

xyz
70

CACHAN - Actes du
XX^{ème} colloque AFT
applications
de
la
topographie
moderne
aux
travaux
publics

*Association
Française de
Topographie*

1997 - 1^{er} trimestre - 19^{ème} année - 130 F



La toile d'araignée métallique du Grand Stade de France à Saint-Denis (article page 44).

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

• André BAILLY

DIRECTEUR DE LA REDACTION ET DE LA PUBLICITE

• Robert CHEVALIER

COMITE DE REDACTION

- André BAILLY - Ingénieur ETP
- Jean BOURGOIN - Ingénieur Général Hydrographe ER
- Robert CHEVALIER - G.-Exp. DPLG
- Raymond d'HOLLANDER - Ingénieur Général Géographe-IGN
- Michel SAUTREAU - Directeur Div. honoraire - Cadastre
- Robert VINCENT - Ingénieur ECP

COMITE DE LECTURE

MM. BAILLY, BIENVENU,
COMBES, DUCHER,
FONTAINE, LEVALLOIS,
PUYCOUYOUL,
SCHAFFNER, SCHRUMPF,
VINCENT.

MAQUETTE ET MONTAGE

• Jack BIQUAND

CORRECTEUR

• Jean-Marie THIRIET

ABONNEMENTS

• Mme CABANETTES

COMPOSITION

A.C.S.

Rue de la Maladrerie
44120 VERTOU (NANTES)

IMPRIMERIE MODERNE

USHA

AURILLAC 15001
Tél. 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

Tél. : 01 43 98 84 80

Fax : 01 47 53 07 10

PERMANENCE :

10 h - 12 h : **MARDI**
 VENDREDI

ISSN 0290 - 9057

Trimestriel - le numéro : 130 F.

Abonnement d'un an : France Europe (voie terrestre) : 480 F.

Etranger (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.

1997

1^{er} trimestre

N° 70 SOMMAIRE

- EDITORIAL

- Lettre à un adhérent..... 5

- INFO-TOPO

- L'actualité du trimestre en topographie - Informations..... 7

XX^e COLLOQUE AFT - ACTES

- APPLICATIONS DE LA TOPOGRAPHIE MODERNE AUX TRAVAUX PUBLICS

- Surveillance des sites et édifices par théodolites robotisés
par Daniel SCHELSTRAETE..... 18
- Système de guidage altimétrique par laser, par Jean-Claude COSNIER..... 22
- La localisation temps réel des machines de TP, une nouvelle branche de la topographie, par François PEYRET..... 26
- Auscultation altimétrique du complexe turbo-alternateur EDF
par Fabrice COLLIN, Jean-Marie RAMEAU, Dominique BERHOUET,
Jean-Luc LUBAWY, Patrick LEVESQUE et Franck PAPON..... 34
- L'expo du colloque..... 38

- DANS LA PROFESSION

- L'espace des jeunes - Topographie archéologique au Proche-Orient
par B. RAVEZ et E. NATCHITZ..... 41
- Le grand stade de France : la topo, par Jacques BROTTIER..... 44
- Dixième anniversaire du CNIG..... 48
- Cinquantenaire des Expéditions Polaires Françaises..... 50
- La page internationale : FIG, GSF..... 51
- La vie des régions : Ile-de-France, PACA..... 52
- La tribune des lecteurs, par André FONTAINE et Claude MILLION..... 56
- La page voiture, par Robert CHEVALIER..... 58

- GPS

- Contrôle et mesure de superficies agricoles dans le cadre de la Politique Agricole Commune, par Patrick ADAM et Bertrand BOULLARD..... 59
- ION - GPS 96, par Claude MILLION..... 63

- SIG

- Le traitement numérique des photographies aériennes, outil pour la cartographie moyenne et grande échelles, par Olivier CHAUMONTET et Anne GIRAUD-JEROME..... 67
- Evolution de l'offre logicielle en SIG : 1992-1997, par Henri PORNON..... 70

- SCIENCES - TECHNIQUES

- Le repère international de référence terrestre
par Claude BOUCHER et Zuheir ALTAMIMI..... 75
- Système de mesure permettant de saisir des informations géométriques et sémantiques pour des banques de données routières
par Thomas AUSSEMS, Martin BRAESS et Wolfgang SCHROERS..... 78
- Surveillance automatique d'ouvrages au moyen du Géomonitor et de niveaux digitaux motorisés
par A. THUT, A. KEPPLER, D. NATEROP..... 82
- 1846-1996 : 150 ans d'optique de Carl Zeiss, par Jean-François CABANEL..... 86

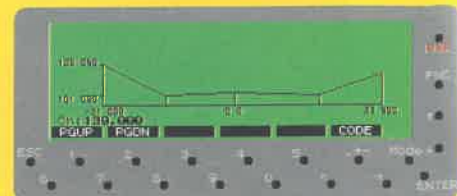
- L'HISTOIRE

- La fille du pirate, par Jack BIQUAND..... 90
- Les espaces du passé..... 93-104

- L'ART - LES LIVRES, par Jack BIQUAND..... 94

- ANNONCEURS..... 104

Faisons la route ensemble

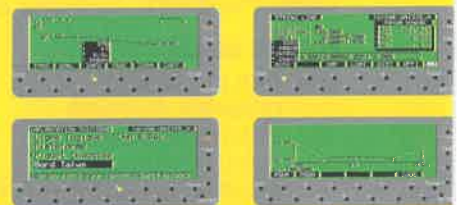


Projet routier FM 700

Avec le projet routier FM 700, logiciel embarqué pour station totale KHEOPS, donnez à vos outils de mesure, leur efficacité maximale.

Fonction logiciel :

Logiciel positionnant en dynamique par rapport au projet routier, toute information relevée à la station. Affichage instantané de chainage, décalage, déport et deltas pour toute opération d'implantation ou de contrôle.



Topographique :

- Lever topographique intégralement codé
- Station libre
- Relèvement multiple
- Calcul et compensation de polygonale
- Sortie directe de lever codé en DXF

Projet Routier :

- Définition d'axe en plan, profil en long, profil en travers
- Implantation et contrôle d'axe, de bords chaussée, de potences, de plate-forme, d'entrée en terre
- Fichier Assurance Qualité

**La Topographie
c'est aussi
notre métier**

Nikon

NIKON FRANCE S.A.
191, rue du Marché Rollay
94 504 Champigny-sur-Marne
Cedex
Téléphone : 01 45 16 46 60
Télécopie : 01 45 16 00 33

LETTRE À UN ADHÉRENT

J'apprends par hasard, en longeant le couloir qui mène au bureau de notre noble association où fourmillent tant de documents et ouvrages qu'on y peut à peine circuler et qu'il est difficile d'y éclaircir un endroit pour se poser, donc, disais-je, j'apprends par hasard, par l'un de nos confrères, collègue et ami particulièrement chargé de gérer les lumières qui éclairent chaque trimestre notre revue, j'apprends par lui que vous n'auriez pas encore réglé votre cotisation !

Stupéfiant ! à tel point que je me demande si je dois en croire nos services et notre ordinateur.

À tel point que je me refuse à le croire, car alors, et là je vous arrête et saisis votre bras pour stopper votre course quotidienne pleine des tracasseries du travail, car alors, quoi, vous n'apprécieriez point l'effort que chaque jour notre association déploie pour tenter d'être le pont reliant toutes les rives de notre profession ?

Justement, je viens précisément à l'instant de recevoir deux jeunes gens, dont une jeune fille, tout frais émoulus comme savent nous en mitonner nos grandes écoles dans le chaudron bien culotté de leur savoir. Ces jeunes, donc, désiraient entrer en connaissance des hommes qui allaient devenir des coéquipiers de cette profession dont ils présentaient ou savaient qu'elle avait mille facettes à leur proposer, aussi mille histoires et expériences, et c'est pour icelles qu'ils étaient venus à notre permanence du mardi, croyant que celle du vendredi serait plus emcombrée d'allées et venues, ce en quoi ils se trompaient.

Voyez-vous, leur dis-je, Blaise Pascal cherchait la place de l'homme sur la Terre, est-ce être mégalomane de vous dire que le topographe, lui, indique la place où l'homme est sur la Terre ? Toujours est-il chers collègues, poursuivis-je, que le premier homme qui, dans la vallée de l'Omo ou ailleurs, a voulu par un dessin sur le sable avec son doigt indiquer à un autre un lieu de chasse ou de cueillette, ce premier homme-là fut le premier topographe.

Soyez donc fiers et heureux du métier que vous entreprenez d'exercer. Dans les champs et les bois, dans les villes et sur les chantiers, dans les vallées et les plaines, sur toute la surface de la planète, sur d'autres peut-être, et sur la mer aussi ajoutais-je, vous allez mesurer, classer, étiqueter, comparer, superposer, assembler, vérifier, arpenter pour tout dire et rendre lisible ce qui ne l'est pas à l'œil nu. Voudriez-vous que toutes ces tâches éparses, différentes de lieux et de techniques, d'expérience et de savoir-faire, d'hommes et de méthodes, voudriez-vous que cette grande confrérie ignore ses différents membres et ses territoires ?

Non.

Alors vous justifiez votre présence ici et la signature que vous venez d'apposer sur votre adhésion à l'AFT. Car c'est précisément le sens que se donne l'association. Si, un jour de 1979, des organismes, des entreprises, des hommes de ce métier, ne s'étaient avisés qu'il fallait se rencontrer, ne pas s'ignorer et pouvoir, en plus, être présents ensemble auprès d'instances nationales et internationales qui ne veulent connaître qu'un ensemble dans une profession, et pour couronner le tout éditer une revue dont je vous signale qu'elle convole aujourd'hui avec son 70^e numéro, je ne serais pas ici à faire des phrases alors qu'un récepteur GPS, un chef de chantier et deux géomètres m'attendent pour la réalisation d'un projet où la topographie, vous vous en doutez bien, est indispensable.

Par les mille détours de ce discours à ceux qui vont « s'armer de la planchette » à l'instar du pèlerin s'emparant de son bâton, je ne vous oublie pas, cher adhérent, ce qui brusquement me fait penser, où avais-je donc la tête, que vous aurez sans doute oublié sur un coin de votre écritoire ce papier qui vous parlait sans poésie je présume, le bougre, de cotisation et autre forme de chèque que vous auriez omis de transmettre, ce que je ne doute point que vous fissiez dans les heures à venir.

Croyez bien que vous feriez à tous, arpenteurs passés et à venir, grand honneur.

L'arpenteur de service
(avec la complicité du président)



Des experts pour la formation

*L'ECOLE CHEZ SOI est un institut privé créé en 1891 par L. Eyrolles,
pionnier de la formation professionnelle du BTP.*

*Aujourd'hui, les compétences reconnues de ses formateurs (dont plusieurs sont experts
internationaux) font d'elle un organisme leader dans la formation à distance du BTP.*

■ Une pédagogie de pointe : la formation ouverte.

L'enseignement à distance complété par des stages constitue l'une des meilleures réponses aux besoins d'adaptation des individus. Travail personnel et stages se renforcent et se dynamisent mutuellement. A l'heure du travail à distance ou télétravail, la formation à distance prouve la pertinence de sa pédagogie.

■ Une pédagogie personnalisée : chacun travaille à son rythme !

Avoir la possibilité de se former sans quitter son poste de travail et entamer des formations longues sans remettre en cause son mode vie, voilà ce que permet ECOLE CHEZ SOI. Chacun organise son emploi du temps comme il l'entend, tant il est vrai que le rythme des uns et des autres est à chaque fois unique. Une efficacité prouvée avec des coûts pédagogiques réduits.

■ Publics visés :

Tous les types de populations, avec un large ensemble de formations qualifiantes et diplômantes du BTP : CAP, BP, BTS, ingénieur.

■ Dirigeants :

Directeur : Claude Dufour
Doyen de l'institut, Vice Doyen de l'ESTP
Gérant : Jean-Michel Bourgois
Conseiller pédagogique : Danièle Lausecker

■ Formations

- Dessinateur en bâtiment
- Dessinateur en travaux publics
- Projeteur en bâtiment
- Calculateur projeteur en béton armé
- Métreur
- Collaborateur d'architecte
- Commis d'entreprise
- Chef de chantier travaux publics
- Chef de chantier travaux routiers
- Chef de chantier bâtiment
- Conducteur de travaux publics
- Conducteur de travaux routiers
- Conducteur de travaux bâtiment
- Technicien V.R.D.
- Expert immobilier
- Opérateur géomètre
- Technicien géomètre
- Technicien supérieur géomètre
- Ingénieur D.P.E.

On peut aussi, à partir du catalogue de 250 unités de valeurs de l'institut, composer des formations "à la carte" en fonction des besoins spécifiques de chacun.



**Documentation
détaillée sur
simple demande**



ECOLE CHEZ SOI

AU SERVICE DU BTP POUR FORMER AUTREMENT

3615 Ecole chez soi (1,29F/min) • Tél. 01 46 03 66 83 • 92774 Boulogne cedex

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.

La terre tourne

L'entreprise Carl Zeiss fête ses 150 ans de mariage avec l'optique, voir notre article dans ce numéro d'XYZ.



Coincidence, l'événement correspond avec l'achèvement de la fabrication du plus grand gyroscope à laser à anneau du monde. Notre photo le montre au cours des essais finaux avant son installation dans une grotte souterraine de Nouvelle Zélande où il va déceler les variations de la rotation de la Terre.

La haute résolution relative avec laquelle ce gyroscope peut mesurer des rotations durant de longues périodes permet aux scientifiques d'évaluer avec une grande précision les fluctuations de la rotation terrestre, apportant de précieux renseignements sur la structure interne de notre planète, la dérive des plaques tectoniques, les tremblements de l'écorce, la climatologie.

Le principe est de faire circuler un faisceau laser dans les deux sens à l'intérieur d'un résonateur carré fermé. Si le gyroscope pivote, une légère différence de fréquence apparaît entre les deux ondes laser qui che-

minent en sens opposé, elle est alors mesurée pour déterminer la vitesse de rotation du globe avec une très grande résolution, permettant de déceler les variations infimes.

La condition primordiale est la constance absolue des trajets lumineux, il faut donc que ceux-ci se produisent dans le corps d'un laser à base de matériau insensible aux variations de température. L'unique matériau ne présentant aucune variation thermique est le «zero-dur», un vitrocérame produit par les verreries allemandes Schott à Mayence.

Ce bloc, coulé par la verrerie, a dû ensuite subir un façonnage élaboré dans les établissements Zeiss d'Oberkochen, et toute l'optique, les miroirs de déviation, les surfaces, ont été usinés et polis à 0,15 micron de précision ($\lambda/4$).

Le maître d'œuvre de l'appareil est l'Institut de Géodésie appliquée de Francfort en coopération avec l'Institut universitaire technique de Munich.

La Terre tourne, bouge et tremble mais il faut aussi mesurer les champs et les villes ! La firme Carl Zeiss s'y emploie pour l'outillage. Toute une gamme de qualité dont nous retenons les derniers nés :

• Les niveaux digitaux DiNi (11, 11T et 21)

La gestion des données par projet est d'une importance fondamentale pour les niveaux digitaux. L'échan-



ge bidirectionnel avec un PC se fait par l'intermédiaire d'un lecteur PCMCIA intégré au PC ou externe, sous DOS ou Windows. Avec ce nouveau support de données les instruments DiNi 11 et DiNi 11T voient leur rendement augmenter net-

Avec le
parrainage de

CNIG



1, 2, 3 avril 1997
Palais des Congrès
Paris - France



Et le concours de

**LE MONDE
INFORMATIQUE**

GIS Europe

Europe's Geographic Information
Systems magazine

**MARKETING
direct**

**MARKETING
magazine**

LE MARCHE EUROPEEN DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

CONFÉRENCES

TABLES RONDES

ATELIERS

GÉOMERCATIQUE '97

JOURNÉE CNIG / EUROGI

DÉJEUNER-DÉBAT DE L'APCIG

MODULE DE VULGARISATION

EXPOSITION

SALLE DE DECOUVERTE

TRIBUNES EXPOSANTS

En parallèle à MARI Europe

Ortech organise : Infotools Europe

Traitement et analyse de données :

DE LA DONNÉE À L'INFORMATION



Evénements
organisés par



Je souhaite recevoir le programme de la manifestation et une invitation gratuite à l'exposition :

☐ MARI EUROPE

☐ INFOTOOLS EUROPE

Nom : Prénom :
Société : Fonction :
Adresse :
CP : Ville : Pays :
Tél : Fax :

Bon à retourner par fax à Ortech - 33 (0)1 48 24 01 01
Ortech - BP 5 - 11 rue bergère - 75432 Paris cedex 09
Tél : 33 (0)1 45 23 08 16

tement. La carte mémoire standardisée autorise également l'échange de données avec les instruments GPS et les tachéomètres électroniques de Carl Zeiss.

A la place de la carte PCMCIA, le DiNi 21 comporte une mémoire interne.

• Les tachéomètres électroniques enregistreurs Elta 40R et Elta 50R



Légers, compacts, simples à manipuler, programmes clairs et logiques et, en plus, design original. Ces deux modèles enregistrent automatiquement les valeurs mesurées ou calculées sans recours à une touche.

Précision goniométrique : 1,0 mgr (3") pour Elta 40R,

1,5 mgr (5") pour Elta 50R. Distances mesurables respectives de 1200 m (précision 3 mm + 3 ppm) et 1000 m (précision 5 mm + 3 ppm).



• **La station totale Rec Elta 13** peut pointer la cible et la suivre automatiquement, en plus des caractéristiques habituelles de la gamme des Rec Elta (cf nos précédents numéros XYZ).

• **GePos** - la gamme complète pour les applications GPS en géodésie. Temps réel et post traitement modulaire et compact.

Dans la palette d'instruments géodésiques, le constructeur a voulu que

les systèmes GePos et les systèmes tachéométriques de la série Rec Elta C se complètent. Les données sont échangeables avec la carte PCMCIA pour être exploitées ultérieurement. Précision : 5 mm dans le mode à post traitement, 10/20 mm dans le mode temps réel.

(Carl Zeiss France - 60 route de Sartrouville BP66 - Le Pecq 78230 - Tél. : 01 34 80 20 00 - Fax : 01 34 80 20 01)



Le SIG Géo Concept (Alsoft)

Fondés en 1990, Alsoft est une société de conception et de développement de SIG sur plates-formes PC et Macintosh. Son logiciel phare est «Géo Concept» que beaucoup d'entreprises ont adopté, citons : France Télécom, l'IGN, Sagem, Alcatel, Matra... et des administrations parmi lesquelles la Défense Nationale. Avec d'autres investisseurs, les fonds propres d'Alsoft sont passés de 4 à 10 millions de francs. Cette société est présente dans toute l'Europe : Belgique, Italie, Royaume Uni, Suisse et France, et devrait annoncer prochainement des accords avec l'Allemagne et l'Espagne.

Comment intégrer la dimension géographique aux systèmes d'information des entreprises ou des institutions ? C'est pour répondre à cette question et présenter son SIG Géo Concept qu'Alsoft organise les «Echelles Cartographiques». Cette année, après sept villes françaises visitées en 1995, c'est dix neuf villes européennes qui ont été informées en 1996, signalons que l'AFT était présente à Paris le 22 octobre dernier pour l'echelle parisienne où l'on retrouvait également les partenaires de la société l'IGN, Michelin, SPOT, l'INSEE, Blay-Foldex...

Le SIG Géo Concept vient de s'enrichir d'un module, le DataDraw, un outil de dessin complémentaire au système. Il permet le rapprochement entre les fonctions graphiques générées et les éléments géographiques contenues dans le SIG, ce qui le destine particulièrement aux spécialistes de l'édition cartographique. En effet, une autre fonction majeure de DataDraw est la possibilité de créer des fichiers PostScript directement utilisables par les matériels de flashage. Ce couple module DataDraw - SIG Géo Concept apporte des alternatives souples et puissantes aux solutions classiques de DAO et de production des cartes papier (le module a été conçu dans un partenariat technologique par la société Hémisphère, spécialisée dans l'édition cartographique). Le couple est vendu 6 500 F HT dans sa version standard et 38 500 F HT dans une version évoluée.

Signalons que le ministère de l'agriculture, pêche et alimentation a choisi Géo Concept comme progiciel de SIG en environnement Windows dans le cadre de son schéma directeur des SIG. Consécutif à un appel d'offres, le contrat signé concerne les services centraux du ministère et les directions départementales (96) et régionales (22).

(Alsoft - 62 rue Jeanne d'Arc - 75013 Paris - Tél. : 01 44 06 53 01 - Fax : 01 44 06 53 55)

Le GPS évolutif

Le GPS est encore en pleine mutation. C'est en partant de cette constatation que la société Leica gage sur un système modulaire qui ouvre des possibilités d'évolution en fonction des avancées technologiques. Elle propose différentes configurations plus ou moins évolutives allant du mono fréquence post traitement à 100 KF au bi-fréquence temps réel haut de gamme à 330 KF. Dans ce sens, trois produits phares :

• **Le capteur SR261** avec le contrôleur CR333 : mono-fréquence post-traitement. Ce produit est destiné au lever en zone dégagée et au rattachement.

- Le capteur SR9400 permet les mêmes applications que le SR261, mais avec le temps réel en plus, qui permet de faire de l'implantation en zone dégagée.

- Le bi-fréquence temps réel : les performances du capteur sont alors extrêmes. On tire alors le meilleur parti de l'instrument pour toutes les applications et l'on peut travailler dans des conditions extrêmes.



Signalons la sortie récente d'un nouveau capteur bi-fréquence temps réel : SR 9500 (notre photo). Compact et léger, il fonctionne sur 12 canaux avec une précision centimétrique. Il peut être utilisé pour tous les modes de mesures traditionnels : statique, statique rapide, Stop and Go, cinématique (avec ou sans initialisation en mouvement). Ce capteur utilise tous les accessoires standards du système 300 de Leica et se connecte aux contrôleurs GPS CR333 et 334. Relié à ce dernier programmé avec RT-SKI, il se transforme en capteur temps réel.

Le code-P est mesuré sur les fréquences L1 et L2. Sous des conditions anti-brouillages (anti-spoofing), le SR9500 passe automatiquement à un mode de poursuite assistée par code-P, permettant de mesurer la totalité des phases de porteuses L1 et L2. Avec des mesures de phase d'une précision avoisinant le millimètre, on peut mesurer des lignes de base à 5 mm + 1 ppm. Le SR9500 possède également une grande qualité de mesure code/pseudo-distance qui permet en différentiel d'obtenir des précisions de ligne de base de l'ordre de 30 cm sans initialisation.

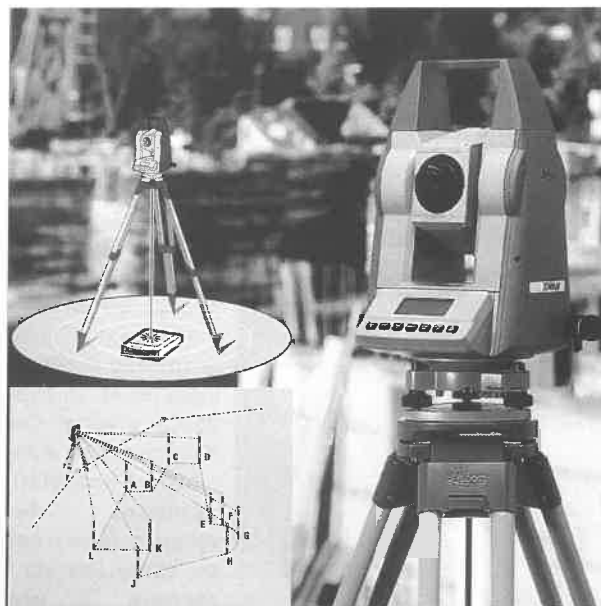
En plus, des mesures géodésiques de précision (mouvement des plaques tectoniques, déformation...) il semble performant pour les levés de détails, les études hydrographiques, les profils, les intersections et la photogrammétrie.

(Leica - 86 avenue du 18 juin 1940 - 92563 Rueil-Malmaison - Tél. : 01 47 32 85 42 - Fax : 01 47 32 85 95)

Un plomb laser sur les stations Leica

La mise en station des instruments en topographie a toujours été un problème. Ce fut d'abord le fil à plomb, jamais stabilisé, puis les cannes de centrage, encombrantes, puis le plomb optique de précision millimétrique mais qui avait besoin d'une assez grande maîtrise.

Il semble que la firme Leica vient de faire une avancée en mettant au point le plomb laser qui indique la



position de la verticale au sol par un point lumineux. L'ensemble de la gamme va être équipé de cette technique, les premières stations à en être dotées sont les TC400NL.

Celui-ci possède une précision de mesure d'angle de mgon (10") et de distance de 5 mm (+5 ppm). 800 coordonnées de mémoire intégrée grâce à une fonction d'implantation intégrée, l'angle, la distance ou les coordonnées des points à implanter peuvent être directement introduits. Les valeurs peuvent être soit tapées manuellement ou transférées à l'instrument par l'intermédiaire d'un PC ou d'un ordinateur de terrain, via l'interface RS232.

(Leica - 86 avenue du 18 juin 1940 - 92563 Rueil-Malmaison - Tél. : 01 47 32 85 42 - Fax : 01 47 32 85 95)

SOKKIA : la dernière née de la série Powerset



- C'est la station totale SET 1000. Nouveau design, un carnet de terrain électronique SDR incorporé. Un clavier entièrement alphanumérique et un grand affichage (20 caractères x 8 lignes), un télémètre électronique tout nouveau, l'EDM. Elle lit et affiche les angles directement à 1" (0,2 mgon) ou 0,5' (0,1 mgon) avec une précision DIN de 1" (0,3 mgon). La SET 1000 bénéficie des normes de fabrication des standards internationaux de qualité (ISO 9001).

- La firme présente également les niveaux digitaux SDL 1/2, précis, fiables et faciles d'utilisation. Cinq touches permettent le contrôle du logiciel intégré et une interface RS-232C assure le transfert des données.



Et la SET 5F vient de sortir : une mémoire intégrée contenant jusqu'à 3000 points, outre les 100 points de coordonnées prédéfinies pour la définition et la mise en station. Au cours du relever, possibilité d'entrer en mémoire le numéro du point, les codes alphanumériques, la hauteur des prismes et les valeurs de correction (conditions d'environnement). Codification pratique, le système propose les numéros de points de cible ou de station de manière séquentielle. Chaque point peut être associé à un code de près de 13 caractères alphanumériques.

Une résolution angulaire de $1''/0,2$ mgon ou $5''/1$ mgon. Un compensateur bi-axial assurant la précision. Des doubles listes de contrôle avec des clés d'entrée personnalisables. Légère et très mobile (5,3 kg), sa portée va jusqu'à 2 000 mètres avec trois prismes.

(Sokkia - Montesson - Tél. : 01 30 53 09 73 - Fax : 01 39 76 63 15 - Chasse/Rhône - Tél. : 04 72 24 03 42 - Fax : 04 72 24 03 51)

Un logiciel de topographie : TopoCalc

TopoCalc est un applicatif métier de topographie indépendant des logiciels de DAO. En particulier associé à AutoCADLT (ou MicroStation), il constitue une solution idéale pour les bureaux d'études ou les cabinets de Géomètres.

TopoCalc intègre les calculs de polygones de façon classique ou par les moindres carrés ainsi que tous les calculs topométriques usuels (intersection, droite-droite, droite-cercle, raccord circulaire, pan coupé, point rayonné...).

Ce logiciel offre une codification des plus concises et des plus performantes du marché (prolongement, symétrie, excentrement, ajout en distance, cheminement orthogonal sans prise de point, relevé d'objets tels que regards carrés, coffrets EDF, bancs en un seul point avec notion de parallélisme avec des éléments levés (mur, trottoir...)).

Il propose trois méthodes de travail :

- 1) la codification à l'appareil avec une liaison radio entre l'opérateur et le chef de brigade,
- 2) la prise de points par l'opérateur et la saisie des codes au prisme à l'aide d'un ordinateur de type PSION et fusion des fichiers en bureau,
- 3) l'interprétation de croquis par codification dynamique en bureau suite à un relever classique.

Dans les trois cas, TopoCalc garantit la conformité de vos plans par rapport aux cahiers des charges de vos donneurs d'ordres.

TopoCalc permet de répondre à vos besoins : cotation de périmètres, teinte de lots, lotissement, profils en long, profils en travers, courbes de niveaux, lever de façades, carroyage, calcul de surfaces, adaptation de vos plans aux besoins de vos clients...

C'est un logiciel Windows (3.x et 95) ouvert sur le monde extérieur : liaison avec Word, Excel, les SIG, les bases de données... TopoCalc est réalisé par la société GEOPIXEL et commercialisé en partenariat avec la société Le Pont Équipement.

(GEOPIXEL : Toulon P. Costamagna - Tél. : 04 94 75 63 62 - Fax : 04 94 08 59 55 ; Paris M. Renault - Tél. : 01 30 53 09 76 - Fax : 01 39 76 63 15)

Microflex (DAP) présent à notre colloque de Cachan



Un micro-ordinateur, compatible PC, pour tous les types d'applications de terrain (collecte de points de levés sur site, lever cadastral, topo, polygones...). 47 touches multifonction et un grand écran graphique. En plus, résistant aux chocs, aux températures (de -20 à +50°). C'est Microflex produit par DAP Technologies.

(DAP - 6 place du Village des Barbanniers - 92632 Gennevilliers Cedex - Tél. : 01 41 21 95 95 - Fax : 01 41 21 95 65)

Trimble : deux nouveautés

• **Pathfinder Pro XR** est un outil de cartographie et de production de données SIG temps réel, très compact, précis et facile à utiliser. Après post traitement, il donne une précision instantanée submétrique de 10 cm pour des points statiques.

• **Logiciel Pathfinder Office** : Nouvelle génération de logiciel de traitement des données GPS. Il est inclus dans tous les systèmes de cartographie de la gamme Trimble. Il s'utilise dans l'environnement Windows. Il comporte un système de traitement «batch» qui permet d'automatiser le traitement du déchargement des données à l'exportation vers un logiciel de SIG ou de DAO.



(Trimble France - Tél. : 01 64 54 83 90 - Fax : 01 69 34 79 73)

Une bathymétrie de précision : Atlas et Ashtech

Martec propose à ses clients un système complet de bathymétrie de précision comportant d'une part un sondeur bi-fréquence STN/ATLAS pour la partie sondage et des stations GPS Ashtech pour la partie positionnement précis.

Le récepteur GPS bi-fréquence Z-12 Sensor installé sur le navire de sondage donne toutes les secondes la position du navire dans les trois axes au centimètre près. Cette position, disponible via l'interface RS232 du récepteur GPS est envoyée au logiciel de bathymétrie PROFIMAP d'ATLAS pour être traitée. Ce Z-12 Sensor embarqué traite en temps réel ses propres mesures et celles de la station de référence. Les mesures GPS différentielles de la station de référence sont récupérées via une liaison radio/modem 9600 bauds en UHF marine. La station de référence est également équipée d'un récepteur GPS bi-fréquence Z-12 et d'une antenne type «Choke Ring» éliminant les multi-trajets.

Ce système DGPS bi-fréquence Ashtech est unique en son genre par la capacité de donner une localisation centimétrique en temps réel pour un mobile éloigné de plus de 30 km même après un masquage puis réaccrochage des satellites GPS. Le système de bathymétrie lui, comprend un ensemble sondeur + transducteurs DESO 15-2 équipé de 2 fréquences utilisables simultanément (33 & 210 KHz) avec enregistreur thermique de haute précision.

Le DESO 15, sondeur hydrographique et produit phare de la gamme des produits ATLAS permet des enregistrements avec une résolution de 3 à 5 cm suivant les fréquences utilisées.

Les données peuvent ainsi être récupérées via les sorties RS232 disponibles sur l'équipement et envoyées vers le logiciel de bathymétrie développé par ATLAS : PROFIMAP.

Ces données une fois traitées et stockées peuvent servir à l'élaboration de plans et cartes précis et détaillés.

Cette solution complète fournie par Martec, met en évidence les relations étroites qu'occupent aujourd'hui le positionnement de précision et la bathymétrie.

(Martec - 5 rue Carle-Vernet - 92318 Sèvres Cedex)

Intergraph : partenariat pour un projet

Pour développer les dernières applications SIG utilisant «Jupiter», sa toute dernière technologie, la société recrute des développeurs de logiciels, des intégrateurs de systèmes, des consultants de l'industrie et des fournisseurs de données.

La technologie «Jupiter», articulée autour de OLE/COM et dotée d'une fonctionnalité «plug and play», offre une grande facilité d'emploi. Son architecture est basée sur celle du système d'exploitation Windows de Microsoft.

Parmi les partenaires du projet : l'IGN (France), la Société Générale d'Infographie (France), CADIS GmbH (Allemagne), Cambridge Technologie Partners (USA), la municipalité de Scottsdale (USA), la société Datacentralum Geodata A/S (Danemark), Frank Data International BV (Pays Bas), GEOCOM Informatik AG (Suisse), GéoMetria GIS Systems House Ltd (Hongrie), Grontmij Geo Groep (Pays Bas), HSI-SRO (Rép. Tchèque), Help Service Mapping Ltd (Rép. Tchèque), Insiel (Italie), M. J. Harden and Associates - Kansas City (USA-Minnesota), Stoner Ass. (USA), Telesoft S.p.A. (Italie), Trimbling (USA).

(Intergraph-Symphony Communication - Tél. : 01 30 64 14 20 - Fax : 01 30 64 75 39 - e-mail : 101327.1170@compuserve.com)

Pentax : un système GPS de haute performance

Ce système de haute précision est issu d'une technologie très avancée. Il répond aux besoins les plus variés tels que le relevé de points en temps réel, le relevé statique, l'implantation de points et l'enregistrement d'information GIS.



Caractéristiques

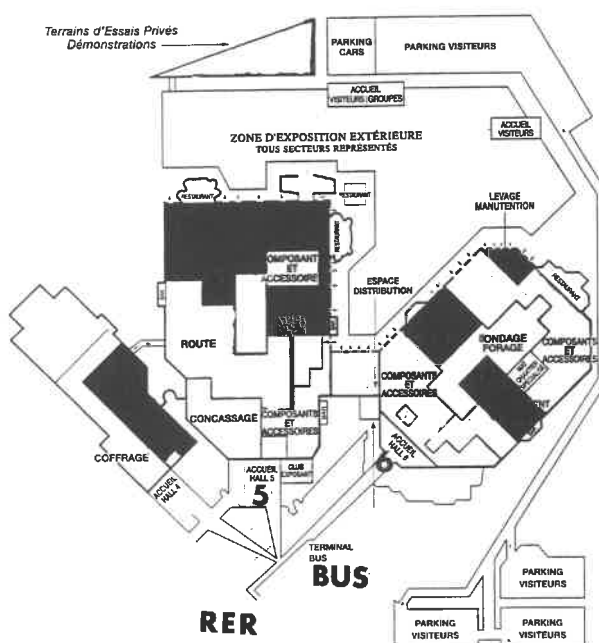
- 12 canaux de réception
- Enregistrement des informations sur carte PCMCIA standard
- Fonction d'attribution de code pour le travail GIS
- Caractéristiques en temps réel : temps d'initialisation court, affichage précis des résultats d'analyse, affichage du système en coordonnées locales, affichage des informations de la station de référence

directement sur le poste mobile.

(12 rue A. Croizat - 95100 Argenteuil - Tél. : 01 39 82 50 24)



Extérieur : Laser Alingment USA (M.46)



Journal of geodesy

Paru le volume 71, numéro 1, de décembre 96. Il fait suite au Bulletin Géodésique qui concerne les études scientifiques et l'actualité géodésique. On note au comité de rédaction F. Barlier, M. Feissel et Pascal Willis de l'IGN auprès duquel toute information complémentaire peut être obtenus.

(P. Willis - IGN - 2 avenue Pasteur - 94160 Saint Mandé - France)

Géotechnica à Cologne du 13 au 16 mai 1997

Le Congrès géotechnica 1997 de la Fondation Alfred-Wegener sera consacré à l'«Utilisation éocompatible de nos ressources au seuil du prochain millénaire» et placera principalement des thèmes de la pratique au premier plan. Chacune des quatre journées du Congrès sera consacrée à un thème particulier : «Matières premières minérales et énergétiques», «L'Eau et le sol», «Géomonitorage et planification de l'exploitation des espaces», «Les Sciences de la Terre au service de la société».

Une exposition aura lieu parallèlement au Congrès, avec stands et plate-forme commerciale. Notons que parmi les secteurs présents figurent les techniques de mesure et de contrôle et la géomatique.

Geodimeter 600M



Le geodimeter® System 600 compte dorénavant un nouveau membre dans sa famille : le 600M où M signifie mécanique. Le Geodimeter 600M repose sur la même philosophie de «station évolutive» et partage les mêmes fonctions de base efficaces que les autres instruments de la série 600. De ce fait, il est tout naturellement préparé pour la Topographie Intégrée (IS : Integrated Surveying) ; Ainsi en ajoutant un lecteur de cartes, les données peuvent être transférées, par l'intermédiaire d'une carte PCMCIA au système GPS de Geotronics. Le Geodimeter 600M possède toutes les caractéristiques conçues et élaborées par Geotronics.

(Geotronics - 2-4 rue du Suffrage universel - 77185 Lognes - Tél. : 01 60 37 50 60 - Fax : 01 60 37 50 70)

CalComp : deux nouveaux traceurs

TechVet 5500 : nom des nouveaux traceurs jet d'encre grand format de CalComp. Ils disposent en standard de la compatibilité PostScript niveau 2, d'une interface Ethernet et de 16 Mo de mémoire (extensible à 72 Mo).

TechJet 5500 fonctionne avec tous les ordinateurs, les stations de travail, les systèmes CAO et les logiciels courants et procure une très large gamme de solutions de connectivité. Il est livré en standard avec des drivers pour AutoCad fonctionnant sous Microsoft Windows 3.1, 95 et NT avec des interfaces parallèle et série

Modèle 5524, format A1 : 36 000 F HT - Modèle 5535, format A0 : 39 900 F HT

(CalComp France - 205 avenue Georges Clémenceau - 92024 Nanterre - Tél. : 01 47 29 55 00 - Fax : 01 47 29 13 72 - Internet : www.calcomp.com)

SIG : le district d'Angers choisit la solution Star

Star Informatic est un développeur européen de logiciels graphiques depuis 1983. La gamme intégrée de ses produits couvre les activités de conception et de gestion des bâtiments et infrastructures. Dans cette gamme le SIG Star Carto s'adresse aux services techniques, bureaux d'études, gestionnaires d'équipements. C'est la solution professionnelle bâtie sur les logiciels Star Carto et Star Viewer que vient de sélectionner le district de l'agglomération angevine (28 communes, 50 000 ha, 116 000 parcelles et 250 000 habitants). Il s'agit de gérer et d'exploiter un référentiel géographique bâti sur un fond de plan cadastral informatisé, complété du POS. L'objectif à plus long terme étant la mise en place d'un fond de plan cartographique commun aux divers utilisateurs.

Les logiciels acquis fermes à ce jour par le district sont quatre licences de SIG Star Carto et six licences de systèmes convivial de consultation et d'interrogation Star Viewer. Ces systèmes seront exploités au sein d'un réseau local selon un mode client/serveur Windows/Unix.

(Star Informatic - Tél. : 32 4 367 53 13 - Fax : 32 4 367 17 11)

Un outil logiciel au service des TP

Topomine par l'intermédiaire de son modèle numérique de terrain permet de gérer les chantiers compacts tels que les zones d'emprunt ou zones de dépôt.

Topomine fournit l'inventaire en déblai/remblai des volumes déplacés entre deux situations du chantier et produit les plans associés : report du lever, sections verticales, interpolation de courbes de niveaux et vues à trois dimensions.

Gesprof est l'outil spécialisé pour le suivi de chantiers linéaires. Outre le métré et le dessin des profils en travers, Gesprof permet le montage du projet par l'intermédiaire de profils types représentatifs du terrassement à réaliser.

Topomine/Gesprof disposent de fonctions d'import-

■ PARIS - Cause diversification activité, cède tout ou partie des parts de SARL d'un cabinet de géomètre entièrement restructuré - 6/7 emplois - Bail neuf - Bonne clientèle mixte. Ecrire à la revue ou Tél. : 01 43 73 49 00 - Fax : 01 43 70 84 91

■ Technicien-Géomètre-Topographe - 33 ans - BT topo de l'école de la Chambre de Commerce du Var - DAO micro intergraph - Service Nat. en Guyane - 7 ans d'expérience France - Turquie - DOM (cab. géom., BE topo, BTP terrassement). Cherche emploi, France, étranger, DOM-TOM. Ecrire à la revue ou Tél. : 01 34 89 71 15

■ H, 26 ans. Célibataire. Formation pluridisciplinaire en géographie (environnement et aménagement). Maîtrise de géographie : 8 mois de stage à Honfleur sur le sujet :

développement local et protection du patrimoine (longue collaboration avec la mairie et tous ses services). Stage à l'ONF. Mobilité nationale et internationale. Anglais moyen. Répond à toute offre d'emploi. Ecrire à la revue ou Tél. : 03 44 58 91 11

■ JF, 24 ans - Technicienne Géomètre-Topographe - AFPA de Meaux - Exp. Prof. : cabinet de géomètre (implant., levers, DAO, AutoCad V12) - Cherche emploi tous lieux France et étranger - Ecrire à la revue ou Tél. : 04 94 08 54 94

■ Jeune ingénieur géomètre ESTP 92, bonne connaissance du GPS - Cherche poste entreprise ou cabinet. Ecrire à la revue ou Tél. : 01 43 35 12 44

Agenda

2-8/03/97 GPS en géodésie - Delft (NL) - Tél. : 31 15 278 2819 - Fax : 31 15 278 2745

11-14/09/97 MICAD 97 - Paris Porte de Versailles - BIRP - Tél. : 01 53 17 11 40 - Fax : 01 53 17 11 45

1-3/04/97 Salon MARI Europe - Palais des Congrès Paris - Tél. : 01 45 23 08 16 - Fax : 01 48 24 01 81

22-27/04/97 Interrmat - Villepinte - Parc des Expositions - Tél. : 01 49 68 52 33 - Fax : 01 47 37 74 56

23-24/04/97 World of surveying Near Solimell (GB) - Tél. : 44 19 62 44 05 06

5/04-30/06/97 Chateau de Langeais - Voyage et voyageurs à l'époque de la Renaissance (Exposition) - Tél. : 02 47 96 72 60 - Fax : 02 47 96 54 44

12-16/05/97 GEOTECNICA Cologne (D) - Les géosciences appliquées - Tél. : 49 221 82 10 - Fax : 49 221 821 25 74

11-16/05/97 FIG - Symposium et 64ème Comité Permanent - Singapour - Tél. : 65 222 30 30 - Fax : 65 225 24 53

2-6/06/97 FIG - Topographie des grands Ponts et Tunnels - Copenhague (DK) - Tél. : 45 8993 2200 - Fax : 45 8652 2013

4-7/06/97 Geodätentag autrichien - VILLACH (Autriche) - Tél. : 43 4242 3746 663 - Fax : 43 4242 3746 673

3-9/09/97 IAG 97 - XVIIIème Congrès de l'Association Internationale de Géodésie - Rio de Janeiro (Brésil)

17-19/09/97 Intergeo/Geodätentag - Karlsruhe (D) - Tél. : 49 721 608 23 07 - Fax : 49 721 69 45 52

17-19/09/97 Solutions CAO CFAO Paris - Tél. : 01 41 18 85 55

25-26/09/97 Congrès International de Cartographie - Stockholm (S) - Tél. : 42 26 153 000 - Fax : 46 26 653 160

22-26/09/97 46ème semaine photogrammétrique - Stuttgart (D) - Tél. : 49 711 121 3201 - Fax : 49 711 121 3297

01-04/10/97 GIS-CPS - Calgary (Canada)

29/09-2/10/97 Mesures optiques en 3D - Zürich (CH) - Tél. : 41 1633 31 57 - Fax : 41 1633 11 01

20-23/10/97 8ème Congrès International de Métrologie - Besançon - Tél. : 04 67 06 20 04 - Fax : 04 67 06 20 40

18-25/07/98 XXIème Congrès de la FIG - Brighton (GB)

mission archéologique à alexandrie



La société Leica sponsorise cette année la mission archéologique chargée de localiser les vestiges du phare d'Alexandrie, au large de l'île de Pharos.

La mission est dirigée par J.Y. Empereur. Le topographe est Lionel Fadin.



Le bassin méditerranéen est le berceau de la topographie de la navigation. Aucun autre lieu au monde ne caractérise mieux les origines de la science, de la mécanique et de la technologie qu'Alexandrie. Cette ville

possédait une célèbre école de sciences, la meilleure bibliothèque de l'Antiquité, et un gigantesque phare dressé sur l'île de Pharos. C'est là, au centre du monde antique, qu'Eratosthène a le premier déterminé la circonférence de la terre. Pendant 1 500 ans, le premier et le plus haut des phares a donné aux marins leur position aussi bien de jour que de nuit, les a guidé à l'entrée du plus grand port de l'Antiquité. Des vestiges de cette structure de 135 mètres de hauteur, admirée comme la septième merveille du monde antique, ont été découverts au large de l'île de Pharos. L'équipement GPS de Leica aide aujourd'hui le Centre des Études Alexandrines (CEA) à lever et cartographier l'exacte position de ces vestiges.

C'est une équipe d'archéologues dirigée par Jean-Yves Empereur qui a retrouvé ce monde immergé de sphinx de différentes époques pharaoniques, des statues de pierre, des morceaux de statues d'époque ptolémaïque et une multitude de monolithes de 50 à 75 tonnes, chacun d'eux semble être un vestige du phare.

Ici pourrait être l'endroit exact où se situait la façade du phare défiant la mer jusqu'à ce qu'il soit détruit par des tremblements de terre. Un système GPS 300 avec RT-SKI de Leica (un capteur SR 399 et un contrôleur CR 344 avec logiciel RT-SKI) détermine sa position précise grâce aux signaux des satellites GPS-Navstar.

Il y a 22 siècles, à l'École des Sciences d'Alexandrie, la topographie et la vision du monde moderne émergeaient. Cette station GPS met en évidence le point supposé où le méridien 0° coupait le cercle principal de latitude défini par Eratosthène, continuant l'œuvre de connaissance du monde entreprise depuis longtemps par les hommes.

**cachan
estp**

**XXème
colloque
A.F.T.**

nov. 96



applications de la topographie moderne aux travaux publics

**surveillance
de
sites
et
édifices**

**par
théodolites
robotisés**

Daniel Schelstraete - IGN. Métrologie géodésique.

Introduction

Afin de mieux répondre aux attentes techniques et sécuritaires dans les surveillances géométriques de sites et ouvrages à court terme, l'IGN a intégré depuis 1994 des vidéothéodolites motorisés de très haute précision dans ses outils d'interventions.

Ces instruments se développent actuellement dans de très larges domaines de la topographie mais nous nous limitons dans cet article au domaine du contrôle topométrique de sites et ouvrages.

Dans ce domaine, les vidéothéodolites (ou toute station automatique de précision suffisante) complètent les résultats traditionnels avec des mesures polaires répétitives traitées en fonction du temps par un logiciel adapté. Cela permet de réaliser des modèles réels de comportements géométriques des ouvrages en fonction de paramètres d'environnement souhaités et d'enrichir notablement les données servant aux diagnostics sur l'état et l'évolution des ouvrages.

Le présent article décrit brièvement les deux systèmes pilotes actuels avec leurs possibilités respectives et deux exemples typiques parmi les réalisations déjà effectuées.



Apports du vidéo théodolite robotisé dans les contrôles

Cet instrument fournit un jeu de coordonnées par cycle, global, et immédiatement disponible.

Il permet de quantifier globalement les déformations de sites et édifices au cours du temps par l'analyse des mesures répétitives de grande résolution, et d'envisager leurs contrôles avec un regard nouveau, par rapport aux contrôles topométriques traditionnels tels que le nivellement de précision, et les mesures XYh trigonométriques, et par rapport aux mesures par capteurs, très précises et continues mais ponctuelles.

Les mesures topométriques traditionnelles sont bruitées par des déformations naturelles des éléments mesurés pouvant atteindre plusieurs centimètres sur 100 m pendant les mesures et sur le long terme et peuvent donner lieu à des interprétations erronées si elles sont interprétées au premier degré, comme le reflet de l'évolution continue d'objets « statiques ».

— Les sols sont soumis en particulier aux fluctuations des nappes phréatiques, aux sécheresses et à des impacts tels que le circulation de véhicules lourds.

— Les structures sont soumises aux effets météo : thermique, vent, pluie, soleil et à l'effet des personnes, matériels et véhicules.

Sur certains ouvrages, ces effets sont traités par capteurs tels qu'inclinomètres, etc... Ils ont l'avantage de très grandes résolutions et fréquences mais, étant ponctuels, ils ne peuvent pas totalement déterminer l'évolution géométrique globale d'un édifice. Dans ce cas, le vidéo théodolite permet de compléter les données par une vue d'ensemble très fiable même si chaque détermination est moins précise que par capteur.

Sur les sites non équipés de capteurs, les diagnostics à partir des mesures topométriques traditionnelles ne sont en général possibles qu'après plusieurs années avec une répétitivité suffisante. Le vidéo théodolite permet de réaliser un modèle de comportement sur quelques heures ou jours, et un recalage des résultats antérieurs.

Sur le plan pratique, un site peut être équipé très rapidement et sans câbles. Les mesures sont rapidement exploitables à court terme. Un système d'alertes peut être associé avec un logiciel adapté via des outils de communication.

Mise en œuvre

Son principe avec le système automatique sur site, la communication et le poste de suivi au bureau est expliquée par le schéma suivant.

Les instruments

Les caractéristiques des deux instruments pilotes actuels sont les suivantes :

	TM3000VD <i>haute précision, longues distances</i>	TCA1800 <i>simplicité, souplesse, prix</i>
Réflecteurs	prismes	prismes
Visées d'apprentissage }	via moniteur	directes
Points voisins	0,2 m/100 m	0,5 m/100 m
Sigma angles	1,5 dmgr	3 dmgr
Sigma distances	0,3 mm/100 m	0,6 mm/100 m
Portée	plusieurs km	1 km
Configuration	lourde	simple
Radio	via ordinateur	directe
Prix d'un système	600 Kf	250 Kf

Les logiciels

Ces instruments sont pilotés selon les protocoles Leica et bénéficient des logiciels Leica suivants :

.AUTOSURV :

Simple et pratique pour des applications locales, il permet gestion des mesures, recalages en orientation, mise à l'échelle, mais reste limité à long terme et sur les sites importants en considérant la station et les références comme stables.

.APSWIN :

Plus sophistiqué, il prend en compte des mouvements de références et de la station pour chaque cycle (linéaire, Helmert, ppm), possède des fonctions de comparaisons de données entre cycles et gère les observations avec 4 modules articulés sur une base de données :

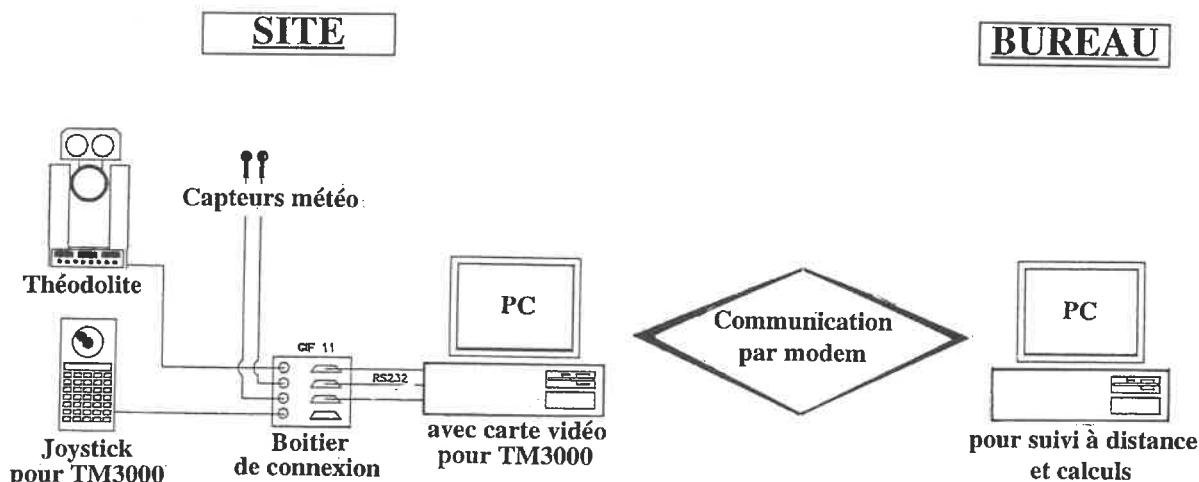
« MAIN » : gestion d'un chantier, traitements

« HARDWARE » : équipements

« LEARN » : initialisation des mesures

« AUTORUN » : pilotage automatique.

Selon les applications, les données issues de ces logiciels sont retraitées par des logiciels de calculs géométriques, visualisation et gestion éventuelle d'alertes automatiques. L'IGN a été amené à développer des outils d'exploitations dont certains peuvent être activés automatiquement à la fin de chaque cycle par une fonction des logiciels Leica.



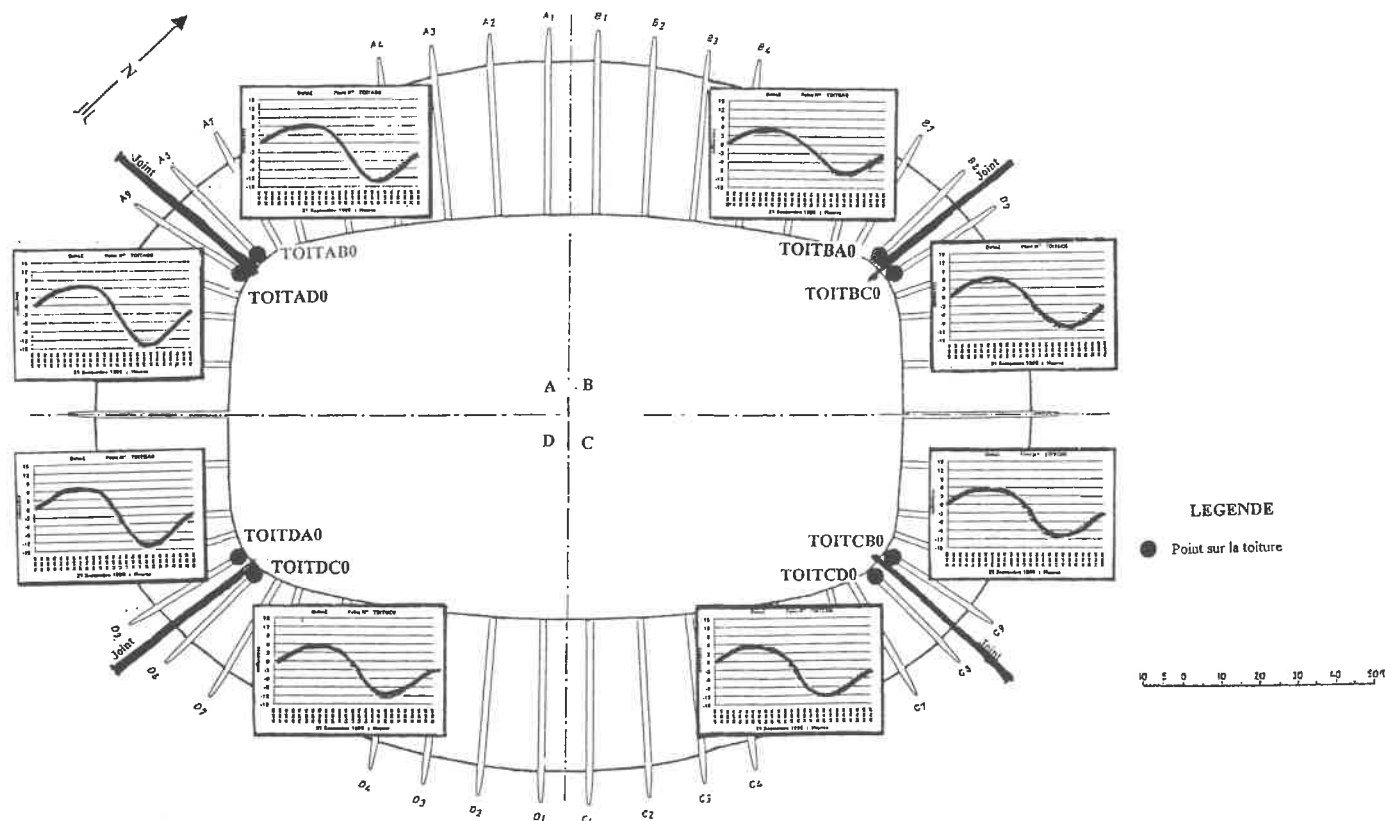
DEUX EXEMPLES DE MISE EN ŒUVRE

Les deux exemples sélectionnés non limitatifs représentent des applications typiques. Le premier est l'intégration des données cinématiques ponctuelles provenant d'un vidéo théodolite pour le suivi régulier d'un édifice, dans un but principalement technique. Le second correspond à un suivi continu sécuritaire et technique d'un site.

PARC DES PRINCES À PARIS

Le Leica TM3000VD a été retenu de 1994 à 1996 pour réaliser l'étude du comportement global de la coque naturellement et durant un match, dans le cadre des contrôles systématiques de l'ouvrage et de la réhabilitation de l'édifice pour la coupe du Monde 1998. La première intervention de 1994, menée avec des participation de la mairie de Paris, de l'IGN et de Leica France, a également permis de comparer les données par GPS, inclinomètre et vidéo théodolite.

Les interventions de 1995 et 1996 répondaient à des demandes spécifiques des bureaux de contrôle.



Déplacement journalier des points en Z. Le 21 septembre 1995

1994 : Étude globale et tests méthodologiques

Le comportement de la coque selon thermique, spectateurs, et la comparaison GPS, inclinomètre, vidéo théodolite a représenté en 72 heures, 10 000 mesures au vidéo théodolite sur 20 points, 6 000 mesures inclinométriques sur 1 point, et 600 heures de mesures GPS sur 6 points, et permis la réalisation des études comparatives puis l'édition de résultats graphiques inaccessibles par méthodes traditionnelles.

L'expérience a permis de quantifier les déformations de la structure par rapport aux températures avec un

écart-type de $\pm 0,5$ mm, et d'estimer la complémentarité des différents moyens testés.

L'inclinomètre a servi de référence dans les mesures relatives et a enregistré l'impact des spectateurs grâce à son extrême sensibilité.

Le vidéo théodolite a fourni les informations générales sur le comportement de la structure grâce à sa précision et un nombre de prismes suffisants pouvant être répartis sur celle-ci.

Le GPS ayant quantifié les positions limites était trop peu précis pour déceler les mouvements fins. Cette expérience a cependant permis de l'évaluer pour d'autres types d'applications.

1995-96 : Études spécifiques

À la suite de la campagne précédente, des études complémentaires ont été menées par le seul vidéo théodolite, en particulier pour l'étude des mécanismes au niveau des joints de dilatation (exemple) et en différents points particuliers de l'édifice.

Commentaires

Ces campagnes courtes ont fourni des résultats parfaitement adaptés pour les études de déformations et jusqu'à présent inaccessibles dans des conditions raisonnables par les autres méthodes. En revanche, les méthodes traditionnelles sont restées indispensables pour les contrôles à long terme et le calage absolu des mesures relatives.

Pour le gestionnaire l'intérêt réside dans la disponibilité de résultats beaucoup plus riches d'enseignements pour des budgets de surveillance globaux identiques ou inférieurs à terme.

STATION D'ÉPURATION DE COLOMBES

Ce chantier de construction d'une station d'épuration à Colombes, relativement technique, est réalisé en bordure de Seine dans un trou de 100 x 250 m environ et 15 m de profondeur, cerné par une paroi moulée, et comprenant jusqu'à 500 ouvriers.

Un TM3000VD a été mis en place en continu fin 1995 24h/24 et 7j/7 pour des besoins de diagnostic et de sécurité, du fait de particularités dues à cette paroi moulée. Ce système a ensuite évolué et a été pérennisé pour la phrase chantier, parmi les procédures de suivi des interventions sur la paroi moulée, et sécuritaires du chantier.

Une évolution permanente a été réalisée du fait de l'avancement du chantier et de l'apparition de masques, avec introduction d'un second instrument et des déplacements tour à tour des stations ou de points de contrôles.

L'écart-type d'une mesure isolée varie de 0,2 à 1,0 mm, fonction de l'éloignement des prismes de 20 à 300 m. Les résultats réels en fonction du temps sont plus précis à court terme du fait de la répétitivité et restent d'ordre millimétrique sur le long terme. Ils ne sont plus le fait des mesures mais de la stabilité réelle de l'ensemble des points d'appui du site et de la capacité à en tenir compte avec les programmes de calculs.

Caractéristiques principales :

- Contrôle horaire 24h/24, 7j/7, des parois moulées et des berges de la Seine
- 1 puis 2 théodolites Leica TM3000VD pour 40 à 50 points depuis octobre 1995
- Logiciels de pilotage et calculs Leica APSWIN
- Systèmes d'exploitation et d'alerte automatique développés à l'IGN
- Résultats bruts disponibles dès la fin de chaque cycle
- Pilotage et traitements par modems à partir des bureaux IGN
- Alertes et fax automatiques pouvant être activés
- Rapports de synthèse hebdomadaires et mensuels

Commentaires

Les mesures continues de haute précision ont permis de maintenir l'avancement du chantier, en apportant une

connaissance sur la stabilité des parois et leur comportement face aux variations de températures. Ceci était possible du fait de la finesse des mesures, confirmée par la cohérence des résultats sur des parois perpendiculaires et opposées, et la mise en place d'auto contrôles.

Elle s'est révélée d'une bonne souplesse d'évolution du fait que seule la station nécessite des branchements électriques et téléphoniques.

Ce type d'intervention correspond à un service comprenant ses aspects techniques et sécuritaires.

Bravo aux deux TM3000VD de Leica qui sont exposés aux intempéries, (avec une simple protection contre la pluie), sans aucune panne depuis leur mise en place.

Une comparaison sur ce chantier entre TM3000VD et TCA1800 a également montré les qualités de ce dernier, plus simple et adapté à de nombreuses applications de contrôles, mais le premier, extrêmement précis, restera la référence pour les diagnostics fins.

Sur le plan économique, le coût de telles prestations avec des équipes topo traditionnelles les moins chères n'est même pas envisageable.

CONCLUSION

Les théodolites robotisés ouvrent, pour des prix compétitifs par rapport aux solutions alternatives, de larges perspectives aussi bien dans les domaines de construction, de contrôles, et l'industrie :

- entre les positionnements de type GPS et les données des capteurs ponctuels
- seuls ou en complément de capteurs divers
- en déterminant des modèles de comportement réels
- par leur souplesse de mise en œuvre.

Ils apportent les éléments suivants aux destinataires des résultats :

- Connaissance des déformations, globalement et précisément
- Réponse à l'automatisation des méthodes
- Raccourcissement des délais de diagnostic

Aujourd'hui, l'intérêt pour ces instruments est là et les prochaines années seront certainement celles de leur démocratisation, tant pour les applications courantes que précises.

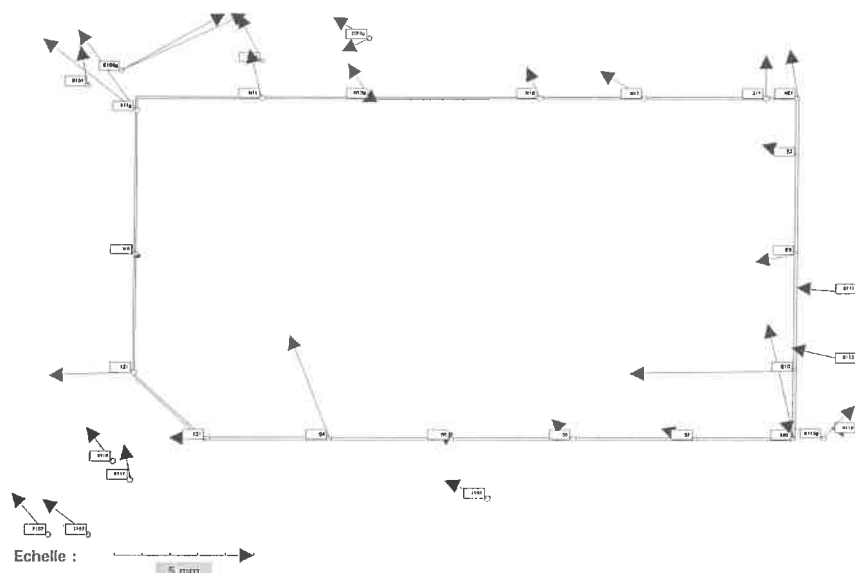


Schéma des déplacements absolus. Depuis le 27/03/1996

**cachan
estp**

**XXème
colloque
A.F.T.**

nov. 96



applications de la topographie moderne aux travaux publics

système de guidage altimétrique par laser

Jean-Pierre Cosnier (laser Consult)

Les sociétés TOPO LASER SYSTEM et LASER CONSULT nées en 1992 à Orléans sont issues des ETS COSNIER J Pierre créées en 1983 qui commercialisent des appareils de contrôle laser pour le bâtiment et les travaux publics.

Du système laser simple pour le bâtiment en réglage horizontal ou vertical, passant par les canalisations ou le guidage d'engins agricoles il nous est apparu évident d'appliquer le concept du réglage laser à la construction routière.

Les missions de la société Laser Consult sont :

- Mieux connaître les travaux à réaliser : Étude, réalisation et suivi des projets routiers afin d'optimiser les tâches de réglage des fonds de forme et rationaliser au maximum leurs approvisionnements en matériaux.

- Former les utilisateurs pour qu'ils adoptent le réglage au laser dans leurs méthodes de travail.

- Rechercher et développer des produits tels que logiciel, capteurs, automatisme, afin de simplifier l'utilisation de ces systèmes.

- De trouver des partenaires Entreprises, Maîtres d'œuvre, Industriels, formant la chaîne de la construction routière.

- Offrir un support technique à la société Topo Laser Système, qui distribue les produits Spectra Physics.



LE GUIDAGE LASER

Depuis quelques années, la technologie du laser est parfaitement adaptée au guidage automatique d'engin en nivellement. En effet il suffit de placer un émetteur laser rotatif double pente et de placer des capteurs sur un engin pour visualiser en temps réel la référence laser. Le pilote peut ainsi connaître sa position et ajuster, soit manuellement soit automatiquement, l'outil de travail (lame, godet ou table de finisseur, etc.).

Cette technique de guidage ayant fait ses preuves depuis quelques années pour la réalisation de plates-formes s'est vulgarisée auprès des entreprises de travaux publics de moyenne et grande importance.

La précision, la qualité de réglage des plates-formes, la rapidité de mise en place des matériaux sont autant d'arguments ne pouvant laisser les entreprises indifférentes.

L'utilisation du système laser (émission/réception) est plus ardue pour la réalisation de chantiers linéaires tels que les autoroutes, routes, TGV, grands parkings..., et la logistique devient indispensable.

L'emploi de l'informatique dans la construction nous a conduit à trouver les moyens de mieux faire passer les consignes de travail du bureau d'étude aux engins de chantier par le biais de l'ordinateur, et satisfaire aux exigences des projets, raccourcir la chaîne des interventions humaines éliminer les sources d'erreur.

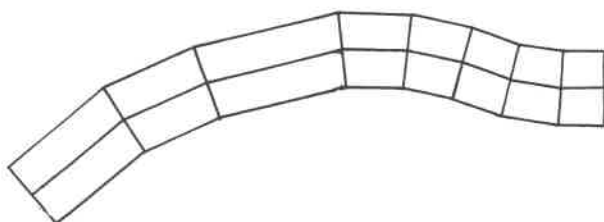
Au début des années 90, nous avons développé un logiciel informatique baptisé **Machine Control System** (MCS).

Ce logiciel, après récupération ou numérisation des données du projet, fournit aux chantiers la méthodologie d'exécution qui leur est propre. A savoir : nombre et localisation des sources émettrices et recommandation (longueurs, pentes, devers, hauteurs des capteurs) à appliquer sur le terrain pour le guidage assisté du matériel concerné.

Le logiciel MCS s'avère très efficace pour la réalisation de chantiers autoroutiers, routiers, TGV si la topographie du projet n'est pas trop tourmentée aussi bien en altimétrie qu'en planimétrie.

L'avantage du système MCS étant de supprimer le fil, dont on connaît les contraintes, de réduire le nombre de références, tout en conservant la précision et les avantages du guidage laser.

L'inconvénient du système MCS étant les portées lasers réduites lorsque les éléments du projet tels que cercles et clothoïdes en planimétrie et rampes en altimétrie sont calculés avec des rayons de courbures très petits.



PRINCIPE DU ROAD CONTROL SYSTEM (R.C.S.)

Le principe du **RCS** consiste à digitaliser un projet routier et le transformer en consigne numérique sur un automate ou Pilote automatique, lequel assurera les tâches fastidieuses du maintien de la meilleure trajectoire de l'outil de travail.

Le système est basé sur le principe d'utilisation du laser rotatif à doubles pentes et des capteurs de réception, solidaires de la machine.

Sur le chantier, une fois l'émetteur laser mis en place selon les paramètres prédéfinis par le logiciel et l'engin calibré pour la durée du chantier le système peut-être mis en fonction.

Au fur et à mesure de l'avancement de l'engin, le calculateur embarqué, ajuste la hauteur des capteurs lasers, solidaires de la table par rapport à l'écart entre le plan de référence et le projet à réaliser.

LE MATÉRIEL

Tout le matériel et ses accessoires, nécessaires à la bonne mise en œuvre du système **RCS** est de marque Spectra-Physics Laserplane, dont la fiabilité et la précision ont largement dépassé le monde des travaux publics, puisque devenu leader dans des secteurs comme l'armement, le matériel médical, la modélisation 3D...

1. ÉMISSION/CONTROLE la Référence laser

Émetteurs Laserplane double pentes type 1145
DéTECTEURS Laser Eye type 1175
Mires télescopiques type 1084-1 de 4.50 mètres.
RépÉTITEURS à distance type 1178
Verniers de rotations (placés entre l'émetteur et la tête de colonne pour la rotation lors de la mise en place de l'émetteur).
Têtes de trépied à colonnes pour le réglage en hauteur des appareils.
Tours/remorques.

2. RECEPTION MACHINE Visualisation de la référence

Système Blade-Pri (Spectre-Physics Laserplane)
Boîtier de contrôle RCS
Interface électromécanique
Kit de câblage
Mats électriques
Cellules de réception
Roue codeuse avec câblage
Kit Machine

3. SYSTÈME INFORMATIQUE Pilote automatique

Psion XP 32Ko ou Workabout
Bortier étanche de protection
Datapack 32Ko (Logiciel)
Flashpack 256 ko (Fichier)

ÉTUDE INFORMATISÉE DU CHANTIER

Le Road Control System étant dans une phase de développement, tous les fichiers nécessaires à la mise en œuvre du système **RCS** sont créés et étudiés par la division Recherche et développement LASER-CONSULT.

Dans une première phase, il nous est nécessaire de reprendre les données de calculs du projet en répartant des éléments de constructions planimétriques et altimétriques.

Interviennent également dans nos calculs différents paramètres tels que les variations de dévers, les variations de terre plein central, les points d'axe de rotations des dévers, les épaisseurs de couches.... Sont également pris en compte le type de machine à guider pour leur mode de déplacement, leur vitesse, et la largeur de la table. En effet sur certains chantiers une solution laser plus palpeur peut-être préférée à une solution à double réception laser.

Le calcul informatisé passe par trois phases essentielles.

- 1 - Saisie des éléments de construction planimétriques.
Calcul de la trajectoire en XYZ.
- 2 - Détermination des stations lasers et de leurs plans associés fonction de la topographie du projet ainsi que des possibilités de mise en place sur le chantier (Axe TPC Lignes blanches, déportés, bornes de polygonales...) :
- 3 - Chargement des consignes de pilotage à l'ordinateur de bord.

Un listing (papier ou disquette) sera édité pour l'implantation des stations lasers X, Y, Z, Abscisses.

Un carnet de réalisation permettra au topographe de contrôler derrière la machine le résultat obtenu à des largeurs prédéfinies par le maître d'œuvre.

MODE DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME

1. Mise en place des émetteurs lasers

En fonction des calculs, les stations lasers auront été implantées par avance par le topographe en X, Y et Z avec précision (environ 5 points au kilomètre sur autoroute).



1. Trois lasers rotatifs double pente placés sur remorques avec stabilisateur



2. Deux capteurs fixés sur des mats télescopiques électriques de chaque côté du screed.

Un listing de mise en place des lasers, indiquant les hauteurs, pentes, devers, permet d'effectuer les mises en stations par l'équipe chargée de l'opération.

L'émetteur laser est donc mis en place sur sa tour avec les paramètres précédemment définis en s'orientant à la fois sur la station suivante, et sur un troisième point pour être sûr de ne pas commettre d'erreur de sens de pente. (Un plan passe par trois points). Ces points sont contrôlés au moyen du détecteur 1175 fixé sur la mire télescopique.

Nous conseillons d'utiliser trois émissions laser de manière à ce qu'il y ait une en fonctionnement, une en attente et une en cours de déplacement.

2. Réglage et calibration de la réception laser

Le système embarqué a été conçu de manière à ce qu'il soit très simple à utiliser et qu'il ne devienne pas une contrainte de plus, mais simplement une aide à la conduite.

Au démarrage, il suffit d'indiquer au computer le nom du chantier et le sens progression de la machine.

3. Réalisation

La réalisation est complètement automatisée, puisque c'est l'ordinateur en communication permanente avec le BladePro, et la roue codeuse qui transmet les informations de mouvement à la table du finisseur. Les corrections sont effectuées tous les mètres.

Lorsque l'engin arrive à hauteur de la station laser suivante, le régleur allume celui-ci et éteint le précédent au moyen d'une radio-commande de manière à ce qu'il n'y ait aucune coupure ni arrêt de fonctionnement.

Une simple pression sur une touche de l'ordinateur permet de recalibrer l'abscisse dans le cas d'un décalage éventuel.

ROAD CONTROL SYSTEM

A. L'ÉMETTEUR (Photo 1)

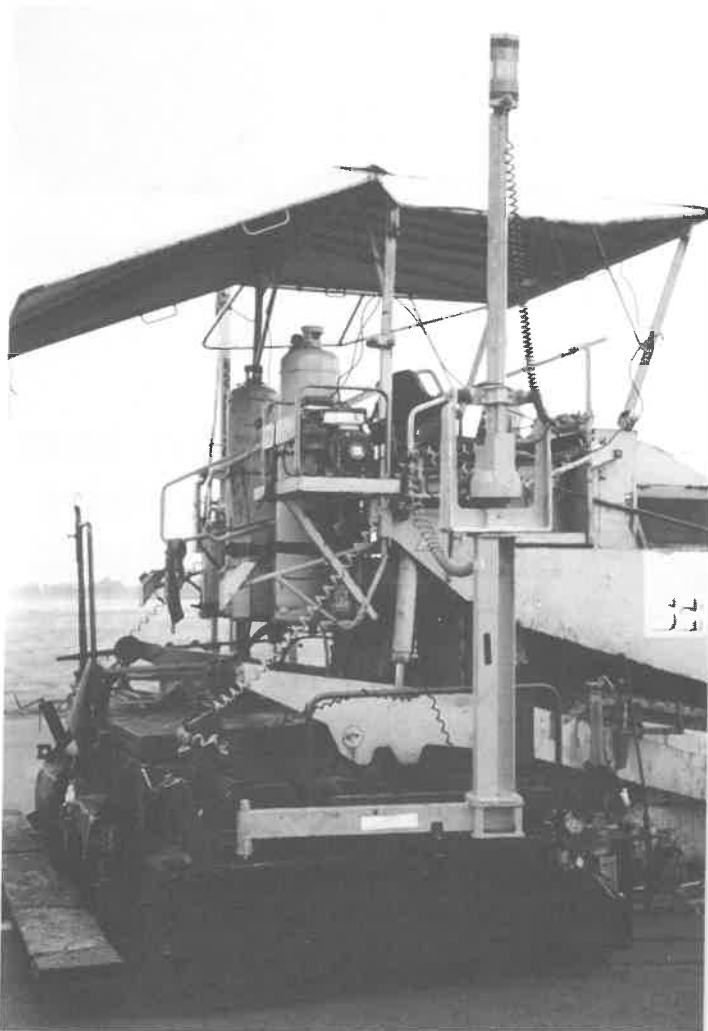
Il émet un faisceau laser qui tourne à une vitesse de 600 tours/minute créant ainsi un plan laser dont on peut faire varier :

- la hauteur, en déplaçant verticalement l'émetteur.
- l'inclinaison, en agissant sur la valeur de deux pentes perpendiculaires.

**B. RECEPTION MONTE SUR FINISSEUR**

- Une cellule réceptrice (Photo 2)
Elle permet de capter le rayon laser.
Elle est fixée sur un mat électrique qui peut se déplacer verticalement. Ce mat est solidaire de la table du finisseur
- Un boîtier de commande BLADE-PRO : (Photo 3)
Il commande de la cabine les électrovannes du FINISSEUR
- Un boîtier RCS avec micro-processeur PSION : Il permet de mémoriser le profil du chantier à réaliser et permet un pilotage automatique du boîtier BLADE-PRO
- Une roulette : (photo 4)
Elle enregistre l'avancement du finisseur.

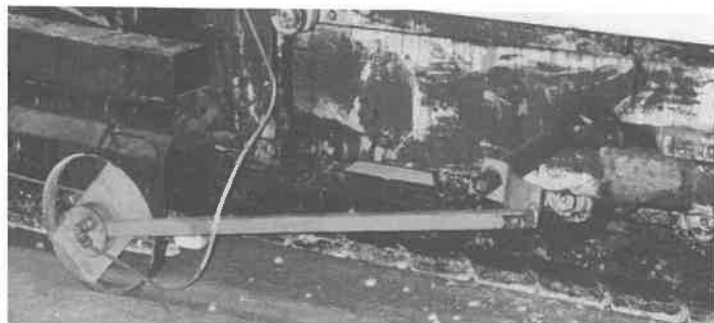
2



3



4

**C. LE DÉTECTEUR MANUEL (BIP-BIP)**

Placé sur une canne télescopique, il permet de détecter à quelle hauteur se trouve le rayon laser. Il possède des indicateurs sonores et lumineux.

**cachan
estp**

**XXème
colloque
A.F.T.**

nov. 96



applications de la topographie moderne aux travaux publics

la localisation temps-réel des machines de travaux publics une nouvelle branche de la topographie

*François Peyret. Ingénieur ESMA.
Chef de la Section Robotique de Chantier.
LCPC de Nantes*

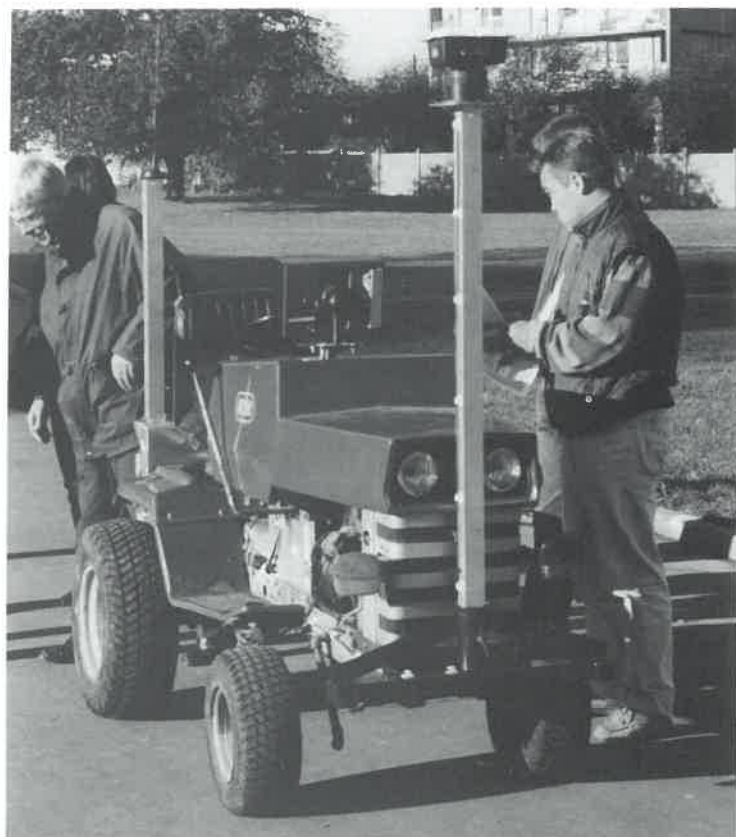
Résumé

L'article rappelle d'abord la signification du terme « localisation » dans le contexte des Travaux Publics et énumère les principaux domaines d'application. Il insiste particulièrement sur les systèmes à base de satellites, tels la « Global Positioning System » (GPS), qui présentent des caractéristiques remarquables les rendant particulièrement bien adaptés aux grands chantiers linéaires.

Plus précisément, dans le domaine des chantiers de construction de routes, l'article explique pourquoi l'utilisation de tels systèmes de localisation ouvre la porte à l'application du concept de « construction intégrée ». Dans cette nouvelle méthodologie, des bases de données géométriques communes peuvent être partagées entre les acteurs de la conception, de la construction et du contrôle, réduisant ainsi considérablement les risques d'erreurs humaines.

Quelques développements en cours sont ensuite cités, en particulier ceux qui sont menés au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), pionnier de ce nouveau domaine de recherche.

Mots clés : Travaux publics, chantiers, localisation, temps réel, automatisation, aide à la conduite CAO, GPS.



1. LA FONCTION LOCALISATION DANS LES TRAVAUX PUBLICS

Le terme « localisation », tel qu'il est utilisé dans cet article, doit s'entendre au sens de mesure en *temps réel* d'un ou plusieurs paramètres de position d'un *engin mobile* ou de son *outil*.

On appelle « paramètre de position » un des six paramètres permettant de définir la position d'un repère mobile par rapport à un repère de référence. Ces six paramètres sont : les trois coordonnées (X, Y, Z) de l'origine du repère mobile et les trois angles d'attitude (lacet, roulis, tangage).

La notion de temps réel signifie que cette information doit être disponible, sous la forme d'un signal, au moment et à l'endroit où le travail est exécuté, et non pas à posteriori.

Tout acte de construction fait intervenir la fonction « localisation », à un certain niveau d'exigence et de précision. La raison en est simple : tout ouvrage est un objet tridimensionnel qui doit être construit à une position donnée, en respectant une géométrie imposée par le bureau d'études. La maîtrise de la position a donc comme enjeu principal la *qualité* de l'ouvrage réalisé.

Dans le domaine des travaux publics, une machine de construction est l'analogue d'un outil de machine-outil, façonnant l'environnement comme la fraise façonne le métal. De même que la fraise, la machine de construction a besoin d'informations de position, le niveau du terrain ou de la couche de chaussée résultant du travail de son outil n'étant pas le même en tout point du chantier [1].

Pratiquement tous les types de chantier de construction sont concernés : terrassements, bâtiments, ouvrages d'art, voies ferrées, routes, aérodromes, etc.

À partir de cette analogie, il est facile de comprendre que l'apport principal de la localisation est la possibilité d'utiliser *un référentiel commun à tous les intervenants*, depuis le bureau d'études jusqu'au bureau de contrôle, en passant par tous les acteurs du chantier.

La localisation est donc une fonction fondamentale pour les travaux publics, verrou technologique pour toutes les actions d'automatisation.

Un opérateur travaillant avec une machine munie d'un système de localisation peut à tout moment se référer à une consigne de travail, établie dans ce référentiel commun. Cette consigne est immatérielle mais pérenne et stable tout au long de la vie du chantier. À partir de cette consigne et de la position réelle de l'outil, toutes sortes de systèmes d'automatisation ou d'aide à la conduite peuvent être imaginés [2]. Les écarts entre consigne et mesure servent d'entrées aux systèmes de commande en temps réel mais peuvent également être enregistrés en tant qu'éléments de contrôle à posteriori.

2. LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE LOCALISATION

2.1. Localisation à l'estime et localisation absolue

Deux grandes familles de méthodes peuvent être identifiées pour localiser un mobile sur un chantier [3] :

- les méthodes de localisation dite « à l'estime », où l'on détermine la position courante par intégration de déplacements orientés successifs depuis la position de départ,

- les méthodes de localisation dite « absolue », où l'on détermine la position courante par des mesures utilisant des repères (ou balises), installées sur des positions connues. Ces balises sont généralement situées dans l'environnement proche de l'engin (à des distances de quelques mètres à quelques kilomètres), sauf dans le cas exceptionnel où celles-ci sont des satellites artificiels en orbite autour de la terre (système GPS).

2.2. Les systèmes de localisation à balises

Nous ne détaillerons dans la suite de cet article que les systèmes de localisation absolue, que nous appellerons systèmes « à balises ».

Ceux-ci offrent en effet deux avantages décisifs :

- ils sont les seuls à permettre l'établissement d'un repère commun à toutes les tâches, pérenne et accessible en permanence (à partir du moment où le système de balises est entretenu comme il se doit). Nous appellerons cette qualité la « cohérence temporelle » ;
- la dérive en précision des systèmes à l'estime les contraignent à se recalibrer à l'aide de systèmes à balises, ce qui rendent ces derniers incontournables.

Les facteurs discriminants des systèmes à balises sont :

- la nature des balises (actives, semi-actives ou passives),
- le type et le nombre de grandeurs géométriques mesurées (angles ou/et distances),
- la nature de l'onde servant de vecteur à la mesure (lumineuse ou hyper-fréquence).

La combinaison des différents facteurs discriminants permet d'envisager de multiples configurations, qui sont pour la plupart réalisables physiquement.

Parmi les récents systèmes particulièrement intéressants pour les travaux publics, outre le GPS auquel nous consacrerons le chapitre suivant, nous pouvons citer :

- *les stations totales motorisées*, versions évoluées de l'instrument maintenant classique des géomètres, pouvant asservir leur visée sur une cible en mouvement (prisme) et délivrer ainsi en temps réel les trois coordonnées X, Y, Z de la cible ;
- les systèmes de triangulation optique plane, tel CAPSYTM distribué par Spectra-Physics, qui délivrent les coordonnées planimétriques X, Y du mobile sur lequel ils sont installés, ainsi que l'angle de cap (ou le « lacet ») ;
- *les systèmes de triangulation optique à trois dimensions*, versions évoluées des précédents, permettant de délivrer les six degrés de liberté du mobile (systèmes prometteurs mais n'existant actuellement qu'à l'état de prototypes).

3. Le GPS (Global Positioning System)

3.1. Rappels

Parmi les nouvelles techniques de localisation les plus prometteuses, le GPS (Global Positioning System) tient la vedette [4].

Beaucoup de choses ont été dites et écrites sur ses performances, ce qui entraîne dans l'esprit du lecteur non averti une grande confusion, compte tenu des innombrables configurations et modes d'utilisation qui existent et ne cessent de se développer.

La figure 1, extraite d'un document de la Sagem, récapitule les principaux modes, leur précision et leur domaine d'application privilégié.

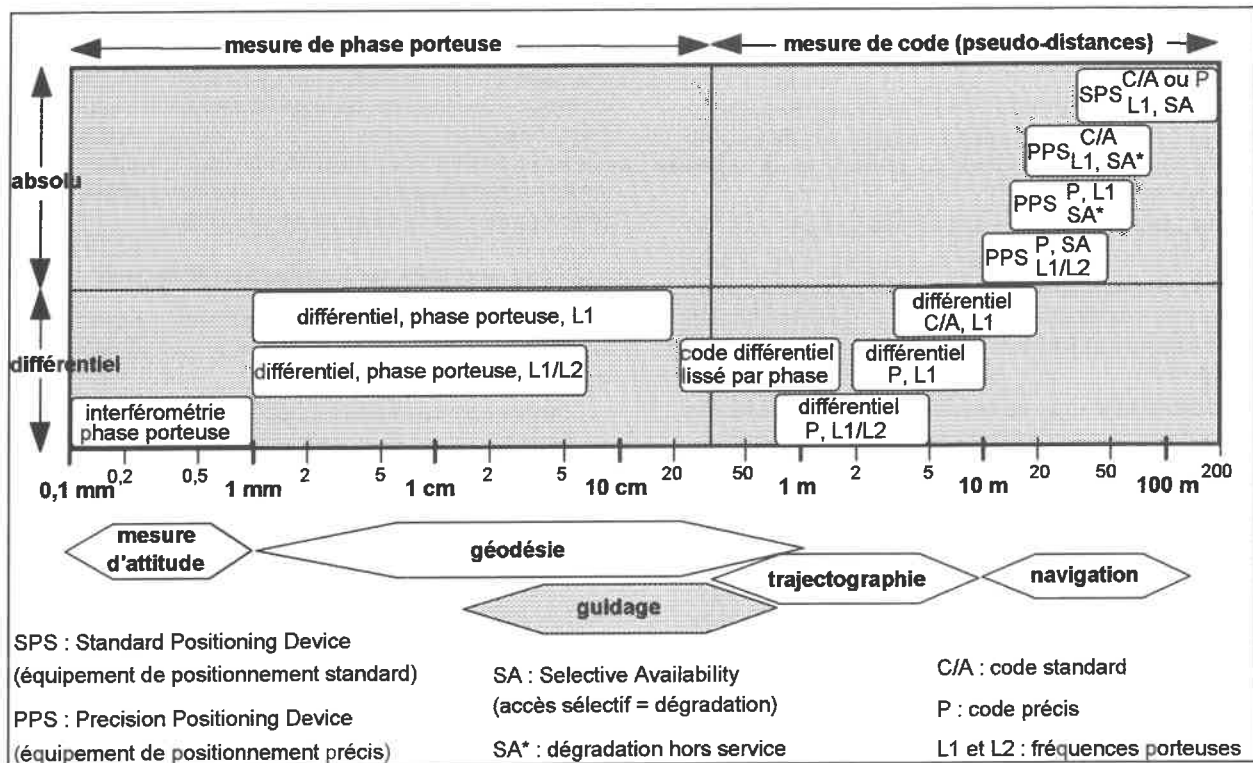


Fig. 1 : Modes d'utilisation et domaines d'application du GPS

3.2. L'utilisation du GPS en localisation/guidage d'engins de chantier

Les modes qui nous intéressent sont ceux qui peuvent fonctionner en *temps réel* et qui fournissent une *précision centimétrique ou décimétrique*. Ceux-ci correspondent à l'utilisation en temps réel des modes « différentiel, phase porteuse » situés dans le quadrant inférieur gauche de la figure. Ce mode est appelé « RTK » pour « Real Time Kinematic ». Les premiers produits datent de 1994.

Les algorithmes de traitement « RTK » font actuellement l'objet d'importants travaux de recherche et développement chez les principaux industriels du domaine (Ashtech, SerCEL, Leica, Trimble, Geotronics, Novatel...).

La mise en œuvre d'un système de ce type nécessite la configuration suivante :

- un récepteur de référence à poste fixe, communiquant par voie hertzienne ses mesures de phase au récepteur mobile,
- un récepteur mobile installé sur le point à localiser, relié à un microcalculateur chargé d'effectuer les traitements temps réel.

Le problème technique majeur à résoudre dans ce mode d'utilisation est le *levé des ambiguïtés de phase* pour le recalage des mesures en cas de perte momentanée des signaux (il faut recevoir *en permanence* au moins cinq satellites). Les meilleurs systèmes actuels nécessitent au moins une minute avant de retrouver « au vol » la pleine précision en cas de masquage total des satellites. Ceci imposera la mise en place de systèmes « relais » lors du franchissement des ouvrages d'art par exemple.

De plus, pour les travaux précis de type répandage des dernières couches de chaussées, la précision centi-

métrique actuelle (*écart type* - suivant les produits - de 10 mm à 30 mm en X, Y et Z) peut ne pas être suffisante pour un contrôle très fin de l'altitude.

3.3. Intérêts et inconvénients du GPS

Ses principaux intérêts sont les suivants :

- La « *cohérence spatiale* », c'est-à-dire l'existence d'une liaison structurelle entre les trois coordonnées X, Y, Z qui sont calculées en bloc dans un référentiel par nature tridimensionnel (référentiel géodésique spatial).
- La « *cohérence temporelle* », c'est-à-dire la pérennité du référentiel utilisé qui permet de garantir la reproductibilité des mesures, aux erreurs intrinsèques du système près.
- L'*universalité* du système, qui utilise un référentiel global, donc commun à tous les intervenants, quelles que soient leur nationalité et leur culture, pour exprimer et traiter les grandeurs géométriques mesurables.

Un certain nombre d'inconvénients existent néanmoins et ne doivent pas être ignorés :

- Le système, par principe, est *inopérant dans les environnements fermés* ou semi-fermés.
- Les *mesures fines de niveaux* sont délicates compte tenu de la définition non gravimétrique de la verticale et des hauteurs (mesurées par rapport à un ellipsoïde conventionnel et non par rapport au géoïde -surface équipotentielle de gravité-).
- Compte tenu de son principe de base, il est recommandé de posséder un minimum de *culture en géodésie* pour une utilisation optimale.
- Le maître d'ouvrage du système étant le Ministère de la Défense des USA, il existe une *dépendance politique* des utilisateurs, absolument pas sensible pour les applications terrestres civiles mais néanmoins réelle.

4. LE CONCEPT DE CONSTRUCTION DES ROUTES INTÉGRÉE

4.1. Principe

Les outils de localisation possédant cohérence spatiale et cohérence temporelle sont aptes à remplir le rôle de passerelle entre toutes les phases du chantier en mettant à la disposition des intervenants un référentiel commun, fiable et pérenne. On peut alors commencer à parler de « construction intégrée par ordinateur », comme on parle, maintenant depuis longtemps, de « fabrication intégrée par ordinateur » pour l'industrie manufacturière [5].

Le domaine des grands ouvrages linéaires tels que les infrastructures routières se prête particulièrement bien à l'application de ce concept pour plusieurs raisons :

- l'environnement généralement dégagé du chantier facilite l'utilisation du système GPS, jouant en l'occurrence un rôle attractif non négligeable,
- Les plans de tous les ouvrages neufs existent maintenant systématiquement sous forme numérique,
- la plupart des grandes entreprises Françaises et Européennes sont de plus en plus sensibilisées à l'intérêt de ce concept et motivées pour participer activement à son développement [6].

L'application de ce concept peut prendre différentes formes, suivant la nature des informations géométriques traitées et le mode d'action.

Schématiquement, pour un engin de chantier constitué d'un tracteur et d'un outil, on peut s'intéresser à deux types de données :

- les données relatives à la position en plan du tracteur (faire la route où elle doit être faite),
- les données relatives à la position dans l'espace de l'outil de travail (faire la route en respectant les épaisseurs et les pentes de consigne).

Pratiquement tous les paramètres de localisation sont couplés et la position dans l'espace de l'outil permet de solutionner tous les problèmes. Néanmoins, dans une démarche pas à pas d'automatisation progressive, il peut

être intéressant d'appliquer un traitement de nature différente au contrôle de la position du tracteur et à celui de l'outil : aide à la conduite ou contrôle automatique.

4.2. Exemple

À titre d'exemple, les figures 2 et 3 schématisent comment sont exécutés traditionnellement les travaux de répandage des couches de fondation routières et comment on peut envisager de travailler en utilisant ce nouveau concept.

Dans le premier cas, toutes les informations numériques relatives au projet se trouvent réduites, pour les opérateurs de la machine, à l'état de piquets de bois et de fils d'acier tendus qui servent de référence matérielle. Généralement un opérateur est responsable de la trajectoire de la machine (« chauffeur ») est un deuxième de la bonne position de l'outil (« régleur »). Le régleur est secondé dans certains cas par des dispositifs d'asservissement utilisant des « palpeurs-suiveurs » électromécaniques.

Dans le deuxième cas, la consigne est transmise à la machine sous une forme numérique, à partir de l'exploitation directe des fichiers de CAO, et l'écart par rapport à la consigne est élaboré en utilisant un système de localisation temps réel embarqué sur l'outil. Un seul opérateur est nécessaire, celui-ci pouvant garder à sa charge la conduite manuelle de l'engin, aidé par une interface d'aide à la conduite. Un système de commande automatique de la position de l'outil se chargeant, comme dans le cas précédent, de respecter les consignes de niveau et de dévers.

Le travail du géomètre s'en trouvera profondément modifié. Son rôle ne se limitera pas à la seule implantation des références, mais s'étendra à la maintenance de tout le dispositif de localisation, en étroite collaboration avec l'entreprise. Son rôle, en tant que garant de la qualité des informations exploitées sera absolument primordial.

Il est évident que la mise en œuvre de ce nouveau concept présuppose la meilleure coïncidence possible entre le référentiel géométrique dans lequel a été élaboré le projet et celui que le système de localisation utilise sur le chantier.

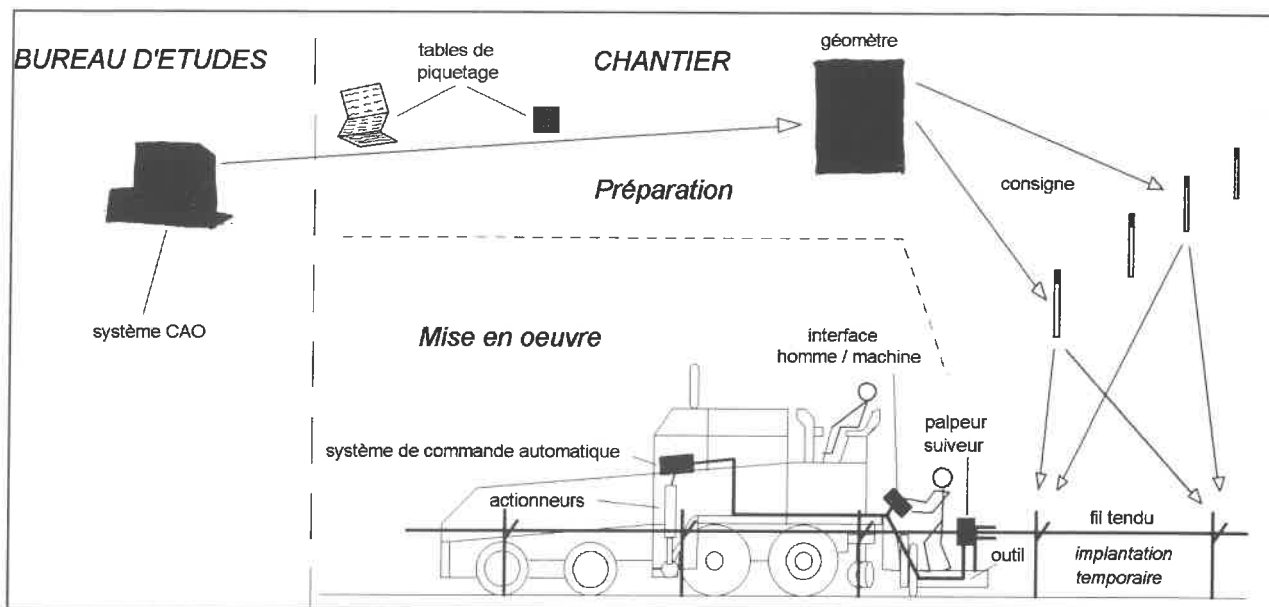


Fig. 2 : Répandage par méthode traditionnelle avec consigne matérielle

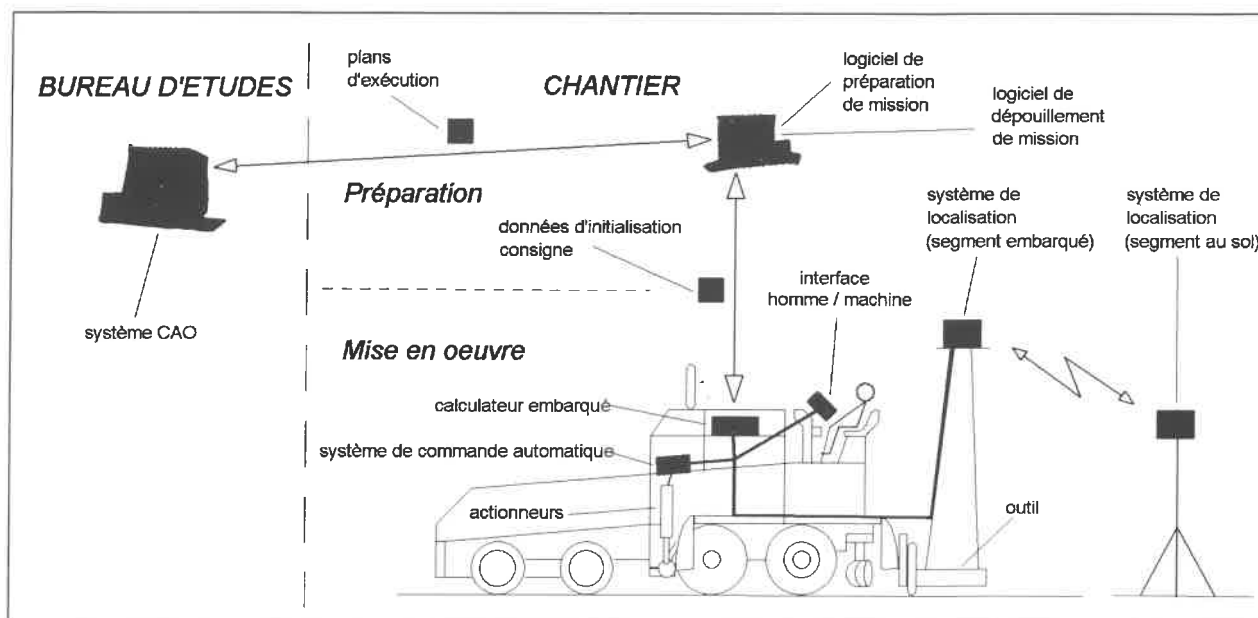


Fig. 3 : Répartition avec localisation temps réel et consigne immatérielle

5. LES PRINCIPAUX DÉVELOPPEMENTS EN COURS

5.1. Les premières expériences en Europe

Le concept d'exploitation en temps réel des données projet sur une machine de construction des routes est déjà mis en œuvre en Europe, sous différentes formes, depuis le début des années 1990 [7] :

- en Angleterre, par la société « John Kelly Lasers Ltd », sur des bulldozers, finisseurs, niveleuses, machines à coffrage glissant, machines de ballastage
- en France, en utilisant les mêmes technologies qu'outre-Manche, sur des fraiseuses ou des finisseurs, par la société « Laser Consult »,
- en Suède, par la société « Contractor Tools », essentiellement sur des finisseurs travaillant sur des pistes d'aérodromes.

Ces chantiers pilotes ont visiblement satisfait les maîtres d'ouvrages concernés, prouvant ainsi l'intérêt du concept, malgré leur côté encore artisanal et la mauvaise adéquation des technologies de positionnement utilisées. En effet, ni l'association d'un plan laser et d'une roue codeuse (Angleterre et France), ni une station totale de géomètre motorisée (Suède) ne remplissent les critères de cohérence spatiale et de cohérence temporelle requis. Ces outils n'ont pas été conçus pour cet usage, leur mise en œuvre nécessite encore trop d'opérations humaines, sources d'erreurs multiples.

Il faudra attendre la mise en œuvre de systèmes tels le GPS pour pouvoir atteindre un niveau d'automatisation suffisant pour garantir la qualité attendue.

5.2. Les recherches et développements menés au LCPC

Le LCPC s'est investi depuis maintenant sept années dans ce nouveau domaine de recherche appliquée, à la frontière entre le génie civil et la robotique mobile, visant

à introduire les technologies de l'automatisme aux processus de construction et d'entretien des routes.

Dans le domaine de la construction, ses efforts ont principalement porté sur 3 sujets :

- la *localisation*, avec en particulier l'évaluation fine, dans les conditions réelles de chantier, des systèmes de localisation sur un banc d'essai spécialement développé à cette intention,
- l'*application de la localisation à l'aide à la conduite des machines de « surfacage »* (ne nécessitant la connaissance que de leur position dans leur surface de roulement),
- l'*application de la localisation à l'automatisation des machines de « profilage »* (nécessitant la connaissance de la position dans l'espace de leur outil).

Le banc d'essai SESSYL (Station d'Études des Systèmes de Localisation) est présenté sur la figure 4 [8].

Il est opérationnel sur le site de Nantes du LCPC depuis mi-95.

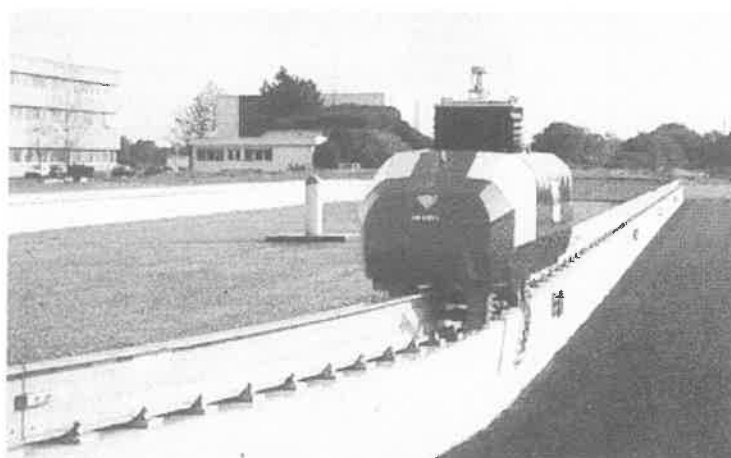


Fig. 4 : SESSYL effectuant un essai sur un récepteur GPS

Son principe de fonctionnement consiste à faire décrire au système en essai une trajectoire programmable et parfaitement connue. À cet effet, le système est embarqué sur un chariot circulant sur un rail métallique et muni d'une plate-forme motorisée trois axes. La comparaison entre la trajectoire réelle et la trajectoire mesurée par le système renseigne sur la qualité de celui-ci.

Les courses et les précisions disponibles sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Degré de liberté	X	Y	Z	lacet	roulis	tangage
Course	81 m	16 m	300 mm	360°	±6°	±6°
Précision	< ±1 cm	< ±1 cm	< ±2 mm	< ±0,1°	< ±0,05°	< ±0,05°

Dans le cadre du deuxième sujet, un prototype de système d'aide à la conduite, dénommé « Matériel d'Aide à la Conduite pour Compacteurs » (MACC), a été développé par le Centre d'Expérimentations Routières depuis 1992 [9]. Le procédé a fait l'objet d'un dépôt de brevet par le LCPC en août 1995.

Le processus de compactage est ainsi le premier sur lequel le concept de construction des routes intégrée a été appliquée en utilisant un système GPS.

À partir d'une localisation temps réel par un système GPS différentiel de précision centimétrique, il offre au conducteur un certain nombre d'indications sur un écran embarqué lui permettant de maîtriser parfaitement sa trajectoire. Celui-ci peut ainsi savoir exactement où et combien de fois il est passé avec sa machine et garantir ainsi le respect de son « plan de balayage », synonyme de qualité dans le cas présent.

Un exemple d'affichage est présenté sur la figure 5.

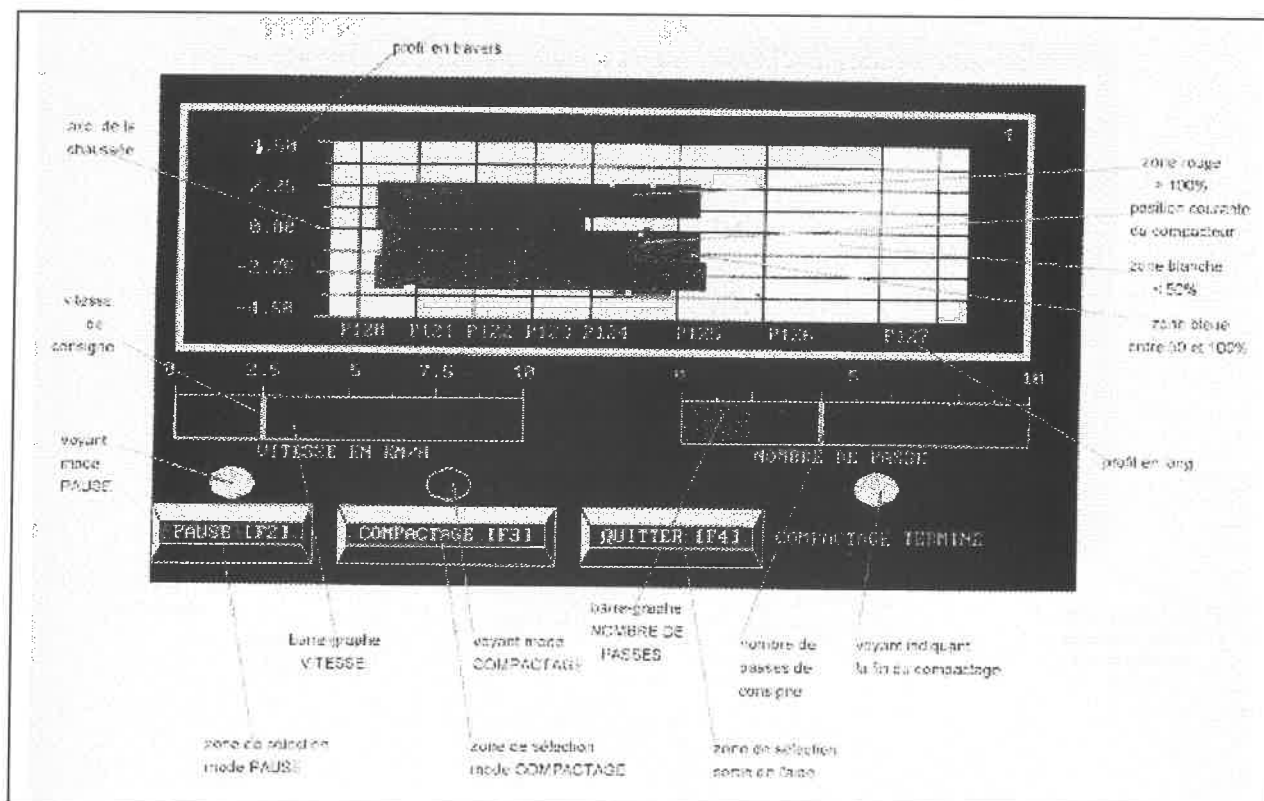


Fig. 5 : L'écran d'aide à la conduite du système MACC

Le système a été évalué l'été dernier sur un chantier expérimental, en collaboration avec l'entreprise routière Cochery Bourdin Chaussé et a donné entière satisfaction à l'entreprise comme au maître d'ouvrage.

Le troisième sujet est moins avancé d'un point de vue réalisation matérielle. Il a cependant fait l'objet de plusieurs années de recherche qui ont été synthétisées sous la forme d'un logiciel de simulation appelé SimuCIRC (CIRC signifie « Computer Integrated Road Construction »).

Ce logiciel constitue un environnement de recherche et de développement des différents modules qui constituent une application complète de construction des routes intégrée.

La figure 6 présente la fenêtre regroupant les commandes et la visualisation d'un engin de type finisseur en cours de répandage.

6. CONCLUSION

Un tournant fondamental s'amorce dans le milieu de la construction BTP, dû à la récente ou prochaine arrivée sur le marché de systèmes de localisation en temps réel.

Ces systèmes constituent la passerelle qui fait défaut sur les chantiers actuels entre les phrases d'études, très informatisées, et le chantier lui-même où toutes les données numériques disponibles se trouvent réduites à l'état de piquets en bois.

Il permettent d'envisager des méthodes de travail nouvelles, plus rapides et plus précises, et ouvrent la voie vers une automatisation intelligente des engins.

Le laboratoire Central des Ponts et Chaussées entend jouer un rôle majeur dans cette nouvelle mouvance, grâce en particulier à sa station d'études *SESSYL* et aux différents projets applicatifs qui ont été lancés à son initiative.

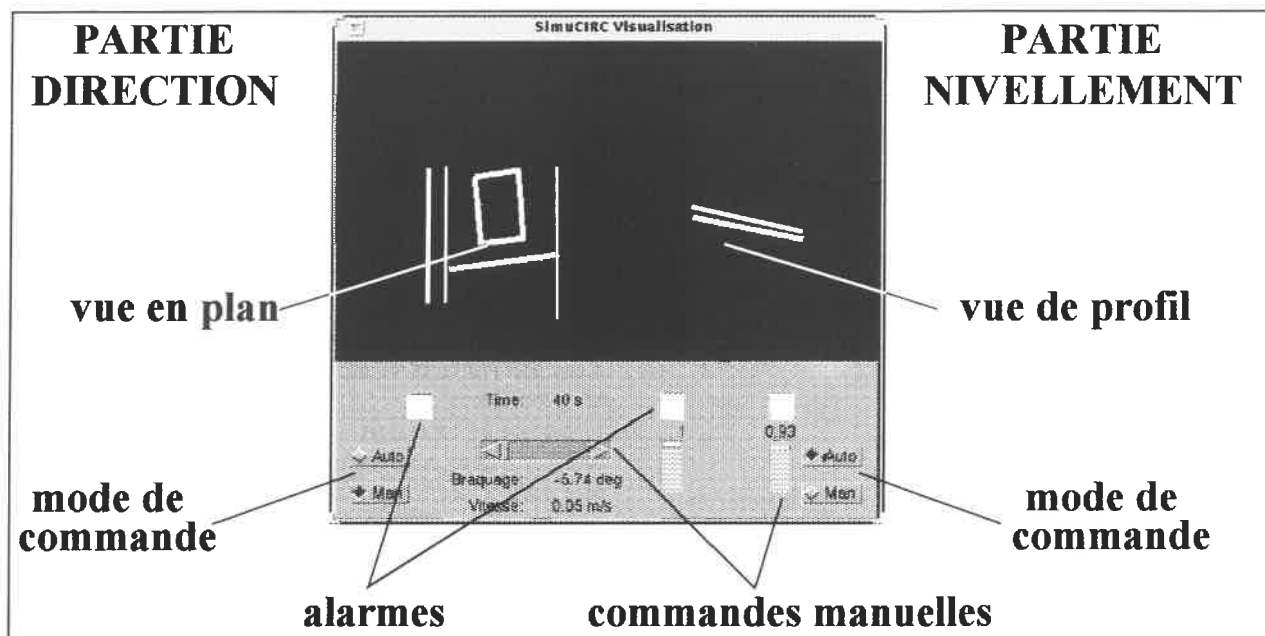


Fig. 6 : Fenêtre principale du simulateur SimuCIRC

7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Peyret F., Le Corre J.F.
La robotisation des engins de construction routière, d'abord se localiser
Route et Informatique, Paris, pp. 294-303, mars 1990.
- [2] Beliveau Y.J.
3-D positioning for construction surveying and automation
Construction Congress II., ASCE, Boston, Mass, pp. 656-661, April 1991
- [3] Fargeon C., Quin J.P.
Robotique Mobile
Ouvrage collectif, Teknea, Toulouse, pp. 75-85, 1993.
- [4] Botton S. et al.
GPS localisation et navigation
Ouvrage collectif, Hermès, Paris, 159 p., 1996
- [5] Peyret F., Philippe H.
Towards Computer Integrated Construction
9th ISARC, Tokyo, pp. 859-868, June 1992.
- [6] Le Gentil H., Martineau Y.
A 83 : une première dans le guidage automatique en nivellement des finisseurs
Revue Générale des Routes et Aérodrômes n° 713, 1993.
- [7] Berthomier A.M., Peyret F.
L'évolution des techniques de guidage des machines de répandage
Revue Générale des Routes et Aérodrômes n° 733, pp. 93-96, 1995.
- [8] Peyret F.
Sessyl : the study of the positioning systems for road construction robotic
12th ISARC, Warsaw, pp. 55-62, June 1994
- [9] Froumentin M., Peyret F.
An operator aiding system for compactors
13th ISARC, Tokyo, pp. 359-368, June 1995



BIENVENUE DANS LE MEILLEUR DES DEUX MONDES



LA TOPOGRAPHIE INTÉGRÉE est une réalité... un monde topographique dans lequel stations totales et systèmes GPS parlent le même langage... Le langage logique et facile à apprendre de Geodimeter®.

Aucune station totale ne peut surpasser un système GPS Geotracer System 2000 quand il s'agit d'établir des canevas de triangulation ou de polygonation. Ni même quand il s'agit d'implanter ou d'effectuer des levés de détails... tant que le terrain est dégagé et permet de capter au moins 4 satellites.

Aucun système GPS ne peut surpasser une station totale Geodimeter System 600 Robotique quand il s'agit d'implanter ou d'effectuer des levés de détails, quand la plus grande précision est requise, ou dans des zones urbaines ou boisées, dans des tunnels ou sous des ponts.

Imaginez alors l'impact sur votre chantier si vous mettez ces deux systèmes ensemble dans les mains de votre meilleure brigade, chaque système avec un seul opérateur donnant ce qu'il sait faire de mieux.

C'est facile, la Topographie Intégrée signifie que les deux systèmes utilisent le même système opératif, le même interface utilisateur, le même format de données, le même moyen d'enregistrement de données avec une carte PCMCIA. Maintenant, vous pouvez facilement transférer des données entre les deux systèmes pour une productivité maximum dans chaque situation.

Vous êtes intéressé ? Alors n'hésitez pas à nous contacter et nous organiserons pour vous une démonstration de la nouvelle réalité en matière de topographie.



Geotronics



GEOTRONICS S.A.
Groupe Spectra-Physics
ZA de Courtabœuf - BP 28
2, av. de Scandinavie - 91941 LES ULIS CEDEX
Téléphone : 01.69.18.63.63 - Télécopie : 01.69.18.63.60
Internet : <http://www.geotronics.se>

**cachan
estp**

**XXème
colloque
A.F.T.**

nov. 96



applications de la topographie moderne aux travaux publics

auscultation altimétrique du complexe groupe turbo-alternateur

EDF

Les auteurs topographes appartiennent au Centre National de l'Équipement de Production d'Électricité (CNEPE) dont nous avons édité un article dans notre dernier numéro sous la plume de J.L. Lubawy. (Métrologie Industrielle à EDF).

Fabrice Collin (GEC ALSTHOM). Jean-Marie Rameau (Génie Civil). Dominique Berhouet (mécanique).

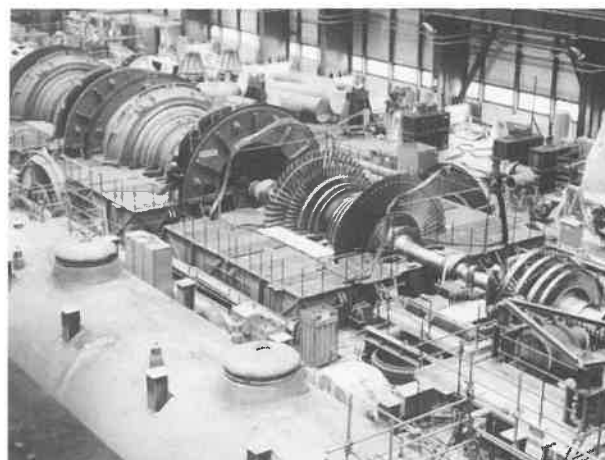
Topographie : Jean-Luc Lubawy. Patrick Levesque. Franck Papon. (CNEPE)

CP0 - CP1

Les groupes turbo alternateurs (GTA) des paliers CP0 et CP1, dans la continuité de ceux des paliers précédents, ont été conçus pour être soutenus par des structures classiques reposant sur des poteaux.

L'ensemble étant rendu solidaire, il est nécessaire en cas de variation d'une partie, d'intervenir mécaniquement pour régler la machine.

Par conséquent cette configuration nécessite dans le cas des paliers CP0 et CP1 un réglage mécanique délicat du G.T.A.



CP2 - P4 - P'4

Pour les paliers CP2, P4 et P'4, les GTA ont été conçus différemment en tenant compte du retour d'expérience des paliers CPO et CP1. Ils ont été fixés sur des boîtes de ressorts ce qui permet d'isoler des vibrations la structure support.

L'intérêt économique de cette méthode permettant un réglage direct du GTA, est évident : aussi là où il faut une intervention de plusieurs semaines pour les CPO et CP1, le calage des boîtes à ressort ne nécessite que trois jours environ.

Malheureusement, cette méthode est d'une utilisation limitée car elle n'a pas été prévue à l'origine et n'a donc pas été intégrée dans les calculs de dimensionnement.

Par conséquent cette configuration nécessite dans le cas des paliers CP2, P4 et P'4 un réglage mécanique simplifié du GTA mais une reprise (limitée) du Génie Civil.

N4

Aussi dès les premières réunions concernant la conception du GTA du palier N4, les constructeurs et chaque service concerné d'EDF avaient-ils à leur disposition un historique important concernant les différentes solutions possibles.

C'est ainsi, après que tous les acteurs aient accepté de mettre en commun leurs informations jalousement conservées, que la notion de complexe GTA est enfin née.

L'idée directrice a été, à partir du constat que chaque élément du GTA et de sa structure support étaient tributaires des variations de l'un et de l'autre, de profiter de la compétence et de l'expérience de tous les « anciens » ; grâce à la mise en commun des connaissances de chacun on a pu créer l'outil le mieux adapté. Un groupe travaille depuis quelques années sur ce sujet, c'est au suivi de cette démarche que nous convions notre cher lecteur !

En premier lieu l'adaptation du langage a été nécessaire pour la compréhension entre ces protagonistes si différents, les uns habitués au voisinage du micron et les autres à l'usage de la brique.

Dans un deuxième temps pour mieux cerner l'objectif à atteindre il était nécessaire de prendre en considération le besoin réel de chaque parti, en voici certains aspects :

• L'exploitation du G.T.A. ? Maintenance prédictive réglage

Pour l'exploitation du Groupe le Maître mot est la **DISPONIBILITÉ** de celui-ci, lié intimement à la notion de **DURÉE DE VIE**. Pour cette raison, il est nécessaire de diminuer le volume des interventions et de les programmer à l'avance de manière précise. Le besoin en exploitation est donc la Maintenance Prédictive du G.T.A avec Réglage Mécanique et/ou Génie Civil.

• La maintenance prédictive ?

Faire de la maintenance prédictive, c'est déterminer, **AVANT** l'arrêt programmé du groupe, les actions et les

investigations à réaliser pendant l'arrêt. Cet objectif est atteint par le **Constructeur du Groupe** qui détermine par calcul l'état du Groupe en fonctionnement à partir des mesures topographiques, réalisées à 100 % de puissance nominale, et de celles utilisées pour sa caractérisation. De ce fait, la maintenance prédictive du G.T.A nécessite son auscultation précise.

• Le réglage par le génie-civil du G.T.A ? De la mécanique de précision

La question posée au génie-civiliste est la suivante : en mettant un millimètre de cale sur un groupe de boîtes de ressorts quelle est la variation altimétrique induite au niveau de chaque palier ?

En regard des dimensions et de la masse de cet ensemble le modèle mathématique de résolution doit être très fin et la confirmation expérimentale obligatoire pour contrôler à tous les niveaux les hypothèses prises en considération lors de la conception. De ce fait, le réglage du G.T.A nécessite son auscultation précise.

• L'auscultation du G.T.A ? De la métrologie à grande échelle

Le **1/100 de mm** tel est l'objectif de précision impératif pour le nivellement de chaque point significatif du groupe. En regard des dimensions de la machine et du Génie-Civil ce challenge est réellement du domaine de l'horlogerie Suisse. De ce fait, l'auscultation impose le nivellement de très haute précision.

De cette analyse, il apparaît effectivement un passage obligé, un trait d'union, un étalon « or », c'est le nivellement de très haute précision.

LE NIVELLEMENT DE TRÈS HAUTE PRÉCISION

Pour maîtriser ou dompter cet étalon, il a fallu reprendre toutes (ou presque !!) les composantes de la métrologie. Un retour très instructif à la source de la civilisation Grecque experte en géométrie.

Un groupe de travail a été créé afin de mettre au point et expérimenter une nouvelle méthode d'auscultation du GTA N4. Trois unités de spécialistes ont pu apporter leur expérience dans un domaine : le S.E.P.T.E.N. pour le génie civil, l'entreprise GEC ALSTHOM pour la mécanique, et la Division Topographie du C.N.E.P.E. pour les observations et les calculs.

• Mise au point d'une nouvelle méthode d'auscultation

Les principaux changements apportés par la nouvelle méthode sont les suivants :

— Deux équipes font le même travail simultanément (une équipe GEC ALSTHOM et une équipe E.D.F C.N.E.P.E.) ; ce qui permet de mieux contrôler les observations,

— Trois différents types de points sont mesurés en altitude : les repères scellés dans le béton de la table, les paliers des accouplements et les axes des arbres. Cette diversité permet à la fois de contrôler le lignage de l'arbre et de s'assurer une redondance suffisamment importante au niveau des mesures,

— Pour chacun des types de points, une mire différente est employée. On dispose ainsi de six mires (trois pour chacune des équipes) possédant chacune des caractéristiques différentes.

— L'appareil permettant de faire les lectures est un niveau de haute précision Wild N3 ; l'opérateur estime le centième de millimètre grâce à lui.

• Étalonnage des instruments

L'utilisation des six mires différentes a conduit à la mise au point d'une méthode permettant de les étalonner les unes par rapport aux autres. Pour cela, un montage d'étalonnage a été spécialement conçu par GEC ALSTHOM permettant d'obtenir des valeurs relatives. On complète par un étalonnage absolu à l'aide d'un interféromètre laser permettant d'assurer la pérennité des valeurs.

• Réalisation d'un logiciel

Pour mieux maîtriser la saisie et le calcul des mesures une application informatique (appelée judicieusement TOPNIVO) a été spécialement développée pour traiter les données en temps réel. Elle est composée de deux parties :

— un carnet de terrain utilisé pour stocker les mesures et contrôler leur homogénéité,

— un logiciel de traitement sur ordinateur portable capable de calculer les altitudes de tous les points mesurés par application d'une méthode statistique utilisant le principe des moindres carrés.

Une imprimante associée à ce système donne la possibilité d'obtenir un rapport précis sur l'opération effectuée.

L'AVENIR

À très court terme

L'expérience décrite ci-dessus va être utilisée pour quantifier la mesure de nivellement en contexte industriel.

En effet, si la mesure réalisée dans des conditions normales est maintenant bien maîtrisée, en revanche, celle réalisée dans les conditions de fonctionnement d'un groupe est difficile à appréhender.

Les anciens savent que lorsque le niveau vibratoire est trop important, le mesure est très délicate voir impossible ; que lorsque l'atmosphère dans le champ de la visée est composé de flux thermiques différents, là aussi, la qualité de la lecture n'est pas bonne.

Comment transformer ce savoir intuitif, (souvent bien vérifié) en paramètres quantifiables permettant d'apprécier mieux la précision d'une mesure en exploitation ? Ce pari est celui fixé pour les prochains mois.

À moyen terme

Toutes ces connaissances seront utilisées pour atteindre l'objectif initial de **Maintenance prédictive** et pour quantifier la **vitesse de variation des évolutions** afin d'anticiper les interventions ce qui en réduira la durée et le coût et assurera une plus grande fiabilité du matériel.

À plus long terme

L'histoire fabuleuse des techniques et des hommes autour du COMPLEXE G.T.A. N4 sera utilisée pour les paliers antérieurs.

En effet si la technique de la machine est bien différente d'un palier à l'autre, la mesure est toujours présente sous tous les aspects que nous avons étudiés.

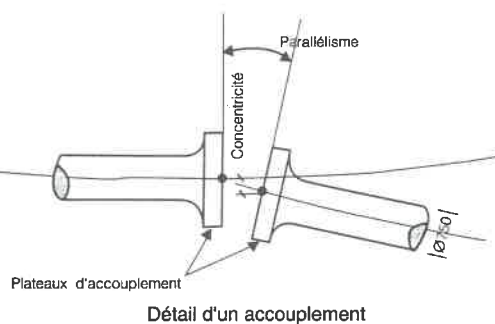
En conséquence un objectif logique est fixé, il est de faire profiter les Paliers CPO, CP1, CP2, P4, P'4 du retour d'expérience du Modèle N4.

LE LIGNAGE

C'est l'opération qui consiste à aligner les 5 pièces qui constituent la ligne d'arbres du G.T.A Modèle N4 : le rotor HMP, les 3 rotors BP et le rotor alternateur respectivement en appui sur deux paliers et rigidement assemblés au niveau des plateaux d'accouplement.

Pour assurer la durée de vie de ce matériel qui tourne à 1500 tr/mn (25 Hz) il est impératif de limiter ses contraintes mécaniques et en particulier celle de flexion alternée. Cette condition est assurée par le lignage parfait en terme de 1/100 de mn des rotors dans les conditions de fonctionnement.

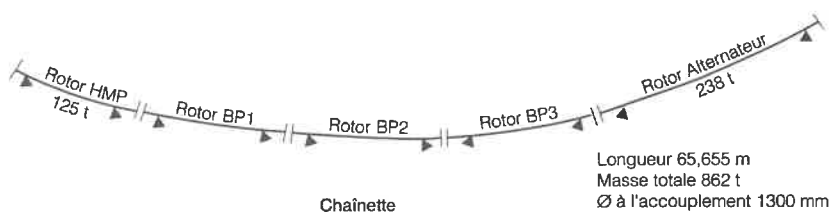
Deux rotors sont lignés lorsque les plateaux à l'accouplement sont parallèles et concentriques.

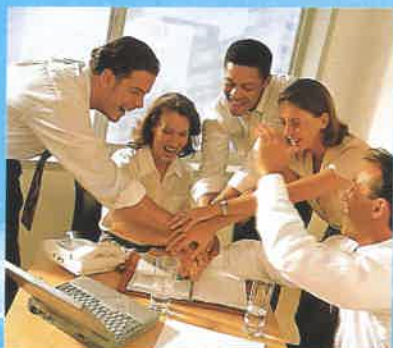


Pour que cette condition soit remplie il est nécessaire de tenir compte de la flexion naturelle de chaque rotor en réglant l'altimétrie de ses paliers.

Le **lignage** d'un G.T.A est donc l'opération qui consiste à assurer cette condition à tous les accouplements.

La forme géométrique de la ligne d'arbres correspondant à un lignage parfait est appelée : **chaînette de référence**.





Dorel

LE CHOIX SUR TOUTES LES GAMMES



*Les fournitures
pour bureau d'études.*



LES QUALIPRINT, consommables
pour imprimantes.



*La papeterie,
les fournitures de bureau.*

DANS L'UNIVERS DOREL
(BUREAUTIQUE,
INFORMATIQUE,
BUREAU D'ÉTUDES)
UNE RÈGLE D'OR : LE CHOIX.
CELUI QUI PERMET
DE TROUVER À COUP SÛR
TOUS LES PRODUITS
INDISPENSABLES
À LA VIE D'UNE
ENTREPRISE MODERNE.

TOUTES INFORMATIONS AU
01 48 50 23 23

SERVICE COMMERCIAL FRANCE ET EXPORT - DOREL : 34,36 rue Etienne Dolet, 93146 Bondy cedex

DEMANDE DE DOCUMENTATION

Mme, Mr

Entreprise Tél

Adresse

souhaite recevoir une documentation sur :

- ☐ Les fournitures pour bureau d'études.
- ☐ **LES QUALIPRINT**, consommables pour imprimantes.
- ☐ La papeterie, les fournitures de bureau.

profession - dans la profession - dans la

XXème colloque A.F.T.

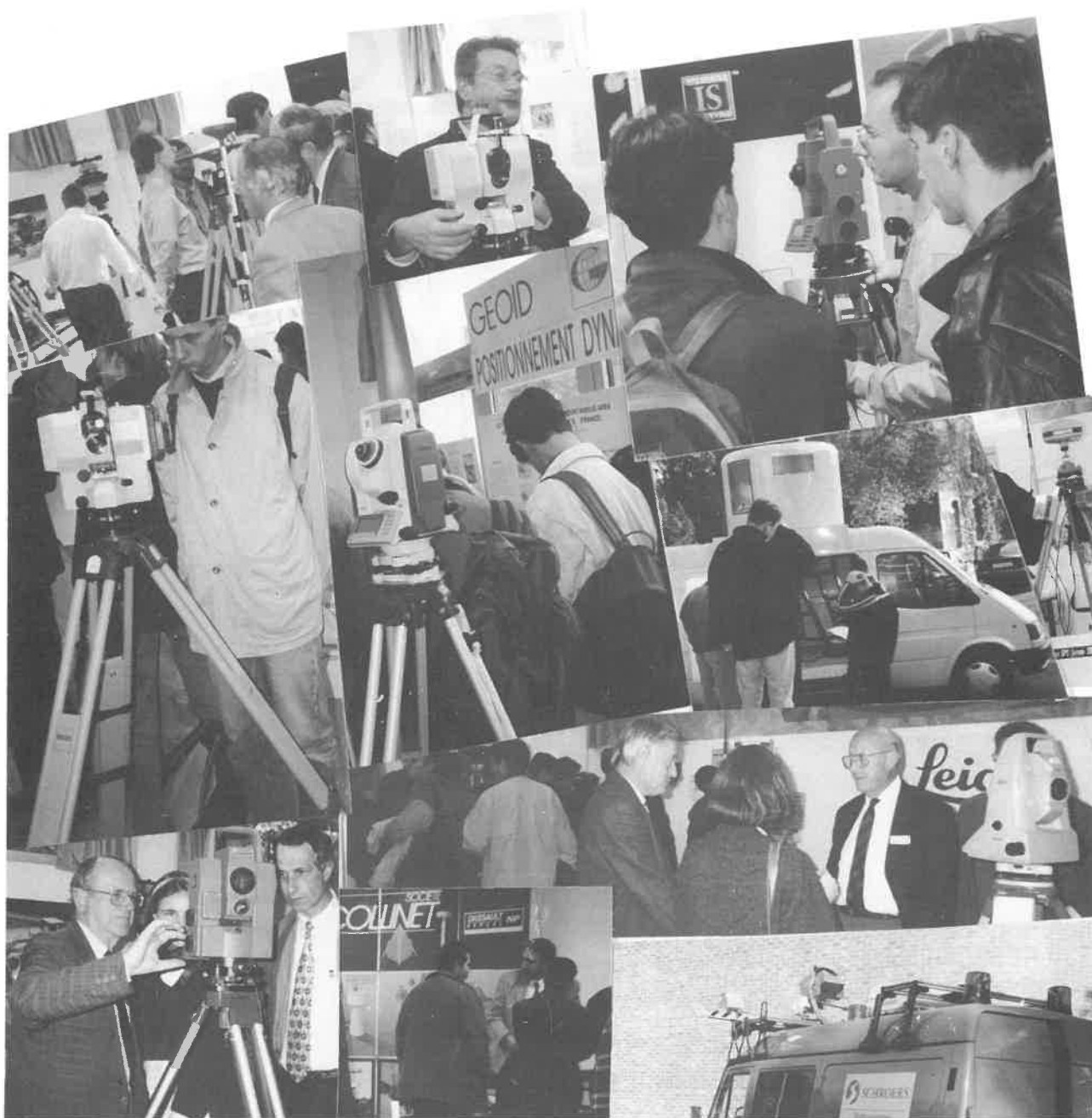
L'EXPO

Sur le campus de l'ESTP de Cachan, les 240 places du nouvel amphithéâtre n'ont pu accueillir tous les participants au XX^e colloque de l'AFT sur le thème des « applications de la topographie moderne aux travaux publics ».

Côte à côte étaient assis (ou debout !) étudiants et professionnels, fabricants, utilisateurs, ingénieurs et techniciens, pour écouter et participer aux conférences et discussions avec les orateurs dont nous publions les interventions dans ce numéro.

Dans les quatre salles contiguës à l'amphi se tenait une exposition non stop rassemblant des exposants qui proposaient avec un vif succès (notamment aux élèves nombreux de l'ENSAIS, de l'ESGT et de l'ESTP) mini-conférences et démonstrations de matériels topo. Nous y retrouvons les fabricants et les produits souvent présents dans les pages de notre revue. En particulier une démonstration d'Internet dans ses applications aux métiers de la topographie, faite en permanent par la société DIAL-INFORMATIQUE.

Nous ne saurions trop remercier l'ESTP de Cachan et son directeur Serge Eyrolles pour l'accueil qu'ils ont réservé à ce colloque comme à bien d'autres dans le passé.



FRANCE/GPS — SCHROERS — SOLEXPERS — GEOID — SERCEL

SOKKIA — TRIMBLE — SETAM/INFORMATIQUE — NIKON — TOPCON — ZEISS —

LEICA — TELLURA — GEOTRONICS — MAURY/INFORMATIQUE — SPECTRA/PHYSICS — KONTEK

ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES

Quelques unes de nos formations

RC

SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE ET DE COORDONNÉES



OBJECTIFS :

- maîtriser les concepts servant à la définition des coordonnées.
- utiliser un logiciel de transformation de coordonnées.
- évaluer la qualité d'une transformation de coordonnées.

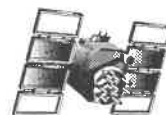
PUBLIC : Ingénieur et technicien

DATE : du 17 au 19 Novembre 1997

PRIX : 5 500 F

RIF

PRÉSENTATION DU SYSTÈME GPS



OBJECTIFS :

- connaître les différentes possibilités d'utilisation du GPS.
- choisir le type d'utilisation selon l'application.

PUBLIC : décideur, technico-commercial, futur utilisateur s'intéressant au GPS d'un point de vue non technique

DATE : 2 sessions le 11 Mars 1997 ou le 11 Décembre 1997

PRIX : 1 200 F

RI

PRATIQUE DU GPS EN GÉODÉSIE ET TOPOMÉTRIE



OBJECTIFS :

- connaître les notions fondamentales du GPS
- mener à bien l'ensemble des opérations : de la planification des observations à la compensation de réseaux jusqu'à l'insertion dans un réseau préexistant.

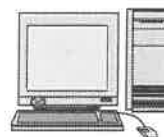
PUBLIC : Ingénieur et technicien

DATE : du 24 au 28 Mars 1997 ou du 22 au 28 Septembre 1997

PRIX : 9 200 F

RE

ESTIMATION STATISTIQUE EN GÉODÉSIE ET TOPOMÉTRIE



OBJECTIFS :

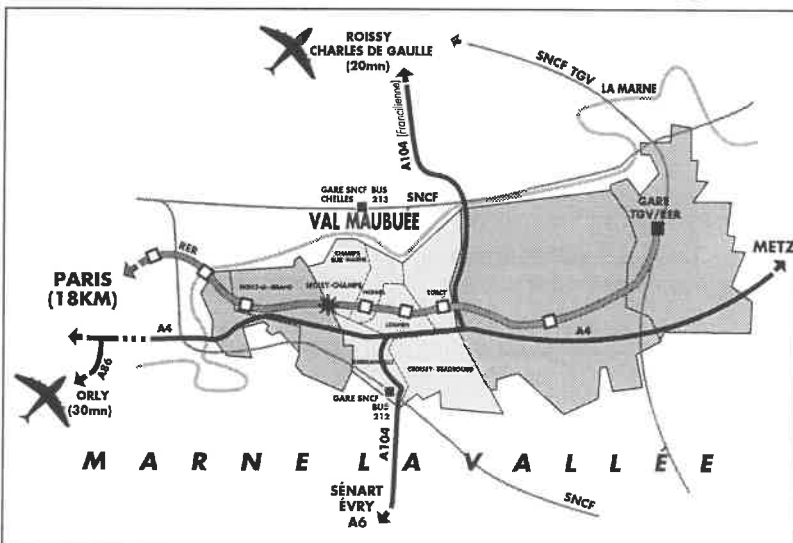
- maîtriser les concepts fondamentaux des estimations statistiques (en particulier par moindres carrés)
- utiliser un logiciel d'estimation par moindres carrés en géodésie et topométrie.
- Analyser et valider le résultat d'une estimation.

PUBLIC : Ingénieur et technicien

DATE : du 20 au 21 Novembre 1997

PRIX : 3 400 F

NOUVELLE ADRESSE



**Pour tous renseignements
sur nos autres formations
(SIG, Cartographie, Photogrammétrie, ...)
s'adresser à :**

**École Nationale
des Sciences Géographiques**
6 et 8 Avenue Blaise Pascal
Cité Descartes Champs-sur-Marne
77455 MARNE - LA - VALLÉE CEDEX 2
Téléphone : 33 (0) 1 64 15 31 20
Télécopie : 33 (0) 1 64 15 31 27



**Niveaux digitaux DiNi, stations totales Elta et Rec Elta, GPS GePoS de Carl Zeiss
pour vous fournir en instruments de topographie, accessoires et service après-vente,
contacter les distributeurs de votre région**

PARIS IDF

ACTION TOPO - 15, rue du Camp - 95170 Deuil-la-Barre

M. An TRAN - Tél. : 01 39 84 17 08 - Fax : 01 34 17 98 03

ETS P. CHAUSSET - 10, rue Louis-Marchandise - 94400 Vitry-sur-Seine

M. Pierre CHAUSSET - Tél. : 01 46 81 17 04 - Fax : 01 46 82 53 22

EUROTOPO - 40 bis, rue P. Brossolette - 78500 Sartrouville

M. I. GLOCKNER - Tél. : 01 39 14 39 11 - Fax : 01 39 14 39 86

NORD

COUDERE - Manitolbalaan 7 - 8200 Saint-Andries-Brugge

M. Michel COUDERE - Tél. : 00 32 50 38 98 14 - Fax : 00 32 50 31 11 05

NORD TOPO INSTRUMENTS - 66, rue du Château-d'Eau - 62138 Douvrin

M. Christian FORMANT - Tél. : 03 21 79 94 63 - Fax : 03 21 37 37 80

NORD-EST

ALPHA MICRO - 37, rue Principale L 8838 Wahl (Grand Duché de Luxembourg)

M. Bernard HUON - Tél. : 00 352 88 90 70 - Fax : 00 352 88 93 88

EST

GESSWEIN - Leopoldstrasse 37 76133 Karlsruhe Germany

Tél. : 00 49 72 12 73 27 - Fax : 00 49 72 12 89 86 contact à Strasbourg : M. SPECHT - Tél. : 03 88 64 08 26

SDMO QUINIOU - 53, Grand'Rue - 67502 Haguenau

M. Alain QUINIOU - Tél. : 03 88 93 82 96 - Fax : 03 88 93 15 18

OUEST CENTRE

SARL B. COLLINET - 224, avenue du Saint-Laurent-Parc "Haute Technologie" Atlantis - 44811 Saint-Herblain Cedex

M. Bertrand COLLINET - Tél. : 02 40 92 04 51 - Fax : 02 40 92 05 38

RHONE-ALPES

ARTOPO - 36, rue Chevreul - 69007 Lyon

M. Carlos DOS REIS - Tél. : 04 72 71 72 32 - Fax : 04 72 76 90 84

INBC SYSTEMES - 36, rue Chevreul - 69007 Lyon

MM. Pascal BUTZBACH et Jean-François COUPET - Tél. : 04 72 73 14 28 - Fax : 04 72 73 22 08

STTL - 1, place Pasteur - 69700 Givors

MM. César BUSSACHINI et Guy VERICEL - Tél. : 04 72 49 05 01 - Fax : 04 72 49 05 04

SUD

FABRE MESURELEC - 48, rue de la République - BP 2489 - 13217 Marseille Cedex

Mlle FERRANDIS - Tél. : 04 91 14 31 40 - Fax : 04 91 90 02 34

SUD-OUEST

GIMAT - 286, avenue de Grande-Bretagne - 31300 Toulouse

M. Roland GIMOND - Tél. : 05 61 49 16 16 - Fax : 05 61 49 24 84

METODICA DIFFUSION EQUIPEMENT - Route de Toulouse - 32500 Brugnens

M. André MASTROIANNAKIS - Tél. : 05 62 64 05 24 - Fax : 05 62 64 05 24

Vous souhaitez d'autres renseignements ?

Contacter Carl Zeiss S.A. - M. CABANEL - Tél. : 01 34 80 20 00 - Fax : 01 34 80 20 01

...pour aller de l'avant



Amman : Le Nymphée

topographie archéologique

Un stage au proche-orient d'élèves de l'estp

B. Ravez - E. Natchitz

Des élèves topographes de l'ESTP ont travaillé pendant trois mois sur des sites archéologiques au Proche-Orient, dans le cadre des actions menées par l'Institut Français d'Archéologie au Proche-Orient (IFAPO). Cet organisme, sous tutelle du CNRS et du ministère des Affaires Étrangères regroupe des chercheurs, des architectes, des épigraphistes etc. Son activité se situe en Syrie, Jordanie et Liban, où il collabore avec les directions des antiquités locales et divers autres institut français (Maison d'Orient à Lyon) ou étrangers (Institut Goethe, université de Varsovie). Il est dirigé par le professeur J.M. Dentzer, assisté de P.M. Blanc.

C'est le récit de ce stage qui est proposé ici.

Le principe des levés en archéologie est le même que celui des levés classiques de bâtiments et architectures, mais la différence du résultat est importante car ils sont souvent invisibles pour un novice, ce qui a une conséquence certaine sur la précision du lever. Il faut ajouter que les archéologues, souvent très enthousiastes devant leurs sites, oublient parfois que la réalisation de leur demande nécessite une mise en œuvre très lourde pour un résultat parfois décevant.

Dans le lever archéologique, les structures et leur agencement les uns par rapport aux autres n'étant pas entièrement connus, il est difficile de trouver une erreur (mur alignés, ...) car souvent au fur et à mesure des

travaux de fouilles, de nouvelles hypothèses sont formulées ce qui modifie la vue des bâtiments et donc des structures (mur écroulé, porte condamnée, création de porte, ...). Il nous est alors difficile de préparer les croquis de terrain, nous préférons les faire avec un archéologue. L'enchevêtrement des différentes époques accentue encore la difficulté du lever car il nous est impossible dans le cadre de nos connaissances de distinguer un mur arabe d'un mur byzantin ce qui peut conduire à des erreurs.

Les conditions météorologiques nous ont forcées à modifier notre façon de travailler suivant les lieux. Dans les sites à dominante désertique tel que Palmyre ou le

Wadi Ram, il nous était impossible de travailler après 10 heures sur le terrain à cause de la réverbération du soleil sur le sable et les limites de tolérances des appareils de prises de mesures ou de calculs (l'écran matriciel du portable a fondu sur les bords dans le Wadi Ram). A contrario, au Liban, nous pouvions travailler toute la journée. Sur le Nymphée d'Amman, malgré la chaleur, nous avons été obligés de prendre des mesures toute la matinée vu le peu de temps qui était consacré à ce site.

D'une manière générale, nous nous organisions pour prendre les mesures le matin afin d'effectuer les calculs dans l'après-midi ainsi que le tirage des plans. Au besoin, nous retournions compléter ou poursuivre les levés en début de soirée.

Sur le plan de l'hébergement, nous avons été logés durant la majeure partie de notre séjour dans des maisons de fouille, excepté pour le site de Sya et du Wadi Ram.

L'équipe qui travaillait à Sya campait à proximité de son lieu de travail mais il nous était impossible de partager leur tente car pour pouvoir utiliser notre matériel il nous fallait impérativement une source d'électricité. Le directeur du musée de Souweida a mis à notre disposition un local situé dans son musée où nous nous sommes installés le temps de notre mission.

Dans le Wadi Ram, le responsable de la fouille a loué une maison à des bédouins sédentarisés afin de disposer d'électricité. Une fois installés dans la maison, nous nous sommes rendus compte qu'il n'y avait pas d'électricité. Après avoir en vain attendu un électricien local, nous nous sommes décidés à installer nous-mêmes une arrivée de courant sous les regards inquiets du propriétaire.

Notre travail ne nous conduisait pas réellement à avoir de relations avec des ouvriers, les seuls vrais contacts que nous avons eu avec la population locale étaient surtout dûs à la curiosité provoquée par notre matériel. En revanche, nous avons été amenés à collaborer avec des archéologues de différentes nationalités (Syrien, Libanais, Belge, Polonais), la plupart des conversations se déroulant en français ou en anglais avec les archéologues et en simili-arabe avec la population.

Dans l'ensemble, nous avons eu peu de problèmes d'accès aux sites, disposant d'une voiture. Dans certains sites en milieu urbain, nous avons eu des problèmes de conservation de nos points car le jeu des enfants est d'enlever les clous ou les traces de peinture devant nous ou des adultes de creuser là où nous mettons en station pensant qu'un trésor y est caché. La plus grosse difficulté de notre stage a été de lever le sanctuaire de Inch El Alleh, Wadi Ram (orthographe non garantie), piton rocheux situé à une soixantaine de mètres en hauteur. Nous avons dû implanter une station à flanc de montagne et effectuer des visées de 300 à 400 mètres à la nuit tombante car ce piton était situé plein ouest et n'était protégé du soleil que dans la soirée.



Palmyre. Temple de Bel

Nous avons parcouru la Syrie pendant deux mois, la Jordanie et le Liban chacun deux semaines.

En Syrie il s'agissait de faire le relevé des structures architecturales en les rattachant au repère créé du temps d'une équipe précédente dirigée par J.C. Margueron, ainsi que du nivellement. Nous avons dû également réimplanter une borne détruite par le passage d'un engin de chantier.

Sur le site de Palmyre, nous avons implanté une polygonale autour de l'enceinte du temple de Bel, ainsi que le relevé du temple lui-même. Ce travail avait pour but de faciliter le lever à la planchette de l'ensemble de ce temple (intérieur et extérieur de l'enceinte) par un autre topographe, R. Saupin. Ce site a la particularité d'être couvert en photographies aériennes datant de 1928.



dans le Wadi Ram

Ces prises de vue permettent de confirmer l'existence de structures pour le moment non fouillées. C'est ainsi que nous avons dressé les plans d'une tombe hexagonale. Pour effectuer ces mesures nous avons dû nous faire accompagner par un archéologue syrien, cette tombe se situant face à une caserne de l'armée syrienne.

À Bosra, travail similaire (polygones, levers de structures). En plus nous avons dressé le plan de divers îlots dans la ville antique, pour aider deux jeunes architectes français qui étudiaient l'habitat de Bosra pour les besoins de leur diplôme.

Sya est le dernier site abordé en Syrie. Nous y avons effectué une polygonale autour de l'éperon rocheux ainsi que le rattachement de plusieurs pressoirs et bâtiments répartis autour de cet éperon. Ayant obtenu par l'intermédiaire du directeur du musée de Souweida les plans cadastraux de la région de Quanawat-Sya, nous avons pu rattacher en nivellement nos données sur ces plans.

En Jordanie nous avons d'abord joint Amman pour effectuer un travail sur un bâtiment « le Nymphée », un peu différent des autres sites puisqu'il nous conduisit à réaliser des plans en élévation du bâtiment dont la hauteur posait problème parce que nous n'avions pas l'équipement nécessaire pour ce type de lever (des cibles réfléchissantes auraient été les bienvenues). Nous avons cherché à effectuer les levers par intersection mais les angles détruits par le temps ont vite révélé l'inefficacité de ce procédé. Alors plus simplement, avec inconscience et sans équipements, nous avons escaladé le bâtiment pour pratiquer le positionnement du prisme sur les points à relever. Cette méthode périlleuse nous a permis d'obtenir des résultats plus ou moins précis selon le degré de stabilité lors de la prise de mesure. Nous étions conscient que les plans ainsi obtenus n'étaient pas d'une grande précision mais ils permettaient de faire avancer le travail de l'architecte responsable du site, A.C. Goquel.

Dans le Wadi Ram nous avons assisté à l'ouverture d'une fouille, nous étions chargé de définir un repère et d'effectuer tous les levers des structures apparentes avant le début des fouilles proprement dites.

La suite de notre programme nous a conduit au Liban où nous devions travailler en collaboration avec une équipe polonaise. Le travail était similaire à celui effectué

dans le Wadi Ram. Nous avons menés en parallèle les sites de Shhime et Giye.

Sur l'ensemble du stage, nous n'avons eu aucun problème de sécurité si ce n'est une arrestation arbitraire sur le site de Giye. Nous devions lever une nécropole située à proximité d'un poste de l'armée Syrienne, l'officier commandant nous considérant comme des espions israéliens (le TC 500 étant kaki et masqué par des bosquets, ils ont cru avoir à faire à une caméra-vidéo). Notre arrestation s'est déroulée en deux temps. L'un d'entre nous a été invité à se présenter à l'officier afin de justifier notre présence sur ces lieux, mais, n'étant pas en possession des autorisations, le second a été arrêté. Le seul moyen de communiquer était l'Allemand (parlée par un seul d'entre nous) par l'intermédiaire d'un Libanais, les Syriens ne parlant qu'Arabe. Nous n'avons toujours pas compris pourquoi ils ont gardé celui qui ne parlait pas Allemand et envoyé l'autre chercher le responsable de la fouille, Tomasz Waliszewski. Durant ce temps, celui qui est resté a dû tenter de communiquer en Arabe afin d'expliquer l'utilisation du matériel. Finalement, tout s'est bien terminé et nous avons pu finir notre travail dès le lendemain.

D'une manière générale nous n'avons jamais eu de sentiments d'insécurité, bien au contraire.

Nous étions ignorants en archéologie mais les personnes avec qui nous avons travaillé ont toujours pris le temps de nous expliquer les sites, leur histoire et les besoins qui étaient les leurs, d'autre part ils intégraient parfaitement notre point de vue de topographes. Il est évident que sur l'ensemble des sites nous avons eu parfois quelques problèmes pour répondre au mieux aux demandes, et nous avons fait du mieux possible. Après le travail scolaire qui avait été le nôtre, nous avons découvert une vision nouvelle et plus réelle du travail de géomètre, ce qui correspondait à nos attentes et à nos valeurs personnelles. Nous étions totalement autonomes et responsables du choix des méthodes et des résultats, en plus nous parcourions des pays et des sites magnifiques et nous rencontrions des individus qui nous apportaient beaucoup. Et puis nous avons découvert le domaine de l'archéologie que nous ne connaissons pas, et nous avons vu que la topographie y avait sa part, là comme dans beaucoup de secteurs.

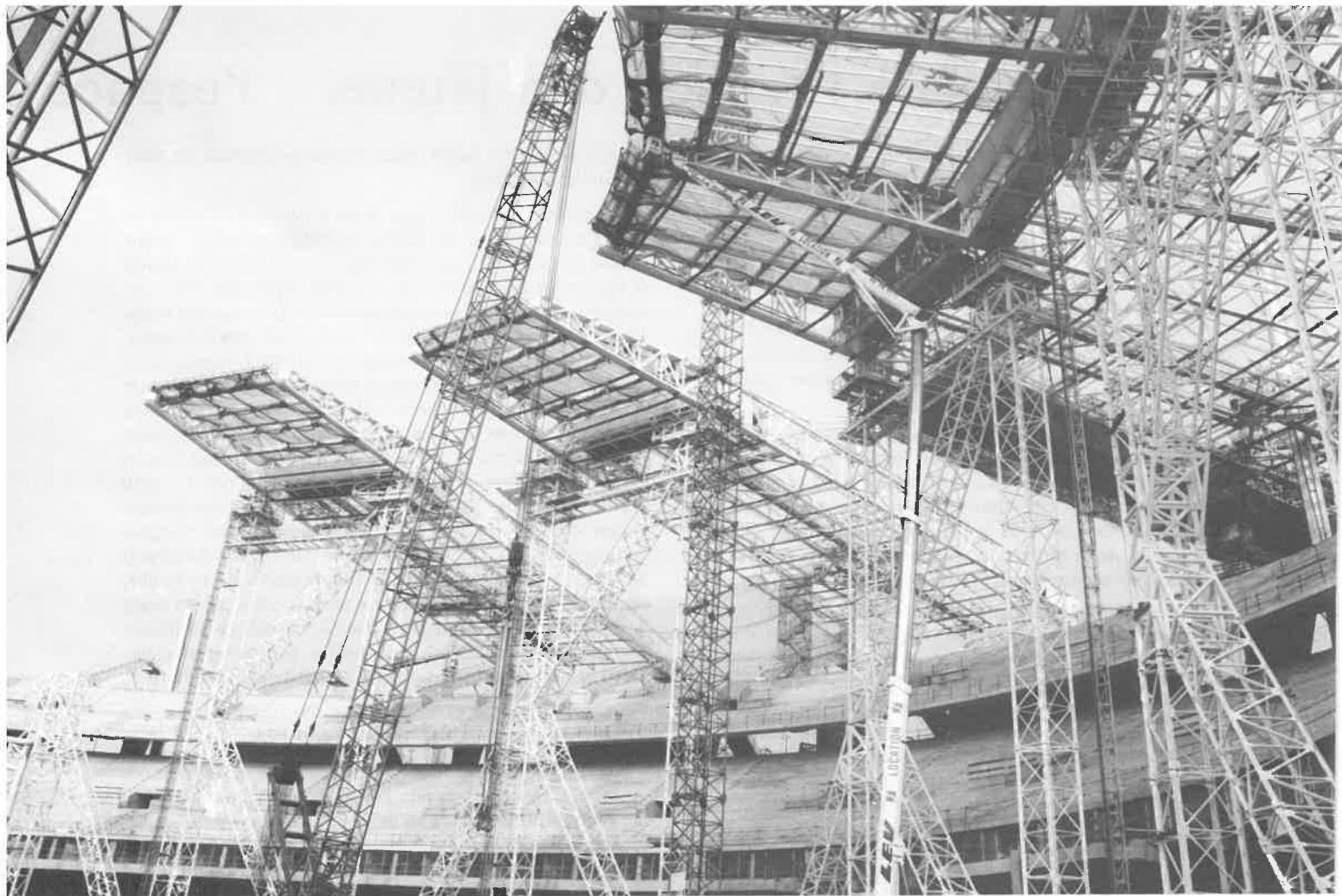
l'IFAPO et la topographie

La topographie va occuper une place de plus en plus importante dans les activités de l'IFAPO. D'une part les missions archéologiques françaises au Proche-Orient développent des programmes de fouilles et de prospections de plus en plus étendus qui exigent des relevés permettant de rattacher les chantiers d'un même site les uns aux autres d'une façon de plus en plus précise. Les perspectives de recherche ont été renouvelées par l'analyse spatiale étudiant la répartition des vestiges d'échelles variables (villages dans une région, structures sur un site, objets dans une fouille). La situation précise de ces données est exigée par les traitements informatiques qui permettent seuls de dominer des ensembles de données très nombreuses.

D'autre part un des soucis majeurs des autorités archéologiques locales est d'assurer une conservation et une mise en valeur de leur patrimoine archéologique, actuellement gravement menacé par le développement agricole et industriel des pays du Proche-Orient et aussi par celui des infrastructures et de l'urbanisation. Il faut rappeler aussi que ce patrimoine représente un enjeu économique de premier plan en raison du développement actuel et futur du tourisme. Dans cette perspective l'inventaire systématique des vestiges archéologiques conservés qui vont de la ville antique à des monuments isolés, sans parler des structures agraires et des voies de communications antiques.

Pour répondre à cette double demande l'IFAPO a pu acquérir un minimum d'équipement topographique et informatique qu'il fallait mettre en œuvre sur le terrain. En dehors des travaux de terrain l'objectif plus ambitieux des campagnes de 1996 était de mettre au point des procédures simples pouvant permettre à des archéologues d'utiliser la chaîne créée pour des opérations ponctuelles. Il va de soi que l'IFAPO compte toujours, pour les années à venir, sur la collaboration, très fructueuse dans les années passées, avec l'ESTP, pour des opérations plus ambitieuses sur le terrain et pour améliorer encore la méthode de travail.

J.M. Dentzer. Directeur de l'IFAPO



T
O
P
O

Jacques Brottier GIE Stade Construction
Chef du Service Topographique

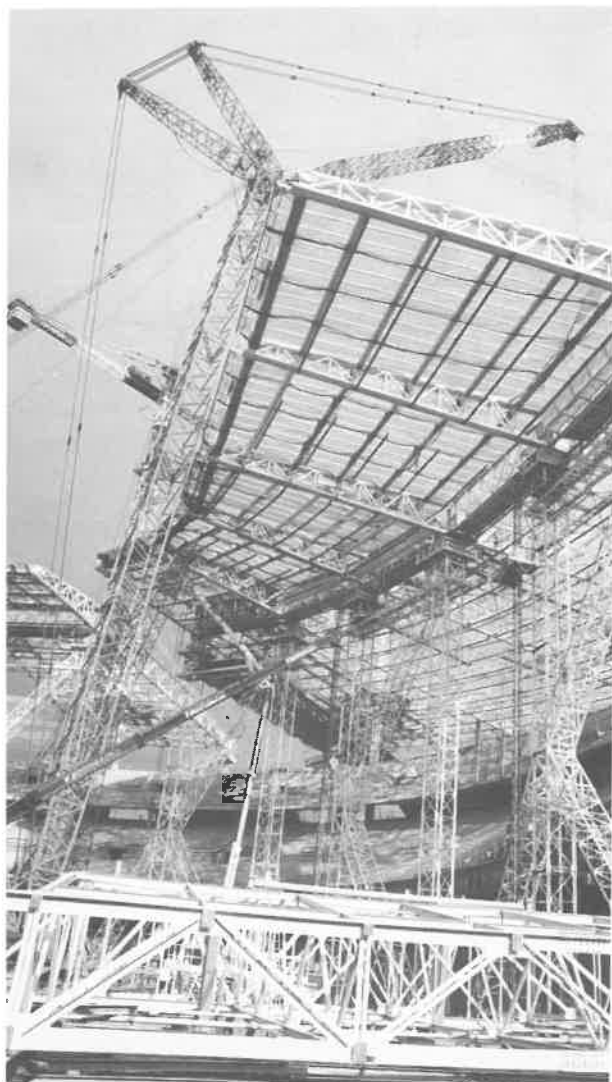
St Denis. Quelques kilomètres de Paris.

Dans un an, jour pour jour, l'ouverture officielle du Grand Stade aura lieu. Deux mois auparavant aura vu l'achèvement des travaux et la livraison pour le contrôle de la sécurité, de l'accessibilité au public, de la conformité au cahier des charges. Ce projet novateur et atypique aura pris sa forme de réalité. Novateur et atypique parce qu'il n'aura pas la seule vocation d'accueillir 80 000 spectateurs, mais aussi d'offrir une multitude de fonctionnalités utilisables 365 jours par an, avec une vie quotidienne : activités para Sportives, commerciales, culturelles, associatives. Un lien convivial, lieu de rencontre et de vie d'une population aux composantes non sportives. L'incontournable topographie a évidemment son rôle à jouer sur l'un de ces grands chantiers du siècle. Jacques Brottier, le chef du service topographique du GIE Stade Construction nous livre quelques réflexions sur son travail.



Photos D. Quentin - Studio Tronca

Photo D. Quentin - Studio Tronca



Quand nous avons eu accès au site, début mai 1995, nous avons découvert un vaste terrain vague, relativement plat, avec quelques taillis et surtout les vestiges de l'usine à gaz détruite quelques temps auparavant.

Depuis cette première installation dans des bungalow seulement alimentés en électricité et déjà la pose de la moitié des éléments de toiture (mi-décembre 1996), il m'est un peu difficile de me souvenir de toutes les phases par lesquelles nous sommes passés.

Bien sûr, notre première tâche furent les installations de chantier.

Tous ceux qui ont démarré des grands chantiers connaissent bien l'importance de ces travaux, entre réseaux enterrés, voiries, bureaux, cantonnements, centrales à béton, etc., suivant des plan modifiés au jour le jour, qu'il faut adapter et compléter sur le capot des voitures ... tout en relevant précisément la position des réseaux sensibles (EDF moyenne tension...).

En parallèle, les terrassements généraux commençaient, précédés de quelques fouilles archéologiques.

Les opérations topographiques de base ont d'abord consisté en un contrôle du canevas qui nous avait été fourni, matérialisé par des points le long du canal St Denis et sur les bords des N1 et A86, contrôle tant planimétrique qu'altimétrique. Le but étant de s'assurer

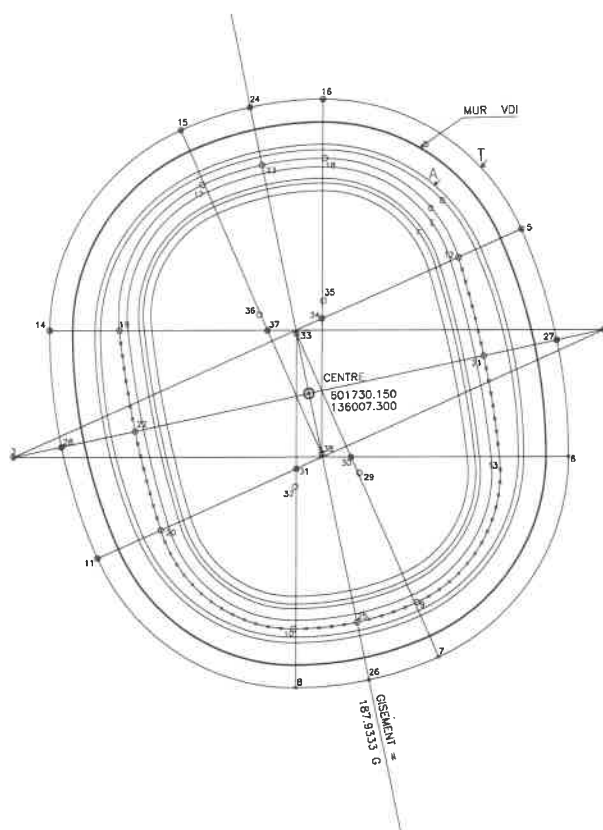
d'une bonne cohérence des repères et puisqu'ils étaient la base des levés topographiques sur lesquels travaillaient les Études, Méthodes et Aménageurs, nous n'avons donc opéré qu'en local.

Dès le début des terrassements généraux, quand les crêtes de talus de fouille ont été suffisamment dégagées, j'ai décidé de faire construire des piliers béton avec plaque de fixation d'embase répartis autour et au plus près de la fouille afin de dominer l'ensemble du fond de l'« arène » qui se situait à - 7m du TN moyen.

La figure fut définie le plus précisément possible par les moyens traditionnels (TC 1700) et l'ensemble calé sur le canevas de base, en bloquant hors figure les compensations dues à l'imprécision normale de ce canevas.

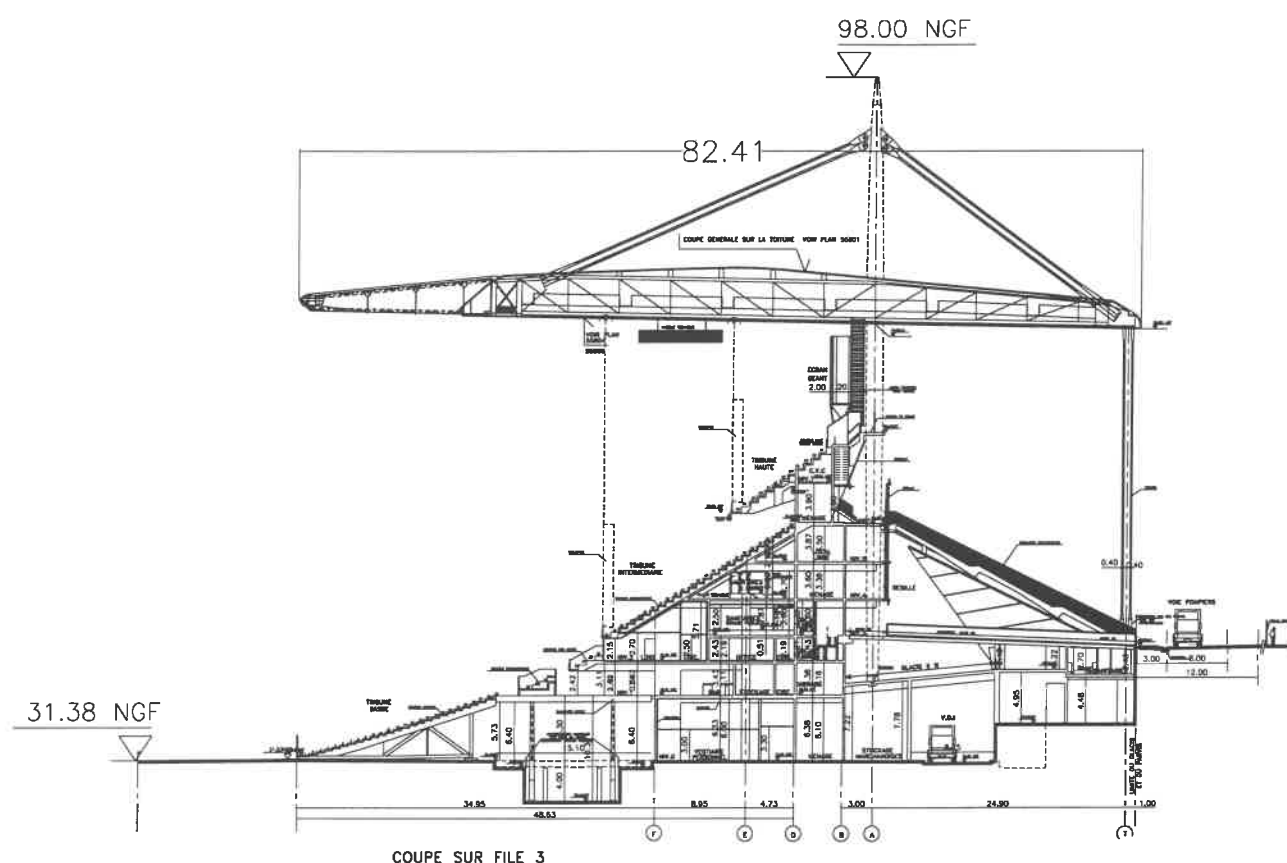
Il fut alors décidé de faire procéder à un contrôle GPS de l'ensemble de ces piliers. Les résultats confirmèrent une excellente cohérence avec des écarts de 3mm maximum entre 2 repères.

Par la suite, juste avant leur disparition, ces points furent excentrés sur le béton de parvis, pour finalement servir de base à un canevas plus serré dont les plaquettes inox qui le matérialisent sont destinées à être conservées jusqu'à la fin des travaux, y compris les aménagements extérieurs.



Comme sur tous les chantiers de construction, la difficulté principale fut de sauvegarder les repères-stations, ou de les remplacer en temps voulu, tout en conservant leur précision.

Les bases étant assurées, les opérations topographiques n'ont pas présenté de difficultés techniques particulières, la rapidité d'exécution étant le critère primordial du choix de la méthode d'implantation.



Car il s'agit surtout, d'implanter, d'implanter, d'implanter...

En tournant autour des coffrages, des containers, des paquets d'armatures...

En découvrant, tôt le matin, que la station déterminée la veille pour l'implantation du lendemain est devenue inaccessible et inutile...

En préparant en catastrophe une implantation non prévue... vite... les équipes de coffrage ne doivent pas attendre.

Plus de 30 000 « spits » ou piquets, sans compter les traçages et marquages au crayon ou tube de peinture.

Dans l'ordre :

- 600 pieux et 54 barrettes
 - Autant de massifs et semelles de fondation.
 - 6 niveaux de planchers avec chacun poteaux et voiles à réimplanter (toujours différents) sur 108 files rayonnantes par niveau.
 - Les poutres de mégastructure avec des inserts (caissons et platines pour charpente) à positionner avec ± 5 mm de tolérance : parfois des heures pour un réglage conforme...
 - Les escaliers monumentaux dont la forme en pouce de navire nous a bien torturés...
 - Les crémaillères et gradins qui ont nécessité d'infinis nivellements de contrôle...
 - La fosse des gradins mobiles avec sa forme en facettes et encore des platines incorporées au béton...
- Avec bien sûr les travaux particuliers au « bâtiment » :

- Traçage des maçonneries, cote altimétrique sur tous les voiles béton pour les corps d'état secondaires (plombiers, ascenseurs...)...

Des chiffres.

17 ha	dans une ZAC de 29 ha.
-7 m	au dessous du niveau sol.
800 000 m ³	de terrassements.
180 000 m ³	de béton.
500 000 m ³	de coffrages.
80 000 m ²	de dalles
4 000 m ²	de vitrage
13 000 tonnes,	poids total
2 écrans géants	
50 bars et buvettes	
17 boutiques	
3 restaurants	
7 500 m ²	d'espace congrès.
37 ascenseurs.	
6 000 places de parking.	

Tout cela dans une ambiance d'urgence, où il faudrait être en plusieurs endroits en même temps, ou tout est prioritaire.

Cinq équipes d'un Technicien Topo avec aide ont participé au gros-œuvre, les sous-traitants (charpentiers, réseaux, façades...) ayant fait intervenir leurs propres équipes topographiques.

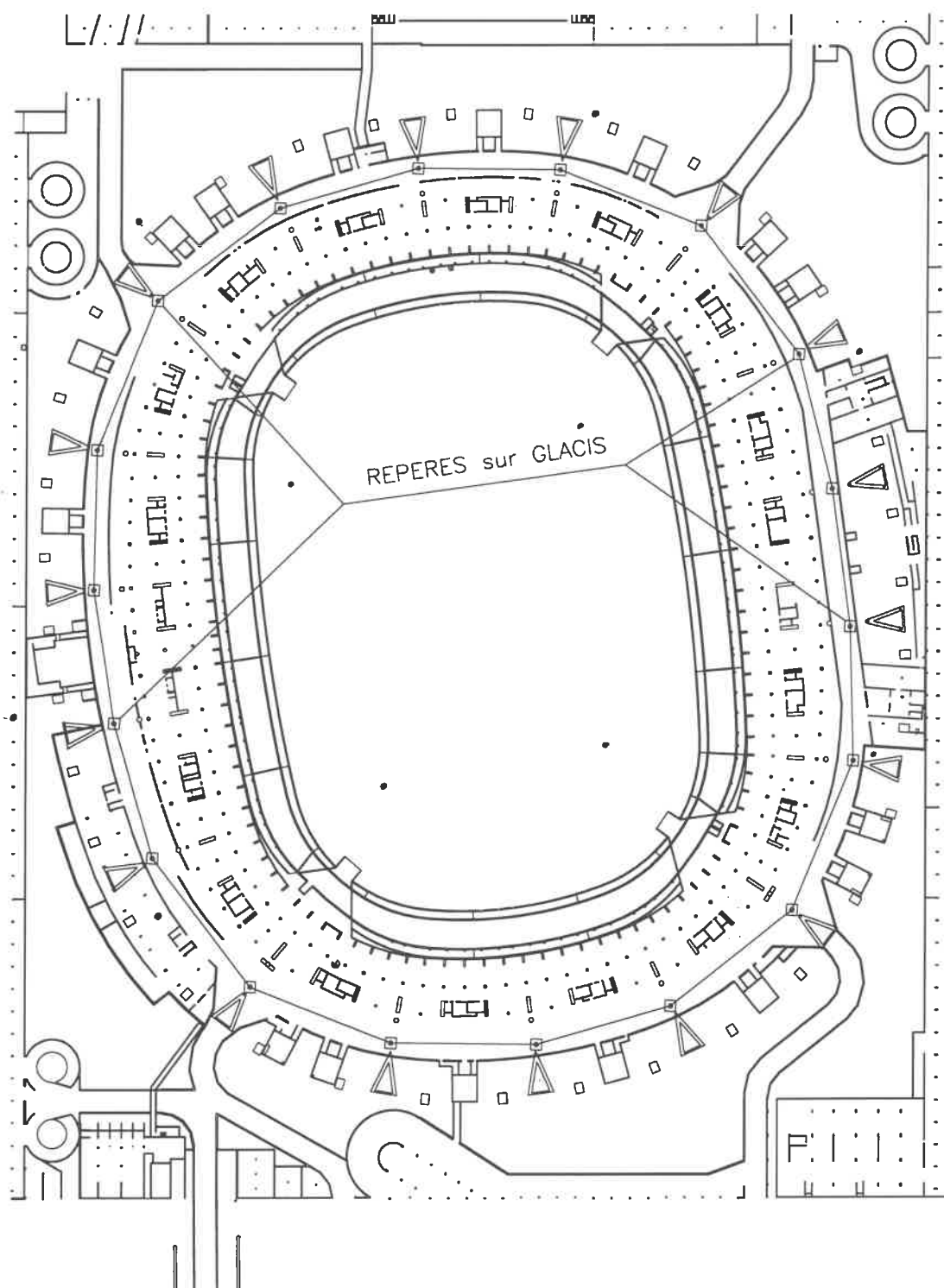
Pour préparer les opérations de terrain, nous disposons heureusement d'un outil informatique qui est maintenant bien connu : AUTOCAD.

Les bureaux de chantier disposent d'un réseau informatique qui permet à tous les « autorisés » de consulter et copier tous les plans d'exécution, via une armoire à plans rigoureusement gérée.

Toutes les vues en plan étant réalisées dans le même système de coordonnées (centre et axes du stade), il est toujours possible de les combiner et de les superposer et, pour nous, de connaître instantanément les coordonnées de n'importe quel point particulier à implanter (ou son déport). Utilisé avec rigueur afin d'éviter les quelques pièges connus, le gain de temps en calcul d'éléments

d'implantation et en calcul d'écarts après levé de contrôle en fait un système quasi idéal.

L'association de ce système et de matériel moderne avec des personnels motivés qui ne rechignent pas quand il faut à commencer à 7 H du matin pour éviter l'encombrement par panneaux de coffrage, armatures, containers etc... des planchers à implanter, nous a permis de remplir notre mission sans problèmes importants et, au moment de partir vers d'autres horizons, de pouvoir contempler avec plaisir et un peu de fierté, ce bel ouvrage pas encore terminé, puisqu'il reste tout l'habillage et le parvis à faire, mais déjà impressionnant.



dixième anniversaire du C.N.I.G.

Bien qu'un peu plus âgé que ne l'indique ce titre arrondi à la dizaine, le Conseil National de l'Information Géographique a bien entamé son adolescence puisqu'il fut créé fin 1985.

Pendant ces onze années il fut présidé par André Pasquet qui signe dans « la rouge et la jaune », la revue des anciens élèves de l'École Polytechnique, de septembre 96 un article très charpenté sur la question.

En mars 82, Michel Rocard, ministre chargé du plan, décide de créer une commission pour « engager une réflexion associant les partenaires intéressés publics et privés afin de définir une politique globale de la cartographie française ». Il en charge Guy Lengagne, maire de Boulogne sur mer.

Le malaise était grand dans la cartographie : l'IGN replié en France après l'accession à l'indépendance des anciennes colonies où il avait cartographié cinq ou six fois la surface de l'hexagone, se trouve très à l'étroit et mal adapté, le cadastre quant à lui se cantonne dans sa mission de fiscalité locale, les géomètres experts sont frappés par la récession, et les autres cartographes privés travaillent en solitaires, dispersant une énergie considérable par manque de concertation.

Les débats, discussions et travaux, très ouverts et menés de main de maître par Guy Lengagne avec les professionnels et les utilisateurs publics et privés, où l'IGN s'impliqua d'une manière particulièrement vigoureuse avec ses ingénieurs et son personnel, aboutirent à la création du CNIG qui remplaçait ainsi le Comité Central des Travaux Géographiques (CCTG) qui coordonnait depuis 1940 l'action des organismes publics de cartographie.

Pendant des siècles l'élaboration et la production de cartes avaient été le domaine de l'état, presque du secret d'état, maintenant producteurs et utilisateurs se présentaient avec leurs besoins et leurs moyens, et la mission du CNIG se trouvait très élargie, les élus et le privé avaient leur place dans cette nouvelle organisation, d'autant plus que la notion de cartographie s'élargissait elle aussi en un concept bien plus vaste d'information géographique.

Dix années de travaux allaient placer le CNIG en fédérateur du secteur français de l'information géographique, en faire un outil moderne de planification et d'expertise, soutenant le secteur privé sans affecter le dynamisme des organismes publics.

Une des premières missions du CNIG était de concevoir un plan topo foncier à grande échelle (1/2000

et 1/5000), une quatrième génération de cartes après Cassini, l'État Major et le 1/25000 série bleue. Mais des enquêtes menées en 86 et 87 ont montré que la demande n'était pas aussi exigeante et il a semblé plus réaliste d'encadrer les travaux de ce type en fonction de la commande réelle des utilisateurs et quel que soit le maître d'ouvrage.

Créée en 1988 une commission du CNIG a engagé une réflexion sur l'établissement d'un plan numérique national dont l'objectif est de constituer un système foncier moderne, et ceci à la demande de l'ordre des géomètres experts.

La diversité des fonctions des SIG, rendue possible par l'explosion des matériels et logiciels informatiques, a permis l'ouverture d'un véritable marché non seulement national mais mondial de ces systèmes et la floraison d'une multitude d'entreprises privées. Conjonction des besoins et des moyens, les SIG sont au cœur du marché européen, et le CNIG a préparé la normalisation des formats d'échange des systèmes de données localisées numériques. L'étude menée avec l'AFNOR a abouti à la publication de la norme EDIGEO (1992).

Un domaine où la France est à la pointe de la technologie est celui de la télédétection spatiale. La série ininterrompue des satellites SPOT présente des performances originales où la cartographie représente 30 % du marché mondial. La coopération CNES/IGN est dans ce domaine une réussite qui a permis au CNIG l'adoption d'une typologie des cartes sur fond d'images rationalisant ainsi une production qui pouvait s'éparpiller.

La DGI s'est engagée dans la numérisation des données cadastrales. Lourd et onéreux, ce transport des 540 000 feuilles cadastrales, entre le 1/500 et le 1/2000, a fait l'objet d'un travail du CNIG pour favoriser une concertation entre les différents acteurs intéressés. Elle a abouti à un protocole national permettant une optimisation du coût global pour la collectivité.

Dans son décret constitutif le CNIG a pour mission de suggérer les orientations et les objectifs pour les programmes de recherche. Dans cet esprit il a créé une commission permanente de la recherche avec de nombreux groupes de travail (nivellement, données géographiques, nouveaux systèmes de référence géodésique, imagerie spatiale, instrumentation, observatoire des SIG, etc.). Une journée annuelle de la recherche permet la discussion sur les résultats et sur les orientations.

Parallèlement au CNIG a été créée sous l'impulsion de l'IGN une association loi 1901 : l'Association Française pour l'Information Géographique (AFIGEO), réunissant chercheurs, concepteurs de systèmes, producteurs, sociétés de services, utilisateurs, qui ne pouvaient faire partie du CNIG à cause de la structure administrative de celui-ci, mais complétaient heureusement la communauté de l'information géographique.

Ce couple CNIG/AFIGEO a pris diverses initiatives pour sensibiliser les autorités européennes au rôle de l'information géographique, et il est l'interlocuteur permanent de la commission européenne ad hoc, en particulier au sein de l'EUROGI (European Umbrella

organisation for geographic information) dont un ingénieur français est secrétaire général.

Le rôle futur du CNIG en revêt une importance d'autant plus grande. Ce sera sans doute l'une des tâches de premier plan du nouveau président. Celui-ci, Jean Berthier, ingénieur des Ponts et Chaussées, ancien élève de Polytechnique est président de BCEOM - Société française d'ingénierie depuis 1989. Il fut directeur adjoint du LCPC, directeur de la division technique de l'Équipement Ile de France, président de la caisse nationale des autoroutes et vice président d'Autoroutes de France.

Jack Biquand

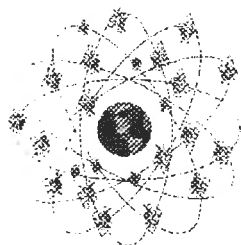


La Topographie par Satellite

INTERVENTION FRANCE & ETRANGER

Positionnement topographique par GPS

- Canevas géodésiques pour levés et implantations
- Triangulations et polygonations
- Stéréo préparations, calage d'images satellite
- Balisage d'axes (lignes EDF, pipe-line, etc.)
- Relevé de points isolés, de canalisations, de réseaux



Mesurage de parcelles agricoles

Ingénierie topographique

Formation GPS et topographie classique

(Organisme déclaré, stages GPS conventionnés FAF-PL)

Votre partenaire GPS depuis 1990

12, Rue du Soldat Bellon, 83400 HYERES (France), Tel : 04 94 65 24 78, Fax : 04 94 35 37 55



Le numéro 67 de xyz, 1996 2^e trimestre, a relaté, dans la partie consacrée à **l'histoire, la mission au Spitsberg de 1946**. C'est cette première expédition d'après guerre qui a donné au vrai sommet du Spitsberg le nom de **Mont Général Perrier**.

Les trois du Spitsberg, J.A. Martin, Robert Pommier et Yves Vallette décident, en septembre 1946, de tenter une prochaine expédition dans le grand sud, en **Terre Adélie**.

C'est alors qu'ils rencontrent **Paul Émile Victor** qui projetait une expédition importante au **Groenland**, avec un support mécanique considérable : véhicules à chenilles et avions. De cette rencontre est née l'idée de grouper les deux expéditions.

À la suite de la réunion du conseil des ministres du **27 février 1947**, présidée par Paul Ramadier, Paul Émile Victor se voit confier l'organisation et la direction de deux expéditions.

Une expédition dans l'Arctique : Groenland.

Une expédition dans l'Antarctique : Terre Adélie.

C'est le cinquantième anniversaire de cet événement qui est célébré cette année.

D'autre part, du 29 mars au 25 mai 1997 une exposition est organisée au **Muséum d'histoire naturelle de Paris** sur le thème : **L'aventure polaire, cinq siècles de présence française**.

Cette exposition qui groupera un grand nombre d'objets et documents provenant de divers organismes de France ou de l'Étranger, est destinée à mieux faire connaître au public les expéditions et les hommes qui ont franchi le cercle polaire, au **Nord** comme au **Sud**.

Elle doit plus particulièrement informer le grand public de la part prise par la France dans l'épopée polaire et la recherche scientifique polaire.

C'est avec **Gonneville (1504)** qu'a débuté le grand intérêt des navigateurs français dans la recherche du grand continent sud hypothétique.

Il sera raconté les navigations de Lapérouse, Marion Dufresne, Kerguelen, Dumont d'Urville, Bellot, Blosseville.

Il sera exposé l'histoire des premiers véritables « explorateurs polaires » Duc d'Orléans, Charcot, Prince Albert 1^{er} de Monaco, Paul Émile Victor et ses compagnons.

On terminera par l'évocation de la période actuelle, Expéditions de Jean Louis Étienne et perspectives d'avenir des Expéditions polaires Françaises. Projets de l'**Institut Français pour la Recherche et la Technologie Polaire, Les Terres Australes et Antarctique Françaises**, en particulier le projet de la station internationale **Concordia**.

Bien sûr, dans cette exposition, la topographie et la cartographie seront en bonne place.

En liaison avec cette célébration la Société des amis du musée de l'Homme propose deux conférences sur les régions arctiques et leurs populations.

Lundi 3 mars à 18 h 30, au palais de Chaillot : **Les peuples autochtones du Grand Nord Sibérien : situation politique et économique** par monsieur Boris Chichlo, chercheur au CNRS, responsable du Centre d'Études Sibériennes

Lundi 24 mars à 18 h 30, également au palais de Chaillot : **Ethno-médecine des populations nord sibériennes : les problèmes de santé liés à l'environnement** par le docteur Christian Malet, responsable du Centre de Recherches Inter-Nordiques

Une grande réception par la présidence de la république est prévue fin février à la Tour Eiffel. Elle constituera le point d'orgue de ces manifestations, avec une liaison directe télévisée avec la base Dumont d'Urville en Terre Adélie.

Enfin, pour célébrer à sa manière cet événement l'AFT publie une plaquette regroupant les différents articles d'XYZ de Yves Vallette sur les travaux topographiques réalisés à cette époque au Spitsberg et en Terre Adélie, suivis d'articles récents de notre revue présentant des applications des techniques actuelles aux travaux topographiques en région polaire. (disponible au siège de l'AFT).



Comité Français de représentation à la FIG

**fédération
internationale
des
géomètres**

Le Comité Français de Représentation à la FIG (CFR-FIG) s'est réuni en séance plénière le 14 novembre 1996. Après conversion formelle en Association (loi 1901), cette réunion constituait la première Assemblée générale du Comité sous les nouveaux statuts. Il y fut procédé à l'élection du nouveau Bureau, qui rassemble les cinq délégués au Comité Permanent de la FIG et qui est désormais composé comme suit :

- Michel Mayoud (AFT), Président
- Bernard Bour (OGE), Vice-Président
- André Bailly (AFT), Secrétaire Général
- Dominique Lenoir (OGE), Trésorier
- Jean-Pierre Picavet (OGE), Président d'Honneur

Après cette première alternance (désormais biennale) de la présidence entre l'OGE et l'AFT, Jean-Pierre Picavet a été chaleureusement remercié pour son action efficace et conviviale, dans le sens d'un rassemblement unitaire qui soit adapté aux nécessités présentes et futures de notre représentation professionnelle au sein de la FIG.

La délégation aux commissions et institutions est répartie comme suit :

- Commission I, Organisation et pratique professionnelle : M. B. Bour
- Commission II, Enseignement professionnel : MM. P. Clergeot et P. Grussenmeyer
- Commission III, Systèmes d'information géographiques : M.G. Chazalet
- Commission IV, Hydrographie : M. F. Milard
- Commission V, Positionnement et mesures : M. M. Kasser
- Commission VI, Topométrie d'ingénierie : M. M. Mayoud
- Commission VII, Cadastre et aménagement foncier : M. J. Gastaldi
- Commission VIII, Développement et organisation de l'espace : M. D. Lenoir
- Commission IX, Expertise et gestion immobilière : M. J. Mousterde
- Comité du dictionnaire multilingue : MM. M. Klopfenstein et R. Schaffner
- Commission d'histoire de la profession : MM. A. Bailly et A. Seytre

Le comité a passé en revue les divers sujets soulevés lors de la visite du président de la FIG Peter Dale, discuté les actions à entreprendre — avec une attention particulière à l'adresse des pays de la francophonie, pris position sur quelques motions délicates qui seront bientôt soumises à des votes du Comité Permanent, fait le point sur les communications pour le congrès de Brighton en vue de la sélection qui doit s'opérer en mai, établi un budget prévisionnel et un plan comptable. Le nouveau président, Michel Mayoud, a rappelé le souhait de voir ce Comité s'étendre à d'autres organismes « correspondants » (en sus de l'AFIGEO, déjà membre à ce titre) et entreprendra des démarches dans ce sens. Enfin outre la candidature annoncée de la France pour un Comité Permanent en 2003, des propositions de manifestations professionnelles seront bientôt discutées et formulées.



Géomètres Sans Frontières

Le mot du Président

L'assemblée générale annuelle de GSF s'est réunie le 24 janvier dernier. C'était l'unique occasion que nous avons d'échanger nos idées, nos espoirs, nos ambitions.

Notre association subit les difficultés inhérentes au contexte économique actuel, mais ce n'est pas une raison pour baisser les bras.

Nous sommes presque une centaine à œuvrer pour G.S.F. Des missions sont en cours et des projets se mettent en place, c'est la preuve que notre association répond aux besoins de plus en plus pressant des minorités de nombreux pays.

Vous avez soutenu notre action depuis le début, ne perdez pas votre motivation car vous vous apercevrez que participer aux projets de G.S.F. redonne souvent le courage d'affronter le quotidien.

Bernard Espeut

la vie des régions

AFT



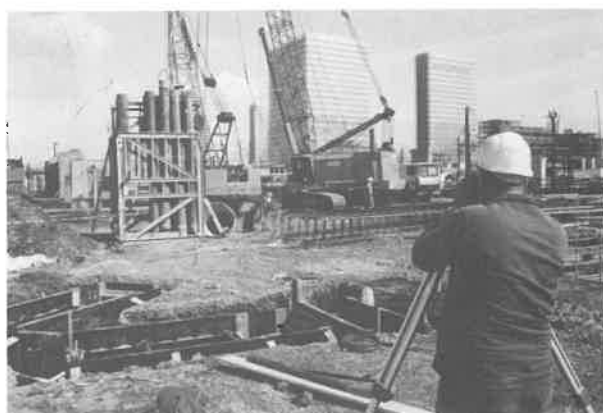
Cliché photo Image'In

Ile de France

À l'initiative de Jean Fleury, président de la région, une trentaine de membres de l'AFT ont participé le 12 décembre dernier à une visite du chantier de la gare Masséna.

Préalablement à la visite, monsieur Chartier, responsable de la maîtrise d'œuvre SNCF, a fait un exposé qui a présenté l'ensemble de l'aménagement et plus spécialement les travaux de la future gare.

Monsieur Gomez, responsable de la topographie pour le compte des Chantiers modernes a développé les problèmes spécifiques à cette activité, le tout sous la houlette de mademoiselle Mélanie Jérôme chargée de communication de l'agence ATM/SNCF.



Cliché Image'In



Clichés Image'in

Ce projet est géré par trois maîtres d'ouvrage : la SEMAPA (désignée par la ville de Paris), la SNCF et la RATP. Cette situation est très particulière, car s'il est fréquent de passer des marchés à des groupements d'entreprises, il est plus rare de voir passer des marchés par des maîtres d'ouvrage groupés, ce qui a été fait par l'agence ATM (Austerlitz, Tolbiac, Masséna) laquelle a reçu mandat des maîtrises d'ouvrage et maîtrises d'œuvre pour ces travaux de la part de la RATP et de la SEMAPA. Les financements respectifs pour le Génie Civil sont de 206 MF (35 %) pour Météor RATP, 135 MF (23 %) pour RER C SNCF et 245 MF (42 %) pour SEMAPA.

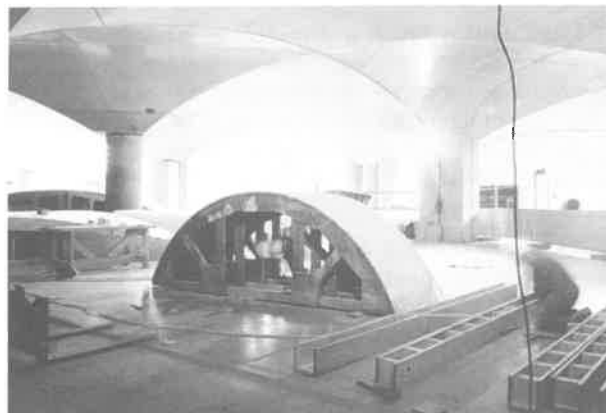
Les principales contraintes techniques étaient : le phasage ferroviaire permettant la construction de l'ouvrage à ciel ouvert en trois phases principales, le respect des gabarits de voies et contraintes d'accès, le phasage lié au système de fondations spéciales et à la tenue de l'enceinte étanche dans les différentes étapes, enfin la complexité et la densité des ferrallages.

Au total 190 000 m² de terrassement, 75 000 m³ de béton, 160 000 m² de coffrages, et 300 personnes sur site. Cette réalisation s'inscrit dans le cadre du projet « Paris Rive Gauche » peu connu du grand public qui vise à la création et au développement d'un nouveau quartier dans le XIII^e arrondissement, lequel servira au rééquilibrage de l'activité économique de l'Est de Paris.

Cet espace accueillera une ZAC sur 130 ha regroupant des logements, des bureaux et des équipements collectifs. L'élément le plus médiatisé en est actuellement la Bibliothèque Nationale de France, inaugurée en décembre 96, faisant suite à l'ouverture du pont Charles de Gaulle en août 96.

Lancée il y a cinq ans l'opération est maintenant bien engagée. 65 ha de la surface de la ZAC étaient initialement occupés par des installations ferroviaires. Réduites à 45 ha leur couverture par une dalle permet de maintenir en place l'activité de la gare d'Austerlitz et d'assurer une continuité de l'urbanisation depuis le cœur du XIII^e jusqu'à la Seine.

Sous cette dalle on retrouvera les trafics de la ligne C du RER et des grandes lignes de la gare d'Austerlitz. Quinze mètres plus bas passera Météor, le métro automatique RATP. Le rôle du pôle d'échanges Tolbiac-Masséna sera de permettre la correspondance de ces modes de transport en commun et d'optimiser ainsi leurs offres de dessertes.



Dès sa mise en service, prévue en 1999, cette nouvelle gare pourra accueillir 50 000 voyageurs/jour, chiffre qui devrait doubler vers 2005 (actuellement 4000 voyageurs/jour).

Située à un niveau intermédiaire, une vaste salle d'échanges (13 000 m²) constitue la plaque d'échange du pôle Tolbiac-Masséna.

Sous le double contrôle SNCF/RATP, elle permettra aux voyageurs de passer de l'un à l'autre des modes de transports. Sa conception en béton blanc assurera une luminosité traitée par un éclairage direct et indirect en teinte chaude qui rappellera la lumière naturelle.

Actuellement ce pôle d'échanges voit la réalisation de sa troisième phase, c'est-à-dire la construction de la poutre centrale permettant la jonction entre les zones côté Seine et côté Chevaleret déjà réalisées.

En janvier dernier le plancher de la future station Météor a été livré à la RATP afin de permettre la continuité de sa voie ferrée et d'entreprendre les essais des automatismes pour les futures rames de cette nouvelle liaison parisienne Madeleine-Tolbiac-Masséna (dans un premier temps).

Parmi les propositions d'aménagement de ce futur quartier dont la réalisation totale s'étalera sur 20 ans notons : La conservation des anciens entrepôts frigorifiques de la SNCF qui seront un point clé de l'activité artistique du XIII^e art. La conservation d'une grande partie des bâtiments des Grands Moulins de Paris, pour accueillir des locaux universitaires. Le remplacement du viaduc de Tolbiac par une dalle à poutres métalliques qui se trouvera intégrée au restant de la dalle de couverture. L'installation d'un collège sur l'îlot MO8. Enfin la création de l'avenue de France au-dessus des voies ferrées, véritable épine dorsale de la ZAC, qui débouchera au niveau de la tête du pont Charles de Gaulle.

Pour situer l'ampleur du projet ajoutons que 2 millions de m² de planchers hors œuvre doivent être construits sur cette ZAC au cours des quinze prochaines années. C'est le plus vaste aménagement de Paris actuellement en cours.

Les commentaires nous ont été faits par Monsieur de Montmarin, chargé de mission de la SEMAPA, devant une superbe maquette de l'ensemble de la ZAC.

Robert Chevalier

Région PACA

L'AFT région PACA a organisé le 20 novembre dernier une visite à la centrale thermique de Gardanne, commentée et guidée grâce à monsieur Gourichon des Charbonnages de France. L'assemblée régionale a tenu son assemblée générale le même jour au Tholonet.

Monsieur Guirand Albert était démissionnaire de son poste de président régional. Un nouveau président et un trésorier ont été nommés lors de cette réunion amicale :

Président : Pierre Cecchinell (société du Canal de Provence)

Trésorier : Francis Renault

Sur notre photo, l'assistance lors de la visite.

Le bureau de la région.



AFT ADHEREZ

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

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

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 : 480 Frs (+ 50 Frs)
- Technicien, Agent de maîtrise, Retraité cadre et ingénieur, Enseignant : 300 Frs (+ 30 Frs)
- Etudiant, Stagiaire, SN, Retraité technicien et agent de maîtrise : 200 Frs (+ 10 Frs)

profession - dans la profession - dans la

intergéogéodätentag

DRESDE

la délégation
AFT.
Robert Chevalier
André Bailly
Daniel Schelstraete



Du 25 au 27 septembre dernier, 280 firmes exposantes sur 2 000 m², une gamme très étendue de matériels - 12 000 visiteurs pour cette importante plate-forme du marché et de la communication dans les technologies du futur en Allemagne - 21 pays ont participé au congrès, la moitié des participants et des visiteurs de l'exposition ont des fonctions d'acquisition de matériels, et 22 % sont conseillers ou influencent les décisions d'achat dans leur entreprise.

Sous le patronage du ministre de Saxe, celui-ci a souligné dans l'allocution de clôture le caractère interdisciplinaire et international de cette manifestation où se retrouvent le secteur public, le privé et les scientifiques et techniciens.

Le prochain congrès se tiendra à Karlsruhe du 17 au 19 sept 97.



tribune des lecteurs

L'article de Claude Luzet sur l'évolution du canevas géodésique national et l'état d'avancement du réseau géodésique français (RGF), paru dans notre dernier numéro, a entraîné la réflexion chez un certain nombre de nos lecteurs. A notre plaisir car c'est l'un de nos buts de susciter la discussion et d'ouvrir nos colonnes aux échanges et aux différentes démarches, qu'elles soient technologiques ou philosophiques, qui traversent la vie de notre profession. Nous encourageons nos lecteurs dans ce sens.

Pour l'illustrer nous publions ci-dessous deux articles/réponse, l'un d'André Fontaine et l'autre de Claude Million.

BIS REPETITA PLACENT

Dans le numéro 69 de « XYZ », on trouve un long article sur l'évolution du canevas géodésique national ». Si on peut remercier l'auteur des précisions qu'il apporte sur la réalisation des nouveaux réseaux, on est contraint de constater que le fond de la rupture entre la NTF et le RBF est allègrement ignoré. Ceci entraîne une approche erronée des problèmes, qui serait pardonnable, si elle ne conduisait à des décisions nationales irréfléchies. On va donc répéter ce qui était déjà contenu dans l'article « géométrie et géodésie », en essayant d'être mieux entendu.

Que sont les coordonnées géodésiques devenues ?

Page 58, C. Luzet écrit « *Le système RGF93 étant plus précis, plus « universel » que le système NTF, ...* ». Le doute n'est plus permis ; géomètres, garde à vous ! à vos coordonnées géométriques ! Certes personne ne doute de la précision et de l'universalité du RGF93 ; mais de quelle exactitude s'agit-il ? par rapport à quel objectif est-elle examinée ? En page 55, on parle du RGF comme « *d'une vision entièrement nouvelle de l'équipement géodésique* ». Mais cette vision est « *liée aux révolutions technologiques* », sans aucune allusion aux changements des concepts, ni aux buts poursuivis.

En fait, les coordonnées RGF93 sont plus exactes en tant que coordonnées trirectangulaires euclidiennes pour toutes les grandeurs géométriques qui en découlent ; en revanche, les coordonnées NTF sont plus exactes en tant que coordonnées géodésiques pour toutes les grandeurs géodésiques qui y sont attachées. Faute de l'avoir compris, on mélange tout et, par exemple, la nébuleuse spirale du croquis de la page 59 ajoute l'inexactitude géodésique des coordonnées RGF93 à l'imprécision de celles de la NTF.

Mais, que sont donc les qualités des coordonnées géodésiques ?

Il suffit de se remémorer les trois phases de la détermination des coordonnées géodésiques pour en comprendre les qualités :

- mesures sur la surface topographique
- réduction de ces mesures au géoïde
- report des mesures réduites sur un ellipsoïde en conservant les angles dièdres et les longueurs.

De par leur définition même, les coordonnées géodésiques d'un réseau fournissent immédiatement par calcul sur l'ellipsoïde (ou sur une représentation plane) toutes les distances sur le géoïde, surface à laquelle se rapportent la majeure partie des activités des hommes qui, comme chacun sait, sont plus à l'aise sur le « plancher des vaches » qu'à planer dans l'espace euclidien. Cette qualité des coordonnées géodésiques est de taille et mérite plus de considération que celle que semble leur porter ceux qui n'en parlent plus.

Pour les points de la surface topographique dont on connaît les coordonnées trirectangulaires RGF93, leurs coordonnées géométriques ellipsoïdales sont calculées dans l'espace par projection sur un ellipsoïde ; elles n'ont aucune raison de conserver les longueurs sur le géoïde. Elles n'ont donc pas cette qualité, on doit tout de même le dire.

À partir de ces constatations simples, on pourrait réfléchir sur les rapports entre ces deux types de coordonnées, discuter des avantages et des inconvénients des unes et des autres, à condition de ne pas les confondre dans le vocabulaire et de ne pas penser qu'elles sont identiques dans leur fond, en croyant qu'elles ne diffèrent que par leur précision. La discussion sur la précision est d'ailleurs une fausse discussion, puisque, à partir des mesures GPS, en suivant la procédure ci-dessus, on pourrait obtenir des coordonnées géodésiques aussi précises que celles de RGF93. Pourquoi le taire ?

Conclusion en forme de prière

Je ne parlerai pas de la troisième coordonnée géodésique, l'altitude, car personne n'a oublié ses qualités. Je ne parlerai pas non plus de la nouvelle projection nationale et des justificatifs qui en sont donnés, j'en pense trop de mal.

Par ce petit supplément à mon précédent article, je souhaite avoir convaincu le lecteur de « XYZ » que, dans tous les domaines de la topométrie, les coordonnées géodésiques d'un réseau sont plus efficaces et plus simples d'emploi que ces coordonnées géométriques. Il me reste donc à m'adresser à ces lecteurs et, comme François Vil- lon, leur demander :

« Mais priez Dieu que tous nous veuillent entendre »

André Fontaine

LE CHOIX D'UNE PROJECTION

Tous les praticiens ont été intéressés de suivre l'évolution des travaux du CNIG qui, depuis 1989, s'applique à définir les spécifications de ce que sera le futur réseau géodésique français. L'article de M. Claude LUZET paru dans le n° 4 de 1996 de XYZ : Évolution du Canevas Géodésique National, fait le point sur ce que sera le réseau géodésique, probablement dans le prochain quart de siècle, et, à ce titre, a certainement retenu l'attention de tous, d'autant que cette occasion qui est offerte d'abandonner un certain nombre de pratiques périmées ne se représentera pas de si tôt ; c'est pourquoi le choix de la projection dans laquelle seront publiées les coordonnées est loin de laisser indifférent.

Le choix de la projection LAMBERT 1993 semble surprenant, surtout que les avantages des autres projections envisageables sont largement passés sous silence : Les travaux de deux générations des géodésiens français semblent avoir cédé devant le simple fait que la projection LAMBERT est bien connue des géomètres français, alors que les géomètres ont l'habitude d'utiliser une projection et que les servitudes qu'entraîne cette utilisation sont les mêmes d'une projection à l'autre, c'est-à-dire d'appliquer des altérations linéaires aux mesures de longueurs, et des corrections aux directions mesurées. On ne s'étendra pas sur les avantages des projections écartées que l'auteur connaît mieux que nous, on ne s'étendra pas non plus sur les désagréments de la projection retenue qui sont ses altérations linéaires, allant jusqu'à 0,40 m par cent mètres, d'autant qu'il les développe lui-même, par des exemples numériques. Toutefois, en dehors des géomètres avertis, les usagers naïfs du théorème de

Pythagore seront peut être surpris qu'un « objet » de 100,40 ne fasse que 100 mètres à Dunkerque.

En outre, on soulignera ce qui n'est pas dit, c'est-à-dire qu'il y aura aussi les corrections angulaires des visées dites de « dv », qui sont la conséquence de la variation de l'altération linéaire, par ailleurs notée comme gênante par l'auteur, et qui tiennent compte du fait qu'une géodésique n'est pas une droite en projection, et que les corrections seront tout à fait ennuyeuses à appliquer en calcul informatique ; alors qu'il n'y a plus lieu d'en tenir compte, en dehors de l'utilisation d'une projection, que d'appliquer une altération linéaire.

Pour tout dire, on ne croit pas que ce type de projection puisse s'imposer ; le fait que les coordonnées géographiques, et les coordonnées géocentriques RGF93 soient toujours fournies, en parallèle avec les coordonnées planes dans la projection, sera un excellent moyen pour mener les calculs en coordonnées sphériques ou tridimensionnelles, car la meilleure projection, dans un contexte de numérisation de tous les points, et de visualisation sur un écran sera : pas de projection du tout !

On sait que le système géocentrique tridimensionnel, dans lequel les calculs géométriques sont très faciles, doit être transformé, pour les utilisateurs, en coordonnées géographiques, et que les objections sont que le système sexagésimal les trouble ; mais il existe aussi le grade ; en outre, rien n'empêche de transformer ces coordonnées angulaires en longueurs sur l'ellipsoïde de référence pour retrouver un contexte familier.

Claude Million

VUES AERIENNES METRIQUES

Toutes échelles - Toutes émulsions : Pour toutes applications

Missions sur mesure ou photothèque

AGRANDISSEMENTS GÉANTS - POSTERS IMPRIMÉS
Travaux photographiques de précision (cartographie)



AU SERVICE DES AMENAGEURS

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

Téléphone : 42.60.05.45 - Télécopie : 42.24.26.04

LA PAGE VOITURE

MEGA une voiture pas comme les autres

R. Chevalier



Pour le grand public, MEGA c'est d'abord des véhicules prestigieux comme la MEGA TRACK présentée au Mondial 94 ou la Monte-Carlo vue au Mondial 96, ainsi que les Mega de compétition qui se sont imposées brillamment au trophée ANDROS.

Mais pour nous géomètres-topographes qui sommes toujours à la recherche de véhicules pratiques et capables d'aller partout (ou presque...) il y a chez ce constructeur français des voitures qui répondent à ces critères.

Conçues dès 1992 dans l'esprit des ex-« Méhan » et autres « Rodéo », la MEGA club (tourisme 4 places) et la MEGA Ranch (utilitaire 2 places) sont des véhicules pratiques, fonctionnels, modulables et entièrement découvrables, conçus pour s'adapter à une clientèle proche de la nature.

Tous ces modèles sont maintenant disponibles en 4 roues motrices, essence ou Diesel, version Tourisme ou utilitaire.

Ils ont tous en commun un châssis très rigide avec une excellente protection contre la corrosion, une carosserie modulaire en matériau composite résistant aux chocs, une mécanique française PSA choisie pour sa fiabilité, une suspension à grand débattement assurant une tenue de route égale à celle d'une grande routière, un look très personnalisé.

Méga a préféré des toits rigides facilement démontables, tant à l'avant qu'à l'arrière, plutôt qu'une bâche classique toujours sujette à des flottements intempestifs à partir d'une certaine vitesse.

Pour la sécurité, tout est bien pensé ; les Méga sont équipées d'arceaux de sécurité, un autour du pare-brise et un autre central permettant l'ancrage des ceintures et protégeant les occupants en cas de tonneau.

Les pontons latéraux présentent une bonne protection en cas de choc transversal et le véhicule a bien sûr reçu l'homologation après le classique passage au crash-test (sans les portes !)

Saluons comme il se doit le développement de cette entreprise française qui a commencé par la production de voiturettes sans permis AIXAM, pour s'investir main-

tenant, entre autres, dans ce créneau des véhicules légers tous chemins, laissé libre par les grands constructeurs et qui viennent en complément des gros 4 x 4 de franchissement produits par ailleurs.

La réussite est spectaculaire :

Déjà 100 concessions en France y compris Corse et DOM-TOM. Exportation sur la plupart des pays d'Europe - Unité de production de 5 000 m² à CHANAS (Isère) et 5 000 m² sur le site du Siège Social situé à Aix les Bains.

En 96 l'extension de la gamme comprend les nouveautés suivantes :

- En Diesel adoption sur tous les modèles du nouveau 1 527 cm³ Peugeot-Citroën unanimement reconnu pour ses qualités.
- Version fourgon (volume utile : 1,42 m³) disponible aussi en version-tourisme 4 places.
- Version Cabriolet disponible maintenant en Diesel 4 roues motrices transformable après décapotage en Pick-up une fois la banquette AR rabattue.

Toutes ces versions sont déclinables en 4 x 4 avec gardes au sol améliorées y compris avec les motorisations Diesel ce qui en fait le plus petit 4 x 4 Diesel du marché.

Quelques caractéristiques :

Longueur : 3.51 m - Poids à vide de 755 à 940 kgs selon les versions - charge utile de 415 à 435 kgs - Vitesse : de 140 à 150 km/h - Garde au sol 140 ou 190 m/m.
Les Prix : H.T. de 61 000 F à 82 000 FF environ pour les utilités ; TTC de 74 800 F à 99 900 F pour les Tourisme 4 places.

Pour tous renseignements : AIXAM-MEGA - BP 112 73101 Aix les Bains Cedex. Tel 04.79.61.42.65



contrôles et mesures de superficies agricoles dans

le cadre de la politique agricole commune



Patrick Adam (Bureau des contrôles de l'ONIC), et Bertrand Boullard (société TOPO SAT)

Introduction

Il y a en France 735 000 exploitations agricoles exploitant une superficie de 30.075 millions d'hectares répartis en terre arables (18.341 millions d'hectares), surfaces en herbe (10.551 millions d'hectares), vignes, vergers ou autres (1.183 million d'hectares). Chaque année, depuis 1992, ils déposent auprès de la DDA des demandes de paiement compensatoire aux cultures arables. Pour 1996 il y a eu 476 000 dossiers déposés pour un total de 30 milliards de francs demandés. Ces primes représentent pour certains la moitié de leurs encaissements. Elles doivent naturellement être vérifiées, et ceci est le rôle de l'ONIC (Office National Interprofessionnel des Céréales). Ce contrôle se fait selon des règles qui sont définies par la réglementation européenne, et qui incluent des mesures de superficie. Les dossiers contrôlés sont choisis par un tirage aléatoire (24 800 cette année).

Dans cet article, nous présentons les règles générales en vigueur, la façon dont l'ONIC s'acquitte de sa mission et le matériel qu'il utilise (GPS), ce qui se fait dans les autres pays européens, et la précision des mesures de superficies lors des mesurages agricoles.

OBJECTIFS et RÉGLEMENTATION

Objectifs

La réforme de la Politique Commune Agricole (P.A.C.) décidée en 1992 avait pour objectif de rééquilibrer les marchés céréaliers. Trois types de mesures ont alors été appliqués :

- Baisse du prix de soutien (prix d'intervention) de 30 % sur trois ans.
- Mise en jachère d'une partie des surfaces cultivées afin de réduire la production.
- Paiement d'aides directes aux agriculteurs calculées en fonction des surfaces cultivées afin de compenser les pertes de revenus découlant de la baisse des prix.

Pour bénéficier de ces paiements « compensatoires », les producteurs doivent déposer chaque année un dossier en Direction Départementale de l'Agriculture. Une partie de ces dossiers, soit 6 % des demandes d'aides, fait l'objet d'un contrôle conduit par l'ONIC sur les exploitations désignées.

Réglementation (campagne 1996)

Parcelles éligibles

Les parcelles éligibles aux paiements compensatoires sont des parcelles cultivées en céréales, oléagineux, protéagineux, et lin non textile qui étaient des terres arables le 31 Décembre 1991. C'est-à-dire qu'elles n'étaient consacrées à cette date ni aux prairies permanentes, ni aux cultures permanentes (vignes, vergers, etc.), ni aux forêts, ni à des utilisations non agricoles.

Surfaces prises en compte

La réglementation précise de façon explicite que la superficie à prendre en compte est la superficie emblavée : « Une superficie de céréales doit être entièrement ensemencée conformément aux normes reconnues localement et entretenue au moins jusqu'au stade de la floraison dans des conditions normales de croissance » (règlement 2780/92, article 4, paragraphe 1). En conséquence, sont normalement exclues du calcul les zones non ensemencées, même lorsque l'utilité de ces zones pour l'exploitation est évidente (chemins permanents ou

non, tourières, fossés, etc.). Une tolérance existe cependant : « *La superficie totale d'une parcelle agricole peut être prise en compte à condition qu'elle soit utilisée entièrement selon les normes usuelles de l'État Membre ou de la région concernée. Dans les autres cas, la superficie réellement utilisée est prise en compte* » (règlement 3887/92, titre IV, article 6). En pratique, pour la France, ces normes (passages d'irrigation, fossés, haies, etc.) sont définies à un stade départemental par arrêté préfectoral dans les limites fixées par la Commission.

Règles spécifiques au gel

Pour pouvoir être gelée, une parcelle doit dans sa totalité être éligible aux paiements compensatoires (voir ci-dessus), avoir été cultivée en vue d'une récolte (ou gelée dans le cadre de ce régime) l'année précédente, ne donner lieu à aucune production entre le 15 Janvier et le 1^{er} septembre, avoir été exploitée par le même exploitant les deux années précédentes ou avoir fait l'objet d'un paiement compensatoire dans une autre exploitation, avoir une surface supérieure ou égale à 0,30 ha cultivable d'un seul tenant et une largeur supérieure à 20 m. Il existe également des gels dits « verts » ou « industriels » permettant sous conditions certaines cultures.

Le taux de gel est un chiffre dont le montant est le résultat d'une apure négociation entre Agriculteurs, Gouvernements et Commission Européenne. Il était pour cette année de 10 % (dix pour cent). Si ce taux n'est pas atteint, la surface en céréales qui peut bénéficier des paiements compensatoires est réduite en conséquence, ainsi que le montrent les exemples suivants :

exemple 1 : 66.50 ha éligible à 10 % font 6.65 ha de gel et 59.85 ha de cultures, la prime est versée pour la totalité selon les répartitions déclarées.

exemple 2 : sur 66.50 ha éligibles, 6 ha sont gelés. Le taux est alors de $6/66,5 = 9,02$ % et donc inférieur à 10 %. La prime portera sur le gel (6 ha) et une surface cultivée réduite à $9 \times 6 = 54$ ha.

Pour éviter l'infestation par des graines néfastes pour l'ensemble des usages actuels ou futurs de la parcelle gelée ou des parcelles environnantes, des conditions d'entretien assez strictes sont imposées. Leur non respect constaté lors du contrôle se traduit dans un premier temps par une baisse de 50 % de la prime sur cette parcelle puis sur les autres parcelles gelées si le défaut d'entretien n'est pas rapidement corrigé.

Comme toute règle, celles présentées ci-dessus admettent un certain nombre d'exceptions et de conditions d'applications qu'il serait long d'énumérer ici.

Les procédures de contrôles en France et en Europe

La Commission laisse à chaque État Membre le choix de la méthode (télédétection, photos aériennes, contrôle terrain) mais impose un certain pourcentage de contrôles. En France, les trois techniques ont été utilisées répartie cette année de la façon suivante :

- Télédétection : 4 425 contrôles dont 1 507 ont fait l'objet d'un retour sur le terrain,
- Photos aériennes : 1 152 contrôles,
- Approches terrestres : 23 316 contrôles terrestres sur lesquels 1 774 parcelles ont fait l'objet de mesures par GPS (15 000 ha environ).

Dans ce qui suit, nous examinerons ce dernier aspect plus en détail.

L'ONIC et la Topographie

Lors de la première campagne, l'ONIC (Office National Interprofessionnel des Céréales) a dû s'organiser avec le personnel permanent de ses 17 directions régionales et le renfort d'environ 600 vacataires recrutés pour la durée des contrôles. Il n'y avait pas alors de compétence topographique et seules des mesures sommaires au topofil en complément de l'utilisation des planches cadastrales ont été effectuées. Ce problème n'était pas uniquement celui de la France mais celui de tous les États Membres, et la Commission a imposé d'années en années plus de rigueur dans ces mesures.

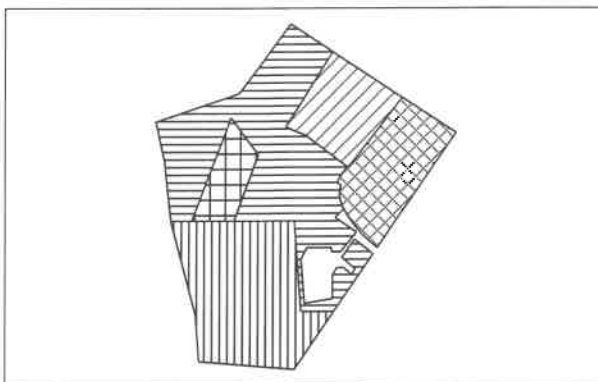
En 1994 l'ONIC, assisté par la société TOPO-SAT, a expérimenté deux techniques :

- Topographie classique avec deux stations totales, dont l'une manipulée par un opérateur géomètre et la seconde par un agent ONIC, dans les régions de Amiens, Lille, Orléans, et Dijon.
- Mesurages par GPS dans les Landes, avec des Pathfinder de chez Trimble, récepteur différentiel à traitement de code remplacé maintenant dans la gamme par le GeoExplorer.

L'analyse des résultats a montré la difficulté des mesures classiques : changement de stations nombreux dès qu'il y a un peu de vallonnement ou des cultures hautes (maïs), obligation de recourir à un opérateur entraîné, mobilisation de deux agents, durée de mise en œuvre. En revanche, le GPS s'est montré plus simple d'utilisation pour un non professionnel de la topographie.

Après cette première expérience et pour répondre aux exigences de la Commission, l'ONIC s'est équipé en matériel GPS et a confié à la société TOPO-SAT la formation de son personnel. Ces formations se décomposent en deux cycles : formation aux techniques de mesures de surfaces (bases de topographie, calculs par différentes méthodes, commentaires sur la précision des mesures et celle des planches cadastrales) et formation spécifique à l'utilisation du GPS. Au total, en l'espace de deux ans, plus de soixante agents ont été appelés à suivre ces cycles.

La qualité des relevés effectuée par des agents après seulement deux ou trois jours de formation pour certains est illustrée par le plan d'exploitation joint.



Plan d'exploitation relevé par GPS

Comparaison avec les autres États Membres

L'ONIC dispose actuellement de 42 récepteurs GPS ; 8 couples de Geo-Explorer (Trimble) achetés en 1995 et 13 couples de MX8600 (Leica) acquis en 1996. Ces chiffres sont à comparer avec ceux des autres États Membres :

	Nombre	Marque
Allemagne	24	Ashtech, Satcon, Trimble,
Autriche	2	Satcon
Belgique	0	
Danemark	0	
Espagne	19	Tragsa (Novatel)
Finlande	2	Novatel
France	42	Leica, Trimble
Grèce	0	
Irlande	2	Ashtech
Italie	0	
Luxembourg	0	
Pays Bas	10	Trimble
Portugal	16	Trimble
Royaume Uni	2	Sokkia
Suède	2	Ashtech

(source Séminaire GPS d'Octobre 1996 ; CCR d'Ispra)

La France, et les Pays Bas fonctionnent avec des équipes utilisant un couple de récepteurs, ce qui permet le calcul différentiel en post traitement sur le site ; l'Autriche et la Suède travaillent en différentiel temps réel (DGPS) ; l'Allemagne met en œuvre les deux méthodes. L'Espagne et le Portugal ont recours à une station de référence unique et du post traitement au bureau en retour de mission. Les autres pays sont encore à un stade expérimental.

L'engagement des responsables de l'ONIC en charge du dossier, et leur étroite collaboration avec la société TOPO-SAT tant dans l'analyse des besoins que dans leur mise en place, ont permis de placer la France en tête dans la liste des pays capables d'assurer un contrôle de superficie de qualité (nombre d'équipements et de compétence des contrôleurs).

Bilan de la campagne 1996

Il est important de souligner que les directives définies par l'ONIC en matière d'utilisation du GPS prévoient un recours au GPS dans les cas de contestation ou de difficulté de vérifier les cohérences par cadastre et topofil (forme irrégulière, doute issu du rapprochement des planches cadastrales avec la déclaration, etc.). L'analyse présentée ci-après a porté sur les informations disponibles au 6 septembre dans chaque service régional. Ces données provisoires ne représentent qu'une partie des mesures réalisées. La taille de l'échantillon (1 125 mesures totalisant 9 455 ha, sur un total de 1 774 mesures et 15 000 ha) est suffisante pour dégager quelques tendances.

Écarts constatés

Taille des parcelles	Nbre	Sd > Sm		Sd < Sm	
		Nbre	%	Nbre	%
< 1 ha	112	84	75 %	28	25 %
de 1 à 3 ha	270	163	60 %	107	40 %
de 3 à 5 ha	188	125	66 %	63	34 %
de 5 à 10 ha	258	151	59 %	107	41 %
de 10 à 15 ha	116	74	64 %	42	36 %
Plus de 15 ha	181	99	55 %	82	45 %
TOTAL	1 125	696	62 %	429	38 %

Sd : Surface déclarée, Sm : Surface mesurée.

On voit que dans 6 cas sur 10, la surface mesurée est inférieure à la surface déclarée. Ceci est essentiellement dû à la prise en compte des surfaces cadastrales dans les demandes de primes en lieu et place des superficies emblavées. Les écarts sont proportionnellement plus fréquents et plus importants dans les petites parcelles que dans les grandes (pour des raisons techniques détaillées plus loin).

Perception du système lors des contrôles

Les agents qui l'utilisent perçoivent le système GPS comme un instrument fiable dont l'usage apporte une valorisation professionnelle. Les agriculteurs en ont généralement une approche positive. L'interrogation ou la méfiance constatées lors de la première campagne disparaissent progressivement du fait des articles parus dans la presse professionnelle et les informations transmises par voie syndicale. Par ailleurs, la visualisation à l'écran immédiatement après le relevé de la parcelle mesurée apporte une garantie de véracité des résultats. En deux ans, il n'y a eu que deux contestations des mesures donnant lieu à l'intervention d'un géomètre expert (mesures ONIC confirmées).

Perspectives d'évolution

L'ONIC prévoit pour cette année une pause dans ses investissements, en raison de l'avance dont il dispose par rapport aux autres États Membres, il suit cependant, avec le concours de la société TOPO-SAT, l'évolution des techniques. La principale attente est l'utilisation du temps réel (DGPS), de préférence par adaptation de ses matériels. Ceci tend à se généraliser dans les pays du Nord de l'Europe qui disposent d'une couverture RDS quasi exhaustive (émission radio des corrections différentielles par un service public ou privé), mais n'est pas encore développé en France, essentiellement pour des raisons administratives (autorisation France Télécom).

Précision des mesures

Tous les topographes lecteurs (ou non) de cette revue savent, et personne n'en doute, mesurer exactement une surface. Mais, (malheureusement !), le recours à la prestation de services est exclu tant par ses incidences juridiques que pour des raisons de coût de revient. La difficulté de la tâche sur le sujet qui nous préoccupe est d'obtenir une « bonne » précision avec des appareils de faible coût et des personnels non topographes, et ce dans tous les paysages agricoles rencontrés en France. Toutes ces considérations ont fait rejeter les mesures par station totale ou celles par GPS différentiel à traitement de phase.

Les impératifs.

Ceux résultant directement de la législation sont assez vagues dans leur formulation. En effet, la réglementation européenne (3887/92, titre IV, article 6) stipule : « *La détermination de la superficie des parcelles agricoles se fait par tout moyen approprié défini par l'autorité compétente et garantissant une exactitude de mesurage au moins égale à celle requise pour les mesurages officiels selon les dispositions nationales* ». Mais il n'existe pas en France de définition légale de l'incertitude sur une mesure de surface. En effet, les seules tables disponibles, et auxquelles se réfèrent une convention passée entre l'ONIC et l'Ordre des Géomètres Experts, sont extraites d'un arrêté interministériel du 24 février 1951. Or cet arrêté est abrogé (et remplacé par celui du 21 Janvier 1980 qui ne fait nullement référence aux surfaces) et de plus la tolérance décrite n'avait trait qu'à la différence entre deux déterminations graphiques d'une contenance sur plan (planimètre) et non à la précision de mesurage sur le terrain.

Il reste ceux résultant des conséquences d'un écart constaté sur le traitement des primes, qui sont parfaitement clairs :

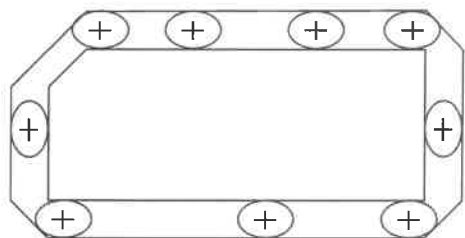
- Lorsque l'écart entre la surface déclarée et la surface constatée représente moins de 2 ha et moins de 3 % de la surface constatée, le montant du paiement est établi à partir de la surface constatée.
- Si cet écart est supérieur à 3 % ou à 2 ha, sans dépasser 20 % le paiement est établi à partir de la surface constatée, diminué de deux fois l'écart.
- Si cet écart représente plus de 20 % de la surface constatée, la surface ne bénéficiera d'aucun paiement compensatoire.

Ces règles ne s'appliquent que s'il n'y a pas de fausse déclaration (faite par négligence grave ou de façon délibérée) car dans ce cas il n'y a aucun paiement effectué pour la campagne en cours, voire la suivante, et possibilité de poursuites pénales.

Modélisation et quantification de l'incertitude.

Cette approche a fait l'objet de deux rapports d'étude rédigés en 1995 et 1996 par la société TOPO-SAT pour la Commission Européenne (DG VI Agriculture).

Chaque point levé participant à la définition du contour d'une parcelle est affecté d'une incertitude liée à l'instrument et à la méthode de mesure. Le point exact est en réalité situé à l'intérieur d'une ellipse d'équiprobabilité. La surface exacte (non connue) sera comprise entre celles définies par les enveloppes intérieures et extérieures à ses ellipses.



Incertainitude sur la définition d'un contour

L'incertitude maximale sur la mesure de surface peut être calculée comme étant le produit du périmètre par la largeur de la bande d'incertitude (largeur égale au rayon

de l'ellipse perpendiculaire au contour ou à la moitié de la distance séparant les deux enveloppes). Elle n'est pas proportionnelle à la surface mais dépend de la compacité de la parcelle. À méthode identique, et donc à largeur de bande égale, elle est en valeur relative plus importante sur les petites surfaces que sur les grandes ainsi que le montre le tableau suivant, calculé pour une bande d'incertitude de largeur 1 m :

Forme	dimension m	S m ²	P m	I m ²	Ir %
carré	100 × 100	10000	400	400	4
rectangle	50 × 200	10000	500	500	5
carré	400 × 400	160000	1600	1600	1
rectangle	200 × 800	160000	2000	2000	1.25

En réalité, l'incertitude sera inférieure à l'incertitude maximale, par le jeu des compensations existant entre écarts positifs et écarts négatifs.

Incertainitude lors des mesures GPS

Les récepteurs utilisés permettent les corrections différentielles par traitement de code. Ils sont donnés par les constructeurs pour fournir une précision de l'ordre de 2 à 5 m pour les uns, mieux que le mètre pour d'autres. En réalité, ces valeurs sont souvent des valeurs RMS ou CEP obtenues après moyenne sur un laps de temps. La détermination du contour par le relevé de quelques points particuliers serait trop imprécise. Le relevé en continu, en suivant le bord de la parcelle et en enregistrant à la cadence d'un point toutes les 5 secondes donne de bons résultats, de par l'effet de compensation évoqué plus haut (la position exacte de la parcelle ou sa forme ne nous intéressent pas, seule sa superficie est recherchée).

Des tests portant sur plusieurs centaines de parcelles simulées ou réelles (Finlande, France, Italie, Portugal) ont montré que la bande d'incertitude maximale est en moyenne de l'ordre du mètre, avec un appareil de précision nominale 2 à 5 mètres. Ces valeurs sont compatibles avec les recommandations émises par la Commission, et la difficulté à apprécier, sur certaines parcelles, la limite exacte de culture (ou de zone gelée). Elles interdisent cependant les mesures sur des parcelles trop petites, sauf en recourant à des répétitions. Ceci n'est pas trop gênant, car les équipes GPS de l'ONIC sont suffisamment occupées pour ne pas intervenir sur des contrôles à incidence financière faible.

Conclusion

L'utilisation du GPS présentée dans cet article témoigne, comme de nombreux autres articles parus ou à venir, de la simplification que cette technique apporte à notre profession. Mais elle montre aussi que la topographie de moyenne précision est maintenant très facilement accessible à des non professionnels, phénomène qui ne peut que s'accroître avec la baisse des prix et l'amélioration de la précision et de l'ergonomie des matériels. Il serait vain de tenter de se protéger de cette concurrence par un verrouillage des lois, tant la masse des utilisateurs potentiels est grande. Il nous faudra au contraire analyser rigoureusement les besoins de nos clients afin d'éviter de leur proposer des solutions trop onéreuses en regard des précisions recherchées, ce qui ne pourrait que les inciter à chercher ailleurs.



**ION
GPS
96**

Claude Million

Kansas-City - septembre 96 - Compte rendu de la neuvième réunion internationale de la division des satellites de l'Institut de Navigation.

Depuis 1988 se tient, chaque année, une réunion internationale de l'« Institute of Navigation » en abrégé ION, au cours de laquelle sont présentées les nouveautés de l'année concernant l'utilisation des satellites pour le positionnement, appliqué aux utilisations les plus diverses, allant du pilotage automatique de machines agricoles, au suivi des taxis dans une grande ville, en passant par la topographie la géodésie et, bien entendu, par les aides à la navigation aérienne, maritime ou terrestre.

Les buts de l'Institute of Navigation, qui est une association sans buts lucratifs, sont de favoriser le développement des arts et de la science de la navigation en direction de diverses organisations du même type intéressées par la navigation spatiale aérienne, maritime et terrestre et par la détermination des positions. ION, qui est une organisation nationale américaine, est affilié à l'« International Association of the Institutes of Navigation ».

On a choisi, dans les publications de cette réunion les contributions les plus significatives qui seront très brièvement résumées :

Rappelons, d'abord, que l'utilisation des systèmes militaires de satellites par des civils est organisée en recevant dans une première phase les satellites militaires de GPS dans des stations civiles indépendantes des quatre stations bien connues de la marine des Etats-Unis, pour calculer les orbites et les diffuser aux utilisateurs civils. L'utilisation de GPS seul par les civils comprend un certain nombre d'actions regroupées sous le terme de GNSS1. En deuxième phase, GNSS2, on verra plus loin qu'on prévoit la réception simultanée des satellites GPS et GLONASS. On verra aussi qu'il est probable que GNSS3 verra le lancement de satellites purement civils.

De nombreux problèmes se posent pour utiliser les signaux reçus de 48 satellites, en dehors de ceux liés à l'électronique, essentiellement, pour ce qui nous intéresse, dans la réalisation des référentiels des temps et des référentiels terrestres. Il ne suffit pas, en effet, que les définitions des temps et des référentiels soient les mêmes pour les deux réseaux, les « réalisations » particulières de l'un et de l'autre présentent, par rapport aux définitions, des défauts matériels inévitables.

On espère ainsi pouvoir disposer, en permanence, d'au moins 14 satellites, dont 12 seront en situation parfaite de réception ; dans l'avenir, des satellites civils viendraient encore améliorer cette situation.

Ce sont les publications ayant trait à ce nouveau pas en avant qui ont essentiellement retenu notre attention.

Session A2 LES NOUVEAUX MATÉRIELS

Günter Heinrichs, Siegfried Götz - Le GNSS 200 Caractéristiques et performances d'un récepteur totalement intégré à 12 canaux, code C/AGPS et GLONASS.

GLONASS est devenu un élément essentiel du système civil de navigation par satellite GNSS2. En associant la réception des signaux GPS et GLONASS on se donne des avantages par rapport à ceux qui ne reçoivent qu'un seul des deux ensembles de satellites. L'article décrit un récepteur lancé par la firme MAN Technologie AG.

L'article indique que la précision obtenue en point isolé est telle que 95 % des points sont contenus dans une sphère d'un rayon de 15 mètres au lieu de 100 mètres pour GPS seul.

Franck Van DIGGELEN - La famille des récepteurs GG de ASHTECH :

Ashtech a lancé une nouvelle famille de récepteurs.

Tous ces récepteurs ne reçoivent que la longueur d'onde L1, ils utilisent les découvertes les plus récentes concernant les grandes précisions, les mises à jour les plus rapides, les capacités de réception sur des plateformes très rapides, des premières réceptions très rapides, les protections contre les multitrajets, essentiellement la possibilité de recevoir les satellites russes de GLONASS, une capacité de détecter et de rejeter les erreurs de mesures importante (RAIM), une très faible consommation, et une taille réduite.

Comme dans beaucoup de nouvelles familles celle-ci débute avec deux produits le récepteur GPSG 12, et le récepteur GPS + GLONASS GG 24.

S.A. GOUREVITCH, S. SILA-NOVITSKY, F. Van DIGGELLEN - Le récepteur combiné GG 24 de GPS + GLONASS.

Il y a au moins trois raisons pour utiliser des récepteurs combinés GPS et GLONASS afin d'améliorer les résultats de façon spectaculaire :

- 1°/ GLONASS n'a pas d'accès sélectif.
- 2°/ On double le nombre des satellites utilisables.
- 3°/ Pour GLONASS une cadence d'acquisition qui peut atteindre 20 points par seconde.

Alors que l'amélioration lorsqu'on travaille en autonome ou en point isolé est évidente, puisque GLONASS n'a pas d'accès sélectif, l'amélioration en mode différentiel paraît plus problématique. En point isolé le GG 24 permet une erreur globale à 95 % de chance d'être inférieure ou égale à 16 mètres au lieu de 100 mètres pour GPS seul, dans les mêmes conditions.

Il est bien connu que les grandes précisions obtenues avec les doubles différences de la phase de GPS sont dues à ce que la même fréquence partagée par tous les satellites et les parcours identiques des ondes permettent d'annuler la plus grande partie des erreurs parvenant au récepteur.

Les essais montrent que sur les doubles différences de phase les écarts sont de 0,01 cycle entre GPS et GLONASS soit 2 m/m alors que les doubles différences sur les pseudo-distances sont de 5ns soit 1,50 m.

Session A3 - PERFORMANCES COMPARÉES DE GPS ET DE GLONASS

Udo ROSSBACH, Heinz HABRICH, Nestor ZARRAOA - Les paramètres de transformation entre PZ 90 et WGS 84.

Depuis janvier 1996 la constellation des 24 satellites russes de GLONASS est complète. Les deux systèmes utilisables diffèrent non seulement par leurs matériels de réception, mais aussi par leurs référentiels.

Pour les deux systèmes l'origine des coordonnées est le centre des masses de la terre.

L'axe Z est parallèle à la direction de l'origine conventionnelle Internationale (CIO) définie par l'ancien bureau International de l'heure devenu IERS pour GPS, alors que pour GLONASS c'est la direction du pôle Nord à la date 1900-1905 qui définit cet axe.

Par conséquent, l'axe des X est dans le plan équatorial défini ci-dessus passe par le méridien origine défini par l'IERS (coordonnées des laboratoires internationaux obtenues par VLBI) pour GPS, et par les coordonnées fixes des stations russes pour GLONASS.

Les paramètres sont, a priori, ceux d'une translation-rotation sans similitude puisque les unités de mesure, le mètre et la seconde, sont les mêmes pour les deux systèmes. Pour cela on a stationné les stations de poursuite européennes en système ITRF avec des récepteurs GLONASS et leurs positions ont été déterminées en système PZ 90, les auteurs ne disent pas avoir fait des observations symétriques des sites de poursuite russes avec des récepteurs GPS.

Après discussion, le seul paramètre significatif est une rotation autour de Z de 0,33'', pour des résidus de 0,10 m sur les mesures.

On doit noter que ces différences de référentiels doivent s'annuler par différence des observables, comme s'annulent, habituellement, les erreurs sur les positions des satellites des seuls satellites GPS dans les procédés différentiels (DGPS).

Session C2 - LOCALISATION CINÉMATIQUE ET RÉOLUTION DES AMBIGUÏTÉS

David WALSH et Peter DALY - Résolution des ambiguïtés de phase de la porteuse en GPS et GLONASS.

La difficulté résulte dans l'utilisation des porteuses de GLONASS, en effet tous ses satellites utilisent le même code, mais les longueurs d'onde émises sont différentes, et permettent de les identifier ; alors que c'est l'inverse pour GPS qui ne peut identifier les satellites que par leurs différents codes puisque les porteuses sont les mêmes.

Les auteurs recommandent de résoudre les ambiguïtés par GPS et, à partir de là, de déterminer les biais de GLONASS comme des valeurs initiales d'étalonnage et de poursuivre avec les observations des deux systèmes.

Session D2 GEODESIE ET TOPOGRAPHIE

Peter D. KOPCHA et Boudewijn. H.W. Van GELDER - Une étude sur la précision des paramètres d'orientation de la Terre par la DMA (Administration de Cartographie Militaire).

La diffusion d'éphémérides par les satellites GPS impose de prévoir les mouvements des systèmes de référence par rapport à leur définition ; pour certains de ces mouvements les prévisions sont faciles car les phénomènes sont bien étudiés, modélisés, et compris ; c'est le cas, notamment, de la précession et de la nutation, il n'en est pas de même pour d'autres mouvements des référentiels tels que la rotation de la terre, c'est-à-dire la longueur du jour, et des mouvements de l'axe de rotation instantané de la terre par rapport à sa définition fixe, selon les auteurs, il n'existe pas de modèle acceptable, on doit donc se servir des observations passées pour prévoir les mouvements futurs par extrapolation, par des formules assez compliquées qui ressemblent à des « modèles ».

La précision des prévisions diminue fortement avec le temps ce qui amène à traiter des données de plus en plus récentes sur un temps très long pour déterminer les quelques 35 coefficients des formules d'extrapolation sur les 435 jours du cycle de CHANDLER, et les 35 jours minimum nécessaires pour entrer dans les formules d'extrapolation prévoyant la valeur de UT1-UTC.

Les précisions, en écart type, sont de 0,2 milliseconde d'arc (environ 7 m/m) pour chaque coordonnée de l'axe instantané de rotation, et de 0,02 milliseconde de temps pour la différence UT1-UTC (environ 1 cm à l'équateur).

Yozef MELZER, Moshe ROSENBLUM et Yaron FELUS : La détermination des altitudes orthométriques par GPS sans se servir d'un modèle du géoïde.

ENTREZ DANS LE MONDE GPS AVEC TOPCON



GPS TOPCON TURBO-SII

**Une précision de moins d'un centimètre
qui vous permet de déterminer la position d'un tee de golf.**

Le premier récepteur GPS maniable, bi-fréquence, code P qui offre une précision sous le centimètre.



Bi-fréquence avec longueur d'onde entière

Le nouveau TOPCON Turbo-SII fournit une précision que seul un GPS bi-fréquence peut assurer. Il génère une longueur d'onde entière, porteuse des données permettant une résolution plus rapide des ambiguïtés. Ceci confère au Turbo-SII des mesures de pseudo-distances et de porteuse les plus précises du marché. Sa méthode de recherche élimine les sauts de cycle de manière virtuelle. Et sa technologie unique de recherche fine vous permet même de recevoir les plus faibles signaux des satellites jusqu'à une finesse de 0 degré.

Facilité d'utilisation et maniabilité sans précédent

Avec un poids d'un kilogramme, le Turbo-SII est le premier récepteur GPS bi-fréquence réellement portable. Avec ses 2 Mo de mémoire interne, il n'est pas nécessaire d'ajouter des cartes mémoires supplémentaires onéreuses.

Programme Turbo Survey : souple et convivial

Le programme optionnel Turbo Survey est conçu sous Microsoft Windows pour le traitement des données. Son utilisation permet de calculer rapidement les positions des stations et les coordonnées précises de la ligne de base. De nouvelles méthodes propriétaires compensent l'erreur induite d'ionosphère, et automatiquement, le programme ajuste ses algorithmes à la correction des effets de la couche ionosphérique.

Correction par la méthode des moindres carrés

Le module de correction des données Turbo Net est inclus avec le logiciel Turbo Survey sans supplément de coût.

*Ce système vous permet de travailler dans les modes :
statique, rapide statique, différentiel temps réel, et cinématique.*



TOPCON S.A.R.L.
Département Topographie

104-106, rue Rivay - 92300 LEVALLOIS-PERRET
Tél. : 01.41.06.94.90 • Fax : 01.47.39.02.51

Les auteurs mesurent localement la pente du géoïde en combinant les mesures GPS et des mesures faites avec un nivellement indirect de précision. Ils tirent des comparaisons entre les **différences de niveau** faites au théodolite avec une mesure électronique des distances, et les **différences de hauteurs ellipsoïdales** données par GPS, une mesure locale de la pente du géoïde.

Dans le désert, en l'absence de toute autre donnée, cette méthode donnerait, à bon compte, une définition décimétrique du géoïde.

Session D3 APPLICATIONS À L'ESPACE

Ilan BITON, Mark KOIFMAN, Ithzak BAR-IthZACK : La solution directe des équations GPS.

Il est proposé une méthode de calcul des points GPS par une linéarisation directe des équations d'observation - (Voir notre article dans XYZ n° 68, la démarche qu'on avait adoptée ressemble beaucoup à celle de ces auteurs) - puis les auteurs font judicieusement remarquer qu'il est possible d'étendre le calcul de compensation par les moindres carrés à toutes les observations, et non plus de la restreindre aux quatre qui donnent une solution unique, et de traiter toutes ces observations de la même manière, ce qui donne une solution immédiate, qui évite d'avoir à refaire une compensation classique après avoir calculé le point approché par la solution directe.

Il est ensuite proposé de rendre stochastiquement correcte la solution ainsi obtenue par le calcul d'une inverse généralisée (pseudo-inverse) particulière de l'équation normale.

La convergence serait plus rapide et le calcul aussi précis que le calcul classique par les moindres carrés.

Session E1 DES SOLUTIONS AUX PROBLÈMES CONCERNANT GNSS, GPS, ET GLONASS

Christophe TEXIER, Éric FRAYSSINHES : Un scénario pour le renforcement progressif de la seconde génération de GNSS.

Parmi les futurs renforcements à prévoir pour de GNSS2 les auteurs développent les possibles lancements de satellites civils de radio-localisation par les organisations internationales, complétant régionalement, en tant que de besoin, les constellations mondiales de GPS et de GLONASS, pour les utilisations civiles.

Ils envisagent trois possibilités :

- 1°/ Des satellites géostationnaires.
- 2°/ Des satellites géosynchrones inclinés qui ne balayeraient que des continents particuliers ou des régions plus réduites.
- 3°/ Des satellites à orbite elliptique dont seules les observations faites au voisinage du périégée seraient utilisables pour les zones arctiques.

Les auteurs discutent les différentes solutions et les performances liées aux nouvelles constellations en termes de GDOP.

Session F1 - LOCALISATION PRÉCISE PAR L'UTILISATION DE RÉSEAUX D'APPUI

Thomas P. YUNCK et al : Un Système prototype de GPS différentiel applicable à une vaste région donnant, en temps réel, une précision meilleure que le mètre dans le monde entier.

La NASA envisage de mettre en œuvre, pour ses besoins scientifiques, un système prototype de GPS différentiel applicable à une vaste région donnant, en temps réel, une précision meilleure que le mètre dans le monde entier, en réalité, ils espèrent obtenir rapidement une précision de l'ordre de 10 cm grâce aux améliorations envisagées, dès 1998.

Pour cela il est envisagé de mettre en œuvre des stations fixes de réception des signaux des satellites qui diffuseraient, via INTERNET, en temps presque réel des données quasi-instantanées :

- Les orbites corrigées diffusées avec une précision allant de 2 à 10 mètres pour une moyenne de 5 mètres en premier lieu, pour atteindre moins du mètre à échéance propre.
- Des corrections rapides sur les pseudo-distances, qui ne seront, en définitive, que des corrections d'horloge.
- Des corrections ionosphériques extrêmement performantes par la mise à jour permanente d'une tessellation ou d'une grille donnant les valeurs du retard ionosphérique sur la sphère, de telle sorte qu'une rapide interpolation bilinéaire permette d'accéder à la correction ionosphérique pour un rayon normal à la couche ionisée ; la couche ionosphérique a la forme d'un œuf dont la pointe reste orientée vers le soleil, qui présente, en outre, deux ombilics aux deux pôles magnétiques, et une importance qui est en rapport avec l'activité et le nombre des taches solaires.

Les auteurs étudient, en détail, les délais de réception de ces données par les récepteurs des utilisateurs, et donnent, en finale, un calendrier des réalisations.

La prochaine réunion de l'« Institute of Navigation » se tiendra, à nouveau, aux mêmes dates, l'année prochaine, à KANSAS-CITY, Missouri.

Olivier Chaumontet (SIVOM des Maures et du Golfe de st. Tropez)

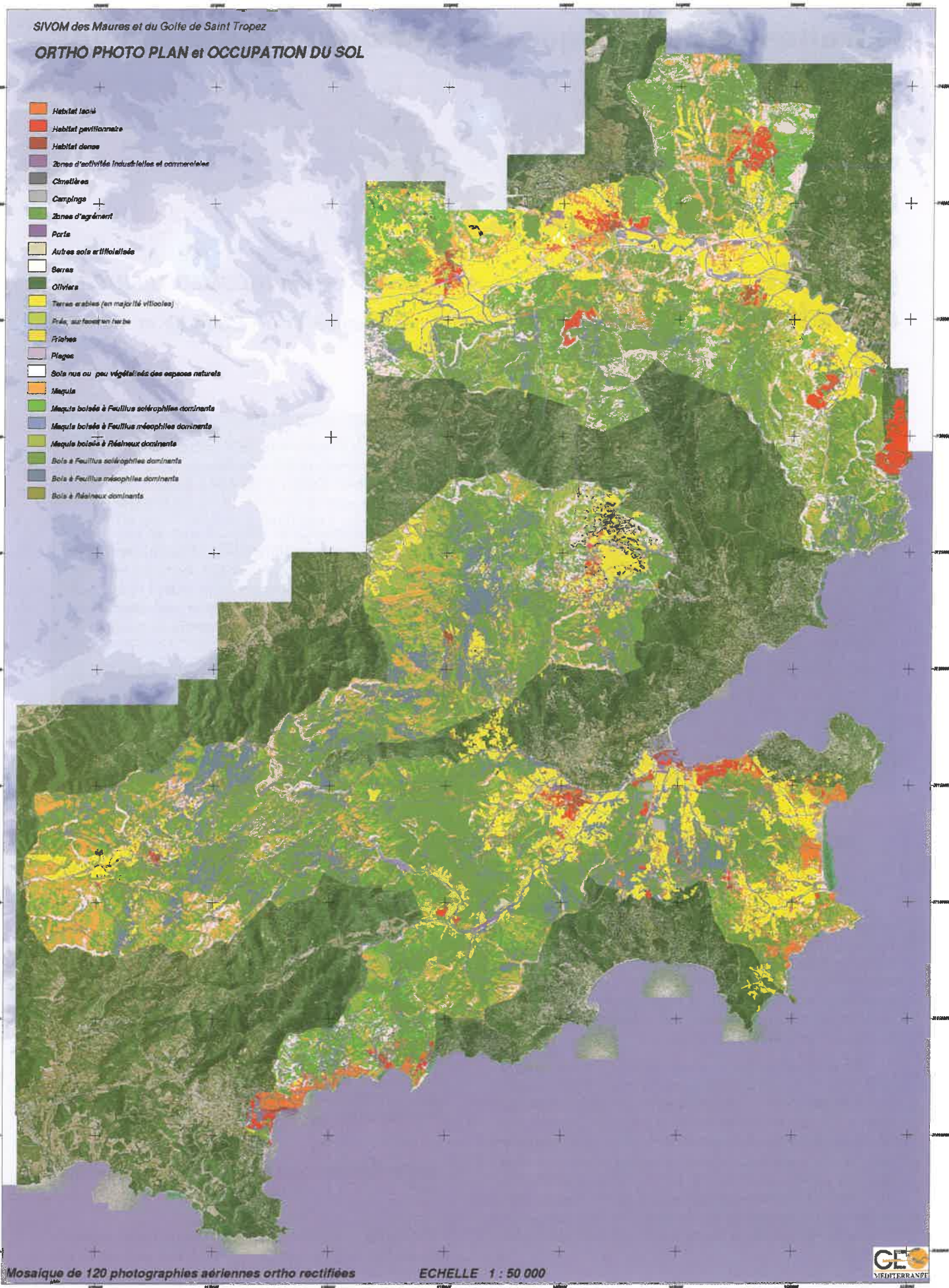
Cette expérience met à jour les potentialités en matière de traitement automatique d'images aériennes et de ce fait les nouvelles réponses susceptibles d'être apportées aux gestionnaires de l'espace en terme de cartographie à grande échelle.

Certains outils développés pour le traitement des images satellitaires peuvent aujourd'hui être appliqués à la

SIVOM des Maures et du Golfe de Saint Tropez

ORTHO PHOTO PLAN et OCCUPATION DU SOL

- Habitat isolé
- Habitat pavillonnaire
- Habitat dense
- Zones d'activités industrielles et commerciales
- Cimetières
- Campings
- Zones d'agrément
- Parcs
- Autres sols artificialisés
- Serres
- Oliviers
- Terres arables (en majorité viticoles)
- Près, sans fenestron (herbe)
- Friches
- Plages
- Sols nus ou peu végétalisés des espaces naturels
- Maquis
- Maquis boisés à Feuillus sclérophylles dominants
- Maquis boisés à Feuillus mésophiles dominants
- Maquis boisés à Rhénieux dominants
- Bois à Feuillus sclérophylles dominants
- Bois à Feuillus mésophiles dominants
- Bois à Rhénieux dominants



Mosaïque de 120 photographies aériennes ortho rectifiées

ECHELLE 1 : 50 000



photographie aérienne. C'est le cas du logiciel GEOIMAGE qui dispose d'une chaîne complète de traitement de ces données.

Les photos une fois scannées, des interfaces permettent :

- des prétraitements radiométriques de correction d'éclairement ou d'amélioration de contraste,
- des traitements géométriques de rectification et d'assemblage,
- des traitements radiométriques et texturaux de classification d'images,
- une interface de P.I.A.O. (Photo Interprétation Assistée par Ordinateur) permet d'intégrer ce qui n'a pu être discriminé automatiquement dans l'image.

Ces outils permettent à l'utilisateur de s'affranchir du « papier » pour disposer de données numériques :

- homogènes sur de vastes surfaces,
- en adéquation géométrique avec d'autres documents cartographiques,
- permettant d'employer des logiciels de classification automatique d'images.

Les résultats obtenus peuvent alors directement être intégrés dans des Systèmes d'Informations Géographiques, soit comme support visuel, soit sous forme de données thématiques. Ceci n'empêche évidemment pas de retourner au support papier pour la présentation des résultats.

Une orthophotographie sur les communes du SIVOM des Maures

L'étude portant sur le SIVOM des Maures (11 communes) a nécessité le traitement de 120 photographies aériennes (échelle de prise de vue : 1/20 000). L'orthorectification de ces images implique de disposer d'un Modèle Numérique de Terrain. La société GEOMEDITÉRANÉE avait déjà cette information, elle a donc pu rectifier les images une fois scannées et les assembler en une mosaïque sans limites radiométriques visibles.

L'ortho-image ainsi constituée a été fournie au SIVOM pour être affichée « en fond d'écran » dans son Système d'Informations Géographiques (GEO CONCEPT).

Le traitement de l'image à la fois automatique et par P.I.A.O. a permis de réaliser la carte de l'occupation du sol.

- Le milieu naturel a été traité en automatique. Quatre formations ont été discriminées :
les bois,
les maquis boisés
les maquis
les sols nus.

Dans les bois et les maquis boisés il y a une distinction d'essence (feuillus mésophiles, feuillus sclérophiles, Résineux).

- Le domaine agricole a été photo interprété et concerne les thèmes :
oliviers,

serres,
prairies,
vignoble.

- Le domaine artificiel a été traité par analyse texturale et par PIAO pour distinguer :
le bâti diffus,
le bâti pavillonnaire,
le bâti dense,
les infrastructures industrielles, portuaires, commerciales...,
les zones d'aménagement divers (campings, golf...).

Il est bien entendu que chacun de ces thèmes est défini par son emprise au sol (et non par une notation symbolique). Ceci autorise donc les calculs de surfaces, de proximité, de densité...

Conclusion

Le fait de disposer en parallèle de l'occupation du sol et de l'ortho image qui a permis de la générer permet à l'utilisateur (le SIVOM) d'enrichir ou de modifier sa base de données thématique. Il peut ainsi cartographier des aménagements spécifiques déjà réalisés ou en projet (pare-feu, pistes...). C'est un avantage prépondérant de la photographie aérienne sur l'image satellitaire. En effet elle est « lisible » et interprétable par un néophyte.

Les techniques d'orthorectification et de mosaïquage qui ont été utilisées sont complètement adaptées à la photographie aérienne. Elle permettent de se plier à la disponibilité des données. Ainsi, par exemple, pour la rectification géométrique, si une campagne GPS existe ou si une aéro-triangulation a été effectuée, il est possible de récupérer ces informations. Par contre si ces informations n'existent pas on peut générer des modèles souples par prises de points d'appui sur des documents cartographiques existants. Dans ce cas la précision géométrique du résultat est liée à la qualité du support.

Les procédés de mosaïquage permettent de supprimer les effets de frontière en passant progressivement d'une photo à l'autre. De plus, il est possible de choisir les zones de frontière. Tout un ensemble de logiciels d'améliorations radiométriques autorisent la correction des effets de basculement ou des effets contre-bord. Il est possible de rehausser les contrastes, d'accentuer ou de diminuer les effets d'ombre liés au relief.

La possibilité de réaliser des classifications automatiques radiométriques et texturales combinées à de la P.I.A.O. réduit radicalement les temps d'interprétation.

Ces outils informatiques permettent de diminuer les temps donc les coûts d'utilisation de ces données, et de ce fait les rendent tout à fait exploitables dans un contexte opérationnel.

On peut déduire au travers de ce projet toutes les applications de la photographie aérienne numérique. Elle ne fait pas que composer l'absence de données satellitaires à haute résolution, elle est un outil simple et convivial pour l'aménageur.

évolution de l'offre logicielle en S.I.G.

1992 1997

Henri Pornon (IETI-Consultants)

En 1992, à l'occasion du forum FI3G de Strasbourg, et 5 ans après le forum FI3G de 1987 à Lyon, coup d'envoi d'une dynamique nationale dans le domaine de la géomatique, nous dressions un bilan de cinq années d'expériences.

Il n'y aura apparemment pas de forum FI3G en 1997, aussi nous permettons nous, dans ces colonnes, d'apporter notre contribution à ce que pourrait être un bilan de 10 années d'expériences dans le domaine géomatique en France.

Dans cet article, nous évoquerons les évolutions relatives à l'offre logicielle, aux outils, aux stratégies des fournisseurs entre 1992 et 1997, et aux perspectives prévisibles pour les années à venir. On pourra se reporter à nos articles [PORNON, 1992a et 1992b] pour se remettre en mémoire l'historique des cinq années précédentes (1987/1992).

L'offre logicielle

L'impression générale qui se dégage de ce point de vue, est que les outils ont encore beaucoup évolué ces cinq dernières années, mais de façon moins spectaculaire que durant les cinq années précédentes. Les années 1987-1992 ont vu émerger une offre de logiciels SIG très disparate et les années 1992-1997 sont celles de son homogénéisation et de sa stabilisation.

Ainsi, nous mentionnions en 1992 le passage de gestion de fichiers non structurés à des organisations topologiques et des gestions de bases de données géographiques. Il ne semble pas y avoir d'évolution significative de ce point de vue. Au contraire, l'offre s'est stabilisée autour de deux clivages : logiciels à fichiers graphiques ou à bases de données d'une part, logiciels avec ou sans organisations topologiques d'autre part. La capacité des logiciels à organisation non topologique à fournir des fonctionnalités de nettoyage et de contrôle de cohérence topologique, et des opérateurs de requêtes ou des fonctions d'analyse parfois aussi performantes que celles des logiciels à organisations topologiques a conduit à relativiser cet aspect.

En revanche, le clivage entre logiciels à fichiers graphiques et véritables gestionnaires de bases de données reste déterminant dans le contexte des applications multi-utilisateur. Les seconds disposent en général de véritables capacités d'administration de données (droits d'accès, accès concurrents), alors que les premiers sont souvent plus limités de ce point de vue.

Il n'y a pas non plus d'évolution très significative pour ce qui concerne la qualité des interfaces entre logiciels graphiques et systèmes de gestion de bases de données. Pour certains, les contrôles d'intégrité entre les deux bases de données sont effectuées par le SIG, ce qui permet d'assurer une bonne cohérence des données, mais pose problème quand les données alphanumériques associées aux données graphiques sont utilisées dans d'autres applications. À l'inverse, certains SIG ont une approche plus « opportuniste » permettant la connexion très facile de données alphanumériques à des données graphiques sans forcément gérer ensuite dans le temps la cohérence mutuelle des bases. La première approche donne la priorité au SIG et lui confie plus ou moins un rôle de fédérateur de données. La seconde donne la priorité aux applications de gestion et considère le SIG comme un outil d'exploitation des bases de données de l'organisation.

La capacité des SIG à afficher des fonds raster en superposition de données vecteur s'est généralisée ces cinq dernières années. Rares sont les outils qui ne permettent pas la manipulation de données raster. Quelques SIG font par ailleurs un pas en direction du multimédia en proposant d'associer aux objets graphiques des images, textes, photographies, et même pour certains, des séquences vidéo.

Du point de vue des interfaces utilisateurs, les années 1992/1997 ont vu se généraliser les deux standards graphiques que sont Windows dans le monde des micro-ordinateurs et MOTIF dans le monde UNIX. Les interfaces

utilisateurs se sont considérablement améliorées, surtout dans la gamme des SIG sur micro-ordinateurs, dont les concepteurs pour atteindre des cibles plus réticentes que les innovateurs des premières années (petites et moyennes collectivités, entreprises privées, utilisateurs non spécialistes), ont dû faire de gros efforts d'ergonomie. La conséquence de cet effort a été la bipolarisation de l'offre : SIG bon marché, conviviaux, fonctionnant sur micro-ordinateur sous Windows et connectables aux applications bureautiques d'une part (et comprenant les SIG bureautiques et les « viewers »), « gros SIG » multifonctions, capables sous UNIX de gérer de grosses bases de données en mode multi-utilisateur d'autre part.

On commence à observer une certaine convergence de ces deux gammes : en premier lieu, le portage sous Windows NT des SIG UNIX les rapproche des SIG bureautiques ; en second lieu, les SIG bureautiques s'enrichissent petit à petit de fonctionnalités nouvelles, les viewers se dotent de capacité de mise à jour.

Du point de vue de l'adoption des standards, le plus gros du chemin avait été fait entre 1987 et 1992. Les SIG ont peu évolué de ce point de vue ces cinq dernières années. EDIGEO fait son chemin lentement (mais sûrement) : les problèmes de diffusion des mises à jour du plan cadastral informatisé que vont rencontrer les organismes ayant entrepris de digitaliser le cadastre à frais partagés devraient logiquement accélérer son développement dans les années à venir. D'autres efforts de standardisation ou de normalisation ont été entrepris au niveau mondial ou européen. Il n'est pas certain qu'ils débouchent sur des avancées significatives ou des réalisations concrètes pour les cinq ans à venir.

Le modèle objet, qui paraissait prometteur en 1992, n'a pas émergé en 1997 de façon convaincante. Le SIG le plus proche de ce concept, SMALLWORLD n'a à ce jour pas réussi son implantation en France. De façon plus générale, on constate que la crise a touché principalement des logiciels de nouvelle génération (System 9, Argis) et des logiciels de conception très ancienne (Espace, CJ Cad).

Nous annonçons en 1992 une réduction prochaine du nombre des logiciels. Elle ne s'est pas produite ces cinq dernières années. L'offre est restée globalement stable. D'une part, les petites sociétés ont jusqu'à présent bien résisté à la crise ; d'autre part, l'expérience de ces dernières années a montré, aussi bien au niveau mondial que français, que les sociétés en difficultés trouvaient très souvent un repreneur (cas de CEGI avec AFI en France, de System 9 par UNISYS ou de GEOVISION repris par SHL en Amérique du Nord). Enfin, on voit encore émerger de nouveaux SIG. Chaque année, nous découvrons en France un nouveau SIG à l'occasion d'une exposition ou d'un colloque — 1996 n'a pas fait exception à la règle.

Nous pensons cependant que toutes les conditions sont réunies pour que cette réduction de l'offre s'opère dans les années à venir : baisse des coûts des produits (le SIG sur micro-ordinateur coûte aujourd'hui entre 10 et 20 KF, le SIG sous UNIX environ 50 KF, entraînant une baisse des recettes liées aux contrats de maintenance), augmentation rapide des exigences des utilisateurs, complexité des développements à réaliser (Internet, interopérabilité des logiciels, interfaces graphiques), polarisation du marché autour de quelques leaders (en France : ESRI, Intergraph/Bentley, Autodesk, Mapinfo, Alsoft, APIC Système, STAR...).

Du point de vue des outils de développements associés aux SIG, nous faisons état, en 1992, d'une tendance à aller plutôt en direction d'outils pour développeurs professionnels (libraires C, langages proches de C) que de macro-langages faciles à mettre en œuvre pour développeurs occasionnels. Cette tendance ne s'est pas confirmée et on peut toujours observer un clivage entre langages spécifiques, dont certains à syntaxes ésotériques, et langages proches de Basic donc plus accessibles. Certains SIG sous Windows permettent l'utilisation de Visual Basic de Microsoft (on ne peut être plus ouvert), d'autres ne disposent toujours pas de véritables macro-langages (ce qui sera un handicap de plus en plus lourd dans le futur).

Perspectives pour les années à venir

Une première perspective très générale concerne la place des SIG et de l'information géographique dans le monde informatique. Jusqu'en 1992, les SIG étaient considérés comme des outils à part, intéressaient peu les informaticiens et le monde de la géomatique était plutôt fermé sur lui-même. Certains imaginaient le SIG comme fédérateur des données de l'entreprise ou de l'organisation.

Il existe encore, en 1997, des gens pour penser que la technologie SIG est spécifique au point de justifier des démarches et méthodes particulières et pour considérer la géomatique comme une fin en soi. Le mouvement est en réalité inverse. La convergence des SIG avec les autres outils informatiques est bien engagée et a des conséquences sur l'offre logicielle. Elle se manifeste en premier lieu par l'imbrication des concepts et des technologies. Les promoteurs du concept de Data Ware House (entrepôts de données) ont par exemple positionné le SIG comme outil d'exploitation et de valorisation de données associées.

La déferlante Internet touche le monde de la géomatique au même titre que les autres domaines informatiques. Le monde du multimédia intègre les données géographiques. Cette reconnaissance générale de l'utilité de la géomatique et des SIRS, qui se manifeste également par l'intérêt des financiers et des sociétés de capital-risque pour la géomatique (voir la levée récente de 10 MF du capital par Alsoft) a deux conséquences : — La première concerne la pérennité des sociétés : les fournisseurs habitués à évoluer dans un monde de spécialistes et à valoriser leur offre au plan technique, sauront-ils s'adapter à un marché plus vaste dans lequel les considérations de stratégie commerciale et de marketing l'emportent sur les aspects techniques ? Ces petites sociétés pourront-elles déployer les mêmes efforts que les leaders du marché ? Les alliances, partenariats et rachats ont commencé et devraient s'intensifier dans les années à venir.

— La seconde est un retournement de perspective. La géomatique n'est pas la technologie fédératrice, elle devient au contraire une technologie périphérique des nouvelles technologies d'information et de communication (NTIC), dont la contribution à la construction de systèmes d'information des entreprises est la capacité de gérer et manipuler la composante spatiale de l'information.

Ce retournement de perspectives se traduit au niveau des outils. Le fait que les outils SIG se dotent de capacités multimédia présente peu d'intérêt. En revanche, les outils multimédia doivent pouvoir intégrer des fonctionnalités SIG, soit par des passerelles vers les SIG, soit par l'ajout de quelques fonctionnalités. LE système auteur multimédia MAGIC TOUR développé par la société toulousaine SILOGIC illustre cette tendance. Il est conçu pour développer de véritables applications multimédia (images, textes, son animation, lignes hypertextes) et dispose de quelques fonctionnalités SIG (affichage de données, zoom...) et d'une passerelle vers Mapinfo et Arc View.

Une autre illustration du retournement de perspective est l'arrivée sur le marché de bibliothèques de fonctions SIG conçues pour être intégrées à des développements intégrés : Map Objects d'ESRI, SPACE d'APIC sont deux exemples de cette tendance.

Une troisième illustration du retournement de perspective est la déferlante INTERNET. Nous publierons prochainement un article plus documenté sur ce sujet, mais nous pouvons déjà affirmer que les potentialités offertes dans les entreprises par les réseaux INTRANET, la possibilité d'accéder à partir d'un simple navigateur (NETSCAPE ou EXPLORER) à des données et des fonctionnalités géographiques, l'effet de banalisation des outils et la génération de nouveaux services vont atteindre le monde des SIG comme celui de l'informatique traditionnelle.

Les évolutions spectaculaires à attendre des années à venir se situent à ce niveau. Internet constitue à la fois un formidable potentiel de développement (pour de nouveaux outils et services) et un risque majeur pour les fournisseurs qui ne pourront pas s'adapter rapidement : facturation de services géographiques « au compteur » (de temps consommé ou de données manipulées), logiciels de consultation gratuits ou à faible coût (100 F, 500 F, 1 000 F ?), location de logiciels téléchargés pour une durée limitée, diffusion de SIG sous forme d'Applets JAVA, sont des perspectives enthousiasmantes pour les utilisateurs, mais inquiétantes pour les fournisseurs traditionnels.

Les fournisseurs et leurs stratégies de diffusion

Nous évoquions, en 1992, un recentrage des éditeurs de logiciels, certains faisant le choix d'abandonner l'activité de diffusion de leurs produits à des sociétés tierces. Ce mouvement a finalement été limité et la situation est aussi floue en France en 1997 qu'en 1992. Certains éditeurs, bien que disposant de revendeurs, n'ont jamais arrêté de diffuser leurs propres produits (ESRI, Intergraph). La concurrence avec leurs distributeurs n'est cependant pas sans leur poser des problèmes.

D'autres (comme STAR Informatic) ont plutôt suivi la ligne d'une diffusion directe. D'autres souffrent de n'avoir pas su créer un véritable réseau de distribution. Ceux qui, comme APIC Système, avaient choisi le recentrage sur le métier d'éditeur, ont souffert de cette situation et envisagent aujourd'hui de s'impliquer de nouveau dans la commercialisation des outils.

En réalité, en France, le problème de tous les éditeurs est celui de la taille des sociétés impliquées dans la diffusion des SIG. On trouve couramment deux types d'acteurs.

— Des petites sociétés spécialisées, d'effectifs compris entre 5 et 10 personnes, très compétentes techniquement, mais de faible envergure économique, donc offrant un potentiel de développement limité. Outre le problème de leur crédibilité financière sur des projets d'envergure, leur compétence méthodologique est parfois limitée. En revanche, elles sont très proches des métiers des utilisateurs de SIG et communiquent généralement bien avec leurs clients.

— Des grandes sociétés informatiques (SSI), crédibles financièrement et d'un point de vue méthodologique, mais peu techniquement (la compétence géomatique n'est souvent qu'un vernis de surface et la connaissance des métiers est inexistante) et qui ont tendance à chercher à transformer les projets en démarches d'intégration de systèmes lourdes, coûteuses et à risques. Quelques échecs de grands projets ont confirmé ces dernières années le risque de telles démarches, aussi bien dans des collectivités que chez des exploitants de réseaux.

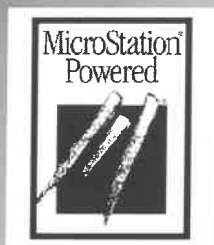
Entre ces deux catégories, il existe très peu de taille intermédiaire (50 - 100 personnes) spécialisées en géomatique et en mesure d'offrir à la fois des garanties financières et techniques. Ce problème se pose à la fois pour les éditeurs (même Autodesk y est confronté) et du point de vue plus général du développement d'une offre géomatique française à l'export. Nous reviendrons sur ce deuxième point plus loin.

Finalement, on peut observer que les pourcentages de croissance annuelle « mirobolants » annoncés ici et là (25, 30, 50 %) ne correspondent pas à la réalité du marché français.

Le marché des prestations informatiques est en crise et notre hypothèse pour les trois dernières années serait plutôt, soit une croissance très réduite, soit une régression légère : quelques pour-cent en plus ou en moins. En témoignent l'évolution des chiffres d'affaires des sociétés ces dernières années. Dans une consultation récente, nous avons pu vérifier que sur six sociétés présentes, une était en croissance, deux stables et trois faisait état d'un chiffre d'affaires en diminution de 15 à 20 % sur les trois derniers exercices.

Les évolutions des quelques sociétés spécialistes de la géomatique représentées dans le classement annuel du Monde Informatique ne sont pas non plus très réjouissantes. Le phénomène est d'autant plus surprenant qu'en Europe et dans le reste du monde, la géomatique se porte bien et affiche des taux de croissance à deux chiffres : faiblesse de la commande publique ? Capacité exportatrice insuffisante des petites sociétés spécialisées ? Disponibilité des données insuffisante ralentissant le développement des projets du privé ? Poids excessif des acteurs institutionnels tendant à inhiber le développement national ? On peut émettre nombre d'hypothèses pour tenter d'expliquer le retard que prend la France dans le développement de la géomatique. Il semblerait toutefois que l'année 1996 marque une légère reprise pour quelques fournisseurs.

Le marché privé se développe. Plusieurs sociétés ont observé qu'en 1996, leur chiffre d'affaires réalisé avec le secteur privé avait dépassé celui réalisé avec le secteur public. La grande difficulté pour tous les acteurs du marché sera dans les années à venir d'adapter leur offre, leurs modes d'intervention, leurs discours commercial et leur marketing au secteur privé.



AZIMUT



- Topographie
- Digitalisation
- S.I.G



*Donnez le bon cap à votre
informatique*



88 76 94 76



le repère international de référence terrestre

Le prix de cartographie de l'Académie des Sciences a été décerné aux deux auteurs de cet article en 1996 en récompense de leurs travaux sur les systèmes de référence géodésique.

Claude Boucher et Zuheir Altamimi (IGN)

Le repère International de Référence Terrestre (ITRF : International Terrestrial Reference Frame) est la réalisation du Système International de Référence Terrestre (ITRS : International Terrestrial Reference System). L'ITRS est un système de référence terrestre conventionnel particulier, défini par un ensemble cohérent de définitions et de modèles. Un système terrestre est généralement réalisé par la donnée des coordonnées d'un ensemble de stations terrestres.

L'origine de l'ITRS est le centre des masses de la Terre entière, incluant les océans et l'atmosphère. Son unité de longueur est le mètre du Système International SI, définie dans un repère local de la Terre au sens de la théorie relativiste de la gravitation. L'orientation de ses axes est cohérente avec le système du Bureau International de l'Heure (BIH) à l'époque de 1984.0 et est en accord avec les résolutions de l'Union Internationale de Géodésie et de Géophysique (IUGG) et l'Union Astronomique Internationale (UAI). (Le BIH est le prédécesseur du Service International de la Rotation Terrestre (IERS : International Earth Rotation Service) et dont les activités ont été reprises par l'IERS en 1988). L'évolution temporelle de l'orientation de l'ITRS est telle qu'il n'y ait pas de rotation résiduelle horizontale en vitesse par rapport à la croûte terrestre.

L'ITRF (appelé repère de référence terrestre de l'IERS au début des activités de ce dernier) est établi et maintenu par la section système terrestre du Bureau Central de l'IERS. L'ITRF représente l'un des trois produits de l'IERS, les deux autres étant d'une part la détermination des paramètres de rotation de la Terre (les coordonnées du pôle et le temps universel) et, d'autre part, la réalisation du Système International de Référence Céleste. Ce dernier est un système fixe de l'espace dans lequel sont exprimées les positions des quasars et d'autres objets célestes.

La construction de l'ITRF est basée sur la combinaison de jeux de coordonnées et vitesses des stations déduites des observations des techniques de géodésie spatiale par divers centres d'analyse au niveau mondial. Les techniques utilisées depuis 1988 sont l'interférométrie à très longue base (VLBI), la télémétrie Laser sur satellite (SLR) et sur la Lune (LLR), le GPS (Global Positioning System) depuis 1991 et DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) depuis 1994. Des solutions annuelles de l'ITRF ont été calculées et publiées dans les rapports et notes techniques de l'IERS. Notons que l'ITRF_{aa} est réalisé l'année aa+1, utilisant les données des observations cumulées depuis les années 70 jusqu'à l'année aa.

La solution ITRF94, dernière réalisation en date et qui est utilisée comme référence actuellement, a été construite par combinaison des jeux de coordonnées et vitesses incluant 104 sites VLBI, 62 SLR, 66 GPS et 52 DORIS (voir Figure 1). Plusieurs sites regroupent deux techniques de mesure ou plus (colocations).

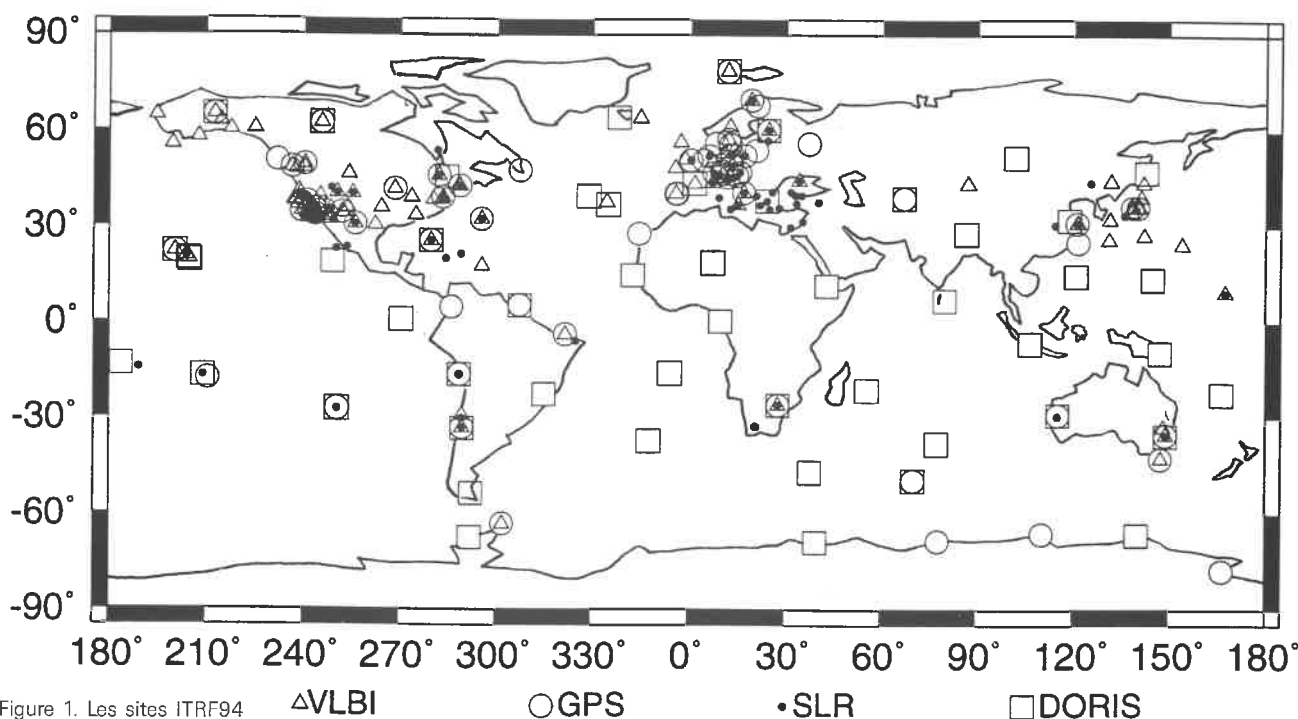


Figure 1. Les sites ITRF94

Le calcul de l'ITRF

La procédure de base utilisée dans le calcul de l'ITRF comporte plusieurs étapes. La première étape consiste en la réduction des solutions des techniques individuelles à une époque de référence t_0 , en utilisant leurs modèles respectifs de vitesses de stations (modèles géophysiques de mouvement de plaques tectoniques ou des champs de vitesses estimées). Cette étape est suivie par une estimation par moindres carrés des coordonnées des stations de l'ITRF ainsi que les 7 paramètres de transformation de chaque solution individuelle par rapport à l'ITRF. Le modèle standard utilisé dans la procédure de combinaison est basé sur une similitude Euclidienne à 7 paramètres, qui est la forme générale de transformation entre deux systèmes de référence terrestres. Ce modèle est donné par :

$$\begin{pmatrix} X^s \\ Y^s \\ Z^s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T1^s \\ T2^s \\ T3^s \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D^s & -R3^s & R2^s \\ R3^s & D^s & -R1^s \\ -R2^s & R1^s & D^s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (1)$$

où X, Y, Z sont les coordonnées d'une station exprimée dans l'ITRF, et X^s, Y^s, Z^s sont les coordonnées de la même station dans la solution individuelle s . $T1^s, T2^s, T3^s, D^s, R1^s, R2^s, R3^s$ sont respectivement les trois translations, le facteur d'échelle et les trois rotations liant l'ITRF à la solution s . D'autre part, les rattachements entre les stations en colocation sont utilisés avec des écarts types appropriés en fonction de leurs incertitudes.

Les vitesses des stations de l'ITRF sont actuellement estimées :

- soit par recombinaison, de manière similaire à la combinaison des coordonnées. La méthode de combinaison des vitesses est équivalente à celle de combinaison des coordonnées en utilisant la dérivée par rapport au temps de l'équation 1.
- soit en différenciant les coordonnées combinées à deux époques différentes.

Des améliorations successives ont été apportées dans la stratégie d'analyse des données pour la combinaison depuis 1988. Par exemple, l'ITRF le plus récent, ITRF94, a été calculé en utilisant les matrices complètes de variances-covariances entre positions et vitesses des solutions individuelles.

La définition de l'ITRF

Afin de définir explicitement un repère de référence terrestre, dans une analyse spécifique de données, quatre éléments intrinsèques (orientation, origine, échelle et évolution temporelle) doivent être clairement définis. Dans le cas particulier de combinaison des coordonnées, ceci est généralement réalisé en fixant ou contraignant au moins 7 paramètres de transformation et les 7 dérivées correspondantes.

Orientation. De l'ITRF88 à l'ITRF92, l'orientation a été définie de telle sorte qu'il n'y ait pas de rotation entre ses repères. L'orientation de l'ITRF93 a été contrainte à être en accord avec les séries de paramètres de rotation de la Terre de l'IERS à l'époque 1988.0. Par contre, l'orientation de l'ITRF94 a été alignée à celle de l'ITRF92 à l'époque 1988.0.

Origine. Les origines de l'ITRF88 jusqu'à l'ITRF93 ont été fixées à celles des solutions SLR du CSR (Center for

Space Research, Texas University) incluses dans chaque solution ITRF. L'origine de l'ITRF94 a été définie par une moyenne pondérée de quelques solutions SLR et GPS.

Échelle. Les solutions SLR du CSR ont également été utilisées pour définir les échelles de l'ITR88 jusqu'à l'ITRF93. En ce qui concerne l'ITRF94, son échelle a été définie par une moyenne pondérée de quelques solutions VLBI, SLR et GPS. Une correction supplémentaire de $0,7 \times 10^{-9}$ a ensuite été appliquée pour être en accord avec les résolutions de l'UGGI et de l'UAI. Cette correction représente la différence entre le temps TAI (Temps Atomique International) utilisé par les centres d'analyse de l'IERS et le temps TCG (Temps Coordonné Géocentrique) recommandé par les résolutions de l'UGGI et de l'UAI.

Évolution temporelle. Les positions des stations sur la surface de la Terre varient lentement (jusqu'à 10 cm par an dans certains endroits du Globe) en raison des mouvements des plaques tectoniques, connus sous le nom familier de dérives des continents. De l'ITRF88 à l'ITRF90, le modèle absolu des mouvements des plaques AMO-2 a été sélectionné comme modèle de vitesses associé à ces repères. De l'ITRF91 à l'ITRF93, des champs de vitesses ont été ajustés par combinaison des vitesses estimées par VLBI, SLR et (depuis 1993) GPS. Notons que pour l'ITRF91 et l'ITRF92, leur évolution temporelle est en accord avec le modèle géophysique NNR-NUVEL1. L'évolution temporelle de l'ITRF93 a été contrainte à suivre les séries de paramètres de rotation de la Terre de l'IERS. Le champ de vitesses de l'ITRF93 ainsi obtenu a une rotation différentielle en comparaison au modèle NNR-NUVEL1A, utilisé comme référence dans cette solution. Le champ de vitesses associé à l'ITRF94 a été estimé en différenciant les coordonnées combinées aux deux époques ; 1988.0 et 1993.0. L'évolution temporelle de l'ITRF94 est en accord avec le modèle NNR-NUVEL1A.

Les paramètres de transformation

Afin de quantifier les quatre caractéristiques de la définition de l'ITRF décrites précédemment, nous donnons ici, Tableau 1, les 7 paramètres de transformation et leur variations entre l'ITRF95 et les ITRF précédents. Ces paramètres de transformation doivent être utilisés avec l'équation 1 et son valable à l'époque t_0 . Par conséquent, pour un paramètre P , sa valeur à l'époque t est obtenue par :

$$P(t) = P(t_0) + \dot{P} \cdot (t - t_0) \quad (2)$$

Si \dot{P} n'est pas donné, alors \dot{P} est égal à zéro.

Tableau 1 : Paramètres de transformation et leur variations de l'ITRF94 vers les autres ITRF

ITRF	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3	Epoque
	cm	cm	cm	10^{-8}	0.001"	0.001"	0.001"	
Variations	\dot{T}_1	\dot{T}_2	\dot{T}_3	\dot{D}	\dot{R}_1	\dot{R}_2	\dot{R}_3	
	cm/y	cm/y	cm/y	$10^{-8}/y$	0.001"/y	0.001"/y	0.001"/y	
ITRF93	0.6	-0.5	-1.5	0.04	-0.39	0.80	-0.96	88.0
Variations	-0.29	0.04	0.08	0.00	-0.11	-0.19	0.05	
ITRF92	0.8	0.2	-0.8	-0.08	0.0	0.0	0.0	88.0
ITRF91	2.0	1.6	-1.4	0.06	0.0	0.0	0.0	88.0
ITRF90	1.8	1.2	-3.0	0.09	0.0	0.0	0.0	88.0
ITRF89	2.3	3.6	-6.8	0.43	0.0	0.0	0.0	88.0
ITRF88	1.8	0.0	-9.2	0.74	0.1	0.0	0.0	88.0

L'ITRF et le GPS

La relation entre l'ITRF et le GPS est devenue plus importante avec la création de l'IGS (International GPS Service for Geodynamics) depuis 1992. L'IGS et l'IERS travaillent en étroite collaboration. À travers cette collaboration, l'IERS est en charge de la production des coordonnées et vitesses des stations ITRF ainsi que les valeurs des paramètres d'orientation de la Terre. L'IGS quant à lui apporte son soutien à la réalisation, l'accès et l'amélioration de l'ITRF.

Depuis le début des activités préliminaires de l'IGS en 1992, les centres d'analyse IGS ont utilisé les coordonnées ITRF pour un sous ensemble de stations dans leurs calculs d'orbites. De plus, les éphémérides IGS combinées sont exprimées dans l'ITRF dans la mesure où les coordonnées utilisées par l'IGS sont issues de l'ITRF91 depuis le début jusqu'à la fin de l'année 1993 ; l'ITRF92 pendant 1994 ; l'ITRF93 pendant 1995 et jusqu'à fin juin 1996 ; et l'ITRF94 depuis le 1^{er} juillet jusqu'à présent.

Les coordonnées ITRF des sites GPS

Comment un utilisateur GPS peut-il obtenir des coordonnées ITRF d'un site GPS donné ? Pour une campagne GPS donnée dont les mesures ont une époque centrale t_c , il existe principalement deux cas de figure, en fonction des éphémérides utilisées dans le traitement des données GPS collectées :

I) Si les éphémérides précises de l'IGS sont utilisées dans le traitement des données, les coordonnées ainsi obtenues de la campagne GPS à l'époque t_c sont en accord avec l'ITRF_{yy}, où yy désigne la version ITRF utilisée par l'IGS pour générer les éphémérides. Ceci est vrai dans le cas où l'utilisateur traite les données en réseau libre ou en un ajustement utilisant la technique des contraintes minimales. Si des contraintes sur des coordonnées des stations ITRF_{zz} sont appliquées, l'utilisateur doit choisir l'ITRF le plus récent et convertir les coordonnées en utilisant l'une des trois approches suivantes :

- a) si $zz > yy$, l'utilisateur doit calculer les coordonnées des stations en réseau libre ou en réseau avec contraintes minimales en utilisant des éphémérides exprimées dans l'ITRF_{yy}. L'utilisateur doit ensuite convertir les coordonnées de l'ITRF_{yy} en ITRF_{zz} par les paramètres de transformation appropriés à l'époque t_c déduits du Tableau 1. Les contraintes sur les coordonnées des stations sont ensuite introduites en utilisant les valeurs ITRF_{zz}.
- b) si $zz = yy$, l'utilisateur appliquera directement les contraintes sur les coordonnées des stations, travaillant ainsi dans l'ITRF_{yy}.
- c) si $zz < yy$, les coordonnées des stations doivent être transformées de l'ITRF_{zz} en ITRF_{yy} en utilisant les valeurs des paramètres de transformation du Tableau 1, à l'époque t_c , et continuer ensuite comme dans le cas b. Cette approche est loin d'être optimale, dans la mesure où il y a une grande probabilité que les coordonnées des stations ITRF_{zz} ne soient pas d'une meilleure estimation.

II) Si les éphémérides WGS84 sont utilisées dans le traitement des données GPS collectées avant la mi-94, les coordonnées des stations ainsi obtenues sont en accord

avec n'importe quelle version ITRF au niveau du mètre. Ceci est dû au fait que le WGS84 (qui a été réalisé initialement en utilisant le système « U.S. Navy Navigation Satellite System », connu sous le nom Transit et ayant une précision métrique) peut être assimilé à l'ITRS, au mieux, à ce niveau de cohérence. En juin 1994, une nouvelle version du WGS84 a été implémentée, appelé WGS84 (G730). Cette nouvelle version utilise des coordonnées affinées des stations de poursuite GPS de l'« Air Force and Defense Mapping Agency », produisant ainsi un repère de référence WGS84 opérationnel coïncidant avec l'ITRF au niveau de 10 centimètres.

Conclusion

Dans cet article très bref, nous avons essayé de présenter l'ITRF, en mettant l'accent sur des points importants sur son évolution d'année en année, et comment obtenir des coordonnées ITRF pour un site observé par GPS. Pour des informations complémentaires sur l'ITRF et sa relation avec le GPS, le lecteur pourra se reporter aux références données ci-dessous.

(Version Française d'un article publié en anglais dans GPS WORLD, Septembre 1996).

Références

Pour des détails complémentaires sur le développement de l'ITRF94, voir :

- « Résultats and Analysis of the ITRF94, » by C. Boucher, Z. Altamimi, M. Feissel and P. Sillard, *IERS Technical Note 20*, Observatoire de Paris, France, 1996.

Les données et résultats de l'ITRF94 sont accessibles sur le serveur du Laboratoire de Recherche en Géodésie (LAREG) : <ftp://schubert.ign.fr/CIAG/witrf/itrf94.html>

Pour des informations sur le WGS84 et ses améliorations :

- « Maintenance and Enhancement of the World Geodetic System 1984, » by S. Malys and J. A. Slater, in the *Proceedings of ION GPS-94*, the seventh International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, held in Salt Lake City, Utah September 1994, pp. 17-24.
- Pour les modèles géophysiques des mouvements des plaques tectoniques, voir :
 - « Present-day Plate Motions, » by J.B. Minster and T.H. Jordan, in *Journal of Geophysical Research*, Vol. 83, No. B11, 1978, pp. 5331-5354.
 - « No-net-rotation Model of Current Plate Velocities Incorporating Plate Motion Model NUVEL-1, » by D.F. Argus and R.G. Gordon, in *Geophysical Research Letters*, Vol. 18, N° 11, 1991, pp. 2039-2042.
 - « Effect of Recent Revisions to the Géo-magnétique Reversal Time Scale on Estimates of Current Plate Motions, » by C. DeMets, R.G. Gordon, D.F. Argus, and S. Stein, in *Geophysical Research Letters*, Vol. 21, N° 20, 1994, pp. 2191-2194.

Pour une référence générale sur GPS à la fois récente et en français, voir :

- « GPS : localisation et navigation, » par S. Botton, F. Duquenne, Y. Egels, M. Even et P. Willis, Ed. HERMES, nov. 1996.



**système de mesure
permettant de saisir
des informations
géométriques
et sémantiques**

**pour des
banques
de
données
routières**

Thomas Aussems, Martin Braess, (Dipl. ing. Géodätisches Inst. der RWTH. Aachen) Wolfgang Schroers (Ingenieurgesellschaft Schroers GmbH.) Allemagne.

Résumé

La circulation routière augmente sans cesse et la croissance va encore s'élever. C'est pourquoi des décisions concernant l'entretien et l'extension du réseau routier deviennent de plus en plus importantes. Une aide importante pour ces décisions sont les banques de données routières qui sont encore à agrandir. La saisie des données évoque 80 % des coûts totaux d'une banque de données.

Ci-après sera présenté un véhicule pour la saisie des données dans la circulation en cours. Le véhicule est équipée d'une unité de localisation et de deux systèmes vidéos. Le système de mesure permet de saisir en peu de temps toutes les informations géométriques et sémantiques offertes à un conducteur d'automobile.

1. Introduction

La mobilité est un facteur économique déterminant dans notre société. En tant qu'élément important de notre mobilité, la voiture y a en même temps pour rôle de résoudre les problèmes et d'en causer. Quant à savoir comment cette contradiction évoluera à long terme, il est difficile d'en juger.

Une étude de la Communauté Européenne (1992) permet un énoncé quantitatif sur l'influence de la circulation routière sur l'économie européenne et l'environne-

ment. Une famille européenne dépense en moyenne 10 % de son budget pour le transport. Le nombre de véhicules en Europe est chiffré à 120 millions (330 véhicules pour 1 000 habitants). Jusqu'à l'an 2000, on évalue à 3 % l'augmentation de la circulation routière. L'augmentation de la circulation internationale sera encore sensiblement plus forte, une croissance de 13 à 15 % étant à prévoir sur les principaux axes de circulation. Cette augmentation n'est pas compensée par une amélioration suffisante de l'infrastructure de la circulation. Il en résulte une augmentation des encombrements et des accidents qui entraîne des frais sans cesse croissants pour la commu-

nauté. On évalue à quelques 500 milliards d'EURO les frais dus à la circulation routière, dont une partie considérable incombe aux embouteillages et aux perturbations. À cela s'ajoutent les charges sur l'environnement provoquées par les émissions de substances polluantes des véhicules. On évalue les frais qui en découleront à un total de 5 à 10 milliards d'EURO (Perret 1992).

Pour influencer sur cette évolution par des décisions efficaces il faut une vaste base d'information sous forme d'une banque de données routières. Cette banque de données doit contenir toutes les informations concernant la circulation et doit être réalisée sous forme numérique pour permettre une utilisation efficace. Tant les institutions publiques que les entreprises industrielles et commerciales s'occupent déjà de réaliser des systèmes d'information de ce genre. Un important poste de dépenses est constitué ici par la saisie et la mise à jour régulière des données en mémoire. L'acquisition des données par digitalisation des documents cartographiques ne peut être considérée ici que comme une solution transitoire. Cela s'avère particulièrement à travers le fait que les cartes ne contiennent pas toutes les informations ayant trait à la circulation ou ne sont pas d'actualité alors que le réseau routier et les attributs techniques de la circulation se modifient sans cesse.

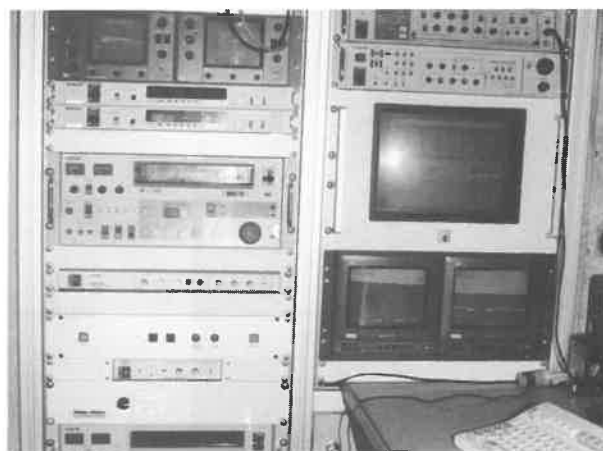
Dans ce contexte, une coopération a déjà été convenue en 1993 entre l'Institut Géodésique de l'École Polytechnique d'Aix-la-Chapelle (RWTH Aachen) et la société d'Ingénierie Géodésique Schroers (Kamp-Lintford). Cette coopération a pour but de mettre au point un système de mesure pour la saisie mobile d'informations géométriques et sémantiques. Le véhicule de mesure réalisé pour l'acquisition de ces données a été présenté au « XX^{ème} Colloque de l'Association Française de Topographie » à Cachan (Paris) le 7 novembre 1996 et va être décrit ci-après.

2. Description du système

Le système de mesure présenté ici vise à la détection mobile de données dans la circulation en cours. Il permet de saisir toutes les informations portant sur la circulation du point de vue d'un conducteur de véhicule automobile. Cela permet aussi de vérifier l'accessibilité de ces informations pour le conducteur.



1. Véhicule de mesure



2. Intérieur du véhicule

Ce système de mesure est logé dans une fourgonnette (fig. 1 et 2) et se compose de trois parties :

- 1° Un équipement à deux caméras vidéo couleur professionnel (U-Matic) filmant l'espace routier et enregistrant des informations sémantiques.
- 2° Une paire de caméras digitales CCD sur une base fixe pour la saisie photogrammétrique de la scène devant le véhicule.
- 3° Une unité de localisation composé d'un récepteur GPS, de deux encodeurs sur les roues arrière et d'un baromètre électronique.

Nous allons décrire brièvement ci-après ce système en trois parties.

2.1 Caméras vidéo couleur

Le véhicule est équipé de deux caméras vidéo couleur U-Matic. La première caméra est montée sur le toit du véhicule et a pour tâche de filmer globalement l'espace routier. La deuxième caméra se trouve devant le siège du passager avant. Elle permet à un opérateur de changer de plan par effet de zoom pour agrandir des objets (panneaux de signalisation routière, accotements etc.) et les filmer en détail. Sur les deux films vidéo sont superposées des informations alphanumériques telles que le numéro de la voie, le point de départ et la destination du trajet, la date de la prise de vues ainsi que le kilométrage du parcours effectué. Ces vues servent principalement à documenter l'état de l'espace routier et des zones attenantes (accotements, façades des maisons etc.). Les films vidéo contiennent toutes les informations sémantiques qui s'offrent à un conducteur d'automobile lorsqu'il effectue le même trajet.



3. Vue de la caméra sur le toit



4. Vue de la caméra intérieure

2.2 Paire de caméras digitales

Sur le toit du véhicule sont montées en outre deux caméras CCD sur un socle fixe. Les orientations intérieure et relative de ces caméras sont déterminées par un étalonnage.

Chaque seconde, des paires d'images sont prises et enregistrées sur un disque dur. Une évaluation photogrammétrique des images stéréoscopiques permet de mesurer en trois dimensions la scène qui se déroule devant le véhicule. Cela permet par exemple de déterminer la hauteur des ponts, la largeur des routes, la distance entre les bâtiments et la chaussée etc. avec une précision de 5 cm dans un espace de 15 x 15 m devant le véhicule.



5. Vues stéréoscopiques d'une scène

2.3 Unités de localisation

La localisation du véhicule est effectuée par le GPS (solution différentielle traitant le code C/A) ainsi que par navigation couplée avec des encodeurs sur les roues arrière ainsi qu'un baromètre électronique. Les encodeurs sur les roues arrière permettent de déterminer les différences de parcours et les changements de direction du véhicule. Le baromètre électronique est utilisé comme altimètre.

Les observations de la navigation couplée sont nécessaires dans les domaines où une localisation par le GPS

seul est imprécise ou n'est pas possible (par exemple par perturbation des signaux). Le filtrage de toutes les mesures permet de calculer les positions avec une précision d'environ 2 m. L'évaluation se fait pas *postprocessing* (traitement ultérieur). On obtient ainsi de plus grands degrés de précision que par résolution en temps réel, qui de toute façon n'est pas nécessaire dans ce cas.

L'unité de localisation sert à déterminer les coordonnées du véhicule dans le système mondial de coordonnées WGS84 (*World Geodetic System*). Par transformation, on peut néanmoins déterminer aussi les coordonnées dans un système de coordonnées national.

Les coordonnées calculées du véhicule servent à reconstituer le parcours effectué et permettent d'autre part de déterminer les emplacements de prise de vue des quatre caméras.

3. Résultat d'un parcours

Après un parcours, le client obtient les prises vidéo des caméras couleur, les paires d'images digitales des caméras CCD ainsi que les résultats de la mesure de position. Les données de ces trois systèmes comprennent toutes des repères de temps. Cela permet d'associer les données d'un système avec celles des deux autres.

Le mode de traitement ultérieur caractéristique se présente comme suit : Un opérateur visionne les prises vidéos analogiques. Il peut faire des tirages couleur de parcours routiers intéressants et faire rechercher les prises stéréoscopiques des caméras CCD qu'il analyse ensuite par photogrammétrie. Les coordonnées en trois dimensions déterminées peuvent se transformer en un système de coordonnées national lorsqu'on connaît les positions du véhicule.



L'opérateur du véhicule de mesure fait office de fournisseur de données. L'introduction de ces données dans une banque de données s'effectue généralement chez le client. Pour remplir une gamme d'applications la plus large possible, le système de mesure n'est pas fixé sur une banque de données ou un type de banques de données déterminée.

4. Résumé et perspectives

On sous-estime souvent le facteur des coûts et du temps de l'acquisition des données pour les banques de

données. La solution présentée ici tient compte de ces deux aspects. Elle permet de saisir en peu de temps toutes les informations géométriques et sémantiques offertes à un conducteur d'automobile.

Le véhicule de mesure de l'ingénieur Schroers a déjà fait ses preuves lors de nombreuses utilisations comme instrument de saisie de données. D'autres systèmes de mesure peuvent être montés dans ce véhicule. La mise au point est constamment stimulée, en particulier grâce à des suggestions apportées par le commettant. On développe en ce moment un système pour mesurer les profils transversaux de la surface de la chaussée, c'est-à-dire à déterminer quantitativement les détériorations des routes.

Le champ d'activité de la société d'Ingénierie Schroers se limitait jusqu'ici à la République Fédérale d'Allemagne. En présentant ce véhicule de mesure au « XX^{ème} Colloque de l'Association Française de Topographie » à Cachan et en diffusant le présent article, nous souhaitons donner une impulsion pour que des contacts et des coopérations se fassent avec des organismes publics et des entreprises industrielles et commerciales à l'échelle européenne.

5. Bibliographie

Aussems, Th., Benning, W. (1995) : Zur automatischen Bestandsaufnahme von 3D-Straßendaten, In : AVN 3/95, S. 89-101, 1995.

Aussems, Th. (1995) : Fahrzeugortung mittels GPS und Koppelnavigation, In : 125 Jahre Geodäsie an der RWTH Aachen, Benning, W. (Hrsg.), Veröffentlichung des Geodätischen Instituts Nr. 53, 1995.

Braess, M. (1995) : Fahrzeuggestützte Erfassung dreidimensionaler Straßendaten mit digitalen Videokameras, In : 125 Jahre Geodäsie an der RWTH Aachen, Benning, W. (Hrsg.), Veröffentlichung des Geodätischen Instituts Nr. 53, 1995.

Braess, M. (1995) : Extracting Spatioal Information from Digital Video Images Using Multiple Stereo Frames, In : International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI/2, Vienna, S. 26-31, 1996.

El-Sheimy, N. Schwarz, K. (1995) : Georeferenced Video Images for GIS Applications in Urban Centers, In : Integrated Sensor Orientation, Colomina/Navarro (ed.), Wichmann Verlag, Heidelberg, 1995.

Novak, K. (1993) : Data Collection for Multimedia GIS Using Mobile Mapping Systems, In : GIM 10/93, S. 30-32.

Perret, A. (1992) : Die europäische Straßenverkehrsdatenbank, In : ZfV 8/9 1992, S 421-430.



surveillance automatique d'ouvrages au moyen du GéoMonitor et de niveaux digitaux motorisés

A. Thut, A. Keppler, D. Naterop, (Solexperts Schwerzenbach-Suisse).

Résumé

L'intégration de niveaux digitaux motorisés au système automatique de mesures GéoMonitor ouvre de nouvelles perspectives de contrôle informatisé des tassements ou de soulèvements d'ouvrages susceptibles d'être déstabilisés. Une telle surveillance continue revêt une grande importance pour la sécurité et l'avancement de travaux souterrains, de reprises en sous-œuvre au moyen d'injections ou de micropieux ainsi que de grands chantiers en zone urbaine. La présente publication décrit le fonctionnement du système de mesures et présente des exemples d'emploi des appareils, de traitement des données et des informations mises à disposition.

Introduction

L'ouverture de grands chantiers à proximité d'ouvrages existants pose presque toujours des problèmes de stabilité. À la suite de rabattements de nappe, de terrassements à ciel ouvert ou de creusements de tunnels, des tassements se produisent qui, s'ils dépassent certaines limites, peuvent être à l'origine de dégradations des ouvrages. Il est de coutume de procéder à des mesures régulières de nivellement destinées à suivre les tassements provoqués par les travaux. De telles mesures prennent du temps et ont le désavantage de ne pas être continues. Jusqu'à maintenant, des mesures continues de tassements n'étaient possibles que par le biais de mesures inclinométriques ou au moyen d'un système hydrostatique. De telles solutions sont coûteuses et se heurtent à des problèmes de réalisation. C'est pourquoi elles ne sont adoptées que rarement.

Grâce aux niveaux digitaux, il est maintenant possible de mesurer des tassements de manière directe, automatique, continue et à moindres frais. En outre, il est facile d'intégrer ces appareils dans un système de surveillance comportant d'autres capteurs. En dotant le niveau digital d'un dispositif d'orientation et de mise au point optique, commandé par ordinateur, on rend le niveau apte à suivre plusieurs points de mesure. Un tel appareil, dit « niveau digital motorisé », a été développé par la société Solexperts.

Le niveau digital motorisé

Le niveau digital est un instrument optique automatique, qui reproduit la lecture de la mire sur un capteur à lignes CCD. (Keppler, Meissi, Naterop, 1996.) La mire porte un code à barres qui permet une lecture univoque sur toute sa hauteur et à des distances allant de 2 à 100 m. La lecture de la mire a lieu par exploitation du signal CCD par des méthodes digitales de traitement d'images. Cette exploitation doit tenir compte du fait que l'image de la mire ne se modifie pas uniquement en fonction de la hauteur, mais également en fonction de la

distance. Les méthodes appliquées changent d'un constructeur à l'autre : corrélation, détection d'arête, analyse de phase ou de fréquence. Les valeurs mesurées, distance et hauteur à partir du point zéro de la mire, sont disponibles à l'interface série de l'appareil.

La disposition des mesures doit satisfaire aux conditions suivantes :

- vue directe, libre d'obstacles, entre l'appareil et la mire
- bon éclairage de la mire
- section de mire d'une hauteur d'environ 0.3 à 1 m, selon les instruments et la distance.

Le dispositif de déplacement du niveau doit remplir deux fonctions : d'une part faire tourner l'appareil autour de son axe vertical pour l'amener dans la direction désirée, assurer d'autre part la mise au point optique de la lunette. Ces opérations sont assurées par deux moteurs pas à pas placés dans un boîtier fixé lui-même au niveau. Ce dispositif de déplacement peut ainsi être adapté à des niveaux de provenance différente (Leica NA 3003, Zeiss DiNi 10, Topoon DL-101).

Préalablement à la mise en service du réseau de mesures, il est nécessaire de définir et d'introduire dans le programme GéoMonitor les angles de rotation à partir d'une direction de base et les positions exactes de l'optique de la lunette. La détermination de ces éléments se fait par visée manuelle de chaque mire individuelle.

Chaque cycle de mesures débute par une mise en service initiale de l'appareil, après quoi le niveau vise successivement les différentes mires, s'adapte à la distance, procède à des mesures répétées, desquelles le GéoMonitor tire la valeur moyenne et l'écart-type correspondant.

Les mesures se font habituellement à intervalles de 30 minutes ou d'une heure. Si, au moment de la mesure, l'appareil ne trouve pas la mire, il tourne d'un nombre de pas définis correspondant généralement à une largeur de mire et tente une 2^e mesure. Après 3 mesures manquées, le système enregistre un avis d'erreur et passe à la visée de la prochaine mire.

Il est possible de rapporter automatiquement toutes les valeurs mesurées à un point de référence fixe et de calculer on-line les variations de cote des différentes mires par rapport à ce point.

Le système GéoMonitor de saisie et de surveillance de mesures

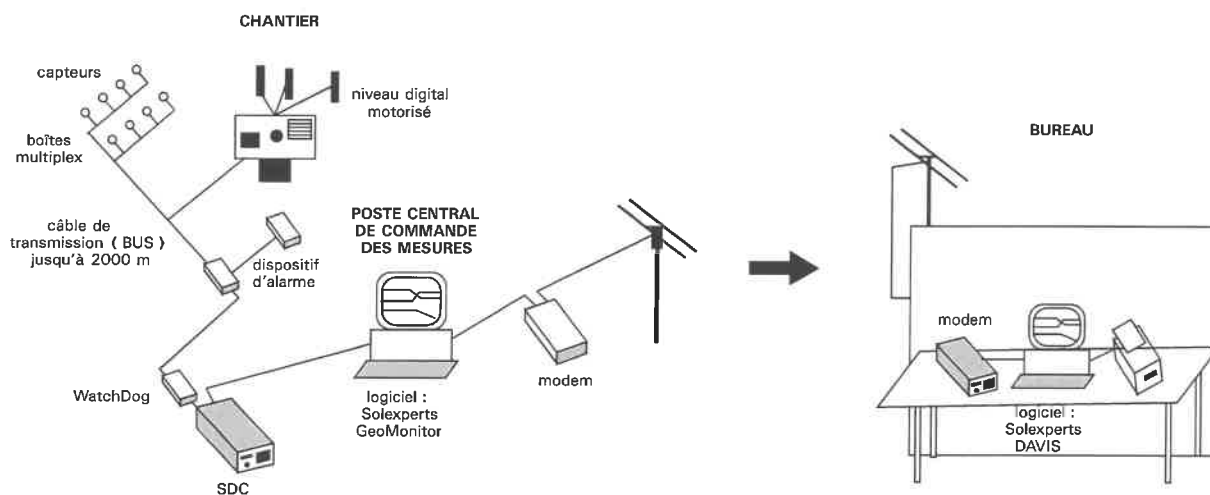
Un appareil de mesure automatique ne constitue pas en soi un système automatique de surveillance. Il s'agit tout au plus d'un capteur « Intelligent ». Il lui manque la liaison avec un ordinateur capable, grâce à un programme adéquat, de mémoriser et de visualiser les mesures, ainsi que de déclencher des alarmes, si des valeurs-limites sont dépassées.

La présente publication traite précisément de l'intégration de niveaux digitaux motorisés au système GéoMonitor de la maison Solexperts.

Le système GéoMonitor a été mis au point en vue de la saisie et de la surveillance de données concernant des projets conditionnés par des problèmes géotechniques complexes. Il rend possible la visualisation on-line, numérique ou graphique, des mesures en cours, le calcul de valeurs compensées par divers capteurs (p.ex. des valeurs corrigées en fonction de la température) et la production automatique de diagrammes ou de compte-rendu. Par modem, l'accès au système est possible à partir de n'importe quelle place de travail.

Le système GéoMonitor est en mesure, grâce à la combinaison adéquate d'éléments divers, de saisir et de traiter les données fournies par un maximum de 250 capteurs de différents types (analogue, digital, à impulsion) par SDC (Solexperts Data Controller). C'est ainsi qu'il peut gérer des mesures provenant de niveaux digitaux, d'extensomètres, de capteurs de pression interstitielle, de pendules de barrages, d'inclinomètres, etc. et assurer ainsi la surveillance globale de bâtiments, de barrages, et de pentes instables. Des canaux supplémentaires permettent la corrélation mathématique on-line de capteurs choisis.

Tous les capteurs sont branchés au moyen d'un câble de transmission unique (BUS). Une auto-surveillance du système est assurée par un appareil dit « Watch Dog », qui contrôle la transmission des données et le fonctionnement du système. Les données sont enregistrées, dans les fichiers binaires ou ASCII. Les données sont transmises automatiquement, à intervalles réguliers, du poste central de mesure au bureau désiré, par modem ou radio. La figure 1 donne une vue d'ensemble schématique du système Solexperts GéoMonitor. Combiné avec GéoMonitor, le logiciel DAVIS permet le traitement efficace d'un grand nombre de données en provenance de différents capteurs. Il gère les données et les présente, pour chaque capteur choisi, graphiquement ou numériquement dans une fenêtre propre. Il fait apparaître parallèlement une perspective ou un plan donnant une vue d'ensemble de la position des capteurs sur le chantier considéré.



1. Le système Solexperts GéoMonitor de saisie et de surveillance de mesures

la fille du pirate



l'interrogation, le savoir, le rêve
devant l'objet et son histoire ?
l'énigme de la Fille du pirate
interrogeant une boussole
dite nivellatrice, devant
une figure de proue
de légende.

Jack Biquand

La caverne du pirate ouvre sur la rue St Honoré. Du dehors ce n'est que brillance de cuivre, de bronze, de laiton, que bois rares et précieux, que globes à terres inconnues mêlés à des sphères armillaires.

On entre et c'est magique. On embarque. On est au milieu des instruments du Voyage, ceux qu'on a inventé siècle après siècle pour mieux se situer sur cette Terre pleine de mers qui, paraît-il, est ronde.

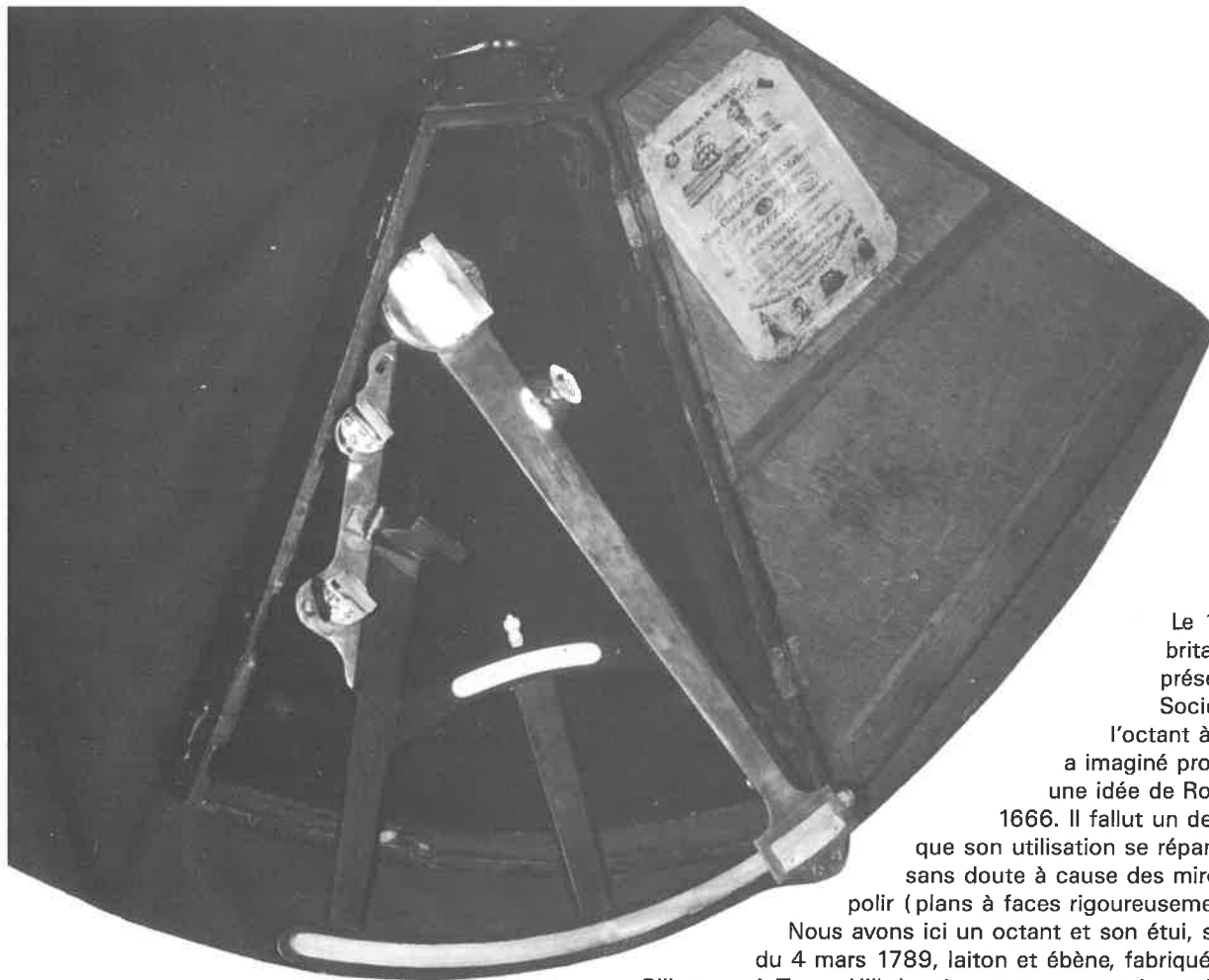
Les instruments scientifiques ont une longue histoire, elle est racontée par la fille du pirate en personne qui vous emmène d'objet en objet, de lunettes à reflêt d'or en coffre du capitaine. Cette histoire a évolué très lentement et ne s'est accélérée qu'au XVI^e siècle, celui des grandes découvertes.



Théodolites : Elliot et Maurin

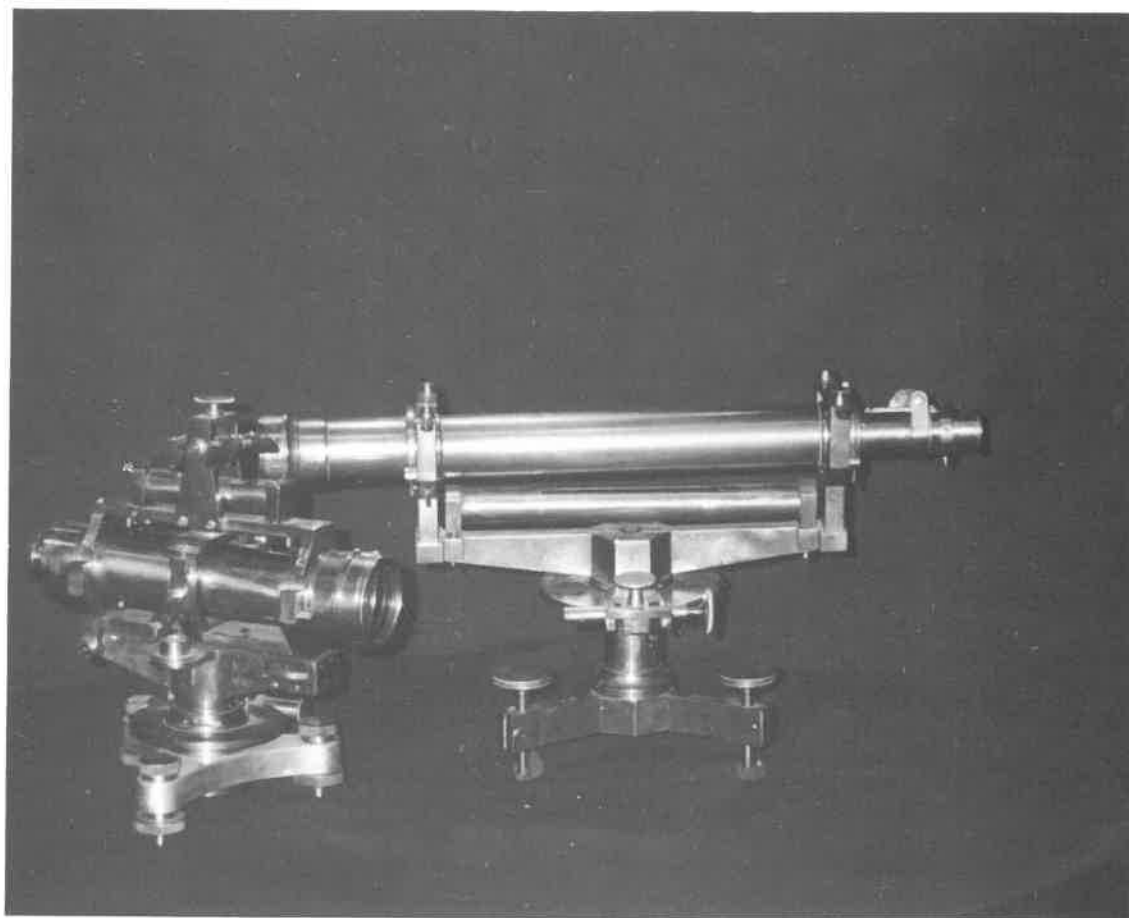
Par exemple le théodolite, imaginé par Digges au XVI^e et qui était plutôt l'aboutissement d'une évolution qu'une invention pure, n'était pas maniable et il fallut attendre le perfectionnement de sa structure pour en faire un instrument utile et encore a-t-il fallu attendre les progrès de l'optique pour qu'il rende d'intéressants services. C'est un anglais, Jesse Ramsden, qui transforma l'instrument pour aboutir aux deux que nous présentons ici. - (théodolites Elliott et Maurin).

Le caractère de cette évolution est identique pour tous les instruments et s'accompagne toujours d'un progrès esthétique. L'utilité technique va de pair avec la satisfaction de l'œil. C'est ce que va nous faire comprendre la pirate complice, Marie Noëlle Dieutegard, qui nous ouvre la porte des secrets de cette caravelle, où les objets sont autant fabriqués pour la caresse que pour l'utilité. C'est là qu'est le mystère de quelques uns volés au hasard...

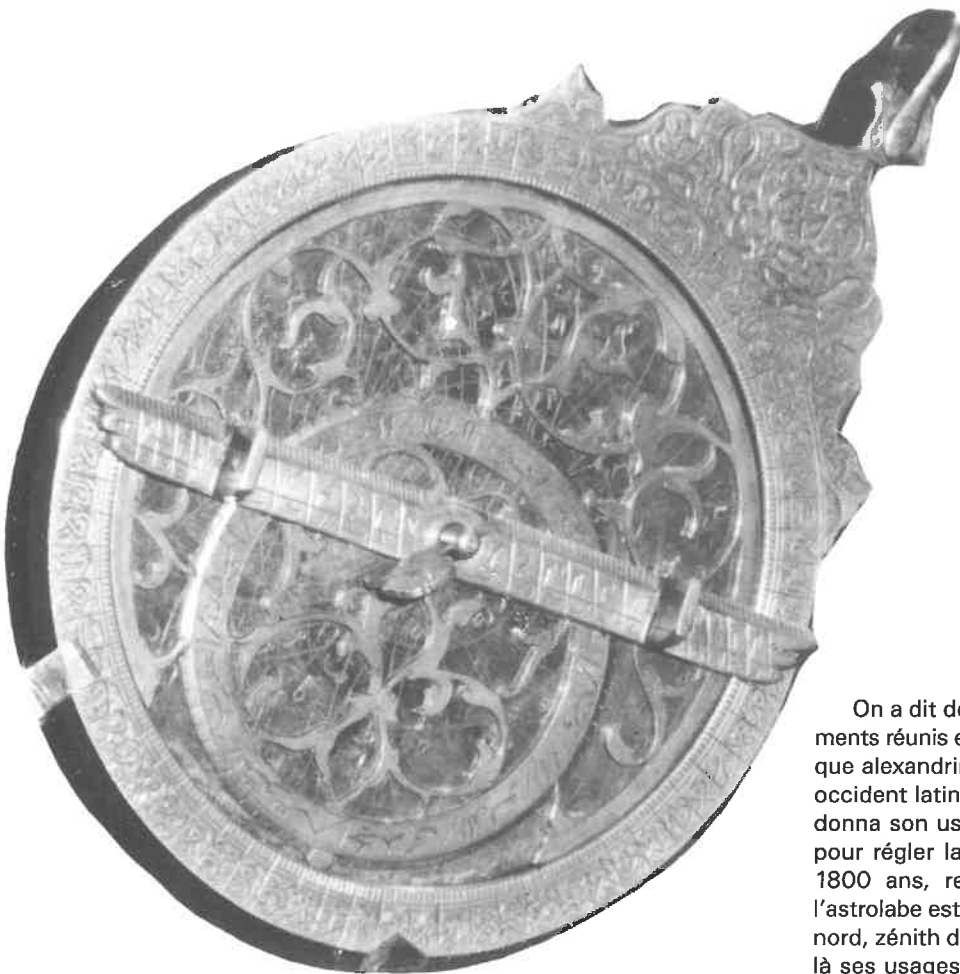


Le 13 mai 1731 le britannique Hadley présente à la Royal Society de Londres l'octant à réflexion qu'il a imaginé probablement sur une idée de Robert Hooke en 1666. Il fallut un demi siècle pour que son utilisation se répande largement, sans doute à cause des miroirs difficiles à polir (plans à faces rigoureusement parallèles). Nous avons ici un octant et son étui, splendide, daté du 4 mars 1789, laiton et ébène, fabriqué par Gilbert et Gilkerson, à Tower Hill, London, pour un certain capitaine J. Rowe.

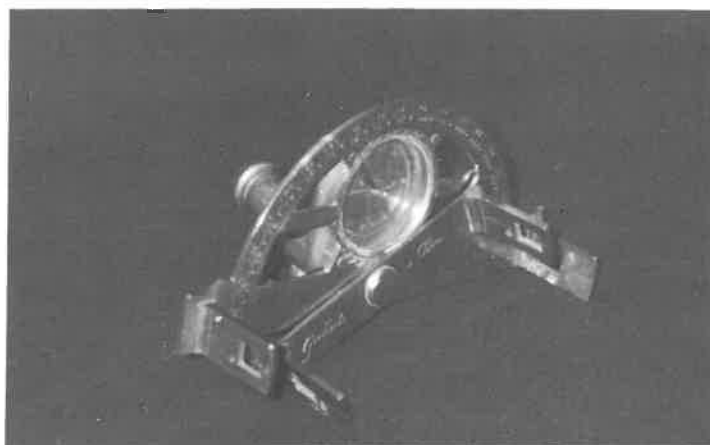
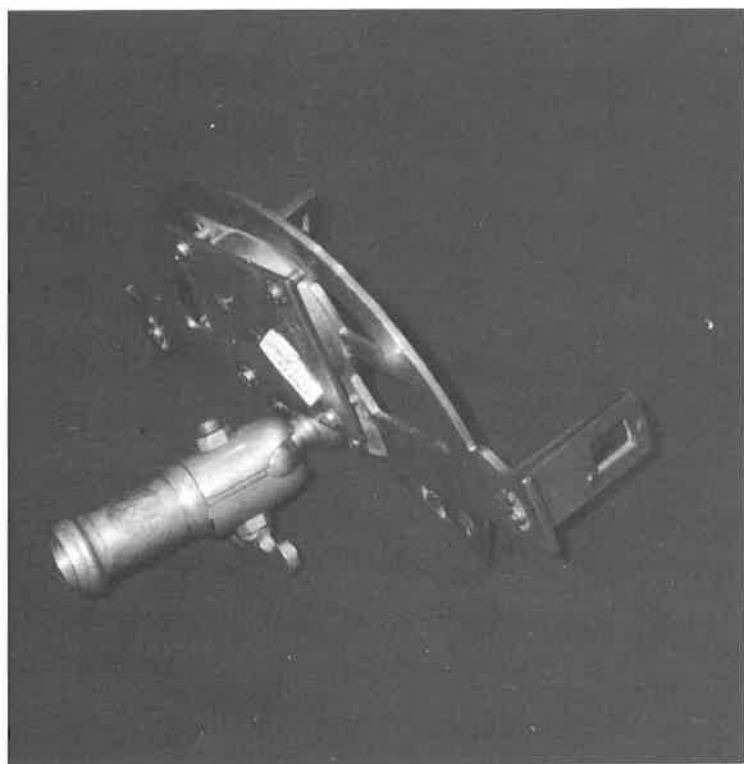
Quand Louis XIV, par sa volonté royale et divine exigea de Colbert les travaux de nivellement nécessaires pour l'adduction des eaux d'irrigation du parc de son château, c'est vers les académiciens tous frais à l'époque, et en particulier à Picard que les topographes connaissent bien, que celui-ci fit appel. Eux seuls savaient et pouvaient alors faire ce travail et utiliser les instruments qu'étaient les niveaux à lunettes (inventés par Picard), et encore très rares. Ces savants académiciens ouvraient ainsi une voie où s'engouffrèrent d'habiles fabricants : Butterfield, Chapotot, Lefèvre, Hartsoeker, puis, plus tard, Lepetit et Baraban, ici côte à côte.



Ces savants académiciens ouvraient ainsi une voie où s'engouffrèrent d'habiles fabricants : Butterfield, Chapotot, Lefèvre, Hartsoeker, puis, plus tard, Lepetit et Baraban, ici côte à côte.



On a dit de l'astrolabe qu'il contenait tous les instruments réunis en un seul. Connue très tôt (on prétend l'époque alexandrine), c'est à la renaissance qu'il connut en occident latin sa période la plus brillante, mais on abandonna son usage au XVII^e siècle. Utilisé par les arabes pour régler la vie quotidienne, il aurait vécu utilement 1800 ans, remarquable ! La fonction primordiale de l'astrolabe est de résoudre le « triangle de position » (pôle nord, zénith de l'observateur, astre observé), partant de là ses usages sont multiples. C'est « l'araignée », logée dans la cavité appelée « la mère » et qui est une projection de la voûte céleste, qui donne à l'objet cette étonnante harmonie décorative (sur l'astrolabe, lire l'ouvrage de Raymond d'Hollander. Disponible à l'AFT).



Un artisan de précision du XVI^e siècle, Philippe Danfrie, décrit en 1597 un instrument qu'il appelle le graphomètre. Tel qu'il le réalise alors cet appareil connaîtra une carrière de deux siècles, il est avec le quart de cercle astronomique celui qui s'est le plus répandu. Né d'une longue pratique dont nous avons perdu la trace, le diamètre de son demi cercle de cuivre constitue une alidade fixe à pinnules, une autre alidade mobile pivote en son centre. Au milieu du demi cercle, la boussole. L'instrument est monté sur une articulation à rotule pour des mises en position horizontales ou verticales.

(Reportage effectué avec Marie Noëlle Dieutegard dans les établissements Dieutegard - La Fille du pirate - au Louvre des antiquaires à Paris - 2 pl. du Palais Royal. 1^{er} arrt.)

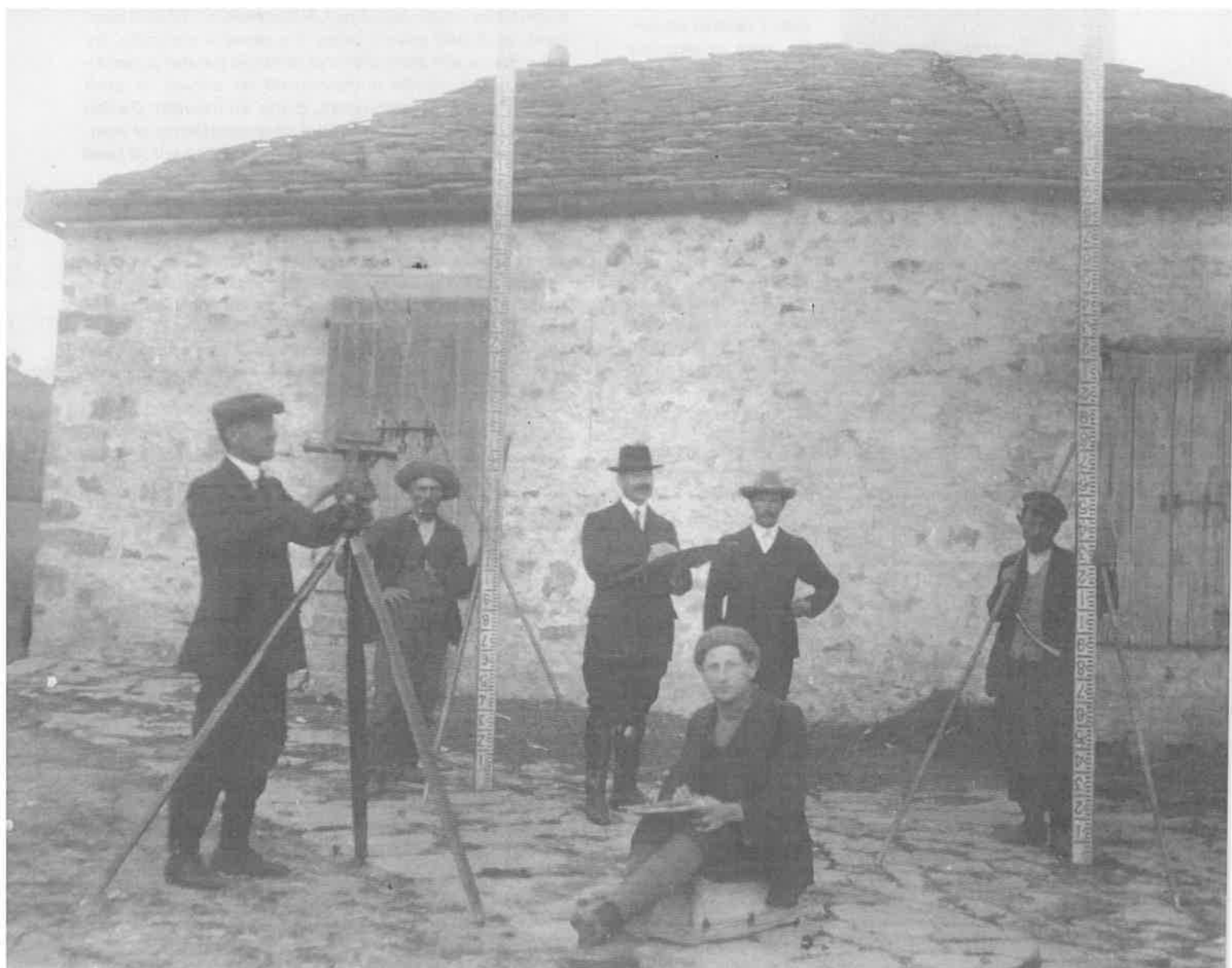
L'espace du passé

L'espace du passé nous emmène aujourd'hui chez notre sœur latine. Cette lettre d'Italie que nous envoie un confrère nous décrit une photographie sur collodion de l'époque 1911. C'est un instantané d'une brigade du cadastre italien dans les Appenins, entre l'Emilie et la Toscane, commune de Montezuno, localité Trasasso.

L'auteur de cet envoi, qui nous a fait l'honneur de participer à notre colloque de Cachan en novembre dernier, est le géomètre Ugo Cappelletti, de Feltre en Bologne.

Voici un extrait de sa lettre écrite directement en français par lui et où les « tournures » n'ont pas été corrigées afin de conserver le charme latin qui s'en dégage.

« Le premier à gauche est mon grand-père géomètre cadastral avec son appareil « Troughton et Simms » à quatre vis de base et jambes rigides. Le second est un ouvrier porte-mire (noter la mire reverse). Le troisième est le chef de brigade Monsieur Ferrari en train de dessiner son croquis. Le quatrième (assis sur la boîte de l'appareil) est l'écrivain Monsieur Nobili avec son carnet de terrain. Le cinquième est un fonctionnaire de la commune qui connaît les propriétés et les bornes. Le sixième l'autre ouvrier porte-mire (noter la trompette qui lui sert pour se faire noter dans la forêt). »



L'ART-LES LIVRES

Jack Biquand

■ L'ATLANTIQUE EST MON DÉSERT. Jean-François Deniau. (Gallimard)



Un académicien qui traverse l'Atlantique en « semi-solitaire » sur un voilier, ne serait-ce que cela, il faudrait en parler, mais en plus cet homme est un homme parmi les hommes. Fin 95 il subit un triple pontage coronarien, il devrait se rééduquer, se reposer, laisser les autres et d'abord le corps médical le prendre en charge, c'est ce que hurlent les médecins, mais lui pense qu'il y a peut-être mieux à faire : l'air du large, l'océan, prendre la barre d'un navire.

Il a peut-être tort, mais là commence l'aventure de l'homme, bien que son aventure à lui soit beaucoup plus loin en amont, ce qu'il va nous apprendre dans ce livre. Car, partir sur le pont d'un navire, alors qu'on en a trois dans le cœur, c'est aussi, c'est surtout, c'est encore, partir à sa propre recherche.

11 novembre 95, 12 heures 30 TU, latitude Nord 28°07, longitude Ouest 15°25', loch au GPS : zéro.

C'est parti ! Mais pas seul car dans un premier temps le cœur et le bateau n'ont pas tenus, et Deniau a appelé comme compagnon de route Nicolas Hénard, double médaille d'or olympique catégorie voile, bien sûr il peut se le permettre et il le connaît bien par un travail commun pour l'America's Cup. Ce compagnon dira d'ailleurs : « On a davantage parlé de moi parce que je vous accompagne que quand j'ai gagné ma deuxième médaille d'or ».

Et l'aventure commence avec ses 360° d'horizon, d'espace et de désert, de vérité, le plus beau paysage du monde, dit-il, même si « tout départ en mer est une entrée dans la nuit ». C'est alors que les phrases du livre sentent bon la mer, celle des fonds abyssaux, « ...on laisse une île au Nord ... la mer est hachée, d'un blanc la-

neux ... alizé secteur Est ... une voile fasseye ... » Et puis l'univers est si présent, tellement qu'il faut éviter que le mât n'accroche les étoiles à portée de main dans la nuit. Et l'homme de quart médite. Et méditer c'est se souvenir. Et pour cela rien ne vaut le désert, du sable ou de la mer. Jean-François Deniau le définit d'ailleurs ainsi : « région où il n'y a que des hommes ». Il pense au désert où il fut ambassadeur trois ans, la Mauritanie (justement il vient d'en longer les côtes), à Nouakchott, 12 000 habitants, et 8 000 sous la tente. Il y sauvera une tribu, les Imraghen, sur le point d'être exterminée par des parachutistes parce qu'elle a transformé un enfant, le petit Mohammed El Hamdoulillah, 6 ans, en mouton. Deniau parviendra à convaincre le chef de retransformer le mouton en enfant, moyennant trois pneus neufs pour sa Land Rover. C'est utile un ambassadeur.

Il n'oublie pas non plus que l'Académie lui a donné avant son départ un devoir à rédiger, sujet : la vertu. Il va en retourner tous les aspects au cours des longues veilles à la barre et des courts repos sur la couchette à roulis et tangage. Un confrère lira ce discours à Paris, le premier du genre rédigé en rade de Mindelo, île de Sao Vicente, et envoyé par fax. Ce texte nous est donné dans le livre, du pur Deniau, où il découvre que les vertus sont de sexe féminin, et qu'elles sont sept !

Mais ce n'est que diversion parmi ses réflexions sur la société. Exemple : « le sport, dit-il, a pris avec le spectacle et la santé, la place de la religion au sens de ce mot : lier, rassembler. À défaut de Dieu et de ses saints, bonjour docteur, salut l'artiste, et bravo l'athlète. »

Et le bateau file. Le 27 novembre on passe le 46° de longitude, c'est la nuit, et naviguer aux étoiles c'est avoir pris passage sur l'arche de Noé, parmi les animaux fabuleux ou familiers, ours, lézard, lion, cygne, scorpion, taureau, pégase, hydre... « la Voie Lactée est un immense courant qui traverse le ciel, avec ses millions d'étoiles qui font rumeur autour du bateau et tentent d'embarquer ».

Et cela dans une solitude totale pour le politique qui est à bord, car c'est un homme politique qui traverse l'océan, et il nous livre sa réflexion sur le pouvoir, les postes occupés, les missions accomplies. Mais ces conversations sont sans cesse interrompues par les obligations aléatoires de la navigation. Comme sur la terre ? On en tire quand même une leçon de morale politique, bien que Deniau dise : « la vie politique est une passion que je n'ai pas. »

À l'aube, c'est Fort de France.

« Vivre, c'est survivre », est la dernière phrase du livre.

Elle conclut la pensée de l'auteur qui dit que l'important est d'avoir une chimère puisque les marins anciens plaçaient celle-ci à la proue de leur caravelle pour découvrir les continents. Deniau nous dit que l'Amérique est dans le cœur bien avant qu'un matelot ne crie « terre » du haut du nid de pie.

Il faut dire aussi, et surtout, que l'écriture du livre est belle, qu'elle est un régal de langue française et de sa longue histoire façonnée depuis du Bellay, Ronsard et Rabelais. Ah, si toute l'académie parlait ainsi ! Bravo sieur Deniau.

■ **TOUAREGS. Edouard Bernus, Jean-Marc Durou (Robert Laffont. éditeur)**



Nous avons rendu compte en son temps (XYZ n° 56, 1993) de l'ouvrage de Jean-Marc Durou « l'exploration du Sahara » paru aux éditions Actes Sud, où l'auteur concluait sur une note un peu triste : « ...aujourd'hui les vrais explorateurs du Sahara restent les nomades que les européens, par méfiance ou préjugés, n'ont pas daigné intégrer à l'histoire. »

Ces nomades, les touaregs, font l'objet d'un livre remarquable et prestigieux. Leur vie quotidienne et la vastitude de leurs paysages sont photographiés par ce même Jean-Marc Durou, ancien guide saharien, photographe et écrivain, avec des textes de Edmond Bernus, géographe de l'ORSTOM, Gian Carlo Castelli Gattinara, professeur d'anthropologie culturelle à l'université d'Annunzio de Chieti en Italie, Jérémy Swift, chercheur biologiste et économiste anglais, la collaboration de Odile Dayak et une

préface de Théodore Monod où ce grand saharien se félicite de voir enfin consacré un ouvrage d'ensemble à cette ethnie qui s'étend du lac Faguivine à l'oasis libyenne de Rhât. Vaste territoire dépendant de divers gouvernements et source de conflits récents. Théodore Monod ajoute : « venant à son heure ce maître livre pourra fort utilement nous rappeler qu'un groupe ethnique menacé de disparition possède évidemment le droit de conserver, s'il le désire, ce qu'il a de spécifique et d'irremplaçable. »

Le spécifique et l'irremplaçable sont décrits et illustrés dans ce livre. La beauté intense du désert immobile et aride. La précarité précieuse et confortable de la tente en peau de chèvre où le thé de l'hospitalité attend toujours l'homme et sa caravane qui passe au détour d'une dune, à l'orée d'un erg. Du domaine méditerranéen au monde soudanien, le peuple touareg est un pont entre le maghreb et l'Afrique noire, avec une culture homogène, une langue et une civilisation communes. Leur unité originale se retrouve de Djanet à Tahoua, avec une écriture dont les caractères (tifinagh), anciens ou actuels sont inscrits sur de nombreux rochers sahariens.

Cet ouvrage est rédigé par un spécialiste et illustré par un remarquable photographe qui, tous deux, ont une grande expérience de la vie et des coutumes touarègues. Il traite le problème historique et la spécificité d'un peuple consacré au nomadisme pastoral qui se trouve confronté au choc de la mondialisation des échanges et pour qui l'arrivée au désert d'une civilisation technique et mercantile va modifier et menacer le mode de vie traditionnel.

À eux de prendre en main leur destin, c'est ce qui semble se produire, mais à nous de veiller à la préservation de racines qui sont aussi les nôtres. Dans ce cadre et autour de ce livre, la ville de Sèvres dans les Hauts de Seine, a organisé en décembre une série prestigieuse de manifestations sous le haut patronage du président de la république du Niger, des ministres français Hervé de Charette, Philippe Douste-Blazy et Jacques Godfrain, et du ministre du tourisme et de l'artisanat du Niger. Une exposition sur la vie touarègue introduite par une centaine de photos splendides de Jean-Marc Durou a perduré tout décembre, avec la présence de quelques touaregs hommes et femmes qui ont donné à la ville une image de la noblesse de ce peuple. Un dromadaire y a même fait l'honneur d'une visite.

« L'homme voyage toujours en avant de lui-même », a dit le touareg Mano Dayak, figure politique disparue le 15 décembre dernier en plein désert dans un accident d'avion, et dont l'association qui porte son nom est à l'origine de ces manifestations.

C'est d'une philosophie digne des grandes civilisations.

■ **LES SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE. Jean Denègre et François Salgé. (PUF Que-sais-je ? volume 3122)**

Deux ingénieurs de l'Institut Géographique National publient ce livre. On peut dire : « enfin ! », car ce petit ouvrage paraît indispensable par son caractère global sur l'ensemble du phénomène SIG.

On ne résume pas ce livre, surtout pour les lecteurs de XYZ qui ont la pratique de ces systèmes. Mais il est

fort utile d'avoir, sur 128 pages, un survol de tous les aspects de la question, non seulement scientifiques et techniques mais aussi philosophiques, économiques et politiques.

Sont décrits les principes d'organisation et de fonctionnalités des systèmes, les applications actuelles, suivis de réflexions sur certains aspects non technologiques et sur la prospective.

Il ne s'agit rien moins en effet que de la relation de l'homme à l'espace terrestre, ce qui implique la multiplicité des domaines d'application des SIG avec, disent les auteurs, « ce qui fait leur originalité et leur force : la conjonction de techniques très anciennes, la géographie et la cartographie, et de technologies à la pointe du progrès contemporain, l'informatique, les techniques spatiales, les télécommunications. »

Dans leur conclusion Jean Denègre et François Salgé affirment que les SIG représentent aujourd'hui l'outil le plus complet permettant de collecter, croiser et échanger les connaissances sur la planète Terre, et qu'ils n'occupent pas dans le discours politique le rang qui devrait leur revenir.

Un ouvrage très complet et d'une clarté égale à la maîtrise du sujet par les auteurs.

■ LA SCIENCE DES SYMBOLES. René Alleau (bibliothèque scientifique Payot)

Notre siècle, celui qui s'achève, sera marqué par deux phénomènes importants : le développement de l'information, et en particulier de l'information visuelle, et celui de la psychanalyse. Deux directions où la symbolique a sa part.

Si l'on définit le symbole comme un « signe », c'est-à-dire un message soit de reconnaissance, soit conventionnel, soit analogique, on est encore loin de rendre compte de la complexité de sa signification véritable, d'où le développement important du premier chapitre du livre sur l'origine et la sémantique du mot « symbole ».

L'objet de l'auteur, comme l'indique le sous-titre de l'ouvrage, est une contribution à l'étude des principes et des méthodes de la symbolique générale. Et d'abord de l'écriture, symbole premier, premier signe d'une appropriation et d'une communication avec l'autre. Mais le symbole n'est pas seulement dans le langage et ce serait une erreur de réduire au seul système des références désignatives et pratiques, toute la philosophie des symboles. L'auteur aborde la fonction allégorique du symbolisme, la devise et l'emblème qu'il est aussi avec ses retombées ésotériques et philosophiques. La langue des symboles est très proche du langage de la musique, dit-il, essayer de la comprendre c'est essayer de percevoir des vibrations harmoniques, et deviner une musique de l'univers.

René Alleau, par ailleurs membre de l'AFT, est conseiller scientifique et historien des sciences. Son œuvre, parfaitement rationnelle et scientifique, est déjà riche de nombreux ouvrages, citons : aspects de l'alchimie traditionnelle (1953), de la nature des symboles (1958), histoire des grandes constructions (1965), les sociétés secrètes (1969), et plus récemment (1989) épistémologie du mythe et du symbolique dans les discours politiques de la Terreur. Il a dirigé plusieurs collec-

tions, dont une chez Denoël, et est l'auteur de nombreux articles encyclopédiques (universalis, Larousse...), ainsi que conseiller industriel (aquaculture).

Cet ouvrage concerne un public averti et s'appuie sur une large recherche universitaire comme en témoigne le dernier chapitre composé de documents et textes annexes sur les recherches contemporaines dans le domaine de l'étude interdisciplinaire du symbolisme.

■ GPS. LOCALISATION ET NAVIGATION. Botton, Duquenne, Egels, Even, Willis

Le CNIG, Conseil National de l'Information Géographique, sous la plume de quatre ingénieurs de l'IGN et d'un ingénieur de l'armement du SHOM, publie cet ouvrage qui s'adresse à des professionnels de la géodésie et de la topographie, mais aussi au-delà à un public curieux de mieux connaître cet outil prodigieux.

L'outil GPS, système américain aux buts militaires initiaux, a largement dépassé ses ambitions premières, il est maintenant devenu indispensable et incontournable pour la navigation civile. Sur quelque point que ce soit du globe, quelle que soit l'heure, ponctuel et rapide, il répond aux trois questions : quelle heure ? quelle position ? quelle vitesse ?

Ses applications précises ont rapidement envahies les domaines de la géodésie et de la topographie, ouvrant à ceux-ci des horizons insoupçonnés que les pages de XYZ connaissent bien pour en être l'écho habituel.

Le GPS n'est pas pour autant un instrument magique, les hommes plus que les fées se sont penchés sur son berceau.

Ce livre aborde les notions fondamentales, les principes de fonctionnement, les positionnements statique et dynamique. Un glossaire en fin de volume (chap. 4) définit les termes français, les signes et les termes anglo-américains. Il est le fruit du groupe de travail du CNIG « positionnement statique et dynamique » que préside l'ingénieur géographe Pascal Willis qui définit ce livre ainsi (avec modestie à mon avis) : « cet ouvrage n'a pour seul objectif que d'aider le futur utilisateur en lui fournissant les indications nécessaires pour planifier et exécuter ses travaux GPS et déterminer à posteriori la qualité de ses résultats. Il s'appuie en grande partie sur l'expérience déjà acquise par différents groupes français ainsi que sur des documents similaires déjà existant dans d'autres pays ».

Ce qui est sûr c'est que ces 150 pages vont garnir la plupart des poches des vestons de topographes.

(Éditions Hermès. 14 rue Lantiez 75017 Paris. Broché, 145 F. 180 F. franco de port et d'emballage.)

■ LA CHINE S'EST ÉVEILLÉE. Alain Peyrefitte (Fayard)

Le titre s'imposait de lui-même après l'ouvrage célèbre de notre académicien écrit en pleine révolution culturelle (quand la Chine s'éveillera...le monde tremblera. 1971). Un deuxième livre, écrit en 1989 devait lui aussi connaître un grand succès mondial, « l'empire immobile » montrait la stupéfiante permanence des comportements

LA PRODUCTIVITE DU GPS TEMPS REEL A LA PORTEE DE TOUS LES TOPOGRAPHES



POUR TOUS LES BESOINS DE LEVES CENTIMETRIQUES : LE SYSTEME GPS KART DE DSNP

Quel que soit le domaine d'activité, quand des coordonnées centimétriques sont requises en temps réel sur le terrain, le système KART (Kinematic Applications In Real Time) apporte une réponse qui allie précision et facilité d'utilisation :

L'installation de la station de référence (15 kg) s'effectue en ¼ d'heure sur un point géodésique, et les travaux avec l'unité mobile (7 kg), placée dans un sac à dos, peuvent commencer sans se soucier de la liaison radio intégrée dans les deux éléments (grâce au savoir-faire de DASSAULT SERCEL Navigation-Positionnement en



matière de transmission de données, cette radio se joue des masques environnants ou du relief). Basée sur des équipements dont la fiabilité n'est plus à démontrer (station de type NDS et récepteur de type NR) cette révolution en matière

de traitement des signaux GPS permet, en évitant les post-calculs généralement effectués au bureau, d'obtenir en quelques secondes sur le terrain des coordonnées qui pourront être commentées et stockées pour restitution ultérieure.

La productivité, déjà accrue par des temps d'occupation très faibles, est renforcée par des prix comparables à ceux des matériels traditionnels. N'hésitez donc pas à nous demander de vous prouver ce que nous promettons !



Distributeur
exclusif
en
France
S.A.R.L. B. COLLINET

Parc Atlantis
222 et 224, avenue du Saint Laurent
44811 SAINT HERBLAIN Cedex
☎ 02 40 92 04 51. Fax 02 40 92 05 38

DASSAULT SERCEL Navigation-Positionnement

16 rue de Bel-Air
B.P. 433, 44474 CARQUEFOU CEDEX (France)
☎ +33 (0)2 40 30 59 00. Fax +33 (0)2 40 30 58 92. Télex SERCEL 710695 F
S.A. à Directoire et Conseil de surveillance au capital de 75 000 000 F

DASSAULT
SERCEL NP
NAVIGATION POSITIONNEMENT

LA PÔLE POSITION

Avec **Hitachi Software**

quelles que soient

les **exigences**

de votre **métier,**

vous serez **performant**

sur **tous les plans.**



SIG - Cadastre

Tracer-Cadastral est un module complémentaire à Tracer pour AutoCAD. Il permet :

- la saisie et l'édition des données graphiques et alphanumériques des planches cadastrales.
- l'export de ces données vers des SIG ou des logiciels de CAO (MapInfo, SIRT, CGCCT, DXE, etc...).

Les données alphanumériques sont sauvegardées dans une base de données externe supportée par AutoCAD telle que DBASE, Informix, Oracle, etc.

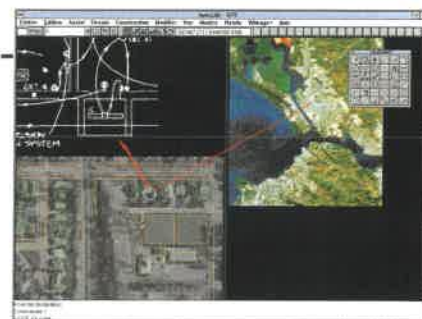


Génie Civil - Cartographie

Tracer-MDT permet :

- la saisie 2D ou 3D de données topographiques en partant d'un plan raster ou d'un fichier de semis de points.
- la réalisation rapide de modèles numériques de terrain.
- le calcul de profils en long et en travers.

Ce logiciel puissant et ergonomique offre une grande flexibilité et grande rapidité dans la création et l'analyse des modèles de terrains et ceci dans AutoCAD.



AEC - Projet métier

Tracer ou V/Image Plus pour AutoCAD, ou TracerStation hors AutoCAD répondront à toutes vos exigences et à vos besoins pour la réalisation de vos études à partir d'un plan papier, d'une image couleur ou monochrome, d'une vue aérienne, d'une image SPOT, des orthophotoplans. Les algorithmes brevetés par Hitachi Software vous aideront à manipuler vos images, à les convertir en vecteur d'une manière manuelle, interactive ou 100% automatique puis d'imprimer raster et vecteur simultanément sur votre traceur.



Registered Application Developer

HITACHI Software
Quality Software Solutions

HITACHI Software Europe

Parc de Limère, Zone Industrielle d'Ardon
BP 629 - 45166 - Olivet Cedex FRANCE
Tél.: (16) 38 69 86 96 - Fax: (16) 38 69 86 99

Pour connaître le revendeur agréé le plus proche ou pour recevoir votre version de démonstration, contactez dès aujourd'hui HITACHI Software Europe au (16) 38 69 86 96.

et mentalités collectifs dans cette Chine de toujours, toujours la même sous les déferlements venus de l'intérieur comme de l'extérieur.

En 1990 dans « la tragédie chinoise », l'auteur analysait les causes, le déroulement, la répression brutale et les conséquences du « printemps de Pékin » de 1989. Voici maintenant, sept ans après cet épisode dramatique, la description de l'essor qu'annonçait « quand la Chine s'éveillera », la chronique des étapes qui y conduit, les carnets de route d'observations accumulées en une quinzaine de voyages, le dernier en septembre 96. Comment la Chine réussit-elle à rester elle-même tout en se modernisant et s'occidentalissant à vive allure ? Elle se projette déjà dans le XXI^e siècle comme la première puissance mondiale. Le monde va-t-il trembler ?

■ GUIDE : les rues de Paris et les départements de la couronne.

Ce guide est le 1^{er} d'une série de 5 couvrant l'Île de France. Il regroupe Paris et ses 3 départements limitrophes. Quatre tomes sur la grande Banlieue paraîtront prochainement : le Val-d'Oise, les Yvelines, l'Essonne et la Seine et Marne.

Tout est étudié pour faciliter les déplacements des automobilistes. Paris et ses trois départements sont découpés en sections rectangulaires comme sur les cartes routières. Les sections sont présentées pleine page, il n'y a donc pas de noms illisibles à la pliure interne et on passe aisément d'un arrondissement (ou commune) à un(e) autre. Cette présentation pratique est déjà adoptée par de nombreux coursiers et chauffeurs de taxis.

Les adresses sont facilement localisées grâce à l'index des noms de rues, classés par commune. Le nom est suivi d'un chiffre qui indique le N° de la page et d'une combinaison lettre-chiffre qui renvoie à la case exacte de l'adresse recherchée. Il est possible qu'une rue ait plusieurs coordonnées, ce qui signifie que la rue dépasse les limites et qu'elle se trouve donc aussi sur la page contiguë.

Un CD-ROM est offert avec le guide.

(NOVIS. SA, diffusion VILO. Reliure souple intégrale format A4. 277 pages 4 couleurs - 76 pages d'index - 129 F)

■ The oldest latin astrolabe

Dans le n° 57 de XYZ (4^e trimestre 1993) p. 70 nous avons rendu compte de la session du 19^e congrès international d'histoire des Sciences qui s'est déroulé du 22 au 29 août 1993 à Saragosse en Espagne. Ce congrès comportait notamment un symposium concernant le *plus ancien astrolabe latin*.

Les actes de ce symposium viennent d'être édités dans le volume XXXII (1995) de la revue « PHYSIS », « rivista internazionale di storia della Scienza. Leo S. Olsehi. Editore. Firenze » sous le titre « The oldest latin astrolabe ».

L'ouvrage comporte une préface de W.M. STEVENS, 12 communications en anglais et en français (dont une de M. D'HOLLANDER), une conclusion du Professeur BEAUJOUAN.

Rappelons que l'astrolabe en question se trouve au Musée de l'Institut du Monde arabe à Paris et fait partie de la collection *Marcel Destombes*, qui considérait cet astrolabe comme carolingien.

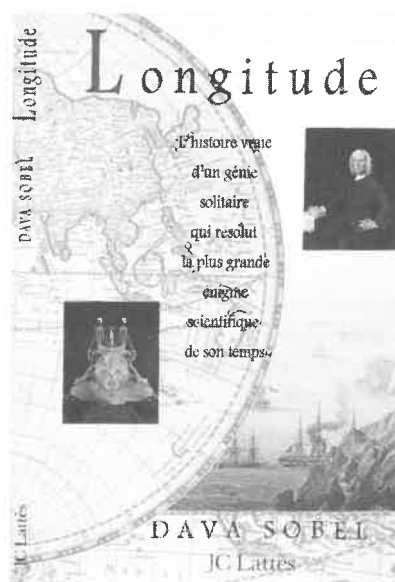
Son authenticité a été naguère mise en doute, mais les différentes contributions techniques et paléographiques incluses dans l'ouvrage en question militent en faveur de l'authenticité de cet astrolabe, qui serait du X^e ou du XI^e siècle. Les courbes des tympanes très exactes auraient été tracées par un astrolabiste arabe ; seules les écritures seraient d'un artisan latin.

Les lecteurs d'XYZ qui seraient intéressés par la communication de Raymond d'Hollander, intitulée « Étude comparative entre l'astrolabe dit carolingien et l'astrolabe d'Abu Bakr ibn Yusuf de Toulouse » pourront se la procurer, dans la limite des exemplaires disponibles, en s'adressant à l'AFT.

■ Longitude par Dava Sobel

Traduit de l'anglais par Gérard Messadié.

« L'histoire vraie d'un génie solitaire qui résolut la plus grande énigme scientifique de son temps ». 195 pages Éditions J.C. Lattes.



Dava Sobel, l'auteur de *Longitude*, est une journaliste scientifique américaine qui nous raconte avec simplicité, mais aussi avec talent, l'histoire étonnante de John Harrison, horloger de son état, qui pendant quarante ans s'obstina à mettre au point un chronomètre, chef-d'œuvre artisanal de précision, permettant la mesure de la longitude en mn.

L'ouvrage commence par la citation de naufrages occasionnés par une mauvaise connaissance de la longitude. C'est ainsi que dans la nuit du 22 octobre 1707 une flotille de cinq navires sous le commandement de sir Clowdisley fit naufrage aux Îles Scilly à quelques miles du Cap Land's Est, qui termine la presqu'île de Cornouaille. Quatre navires furent perdus corps et biens, le naufrage occasionnant la mort de 2 000 personnes.

L'auteur passe ensuite en revue les méthodes en usage pour la détermination de la longitude en mer avant l'invention du chronomètre de marine :

— La *méthode des distances lunaires*, découverte en 1514 par l'astronome allemand Johannes Werner. Le principe en est le suivant. On établissait des tables pour un lieu origine, donnant les heures auxquelles la lune rencontre des étoiles. En un lieu déterminé le navigateur comparait l'heure à laquelle il observait lui-même la rencontre de la lune avec une étoile donnée, avec l'heure des

tables concernant cette même étoile. La différence d'heures donnait la longitude du lieu par rapport au lieu d'origine.

- On utilisait aussi l'occultation des satellites de Jupiter,
- la méthode de la variation magnétique ; on croyait que la déclinaison magnétique était fonction de la longitude
- la méthode des repères auditifs : par exemple des bruits de canon étaient intentionnellement produits à certaines heures en un lieu de référence, de longitude connues. Un navigateur situé approximativement sur le même parallèle comparait l'heure à laquelle il avait entendu le signal sonore et celle à laquelle il avait été tiré ; en tenant compte de la vitesse de propagation du son, il pouvait déterminer la différence de longitude du lieu où il se trouvait et celle du lieu de référence.

Dès 1530 l'astronome flamand *Gemma Frisius*, concepteur de l'*astrolabe catholique*, astrolabe universel, eut l'idée d'utiliser l'horloge pour la mesure de la longitude en mer.

Sur un lieu de référence donné on détermine l'heure locale (à l'astrolabe par exemple) ; on met l'horloge à l'heure locale du lieu de référence.

Sur un lieu quelconque on détermine l'heure locale, à l'astrolabe et on la compare à celle de l'horloge. La différence des deux heures au même instant donne la différence de longitude du lieu quelconque avec le lieu de référence.

Mais les horloges du début du 16^e siècle n'avaient pas une fiabilité suffisante ; la méthode resta en sommeil près de deux siècles.

En 1714 une pétition fut adressée au gouvernement britannique pour qu'il accorde son attention à la résolution du problème de la longitude en mer. Un comité parlementaire vit le jour qui obtint la promulgation de la *loi de la longitude*, qui créa trois prix :

- un prix de 20 000 livres pour la détermination de la longitude à 1/2° près
- un prix de 15 000 livres pour la détermination de la longitude à 2/3° près
- un prix de 10 000 livres pour la détermination de la longitude à 1° près.

Parallèlement fut instituée un *conseil de la longitude*, qui fonctionna jusqu'en 1828. Il était composé de mathématiciens, d'astronomes et de marins.

John Harrison (1693-1776) fut le premier à réaliser un chronomètre de marine, fiable, pour la détermination des longitudes en mer. D'abord menuisier, il construisit avec son frère James des horloges entièrement en bois ; il inventa ensuite un *balancier à gril* utilisant la dilatation en sens inverse de deux métaux différents pour compenser leur dilatation thermique. Il en résulta sa première horloge marine : *H₁* achevée en 1735 et qui pesait 75 livres.

L'amirauté fit tester l'horloge dans un voyage aller-retour Spitbread-Lisbonne ; dans l'aller-retour l'horloge n'avait pas varié de plus de quelques secondes par jour.

Conscient de quelques faiblesses de sa première horloge *H₁*, *Harrison* réalisa l'horloge *H₂*, horloge marine munie d'un dispositif à force constante et de deux balanciers, qui lui valut en 1745 la médaille *Copley*, la plus haute récompense de la *Royal Society*.

Il consacra ensuite une quinzaine d'années à la réalisation de son troisième chronomètre *H₃* qui comporte une lance bimétallique remplaçant le compensateur à gril.

Il construisit ensuite son chef-d'œuvre : la montre *H₄* qui gagna finalement en 1759 une partie du prix de la longitude. Elle fut testée dans une traversée jusqu'en Jamaïque ; après 81 jours de mer elle n'avait perdu que 5 secondes.

Voici brièvement résumée l'histoire de *John Harrison*, mais le livre de *Dava Sobel* rapporte dans tous ses détails les innombrables obstacles auxquels *John Harrison* eut à faire face. Il eut contre lui les plus grands scientifiques de son temps, obstinés dans l'utilisation de la méthode des distances lunaires, méthode lourde en calculs. Astronomes et marins ne pouvaient concevoir qu'un chronomètre construit par la main d'un homme autodidacte puisse remplacer avantageusement l'observation de la lune et des étoiles.

Lorsqu'enfin la découverte de *John Harrison* fut reconnue de tous, le grand navigateur *Cook* put cartographier correctement de vastes zones du globe terrestre, comprises entre Tahiti, l'Australie, la Nouvelle-Zélande et dans le Pacifique Nord.

Raymond d'Hollander

■ ENTRE ART ET SCIENCE : LA CRÉATION

Il semble que les scientifiques soient souvent chatouillés par les mystères de l'art. On pourrait appeler cela « le complexe de Vinci ».

Souvent les hommes de science se saisissent du pinceau, et souvent avec un réel talent. Leur démarche emprunte le chemin du peintre. Est-ce une détente, un laisser-aller et un rêve que le laboratoire interdit par sa rigueur ou bien est-ce un prolongement libérateur des équations élaborées. Un antidote en somme ?

La pensée qui préside aux manifestations qui s'intitulent « entre art et science : la création », est tout autre. Y préside en effet l'idée que la création est une mais divisible et que ses deux chemins ont peut-être un parcours qui doit les faire se rencontrer, s'interpénétrer, pour se féconder finalement. Deux aspects de la nature humaine se retrouvent complémentaires en quelque sorte.

Deux associations ont unis leurs efforts pour créer des événements de rencontre art-science : « Médicis-Art-Science » et « Espace Européen CIC ». Il s'agit, disent-elles, de redécouvrir et de reconstruire les ponts qui joignent les deux disciplines.

À travers les manifestations envisagées, leur projet vise trois buts : des expositions pour réunir des œuvres créées par des hommes de science et des artistes ayant un rapport avec la science, des tables rondes menant à des publications et permettant une réflexion de fond, enfin des ateliers pour la création basés sur l'interactivité de ces deux voies de l'intelligence.

L'ambition est grande, mais à la mesure semble-t-il du problème posé. Ce projet, sous le haut patronage du prix Nobel Pierre-Gilles de Gennes et de l'académicien Marcel Landowski chancelier de l'institut de France, doit voyager à travers l'Europe et s'enrichir dans chaque pays de scientifiques et d'artistes du cru.

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

Enfin... presque tous.

Fable aquatique

L'aigrette et le bathymètre

Une aigrette que la faim guette,
Du fleuve arpent 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 bathymètre passait par là,
Avisé 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.



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 Trimble, Odom Hydrographic Systems, C-Max, Trittech International, Ore International, Eiva.

téléphone 01 64 49 31 66
mobile 06 07 44 07 31
télécopie 01 64 49 06 28



SETAM Informatique "L'expérience de 25 ans"

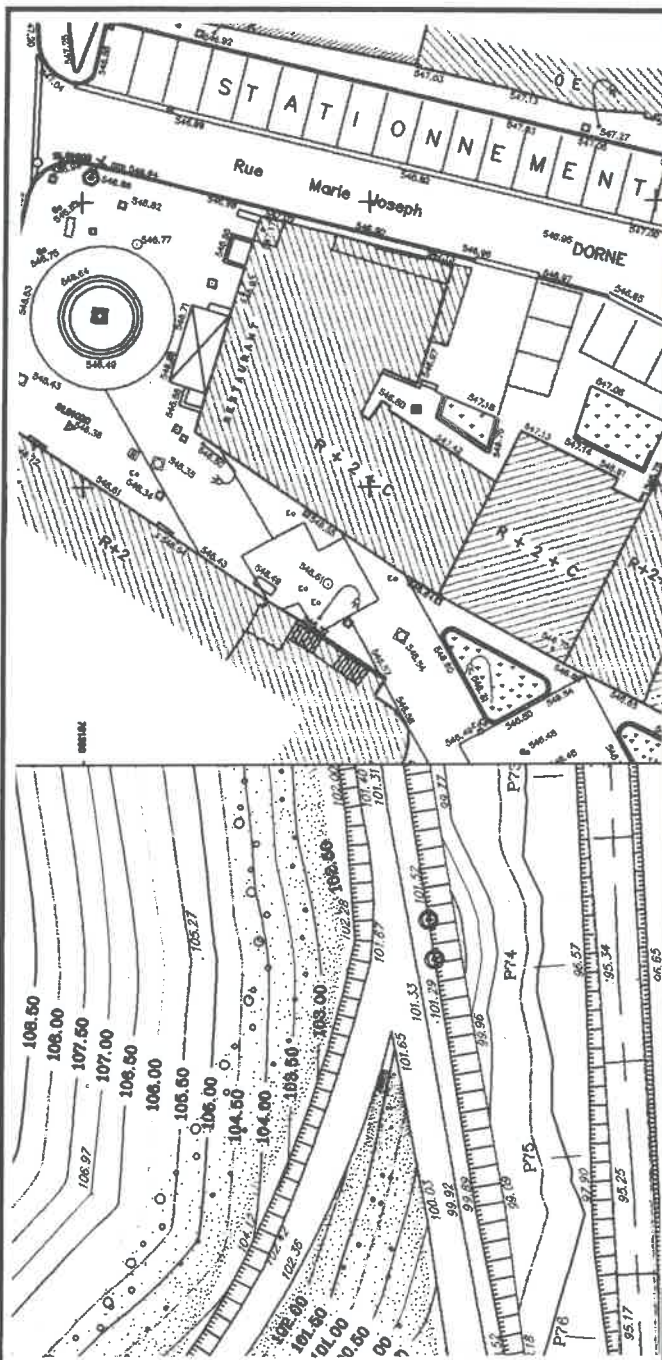
2, rue du Square Jean.Gibert - 78114 Magny-les-Hameaux

☎ 01 30 52 40 49 Fax 01 30 52 11 25

Conseils - Assistance - Formation - Développeur Agréé d'AutoDESK

Profitez des 10 ans de "TopoLISP" et de la promotion «AutoCAD-Solution»

TopoLISP vous fera gagner en productivité par sa puissance, sa convivialité et sa facilité d'emploi.



☐ Promotions "AutoCAD + TopoLISP"

- **AutoCAD MAP + TopoLISP 2D** 37.060Fht
(31.900fht) (15.000fht)
- **Promo AutoCAD Solution** 39.000Fht
13C4a + ADE ou AutoVision+TopoLISP V13
(29.840fht) (3.300fht) (4.900fht) (25.000fht)
- **Promo AutoCAD Solution** 35.000Fht
13C4a + ADE ou AutoVision+TopoLISP 2D
- **AutoCAD-LT/ win.95 + TopoLISP LT** 8.800Fht
(3995fht) (5.995fht)
- **AutoCAD-LT/ win.3.11 + TopoLISP LT** 6.800Fht
(5.995fht) (5.995fht)

☐ Promotions "TopoLISP"

- **TopoLISP V13** (25.000fht) 16.250 Fht
- **(2D+3D+Projets 3D+Sig)**
- **TopoLISP 2D** (15.000fht) 9.750 fht
- **TopoLISP 3D ou Projet 3D** (12.000fht) 7.500 fht
- **TopoLISP 3D + Projet 3D** (24.000fht) 12.000 fht
- **TopoLISP Sig** (8.000fht) 6.000 fht
- **TopoLISP-LT2** (5.900fht) 3.957 fht
- **Remplissage "Aplats"** (2.900fht) 1.900 fht

☐ offre Station DAO à 49.900 Fht

1.395Fht par mois/linéaire/4ans/VR1%

- ♦ **Micro Pentium 133Mhz ext en 200 Mhz HP**
D.D. 1,2 Go - Ram 32Mo - Lecteur CD (x8)
- ♦ **Ecran 17" NOKIA**
- ♦ **Digitaliseur A3 avec symboles**
- ♦ **AutoCAD 13 C4a + ADE ou AutoVision**
- ♦ ***TopoLISP 2D**
- "Les Applicatifs" Le TOP en construction 2D
- ♦ Windows 95 ♦ Livraison

Le matériel de marque, c'est votre sécurité

V/Cachet SVP ▼ pour documentation

Offre de mise à jour concurrentielle jusqu'au 30 avril 1997
des applicatifs sous autoCAD (depuis V 2.6) vers

☐ **TopoLISP-V13** (2D+3D+Projet 3D+SIG): **7.800fht***

☐ **TopoLISP-2D : 4.800fht*** pour AutoCAD 13
ne comprend pas la "M.A.J." d'AutoCAD et l'installation sur site

AutoCAD MAP ajoute de nouvelles fonctionnalités à AutoCAD pour la création, la maintenance, l'analyse, la présentation, et l'échange d'informations dans un environnement de CAO (incluant la technologie Raster)

Une première manifestation a eu lieu en France pendant trois semaines (20 décembre/10 janvier) à la fondation « Dosne-Thiers » où 60 œuvres ont illustré les talents artistiques des scientifiques avec dans le même cadre une table ronde, un concert, lecture de poèmes, film, diaporama, etc.

Une reprise aura lieu du 20 mai au 21 septembre au palais de la découverte. On y verra des œuvres de Michel Casse, astrophysicien, Pierre Gilles de Gennes, académicien prix Nobel, Louis Leprince Ringuet, physicien et double académicien, Jean-Pierre Luminet, astrophysicien, Jean Claude Pecker, académicien astrophysicien, Daniel

Pecker, mathématicien, Louis Pasteur qu'on ne présente plus...

Ce qui est frappant c'est que ces hommes de science ne sont pas des petits peintres du dimanche comme on pourrait le penser, mais accomplissent de véritables œuvres, élaborées, avec thème et technique. La même ferveur qu'ils mettent sans doute dans leur œuvre scientifique apparaît sur leurs toiles.

Un livre-catalogue est édité, il reproduit toiles, dessins et poèmes. (Groupe de recherche polypoétique, 40 rue de Bretagne, 75003 Paris.).

Jack Biquand

LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE

Un lexique topographique édité par l'AFT, fruit du travail de la "commission d'enseignement" de l'association, a vu le début de sa parution dans le numéro 47 d'XYZ, sous forme de fascicule et par chapitre.

L'ouvrage est aujourd'hui achevé en 12 chapitres totalisant 116 pages. le nombre total de termes recensés est de 1 200. Un index général va paraître dans un prochain numéro de notre revue, ainsi qu'une mise à jour, jugée utile par la commission, pour le chapitre 5 relatif aux "canevas".

Plan général du lexique : 1. Généralités, 2. Mesures des longueurs, 3. Mesures des angles horizontaux, 4. Mesures des altitudes, 5. Canevas, 6. Cadastre et travaux fonciers, 7. Lever tachéométrique, 8. Lever au goniographe (planchette), 9. Implantations, 10. Calculs, 11. Représentation cartographique, 12. Photogrammétrie.

Rédigé et vérifié par les professeurs et 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. Nous pensons que le professionnel ne doit pas perdre ses "marques", même si l'ordinateur s'y substitue avec performance (nous pensons ici en particulier aux élèves des écoles de géomètres et topographes).

Ce lexique est à disposition à l'AFT.

J. B

La mémoire de l'existant !



Un système polyvalent de métrologie 3D :

Des mesures photogrammétriques de l'existant, pour une restitution adéquate plane ou tridimensionnelle des données pour la CAO (précision jusqu'au 1/10ème de mm).

Bénéficiant de 75 ans d'expérience en Haute Précision, les appareils spéciaux Rollei associés à une station de travail PC et aux logiciels RolleiMetric, **c'est la solution** en photogrammétrie.

**Demandez
notre documentation
technique**

Rollei
Metric Service

7, rue Victor Hugo - 92323 Châtillon Cedex - Tél. (1) 47 35 08 93 - Fax (1) 47 35 64 70

l'espace du passé

Sur le chemin qui
va de Fenouillet
à Tholose, l'enclos
de Mademoiselle
de Saint-Pierre
en 1490.
(richesses
des archives
cadastrales)



REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 70

FRANCE-GPS2^e couv.
ROLLEI.....3^e couv.
TOPO CENTER.....4^e couv.

ACTHYD.....	101	LEICA.....	2
AERIAL.....	57	NASHUATEC.....	encarté
AZIMUT.....	74	NIKON.....	4
CARL-ZEISS.....	40	ORTECH.....	8
DOREL.....	37	ROLLEI.....	103
ECOLE CHEZ SOI.....	6	SERCEL.....	97
ENSG.....	39	SETAM-INFORMATIC.....	102
GEOPIXEL.....	73	TOPCON.....	65
GEOTRONICS.....	33	TOPOSAT.....	49
HITACHI.....	98	TRIMBLE.....	1