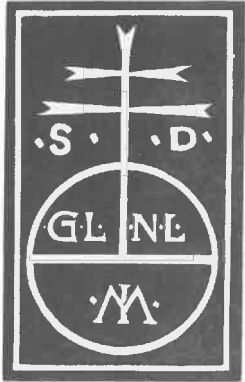
Fourchette approximative des prix pour quatre régions : Bordelais : de 80 000 F à 5 MF l'ha. Bourgogne : de 100 000 F à 4/10 MF l'ha. Beaujolais : de 350 000 F à 450 000 F l'ha. Champagne : de 1,50 MF à 2 MF l'ha.

À la Vôtre!



Nunc & hę partes sunt latius illustratę & alia quarta pars per Americę Vesputię (vt in sequentibus audietur) inuenta est / quę non video cur quis iure veteris ab Americo inuentore sagacis ingenij videretur Amerigeni quasi Americi terrę / liue Americę dicendę cū & Europa & Asia a mulieribus sua sortita sint nomina. Eius sitū & gentis mores ex his binis Americi navigationibus quę sequuntur liquide intelligi datur.

Traduction : Une quatrième partie (comme on va le voir dans ce qui suit) a été découverte par Americ Vespuce et je ne vois rien qui, raisonnablement, nous empêcherait de l'appeler terre d'Améric du nom de son génial découvreur, ou simplement America, puisqu'aussi bien l'Europe et l'Asie ont reçu des noms de femmes.



Extrait de la *Cosmographiæ Introductio*, imprimée à Saint-Dié-des-Vosges en 1507 à l'initiative du Gymnase Vosgien.

Le passage, dans lequel pour la première fois au monde le nom AMERICA est proposé pour désigner le Nouveau Monde, constitue l'acte de baptême du continent découvert à partir de 1492.

(Bibliothèque Municipale. Salle du Trésor. Saint-Dié)



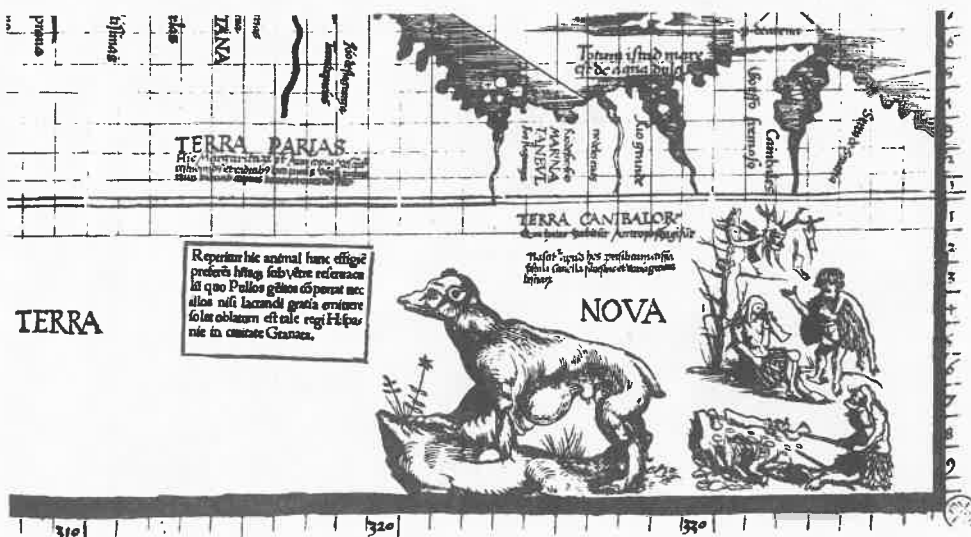
Le théodolite de Adrien Pontabry

Une lectrice de notre revue Clairette Glass, de Saint Dié dans les Vosges a été particulièrement intéressée par l'article de Yves Valette (N° 76), *Les Découvreurs et les Incertitudes Géographiques*.

Son père, Adrien Pontabry était géomètre D.P.L.G. Il a tenu un cabinet à Aulnay sous Bois. Il a participé à des campagnes de mesures sur de grands chantiers, en particulier : le plan de la ville de Montluçon (1925), la route nationale de Paris à Lyon (1938), les aérodromes d'Avallon et du Bourget (1950).

Cette lectrice nous adresse les cartes postales éditées par l'imprimerie municipale de Saint Dié qui montrent que la petite ville de SAINT-DIÉ-DES-VOSGES est bien la Marraïne de l'Amérique - 1507.

SAINT-DIE - DES-VOSGES. MARRAINE DE L'AMERIQUE 1507



Carte marine dessinée par Martin Waldseemüller gravée sur bois et imprimée à Saint-Dié en 1516 (fragment).

La Terre des canibales (Venezuela actuel).

L'espace du passé

REVUE XYZ – N° 77 – 4^e TRIMESTRE 1998

CERN Projet LHC

mesure par GPS
du réseau
géodésique

Tristan BLAUDET



Photo 1 – Embase universelle équipée d'une antenne

AGATE Géomètres experts à Grenoble s'est vu confier par le Groupe Métrologie de positionnement et Topométrie du CERN, les observations géodésiques par GPS du canevas de base du LHC (Large Hadron Collider).

FINALITÉ DE LA MISSION, CAHIER DES CHARGES

Le seul moyen d'assurer l'homogénéité géométrique de toutes les installations du CERN est de disposer d'un référentiel géodésique de précision millimétrique. C'est la raison pour laquelle le Groupe Métrologie a créé et amplifié un réseau de piliers géodésiques équipés d'un repère à centrage forcé. Le dernier réseau correspondant à la construction du collisionneur LEP, a été mesuré avec un distance-mètre à deux lasers en 1983, 1985 et 1986, l'homogénéité des points était de l'ordre de 1,5 mm.

Dans le cadre de son projet LHC, le CERN a besoin de construire deux tunnels de 3 kilomètres de long reliant l'accélérateur SPS au LHC. Le but de la géodésie de ce projet est de s'assurer de l'homogénéité des piliers existants soit en raison de l'ancienneté des mesures, soit en raison de leur instabilité éventuelle.

Le CERN a donc décidé de faire procéder aux mesures par GPS d'une partie des piliers géodésiques (*plan 1*).

Le Cabinet AGATE a été choisi par le Groupe Métrologie de Positionnement et Topométrie pour réaliser les mesures par GPS des points géodésiques du canevas de base du LHC (Large Hadron Collider).

Le cahier des charges était le suivant :

- Cinq piliers géodésiques de référence réputés stables sont considérés comme les points primordiaux connus dans le système tridimensionnel du CERN en tenant compte du géoïde local et sont à utiliser comme points d'appui,

- Treize piliers s'appuyant sur ce réseau primordial, répartis au voisinage des sites des travaux sont à observer ainsi qu'un point IGN (Eche-

nevex III a) pour le rattachement futur à ERTS89. Soit un total de 19 points,

- La précision requise est un écart type de ± 5 mm sur l'ensemble du réseau réparti sur une surface de 13 km x 8 km (*plan 1*). Pas de précision altimétrique requise,

- La durée des observations doit être comprise entre 1/2 heure et 1 heure avec un nombre d'antennes le plus grand possible afin d'assurer une bonne garantie qualitative. Tous les sous-ensembles observés devront être appuyés sur au moins 4 des cinq points primordiaux.

- Deux séries de mesures totalement indépendantes devront être réalisées pour tous les points, mesures réalisées dans des conditions de réception différentes. Les mesures devront être réalisées avec au moins cinq satellites au-dessus de 15 degrés.

- Les résultats devront être transformés du WGS84 dans le système local du CERN par une transformation de HELMERT basée sur les 5 points primordiaux après superposition des deux séries de mesures et analyse statistique des différences observées.

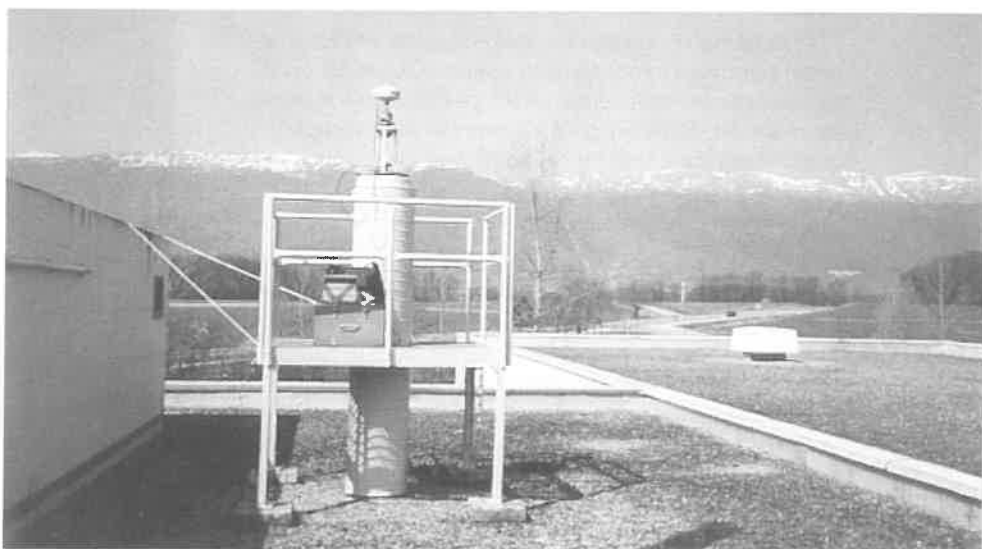


Photo 2 – Pilier 304 sur l'immeuble CERN



Photo 3 – Équipement standard donnant les mesures

ORGANISATION ET LOGISTIQUE DU CHANTIER GPS

Nous avons soumis au Groupe Métrologie un schéma d'organisation s'appuyant sur une procédure qui était la suivante :

- Une équipe de deux personnes ;
- Étude des masques afin d'optimiser les fenêtres d'observation et éviter les multitrajets éventuels ;
- Mise en œuvre simultanée de, au minimum 6 récepteurs et au maximum 8 récepteurs GPS ;
- Schéma d'organisation des sessions et cheminement permettant l'observation simultanée de 15 ou 28 vecteurs par session durant un temps établi à 45 minutes minimum en commun pour l'ensemble des récepteurs fonctionnant dans une même session ;
- Observations réalisées avec un GDOP (Geometric Dilution Of Precision) inférieur à 4 ;
- Orientations précises des antennes dans la même direction afin d'éliminer les erreurs d'excentrement, les antennes étant toutes issues du même constructeur, leurs différences de type (SR200 ou AT 302) et d'excentrement sont pris en compte au moment des transferts dans le logiciel de calcul ;
- Utilisation lors des calculs à l'aide du logiciel SKI 2.2 d'un modèle troposphérique de Hopfield et d'un modèle ionosphérique standard, utilisation des éphémérides radiodiffusées, les éphémérides précises n'apportant pas de précision supplémentaire ;

– Analyse des résultats des calculs des vecteurs pris en compte sessions par sessions ;

– Ajustement des sessions en laissant les points libres afin de mettre en évidence les éventuels vecteurs posant problème, puis ajustement par journée de l'ensemble des sessions.

Au niveau logistique, la difficulté n'a pas tellement été de réunir les 4 ou 6 antennes GPS manquantes mais de les réunir simultanément. Que nos confrères soient ici remerciés de leur concours.

Les moyens suivants ont été mis en œuvre : 4 capteurs GPS Leica SR299, 2 capteurs GPS Leica SR399 (photo 4), 2 capteurs GPS Leica SR399E/AT 302, 10 batteries GEB71, 4 batteries accu « moto », câbles, chargeurs, 1 Micro-ordinateur portable AST 900 N équipé du logiciel SKI 2.2 et d'un module d'ajustement, enfin un stock de multi-prises et de rallonges afin de pouvoir recharger toutes les batteries le soir à l'hôtel.

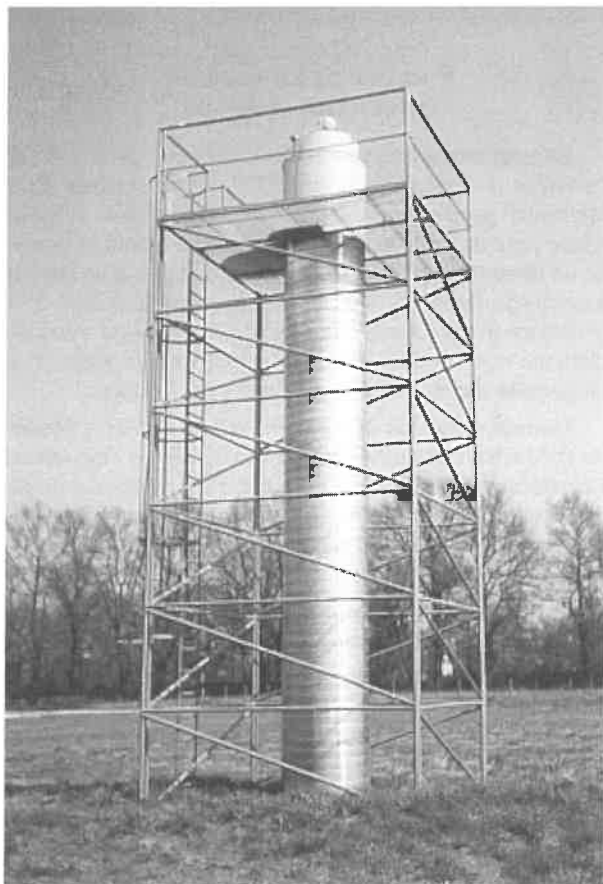


Photo 4 – Pilier 223, hauteur : 8 mètres

LES MESURES GPS

La mission d'observations s'est déroulée les 30 et 31 mars 1998.

Nous avons prévu d'effectuer 5 sessions par jour, chaque session est prévue sur 2 heures afin de laisser le temps de déplacer les antennes mobiles au nombre de 4, puisque les 4 autres antennes restent à poste fixe durant toute la journée sur les points primordiaux.

La composition des sessions du jour 1 a été la suivante (en gras, les points primordiaux) :

Session 1							
353	231	233	230	375	225	226	Ech.IIIa
Session 2							
353	231	233	230	375	365	225	226
Session 3							
353	231	223	304	314	306	225	226
Session 4							
353	231	304	216	307	210	225	226
Session 5							
353	231	210	215	451	229	225	226

La composition des sessions du jour 2 a été la suivante (en gras, les points primordiaux) :

Session 1							
353	231	-	-	451	229	225	226
Session 2							
353	231	215	210	307	316	225	226
Session 3							
353	231	306	314	304	223	225	226
Session 4							
353	231	365	230	233	225	226	Ech.IIIa
Session 5							
353	231	375	230	233	225	226	-

Ainsi, les observations ont pu être réalisées à des jours et heures différentes donc avec des constellations très différentes.

Un de nos premiers problèmes a été d'optimiser les passages multiples de frontière entre la France et la Suisse afin de limiter au plus court les formalités douanières, un bon transitaire et de la patience sont nécessaires.

La deuxième difficulté fut, comme d'habitude pourrait-on dire, le problème des batteries. En effet malgré un équipement de 14 batteries (constructeur et « moto ») le risque de voir une session interrompue par une mise en veille d'un des récepteurs incite fortement à un changement par anticipation d'une batterie montrant un risque d'arrêt inopiné. Fort heureusement le Groupe Métrologie possède un parc de batteries qui, sans nous laisser l'embarras du choix, nous a permis de résoudre un nombre important de problèmes.

Toutes les mesures ont été réalisées par centrage forcé sur les piliers, nous avons rencontré un certain nombre de problèmes au niveau des verrouillages des plaques universelles de centrage forcé (alésage 30 mm) des piliers géodésiques (sphères CERN de type Taylor-Hobson diamètre 88,9 mm, voir photo 1).

Globalement, l'ensemble du programme des sessions d'observations a pu être respecté, seules deux sessions ont été amputées de façon partielle de leurs observations, l'une par un problème de batterie, l'autre par un délai de franchissement des douanes.

CALCULS

Les lignes de base ont toutes été observées par la méthode de mesures statiques, la durée de chaque session de mesures a été comprise entre 45 et 90 minutes, les enregistrements ont été réalisés toutes les 20 secondes, soit un nombre d'époques enregistrées compris entre 135 et 270.

Lors de l'observation des 5 piliers du réseau primordial dans une même session de 4 heures, un récepteur supplémentaire a été placé sur le point du RBF Eche-nevex III a, ce qui permet d'avoir via les données WGS84 de l'IGN une connaissance de la position du chantier à quelques centimètres près et nous permettait donc d'assurer le minimum d'erreurs de ppm sur les vecteurs calculés ensuite entre les points.

Au cours des sessions suivantes, chaque point du réseau secondaire a été déterminé par la mesure des lignes de base sur au moins 4 des 5 points primordiaux. Des contraintes supplémentaires se sont donc rajoutées car nous déterminons dans le même temps des vecteurs entre les points secondaires.

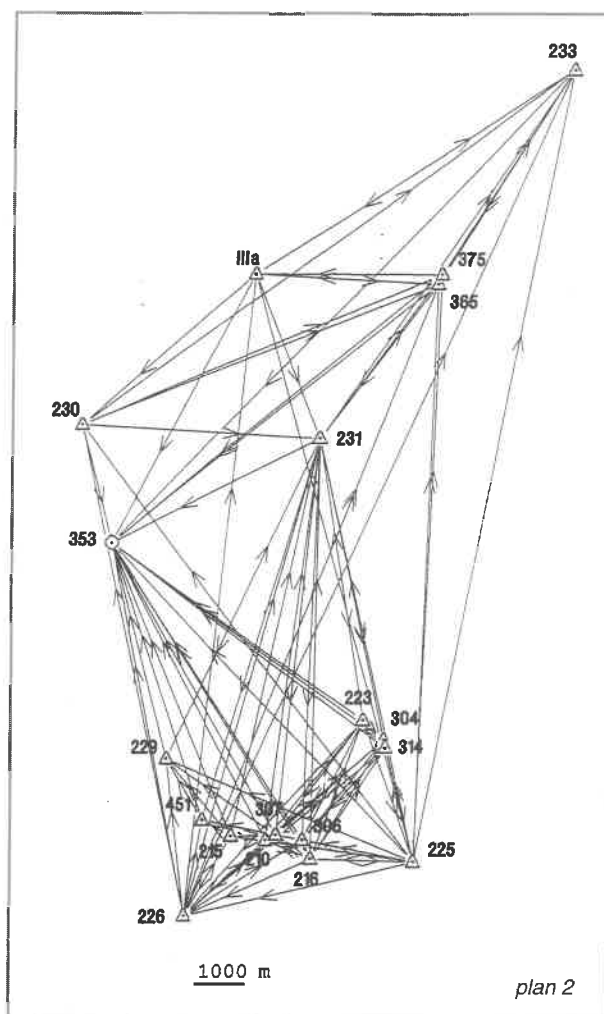
L'ensemble des observations nous a permis d'obtenir un facteur de redondance calculé suivant la formule :

$$F = (R-1) \times S / (N-1)$$

Avec R = nombre de récepteurs, S = nombre de sessions et N = Nombre de points observés

Soit pour ce chantier F = 3,9, ce facteur de redondance aurait dû se trouver à 4, mais une panne de batterie élimine 2 points du nombre d'observés.

Les calculs des lignes de bases ont été réalisés sessions par sessions en appliquant un fenêtrage des observations suivant les sessions de mesures, cette décomposition des calculs permet une meilleure analyse des résultats.



Pour chaque session le nombre de lignes de bases calculables est donné par la formule : $L = R \times (R-1) / 2$ où R est le nombre d'antennes utilisées simultanément.

Soit, dans notre cas **28 lignes de bases observées simultanément dans les sessions** les plus favorables, les lignes de bases indépendantes étant quant à elles au nombre de 7 soit R-1. Tous les vecteurs ont été calculés afin d'obtenir une meilleure cohésion possible du réseau final (plan 2).

À l'issue de chaque calcul de session les résultats donnent pour chaque vecteur les éléments suivants permettant de valider ou non les mesures :

- Les durées de mesure communes à chaque vecteur,
- Le nombre d'époques utilisées durant les sessions,
- L'évolution des paramètres de PDOP et de GDOP durant les mesures (fenêtrage possible)
- Les EMQ et ratios de la solution retenue, c'est-à-dire l'EMQ après fixation des ambiguïtés pour le jeu le plus favorable,
- La valeur effective des EMQ des vecteurs avant fixation des ambiguïtés,
- Le niveau d'importance sur lequel le test d'hypothèse est construit,
- Le nombre de sauts de cycles,
- Les coordonnées finales des vecteurs et les écarts-types.

Ensuite, et pour chaque session, un calcul d'ajustement a été réalisé, tous les points étant libres. Les résultats, une fois analysés, ont été validés.

Trois ajustements finaux ont été réalisés : ajustement sessions 1, 2, 3, 4, 5 du jour 1 ; ajustement sessions 6, 7, 8, 9, 10 du jour 2 ; ajustement de toutes les sessions réunies jour 1 plus jour 2.

Les paramètres de calcul des ajustements sont :

- La fixation du point 226 avant chaque calcul,
- Le nombre d'itérations pour le calcul est fixé à 2,
- Le niveau de confiance pour la précision des points est fixé à 68 %, soit $\pm 1 \sigma$.

Les résultats des ajustements permettent d'analyser :

- Les écarts-types a priori et a posteriori,
- Les critères de fiabilité sur les vecteurs et les critères de confiance sur les points,
- Les résidus géodésiques de chacun des vecteurs,
- Les matrices réduites de variance et covariance géodésique,
- Les coordonnées géodésiques ajustées.

RÉSULTATS

Les résultats des mesures des points du réseau sont exprimés en coordonnées cartésiennes dans le référentiel WGS84 (ellipsoïdal et géocentrique). Ces coordonnées ont ensuite été converties dans le système local du CERN par une transformation de Helmert. Pour ce faire nous avons été amenés à réaliser une translation manuelle sur les coordonnées locales du CERN afin de permettre le calcul de la similitude par le logiciel SKI :

(dx = + 439 000, dy = + 46 000, dz = + 458 000)

Ces constantes ont été retranchées après application de la matrice de transformation 3D.

Dans un premier temps, nous avons calculé les transformations 3D pour passer dans le système CERN avec

un facteur d'échelle fixé à 0 ppm. Le but de figer ce paramètre était de permettre d'analyser finement les mesures brutes ajustées entre le jour 1 et le jour 2. Les écarts maximum constatés donnaient certaines différences de coordonnées proches de la limite de la tolérance spécifiée par le Groupe Métrologie.

Après analyse statistique de notre part puis discussions et accord avec notre client nous avons procédé au recalcul des transformations en laissant le facteur d'échelle libre, l'observation des résultats permet de constater que les facteurs d'échelle entre les deux jours présentent de sensibles différences (–0,659 et –2,145 ppm) qui s'expliquent par :

- La variation des paramètres ionosphériques entre les 2 journées pour lesquelles nous n'avons pas calculé de modèles ionosphériques particuliers,
- La variation de l'échelle de temps des horloges internes,
- Les bruits de fond de la mesure,...

Par contre les résultats sont plus satisfaisants que dans la solution précédente quant aux écarts constatés.

La transformation utilisée a été une Helmert 3D à 7 paramètres basée sur le modèle Molodensky-Badekas qui fixe l'origine de rotation au centre du système A (WGS84). De ce fait cette origine varie en fonction des points communs utilisés, les paramètres de translation sont les composantes du vecteur depuis le centre de gravité du système A vers le centre de gravité des points communs du système B (système CERN).

Le tableau ci-dessous donne les écarts entre les mesures jour 1 et jour 2 : On constate que malgré les remises en station, les constellations et antennes différentes, les résultats jour 1 et jour 2 sont très proches, les problèmes des différences de coordonnées, particulièrement sur le point 231 sont à mettre sur le compte des difficultés rencontrées sur les embases de centrage forcé.

ÉCARTS : (Jour 1) - (Jour 2)				
N°	écart en X (m)	écart en Y (m)	écart en Z (m)	Localisation
210	0,004	-0,004	-0,010	Immeuble CERN
215	-0,001	-0,001	-0,004	Immeuble CERN
216	0,003	-0,001	-0,012	Immeuble CERN
223	0,004	0,006	-0,013	Pilier 8 m
225	0,004	0,003	-0,001	Pilier MEYRIN
226	0,002	-0,004	-0,001	Pilier vignes
229	-0,002	-0,001	-0,004	Immeuble St Genis
230	-0,002	-0,006	0,000	Pilier Jura
231	-0,005	0,010	0,010	Pilier Veraz
233	0,004	-0,008	-0,004	Pilier Mont Mourex
304	0,000	0,006	-0,008	Immeuble CERN
306	0,006	0,003	-0,023	Immeuble CERN
307	0,003	-0,001	-0,009	Immeuble CERN
314	0,003	0,003	-0,009	Pilier
353	-0,004	-0,001	-0,004	Pilier
365	0,002	-0,003	-0,002	Immeuble CERN
375	0,000	-0,003	0,000	Pilier
451	0,000	-0,001	-0,005	Pilier 5,50 m
Illa	0,005	-0,010	0,045	Borne RBF

Les écarts constatés sur le point 233 correspondent très probablement au fait que durant le jour 1, une coupure de session s'est produite due à une panne de batterie.

Tous les points se trouvent dans la tolérance d'écart-type de ± 5 mm en XY demandés par le CERN.

Il est donc tout à fait pensable de mettre en œuvre de la mesure GPS dans le cadre de mesures géodésiques de précision et ceci de façon relativement aisée dans le cadre de ce type de canevas de dimension réduite.

Nous avons ensuite procédé au calcul des 10 sessions réunies dans un seul et même ajustement.

Calcul du réseau Global incluant les 10 sessions :
(coordonnées système CERN)

GPS réseau				
N°	X	Y	Z	Localisation
210	1661.406	2315.462	2468.002	Immeuble CERN
215	1200.676	2077.583	2481.529	Immeuble CERN
216	2360.373	2453.928	2451.996	Immeuble CERN
223	1821.910	4555.773	2476.278	Pilier 8 m
225	3639.960	3251.616	2435.168	Pilier MEYRIN
226	1288.260	723.737	2500.894	Pilier vignes
229	-259.011	2474.0312	487.073	Immeuble St Genis
230	-4176.620	5828.705	2745.541	Pilier Jura
231	-1130.981	7626.909	2527.483	Pilier Veraz
233	-1150.730	14165.762	2729.962	Pilier Mont Mourex
304	2242.236	4484.388	2468.772	Immeuble CERN
306	2103.957	2616.088	2454.365	Immeuble CERN
307	1740.200	2463.645	2456.709	Immeuble CERN
314	2325.642	4404.227	2457.810	Pilier
353	-2796.831	4648.589	2527.053	Pilier
365	-1009.616	10466.872	2513.124	Immeuble CERN
375	-1046.116	10615.796	2506.690	Pilier
451	706.614	2032.647	2447.620	Pilier 5,50 m
IIla	-3314.790	9105.692	2564.242	Borne RBF

Ces coordonnées ainsi ajustées et considérées comme définitives ont enfin été comparées au référentiel CERN local. Le tableau ci dessous met en parallèle la comparaison finale du réseau total avec les coordonnées fournies par le CERN.

Tableau des écarts constatés entre le réseau GPS et les coordonnées communiquées par le CERN :

N°	X	Y	Z	Localisation
210	-0.002	0.004	-0.005	Immeuble CERN
215	-0.004	-0.004	-0.006	Immeuble CERN
216	-0.001	0.001	0.006	Immeuble CERN
223	-0.001	0.002	0.014	Pilier 8 m
225	-0.003	0.005	0.013	Pilier MEYRIN
226	0.002	-0.006	-0.021	Pilier vignes
229	-0.005	-0.005	0.006	Immeuble St Genis
230	-0.019	0.001	-0.045	Pilier Jura
231	-0.001	0.001	0.017	Pilier Veraz
233	0.002	0.000	-0.012	Pilier Mont Mourex
304	-0.013	-0.002	-0.363	Immeuble CERN
306	-0.008	-0.005	-0.004	Immeuble CERN
307	-0.011	-0.006	-0.009	Immeuble CERN
314	-0.010	-0.006	0.039	Pilier
353	0.000	0.001	0.004	Pilier
365	0.013	-0.010	0.024	Immeuble CERN
375	0.011	0.003	0.058	Pilier
451	-0.001	-0.003	-0.023	Pilier 5,50 m
IIla	0.501	0.207	-1.666	Borne RBF

Les remarques qui viennent immédiatement au regard de ce tableau sont :

– Que le point Echenevex III a fourni en coordonnées CERN a été calculé dans un système différent que celui de l'ensemble des autres points, c'est-à-dire qu'il ne fait pas partie du réseau initial.

– Un commentaire sur le point 230 placé sur le flan Est du Jura, montre d'une part sa probable instabilité,

d'autre part les observations étant quant à elles totalement occultées coté Ouest par la montagne au-dessous d'un angle de 40°, ceci a pu également contribuer à un tel écart.

Les autres points n'appellent quant à eux aucunes remarques particulières, les différences de coordonnées montrent les aspects d'instabilité probable des points situés sur des immeubles.

ANECDOTES

Comme toujours, un géomètre en opérations subit son lot de petites histoires au hasard des chantiers. Deux d'entre elles ont marqué notre première journée, je vous les livre ici.

Lors de l'observation du point 229 qui est un pilier sur le toit d'un immeuble de Saint Genis, nous avons vu après 40 minutes, du haut de notre perchoir, arriver en force (5 véhicules dont la grande échelle) une bonne partie de la caserne de pompiers de St Genis. Nous ne nous doutions pas un seul instant que nous étions l'objet de ce déplacement. Dès qu'il accède au toit le premier pompier nous interpelle : "qu'est-ce que vous f... là ?". Après explications, nous nous sommes rendu compte que des personnes logées dans les immeubles voisins avaient donné l'alerte à la tentative de suicide. Les pompiers s'étaient même déplacés avec le médecin psychologue au cas où...

Le même soir, mon coéquipier s'est vu refuser le franchissement de la frontière (avec ses 4 antennes GPS) par les douaniers français car la valeur marchande transportée était trop élevée et le bureau de transit fermé. Après une longue explication, il a été convenu qu'il puisse passer en France pour rejoindre son hôtel à condition présenter le matériel le lendemain...

CONCLUSIONS

Le GPS est un des maillons de la chaîne de mesures qui permet de s'affranchir des problèmes de météo, de répétition des mesures et donc de la durée globale d'une telle campagne. La force du système réside également dans le fait que l'on puisse mettre en œuvre un grand nombre d'antenne et ainsi obtenir un facteur de redondance qui garantit la fiabilité et la qualité des mesures.

Au delà, cette expérience s'est montrée enrichissante dans le sens où, lorsque les résultats de calculs passent à la "moulinette" du mathématicien du Groupe Métrologie, les questions posées relèvent souvent d'une rigueur scientifique d'un abord très différent de celui qui prévaut chez le géomètre de terrain.

Que toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à cette opération trouvent ici le témoignage de notre gratitude pour leur aide précieuse.

Nous avons été très heureux d'avoir été choisis par le Groupe Métrologie du CERN pour cette campagne géodésique, la collaboration entre nos équipes a permis de se rendre compte que les préoccupations de tous géomètres sont bien les mêmes dès lors que l'on parle de mesures de précision, seuls les moyens d'y parvenir sont différents.

le projet REGAL

un réseau GPS
permanent
dans
les alpes

Éric Calais – CNRS (Geosciences Azur)

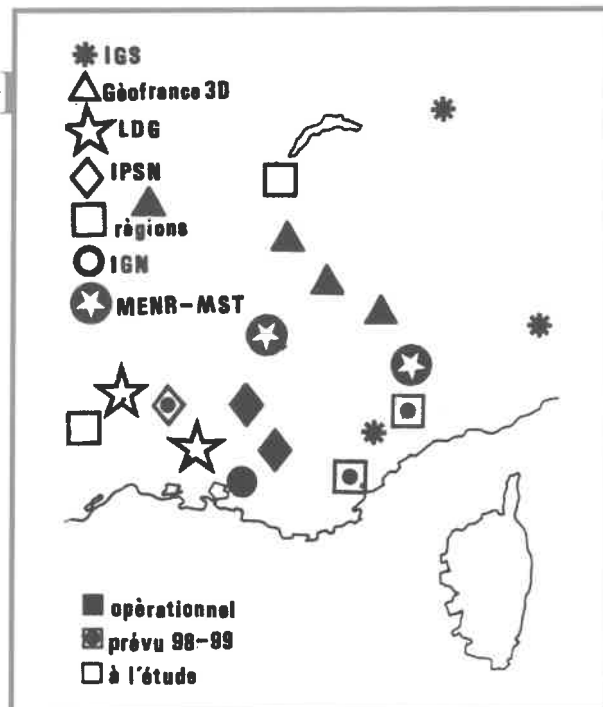


Fig. 1 – Carte du réseau GPS permanent REGAL

RÉSUMÉ

Une équipe de scientifiques du Centre National de la Recherche Scientifique, de l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, des universités de Nice, Chambéry, Montpellier, Grenoble, du Laboratoire de Détection Géophysique du CEA et de l'Observatoire de la Côte d'Azur met en place un réseau de 12 stations GPS permanentes couvrant les Alpes occidentales et leur avant-pays (Figure 1). Ce projet a pour objectif principal la mesure des déformations de la croûte terrestre dans les Alpes afin de mieux comprendre la formation de cette chaîne de montagne et la sismicité qui la jalonne. Les données du réseau REGAL sont cependant disponibles pour d'autres applications scientifiques ainsi que pour des applications pratiques en topographie, cartographie, etc. Les stations du réseau REGAL sont équipées de récepteurs GPS bifrédence enregistrant des données en continu, 24 heures sur 24. Ces données sont mises à disposition des utilisateurs sur internet sous 24 heures dans leur format propriétaire ainsi qu'au format standard d'échange RINEX, assurant ainsi la compatibilité avec tout type de matériel GPS et de logiciel de traitement de données. Elles sont accessibles interactivement à l'adresse <http://kreiz.unice.fr/regal>. Les positions précises des stations sont disponibles sur ce même serveur ainsi que des informations générales sur le GPS et sur le projet REGAL.

LES ALPES OCCIDENTALES : UNE CHAÎNE DE MONTAGNE EN COURS DE (DÉ)FORMATION...

Les Alpes occidentales françaises constituent un des fleurons touristiques et industriels français. De grandes vallées et un important effort d'équipement en grands ouvrages d'art ont permis l'installation humaine jusqu'au cœur de la chaîne et l'exploitation de ses ressources naturelles. Ce patrimoine naturel extraordinaire nous est cependant légué avec ses avatars géologiques, en particulier une sismicité modérée témoignant de déformations de la croûte terrestre toujours actives de nos jours. Si la théorie de la tectonique des plaques a fourni le cadre nécessaire pour mettre ces déformations en relation avec la convergence entre les plaques Afrique et Europe, les processus selon lesquels les forces tectoniques se transmettent dans la croûte terrestre, les facteurs qui régissent sa déformation sur différentes échelles de temps et les conséquences sur l'aléa sismique restent à élucider. Cet objectif passe par la mesure directe des déplacements et déformations de la croûte terrestre, indispensable pour contraindre quantitativement les théories géodynamiques. Le "Global Positioning System", ou GPS, est un outil particulièrement adapté à de telles mesures.

Le GPS est un système de positionnement par satellites permettant de déterminer sa position à tout moment

et en tout lieu avec une précision qui s'échelonne de la centaine de mètres au millimètre suivant le type de matériel et la technique utilisés. Les résultats issus de mesures GPS sont en train de révolutionner bon nombre d'idées en recherche fondamentale en Sciences de la Terre car cet outil permet de mesurer directement les mouvements du sol liés à des séismes, à des éruptions volcaniques, ou au déplacement lent de blocs tectoniques. Pour ces applications, une précision millimétrique est nécessaire car les mouvements à mesurer sont lents, de l'ordre de quelques millimètres à quelques centimètres par an (la convergence Afrique-Europe, par exemple, responsable de la formation des Alpes, s'effectue à seulement 6 mm/an en Méditerranée occidentale). Un traitement informatique sophistiqué des données GPS et l'utilisation d'équipement bifrédence de qualité, enregistrant données de pseudodistance et de phase, permettent d'atteindre de telles précisions en routine dans les laboratoires de recherche.

POURQUOI DES MESURES GPS CONTINUES ?

Deux stratégies GPS complémentaires sont couramment utilisées pour mesurer les déformations de la croûte terrestre : l'observation temporaire répétée d'un réseau de points géodésiques (quelques jours chaque année ou tous les deux ans par exemple) et l'observation en

continu de quelques sites permanents. La stratégie "mesures répétées", qui permet de mesurer un grand nombre de points, est appliquée à la chaîne alpine dans le cadre du projet "GPS Alpes", coordonné par l'université de Montpellier. Cinquante sites ont été stationnés à deux reprises, en 1993 et 1998, le traitement et la comparaison des données sont en cours. Une stratégie voisine consiste à reprendre par GPS des points stationnés lors de campagnes géodésiques anciennes de triangulation et/ou trilatération. Elle est appliquée à des études plus locales par des collègues des universités de Chambéry, Grenoble et Toulouse. La stratégie "mesures continues", elle, consiste à enregistrer des données de manière ininterrompue, 24 heures par jour et 365 jours par an, sur un nombre limité de sites permanents. Elle a été initiée en 1991 en Californie du Sud par des géophysiciens américains cherchant à surveiller la faille de San Andréas pour mieux comprendre le risque sismique associé et connaît depuis un succès grandissant.

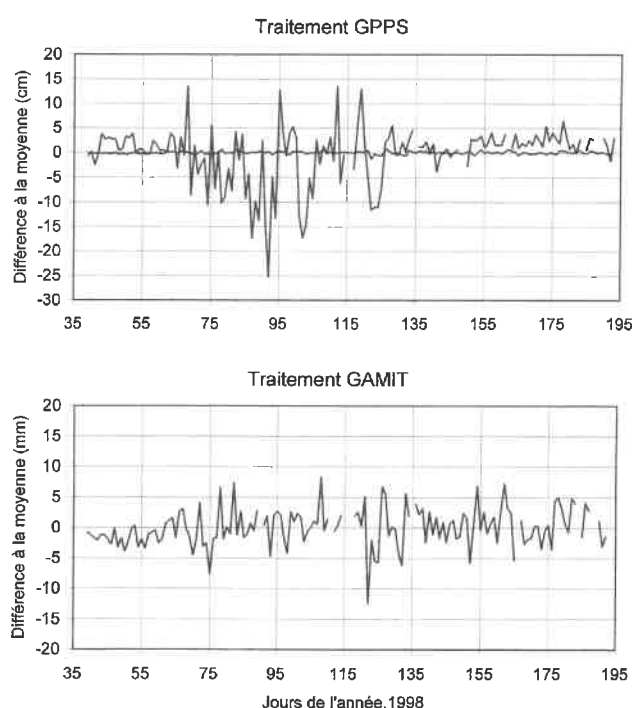


Fig. 2 – Exemple de série temporelle de mesures GPS sur la ligne de base SJDV-GINA montrant un raccourcissement à une vitesse de 1-2 mm/an

Les avantages du GPS permanent sont en effet multiples. Pour les applications géophysiques, cette stratégie permet de diminuer la durée nécessaire pour obtenir une incertitude suffisamment petite pour mesurer de faibles déformations (inférieures à 1 cm). La répétition des mesures permet en effet de corriger les erreurs qui affectent chaque mesure prise individuellement. En première approximation, on peut dire que plus le temps d'acquisition s'allonge, meilleure devient la précision (de récentes études montrent cependant que les mesures GPS sont entachées d'erreurs corrélées avec le temps sur des périodes pluriannuelles qui, dans le détail, amènent à nuancer cette affirmation). La Figure 2 montre l'exemple de la longueur de la ligne de base entre les stations du réseau REGAL SJDV et GINA (260 km) calculée quotidiennement du 6 février 1998 au 7 septembre 1998. Le rms de la déviation par rapport à la moyenne pondérée

est de 3 mm (le rms pour la composante verticale est de 10 mm). La Figure 3 montre la dispersion en planimétrie de la position "absolue" du site SJDV : le rms obtenu est de l'ordre du centimètre (traitement GAMIT). L'emploi du GPS continu se justifie donc tout à fait dans les régions à faible taux de déformation comme les Alpes. De plus, les erreurs d'opérateur (centrage et nivellement des antennes, mesure de hauteur d'antenne, stabilité du trépied, etc.) sont réduites au minimum car les antennes sont montées de manière permanente sur un monument géodésique stable et pérenne. La marque géodésique est le centre de phase de l'antenne, non pas une marque au sol. Enfin cette stratégie permet d'obtenir des séries temporelles continues des positions ou distances entre stations. Cela permet d'analyser avec beaucoup de finesse les différents facteurs qui affectent la position des stations au cours du temps (déformations tectoniques, variabilité troposphérique liée aux conditions météorologiques et aux saisons, stabilité du monument géodésique, etc.) et de déterminer au mieux les modèles statistiques décrivant les résultats et leurs incertitudes. Enfin, des stations GPS permanentes peuvent être exploitées scientifiquement par des applications parfois transdisciplinaires telles que la mesure du contenu électronique ionosphérique ou la mesure de l'humidité atmosphérique. Les stations du réseau REGAL font par exemple partie d'un projet européen dont l'objectif est la mesure par GPS de la quantité de vapeur d'eau intégrée dans l'atmosphère et l'assimilation de ces mesures dans les modèles météorologiques.

IMPACT D'UN RÉSEAU GPS PERMANENT RÉGIONAL EN TOPOGRAPHIE

Les applications du GPS dépassent bien sûr largement la recherche fondamentale. Elles intéressent en particulier les géomètres-topographes et toutes les activités liées à l'information géographique : gestion des routes, cadastre, aménagement du territoire, toute activité basée sur l'utilisation de documents et de bases de données cartographiques géoréférencés.

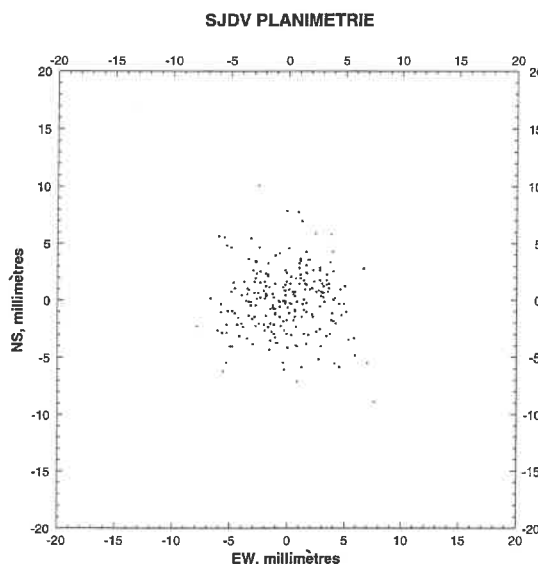


Fig. 3 – Exemple de dispersion planimétrique

Le réseau REGAL peut être considéré comme un réseau géodésique de référence actif. Dans son état actuel, il permet à tout utilisateur enregistrant et traitant des données GPS de phase d'exploiter l'outil GPS de manière optimale. En effet, le fait d'intégrer dans leurs calculs les données de stations GPS permanentes régionales offre (1) un rattachement automatique aux référentiels géodésiques nationaux et internationaux, et donc une cohérence de fait entre les mesures GPS réalisées, quel que soit le temps ou la distance les séparant, (2) un gain en flexibilité car la simultanéité des mesures entre plusieurs récepteurs mobiles n'est plus nécessaire, (3) un gain de productivité car il n'est plus nécessaire d'immobiliser et de surveiller un récepteur pivot fixe, les stations GPS permanentes fournissant à la fois les corrections à appliquer au calcul et un référentiel géodésique précis, (4) une précision optimale, infradécimétrique pour les utilisateurs de matériel bifréquence, inframétrique pour les utilisateurs de matériel monofréquence (fonction du temps de stationnement et de la distance aux stations GPS permanentes). La Figure 2 montre l'exemple de la longueur de la ligne de base entre les stations SJDV et GINA (Figure 1) traitée par le logiciel commercial GPPS. La déviation standard sur un échantillon de 155 jours de mesures continues est de 5,5 cm. Ce résultat satisfait déjà bon nombre d'applications, même s'il est évidemment moins bon que le rms de 3 mm obtenu avec le logiciel de recherche GAMIT (voir ci-dessus). Il faut cependant noter que les valeurs moyennes de la longueur de cette ligne de base issues des traitements GAMIT et GPPS sur ces 155 jours diffèrent de moins d'un millimètre, ce qui est excellent.

Pour les utilisateurs dont les besoins concernent le temps réel, il est envisagé d'utiliser les stations permanentes REGAL pour l'émission de corrections différentielles ainsi que des données de phases pour les applications cinématique. Les corrections différentielles calculées à partir de stations proches offrent une précision de l'ordre du mètre en temps réel. L'utilisation des données de phase en mode cinématique permet des précisions de l'ordre de quelques centimètres en temps réel.

LE RÉSEAU REGAL ET LES STATIONS GPS PERMANENTES EN FRANCE

La plupart des pays d'Europe (et bon nombre de pays dans le monde) s'équipent actuellement de réseaux de stations GPS permanentes bifréquence. On comprend que la Californie (équipée de plus de 100 sites GPS permanents) ou le Japon (équipé de plus de 600 sites permanents) y voient un intérêt pour la surveillance sismique. En Suède ou en Allemagne, par contre, le risque sismique n'est pas le moteur du développement de tels réseaux, pourtant opérationnels depuis plusieurs années, mais la nécessité d'offrir aux utilisateurs du GPS un réseau géodésique actif adapté à cette technologie. La France a tardé à entrer dans cette logique, mais comble maintenant ce retard.

Jusqu'en 1997, deux stations GPS permanentes bifréquence civiles seulement étaient opérationnelles en France, à l'Observatoire de la Côte d'Azur (plateau de Calern, Alpes Maritimes) et à Toulouse (CNES), dans le cadre du réseau global permanent de l'IGS (International GPS Service for Geodynamics). La première station du

réseau permanent REGAL a été installée en octobre 1997 (SJDV, Figure 1). Sept stations de ce réseau sont aujourd'hui opérationnelles à Saint Jean des Vignes (Saône et Loire), La Feclaz, Le Chatel, Modane (Savoie), Cadarache (Bouches du Rhône), Saint Michel l'Observatoire (Alpes de Haute Provence), Sainte Maxime (Var). Le réseau sera complété en 1999 par quatre stations dans le Haut Queyras, dans le Mercantour, en Haute Savoie, et dans le Vaucluse (Figure 1). Par ailleurs, la station SJDV fait partie depuis juillet 1998 du réseau européen permanent EUREF et rattache de fait le reste du réseau REGAL à ce référentiel et ses données sont traitées quotidiennement par trois centres de calcul indépendants en Europe. La comparaison de leurs résultats avec ceux obtenus dans le cadre du réseau REGAL permet un contrôle constant de l'intégrité des données et de la qualité des solutions géodésiques.

Dans le même temps, l'École Supérieure de Géomètres-Topographes, sous l'impulsion de son directeur M. Kasser, a installé une station permanente au Mans, pour des applications de topographie. Enfin, le laboratoire de recherche en géodésie de l'IGN (LAREG), sous l'impulsion de C. Boucher et dans le cadre du projet pilote RGP (Réseau GPS Permanent), met en place 5 stations permanentes bifréquence en France pour des applications géodésiques (Brest, Bordeaux, Marseille, Marne la Vallée, Strasbourg). Ces réseaux GPS permanents sont développés en concertation afin d'optimiser le nombre et la localisation des stations.

LES CHOIX TECHNOLOGIQUES

Des répétabilités de l'ordre de 2-3 mm en planimétrie et 5-7 mm en altimétrie sur les positions relatives de stations GPS sont couramment obtenues dans le cadre d'applications géophysiques du GPS, même pour des lignes de bases de plusieurs centaines de kilomètres (Figure 2). Le réseau REGAL atteint de telles précisions grâce à l'utilisation de matériel GPS haut de gamme, de sites sélectionnés sur des critères stricts et d'un traitement sophistiqué des données.

Monumentation. Les sites sélectionnés sont géologiquement stables et directement au rocher. Ils sont dégagés et offrent une visibilité du ciel totale dans toutes les directions. Ils ne comportent pas d'objets proches susceptibles de générer des multitrajets. Les monuments géodésiques, stables et pérennes, sont des piliers de béton vibré, hydrofuge et armé, d'une hauteur de 1,5 m à 2 m pour un diamètre de 40 cm. Ils sont ancrés dans la roche par une base cubique d'environ 1 m³, elle-même solidarisée de l'encaissant rocheux par des ferrallages le pénétrant sur environ un mètre de profondeur et scellés à la résine synthétique. Chaque site est constitué du pilier (point principal) et de trois repères (points auxiliaires) situés à quelques centaines de mètres du point principal. L'ensemble est rattaché aux points du RBF les plus proches.

Équipement GPS. Les sites du réseau REGAL sont équipés de récepteurs bifréquence Ashtech Z12 CGRS, spécialement conçus pour une utilisation en station permanente (Figure 4). Ces récepteurs sont adjoints d'antennes de type "choke ring" réduisant au maximum les multitrajets et dont le diagramme de phase (position des centres de phase en fonction de l'azimut et de l'élévation

des satellites) est parfaitement connu. Un modem connecte chaque récepteur au réseau téléphonique pour la télémaintenance et la récupération quotidienne des données. Le matériel est alimenté directement sur le secteur, une batterie en charge permanente permet de faire face aux éventuelles coupures d'électricité. Les données sont enregistrées en continu, 24 heures sur 24, à une cadence de 30 secondes (qui peut être augmentée à la demande).

Accès aux données. Les données des stations REGAL sont récupérées quotidiennement par modem par les différents organismes participant au projet et déposées via internet dans une "boîte aux lettres informatique" sur un ordinateur serveur au CNRS à Sophia Antipolis. Une procédure automatique relève cette "boîte aux lettres" deux fois par jour, convertit les données présentes au format standard d'échange RINEX puis leur applique un contrôle qualité afin de s'assurer de leur intégrité. Les données sont ensuite archivées dans une base de données et mises à la disposition des utilisateurs dans leur format brut propriétaire et au format RINEX, assurant ainsi la compatibilité avec tout type de matériel GPS et de logiciel de traitement de données. Sauf incident, les données de toutes les stations sont disponibles dès 02:00 UT le lendemain de leur acquisition. L'utilisateur accède à la base de données REGAL via internet à l'adresse <http://kreiz.unice.fr/regal> au travers d'une interface conviviale et intuitive. Les données y sont disponibles sous la forme de fichiers journaliers, dont l'utilisateur peut ne sélectionner que certaines portions, éventuellement en décimant le pas d'échantillonnage. Les positions précises des stations sont disponibles sur ce même serveur.

Traitement des données. Les données des stations du réseau REGAL sont traitées quotidiennement au CNRS afin d'une part d'effectuer un contrôle de leur qualité et de leur intégrité, d'autre part d'obtenir les solutions géodésiques qui permettront de mesurer les déplacements relatifs des points du réseau liés aux déformations tectoniques. Nous utilisons le logiciel GAMIT/GLOBK, développé au Massachusetts Institute of Technology. Il traite les données de pseudodistance et de phase en doubles différences, intègre des modèles géophysiques sophistiqués (marées, rotation de la terre, etc.), et permet d'utiliser les orbites GPS précises diffusées par l'IGS. Les données sont traitées par blocs de 24 heures

afin de minimiser les erreurs aléatoires de période infrajournalière telles que l'effet de l'alternance jour/nuit sur la troposphère et l'ionosphère et l'effet de la variation géométrique de la constellation satellitaire. Les données d'une dizaine de stations GPS permanentes européennes participant à la définition du référentiel géodésique ITRF sont incluses afin d'y rattacher les stations REGAL.

CONCLUSION

Le réseau de stations GPS permanentes REGAL est un outil géodésique et géophysique d'un nouveau type en France. Bien que son application principale concerne la mesure des déformations de la croûte terrestre dans les Alpes, les données de ce réseau sont disponibles pour d'autres applications scientifiques ainsi que pour des applications topographiques. Les premiers résultats en terme de déformations sont attendus après deux ans de fonctionnement, mais les données sont d'ores et déjà disponibles pour toute autre application scientifique ou pratique.

E-mail : calais@faille.unice.fr
Web : <http://kreiz.unice.fr/regal>



Fig. 4 – Installation GPS permanente à La Feclaz, Savoie.

levé statique et dynamique de profil par méthode GPS différentiel temps réel



M. Hallé – Ingénieur division topographie – SNCF
Communication présentée au Congrès FIG (Brighton)

PRÉSENTATION DU CHANTIER DE RÉGÉNÉRATION

La première ligne à grande vitesse à avoir été construite en France, la ligne T.G.V. Paris Sud-Est entre Paris et Lyon, est empruntée quotidiennement par 180 T.G.V. La voie (rail, traverse, ballast) est un élément essentiel de la grande vitesse. Elle contribue par sa tenue et son comportement à la sécurité, à la fiabilité et au confort.

Depuis 1981, cette voie a supporté 130 milliards de voyageurs au kilomètre; à partir de l'an 2000, avec la mise en service du T.G.V. Méditerranée, elle supportera 30 % de trafic supplémentaire. Pour s'y préparer, un chantier de nuit pour la régénération de cette ligne s'est ouvert le 18 mars 1996 sur 220 kilomètres (fin des travaux prévue pour 2001).

En 2006, l'ensemble de la Ligne à Grande Vitesse (L.G.V.) Paris Sud-Est sera rénové.

La régénération de la ligne consiste principalement à soulever la voie, à aspirer le vieux ballast pour le remplacer par du ballast neuf et à changer les traverses usées. Le ballast est ensuite stabilisé, tassé et égalisé à plusieurs reprises.

MESURES TOPOGRAPHIQUES

Le renouvellement du ballast d'une ligne T.G.V. nécessite la connaissance de la position planimétrique et altimétrique de la voie ainsi que la position des poteaux caténaires qui définissent le gabarit de la voie à respecter.

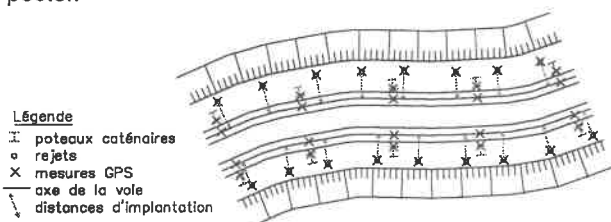


Fig. 1 – Points à mesurer

Ces éléments levés sont destinés à établir une nouvelle étude de tracé qui est réalisée avant les travaux de régénération.

Pour positionner la voie (en altimétrie et en planimétrie) pendant les travaux, des repères appelés rejets, matérialisés par des tiges métalliques, sont enfoncés dans le sol au bord de la voie.

Ces rejets, connus en 3 dimensions, servent à guider les machines sur le nouveau tracé par des mesures de distances (figure 2). Ils sont implantés sur les deux pistes de la voie, à environ 3 mètres du rail extérieur et espacés tous les 40 mètres en alignement et 20 mètres en courbes.

Ils permettent aussi de contrôler la position de la voie après les travaux.

LES CANEVAS DISPONIBLES

Après chaque construction d'une Ligne à Grande Vitesse, des canevas planimétrique et altimétrique sont mis en place et destinés aux travaux de maintenance.

La densité du canevas planimétrique réalisé par polygonation est un point tous les 300 mètres environ. Ces points polygonaux sont fixés dans le socle en béton des poteaux caténaires, d'un côté ou de l'autre de la voie, selon la visibilité.

En plus, un point connu en planimétrie est placé sur les ouvrages d'art (pont-route) avec une densité moyenne d'un pont tous les 2 à 3 kilomètres.

Ce canevas est rattaché au système de projection national : le système N.T.F. (Nouvelle Triangulation Française) ou système Lambert.

Le canevas altimétrique est moins dense. Les repères de nivellement, rattachés au N.G.F. (Nivellement Général de la France), sont fixés dans les ouvrages stables en béton (piles des ponts, caniveaux, buses d'écoule-

ment,...). Il y a environ un point connu en Z tous les 1 à 2 kilomètres le long de la voie.

PRÉCISIONS DEMANDÉES

Pour les mesures topographiques, les précisions suivantes ont été définies :

En planimétrie :

- +/- 1 cm par rapport au canevas,
- +/- 5 mm entre points contigus.

En altimétrie :

- +/- 1 mm entre points contigus.

OPÉRATIONS OPTIQUES

Avant l'utilisation du G.P.S., les mesures topographiques étaient réalisées de la manière suivante :

- La première opération est le nivellement de la voie et de la piste, par profil en travers, à 10 mètres de chaque poteau caténaire côté Sud, tous les 50 mètres environ.

Les profils sont mesurés par un nivellement direct afin de pouvoir assurer une précision millimétrique.

Cette opération est effectuée de nuit pour des raisons de sécurité lorsqu'il n'y a pas de train en circulation. Elle permet notamment de quantifier l'épaisseur de ballast à changer.

Une étude de profil en long est faite à partir de ce nivellement afin d'améliorer le tracé des voies avant les travaux.

- La seconde opération, effectuée de nuit, consiste à lever l'axe des deux voies ainsi que la position des poteaux caténaires. Les mesures sont réalisées avec un tachéomètre, en stationnant les points du canevas.

- La troisième opération consiste à déterminer en trois dimensions la position des rejets mis en place en priorité du côté de la voie qui sera renouvelée en premier.

Les mesures des rejets sont effectuées de jour par nivellement direct et par mesures tachéométriques à partir des deux stations encadrantes afin d'assurer une précision de 1 cm en planimétrie par rapport au canevas et de 5 mm entre deux rejets consécutifs.

La connaissance des coordonnées permet de calculer les distances d'implantation de la voie par rapport aux rejets. Celles-ci sont remises à l'entreprise de pose de voie qui réalise les travaux de régénération.

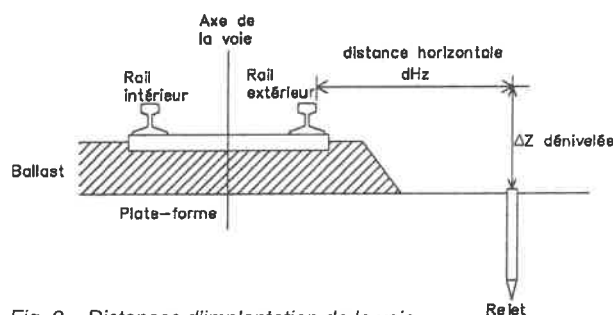


Fig. 2 - Distances d'implantation de la voie

OPÉRATIONS G.P.S. TEMPS RÉEL

Avant propos

Le chantier de la régénération de la L.G.V. a tout d'abord été, pour le G.P.S. Temps Réel, un chantier d'évaluation des possibilités du matériel, en conditions opérationnelles.

Plus de 20 kilomètres de zones communes ont été mesurés en méthodes optiques et G.P.S., ce qui nous a permis de valider l'utilisation du G.P.S. Temps Réel pour des travaux nécessitant une précision planimétrique de +/- 10 millimètres par rapport au canevas de référence.

Sur les 20 kilomètres nous avons obtenu une précision altimétrique de +/- 10 à 20 millimètres. Cette précision est fonction du nombre de points altimétriques connus qui définissent le géoïde local.

La précision obtenue ne convenant pas pour la précision recherchée de +/- 1 millimètre, la suite de ce rapport est consacrée principalement aux déterminations planimétriques par mesures G.P.S. qui ont remplacé les mesures tachéométriques.

L'altimétrie est toujours déterminée par nivellement direct.

La constellation de satellites disponibles permet de lever des points pratiquement au droit des ponts.

CONFIGURATION DU MATÉRIEL

Le matériel utilisé sur ce chantier est composé de trois antennes bi-fréquences Leica système 300 en configuration 2 mobiles et 1 référence, équipées de modems radio d'une puissance de 1 W.

L'utilisation du matériel en mode temps réel a été choisie afin d'éliminer les temps de calculs. L'absence de calculs post-traités simplifie l'utilisation du G.P.S. et permet à un personnel peu formé d'utiliser le matériel.

Les temps de mesure des points sont environ 2 minutes pour une initialisation sur 5 satellites des stations mobiles et 3 à 4 secondes par point sans coupure de signal avec au moins 4 satellites.

Afin de maintenir parfaitement l'antenne verticale sur les points mesurés, nous avons équipé nos cannes porte-antenne d'un bi-pod. L'utilisation de ce bi-pod a amélioré la précision des mesures de 3 millimètres.

MESURES G.P.S. TEMPS RÉEL

MISE EN PLACE DU RÉFÉRENTIEL G.P.S.

Les mesures topographiques peuvent être réalisées par mesures G.P.S. ou par mesures optiques. Il est donc nécessaire que toutes les mesures utilisent le même référentiel qui est composé des points du canevas sur les supports caténaires.

Les mesures G.P.S. étant réalisées dans le système WGS 84, nous avons dû établir des formules de transformation entre le système cartésien et le système plan Lambert.

Le type de transformation choisi est une transformation qui dissocie la planimétrie de l'altimétrie ($2D + 1$).

Afin de minimiser les résidus de transformation sur les points connus (< 2 cm), nous établissons des formules de transformation par zones de 2 à 4 kilomètres.

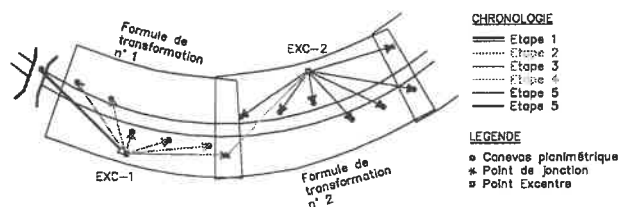


Fig. 3 – Élaboration des formules de transformation

Pour des problèmes de transmission de radio hémoglobée, les zones mesurent généralement 2 kilomètres.

Sur chaque zone, nous mesurons l'ensemble des points connus en planimétrie et altimétrie, ainsi que des points de contrôle appartenant à deux zones consécutives, à partir d'un point excentré (figure 3).

Ce point excentré a été déterminé à 10 mètres près en WGS84, à partir d'un point connu en Lambert, transformé en WGS84. Il est situé sur un ouvrage d'art. Son emplacement dans les emprises S.N.C.F. a été choisi de telle sorte que :

- le point est facile d'accès en milieu de zone,
- le point est sans masque,
- le point est en hauteur et domine si possible la zone,
- le point est sans risque apparent de problème de multi-trajet.

Les points de jonction appartenant à deux zones consécutives permettent de contrôler la continuité des zones.

Une fiche signalétique est établie par zone afin de repérer l'emplacement de l'excentré et de contrôler le calcul de la transformation.

Les formules de transformation WGS84 → LAMBERT servent à l'ensemble des mesures G.P.S. par zone.

LEVÉ DE L'AXE DES VOIES

Le levé de l'axe des voies est réalisé de nuit, sans circulation de train, à l'aide d'une règle à lever qui définit l'axe, et sur laquelle est placée l'antenne G.P.S.

Une fois la station de référence mise en place et la formule de transformation choisie suivant la zone, il est possible de mesurer l'axe de la voie en coordonnées planes Lambert.

Les voies sont mesurées séparément ou en même temps en fonction de la circulation des trains.

Une seule détermination est réalisée par profil.

Afin de contrôler les mesures G.P.S. sur la voie, des mesures sur chaque point connu de la polygonale sont faites en cours d'avancement et après l'initialisation de l'appareil.

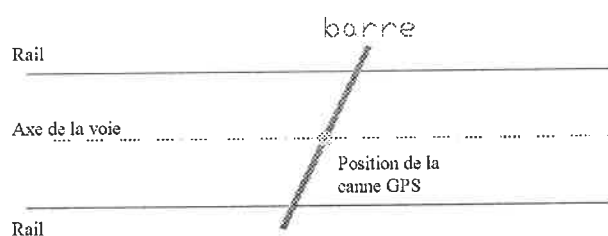


Fig. 4 – Utilisation d'une règle à lever

LEVÉ DES POTEAUX CATÉNAIRES

Une distance minimale appelée le gabarit est à respecter entre le bord du poteau caténaire et l'axe de la voie.

La position du bord intérieur du poteau permet de contrôler le gabarit pour un nouveau tracé étudié.

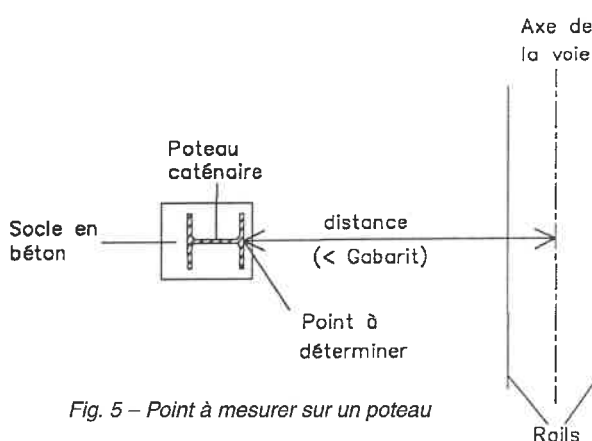


Fig. 5 – Point à mesurer sur un poteau

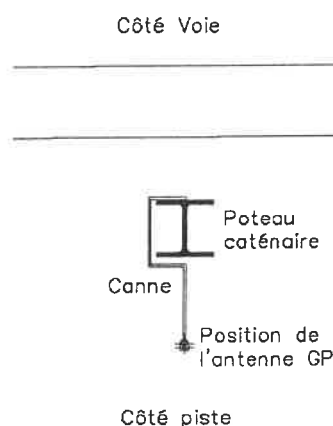


Fig. 6 – Schéma de la canne à lever

Le G.P.S. ne permettant pas une mesure directe du bord intérieur du poteau (impossibilité de coller l'antenne sur le poteau caténaire), nous avons réalisé une canne permettant des mesures avec un excentrement précis.

La position réelle du poteau caténaire est ensuite calculée soit :

- par rapport à deux poteaux, de direction perpendiculaire à la voie.
- par rapport à deux poteaux contigus de direction parallèle à la voie.

Les poteaux caténaires sont mesurés une seule fois, de jour ou de nuit.

Afin de contrôler les mesures G.P.S. sur les poteaux caténaires, des mesures sur chaque point connu de la polygonale sont faites en cours d'avancement et après l'initialisation de l'appareil.

Dès que la voie et les poteaux caténaires sont levés, un dessin sous D.A.O. Autocad est généré afin de vérifier graphiquement les mesures.

LEVÉ DES REJETS

Pour chaque zone, les rejets sont déterminés en Aller et Retour. L'écart entre les deux déterminations ne doit pas excéder 2 cm.

Afin de contrôler les mesures G.P.S. sur les rejets, des mesures sur chaque point connu de la polygonale sont faites en cours d'avancement et après l'initialisation de l'appareil.

Les rejets étant calculés en 3 dimensions, nous pouvons contrôler la mesure G.P.S. en comparant l'altimétrie G.P.S. avec le nivellement direct des points.

Si les dénivelées altimétriques G.P.S. correspondent aux dénivelées obtenues par nivellement direct, cela signifie qu'il n'y a pas de multi-trajet sur le signal G.P.S. et que les mesures planimétriques sont bonnes.

AMÉLIORATIONS DU GPS TEMPS RÉEL PAR RAPPORT À L'OPTIQUE

L'utilisation du G.P.S. Temps Réel permet d'améliorer la qualité et la productivité des travaux dans les domaines suivants :

Effectifs :

- *mesures en tachéométrie* : 3 personnes (opérateur, porte prisme, rotation de trépieds)
- *mesures G.P.S.* : 2 personnes (de part et d'autre de la L.G.V.)

Conditions atmosphériques

– *mesures en tachéométrie* : les mesures optiques nécessitent une bonne visibilité. En été, la température engendre des effluves qui ne permettent pas de travailler toute la journée. De même, des conditions de brouillard sont très pénalisantes.

– *mesures G.P.S.* : le G.P.S. n'est quasiment pas influencé par des conditions atmosphériques particulières.

Rapidité

– *mesures en tachéométrie* : la mesure des rejets de part et d'autre de la L.G.V. nécessite deux porte-prismes ou deux interventions.

– *mesures G.P.S.* : avec uniquement deux opérateurs, les rejets sur chaque côté de la voie, sont mesurés en même temps.

Ce mode opératoire permet également une bonne homogénéité des rejets, ce qui augmente la qualité de la position planimétrique de la voie.

Gain de productivité

Sur les 40 premiers kilomètres effectués et malgré le temps passé à déterminer les différentes zones de mesures, nous avons doublé les distances de mesures

avec le G.P.S. Temps Réel par rapport aux mesures optiques.

Contrairement à la méthode tachéométrique où il est nécessaire de stationner chaque point de la polygonale caténaire tous les 300 mètres pour réaliser deux levés (voies-caténaires + rejets), le G.P.S. Temps Réel permet des mesures rapides avec une seule station pour 2 km, dès que les transformations des zones sont faites.

Les avancements obtenus sur la Ligne à Grande Vitesse sont :

- levé de la voie : 4 km par nuit de 3 à 5 h effectives,
- levé des poteaux caténaires : 6 km par jour,
- levé des rejets : 4 km par jour.

APPLICATIONS SUR LIGNES NOUVELLES

L'application sur la L.G.V. nous a permis de mieux maîtriser les possibilités du G.P.S. Temps Réel en fonction de sa précision.

Les travaux topographiques sur une Ligne Nouvelle en construction peuvent être réalisés par G.P.S. Temps Réel dans la gamme de précision évoquée précédemment.

Hormis tous les travaux de contrôles possibles en G.P.S. et très faciles à mettre en œuvre (contrôle de Terrain Naturel, d'entrées en terre,...), nous envisageons son utilisation dans le domaine de l'implantation des points caractéristiques de la voie (points tous les 200 mètres, points particuliers) avec une précision centimétrique.

Le contrôle planimétrique de la pose de voie peut être aussi envisagé, en statique ou en dynamique, à condition d'avoir un très bon canevas de référence.

CONCLUSION

Le chantier de la régénération de la L.G.V. nous a permis de constater, en condition terrain, que le G.P.S. Temps Réel est parfaitement adapté pour réaliser des mesures avec une précision planimétrique de +/- 1 cm par rapport à un canevas précis.

La précision de l'altimétrie est fonction de la connaissance du géoïde local.

Un utilisateur de G.P.S., quel que soit son mode opératoire, ne peut pas intervenir sur le signal reçu par les récepteurs G.P.S. Boîte noire inviolable, le récepteur peut fournir dans de très rares cas une position erronée à plusieurs dizaines de centimètres près. Il est donc nécessaire de prévoir un mode opératoire permettant de s'affranchir de ces mesures erronées qui proviennent généralement d'un multi-trajet du signal au moment de la mesure.

Un doublement des mesures de points avec une initialisation sur des lieux différents, peut mettre en évidence une mesure fautive.

Enfin, pour améliorer la précision du signal G.P.S., il faudrait concevoir un système de mesure à 3 antennes permettant, en temps réel à partir de 2 antennes positionnées sur des points connus, de corriger l'antenne mobile des fluctuations de positionnement constatées sur les antennes fixes.

utilisation du GPS en agriculture



Éric Brasset – Ing. ISAB (SATPLAN)

Le GPS est une technique mise au point par l'armée américaine. Cet outil a pour vocation de positionner un mobile sur le globe terrestre. Ce concept réservé dans un premier temps aux applications militaires a fait ensuite très rapidement son apparition sur le marché civil. Aujourd'hui le GPS est utilisé dans un grand nombre de domaines. Il est devenu incontournable dans un grand nombre d'applications comme la navigation.

Utilisé sur sa forme différentielle (dGPS), cet instrument permet d'enregistrer des positions géographiques très précises. Il a donc très vite été adopté par les professions s'intéressant au territoire (topographes, géomètres,...)

L'agriculture est par définition utilisatrice de territoire. C'est donc en toute logique que cet appareil fait son apparition dans la gestion des exploitations agricoles. Les premières utilisations du GPS en agriculture ont eu lieu aux États-Unis vers le début des années 80. Dans le domaine agricole, les utilisations du GPS sont très diverses et variées. En France, cet outil a fait son apparition en agriculture depuis quelques années. La profession agricole et para-agricole s'interroge sur l'utilisation de cet outil. En effet, le GPS permet la mise en place d'un nouveau type de gestion des parcelles. Cette nouvelle gestion repose sur un concept que l'on nomme "agriculture de précision".

QUELQUES UTILISATIONS PRATIQUES DU GPS EN AGRICULTURE

L'aide à la conduite d'engin agricole

En agriculture, les travaux de pulvérisation et d'épandage s'effectuent avec des instruments de grandes largeurs, (24 m et plus). Avec de tels appareils il est très difficile de se repérer dans les parcelles et d'aligner les passages de pulvérisateur pour faire un épandage uniforme. Le plus souvent, l'agriculteur intervient manuellement en disposant des jalons dans les parcelles.

Avec le GPS, l'intervention manuelle n'est plus nécessaire. Certains constructeurs de GPS proposent des systèmes de guidages constitués d'une barre de tendance lumineuse qui couplés à un GPS permettent de garder le cap de la ligne droite. Ce système permet donc de tracer des lignes droites parallèles dans n'importe quelles conditions (parcelles vallonnées, travail de nuit...).

Ce système provient des États-Unis, il est encore très peu utilisé en France.

L'organisation et le suivi de chantiers de récolte

De grandes entreprises prestataires de services agricoles disposent de nos jours de grosses machines de

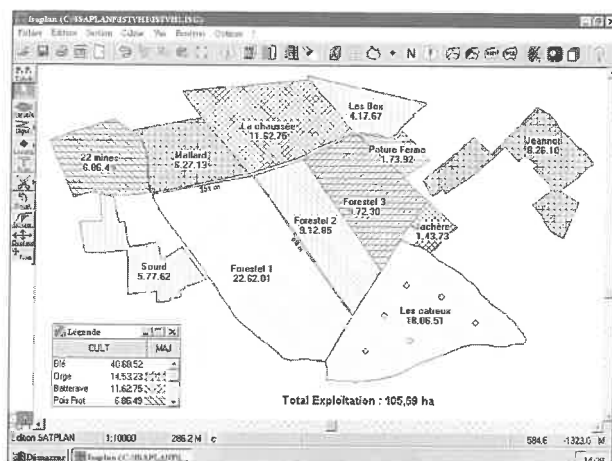
plus en plus performantes. Une amélioration de l'organisation du parc de machines permet de réduire le temps consacré aux déplacements ainsi que les coûts de logistique. Cela optimise la productivité des machines.

C'est pour ces raisons que certains constructeurs de machines agricoles utilisent la technologie GPS pour proposer une gestion des chantiers de récolte. Ces systèmes localisent la position des machines en faisant appel au GPS. Ces données de position ainsi que des données importantes se rapportant aux machines sont transmises à un poste central situé dans les bureaux de l'entreprise. Une personne peut ainsi optimiser l'agencement des chantiers.

La localisation et la cartographie de parcelle agricole

De nos jours, les seules informations parcellaires dont disposent les agriculteurs sont les relevés du cadastre. Or dans un grand nombre de cas la parcelle cadastrale est différente de la parcelle cultivée. (La parcelle cultivée peut englober plusieurs parcelles cadastrales, les limites des cultures peuvent être différentes des limites cadastrales.) Toutefois l'agriculteur a besoin de connaître les surfaces cultivées pour les déclarations administratives et pour la gestion de ces cultures. La

SARL SATPLAN utilise donc un GPS (qui travaille en différentiel) sur un quad pour repérer le contour des parcelles, calculer des surfaces et éditer des plans d'exploitation. Ces données peuvent être ensuite reprises par l'agriculteur sous un logiciel de plan (ISAPLAN d'ISAGRI). Le but est aussi de géoréférencer les limites des parcelles pour que l'agriculteur puisse replacer sur le parcellaire de l'information intraparcellaire (carte de sol). Ce service est donc une des premières étapes de la gestion intraparcellaire des parcelles.



La localisation de prélèvement de sol

Ce service est également proposé par la société SATPLAN. Il y a quelque temps, la plupart des prélèvements de sol sont effectués dans des endroits très variables des parcelles d'une année sur l'autre. En effet les agriculteurs ne disposaient pas de moyen précis et rapide pour repérer les lieux de prélèvement. Aujourd'hui, on associe à la tarière un GPS qui repère le lieu de prélèvement au mètre près. Avec ce service on peut revenir chaque année faire les prélèvements de sol pour analyse au même endroit. L'agriculteur a donc la possibilité de suivre exactement l'évolution de ses sols. Il est également possible d'archiver les résultats d'analyses sur des plans. La localisation des prélèvements de sol est l'une des premières étapes qui va diriger l'agriculteur vers "l'agriculture de précision".

L'AGRICULTURE DE PRÉCISION

L'arrivée de nouvelles technologies en agriculture comme le GPS ouvre les portes d'un nouveau type de gestion agronomique.

Le concept de l'agriculture de précision est né du constat d'une variabilité intraparcellaire de plusieurs paramètres tels que le sol (texture, fertilité), le rendement, les conditions climatiques. Face à cela, nos ancêtres avaient choisi de cultiver des parcelles de faibles superficies qui leur permettraient une conduite culturale en adéquation avec les besoins moyens du milieu. De nos jours, les contraintes économiques et techniques aidant, les superficies exploitées sont bien plus importantes et en perpétuelles croissances. Or, l'unité de base du raisonnement agronomique est toujours la parcelle, avec toutes ses variations. L'agriculture de précision nous propose donc de moduler notre pratique culturale pour l'adapter aux exigences locales. A terme, il s'agit de

raisonner la dose d'engrais, de semence, en un mot tous les intrants, en les adaptant aux nécessités d'une surface élémentaire homogène.

Le concept

L'agriculture de précision repose sur l'existence d'une variabilité intraparcellaire. La première étape consiste à récolter de l'information intraparcellaire pour pouvoir identifier les différentes zones au sein d'une parcelle. Ensuite il faut interpréter ces informations et prendre les décisions adéquates. Dans l'ultime étape, on module les apports d'intrants en fonction des décisions prises. La modulation intraparcellaire peut concerner l'ensemble des opérations culturales; le travail du sol, le semis, les apports d'amendements, les apports d'engrais (azote, potasse, phosphate et oligo-éléments), la protection des cultures (adventices, maladies fongiques), l'irrigation.

Bien évidemment, le raisonnement de la conduite des cultures selon les différentes zones rencontrées au sein d'une même parcelle n'est envisageable que si cela est agronomiquement nécessaire, techniquement possible et économiquement rentable.

Les enjeux

Les enjeux de ce nouveau concept sont de plusieurs ordres.

Ils sont bien sûr économiques. En positionnant les intrants au bon endroit, l'agriculteur va limiter ses coûts de productions. En effet, pour la fertilisation, l'agriculteur augmentera les doses dans les zones carences et limitera les apports dans les zones excédentaires. Comparée à un raisonnement axé sur des apports moyens uniformes à la parcelle, cette nouvelle gestion va engendrer des économies d'intrants. En France on n'a pas assez de recul pour mesurer le potentiel d'économie. Toutefois, aux États-Unis, ils annoncent des gains potentiels de 500 F/ha pour la modulation des fumures potassiques, phosphoriques et azotées.

En raisonnant sur des surfaces élémentaires homogènes, l'agriculteur va pouvoir améliorer le rendement de certaines zones. Avec comme nouvelle paire de lunettes le GPS, l'agriculteur observera les problèmes culturaux (carence, maladie, baisse de rendement) à l'intérieur des parcelles. Ce nouveau concept va donc permettre d'augmenter le potentiel de rendement des parcelles. Par conséquent, l'agriculture de précision aura vraisemblablement un rôle à jouer dans l'amélioration de la productivité.

Les enjeux concernent également l'environnement. De nos jours, les agriculteurs sont de plus en plus soucieux des problèmes d'environnement. Une mauvaise estimation des besoins d'une culture peut engendrer des apports excessifs d'engrais.

Aujourd'hui les besoins des cultures sont calculés au plus juste en fonction des analyses de sol sous forme de besoin moyen par parcelle. L'arrivée des technologies de modulation d'apport et de localisation de prélèvement de sol va permettre d'ajuster les apports aux surfaces élémentaires homogènes. En apportant les bons éléments fertilisants au bon endroit, l'agriculteur pourra gérer plus facilement le lessivage des éléments fertilisants et donc limiter les risques de pollution.

Le troisième enjeu concerne la qualité des produits agricoles. La qualité des produits dépend du sol (le terroir) du climat, mais aussi des intrants utilisés sur la culture. La maîtrise intraparcellaire des intrants permettra d'améliorer la qualité des produits.

La qualité alimentaire des produits est également concernée. Le GPS accompagné de son boîtier enregistreur est une véritable mémoire des interventions parcelaires. Cette technique pourra donc être utilisée pour géoréférencer les produits entrant et sortant des parcelles. Cette technologie a également une fonction de traçabilité pour les produits agricoles. De plus le géoréférencement des parcelles permettra à l'agriculteur de justifier la localisation de ces parcelles dans un terroir et de la non-proximité d'un facteur polluant (centrale d'incinération, centrale nucléaire...). Dans ce cas la technologie sera au service de la sécurité alimentaire et au service du consommateur.

LA MISE EN PLACE DU CONCEPT D'AGRICULTURE DE PRÉCISION

La détection des hétérogénéités au sein des parcelles

L'hétérogénéité des sols, peut aussi bien s'observer au niveau régional qu'au niveau parcellaire. À l'échelle kilométrique, il est facile de constater que les différents matériaux de départ, le relief, les conditions climatiques ont engendré une multitude de paysages pédologiques. Pour s'en rendre compte, il suffit d'observer une carte des sols. De même, à l'échelle plus fine (la parcelle), cette variabilité du sol peut subsister avec une intensité plus ou moins importante. Elle trouve son origine dans les processus de formation des sols mais aussi dans les modifications induites par les pratiques agricoles : déforestation et mise en culture, retournement des prairies, suppression de haies, aménagements hydrauliques... (Cette variabilité concerne l'ensemble des paramètres physiques, mécaniques et chimiques du sol.)

De plus une parcelle agricole actuelle résulte toujours du remembrement de plusieurs autres. Chacune de ces sous-unités ayant son histoire culturelle, nous avons une nouvelle unité hétérogénéité.

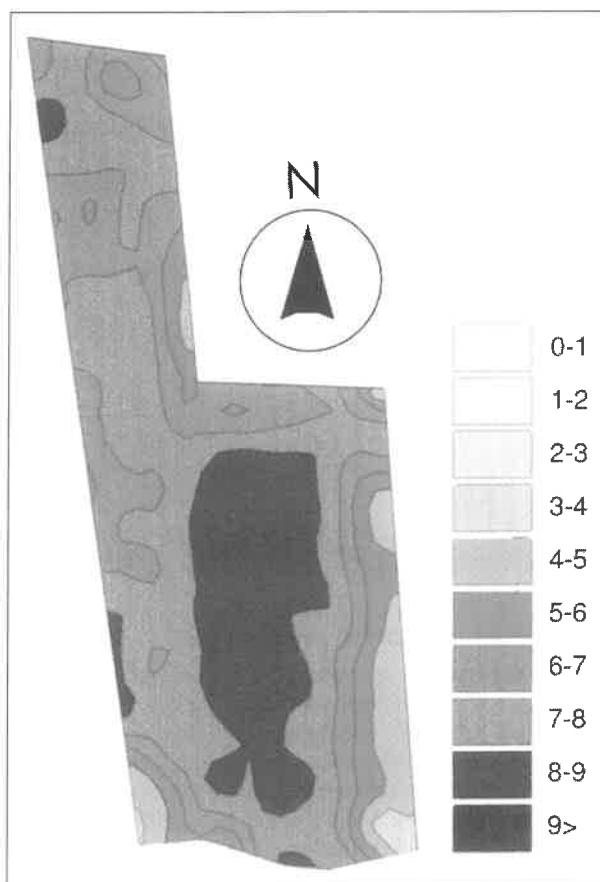
Différents moyens peuvent être mis en œuvre pour caractériser la variabilité intraparcellaire du sol. Tout d'abord, en disposant d'un parcellaire délimité au GPS et géoréférencé et d'une carte de sol suffisamment détaillée (au moins au 1/25 000), on peut éditer des cartes de sol à la parcelle.

Il est également possible de faire des prélèvements de sol repéré par GPS avec un maillage fixe prédéterminé. Sans autres éléments d'informations disponibles, ce mode de prélèvement est le seul moyen de mettre en évidence la variabilité du sol et en particulier pour les paramètres chimiques. Aujourd'hui on se pose des questions sur le maillage qu'il faut retenir pour que le coût des analyses soit en rapport avec le gain que pourrait apporter la modulation des pratiques agricoles.

Une autre méthode consiste à faire des prélèvements de sol repérés par GPS et d'orienter les lieux de prélèvements à partir d'information de carte de rendement, de photographies aériennes ou d'images satellites. Avec ce

mode de prélèvement la prise d'échantillons de sol ne se fait plus à "l'aveugle" et de manière systématique, mais de manière raisonnée.

Il existe aussi des capteurs capables d'apprécier la profondeur du sol en mesurant une conductivité électromagnétique.



La variabilité intraparcellaire des plantes cultivées

La variabilité intraparcellaire des plantes résulte de celle du sol et des opérations culturales réalisées par l'agriculteur. Elle concerne aussi bien la quantité de produit que sa qualité. Cette hétérogénéité peut être appréciée à partir d'images satellites, de photos aériennes ou de cartes de rendement. Aujourd'hui, c'est principalement la cartographie de rendement qui est pratiquée dans le cadre du concept de l'agriculture de précision. Elle est réalisée à l'aide d'un quantimètre associé à un système dGPS. Le quantimètre, (capteur d'impulsions) est placé en haut de l'élévateur à grain de la moissonneuse batteuse. Il mesure de flux de grains. C'est en associant ces flux de grains à des positions dGPS que l'on établit des cartes de rendements. L'interprétation des cartes de rendement doit se faire avec prudence. En effet la variabilité du rendement n'est que la résultante de la variabilité intraparcellaire et de l'effet climatique annuel. Cette source précieuse d'information doit être synthétisée sur plusieurs années pour gommer l'effet climatique.

La variabilité intraparcellaire de la flore

Les mauvaises herbes sont présentes de manière très hétérogène sur une parcelle. Face à cette hétérogénéité constatée, il n'est pas nécessaire d'appliquer un herbicide sur la totalité de la parcelle. Le repérage de

cette hétérogénéité peut se faire avec un GPS. Il s'agit de tourner autour des zones infestées pour réaliser la cartographie. Il est également possible de faire la cartographie pendant la récolte. En effet, les consoles de contrôle des capteurs de rendement permettent d'enregistrer des informations visibles par le chauffeur comme par exemple la présence de taches de mauvaises herbes pour peu qu'elles soient visibles au travers de la récolte.

Ce sont les nouvelles technologies et plus particulièrement le GPS qui vont permettre de déceler les hétérogénéités. En effet, le GPS associé à un boîtier enregistreur nous permet de collecter et d'archiver les informations intraparcellaires. Maintenant la deuxième étape consiste à synthétiser et à interpréter cette information.

L'interprétation des informations et la prise de décision

Il s'agit de prendre en compte la variabilité dans le processus qui amène à la prise de décision de conduite des cultures. Il faut donc comprendre l'origine des différences et leurs impacts tant vis-à-vis de l'opération culturale à réaliser (décision opérationnelle) que pour l'exploitation dans sa globalité (incidence économique).

Il faut donc gérer la masse importante d'informations collectée sur les parcelles. L'outil informatique devient nécessaire pour synthétiser une telle quantité d'information. Quelle que soit la nature des données à interpréter, elles ont toujours les mêmes structures : positionnement précis du lieu via le système de repérage associé à une variable (rendement, fertilité, profondeur du sol...) On a donc besoin de système d'information géographique (SIG) pour traiter l'information. En effet le SIG est capable de superposer différentes couches d'informations d'origine et de nature diverse. En outre quelque soit la résolution spatiale des différentes couches, elles seront étirées pour obtenir une superposition parfaite. Ce système informatique permet donc de mettre en évidence l'absence ou la présence de relation entre les différents facteurs. Par exemple il rend possible la mise en relation du rendement de la culture pour lequel une information existe au moins tous les 20 m² et tous les ans avec la profondeur du sol qui a été mesurée au mieux une fois par hectare. Plusieurs niveaux d'informations peuvent ainsi être gérés en même temps.

Toutefois le SIG n'est pas capable d'interpréter seul les informations. L'interprétation est très complexe car la variabilité d'un élément (par exemple le rendement) dépend d'un très grand nombre de facteurs (climat, sol, fertilité,...) Il faut donc avoir une vision globale des mécanismes agronomiques présents sur les zones homogènes des parcelles. Jusqu'à aujourd'hui, les agronomes ont toujours travaillé sur des modèles agronomiques utilisant la moyenne parcellaire. Le faible recul dont on dispose sur ce type d'interprétation et donc l'absence de modèle agronomique clair mis à disposition des agriculteurs sont les principaux freins au développement de ce concept.

Mais, dès aujourd'hui on peut travailler sur des éléments simples pris individuellement comme la fertilisation et l'amendement. En effet à partir d'une carte d'éléments fertilisants construite avec des prélèvements en maillage, on peut définir des cartes d'application d'en-

grais. Ces applications modulées auront pour but de limiter les excès dans les zones bien pourvues et de combler les carences dans les zones déficitaires.

La mise en place de la modulation

Cette troisième étape consiste à mettre en œuvre les décisions prises sur les parcelles. C'est actuellement l'étape qui pose le moins de problèmes compte tenu des avancées techniques récentes.

La modulation peut être effectuée de deux manières différentes.

La modulation en temps réel, utilise des capteurs embarqués qui actionnent directement le matériel pendant le travail. L'autre voie est axée sur l'utilisation de cartes de préconisation. C'est la méthode la plus utilisée. Elle consiste à lire une carte de préconisation préalablement préétablie au cours du travail. Grâce à la carte le programmeur associe à une position GPS le réglage de l'instrument (l'ouverture des trappes d'un semoir à engrais ou des rampes d'un pulvérisateur). L'utilisation de l'une ou l'autre des méthodes va dépendre de l'opération culturale à effectuer. C'est-à-dire du type de paramètre pris en compte pour décider du réglage du matériel. Ces deux pratiques peuvent d'ailleurs être combinées pour la même culture selon les différentes étapes. Par exemple pour la fertilisation azotée d'un blé, les deux premiers apports d'azote peuvent être réalisés à partir d'une carte de préconisation prenant en compte différents paramètres du milieu (profondeur du sol, texture...) et le dernier à l'aide d'un capteur mesurant le besoin réel de la plante.

La modulation peut concerner toutes les interventions culturales. En pratique les priorités qui apparaissent en termes de rentabilité et de protection de l'environnement sont tournées vers l'amendement, la fertilisation et la protection des cultures.

CONCLUSION

Même si le concept d'agriculture de précision apparaît séduisant, il est encore très peu utilisé en France. En effet la France comptabilise peu de moissonneuses équipées de GPS (quelques dizaines d'unités). Il va falloir encore quelques années pour que l'on puisse chiffrer réellement le gain potentiel à espérer avec ces nouvelles technologies. Toutefois il faut savoir qu'il faut environ 5 ans de cartographie de rendement pour bénéficier d'une information intraparcellaire exploitable. Les agriculteurs intéressés par cette gestion doivent dès aujourd'hui commencer à collecter de l'information intraparcellaire.

La SARL SATPLAN c'est fixé comme mission de mettre à disposition du monde agricole le GPS. Elle accompagne de cette manière les agriculteurs intéressés par l'agriculture de précision. Avec une dizaine de prestataires de service, la société couvre l'ensemble du territoire français. Aujourd'hui, en plus de la cartographie de parcelle agricole et du repérage de prélèvement de sol, elle commercialise des capteurs de rendement pour moissonneuse batteuse.

GPS

et le syndrome de

l'an 2000

Claude Million

Les terreurs millénaristes sont marquées par leurs époques : il paraît qu'en l'an mille on dansait dans les cimetières en attendant la fin du monde. En l'an deux mille on attend une panne générale des ordinateurs. Le cas particulier du passage de l'an deux mille par GPS est assez original pour qu'on s'y arrête.

D'abord pourquoi est-il particulier ? Qu'est-ce qui le distingue de la panne informatique générale ? On va montrer que c'est à la fois le même problème qui se pose, mais qu'il est totalement différent du problème général.

On va caractériser le problème général par un exemple très simple, car il est assez bien connu. Nous avons vécu des temps où les positions en mémoire des variables informatiques étaient comptées, nous n'en sommes plus là, mais nous avons hérité de millions de programmes écrits ; en ces temps de pénurie, et comme ces programmes marchent on les a utilisés de façon routinière. Or, dans un grand nombre d'entre eux, l'année de la date est codée sur deux chiffres décimaux soit 99 pour 1999, puis 00 pour 2000. Prenons le cas simple d'une banque entièrement automatisée, au passage de 1999 à 2000 elle va calculer les intérêts d'un prêt consenti à un de ses clients. L'ordinateur va faire le calcul :

$(00-99) \times (\text{taux d'intérêt du prêt})$ et "débit" cette somme sur le compte du client, qui, en raison de la règle des signes, se verra **créditer** de 99 fois les intérêts qu'il doit.

Ce n'est qu'un exemple, il paraît que les programmes sont truffés de pièges de cette nature qui pourraient provoquer des catastrophes. Pour les éviter il faut reprendre les "sources" des programmes qui sont écrits dans des langages souvent anciens (Cobol, Algol, voire Fortran première manière), d'où la recherche éperdue des anciens programmeurs qui connaissent ces langages, et même la formation de nouveaux programmeurs à ces anciens langages (Qu'en fera-t-on quand l'an 2000 sera passé ?). Parfois les sources n'existent plus, c'est souvent le cas des programmes les meilleurs, pour lesquels on s'est jamais posé la question de leur maintenance. Il faut "désassembler" le code machine et ce n'est pas facile.

Bref, les Américains prévoient un *Armageddon* informatique qu'il est conseillé de simuler en décalant les horloges des ordinateurs au 31 décembre 1999 à 23 h 59 et d'attendre pour voir ce qui se passe. Pas très facile pour une banque de fermer une journée pour voir. Certains diront : et après avoir vu, on fait quoi ?

Pour GPS le problème est un peu différent. Le temps GPS est mesuré en semaines et en secondes de la semaine, et cela, depuis le 6 janvier 1980 qui tombait un début de semaine. Aujourd'hui, 26 août 1998, nous sommes dans la 970^e semaine GPS.

Le "temps GPS" de départ d'un signal est "daté" en semaines par l'émission du satellite qu'on reçoit, et cela, sur 10 chiffres binaires (bits) de la semaine 0 à la semaine 1023.

Au-delà de 1023 semaines le "compteur" repassera à 0, au lieu de 1024 dont l'écriture demanderait 11 chiffres binaires. Il n'y a donc aucune raison pour que cela se produise le 1^{er} janvier 2000.

On peut faire le calcul :

Le 6 janvier 1980, date origine des temps GPS, correspond au Jour Julien 2444244,5 ; si on ajoute 1024 semaines de sept jours à cette date, soit 7168 jours on atteint la date Julienne 2451412,5 qui correspond au **22 août 1999 à 0 h GPS soit 23 h 59' 47" de TU.**

De fait, les choses vont se passer de la manière suivante :

<i>Semaine commençant à 00,00 h GPS le</i>	<i>Semaine GPS du message diffusé par les satellites</i>
8 août 1999	1022
15 août 1999	1023
22 août 1999	0
29 août 1999	1

On remarque que pour GPS la semaine "commence" le dimanche, alors que le Créateur s'est reposé le dernier jour de la semaine, étrange inversion pour des Américains qui connaissent mieux la Genèse que le système décimal...

De plus, en raison du décalage entre le temps GPS, qui est un temps TAI (temps atomique international), et le temps universel coordonné (TUC), les choses vont se passer à minuit GPS, et non à minuit TUC, le décalage ne serait que de 13 secondes actuellement.

Si on s'en rapporte aux dernières déclarations faites lors de la séance inaugurale de ION-GPS 1997 les prévisions ne seraient pas aussi noires que pour les problèmes informatiques. Il est simplement recommandé de bien vérifier ce qui sortira des récepteurs ce jour-là, c'est ce qui s'appelle ne pas se mouiller...

Pourtant, à certains indices on pourrait s'alarmer : Un organisme officiel, le GPS Joint Program Office (JPO) prévoit de tester tous les récepteurs GPS comme on l'a proposé pour les banques. Comme il faut "imiter" la situation de GPS à la date du 22 août il recommande d'utiliser des simulateurs spécialisés, qui fleurissent actuellement dans les annonces du commerce, et de se placer le 21 août 1999 à 23h 30' afin de voir comment le récepteur réagira au changement de semaine... Après quoi rapprochez-vous de votre fournisseur.

Heureusement, toutes les prévisions des experts ne sont pas aussi pessimistes :

Prenons les problèmes les plus simples : il peut se trouver que l'almanach enregistré avant la date de passage qui aura été mis à jour la semaine 1023 ne pourra pas extrapoler à la semaine 0. Il ne pourra donc pas "connaître" les satellites visibles du lieu de réception.

Chaque satellite transmet les éphémérides, et toutes les autres informations, dont les données de l'almanach, toutes les douze minutes et demie, les données de l'almanach sont seules conservées en mémoire même après l'arrêt de l'appareil. On se retrouvera donc dans la position qui était celle du récepteur lorsqu'on l'a démarré la première fois. Cela peut prendre environ vingt minutes, en tout cas cela sera fonction du nombre des satellites visibles du lieu de réception. Ce défaut, parfois appelé "démarrage à froid", peut être considéré comme à peu près certain. Toutefois, les données de l'almanach étant codées sur un octet, on a pu, déjà par le passé, rencontrer ce problème, surtout si l'appareil a plus de 256 semaines de service – un peu moins de cinq ans – on ne sera donc pas surpris. Donc, tout dépend de l'âge du récepteur.

Un autre problème peut venir du calcul de la date civile, c'est un problème de logiciel, comme celui des banques :

Imaginons que le logiciel fasse le calcul de la date civile comme nous l'avons fait plus haut, la semaine 0 commencera le 6 janvier 1980, le lendemain sera le 7 et ainsi de suite, en revanche, pour les calculs internes de GPS, vingt minutes après l'heure de passage, le récepteur aura des éphémérides "fraîches" donc le calcul de la position sera correct, mais l'affichage de la date sera faux.

On a deux cas, le premier concerne les opérations en temps différé, le logiciel est par conséquent extérieur à l'appareil il suffira de corriger ou de faire corriger le bogue. Le second cas est celui des opérations en temps dit "réel", en fait en temps très légèrement différé, pour les implantations par exemple, le logiciel est contenu dans une PROM, mémoire programmable en lecture seule, il faudra donc la changer : encore deux cas, soit la mémoire en question est soudée, il faudra retourner l'appareil à son fabricant, soit elle est enfichée, en ce cas les moins maladroits pourront la changer eux-mêmes, après avoir reçu la nouvelle PROM de leur fournisseur.

Pour la position le seul réel problème est le suivant : si à l'instant du passage vous avez des éphémérides anciennes d'une époque 1023 semaines + a (secondes) et que votre horloge au lieu d'indiquer 1024 semaines + b secondes indique 0 semaine + b secondes l'extrapolation des anciennes éphémérides au temps présent va donner, sur l'instant, des résultats faux. Lorsque de nouvelles éphémérides seront reçues tout rentrera dans l'ordre. Donc, topographes utilisateurs de GPS, restez couchés bien au chaud dans la nuit du 21 au 22 août 1999.

Bien entendu les choses ne sont pas aussi graves, il est bien évident que les fabricants des récepteurs étaient capables de tenir les mêmes raisonnements que nous, surtout qu'il ne fallait pas grand-chose pour porter remède à ces défauts. Deux instructions conditionnelles suffisaient.

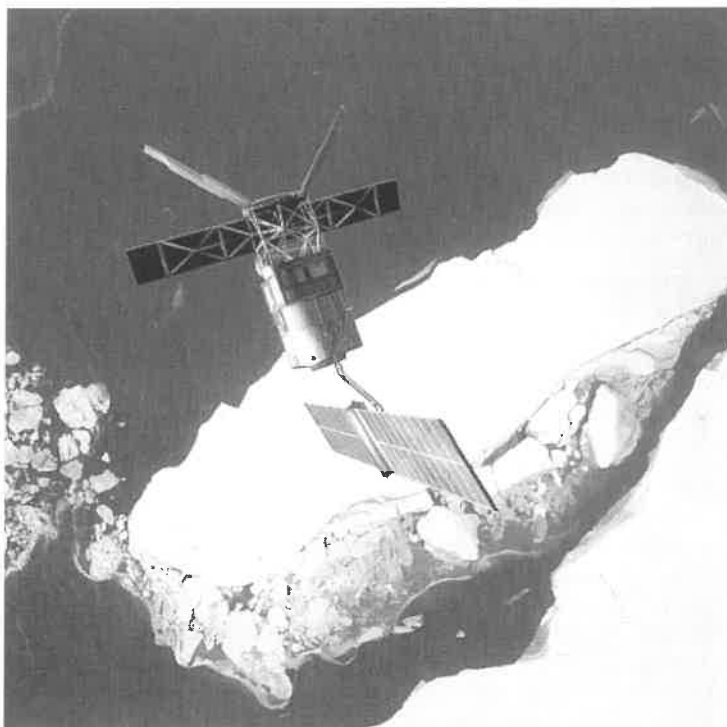
Il paraît certain que pour les appareils de moins de cinq ou dix ans les corrections des logiciels "soudés", "enfichés", ou "écrits" ne sont pas nécessaires. En revanche, les auteurs paraissent plus pessimistes pour les appareils plus anciens. On a publié sur Internet (Cruising World, de mai 1997 titre New-Age Navigating) une liste des différents appareils dédiés à la navigation, leurs fournisseurs, avec en regard les dispositions à prendre. On ne peut la reproduire ici faute d'avoir pu vérifier toutes les informations contenues dans ce texte. La consultation des "sites" des fabricants n'a rien donné sur ce sujet.

(e-mail : Claude.Million@Wanadoo.fr).

Le programme des études de l'École Supérieure des Géomètres et Topographes (ESGT) comprend notamment un module de télédétection, enseigné par M. Laurent Polidori (Aérospatiale). Dans le cadre de ces cours, les élèves sont amenés à produire un travail, les sujets étant aussi nombreux que variés, tous ayant pour dénominateur commun la télédétection d'une part, et les applications de cette technique liées à la topographie et à la cartographie. Cet article a pour objet de résumer l'un d'entre eux, réalisé en 1997, qui traitait de la cartographie de l'Antarctique. L'un des intérêts de présenter ici cet exercice d'étudiant réside dans le fait que l'essentiel du travail a consisté à faire le point sur l'aptitude des systèmes de télédétection à cartographier l'Antarctique, le dernier des continents, et non le moins intéressant. Des équipes de chercheurs, expertes en la matière, travaillent actuellement sur ces thèmes (voir postface ci-après de Frédérique Rémy). Rappelons simplement que les méthodes et les moyens ont bien évolué depuis cinquante ans, quand les premiers membres des Expéditions Polaires Françaises menaient à bien la cartographie de la Terre Adélie (voir article de Yves Vallette dans XYZ n° 65, 4^e trimestre 1995).

Aptitude des systèmes de télédétection à cartographier l'Antarctique

Christophe Podevin – Ingénieur ESGT



ERS survolant les glaces de l'Antarctique

PRÉFACE

Le continent antarctique est moins connu que la face éclairée de la lune!... C'est ce qu'écrivait en 1946 le Contre Amiral Richard E. Byrd.

La péninsule antarctique, située au Sud de l'Amérique, a été reconnue assez tôt et bien cartographiée au début du siècle, en particulier par les missions du Commandant J.-B. Charcot.

Mais l'autre région antarctique, qu'on appelle maintenant antarctique de l'Est, et qui nous est chère car découverte par Dumont d'Urville en 1840, est restée longtemps très peu connue.

En 1911 et 1912, les raids de Douglas Mawson ont complété la cartographie avec les moyens de l'époque : leviers sous voiles, visées au cercle et au théodolite.

Ce sont les couvertures de photos aériennes de l'expédition High Jump qui permettent une bonne connaissance de la surface. Comme indiqués dans les numéros 65 et 66 de la revue, les cartes au 1/100 000 de la Terre Adélie ont été éditées par l'I.G.N. par restitution de ces photos, avec des points au sol déterminés par des stations à l'astrolabe ou au théodolite.

Ces cartes fournissent un bon tracé de la côte et de ses quelques points rocheux mais cette côte est très variable dans les zones de falaises de glace ou de langues des glaciers.

En altimétrie, tout reste à faire car des cheminement ont bien été déterminés mais sur une surface de glace qui est mobile en altitude et en plan.

Il faut bien se rappeler que la glace **recouvre 98 % de ce continent!** Il fallait donc trouver des méthodes applicables à cette surface qui bouge. Il est donc passionnant, pour ceux qui ont peiné, dans des conditions extrêmes, avec théodolites, astrolabes ou altimètres, de voir arriver les nouvelles méthodes comme celles bien décrites par **Frédérique Rémy**, du Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale. Il est très attachant de voir qu'un jeune élève de l'École Supérieure des Géomètres et Topographes, Christophe Podevin, présente un remarquable travail sur l'**Aptitude des systèmes de télédétection à cartographier l'antarctique**. Que de progrès dans les méthodes de recherches, depuis 100 ans, puis depuis 50 ans et encore plus depuis ces dernières années!...

Yves Vallette



GP-SX1 Récepteur GPS

*Mono-Fréquence
avec post traitement
ou temps réel RTK*



104-106, rue Rivay
92300 LEVALLOIS-PERRRET
Tél. : 01 41 06 94 90 - Fax : 01 47 39 02 51

- 12 canaux
- Batteries longue durée
- Norme d'étanchéité IPX-6
- Poids plume, moins d'1 kg

Begin
65 years. Beginning the 21st century.

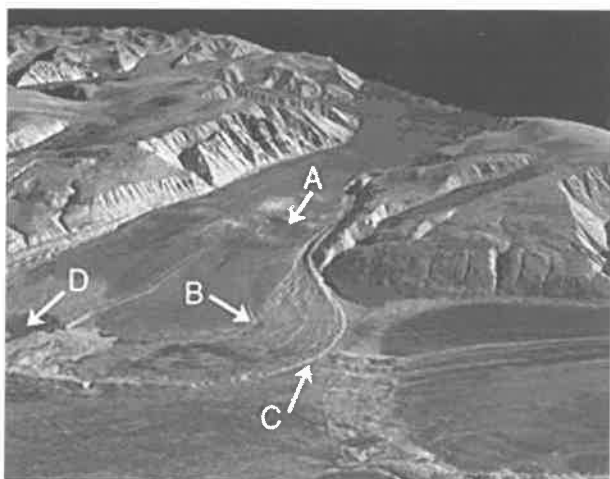
Les premiers

Seasat fut le premier satellite dédié à la cartographie des glaces polaires. Malheureusement, lancé le 26 juin 1978, il ne fut seulement en service que jusqu'au 10 octobre 1978. Il y eut aussi Geosat ou encore Landsat, mais ces missions sont désormais achevées.

ERS

ERS (*European Remote Sensing Satellite* ou satellite européen de télédétection) est un programme qui comprend deux satellites exploités par l'Agence Spatiale Européenne (ESA). Ils réalisent des mesures portant sur les mers, les vents et les vagues, ainsi que les terres émergées et notamment les calottes polaires. La tâche d'ERS-1, lancé le 17 juillet 1991, est poursuivie par ERS-2, lancé le 21 avril 1995. À quelques différences près, ERS-2 est pratiquement le double d'ERS-1. Placés en orbites héliosynchrones à 785 km d'altitude environ, avec une inclinaison de 98,52°, ils effectuent un peu plus de 14 orbites par jour et un cycle en 35 jours.

Pendant quelques mois, ERS-1 et ERS-2 ont fonctionné en tandem, constituant pour les utilisateurs un duo attrayant en matière d'interférométrie radar. Cette technique nouvelle, encore théorique avant le lancement d'ERS-1, permet d'obtenir des renseignements extrêmement précis sur la topographie de la surface terrestre grâce aux informations de deux ou plusieurs images prises lors de passages successifs du satellite au-dessus d'une même région. La qualité des résultats tient surtout de l'intervalle de temps séparant deux survols consécutifs, et à l'écart séparant les orbites successives. Avec ERS-1 et ERS-2 en tandem, ces paramètres ont ainsi pu être grandement optimisés. ERS-2 est en effet placé sur une orbite soigneusement phasée par rapport à l'orbite identique d'ERS-1.



Mouvements et déplacements de glaciers
d'après des données de ERS

Dans l'Arctique, ERS-1 est à l'origine de la carte topographique du Groenland la plus précise qui existe. Avec l'interférométrie SAR d'ERS, le traitement des données permet d'établir des cartes topographiques tridimensionnelles de la Terre, montrant par exemple l'écoulement d'un glacier. La mesure de la vitesse et du mouvement des glaciers répond à un besoin crucial des climatologues et géographes. Une équipe de l'Université d'Alaska avait mesuré la vitesse de déplacement du gla-

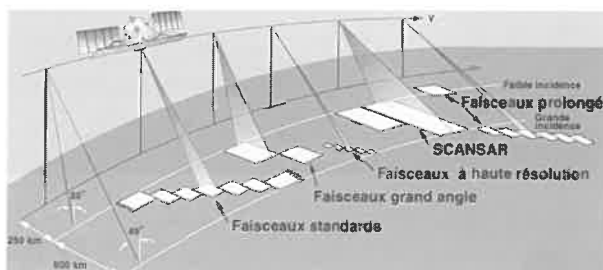
cier de Bering à l'aide d'un interférogramme, puis avait comparé les valeurs trouvées à celles issues de mesures indépendantes faites par GPS. Les résultats très voisins ont mis en évidence l'efficacité de la méthode et permis de la valider. Les Modèles Numériques de Terrain (MNT) qui en sont issus sont de précieux produits cartographiques pour les scientifiques.

Les satellites ERS comportent plusieurs instruments, dont deux nous intéressent plus particulièrement ici : l'AMI (*Active Microwave Instrument*) et le RA (*Radar Altimeter*). L'AMI est un instrument hyperfréquence actif, composé d'un SAR et d'un radar doppler, nommé SCATT. Le SAR fournit notamment des images des calottes polaires, avec une résolution meilleure que 30 m, dans un couloir de 99 km de large et avec une incidence de 23°. On obtient des données relatives à l'observation de l'Antarctique plusieurs fois par jour sous un angle variable, en site et en incidence. Le RA est un altimètre radar qui mesure notamment la distance séparant le satellite de la surface du sol. Le RA peut déterminer la topographie de la calotte glaciaire, le type de glace et les frontières entre mer et glaces. Il est d'une utilité primordiale dans ce contexte. Ses mesures donnent des indications précieuses sur la modification de l'équilibre de masse de la calotte glaciaire en fonction du climat.

Le satellite européen ENVISAT, qui devrait être lancé en 1999, prendra la relève des satellites ERS.

RADARSAT

RADARSAT est le premier satellite canadien d'observation de la Terre. Lancé le 4 novembre 1995, il sera normalement exploitable jusqu'à l'aube du prochain millénaire. Il s'agit d'une mission de coopération entre l'Agence Spatiale Canadienne (ASC) et la NASA notamment. Parmi les objectifs de la mission figurent la cartographie de l'Antarctique et la surveillance de la couverture glacielle des mers à des fins de recherche climatique. Placé en orbite héliosynchrone crépusculaire à 798 km d'altitude environ, avec une inclinaison de 98,6°, il effectue 14 orbites par jour et un cycle en 24 jours. Du fait de son inclinaison, voisine de celle d'ERS, en visant à droite, la couverture du pôle Nord est assurée, mais le pôle Sud ne peut ainsi être couvert. On ne dispose alors d'aucune donnée satellitaire concernant la zone circulaire comprise au Sud du parallèle $\varphi = 81.48^\circ$ S; c'est donc une zone d'environ 4 millions de km² qui ne peut ainsi pas être cartographiée. L'ASC a donc conçu RADARSAT de façon à ce qu'il puisse viser aussi à gauche, ce qui lui permet de couvrir ainsi la totalité du globe terrestre. Grâce à cette caractéristique, l'objectif de l'acquisition d'une cartographie globale et détaillée de l'Antarctique sera atteint, et ce, pour la première fois.



Modes de fonctionnement du SAR de RADARSAT

Le SAR est conçu de manière à ce que son faisceau soit orienté à des angles d'incidence allant de 10 à 60 degrés, dans une largeur de fauchée variant de 50 à 500 kilomètres. Il peut fournir, selon le mode utilisé, des images de résolution spatiale comprise entre 10 et 100 mètres. Concernant la cartographie de l'Antarctique, il faut savoir que la couverture du continent peut être réalisée en une seule journée lorsque son faisceau couvre une fauchée de 500 kilomètres. Le SAR peut pénétrer certains types de couverture des terres, comme les couches de neige fraîche dans les régions polaires. C'est un aspect intéressant pour distinguer les différentes couches de glaces et de neiges sur le continent.

JERS-1

Pour élargir le champ de description des satellites concernés, on peut citer le premier satellite japonais d'observation de la Terre, JERS (Japoneses Earth Ressource Satellite), lancé en 1992, comportant un SAR et un capteur optique. Le SAR a une résolution spatiale de 18 mètres. Placé en orbite héliosynchrone à 568 km d'altitude environ, avec une inclinaison de 97.67° et un cycle orbital de 35 jours, les applications de JERS sont sensiblement les mêmes que ses confrères.

ENJEUX

L'Antarctique, par la masse de glace qu'il constitue, est un gigantesque réservoir d'eau. Pour s'en rendre compte, il faut imaginer que si tout ce « glaçon » venait à fondre, par un grand malheur bien improbable, le niveau moyen des océans viendrait à monter de plus de 60 mètres. Or, du fait de sa taille, des difficultés d'accès, des conditions de séjour et de travail difficiles, mais aussi du milieu très particulier et spécifique qu'il représente, l'Antarctique est encore mal connu. Cependant, les tech-

niques spatiales vont permettre de réaliser certaines tâches qui, avant leur contribution, auraient semblé tout à fait irréalisables. La télédétection satellitaire permet actuellement d'accomplir d'énormes progrès de compréhension et de connaissances dans les mécanismes et l'évolution des calottes, car elle permet d'accéder à des observations globales, répétées et précises. Ces observations permettent ainsi de comprendre, de modéliser et de prédire l'évolution des calottes, qui représentent un élément important en matière de climatologie, car elles sont à la fois les archives glaciaires de la Terre permettant de remonter jusqu'à plusieurs cycles glaciaires (soit plusieurs centaines de milliers d'années) et un témoin de l'évolution climatique actuelle.

Or, il est important d'être capable d'anticiper les conséquences de changements de climats. En effet, en ce qui concerne l'Antarctique, la fonte des glaces côtières influe sur le niveau des océans terrestres, sur leur salinité et la température de leurs eaux. Un changement de climat sensible entraînerait des perturbations de notre équilibre non négligeables. D'un autre côté, en ce qui concerne les régions montagneuses, l'eau présente sous forme de glaces constitue l'une des richesses importantes de ces régions (alimentation, cultures, production d'électricité, etc.). La fonte des glaciers, due à des changements climatiques, est une composante cruciale du cycle hydrologique des zones alpines, qui peut influencer fortement sur l'économie et la vie de ces régions. Les connaissances et modélisations acquises par l'étude de l'Antarctique peuvent donc s'avérer fort utiles à un niveau plus local.

Voilà autant de raisons qui font l'intérêt de l'étude des glaces et des milieux polaires en particulier, car les conditions extrêmes de l'Antarctique reflètent à grande échelle les phénomènes plus petits des régions alpines par exemple.

Bibliographie concernant la télédétection

- Agence Spatiale Européenne (ESA), *⇒ Application Achievements of ERS-1 (New Views of the Earth)*; *⇒ ERS User Handbook*; *⇒ ERS-1 System*; *⇒ ERS-2 : a continuation of the ERS-1 success*; *⇒ Remote Sensing of the Polar Environments*; *⇒ Scientific Achievements of ERS-1 (New Views of the Earth)*.
- Bamber J., *⇒ A digital elevation model of the Antarctica ice sheet derived from ERS-1 altimeter data and comparison with terrestrial measurements*, article de 1994 dans *Annals of Glaciology*, vol. 20, pp. 48-54.
- Drinkwater M.R., *⇒ Imagerie des glaces de l'Antarctique au moyen du diffusiomètre d'ERS-1 à résolution améliorée*, article de 1994, *Observation de la Terre*, pp. 4-6.
- Hartl P., *⇒ Application de l'interférométrie du SAR d'ERS-1 dans l'Antarctique*, 1994, *Observation de la Terre*, n° 43, pp. 1-4.
- Legrésy B., *⇒ Télédétection des calottes polaires par altimétrie satellitaire : application à la climatologie et au bilan de masse de l'Antarctique*, thèse de Doctorat de l'Université Paul Sabatier (Toulouse III), Glaciologie et télédétection, 1998.
- Matassa, Higginson, Mayer, Herzfeld, *⇒ New results from mapping Antarctica at high resolution from radar altimeter data*, 1996.
- Oehmichen J-P., *⇒ Étapes et techniques de l'astronautique*, Bordas, 256 p., 1993.
- Podevin C., *⇒ Cartographie de l'Antarctique par télédétection, écrit d'étudiant sur la télédétection*, 34 p., ESGT, 1996.

- Polidori L., *⇒ Cartographie Radar*, Coll. l'Univers de la télédétection, Éditions Gordon and Breach Science Publishers, 1997.

- Rémy F., *⇒ Observation des calottes polaires Antarctique et Groenland par techniques spatiales*, texte de conférence, 1997.

Bibliographie concernant l'Antarctique

- Etienne J-L., *⇒ Antarctica, une aventure dans les mers australes*; *⇒ Expédition Erebus*; *⇒ Les pôles*; *⇒ Transantarctica*, 1990.
- Imbert B., *⇒ Le grand défi des pôles*.
- Lorius C., *⇒ Glaces de l'Antarctique, une mémoire, des passions*.
- Shackleton E., *⇒ Au cœur de l'Antarctique, 1911*; *⇒ L'odyssée de l'endurance*.
- Vallette Y., *⇒ Ceux de Port-Martin, Pionniers de Terre Adélie*.
- Victor P-E., *⇒ Planète Antarctique*.

7 Quelques sites web intéressants

- ⇒ <http://radarsat.space.gc.ca>
- ⇒ <http://radarsatinternational.www.rsi.ca>
- ⇒ <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/radarsat>
- ⇒ <http://services.esrin.esa.it>
- ⇒ <http://www.estec.esa.nl>
- ⇒ <http://www.esrin.esa.it>

Postface

topographie
de surface

antarctique
et groenland

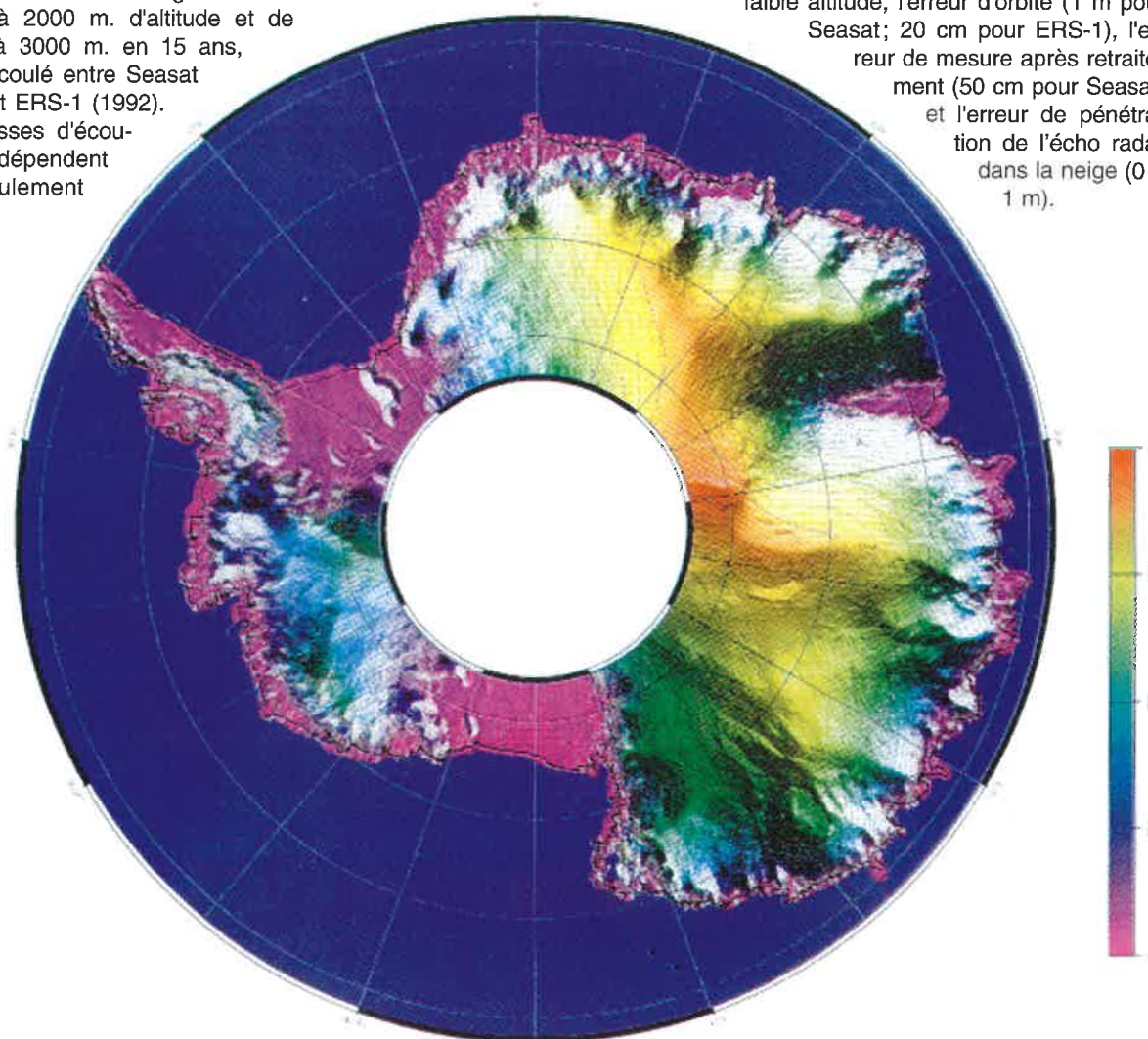
Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale – (GRGS) – Frédérique Rémy

POURQUOI LA TOPOGRAPHIE, À QUOI ÇA SERT ?

La topographie de surface a un rôle unique : d'un point de vue climatique, seules des mesures répétées de la topographie de surface peuvent estimer le bilan de masse actuel de l'Antarctique. D'un point de vue dynamique, elle est à la fois le résultat de l'évolution passée et la condition initiale de l'évolution future. Elle peut servir aussi bien à tester les modèles, à les contraindre ou à les initialiser, ou à mettre en évidence des processus physiques qui jouent un rôle. Quel que soit l'objectif, la précision doit être la meilleure possible et s'approcher de la dizaine de cm. Une variation des taux d'accumulation, de l'ordre de 10 %, conduirait à un signal de l'ordre de 30 cm à 2000 m. d'altitude et de 15 cm à 3000 m. en 15 ans, temps écoulé entre Seasat (1978) et ERS-1 (1992). Les vitesses d'écoulement dépendent non seulement

de la contrainte mécanique appliquée, donc de la pente de la surface sur une échelle d'une dizaine de kilomètres, mais aussi du chemin suivi depuis le dôme, c'est-à-dire de la courbure de la surface. Les pentes moyennes étant de l'ordre de 1/1000, une précision de 15 cm sur la topographie de surface fournit la pente à une précision de 3 %. Si, par ailleurs, les vitesses d'écoulement dépendent du cube de la pente de la surface, comme il est admis, cette précision fournira les vitesses d'écoulement à 10 % près.

Cependant, la précision altimétrique brute est 10 à 20 fois moins bonne que celle souhaitée. En effet, il existe quatre sources d'erreur majeures : l'erreur de pente (0 à 15 m), dominante surtout dans les zones de plus faible altitude, l'erreur d'orbite (1 m pour Seasat; 20 cm pour ERS-1), l'erreur de mesure après retraitement (50 cm pour Seasat) et l'erreur de pénétration de l'écho radar dans la neige (0 à 1 m).



Topographie de l'Antarctique, donnant une idée très précise de l'altimétrie du continent, du niveau de la mer jusqu'à plus de 4000 m (le Mt Winston culmine à 4897 m) (altimétrie radar du satellite ERS, avec une résolution de 1/30°, par le GRGS).

TRAITEMENT ALTIMÉTRIQUE

La mesure altimétrique est extraite à partir des formes d'ondes (toutes les 0.05 s ou 350 m le long de la trace du satellite). Elle est ensuite corrigée de l'erreur de troposphère sèche à partir d'une relation théorique reliant l'altitude et la pression atmosphérique. Le signal de marée solide est également soustrait. L'erreur de troposphère humide et l'erreur ionosphérique, négligeables devant les autres erreurs, ne sont pas corrigées. L'orbite utilisée est l'orbite précise calculée par l'Université de Delft. L'erreur résiduelle sur cette mesure est, après corrections, de l'ordre du mètre (entre 80 cm et 1 m d'écart type aux points de croisement des traces du satellite).

La topographie haute résolution est construite à partir du cycle géodésique, très dense (répétitivité 2 fois 168 jours). Respectivement, 30 millions de formes d'onde et 2 millions de formes d'onde, ont été utilisées pour les topographies au 1/30° de l'Antarctique et du Groenland. L'erreur d'orbite est retirée après ajustement d'une constante et d'un biais, obtenus par minimisation de la différence d'élévation aux points de croisement. L'erreur de hauteur liée à la pente de la surface est corrigée après la construction de la carte, en estimant en chaque pas de grille la pente à partir d'une forme biquadratique ajustée sur 9 pas, et en tenant compte de la pente et de la courbure de la surface. L'erreur finale peut dépasser plusieurs mètres au bord de la calotte, ceci à cause de la pente de la surface et de la présence d'ondulations importantes, mais est inférieure au mètre dans les régions intérieures.

DESCRIPTION

Les détails obtenus à partir de l'orbite dense sont surprenants. Par exemple, sur un agrandissement de la Terre Adélie, nous voyons la signature du lac de Vostok (95°E, 72-76°S) : la glace glisse à cause de la présence d'eau subglaciaire, il y a donc un fort relâchement local des contraintes d'écoulement dont la signature se reflète en surface. La même signature est observée près de l'Astrolabe (68°S, 140°E), lac subglaciaire entouré de chaînes de montagnes. Ces lacs sont entourés de bour-

relets causés par les transitions brusques frottement fort/frottement faible. En revanche, à gauche de l'axe Dumont d'Urville/dôme C, nous voyons la marque d'une forte contrainte causée par le passage de la glace sur une chaîne de montagnes.

Au premier ordre, et à grande échelle, le relief des calottes est « quasi-parabolique » comme tout corps plastique reposant sur un socle : de la côte vers le centre, la hauteur augmente et la pente de surface diminue. À cette échelle, le relief est contrôlé par l'équilibre entre précipitation et évacuation, et dépend par conséquent des conditions climatiques. Si l'on retranche ce profil quasi-parabolique du profil réel, apparaissent alors d'autres signaux. À l'échelle de la centaine de kilomètres, on découvre un double réseau de structures variant de 20 m d'amplitude à la côte à quelques dizaines de centimètres au centre ; l'un, orienté perpendiculairement aux lignes de niveau, l'autre, parallèlement. Ce premier réseau traduirait des anomalies d'écoulement entre chenaux attenants qui se transmettent de la côte aux dômes. Une partie de la forme des calottes serait donc contrôlée par la vitesse d'écoulement des glaciers émissaires. À l'échelle de la dizaine de kilomètres, nous observons des ondulations extrêmement régulières de 20 km de longueur d'onde et d'amplitude 5 m, très caractéristiques de la topographie des deux calottes polaires. Ces ondulations, plus fortes aux bords et plus faibles à l'intérieur des continents, seraient dues à la présence du socle rocheux amorti par l'épaisseur de glace. Elles sont statistiquement inclinées de 45° par rapport aux lignes d'écoulement.

Ces différentes signatures, qu'elles soient liées à la dynamique ou la climatologie, permettent de quantifier les processus physiques connus qui agissent au Groenland ou en Antarctique, ou d'en découvrir. C'est le cas de l'alternance des lignes d'écoulement rapide et des lignes d'écoulement lent qui se fait à une longueur d'onde caractéristique d'environ 250 km, ou encore du réseau de structures parallèles aux lignes de niveau qui restent encore à expliquer.

Frédérique Rémy, GRGS
(Groupe de Recherche en Géodésie Spatiale)
e-mail : frederique.remy@cnes.fr

Association Française de Topographie **ADHEREZ**

Pour le contact permanent avec la profession, la prise directe avec la science et la technique du métier. Pour se situer dans la topographie dont l'université 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 grands Ecoles de la profession, l'ENSAIS, l'ENSG, l'ESTP, l'ENC... les hommes et les femmes des grandes Ecoles de la Nation, Polytechnique, Centrale... et aussi tous les ingénieurs, techniciens, hommes de terrain, qui font chaque jour le tissu expérimenté d'un métier que l'AFT a pour vocation de faire partager par tous, en promouvant la solidarité professionnelle.

Le Port Autonome de Dunkerque (PAD) est le troisième port français et le cinquième de la Mer du Nord. C'est à la fois un port de transit des marchandises, dont le trafic annuel est de l'ordre de 35 à 40 millions de tonnes et une vaste plate-forme industrielle pour les grandes industries de transformation qui recherchent un accès direct à la mer. Au total, plus de 18 000 personnes travaillent sur le site portuaire.

une solution de gestion des fonds sous-marins (PAD)

Jean-Pierre Grassien – Denis Theisen



Port autonome de Dunkerque

Le port peut accueillir des navires pétroliers jusqu'à 300 000 tonnes de port en lourd à pleine charge au port Ouest, mais aussi les grands minéraliers et les grands porte-conteneurs océaniques. Au port Est situé derrière des écluses, il peut accueillir des navires de 115 000 tonnes à pleine charge.

On compte en moyenne près de 8 000 mouvements de navires chaque année. De plus en plus, les mouvements de marchandises sont gérés en flux tendus avec les entreprises importatrices et exportatrices.

La gestion et la programmation des escales et leur bon déroulement sont donc des facteurs primordiaux. La connaissance précise de la topographie sous marine (passes, rades, bancs ou épaves) est donc indispensable d'abord à la sécurité des navires mais aussi à l'optimisation des mouvements en fonction de la taille des navires, des horaires des marées ou des possibilités d'accueil des ouvrages portuaires (écluses ou quais).

Cette mission d'accueil des navires relève de la compétence du Port Autonome de Dunkerque, l'autorité portuaire locale.

LA NAVIGATION DES GRANDS NAVIRES EN MER DU NORD

La Mer du Nord est peu profonde entre les bancs de sable aux noms évocateurs pour les marins "OUT RUYTINGEN", "DYCK", "BREEDT", "SMAL", "SANDETTIE" des passages balisés permettent aux grands navires de 22 m de tirant d'eau et jusqu'à 300 000 t de port en lourd d'arriver jusqu'à Dunkerque. La Manche et la Mer du Nord, fréquentées chaque jour par environ 400 navires qui passent au large du Cap Gris-Nez, constituent un détroit de 1 000 kilomètres dans lequel le flux et le reflux des marées produisent des courants qui s'inversent plusieurs fois par jour entre des périodes d'étales. La force de ces courants exige une détermination exacte des trajectoires des grands navires.

Par ailleurs, il en résulte un transit sédimentaire qui, en se déposant, "engraisse" le relief par endroit jusqu'à un centimètre par jour ! Les fonds doivent être constam-

ment surveillés aux abords des infrastructures portuaires, d'une part, pour que le pilote embarqué à bord puisse guider la manœuvre en parfaite connaissance des hauts fonds, et d'autre part pour que le Port Autonome procède judicieusement au dragage des chenaux d'accès et à l'entretien des ouvrages à la mer.

Les coûts du risque nautique, des opérations de dragage et du génie civil des digues et jetées nécessitent une qualité des plans de sondage et une optimisation de la logistique du sondage et du dragage.

LA PROBLÉMATIQUE : COMMENT DRESSER UNE CARTE SOUS-MARINE ?

Deux vedettes de sondage équipées d'un GPS différentiel et d'un sondeur ou transducteur à 33 kHz parcourent des zones prédéfinies, suivant une trajectoire calculée, en fonction de la variabilité du fond constatée par l'historique des sondages.

Elles en relèvent une série de points qui sont espacés de quelques mètres dans le sens de l'avancement de la vedette et d'environ 50 m entre des profils réguliers.

La hauteur de la marée est enregistrée simultanément et corrigée de la distance à l'origine du marégraphe par une formule complexe dite du SHOM (Service Hydrographique de la Marine) qui tient compte de la déformation de la surface de l'eau en fonction du temps et de l'espace.

Les profondeurs mesurées sont corrigées chronologiquement de la hauteur de marée pour être recalées à l'origine du zéro altimétrique. Cette correction marégraphique disparaîtra dans l'avenir quand le Z du GPS (RTK) deviendra centimétrique, à la condition d'harmoniser les systèmes géodésiques.

Les sondes ainsi unifiées sont ensuite traitées par le logiciel SPANS-GIS de PCI Geomatics qui établit une interpolation multidimensionnelle et une classification des sondes, entre lesquelles une sectorisation des limites de classe permet d'obtenir la courbe de niveau du fond, encore appelée "isobathe".

SPANS-GIS a été complété de quelques modules pour constituer le module de Bathymétrie intégré baptisé "ULYSSE" qui comprend : un outil de calcul de la marée permettant d'effectuer des corrections sur le fichier de sondage et de préparer ainsi les données en vue de leur migration dans une base de données après filtrage, un utilitaire de filtrage pour supprimer les points erronés du fichier de sondage brut. La méthode employée est statistique mais elle permet à l'utilisateur d'intégrer des critères particuliers tels que la classification spatiale des points, le nombre de points dans une classe-surface, les fluctuations, etc.

Sur la carte qui en résulte, sont précisées des mentions particulières appelées "min-max" qui permettent d'apprécier les points hauts et bas qui s'écartent de l'interpolation linéaire classique, telle que l'équidistance des courbes pourrait le laisser supposer. Elle est enrichie ensuite des éléments graphiques décrivant l'infrastructure (quais et ouvrages à la mer), du mobilier marin (bouées, duc d'Albe, etc.) et des indications nautiques (amers et alignements caractéristiques) maintenus dans le SIG général du Port Autonome, sous le logiciel GEODIS.

Elle est ensuite livrée aux pilotes et à la Capitainerie du port qui ont la maîtrise des mouvements. La vérification des ouvrages à la mer exige des sondages beaucoup plus denses et une étude comparative à leur état initial, pour détecter les affouillements, déformations et ruptures. Ces informations, représentées en 2 et 3 dimensions, permettront prochainement de déterminer les taux de charge admissibles par quai et viendront enrichir le plan de gestion de la maintenance des ouvrages.

COMMENT MAINTENIR LES PROFONDEURS OU LA LOGISTIQUE DU DRAGAGE ?

La logistique du dragage nécessite pour être comparée, d'extraire de la base de données générale des plans de sondage, établis à différentes époques, dans un secteur donné.

Cette comparaison se fait sur un plan que SPANS-GIS est capable d'élaborer en faisant la carte différen-

tielle de deux plans. Plusieurs cartes différentielles peuvent ainsi être rapportées à plusieurs "cartes de temps" qui sont en fait les différences entre les dates de sondages géolocalisées !

Le résultat produit au moins un taux géolocalisé de sédimentation ou de régression du fond entre deux cartes au mieux des cartes par coefficients de la courbe du énième degré d'évolution de chaque point du fond, la constante de ces équations étant la valeur initiale du fond. Si la qualité des mesures était meilleure, on pourrait ainsi modéliser la mouvance des fonds. Hélas leur faible densité ne permet pas encore de vérifier ce modèle, mais l'acquisition prochaine d'un sondeur multifaisceaux va considérablement densifier les mesures et rendre possible la modélisation par SPANS-GIS.

L'évaluation des points à draguer (et des trous à reboucher!) selon la méthode de remblai-déblai, classique en terrassement terrestre, mais originale en dragage, est considérablement affinée grâce aux possibilités de SPANS-GIS. Car il est tout à la fois capable, de calculer le volume d'une pyramide à 1/10 000 de précision, de gérer des gabarits de dragages complexes et d'en calculer les différentielles, et même d'intégrer une carte de coefficients de foisonnement géolocalisés obtenue par l'analyse des volumes effectivement dragués, eux mêmes géolocalisés.

Sans SPANS-GIS qui n'était apprécié au début du projet que comme un outil de géomarketing, les développements en programmation classique auraient été prohibitifs, malgré les compétences mathématiques et géographiques de NMS.

SPANS-GIS permet d'ailleurs d'envisager sereinement l'acquisition et le dépouillement d'un million de mesures par jour avec un sondeur multifaisceaux.

SPANS-GIS ET LES MESURES D'ENVIRONNEMENT AU PORT AUTONOME DE DUNKERQUE

Dans ses missions régaliennes, le Port Autonome de Dunkerque gère et aménage une zone industrielle de plus de 7 500 hectares composée d'infrastructures routières, de canaux, de voies ferrées et de fossés de drainage appelés ici "wateringues" inventés au XVI^e siècle par le moine Cobergher et dont tous les mystères hydrologiques n'ont pas été élucidés.

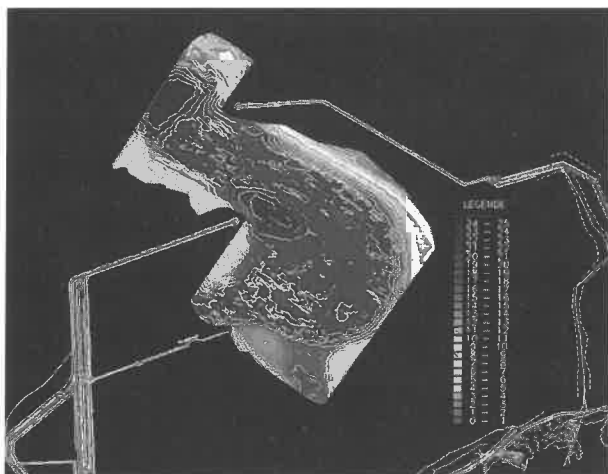
Cette zone est en fait un vaste polder, sous le niveau moyen de la mer, dans lequel de nombreuses usines sont implantées.

Les industries chimiques et les quais de manutention des pondéreux sont des installations classées qui doivent être surveillées, sous l'angle de l'équilibre écologique et le respect de la réglementation environnementale.

Là encore, les fonctions de SPANS-GIS et de SPANSMAP sont d'une grande utilité. Elles permettent d'établir des cartes de mesures (taux de poussière dans l'atmosphère, niveau des nappes phréatiques, salinité des bassins et des canaux, etc) dont les interpolations complexes mettent en évidence la corrélation avec d'autres phénomènes météorologiques ou logistiques qui facilitent la discussion avec les entreprises et les institutions.

LE FOND DE LA MER, L'AIR ET L'EAU, MAIS AUSSI L'AMÉNAGEMENT

Son immense potentiel fera du Port de Dunkerque un grand port du XXI^e siècle sur le range de la Mer du Nord, avec ses 3 500 hectares de réserve foncière viabilisés dont la facilité d'accès maritime, ferroviaire, routière et fluviale éveille la demande d'implantation d'activités industrielles lourdes, de maillons de chaînes multimodales de transport, de stockage à valeur ajoutée et de produits sensibles.



Exemple d'un plan de sondage du Port de Dunkerque

Cette vocation d'aménageur de site industriel et maritime nécessite dès aujourd'hui des moyens de gestion et d'étude à la hauteur de ses ambitions.

Son système d'information géographique créé avec le logiciel GEODIS engrange, déjà depuis 1992, tout ce qui peut décrire son domaine, ses réseaux, ses routes, ses ouvrages, ses projets.

Dans ce domaine aussi, SPANS-GIS et SPANSMAP seront bien utiles, lorsqu'il s'agira d'établir de véritables équations des contraintes d'un projet d'implantation qui sont nombreuses (surface disponible, longueur de façade, accès, capacité des réseaux, périmètres de sécurité, etc.).

"Ce qui est passionnant dans un port, c'est que l'horizon est vaste", "Ici l'imagination est constamment excitée par le désir de découvrir des solutions efficaces, quelquefois inattendues et toujours objectives. C'est tout ce qui fait le charme de la géographie assistée et de la puissance de traitement de SPANS-GIS et de GEODIS."

Jean-Pierre Grassien
Chef de projet informatique des Systèmes Logistiques
portuaires et géographique informatisés
Port Autonome de Dunkerque
e-mail : jpgrassien@portdedunkerque.fr

Denis Theisen
Network Management Solutions (NMS)
e-mail : d.theisen@nmg.fr

LE SYSTÈME

➤ **Matériel** : Serveur RISC SYSTEM 6000/G40 sous AIX ; Stations de travail RISC SYSTEM 6000/25T et 6000/370 sous AIX ; PC ; Traceur électrostatique et jet d'encre.

➤ **Logiciels** : Serveur Unix Spans GIS de PCI Geomatics – 5 Shenley Pavilions, Chalkdell Dr, Milton Keynes, Bucks, MK5 6LB United Kingdom (contact : Clark Lawlor – tél. + 44 1908 523300 – fax +44 1908521511) ; distribué en France par Network Management Solutions (NMS) 54 Cours Lafayette 69003 Lyon (contact : Denis Theisen – tél. + 33 (0) 4 72 84 76 30 – fax + 33 (0) 4 72 84 76 39) ; Station de travail UNIX Spans par connexion sur le serveur ; Station PC SpansMap. Geodis est un produit de Geomax commercialisé en France par NMS.

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)

es-techniques — sciences-techniques — sciences-techniques — sci

mieux que la clothoïde la spirale adoucie

Claude Million

L'exposé s'appuiera sur une représentation unique des caractéristiques des raccordements des voies par des courbes, à savoir :

1° En abscisses, le développement de la courbe c'est-à-dire la distance du point courant à l'origine de la courbe, et, plus généralement, comme une droite est une "courbe" de courbure nulle, depuis une origine arbitraire. Soit S cette abscisse, avec, en indice 0 pour le cercle, c pour la clothoïde, et s pour la spirale adoucie.

2° En ordonnées, trois valeurs, représentées à des échelles différentes, de telle sorte qu'un graphe unique puisse les illustrer toutes les trois. Ces trois valeurs sont :

A/ La courbure C , soit $1/R$ en m^{-1} .

B/ Le dévers d , qui est une pente, et, en multipliant le dévers par la moitié de la largeur de la voie, la cote du bord haut, et la cote du bord bas de la voie.

C/ La déflexion Δ , c'est-à-dire l'angle, mesuré en radians, entre deux tangentes à la courbe, séparées par une distance fixe ΔS .

Cette représentation n'a d'autre intérêt que de faire comprendre au lecteur ce que l'on va faire. Elle se justifie de la manière suivante :

Le dévers d est calculé de telle sorte, qu'en courbe, le véhicule s'appuie normalement à la voie déversée.

L'accélération transversale due à la force centrifuge est donnée par la relation :

$$\gamma = \frac{V^2}{R}$$

dans laquelle V est la vitesse du véhicule donnée en m/s de telle sorte que les unités soient les mêmes pour γ et g (accélération de la pesanteur) afin de γ calculer le dévers par :

$$\frac{\gamma}{g} = \frac{V^2}{R \cdot g} = C \cdot \frac{V^2}{g}$$

On voit que le dévers d peut être représenté, à l'échelle près, sur le même graphe que la courbure C .

Enfin la déflexion δ étant l'angle entre les tangentes à deux points de la courbe séparés par une distance développée constante ΔS , la courbure locale est :

$$R \cdot \delta = \Delta S \quad C = \frac{1}{R} = \frac{\delta}{\Delta S} \quad \delta = C \cdot \Delta S$$

$$\delta = c \cdot ds \quad \frac{\delta}{ds} = c$$

On voit que la déflexion δ peut être représentée, à l'échelle près, sur le même graphe que la courbure C .

Ceci étant admis, tout ce qui va suivre est extrêmement simple :

Sur la *figure 1* on a représenté le raccordement de deux alignements de courbure nulle, des alignements

droits, avec un arc de cercle. On remarque immédiatement que si on respecte la condition de dévers le véhicule doit franchir une véritable "marche" due au passage brusque entre les alignements droits et l'arc de cercle.

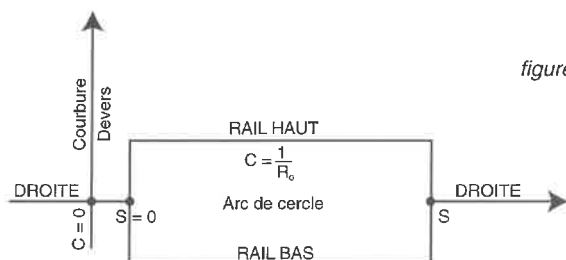


figure 1

Sur la *figure 2* on a résolu le problème en utilisant une courbe dont la courbure est croissante ou décroissante en fonction de son développement S , elle permet de raccorder les alignements droits (courbure nulle) au cercle (courbure constante) par une telle courbe qui est une clothoïde, appelée spirale par les Américains pour spirale de Cornu, certains mathématiciens l'appellent, aussi, radioïde aux arcs. Mais on voit qu'on a seulement dédoublé le problème, car aux points de raccordement il reste un problème mécanique dû à la variation brusque du dévers. Dans la pratique on s'en tire en trichant.

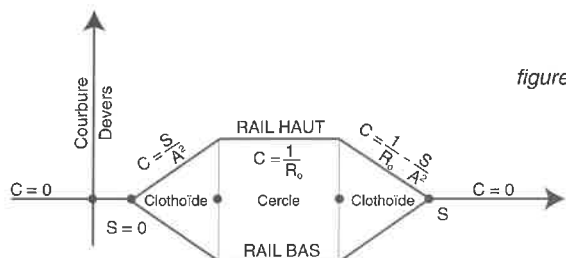


figure 2

LES DOUCINES

En effet, les raccordements brusques en dévers sont "arrondis" par des doucines, voir *figure 3*. Certains ouvrages disent que ces courbes sont des sinusoides, ce sont, comme on le verra plus loin, plutôt des cosinusoides et même des arcs de parabole.

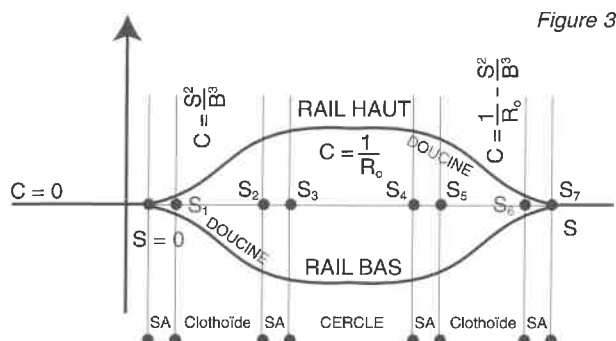


Figure 3

LA SPIRADE

Mais alors, il n'y a plus "adéquation" entre le dévers et la courbure, ce qui provoquera un effort sur le rail extérieur et déséquilibrera les passagers dans le véhicule, on proposera donc de remplacer, au droit des doucines, l'arc de clothoïde par une spirale adoucie, pour faire plus court on l'appellera spirade.

Mais allons plus loin, l'arc de clothoïde est-il le seul à permettre de résoudre le problème des raccordements progressifs en plan ? En d'autres termes, une variation linéaire de la courbure avec le développement de la courbe est-elle une condition absolument nécessaire ?

On a partiellement répondu à cette question en montrant que la spirade peut raccorder une clothoïde et une droite et une clothoïde et un cercle ; mais une spirade peut se raccorder directement avec une autre spirade, alors la clothoïde serait réduite à un point.

LA CLOTHOÏDE

Toutefois, pour passer du connu à l'inconnu on va faire quelques rappels concernant la clothoïde, aidé en cela par un article paru dans cette même Revue XYZ N° 16 (Jose F. Zelasco : *Clothoïde unique de raccordement entre deux circonférences pp 11-20*) [1]. En effet, on se servira de la clothoïde supposée connue comme point de départ pour décrire la spirade.

Une définition lapidaire de la clothoïde résulterait de la relation :

$$R.S = A^2 \quad C = \frac{S}{A^2}$$

On voit que la courbure C est proportionnelle au développement S , le coefficient de proportionnalité étant $1/A^2$. A a la dimension d'une longueur, mais ce n'est pas la longueur du raccordement.

On va considérer, maintenant, la clothoïde réduite ou clothoïde unitaire, on pose :

$$\frac{R}{A} = r \quad \frac{S}{A} = s \quad C.A = c \quad c = s$$

On ne peut guère trouver plus simple pour la décrire que $c = s$ ou $r.s = 1$.

On prend pour origine $x = 0$; $y = 0$ le point où la courbure c de la clothoïde s'annule, et pour origine des tangentes à la courbe l'axe des x ; $x = 0$ est, également, l'origine des développements réduits s , avec $s = c = 0$ (coordonnées, courbures et développements unitaires). On va chercher une expression des tangentes successives à cette courbe, on pose Δ , déflexion totale, l'angle, en radians, entre l'axe des x et ces tangentes :

$$\frac{\partial \Delta}{\partial s} = s \quad \frac{\partial \Delta}{\partial s} = \delta \quad \delta = s$$

$$\text{d'où : } \Delta = \frac{s^2}{2} \quad \text{pour } s = 1, \Delta = 57^\circ 18'$$

On peut écrire l'équation de la clothoïde unitaire en remarquant successivement que :

$$dx = \cos \Delta . ds$$

$$dy = \sin \Delta . ds$$

$$\text{puis } dx = \cos \frac{s^2}{2} . ds$$

$$dy = \sin \frac{s^2}{2} . ds$$

Les coordonnées de la clothoïde unitaire sont calculées par les intégrales de FRESNEL :

$$x = \int_0^s \cos \frac{s^2}{2} . ds$$

$$y = \int_0^s \sin \frac{s^2}{2} . ds$$

On passera rapidement sur l'intégration qui se fait à partir des développements en série du sinus et du cosinus qu'on ne reproduira pas ici, ils se trouvent dans l'article cité ; on n'insistera donc pas non plus sur ce point parce qu'on fera le calcul des coordonnées des points d'une toute autre façon afin d'éviter des complications qui seront signalées. Toutefois, ces relations nous sont indispensables pour étudier les raccordements entre les différentes courbes au niveau de l'avant projet, on a :

$$x_m = s - \frac{s^5}{40} + \frac{s^9}{3456} - \frac{s^{13}}{599040} + \dots$$

$$y_m = \frac{s^3}{6} - \frac{s^7}{336} + \frac{s^{11}}{42240} - \frac{s^{15}}{9676800} + \dots$$

$$X_m = A . x_m$$

$$Y_m = A . y_m$$

Pour un avant-projet, dans les tâtonnements de mise en place sur le plan, on peut s'en tenir aux premiers termes. Pour la spirade on verra qu'il en est de même.

Le raccordement progressif ne doit pas se faire trop brutalement, sinon à quoi servirait-il ? Mais cela reste un terme vague ; matériellement il faut déterminer la longueur de ce raccordement, soit S_0 cette longueur. Pendant le parcours de la clothoïde le véhicule s'incline progressivement d'un mouvement uniforme de rotation autour de son axe longitudinal de $d_v = 0$ à $d_{v \max}$ au raccordement avec le cercle. Ce mouvement ne doit pas se

faire trop rapidement, apparemment la limite admise est d'environ :

$$\frac{\partial d_v}{\partial t} = 0,01 \text{radian/seconde}$$

En d'autres termes 1 % de dévers gagné, ou perdu, par seconde. Des données plus récentes pourront être substituées aux valeurs numériques données qui sont probablement "datées".

On saisit mieux la nécessité dans laquelle on est d'employer des doucines. En effet, ce mouvement de rotation uniforme doit être accéléré ou ralenti. Par effet d'inertie polaire du véhicule ce mouvement ne peut apparaître, ou disparaître, brusquement sans être précédé d'une accélération ou suivi d'une décélération. Les doucines utilisées à cette fin réduisent le dévers, d'où la nécessité d'adapter le tracé en plan au dévers réduit, cette adaptation est une spirade.

On admet un rayon minimum des courbes de raccordement, donc des cercles raccordés par des clothoïdes, en partant de la vitesse de base et du dévers maximum autorisé. Ce dévers maximum tient aux risques de déformation de la voie en cas d'arrêt imprévu du véhicule, et de l'inconfort des passagers qui résulterait du stationnement en pente ; il variera de 10 à 16 %, si :

$$d_v = \frac{V^2}{R \cdot g}; R_{\min} = \frac{V^2}{d_{v \max} \cdot g}$$

connaissant la vitesse de base et le dévers maximum on peut déterminer les éléments permettant de faire le tracé. Parfois, on donne, inutilement à notre avis, une relation trop compliquée qui se justifie par ce qui va suivre :

$$\frac{\partial d_v}{\partial t} = \frac{d_{v \max}}{t}; t = \frac{S_c}{V};$$

$$\frac{\partial d_v}{\partial t} = \frac{V^2 \cdot V}{R_{\min} \cdot g \cdot S_v}$$

$$S_c = \frac{V^3}{R_{\min} \cdot g \cdot \frac{\partial d_v}{\partial t}}$$

En fait, la longueur de raccordement S_c est directement proportionnelle à la vitesse de base V et au dévers d_v . C'est la distance parcourue à la vitesse V pour atteindre le dévers maximum $d_{v \max}$ à la vitesse de 1 % ou x % par seconde.

Les raccordements doivent se faire en courbure, c'est évident, mais aussi en tangentes aux courbes, et en coordonnées. Toutes ces conditions ne peuvent pas être réalisées simultanément, la dernière, notamment, oblige à décaler les tangentes successives aux courbes en conservant le gisement de l'alignement droit. Il en résulte de petites difficultés de calcul qu'on va contourner.

La tangente à la clothoïde est donnée par :

$$\Delta_c = \frac{S_c^2}{2}; \Delta_c = \frac{S_c^2}{2 \cdot A^2},$$

En ce point la courbure sera $c = s$, $C \cdot A = s$ ou $A = s/R_c$ avec R_c rayon du cercle raccordé. Enfin, on calcule S_c , d'où s_c puisque A est connu. Donc, avec S_c et R_c fonctions, toutes deux, de la vitesse de base V tous les éléments minimaux (on peut leur donner des valeurs supérieures) de la clothoïde sont définis. L'avant projet devra les rendre compatibles avec les contraintes du terrain.

LES RACCORDEMENTS EN SPIRADE

L'équation de la spirade sera imposée par celle de la doucine. Or la doucine a pour objet d'accélérer la variation de dévers, admettons qu'on veuille assurer une variation uniforme, c'est-à-dire une accélération ou une décélération constante en fonction de S ; ceci revient, si V est constante, à créer une accélération ou une décélération constante en fonction du temps, soit :

$$\frac{\partial^2 d_v}{\partial t^2} = 0,025 \text{radsec}^{-2} = \omega$$

$$\text{par conséquent } \frac{\partial d_v}{\partial t} = \omega \cdot \frac{S}{V}, \text{ si } \partial t = \frac{\partial S}{V}$$

$$\text{enfin, } d_v = \frac{\gamma \cdot S^2}{2 \cdot V^2}$$

En ce point, la courbure sera :

$$C_c = \frac{d_v \cdot g}{V^2} = C_s = \frac{\gamma \cdot g}{2 \cdot V^4} \cdot S_s^2$$

avec S_s développement de la spirade, C_c courbure de la clothoïde et C_s courbure de la spirade.

On donnera une formule de spirade unitaire se raccordant à la clothoïde unitaire en un point quelconque choisi, tel que $c = s$, donc avec une pente unité. On définit un terme d'échelle B , identique au terme A , et ayant la dimension d'une longueur, on a alors :

$$\frac{R_s}{B} = r; C_s \cdot B = c; \sigma = \frac{S_s}{B};$$

$$c = \frac{\sigma^2}{2}; r \cdot \sigma^2 = 2; \delta = c = \frac{\sigma^2}{2}$$

$$C_s = \frac{S_s^2}{2 \cdot B^3}; \frac{\partial \Delta}{\partial \sigma} = \frac{\sigma^2}{2}; \Delta_s = \frac{\sigma^3}{6}$$

$$\Delta_s = \frac{S_s^3}{6 \cdot B^3}$$

Les coordonnées réduites de la spirade, qui ne serviront que pour l'avant projet, sont esquissées ci-après :

$$x_m = \sigma - \frac{\sigma^7}{360} + \frac{\sigma^{13}}{404352} - \dots$$

$$y_m = \frac{\sigma^4}{24} - \frac{\sigma^{10}}{5880} + \frac{\sigma^{16}}{11664000} - \dots$$

CALCULS DES ALIGNEMENTS, SPIRADES, CLOTHOÏDES ET CERCLES, PAR UN SEUL INTÉGRATEUR

On simplifiera grandement le travail (Voir annexe), en éliminant le calcul du décalage des tangentes de courbe en courbe, en se servant de l'ordinateur comme d'un intégrateur. On se reportera à la figure 4 qui illustre la méthode d'implantation d'un arc de cercle par les sécantes successives ; en fait, pour calculer les coordonnées des points, on imitera directement cette méthode. On notera donc qu'on ne passe donc pas par les développements en séries qui imposeraient de calculer les décalages des tangentes, sauf dans le cas particulier de [2].

Par conséquent, pour les calculs informatiques des coordonnées des différents points en alignement, spirade,

des, clothoïdes et cercles, on utilisera les intégrales de FRESNEL discrétisées et placées dans le système général de coordonnées :

La formule générale sera :

$$X = X_0 + \sum_0^n \sin(G_0 + \Delta) \cdot \Delta S$$

$$Y = Y_0 + \sum_0^n \cos(G_0 + \Delta) \cdot \Delta S$$

Avec :

$$\Delta_n = \Delta_{n-1} + \delta_{n-1,n} \cdot \Delta S, \Delta \text{ en radians}$$

$$\delta_{n-1,n} = \delta_{n-2,n-1} + \delta'_{n-1} \cdot \Delta S, \delta \text{ en rad/m}$$

$$\delta'_{n-1} = \delta'_{n-2} + \delta''_{n-2,n-1} \cdot \Delta S, \delta' \text{ en rad/m}^2$$

$$\delta''_{n-2,n-1} = \text{constante en rad/m}^3$$

Pour un alignement :

$$\Delta = \text{Constante} ; \delta = 0 ; \delta' = 0 ; \delta'' = 0$$

Dans un cercle :

$$\Delta = \text{variable} ; \delta = \text{constante} ; \delta' = 0 ; \delta'' = 0$$

Dans une clothoïde :

$$\Delta = \text{variable} ; \delta = \text{variable} ; \delta' = \text{constante} ; \delta'' = 0$$

Dans une spirade :

$$\Delta = \text{variable} ; \delta = \text{variable} ;$$

$$\delta' = \text{variable} ; \delta'' = \text{constante}$$

La formule est construite pour passer d'une courbe à l'autre en ne modifiant qu'un paramètre d'incrément

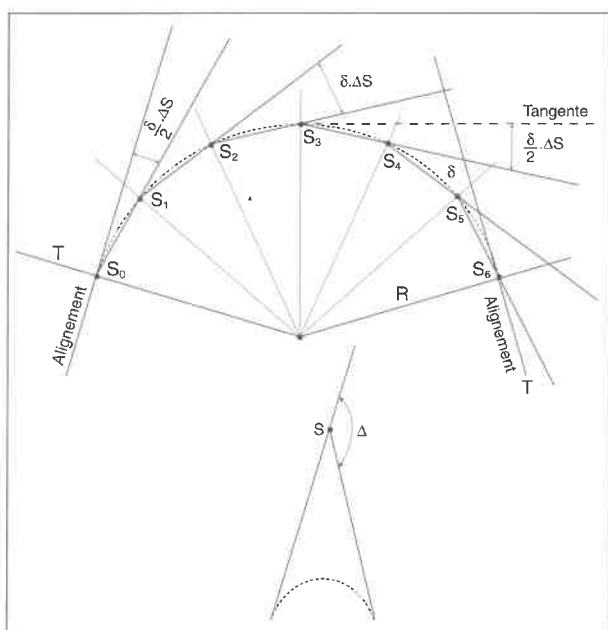


Figure 4

en respectant toutes les conditions de continuité. Le calcul et le tracé sur écran sont maîtrisés par le calculateur en fonction de grossières données d'avant-projet. Voir [2] pour la clothoïde, et [3] pour la spirade. On donnera en annexe un exemple de calcul d'avant projet, avec décalage des tangentes.

CONCLUSIONS

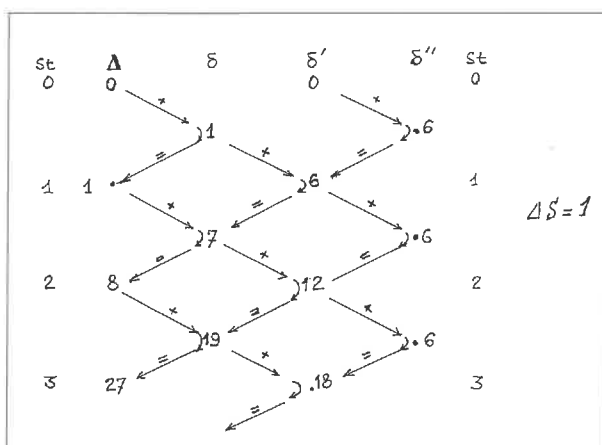
On a proposé et décrit une nouvelle courbe de raccordement progressif, la spirade, qui évite les accélérations transversales dans les entrées et sorties des clothoïdes. Le calcul des coordonnées des points des différentes courbes et alignements s'enchaîne dans un seul programme informatique, on évite ainsi quelques complications géométriques. On pourrait même se passer de la clothoïde et raccorder des spirades entre elles.

BIBLIOGRAPHIE

[1] 1986 – Jose. F ZELASCO : *Clothoïde unique de raccordement entre deux circonférences*, XYZ N° 16.

[2] 1990 – Von H. HECKMANN : *Ein Algorithmus zur Trassenterrechnung auf E. D. V-Anlagen*, Allgemeine Vermessung Nachrichten N° 1.

[3] 1991 – C. MILLION : *La clothoïde dans tous ses états*, GeoTop.



Exemple de calcul

Figure 5

email. : claudio.million@wanadoo.fr

La disquette de démonstration est disponible chez l'auteur.

le renouveau des études

sur l'arpentage antique

Gérard CHOUQUER, CNRS – Directeur de recherche

UN CORPUS DE TEXTES DONT L'INTÉRÊT EST TRÈS DIVERS

On regroupe sous le nom de *Gromatici veteres* ("anciens arpenteurs"), l'ensemble des textes compilés à la fin du V^e et au début du VI^e siècle, et dont les plus anciens manuscrits connus fixent le contenu à cette dernière date. Ce sont les premiers éditeurs de ce corpus, les philologues allemands F. Blume, F. Lachmann et K. Rudorff, qui lui donnent ce titre en 1848.

Actuellement une édition moderne entièrement révisée est en cours d'élaboration par Lucio Toneatto, de l'Université de Trieste. Ce chercheur a déjà publié de nombreux articles et mises au point qui laissent entendre que cette nouvelle édition sera d'une ampleur remarquable, véritable refonte du corpus.

Le corpus contient des textes très divers, qu'on peut rassembler de la façon suivante.

- Des textes sur les techniques de l'arpentage, plus ou moins développés. Un bon exemple est celui du texte sur la construction des cadastres sur une diagonale qu'on doit à un auteur connu sous le nom de Marcus Linius Nysius.

- Des textes sur les mesures et la géométrie. L'exemple en est fourni par le traité de Balbus intitulé "Définition et catalogue de toutes les mesures".

- Des textes juridiques, les plus nombreux, portant soit sur le statut des territoires, soit le droit des chemins et du sol, soit sur les nombreuses matières à controverse. L'un des plus intéressants est sans doute le traité de Siculus Flaccus sur les conditions des terres. Mais on citera aussi les traités de Frontin, d'Hygin, d'Agennius Urbicus, portant sur les mêmes matières.

- Des textes administratifs, comme par exemple des listes de cités indiquant les principales caractéristiques de leur statut et de leurs divisions agraires; des listes de bornes avec leurs caractéristiques formelles et leur signification.

Il offre donc des ouvertures considérables sur la vie agraire, la société, la pensée, et la technique antiques, susceptibles d'intéresser aujourd'hui des spécialistes très divers.

UN CORPUS EN COURS DE RÉEXAMEN

Pendant longtemps, par méconnaissance de sa richesse, ce corpus a été très peu exploité. S'il était présent et vivant dans une tradition d'études juridiques et institutionnelles très savantes, surtout allemandes et italiennes, il était en fait quasiment ignoré de tous les autres spécialistes qui auraient pu y avoir recours. Ce fait est dû, en partie, à la complexité de la matière, mais aussi à sa difficulté d'accès : ces textes sont en effet restés les seuls textes de l'Antiquité gréco-romaine à n'avoir jamais été traduits, alors qu'on peut trouver, pour toute œuvre antique une traduction soit allemande, soit anglaise, soit française, soit italienne, pour rester dans le cadre des principales collections anciennes ou récentes.

Ce retard est en passe d'être comblé puisque dans plusieurs pays, et notamment en France à l'initiative du Centre de Recherches d'Histoire Ancienne de Besançon, diverses traductions sont en œuvre d'édition.

Ces traductions favorisent l'accès à la matière. Elles s'accompagnent de la parution d'études fondamentales qui permettent au chercheur de comprendre la signification de tel ou tel passage ou traité. Parmi les travaux les plus remarquables parus depuis deux ou trois décennies, on peut citer l'étude juridique de Focke Tannen Hinrichs. Plus récemment, Claude Moatti a offert une étude du corpus, dans la perspective de la constitution des archives administratives romaines, du II^e siècle avant au I^{er} après J.-C. De son côté Anne Roth-Congès a affronté le sens de quelques expressions particulièrement redoutables du corpus, touchant aux modalités pratiques d'implantation des cadastres romains : elle a ainsi apporté, pour la première fois, une interprétation de la notion de "variation" qui correspond aux pratiques de terrain reposant sur les propriétés des triangles rectangles opposés et donc semblables, et notamment la construction de limitations sur la diagonale. Cette élucidation des textes de Nysius permet ainsi de montrer que le phénomène des limitations d'orientation différente, si fréquemment rencontré sur le terrain, n'est pas ignoré des écrits théoriques.

Les travaux morphologiques, d'autre part, ont donné corps à la matière gromatique de façon souvent essentielle. Qu'on songe, par exemple, au fait que des notions

comme la strigation ou la scamation passaient, il y a quelques décennies, pour des constructions intellectuelles sans réalité de terrain. Les recherches conduites sur les formes agraires des cités de l'Italie centrale et méridionale ont démontré, au contraire, la matérialité de ces réseaux, ainsi que la diversité de leurs formes.

Des travaux morphologiques, s'est aussi dégagée l'idée nouvelle de la diversité des solutions pratiques que mettent en œuvre les arpenteurs. Par exemple, on croyait, il n'y a pas si longtemps encore, que la centuriation était cette forme monotone dupliquant à l'infini la centurie carrée de 2400 pieds de côté (soit environ 703 à 710 m). On sait mieux aujourd'hui que non seulement les formes de la limitation sont assez variées, mais que dans le cas principal des centuriations, la forme et la mesure des centuries est très ouverte. On a pu recenser plus d'une trentaine de "modules" qui ont été utilisés dans le monde romain, dont beaucoup ont été identifiés il y a peu.

UN DÉBAT AU CŒUR DE LA RECHERCHE : PRÉCISION DES MESURES ET TOLÉRANCES ADMISES

La recherche actuelle est dominée par un débat légitime. D'un côté, ceux qui travaillent sur le contenu théorique et technique des procédés de l'arpentage antique, développent un discours mathématique et géométrique qui souligne l'impression d'une haute technicité de cet art. De l'autre, les archéologues et morphologues qui, sur le terrain ou sur les cartes et images aériennes, se trouvant confronté à la réalité, et le plus souvent à une réalité transformée par l'histoire postérieure du sol, sont plus sensibles, eux, à la complexité des situations de terrain, au pragmatisme qui doit l'emporter devant des contraintes inévitables. Ils ont donc tendance à se méfier des approches mathématiques et géométriques, jugées trop abstraites, voire dogmatiques.

Au cœur de ces débats, deux questions ont constamment retenu l'attention des chercheurs : celle de l'orientation des réseaux quadrillés ; celle de la précision qu'on peut admettre pour les mesures antiques, et au-delà de laquelle il serait aventureux d'aller.

Il serait, à l'évidence, particulièrement réducteur et puéril d'en rester à cette vision des choses et d'opposer théorie et pratique. Une meilleure compréhension des textes ouvre, au contraire, la voie à de fructueuses recherches de terrain. On peut, par exemple, penser que l'explication de la "variation" par Anne Roth-Congès suscitera, à l'avenir, des travaux de morphologie agraire

pour tenter de retrouver dans un parcellaire d'une orientation donnée, le mode de construction d'un axe (*limes*) d'une autre orientation. On peut imaginer que de telles recherches ouvriront ainsi la voie à une meilleure compréhension du cas des réseaux d'orientation différentes, juxtaposées ou même imbriquées entre eux.

Mais il faut reconnaître que les praticiens que sont les archéologues sur le terrain et les morphologues devant leurs cartes et photographies aériennes, sont souvent perplexes sur la matérialité d'une observation, comme sur le sens à donner à telle ou telle nuance de la mesure de la distance ou de l'orientation. Observer, comme c'est le cas dans le réseau centurié de Béziers C, une nuance d'un demi-degré de part et d'autre de l'Hérault, signifie-t-il une simple erreur des arpenteurs antiques au passage du fleuve, sans signification historique particulière, ou bien au contraire, une rupture de la construction, au passage d'un territoire à l'autre, ce qui pourrait être exploité par l'historien ? Autre exemple : y a-t-il réellement deux phases de la centuriation de l'ager campanus, qui ne seraient discernables que par une variation infime de l'orientation (moins d'un degré angulaire), ou bien est-ce un leurre produit par une analyse morphologique trop confiante dans ses possibilités ?

De même, l'application des théories pose souvent problème. Jusqu'à quel point les arpenteurs ont-ils utilisé le procédé de construction des réseaux sur la diagonale chaque fois qu'ils étaient en présence d'un tronçon rectiligne de voie romaine ? En ont-ils tiré un parti pris systématiquement comme des travaux portant sur la Narbonnaise en posant le principe ? Ou bien y-a-t-il risque que la morphologie agraire complexe héritée de plusieurs milliers d'années de présence humaine sur le sol, et qui diversifie les orientations présentes dans un parcellaire, n'abuse le chercheur ?

Disons, pour résumer, qu'un courant critique se développe aujourd'hui, qui cherche à échapper à une approche spéculative des centuriations antiques (souvent qualifiée de "morpho-historique" par les auteurs eux-mêmes), au profit de leur connaissance matérielle, plus archéologique et morphologique.

Il est donc utile que, indépendamment des travaux archéologiques et morphologiques, des spécialistes de la technique antique disent ce que sont les performances des instruments et des hommes qui les manipulent, dressent, en quelque sorte, le cadre de leurs travaux et de leur savoir-faire, avant même qu'on en cherche les applications sur le terrain.

plans et cartes de villes à la renaissance

contribution à l'histoire des systèmes de coordonnées en cartographie

Marie-Thérèse Gambin
(université Paris VII – Denis Diderot)

C'est au XV^e siècle que la cartographie renoue avec les systèmes de coordonnées ; la conception des représentations des villes ainsi que leur dessin en sont transformés. Cette transformation s'est faite en plusieurs étapes. Nous voulons exposer deux d'entre elles à partir de deux réalisations de plans de ville, dont la construction, dans le cadre des traditions existantes, s'appuie sur des opérations, à notre connaissance pas ou peu pratiquées depuis les Grecs : des levers, et l'emploi de systèmes de coordonnées. Il s'agit de la carte en coordonnées polaires d'Alberti (1435) et du grand plan en coordonnées rectangulaires de Bufalini (1551) dont la conception en fait, en quelque sorte, l'ancêtre de nos plans modernes. L'objet de ces plans est la ville de Rome, l'une des villes les plus cartographiées à toutes les époques :

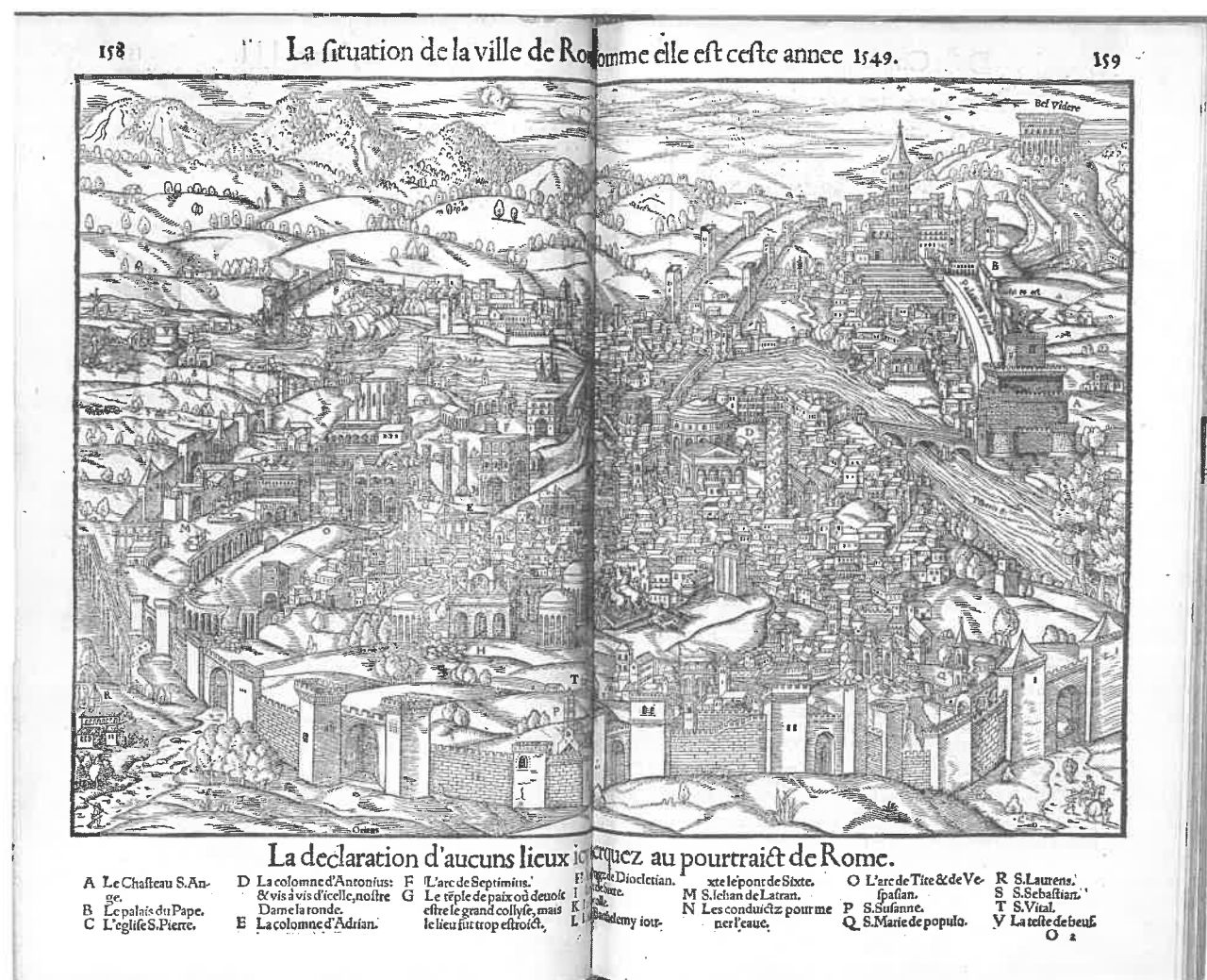


Fig. 1 – "POURTRAICTS" de Rome par SÉBASTIEN MÜNSTER (1547)
Remarquer l'orientation inhabituelle avec l'Ouest en haut,
ce qui permet de placer en position dominante les bâtiments pontificaux (sur une colline, en haut à droite)

I – LA CARTE

EN COORDONNÉES POLAIRES D'ALBERTI

En ce début du Quattrocento, une tradition cartographique consiste à dessiner les villes comme si on les voyait en les survolant, d'où leur nom de "vues d'oiseau" qu'on a généralement donné à ce genre de dessin. Ces vues sont des œuvres d'artistes : le dessin monte depuis le devant de la scène jusqu'à l'arrière-plan ; il laisse voir le contour de la ville, suivre ses murs d'enceintes dont la hauteur décroît jusqu'au fond de l'image ; on voit à l'intérieur les toits et les tourelles, et parfois, par un effet de bascule, les façades des monuments, et jusqu'aux cours et jardins des plus grandes demeures. On en connaît de nombreuses pour la ville de Rome. La tradition s'épanouissant à la Renaissance avec les travaux des cosmographes, (dessins des Chroniques de Schedel ¹, "pourtraicts" de Sébastien Münster ² (fig. 1) connaît ses plus belles réalisations avec le dessin de "perspectives cavalières", à la fin du XVI^e siècle, au XVII^e siècle, avec Braun et Hogenberg ³, Thomas Mérian ⁴, etc.

Une autre tradition existe, celle de la cartographie marine. Elle sert à réaliser les cartes-portulans mais derrière le schéma des côtes c'est toute une cartographie par azimuts et directions qui se découvre, empruntant le principe de sa construction à l'usage de la boussole et traduisant cet usage par le dessin de Roses des Vents. Les azimuts sont mesurés, en valeurs d'angles, au centre des Roses des Vents, et les longueurs sont prises sur les 32 directions que tracent les rayons issus du centre de ces Roses. Ces Roses des Vents font jouer un rôle privilégié au schéma circulaire... Le même schéma a été d'ailleurs rendu familier par l'usage depuis le XIII^e siècle, de l'astrolabe pour certaines opérations de topographie, la lecture des directions par exemple avec le "dos" de l'appareil.

Or ce sont le schéma circulaire et la construction du dessin par lecture d'angle et de directions que nous retrouvons chez Alberti, peintre et mathématicien de la Renaissance. Ses recherches, centrées comme celles des autres savants du Quattrocento sur les problèmes de la représentation, ont conduit à la mise au point des lois sur la perspective qui permettent de représenter sur la toile du peintre, comme on la voit, la forme des objets en trois dimensions, celle des bâtiments et des paysages et leur décroissance dans les lointains. Le problème de la représentation cartographique s'insère dans ces préoccupations. Alberti croit à la rationalité de l'espace et donc à la possibilité de le mesurer. Il va concevoir un mode de représentation fondé sur la pratique des mesures, le respect des proportions et l'usage des calculs. Concrètement, cela se traduit par l'établissement pour chaque point remarquable, d'une valeur de distance à partir d'un point central élevé (pour Rome ce sera le Capitole, qui joue ici le rôle de pôle), et d'une valeur d'angle, celle de l'axe de visée avec l'axe fixe qui passe par ce pôle et suit la direction du Nord. Les angles sont comptés de 0 à 360° dans le sens de la Rose des Vents.

Les instruments pour réaliser de façon commode les lectures d'angles (commodité que l'astrolabe n'offrait pas) n'existent pas : Alberti les invente et les nomme "horizon" et "rayon". Les procédés pour pratiquer les mesures de distance sont systématisés : Alberti décrit

sous forme de "Ludi Mathematici" ⁵ comment relever ces longueurs, donne des artifices (miroirs, etc.) lorsque la densité du tissu urbain ou sa configuration ne permet pas de les mesurer directement, (base des bâtiments cachée, rive d'un fleuve non vue de la rive d'en face et dont il faut mesurer la largeur, etc.) ou montre comment les obtenir à l'aide de triangles semblables. C'est ainsi qu'il donne, 150 ans avant Gemma Frisius une esquisse du procédé de la triangulation et par là devient le premier topographe de l'époque moderne. Voyons, à travers les quelques pages qu'il consacre à la représentation de Rome ⁶, le caractère particulier mais novateur de sa conception d'un plan de ville.

"REPRÉSENTATION DE LA VILLE DE ROME" ⁷

Le projet ⁸

"Le tracé et les contours des murs de la ville de Rome, ceux du fleuve et des voies, ainsi que l'emplacement et la disposition des temples et des édifices publics, des portes et des trophées ; de même les limites des collines, et aussi la surface déterminée par les toits des maisons, d'après ce que nous avons vu de leur état présent, je les ai transcrits avec tout le soin possible, à l'aide d'instruments mathématiques. J'ai imaginé ceux-ci dans l'idée que quiconque même d'intelligence moyenne puisse, de façon tout à fait satisfaisante et très commodément, représenter par le pinceau, sur une surface plane, la portion qu'il voudra de la cité. C'est là ce que des amis lettrés m'ont incité à faire et j'ai pensé qu'il fallait favoriser leur zèle.

Pour l'ensemble de ce projet voici les éléments recueillis :

- en aucun endroit on ne trouve de vestige des anciens murs ;
- très peu de voies sont dans leur état primitif ;
- du centre de la Ville, c'est-à-dire du Capitole, aucune porte n'est distante de plus de 6140 coudées, et le périmètre cumulé des murs n'excède pas 75 stades ⁹. On verra qu'il en est ainsi d'après la dimension des éléments, et du tableau lui-même.

Les instruments

Voici comment tu feras la carte. Pour commencer établis la surface que tu veux donner à ton ouvrage, et réalise l'"horizon" exactement selon cette dimension. J'appelle "horizon" le cercle par lequel l'image de la Ville, que tu as décidé de cartographier, puisse tout entière être enclose. Tu diviseras la circonférence de cet horizon en parties égales de façon que leur nombre soit de 48 ; nous les appellerons "degrés". Commence par définir une origine à ces degrés, aussitôt affecte leur un nombre selon l'ordre 1, 2, 3, 4, 5 jusqu'à 48, de telle sorte que le premier degré de cet horizon parte du Septentrion, qu'au Midi on ait le nombre 24, que le degré à l'Est soit 12, et celui à l'Ouest, c'est-à-dire au point équinoxial, 36. Revenant au point de départ je subdivise chaque degré en quatre parties nommées "minutes". Par souci de brièveté et aussi de commodité, j'ai placé ici un exemple de ce que j'ai voulu dire. (Fig. 2-1)

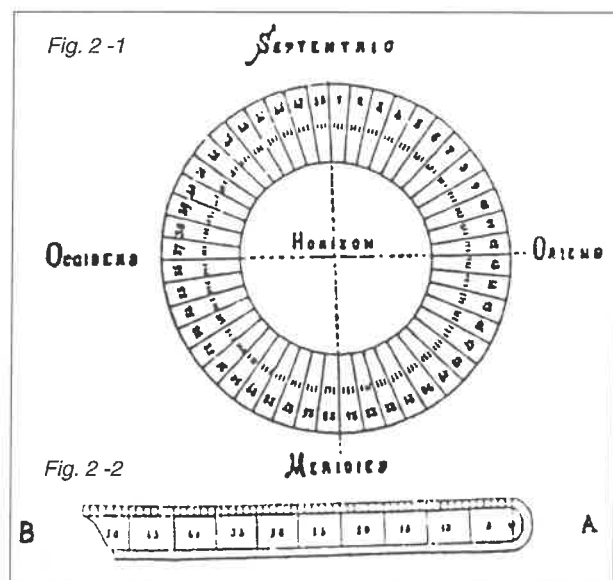


Fig. 2 - Horizon (2-1) et Rayon (2-2)

Ayant réalisé l'horizon, je construis un "rayon". Le rayon est une mince règle droite, soit de bois, soit de bronze, dont l'une des extrémités d'un côté peut tourner autour du centre, et l'autre extrémité du même côté peut suivre le pourtour de l'horizon et sa numérotation. Pour cette raison la longueur de ce rayon sera égale au demi-diamètre de l'horizon lui-même. Ce rayon, je le divise en 50 parties égales que j'appelle aussi "degrés" et je subdivise comme précédemment chaque degré en quatre "minutes"; commençant par celui des degrés qui est au centre de l'horizon j'inscris sur chacun successivement les chiffres 1, 2, 3, 4, etc. C'est pourquoi le nombre 50 sera attribué au dernier de ces degrés, celui qui est au contact de l'horizon. Chacun de ces degrés sera, dans le tableau, proportionnel à un nombre donné de pieds.

J'ai pensé qu'il fallait présenter ici également un modèle de ce "rayon" (fig. 2-2) :

(A : extrémité au contact du centre – B : extrémité au contact des chiffres de l'horizon).

Les tables

Cela fait, je regarde à partir des tables, que nous avons rapportées ci-dessous, quels titres leur donner; je regarde également les nombres, car, comme tu le vois, elles se différencient par leurs titres.

Pour la première table, le titre peut être :

"angles des murs côté Latium".

J'appelle "angle" l'intersection de deux lignes soit droites, soit dont l'une est droite et l'autre courbe, qui se coupent mutuellement.

Pour la deuxième table, le titre peut être :

"sommets des murs côté Latium".

J'appelle "sommet" le point de courbure maximale c'est-à-dire le point le plus éloigné par rapport à la direction définie par la ligne courbe ¹⁰.

Le titre de la troisième table :

"angles des murs de l'autre côté du Tibre".

Les titres des tables suivantes doivent être notés de la même façon... Et une chose est à remarquer : pour chacune des tables tu verras des colonnes jumelles de

nombres écrits au-dessous, désignées par une appellation qui leur est propre. Pour la première l'appellation est "horizon", ce qui veut dire que les chiffres que tu y as mis doivent être cherchés sur l'"horizon" de ton ouvrage. Pour l'autre colonne, qui lui est jointe et lui est semblable, "rayon" est le mot qui lui a été assigné comme appellation, ce qui montre que les chiffres écrits dans cette colonne doivent être cherchés sur le rayon que tu as fabriqué à partir de la règle.

La réalisation

Tout étant ainsi préparé et mis en place, me mettant à mes pinceaux, je commence par celle des tables que je désire, par exemple la première qui a pour titre "angles des murs côtés Latium". Dans la première colonne, sous le titre "horizon", tu vois que les premiers nombres inscrits sont 43 degrés et 2 minutes : je recherche le nombre sur l'horizon que j'ai dessiné et j'y place l'extrémité mobile du rayon ; l'ayant placé je regarde dans la table à la même ligne de la seconde colonne de nombres, sous le titre "rayon", et là je trouve 31 degrés et une demi-minute ; je note le nombre cherché sur le rayon mobile de mon ouvrage, l'inscription du point étant faite sur la surface à peindre. Je poursuis ainsi selon la même méthode avec les deuxième nombres de la table, comme je l'ai fait pour les premiers : ce sont 44 degrés et 1 minute, sur l'"horizon" pour lesquels je place l'extrémité du "rayon" sur notre "horizon" dessiné, et sur le "rayon" lui-même je note le nombre de la seconde colonne pris dans les tables.

À partir de là, le processus est semblable sur une même ligne, et comme je l'ai fait pour les premiers nombres, je continue pour ceux-là et pour les autres jusqu'à avoir épuisé toutes les valeurs de la table et placé les points sur la surface à cartographier. À partir de n'importe lequel de ces points, jusqu'au plus proche suivant, je trace un segment de droite, sauf s'il s'agit d'un point qui appartient à la table des "sommets", car à ce point là, ce n'est pas par une ligne droite mais par une ligne courbe qu'on doit accéder, et donc c'est par une ligne courbe qu'on doit s'en éloigner de telle sorte que par leur tracé tu réalises l'arc qui exprime l'indication d'une courbure en cet endroit.

Je te mets en garde sur le fait que tu peux trouver quelquefois dans les tables des "1/3", "1/4" ou d'autres fractions de même sorte, mais j'ai procédé ainsi par souci de concision ¹¹.

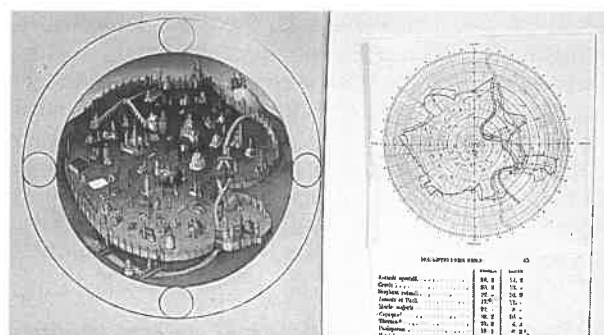


Fig. 3 – À gauche, enluminure de la ville de Rome ("Très Riches Heures du Duc de Berry – 1413"), à droite, dessin de la ville d'après les tableaux d'Alberti, par Vagnetti (in "Cartes et Figures de la Terre" Paris, Centre Pompidou, 1980 – p. 243)

Voilà donc comment se présentait ce texte sur la cartographie au XV^e siècle. On ne sait si la carte a été dessinée par Alberti; elle l'a été récemment (fig. 3) et sa facture déçoit quelque peu car il ne s'agit que des grandes lignes de la construction, avant que ne commence le travail de l'artiste. Mais elle a servi à la Renaissance de modèle à de nombreux plans de villes dont on a perdu la trace car seuls subsistent le plan de la ville de Sforbinda par Filarete, celui de la ville de Baldassare par Peruzzi, la célèbre carte d'Imola – ville pourtant rectangulaire – de Léonard de Vinci (fig. 4), un projet de Raphaël. On connaît aussi un plan de la ville de Vienne, etc.



Fig. 4 – Plan d'Imola par Léonard de Vinci (on voit les traces de la graduation sur la circonférence)

Les listes de coordonnées des points de la ville font naturellement penser aux listes des coordonnées de 8000 points exposées par Ptolémée dans les livres 2 à 7 de sa "Géographie". Elles s'en éloignent pourtant beaucoup. Car les coordonnées de Ptolémée (longitude et latitude) sont sur le modèle des coordonnées célestes (ascension droite et déclinaison ou longitude et latitude éclipitiques) avec lesquels depuis Hipparque on mettait en place les étoiles. Chez Alberti la référence céleste a disparu et c'est un monument situé sur un point élevé de la ville qui en marque l'origine. La carte ne comporte aucun réseau de méridiens ou de parallèles et les cercles ou les lignes droites sont devenus indépendants par rapport à l'astronomie.

Les coordonnées rectangulaires ont suivi le même chemin de l'indépendance. Elles émergent lentement des travaux des mathématiciens, physiciens et médecins, et vont conduire à la réalisation de plans, dont le plan de Bufalini est d'une certaine façon, le précurseur.

Ces coordonnées serviront d'abord de repères; puis les distances relevées le long des axes du réseau constitueront autant de mesures. En premier lieu, apparaît la nécessité de repenser les problèmes en prenant ses distances avec les théories physiques des Grecs; c'est-à-dire de mettre au point de nouvelles méthodes de physique mathématique. On reprend d'abord l'idée, émise par Galien¹², que l'on peut représenter des différences qualitatives par des quantités: par exemple représenter la chaleur et le froid par des nombres, et pour cela partir d'une valeur neutre qui pour Galien n'est ni chaude ni froide. On en vient à privilégier l'idée de rapports fonctionnels (études des variations concomitantes entre la cause et l'effet; par exemple le mouvement cinétique des corps est analysé en unités de distances et de temps qui varient en fonction l'une de l'autre) et à vouloir, pour les exprimer dans leur relation les traiter par les mathématiques. Pour obtenir ce résultat, deux étapes importantes sont franchies dans la première moitié du XIV^e siècle. Un savant du Merton College, à Oxford, Thomas Bradwardine invente pour exprimer les rapports fonctionnels, l'"algèbre de mots" qui consiste à employer des lettres de l'alphabet au lieu de nombres pour représenter les quantités. Trente ans plus tard, le mathématicien Nicole Oresme imagine leur représentation graphique. Son système est complexe et encore lié à d'anciennes appellations; mais sa simplification mettra sur la voie d'une représentation au moyen de coordonnées rectilignes. Oresme distingue en effet une "latitudo" ou "intensio" et une "longitudo" ou "extensio": la première est la valeur numérique que revêt une qualité appelée "forme", quand elle croît ou décroît, la seconde est une forme invariable par rapport à laquelle les changements sont évalués.

Les lignes de coordonnées sont ici des repères. Elles serviront aussi à la cartographie des villes car Alberti crée un autre instrument, l'"intersecteur" (fig. 5), un châssis rectangulaire ajouré dans lequel sont tendus des fils qui matérialisent le quadrillage¹³; lequel facilite les repérages lors des dessins en s'interposant entre la vue et le paysage à peindre¹⁴. La figure n° 5 montre l'application de ce dispositif à la réalisation d'un profil de ville. Des plans de ville, notamment le grand plan de Venise de Jacopo de Barbari de 1500 ont été réalisés avec l'aide de ce quadrillage. Au XV^e siècle, Piero Della Francesca, pour établir les démonstrations de son traité de perspective, vers 1458, matérialise les distances par des réglettes graduées, en bois ou en carton, disposées de part et d'autre d'un axe vertical au-dessus d'une ligne de base de référence.

II – LE PLAN DE BUFALINI (1551)¹⁵

L'époque est à la rationalisation des systèmes de représentation cartographique; le modèle de la carte en cœur, qui a triomphé au cours des dernières décennies, est abandonné. Mercator cherche de nouveaux modèles de projection; il présentera en 1569 sa grande carte du Monde en "latitudes croissantes". La cartographie est à un tournant; le plan de Bufalini se fait l'écho de ces changements. Bufalini est ingénieur militaire; il a participé à la construction des fortifications initiée par Paul III. Il est aussi géomètre, sculpteur, et "architecte de talent". Ici il se révèle un topographe novateur.

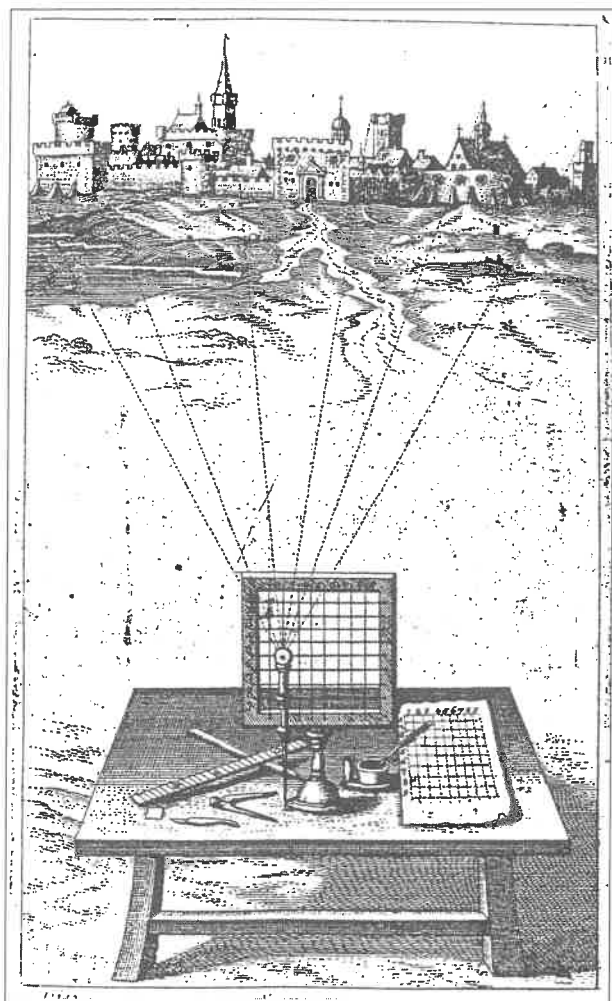


Fig. 5 – L'intersecteur d'après Alberti

Pourtant son plan est en apparence bien peu remarquable : on est loin des dessins magnifiques d'un Lafreri par exemple. C'est un grand plan de 1 m 20 sur 1 m 50 environ qui représente avec sobriété les monuments anciens et modernes; mais à l'intérieur du cadre (et l'utilisation d'un cadre est encore inhabituelle) une longue ligne graduée en pas, pieds et pouces est tracée et on lit (*fig. 6*) : "Cette ligne représente un double pas de 5 pieds; c'est avec cette ligne que j'ai mesuré en tous sens la superficie de la Ville de Rome. Un pied est divisé en 12 pouces marquant chacun 50 subdivisions (lettre A). Les lettres des lignes, une par une, indiquent l'intervalle d'un seul pas. Les lignes une par une des lettres suivantes ajoutent un pas, par exemple B, correspond à 2 pas". Il nous semble que nous avons là l'une des plus anciennes échelles et l'une des plus anciennes légendes; nous aurions aujourd'hui pour celle-ci une autre formulation. Sur ce plan, en outre, les bâtiments sont représentés par leurs contours, les voies de communication sont indiquées (en double trait), le relief vu depuis le zénith y est esquissé par des hachures croisées (formant ici des traits noirs épais). Des instruments ont servi à faire les levés; ils sont montrés dans l'un des car-

touches (une tablette déclinée, des équerres avec fil à plomb, une règle graduée); l'auteur lui-même se représente le compas à la main. Il s'adresse à son lecteur : "Toi qui portes ton regard soit sur la ville neuve, soit sur la ville antique, sache que cette carte est exacte, non seulement d'après la règle et le compas, mais aussi selon le coffret nautique (où se trouve la boussole), compte tenu de la position du ciel, du soleil et des intervalles de l'échelle". La grande précision du tracé se voit dans le dessin du méandre du Tibre si fidèlement rendu, que le plan pourra servir à des travaux d'aménagement du fleuve. Enfin l'orientation est indiquée dans la marge : l'orient est en haut. Il y a aussi une flèche oblique (visible partiellement sur la figure 6), où est écrit "septentrionis linea meridies" mais sa direction est incompatible avec la direction du Nord magnétique et semble incompatible avec celle du Nord géographique!

Rappels que Descartes ¹⁶ le premier proposera de tracer un axe de coordonnées indépendant de la figure, d'y choisir un point origine A, et s'étant fixé une autre direction, de mener à partir du point distant de A de la longueur y "la deuxième variable". Il empruntera à l'alphabet un symbolisme où les quantités inconnues seront nommées par les dernières lettres (x, y) et les quantités connues par les premières lettres (a, b, c). La voie est ouverte à la généralisation de l'usage des coordonnées orthonormées en cartographie, dans le sillage de la géométrie. Par la suite, P. de La Hire, Desargues, Wallis continueront leur étude ; par exemple le premier écrira : "On peut changer les parties de la Tige en Rameaux et les Rameaux en parties de la Tige, sans changer le lieu, l'origine ni l'angle compris par la Tige et par les Rameaux" : Tige est le premier axe, Rameau un segment parallèle à la deuxième direction : les 2 axes peuvent donc être interchangés. Les coordonnées dites "cartésiennes" sont nées.

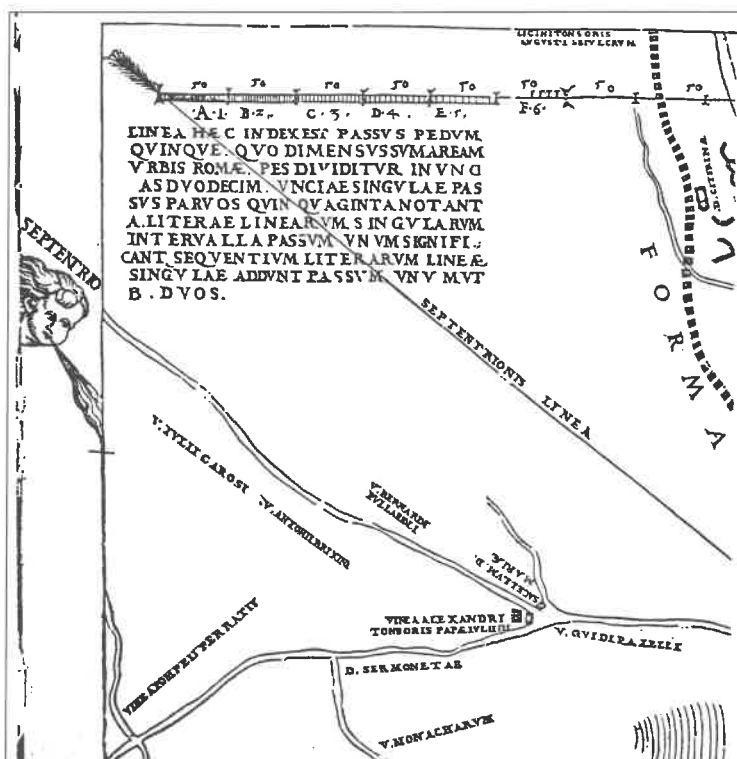


Fig. 6 – Grand plan de Rome de Bufalini – Détail

NOTES

- 1 – HARTMANN SCHEDEL "Liber Chronicon" Nüremberg 1493.
 - 2 – SEBASTIEN MÜNSTER "La Cosmographie Universelle" (la fig. 1 est la reproduction de la planche de Rome n°45).
 - 3 – G. BRAUN et F. HOGENBERG "Civitates Orbis Terrarum" Amsterdam, Theat. Orb. Ter., 1572-1617.
 - 4 – M. MERIAN "Topographiae" (Topographia Alsaciae completa, 1663, Topographia Italia, 1688, etc.).
 - 5 – ALBERTI "Ludi mathematici" (Jeux mathématiques) in Opera volgari, Florence, Tipog. Galileana, 1847.
 - 6 – "Descriptio Urbis Romae" édition critique in "Opera Inedita", Florence, G. Mancini, 1890 (en microfiche à la Bibliothèque Nationale de France [cote : 8 Z 11443]).
 - 7 – Traduction réalisée avec notre collègue le Professeur Marcel BENABOU, du département d'Histoire de l'UFR GHSS à l'Université Paris VII – Denis Diderot, que nous remercions vivement pour son aide et ses conseils. Elle figure en italique dans notre texte.
 - 8 – Nous avons ajouté ces sous-titres.
 - 9 – Environ respectivement 2 km 500 et 15 km.
 - 10 – Le point de courbure maximale correspond au point de la courbe ayant la plus grande flèche par rapport à la corde.
 - 11 – Suivent 18 tables concernant 3 zones urbaines qui sont : le Latium, la région située au delà du Tibre (qu'Alberti nomme "Trantibérine") et la Cité léonine, c'est à dire la partie de Rome (avec St Pierre et le Vatican) que le Pape Léon IV avait fait entourer de murs. Ces tables comprennent les degrés sur l'"horizon" et les longueurs des "rayons" pour chaque point. Voici les titres de ces tables :
 - angles des murs dans le Latium
 - sommets des murs dans le Latium
 - angles des murs au delà du Tibre
 - sommets des murs au delà du Tibre
 - angles des murs dans la cité léonine
 - sommets des murs dans la cité léonine
 - portes du Latium
 - portes situées au delà du Tibre
 - portes de la cité léonine
 - axe médian du fleuve Tibre
 - largeur du coude du fleuve Tibre (le texte contient cette remarque : "le fleuve se divise en deux bras qui s'écartent ; nous décrivons d'abord l'île située ente ces bras puis nous donnerons la description des bords du fleuve jusqu'au point où ces bras se rejoignent")
 - pointe de l'île
 - sommets des lignes du rivage de l'île
 - bords du fleuve
 - sommets des lignes des rives du fleuve
 - axe médian du fleuve (suite)
 - temples et édifices publics de la ville
 - lieux sur le Mont Janus
 - 12 – GALIEN, célèbre médecin grec du 2e siècle de notre ère. D'après A. C. CROMBIE "Histoire des Sciences de St AUGUSTIN à GALILÉE" trad. franç. J. d'HERMIES, Paris PUF, 1959 t. I, p. 290.
 - 13 – Un quadrillage analogue est tracé sur la surface à peindre.
 - 14 – ALBERTI "De Pictura" 1435, trad. franç. J. L. SCHEFER, Paris, Macula Dédale, 1992 Livre 1, p. 147 – La figure n°5 est extraite des Cahiers de la Perspective, IREM de Basse-Normandie, n°5, 1991.
 - 15 – Ce plan est à la BNF salle des cartes et plans. La reproduction de la carte nécessitant une très forte réduction, le cliché obtenu ne peut être présenté.
 - 16 – DESCARTES "Géométrie" annexe au Discours de la Méthode Corpus des œuvres de philosophie en langue française, Paris, Fayard – Livre 1er : "des problèmes qu'on peut construire sans y employer que des cercles et des lignes droites (Encyclopedia Universalis article "coordonnées").
- N.D.L.R. – Organisé par l'Université de Caen et le CNRS, un colloque international s'est tenu du 4 au 7 sept. 98 à Avranches – Mt St Michel, sur le thème "science antique, science médiévale". Parmi les communications présentées, celle de P. Gautier Dalche, du CNRS/Paris, "les coordonnées géographiques au Moyen-Age : concepts, méthodes de détermination, utilisations".

REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 77

XEROX	2 ^e couv.
SETAM	3 ^e couv.
TOPO CENTER	4 ^e couv.

ACTHYD	14
AERIAL	18-84
AEROSCAN	81
CARL ZEISS	82
CHS	25
ECOLE CHEZ SOI	81
ENSG	28
EUROBORNES	28
G2 METRIC	57
GEO 2000	60

GEOMEDIA	49
I2G	32
LEICA	2
LE PONT EQUIPEMENTS	Encarté
MAURY INFORMATIQUE	86
NEWBY	33
NIKON	6
PENTAX	8
REIS	33
SPECTRA-PRECISION	1
STOLZEL	33
TOPCON	61
TRIMBLE	29

Institut privé de formation à distance fondé en 1891 par L. Eyrolles

Des experts vous forment !



► **Formations professionnelles**

CAP d'opérateur géomètre ■ BP de chef de brigades ■ BT de technicien géomètre ■ BTS de technicien supérieur géomètre ■ Géomètre expert DPLG.

► **Formation qualifiante de spécialisation**

Photogrammétrie.

► **Spécialisation en immobilier**

Expertise immobilière ■ Métré de surfaces, d'ouvrages et de travaux ■ descriptif ■ transaction.

► **Spécialisation en V.R.D.**

Technicien ■ Chef de chantier ■ Conducteur de travaux ■ Calculateur projeteur ■ ...

► **Concours**

IGN ■ Cadastre ■ ...

Documentation
détaillée sur
simple demande



ECOLE CHEZ SOI

AU SERVICE DU BTP POUR FORMER AUTREMENT

Informations et conseils 01 46 03 66 83
3615 Ecole chez soi (1,29F/mn) • 92774 BOULOGNE CEDEX

Agrément formation professionnelle continue et contrat de qualification



- 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

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 système 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

Tél.: ++33-1-34 80 20 03

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

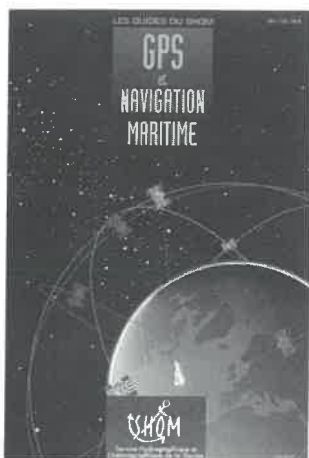
E-mail: cabanel @ zeiss.fr

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

L'ART-LES LIVRES

Jack Biquand

■ GPS et navigation maritime



Le SHOM, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, a décidé de publier une série d'ouvrages pour fournir aux navigateurs une information pratique, précise et concrète sur la navigation. Cette collection intitulée "les Guides du SHOM", est inaugurée par "GPS et navigation maritime". Ce premier ouvrage est destiné aux utilisateurs du système GPS/NAVSTAR, il en présente les différentes composantes, le

principe d'élaboration du point et l'exploitation des informations reçues, dans le service standard accessible à tous les usagers. L'utilisation du mode différentiel est également présentée, ainsi que les risques d'erreurs liées au report du point sur une carte.

L'ouvrage ne s'adresse pas seulement aux utilisateurs chevronnés mais aussi aux non initiés, et il met en garde avec vigueur contre une exploitation abusive du système, surtout aux abords des côtes. Dans un cas fictif bien expliqué on montre comment une navigation normale au GPS, effectuée sans un minimum de précautions, conduit au talonnage le plus inattendu.

Cette publication est volontairement plus descriptive et pratique que technique et se termine par une liste, extraite de l'ouvrage "Radionavigation" (No91) du SHOM, des stations GPS Différentiel en service fin 96.

*(les guides du SHOM – 13 rue du Chatelier
BP 426 – 29275 Brest CEDEX)*

■ La recherche intelligente sur Internet outils et méthodes (Henry Samier et Victor Sandoval)

L'objectif de cet ouvrage est de fournir au lecteur internaute une vision synthétique de l'internet et les clés de compréhension qui lui permettront de le maîtriser. Grâce à des méthodes efficaces ne nécessitant pas de lourds moyens informatiques il est possible de trouver

une information sur internet en quelques secondes. Sont ici exposées progressivement les méthodes manuelles, semi-automatiques et automatiques de recherche, afin que chaque utilisateur puisse se les approprier et les exploiter.

Actuellement de nouvelles méthodes et des technologies récentes permettent de rechercher et de trouver des informations pertinentes selon les besoins de chaque utilisateur. À l'aide d'exemples ce livre détaille plusieurs de ces méthodes ainsi qu'une typologie sélective et commentée d'outils. Des fiches pratiques aident à visualiser les différentes étapes de la recherche.

Henry Samier est enseignant-chercheur à l'ISTIA Innovation (Université d'Angers) et Victor Sandoval, enseignant-chercheur à l'École Centrale de Paris.

*(Éditions HERMÈS
8, Quai du Marché Neuf – 75004 Paris)*

■ Académie des sciences : rapport 42 du CADAS

Crée en 1989, le Comité de l'Environnement de l'Académie des Sciences est composé d'une quarantaine de membres et correspondants de l'Académie désignés par les sections ainsi que de membres et associés du CADAS et de personnalités extérieures, sous la présidence depuis 1998 du professeur Maurice Tubiana.

Dans son rapport N° 42, sorti en août dernier, le Comité livre ses conclusions sur "la contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion". Ce groupe a réuni géochimistes, pédologues, biologistes, toxicologues, écotoxicologues, épidémiologistes, professionnels de l'agriculture et de l'industrie, et juristes.

Les experts ont retenu neuf éléments souvent considérés comme toxiques à l'égard des êtres vivants ; le plomb, le cadmium, le mercure, l'arsenic, le cuivre, le zinc, le nickel, le sélénium et le chrome. Le document étudie particulièrement les pollutions des sites industriels, les terrains d'épandage, et le transport de ces éléments à grande distance par l'atmosphère et les cours d'eau, jusqu'aux estuaires qui peuvent contaminer les produits de la mer.

La liste des sites pollués s'accroît, les agriculteurs s'inquiètent des engrais qu'ils répandent. Dans quels cas ces "oligo-éléments" peuvent être utiles et dans quelles conditions deviennent-ils toxiques ? Le rapport présente



AERIAL

toutes vues aériennes

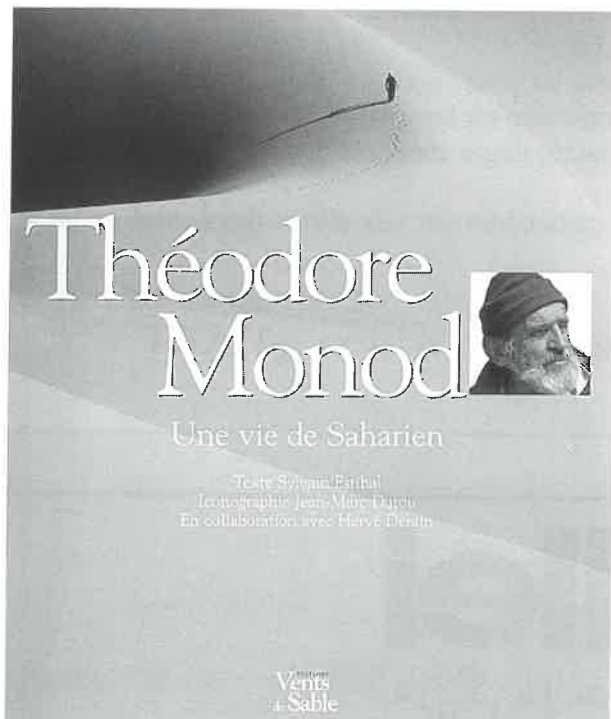
670, rue Jean Perrin - Z. I.
13851 Aix en Provence Cedex 3
Téléphone : 04 42 60 05 45
Télécopie : 04 42 24 26 04
E-mail : aerial@wanadoo.fr

l'état actuel des connaissances sur ces questions, en examinant successivement les contaminations naturelles et anthropiques, les transferts aux plantes et aux eaux souterraines, l'évaluation et la gestion des risques pour l'homme et les écosystèmes. L'avant-propos est de Georges Pédro, correspondant de l'Académie, et les textes coordonnés par P.-H. Bourrelier, ingénieur général des mines et J. Berthelin, directeur de recherche au CNRS.

L'Académie publiera prochainement un rapport sur les pollutions des sols (hydrocarbures et solvants chlorés).

(Lavoisier TECDOC – 11 rue Lavoisier
F 75384 – Paris CEDEX 08)

■ Théodore Monod, une vie de Saharien



"Marche en avant de toi-même, comme le premier chameau de la caravane" dit un proverbe touareg.

C'est, à la lettre, ce qu'entreprend de nouveau, à 96 ans, le professeur Théodore Monod, membre de l'Institut et de l'Académie des Sciences, en préparant une nouvelle expédition vers le désert libyque, la Mauritanie, le tassili des Ajers, pour cet hiver 98-99.

C'est à cette même heure, en octobre 98, que paraît le livre réalisé par un groupe de ses amis, et où défilent 76 années de vie exceptionnelle de cet infatigable naturaliste-voyageur.

À 20 ans, en 1922, débarquant sur les côtes de Mauritanie pour une mission océanographique, il est fasciné par le désert qu'il découvre. Du Hoggar au Soudan, de l'Adrar au Tibesti, à travers le Tanezrouft, il va sillonner le sable et être un méhariste confirmé, n'oubliant pas de récolter le suc de ces déserts : ses plantes, ses insectes, ses roches, ses traces de passage de l'Homme depuis la préhistoire. Il établit, ce faisant, la typologie de multiples régions encore inconnues des géographes.

Ce livre paraît avec la collaboration d'Hervé Derain, cofondateur de "Terres d'Aventures", grand voyageur des déserts du globe, sur un texte de Sylvain Estibal, journa-

liste, écrivain, auteur également de "Terre et Ciel" consacré à Théodore Monod (éditions Actes Sud), et une iconographie splendide de Jean-Marc Durou dont nous parlons dans ces pages chaque fois qu'il écrit ou photographie le désert. Pendant 27 ans Jean-Marc Durou a parcouru des milliers de kilomètres et constitué une photothèque importante sur le désert et ses habitants. Il est l'auteur de nombreux livres, dont "déserts" (écrit avec Monod), "l'exploration du Sahara" (1993, Actes Sud), "Touaregs, un peuple du désert" (1996, Laffont), "le grand rêve saharien" (1997, Actes Sud).

Cet ouvrage fourmille d'images inédites, et de magnifiques photos de paysages et de régions quasi inexplorées. On y vit avec passion cette aventure d'un des derniers grands explorateurs du siècle qui s'achève. Les éditions "vents de sable" chez qui paraît ce livre, ont été fondées par Jean-Marc Durou et Hervé Derain (53, rue Boissière, 75116 Paris).

En marge de ce livre, nous ne résistons pas au plaisir de céder la parole à Théodore Monod, pour quelques phrases de poids que nous avons récolté dans ses "conseils au méhariste débutant" :

"Sahara, seul pays où l'on puisse rester propre, et des mois durant, sans se laver";

"Le jour où tu auras décidé de lever le camp à l'aube, parce que ce que tu fais te paraît très important et très urgent et que tu appartiens à un monde qui ne sait pas, sereinement, perdre son temps, il y aura un incident... Ne t'irrite pas... le jour est long, et il y a demain..."

"...ne te plains pas. À quoi bon ? Et d'ailleurs à qui ? Il n'y a personne pour t'entendre et s'apitoyer sur tes petites misères. Supporte. Patiente. Serre les dents. La revanche, tôt ou tard, viendra".

(Aux éditions "vents de sable" – VILO
25 rue Ginoux – 75015 Paris)

■ Astrolabes et cadrans solaires

Fabriqués par un artisan suisse, Martin Brunold, des reproductions exactes d'instruments antiques. Les positions des étoiles sont celles de l'époque de chaque instrument. On peut les utiliser avec les corrections notées dans les notices (en allemand et en anglais, français en préparation). Chaque instrument est une pièce unique, numérotée et marquée. Elles sont en laiton massif, doré, non laqué. Citons : Al-Sarroj Astrolabe, 1328/29 (14580 F), Astrolabe gothique espagnole du XIV^e siècle (4600 F), Cadran romain du III^e siècle (1500 F).

Importation et distribution en France :
Librairie Uranie – Éditions Burillier – Place Lucien
Laroche – 56000 Vannes – tél. 02 97 47 09 97

■ Fulgence Bienvenüe, et la construction du métro de Paris (Claude Berton, Alexandre Ossadzow)

Le métro de Paris aura 100 ans en 2000. Qui connaît son créateur, Fulgence Bienvenüe, son équipe, son œuvre ? L'œuvre est connue, plusieurs millions de personnes l'utilisent chaque jour. L'homme et son équipe restent inconnus. Ce livre les révèle.

Pas à pas, décision après décision, Bienvenüe conduit la réalisation imaginée dès le début et menée rigoureusement pendant plus de trente ans. Un homme modeste qui a su, comme le montre ce livre, établir avec

AFT-LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE
nomenclature
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. canevass, 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. Vous trouverez aujourd'hui encartée hors texte dans ce numéro XYZ, une NOMENCLATURE DE CET OUVRAGE.

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

Rollei
fototechnic

Photogrammétrie numérique

- ▶ **MSR** : Redressement d'images - Mosaiques jusqu'à 100 photos
- ▶ **CDW** : Photogrammétrie 3D multi-images - Orientation automatique - Compensation de faisceau en bloc (750 inconnues simultanées)
- ▶ **Orthoimage** : Orthophotoplan en applications terrestres ou aériennes

MAURY INFORMATIQUE - Résidence Avel Mor - 56250 SAINT NOLFF - (02-97-45-42-65)

les élus du Conseil Municipal de Paris des relations permanentes de confiance, relations entre politiques et ingénieurs qui sont le gage du succès dans le domaine de l'aménagement. Un homme cultivé, connaissant ses humanités, dans la tradition finissante des Lumières. Mais, encore plus, il a su faire comprendre à la Compagnie du Métropolitain et à son premier président Adrien Bénard, qu'il fallait faire appel à des artistes pour faire du Métro une œuvre d'art intégrée dans le Paris post-hausmannien. Le métro de Paris est le fruit d'une heureuse rencontre entre cet ingénieur breton et une capitale en plein aménagement. L'histoire du Métro va désormais s'inscrire dans l'histoire de Paris. En retraçant cette histoire, le livre met en lumière l'homme et les acteurs de l'œuvre, un demi-siècle de prouesses techniques, de négociations. Les auteurs nous livrent des témoignages inédits. La riche illustration qui les accompagne, photos, croquis et dessins, pour la plupart peu connus, en renforce l'intérêt et ravira tous les amateurs.

Claude Berton – Alexandre Ossadzow

FULGENCE BIENVENUE

ET LA CONSTRUCTION
DU MÉTROPOLITAIN DE PARIS



Presses
des Ponts et chaussées

(Presses des Ponts et Chaussées – 28 rue des
St Pères – 75343 Paris CEDEX 7 – tél. 01 44 58 27 40)

■ EN BREF

• Le grand prix d'architecture de l'Académie des Beaux-Arts 1999

Il est ouvert à tous les architectes et étudiants. Il est doté de trois prix (140 000 F, 60 000 F, et 30 000 F) plus une bourse de 100 000 F de la Mutuelle des Architectes français. Le règlement doit être demandé au *secrétariat de l'Académie*, 23 quai de Conti 75270 Paris CEDEX 06, uniquement par correspondance.

• Expositions

"Mickiewicz, la France, l'Europe"

Pour le bicentenaire de sa naissance, à travers la vie du poète, différents thèmes culturels développés (la

France, l'Europe, Napoléon, Goethe, Pouchkine, la Pologne, la Russie...) du 17-12-98 au 13 janvier 99.

"Les fresques de Tiepolo",
au musée Jacquemart-André.

C'est la première exposition depuis la réouverture du musée en 1996, elle fait suite à la restauration en public des fresques en trompe l'œil, les seules conservées dans les musées français. Du 20 octobre au 20 janvier 99.

"Les armes de chasse, du XVI^e à nos jours"

De l'arquebuse à mèche à la carabine express", avec le concours du musée de la chasse et de la nature et le muséum d'histoire naturelle. Au château de Langeais du 3 octobre au 3 janvier 99.

"Le clavecin à Paris au XVIII^e siècle"

Sous la direction de Jean Patrice Brosse, sur un clavecin Kroll de 1774, un cycle de récitals placé sous la direction de Marcel Landowski, chancelier de l'Institut et de Jean Favier, membre de l'Institut. 25 novembre 98.

À la Fondation Dosne-Thiers. Réservation à la
FNAC (01 49 87 50 50)

"Science antique, science médiévale"

Du 4 au 7 septembre s'est tenu un colloque international sur ce thème à Avranches, organisé par le CNRS et l'Université de Caen (CERLA). Parmi les communications présentées, notons "les coordonnées géographiques au Moyen âge : concepts, méthodes de détermination, utilisations" par P. Gautier Dalche du CNRS de Paris. La thématique du colloque portait sur la connaissance théorique du monde, les instruments de la connaissance, mesurer le ciel, la Terre, la mer, le temps : abaque, astrolabe, nocturlabe, sphère armillaire, sondeur des profondeurs, géométrie pratique.

Dans ce numéro d'XYZ voir l'étude de Marie-Thérèse Gambin : *Contribution à l'histoire des systèmes de coordonnées en cartographie, plans et cartes de villes à la renaissance.*

■ La France Fugitive (Michel Chaillou)

Un coup de cœur de XYZ pour ce livre qui n'a rien à voir avec la topographie, mais une géographie de terrain et une géographie du cœur.

Une femme, un homme, voyagent en France, et en eux le sentiment que ce pays en contient d'autres, plus secrets mais qui ne se livrent pas au premier regard;

À la fois journal de voyage et journal intime, ce livre raconte les péripéties d'une randonnée sentimentale sur quatre roues à travers la France. Deux années de tribulations dans les auberges des bords de route, dans les hôtels égarés dans l'herbe des champs. Avec une façon de voler les chemins creux, de s'enquérir à la sacristie ou à la mairie de la clé sans serrure de la place des villages, et se laisser absorber par l'étrangeté d'une plaine, le soufressant d'une colline, la commotion d'une plage. Dévisager la France qui défile aux portières de la voiture. Comment la retenir, comment faire se retourner sur le passage les personnages jaunies des vieilles cartes postales ? Qu'espérer comme aventure du prochain virage, de la suite de lecats qu'on délace ? À ne pas manquer. (Chez Fayard)

Raymond D'Hollander

L'Astrolabe

Histoire, théorie et pratique

– les livres – l'art – les livres

■ L'Astrolabe, histoire, théorie & pratique (Raymond d'Hollander)

Raymond d'Hollander, ingénieur général géographe à l'IGN, ancien directeur de l'ENSG, signe ici un ouvrage qui est une véritable encyclopédie de tous les problèmes que l'on peut résoudre à l'astrolabe, à condition de bien assimiler les notions fondamentales de cosmographie auxquelles tout un chapitre est consacré.

Spécialisé dans l'histoire des sciences géographiques, l'auteur a publié plusieurs ouvrages sur le sujet, en particulier sur "l'astrolabe, les astrolabes du Musée Paul Dupuy" (1993) édité par le musée de Toulouse et l'AFT. Le présent ouvrage n'en est pas une réédition, et son ambition est beaucoup plus exhaustive. Après l'historique où l'auteur excelle, sont exposés les principes de fonctionnement de tous les astrolabes, y compris l'astrolabe nautique pour lequel on montre le rôle important qu'il a joué lors des grandes découvertes.

Il existe beaucoup d'ouvrages sur l'astrolabe, ce livre n'est pas un catalogue décrivant l'art et l'esthétique des astrolabes ou contant leur histoire, bien que celle-ci soit loin d'être oubliée puisqu'elle fait l'objet de tout le premier chapitre, mais ce livre étudie en détail la théorie et la technique de l'instrument, ce qui est assez rare. Les questions théoriques relatives à certaines particularités sont traitées à fond, ce qui nécessite une bonne connaissance, disons de classe ter-

minale scientifique de Lycée (notions de géométrie plane et dans l'espace, trigonométrie sphérique et notions de cosmographie). La pratique n'est pas négligée pour autant, notamment par les nombreuses applications numériques et la possibilité de résoudre celles qui concernent l'astrolabe planisphérique classique au moyen de la rotation de l'araignée transparente glissée en troisième de couverture.

C'est le livre le plus complet depuis le classique "Traité de l'astrolabe" d'Henri Michel paru en 1947 et dont les deux éditions sont épuisées. Le vide est ainsi comblé dans l'édition française concernant l'astrolabe. Par sa conception cet ouvrage devrait concerner au plus haut point ceux qui s'intéressent à l'astrolabe et à son histoire, mais aussi les collectionneurs d'instruments anciens qui trouveront là une mine de renseignements, d'explications et de descriptions, sans compter qu'il constitue un outil pédagogique pour les astronomes amateurs.

La préface est écrite par Bernard Guinot, membre du Bureau des Longitudes et correspondant de l'Académie des Sciences, qui la conclut ainsi : *"En appliquant à l'étude des astrolabes sa compétence scientifique de polytechnicien et la rigueur métrologique d'un ingénieur géographe, monsieur d'Hollander nous apporte sur ce sujet un ouvrage du plus grand sérieux, LE livre de référence qu'apprécieront les spécialistes. Je pense toutefois que ce précis trouvera un lectorat beaucoup plus large... Raymond d'Hollander sait décidément nous transmettre sa passion."*

BON DE COMMANDE À RETOURNER À L'AFT

136 bis rue de Grenelle – 75700 Paris 075P – Tél. 01 43 98 84 80 – Fax 01 47 53 07 10

Nom, prénom :

Adresse :

Veuillez m'envoyer exemplaire(s) de *L'Astrolabe*,
au prix de 320 FTTC l'exemplaire (+ 30 F de port).

Ci-joint un chèque de F

RETRAIT DIRECT POSSIBLE
À L'AFT TOUS LES JOURS
9H/12H • 14H/17H