

# *A*ssociation *F*rançaise de *T*opographie

topographie

géodésie

photogrammétrie

SIG

géomatique

métrologie

hydrographie

topométrie

cartographie

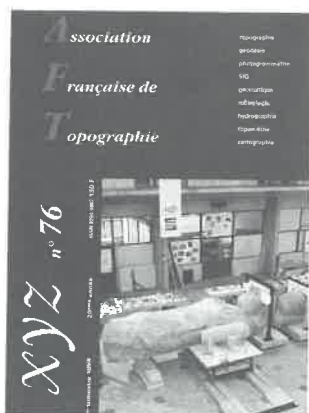
XYZ n° 76

3<sup>ème</sup> trimestre 1998

20<sup>ème</sup> année

ISSN 0290-9057 130 F





Le colosse d'Alexandrie a été finalement achevé début mars dans le hall du CEBTP, il restait moins de deux mois avant l'inauguration. Il s'agit du remontage de la statue de Ptolémée. Voir l'article de Michel Paramythioti, page 59. Photo Jacques Pierre/Square des Photographes.

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**  
André BAILLY

**DIRECTEUR DE LA RÉDACTION  
ET DE LA PUBLICITÉ**  
Robert CHEVALIER

#### COMITÉ DE RÉDACTION

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

#### COMITÉ DE LECTURE

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

**MAQUETTE ET MONTAGE**  
Jack BIQUAND

**CORRECTEUR**  
Jean-Marie THIRIET

**ABONNEMENTS**  
Madame CABANETTES  
Carine BALLAND

Trimestriel – Le numéro : 130 F

#### Abonnement d'un an

France Europe (voie terrestre) : 480 F.

Étranger (avion, frais compris) : 500 F.

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

L'AFT n'est pas responsable des opinions émises  
dans les conférences qu'elle organise  
ou les articles qu'elle publie.  
Tous droits de reproduction ou d'adaptation  
strictement réservés.

#### COMPOSITION CD GRAPH

1 allée des Vinaigriers

44300 Nantes – ☎ 02 40 50 02 35

#### IMPRIMERIE MODERNE USHA

Aurillac 150001

☎ 04 71 63 44 60 – fax 04 71 64 09 09

# REVUE DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

136 bis rue de Grenelle – 75700 PARIS 07 SP – ☎ 01 43 98 84 80 – fax 01 47 53 07 10  
Permanence : mardi et vendredi de 10 heures à 12 heures

ISSN 0290 – 9057 1998 • 3<sup>ème</sup> trimestre

## n° 76 • s o m m a i r e

### • EDITORIAL

- Défense et illustration des langages  
Jack Biquand ..... 7

### • INFO-TOPO

- Les informations de la profession ..... 9

### • DANS LA PROFESSION

- Levé topographique par télémétrie laser aéroportée  
Joël Tignon ..... 21
- Activités internationales : Brighton, XXI<sup>e</sup> congrès de la FIG ..... 25
- La vie des régions AFT  
Dominique Vinot, Pierre Cecchinel ..... 27
- La page 4 x 4  
Robert Chevalier ..... 29

### • L'ESPACE DES JEUNES

- Maroc : voyage d'études des étudiants de l'ENSAIS ..... 30
- Madrid : 11<sup>e</sup> Congrès International Geodetic Students Organization (IGSO) ..... 33
- EATP, Egletons : 53<sup>e</sup> promotion "Eugène Freyssinet"  
Jacques Riffault ..... 35
- MTS Cartographie d'Orléans : au service de la géomatique ..... 36

### • SIG

- Le "livre blanc" CNIG/AFIGEO, le débat est ouvert : contribution du SPDG  
Synthèse par Jack Biquand ..... 38
- L'information géographique vraiment pour tous  
Jean-Luc Desgrandchamps ..... 41
- Information géographique et SGBD, chronique d'une convergence annoncée  
Michel Bernard ..... 43
- Luxembourg : un cadastre totalement numérisé en 2001  
Didier Maka ..... 46

### • GPS

- Délimitation de la frontière entre le Sultanat d'Oman et la république du Yémen  
Ilario Prévitali ..... 48
- Le guidage d'engins de TP par GPS cinématique en temps réel  
Gaëtan Hintzy, Jean-Marc Noury, Christophe Pichot ..... 53
- GPS : enfin peut-être deux nouvelles longueurs d'ondes pour les civils  
Claude Million ..... 57

### • SCIENCES - TECHNIQUES

- Le colosse d'Alexandrie, remontage de la statue de Ptolémée  
Michel Paramythioti ..... 59
- Le positionnement astronomique par la méthode du Plan des Sommets (2<sup>e</sup> partie)  
Yves Robin-Jouan ..... 66

### • HISTOIRE

- Cadastre et état, une histoire parallèle (3<sup>e</sup> partie)  
Mireille Touzery ..... 72
- Paris et ses nivellements au cours des temps  
Jean Allemand ..... 82
- Les découvreurs et les incertitudes cartographiques  
Yves Vallette ..... 91

### • L'ART - LES LIVRES

- Jack Biquand ..... 98





SCORPIO  
LAND SURVEY

6000

NOUVELLE GAMME

Le  
**GPS** qui défie  
VRAIMENT  
L'obstacle



ICI



LÀ



MAIS LÀ  
AUSSI

**DASSAULT**  
SERCEL **NP**

**Nikon**

DISTRIBUÉ EN EXCLUSIVITÉ  
PAR NIKON FRANCE S.A.

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



## DÉFENSE ET ILLUSTRATION DES LANGAGES

Il a fallu des millénaires, et plus encore, pour que la nécessité de communiquer, le besoin de transmettre une observation indispensable à la horde, mais trop fine pour être exprimée par un cri ou une mimique, il a fallu ce temps infini pour que l'homo-sapiens soit contraint au langage, construise pour survivre ce code commun à un ensemble grégaire.

Chaque horde, chaque clan, chaque tribu, puis chaque peuple, s'est fabriqué un langage, trésor d'inventivité et d'intelligence. Loin en arrière, dans une période indéterminée, sans doute a-t-il existé des dizaines de milliers de langues, il en subsistent aujourd'hui 3000 dans le monde, dont deux centaines seulement disposent d'une littérature et d'un enseignement, ce qui n'exclut pas la dignité des autres.

Ces langues sont le reflet de cultures différentes et de multiples facettes de la vie de l'Homme. Y accéder c'est enrichir sa propre culture, la replacer dans un contexte où se reflètent la diversité des intelligences et des sensibilités.

L'année 2000 arrive (uniquement d'ailleurs pour nos cultures occidentales, c'est à dire, en gros, un petit tiers de la planète !), enfin bref, elle arrive, et il ne faudrait pas que, sous prétexte d'efficacité de l'économie marchande (ou mercantile ?), on nous pousse vers une langue unique qui serait rapidement un sabir anglo-saxon où Albion elle-même ne se reconnaîtrait plus, noyant Shakespeare dans un jus sans couleur. Chaque langue a ses raisons que l'autre ignore peut-être, et qui seront perdues si l'on n'en tient pas compte, perdues pour tout le monde, et que l'humanité devra, un jour ou l'autre, reconquérir pour sa qualité de vie, voire pour sa simple survie. Triste serait un monde uniformisé par une seule langue qui perdrait rapidement elle-même sa propre identité dans un naufrage général, faute de confrontations enrichissantes.

C'est dire que nous, Français, devons sortir de nos habitudes hexagonales qui dédaignent souvent les langues qui ne portent pas le sceau de Rabelais et ne sont pas authentifiées par Vaugelas. Ne tournons pas autour du pot : il n'y a pas de langues meilleures ou plus fines que d'autres. Il y a des langues "impérialistes", celles du colonialisme et de la conquête du monde, conquête d'abord économique, entendons nous bien.

Le reste, c'est la culture, et c'est elle qui fait la richesse de l'humanité, car, que je sache, jamais la richesse économique (celle qui génère des "sous"), n'a enrichi qui que ce soit à part, par-ci, par-là, quelques énergumènes qui s'en servent d'ailleurs la plupart du temps pour asservir la culture qui ne va pas dans leur sens marchand.

Car, sachons le, les langues sont révélatrices d'une conception du monde, elles sont porteuses d'un système de valeurs. Toute façon de s'exprimer est une façon de penser, apprendre comment s'exprime l'autre c'est entrer en communication avec lui.

c'est entrer dans son monde et assouplir notre esprit pour être encore plus l'homme que notre ancêtre lointain a entamer de devenir, c'est être fidèle à ce glorieux grand-père et poursuivre cette aventure qu'il entreprenait lui, ce faible mammifère descendant des arbres avec son brin de malice dans un coin de l'encéphale.

Alors, une langue "véhiculaire" ? D'accord, pour aller d'un point à un autre, comme avec un véhicule automobile. Mais pour vivre le paysage le long du chemin, il faut ouvrir la vitre et respirer l'air du dehors, les parfums différents : le chinois avec son écriture et sa phonétique et le systèmes des tons, l'arabe si riche en consonnes dont la morphologie des mots est fascinante si l'on sait broder des dérivés en variant les voyelles. La fécondité de l'esprit humain, sa liberté et sa poésie, se sont données ici libre cours, mais il y en a 1000 autres.

Alors vous me direz que les congrès et colloques auxquels vous êtes amenés à participer n'ont nullement besoin pour parler chiffres et mesures des subtilités de langage et qu'un simple volapuk visionné dans les magazines adéquats peut suffire à une compréhension internationale.

Que nenni ! Vous vous trompez ! Car vous priveriez ainsi la science des subtilités auxquelles il lui faut souvent recourir pour la finesse de sa pensée et les arcanes de ses définitions.

## Jack Biquand

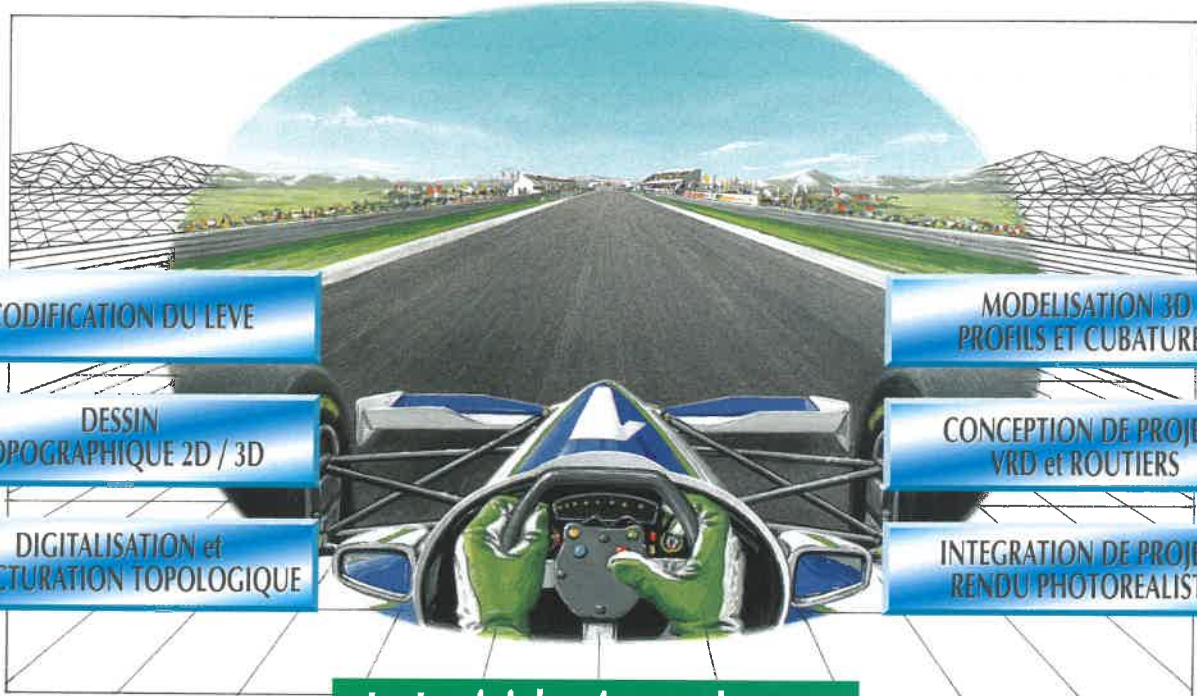


SEPTEMBRE  
... 1998 ...  
**1340**  
LICENCES  
INSTALLÉES

LE MEILLEUR RENDEMENT  
A TOUS LES REGIMES

*Pilotez COVADIS, le logiciel de pointe*

L'Applicatif de Topographie Numérique et de Conception de projets  
d'AutoCAD version 14



1 CODIFICATION DU LEVE

2 DESSIN  
TOPOGRAPHIQUE 2D / 3D

3 DIGITALISATION et  
STRUCTURATION TOPOLOGIQUE

4 MODELISATION 3D  
PROFILS ET CUBATURES

5 CONCEPTION DE PROJETS  
VRD et ROUTIERS

6 INTEGRATION DE PROJETS  
RENDU PHOTOREALISTE

*Le Logiciel qui trace la route*

 **Covadis**  
L'OUTIL DE REFERENCE

Le Centre des Systèmes Agréé AutoCAD en topographie, cartographie et S.I.G.



**Autodesk.**

Authorized Systems Center

**GEO MEDIA**

COMPETENCES & SYNERGIE  
Quai de la Douane - Immeuble "Grand Large" - CP 1 - 29607 BREST CEDEX  
Tél : 02 98 46 38 39 - Fax : 02 98 46 46 64  
E-mail : covadis@geo-media.com

CONTACT  
Christian LE GAC  
02 98 46 38 39

# INFO

# TOP

*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.*

## MAP 500 : un système d'information graphique de terrain

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

Avec une technologie GPS, avec des stations totales ou autres capteurs, ce système d'information graphique est une plate-forme de communication commune à tous. Que l'on fasse des mesures géométriques on line, que l'on introduise manuellement les données ou que l'on gère des attributs non géométriques, MAP500 les traduit sous forme graphique pour en permettre la vérification visuelle immédiate.

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

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

## LEICA : toujours sportif !

En cette année du sport international en France, Leica Geosystem a réalisé des mesures lors de compétitions internationales : Nice et Charlely en juillet et Monaco en août. Le tachéomètre optoélectronique utilisé à ces occa-

sions est un instrument de mesure standard essentiellement destiné aux applications topographiques. La mesure opto-électronique est réalisée avec le tachéomètre vidéo asservi à recherche automatique de prisme TCA1100, qui mesure la distance au moyen d'un faisceau infrarouge et détermine les angles horizontal et vertical.

Cette détermination de distances s'appuie sur des lois géométriques simples ainsi que sur la technologie des stations totales fabriquées par la firme. Les distances et les angles mesurés par la station sont traités par un logiciel intégré et assure une transmission électronique des résultats aux listes officielles et à l'affichage du stade.

(Leica Geosystem, 86 av. du 18 juin 1940, 92563 Rueil-Malmaison Cedex, tél. 01 47 32 85 95)





## Alsoft devient GeoConcept

Depuis plus de cinq ans Alsoft a beaucoup investi sur la technologie GeoConcept et sa promotion.

Inscrivant sa stratégie dans une logique d'expansion internationale, Alsoft a ouvert son capital à trois investisseurs français en 1996. Le logiciel GeoConcept a ainsi pu être commercialisé en Angleterre, en Suisse, en Italie, en Belgique et tout récemment au Japon. Afin de renforcer cette présence internationale, Alsoft est devenue depuis le 15 juin 1998 GeoConcept SA. Le choix de GeoConcept SA a été de capitaliser sur la marque GeoConcept qui jouit désormais d'une forte notoriété. Aujourd'hui de par cette notoriété et le développement de son activité internationale, GeoConcept SA affirme sa position d'éditeur en assimilant la société à sa technologie phare.

GeoConcept SA a réalisé un chiffre d'affaires d'environ 31 millions de francs pour l'année fiscale 1996-1997, soit une croissance de près de 50 % par rapport à la précédente période.

Dans la foulée, GeoConcept et CTC, un grand groupe japonais filiale d'Itochu, ont annoncé conjointement au cours d'une conférence de presse, la conclusion d'un accord de distribution exclusif pour la commercialisation de la gamme de produit GeoConcept sur le marché japonais.

*(GeoConcept, 25-27 rue de Tolbiac,  
75647 Paris cedex 13, Tél. 01 53 94 57 00)*

## MODEL SERVER DISCOVERY De Bentley Systems Inc.

La création de bases de données géographiques plus ou moins complètes est une réalité quotidienne. En revanche, un matériel et des logiciels spéciaux sont nécessaires pour les consulter. Ce qui réduit le nombre des utilisateurs aux agents des collectivités qui les établissent, au personnel des grandes entreprises qui les développent pour leur propre compte, enfin aux particuliers qui se déplacent pour les interroger afin de disposer des matériels et des logiciels adéquats pour le faire.

Une filiale (HMR) de la société BENTLEY vient de réaliser ce que tout le monde attendait : la possibilité, pour tout un chacun, d'interroger une base de données géographiques à partir d'un PC via le réseau Internet, sans disposer des logiciels spéciaux destinés habituellement et jusqu'ici, à le faire.

On pourra, ainsi, disposer, chez soi ou dans son cabinet, des toutes dernières versions d'un document mis à jour à l'aide d'un "navigateur" standard propre au réseau Internet ; il sera possible de feuilleter les documents afin de localiser les informations dont on a besoin, de demander des données alphanumériques associées aux cartes, et cela, à l'aide de logiciels envoyés sur le réseau en même temps que les informations, par exemple, pour agrandir une zone de la carte ("zoomer") un logiciel spécialisé est à votre disposition, même si cette fonction n'est pas disponible sur votre navigateur, elle est associée à la base de données.

Les particuliers utilisateurs de ces données géographiques ne seront pas les seuls bénéficiaires des nouvelles possibilités qui leur sont offertes, les agents des collectivités et des grandes entreprises qui les établis-

sent, à l'intérieur de leur organisme, n'auront plus besoin d'un matériel et de logiciels particuliers pour interroger, sur leur réseau interne, leurs propres bases de données, un simple ordinateur de bureau suffira.

## Geodimeter 600 PRO

Les dernières générations de microprocesseurs ont permis les avancées technologiques du nouveau Geodimeter 600 PRO chez « Spectra Precision ». De nouveaux algorithmes de détection réduisent les temps de recherche de 40 %. PRO signifie PROductivité, et la firme annonce ainsi la couleur : c'est, dit-elle, le système de topographie robotisé le plus productif du marché. Mais, si cette station est vraiment optimisée en mode robotique, elle peut être utilisée également en mode Autolock.



D'autre part, les sociétés Spectra Precision AB et la Magellan Corporation ont annoncé conjointement le 3 juin la création d'un important distributeur de produits GPS. Ce sera un géant en Europe car toute la gamme actuelle sera enrichie des produits GPS de Ashtech.

L'organisation de distribution se composera d'environ 50 points de vente et plus de 30 ateliers en Europe. Avec les distributeurs, revendeurs et agents commerciaux, plus de 600 magasins en Europe.

*(Spectra Precision, ZA de Courtaboeuf,  
2 avenue de Scandinavie, BP 28 91941 Les Ulis,  
cedex, Tél. 01 69 18 63 30, fax 01 69 18 63 27)*

## L'école chez soi : formation au DPLG

Jean-Michel Bourgois, directeur de "l'école chez soi" aime à dire que cette école d'enseignement à distance a vu le jour en même temps que La Poste en 1891. C'est lui donner le poids d'une véritable institution, et surtout en souligner, par cette longévité, l'utilité et le bien fondé.

Le décret 97/242 et l'arrêté du 17/03/97 ont achevé la réforme du DPLG. L'examen est désormais accessible aux Techniciens Géomètres, qu'ils possèdent ou non une pratique professionnelle ou un diplôme. Les candidats peuvent préparer seuls ces examens et suivre un enseignement par correspondance, ce qui leur permet de suivre les cours en conservant une activité professionnelle.

Dans la foulée de cette loi, L'école chez soi présentait en janvier dernier, devant la commission "enseignement" de l'OGE, un plan de formation au DPLG. Il est aujourd'hui validé par le Comité de Li aison.

400 élèves sont déjà inscrits sur ce programme et reçoivent les cours théoriques et pratiques.

*("L'école chez soi", 71 rue de Billancourt,  
92100 Boulogne, Tél. 01 46 03 66 83)*

### Trimble sur le toit du monde

Le géographe Brad Washburn du musée des sciences de Boston a organisé une expédition scientifique qui a atteint le sommet de l'Everest le 20 mai dernier. Le GPS a été utilisé pour étudier les répercussions de l'environnement sur le fonctionnement du corps humain. L'installation du GPS en plusieurs points de la montagne permet les études sur le relief, le climat et les mouvements géologiques. Ces expériences "télé médicales" inédites, menées dans des conditions extrêmes grâce à un matériel technologique très avancé, sont source d'enseignements précieux pour le progrès médical.

(Trimble-Navigation France, Tél 02 99 26 31 81, fax 02 99 26 39 00, e-mail : <http://www.trimble.com>)

### NMF obtient la certification AFAQ

NMF construit des bases de données graphiques pour une exploitation informatique optimisée du patrimoine des opérateurs réseaux des collectivités, des administrations, des industriels utilisant un SIG. Après une analyse rigoureuse du système qualité menée par l'AFAQ, NMF a obtenu le 13 mai 98 la certification de son système qualité selon la norme ISO 9002.

NMF (Network Mapping Facilities) est une filiale de NMG (Network Management Group) qui vient de racheter 100 % des parts de la société GéoConseil qui était spécialisée en SIG auprès des collectivités de la région Rhône-Alpes. NMF assure également la digitalisation du réseau d'eau de la ville de Besançon. Une autre filiale (Network Management Tools-NMT), assure la distribution et le support de l'intégralité du catalogue produits PCI : OrthoEngine (photogrammétrie numérique) ImageWorks (traitement d'images), SPANS (SIG).

(NMF, 515 rue de l'industrie, F-34966 Montpellier, Tél 04 67 06 89 30)

### Cartographes associés

Ce nouvel éditeur de données pour le géoMarketing et la GéoAdministration, crée par ADDE, se donne pour mission de répondre aux besoins des utilisateurs de SIG et de logiciels de cartographie bureautique en mettant à leur disposition un catalogue de données immédiatement utilisables. Toutes les cartes et les données statistiques y figurant font l'objet d'un contrôle qualité validé par un label. Chaque carte est accompagnée d'une fiche technique attestant l'ensemble des tests effectués au niveau géométrique, sémantique et de la géocodabilité, précisant ses domaines d'application et ses limites d'utilisation. L'ensemble des pays d'Europe et du Monde est accessible via le réseau Mapinfo établi dans 54 pays.

Accessible sur Internet. ([www.cartographes-associes.fr](http://www.cartographes-associes.fr))  
17 rue Louise Michel, BP29 92301 Levallois-Perret,  
Cedex, Tél 01 41 05 37 77)

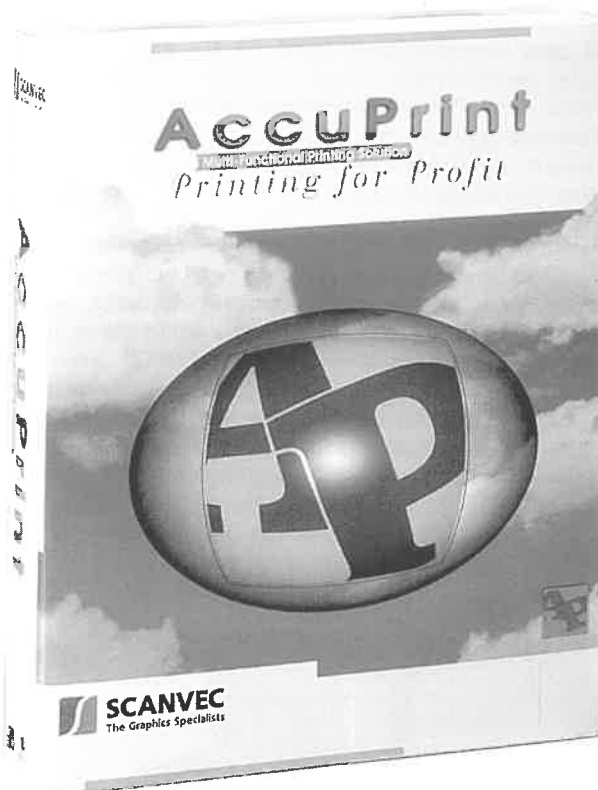
### Vu à MARI 98 : COGISTEM

Le distributeur français COGISTEM a annoncé à l'occasion du salon MARI EUROPE 98, la disponibilité de la gamme de digitaliseur KONTRON, c'est, aujourd'hui, une

des offres les plus complètes du marché en matière de tablettes graphiques, avec une maintenance du parc assuré.

COGISTEM nous informe également de la disponibilité de la version 1.1 du logiciel d'impression numérique grand format, ACCUPRINT. Doté d'un RIP PostScript de niveau 11, il peut fonctionner en Monoposte ou en serveur d'impression en réseau. Il permet de réaliser des compositions de texte, photos et dessins vectoriels et d'optimiser l'impression sur les traceurs couleur grand format. Édité par la société Scanvec, AccuPrint est un logiciel polyvalent accessible à partir de la plupart des logiciels de PAO utilisés sur PC ou sur MAC grâce à ses fonctions exclusives de "Plug-In".

(COGISTEM, 102 rue la Fontaine, 75016 Paris, Tél 01 45 20 27 91, fax 01 45 20 65 39)



### Chez intergraph :

#### MapSetter 6000

Fabriquée pour Intergraph par "Misomex", le MapSetter est un système de photocomposition graphique grand format (1,2 X 1,6 m). Il associe un film laser haute résolution ultra rapide à un scanner à tambour RVB 1000 dpi. La dernière version MapSetter 6000 intègre une fonction de transfert CTP (de l'ordinateur à la plaque) adaptée à l'impression couleur grand format.

#### Publier des cartes sur le Web

GeoMedia Web Map 2.0 permet d'éditer des cartes vectorisées "à la volée", à partir d'une base de données SIG fonctionnant en temps réel, sans qu'il soit nécessaire de convertir ces informations dans un nouveau format, ou de conserver une copie de la base de données. Ce produit ne nécessite aucun développement spécifique pour



créer des fonctions intelligentes. L'utilisateur peut créer ses propres cartes interactives en faisant appel aux fonctions d'affichage et de recherche pour parcourir et consulter les données stockées dans les réseaux Intranet, Internet ou Extranet.

## GeoMedia 2.0

GeoMedia version 2.0 est un logiciel de SIG d'Intergraph qui se distingue par son aptitude à visualiser et à analyser un large éventail de formats de données hétérogènes (ESRI, Bentley, Intergraph, entre autres), sur un seul et même poste de travail. Outre cette fonctionnalité cette version s'enrichit des serveurs de données pour le format ArcView Shapefile d'ESRI et le format de fichier de conception MicroStation de Bentley.

## ImageStation Z

Une station de photogrammétrie numérique lancée en 1997 qui dispose d'une technologie haute performance dans l'environnement Windows NT. Elle intègre les toutes dernières technologies mises au point dans le domaine de la photogrammétrie numérique avec des outils d'aérotriangulation, de cartographie et de collecte automatique de modèles numériques de terrain et de génération d'orthophotographie.

## ImageStation SSK et ImageStation ZII

En kit un nouveau produit qui met à la disposition des professionnels de la photogrammétrie utilisant n'importe quel PC une panoplie de fonctions similaires à celles offertes par les systèmes "ImageStation Z" (voir plus haut), sans atteindre les hautes performances de cette dernière elle complète ses capacités. L'utilisateur a la possibilité d'exécuter les mêmes opérations de photogrammétrie qu'avec une "ImageStation Z. Par contre, ImageStation ZII est la plus puissante des stations de photogrammétrie numérique, elle dote les plates-formes Windows NT d'une puissance de calcul et de fonctionnalités de 15 à 20 % supérieur à ImageStation Z.



## Imagination Engineer LE

Annoncé par Microsoft Corp. "Imagination Engineer LE" est une version spéciale d'un logiciel de dessin 2D d'Intergraph. Il s'adresse à tous les utilisateurs qui veulent disposer d'un outil puissant et convivial pour créer

des dessins, des diagrammes ou des illustrations. La société l'a spécialement développé pour le Windows 98 Resource Kit de Microsoft.

## GeoMedia Pro

Un SIG de nouvelle génération qui réduit le nombre d'actions requises pour la saisie et l'édition de données. Il intègre toutes les fonctionnalités de la version 2.0 de GeoMedia (voir plus haut) qu'il complète par un ensemble complet d'outils de saisie et de gestion de données SIG, optimisés en vue d'une saisie exacte et propre des données. Ce nouveau concept, au lieu d'utiliser des lignes et des points pour représenter des parcelles, rues et autres éléments géographiques, utilise des composants objets intégrant des informations spatiales et d'attributs.

(Intergraph, 95-101 rue des soleils

SILIC 578 94653 Rungis Cedex, Tél 01 30 64 14 20, fax 01 30 64 75 39, <http://www.intergraph.com/france>)

## Produits "Tele Atlas" :

Depuis quinze ans la société Tele Atlas développe des cartes routières numériques de l'ensemble des pays de l'Europe de l'ouest. Cette base de données est l'élément essentiel de nombreuses applications : systèmes de navigation embarquée, guides de voyage multimédia, SIG, gestion de flotte de véhicules et contrôle de circulation, SIG et géomarketing. En France, les principales zones économiques sont dans la base de données et la couverture totale du territoire progresse rapidement. Une des ambitions de la société est d'intégrer dans sa base de données l'ensemble des voies routières et navigables du pays.

(Tele Atlas, 47 av. Carnot 94230 Cachan, Tél 01 49 08 53 53, fax 01 49 08 53 50)

## Rapport annuel du SHOM

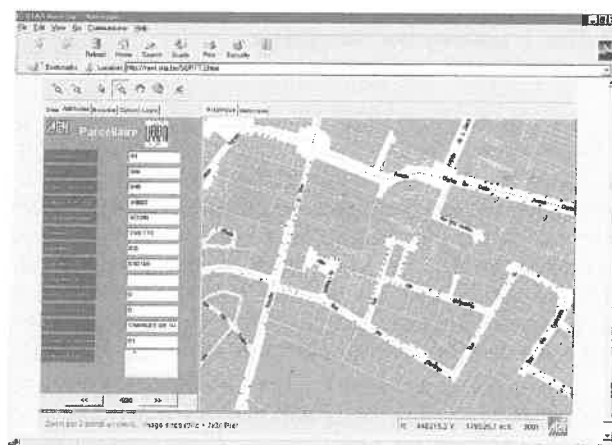
Le SHOM, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, dépend du ministère de la défense. Son directeur, l'Ingénieur Général de l'Armement François Milard, est placé sous l'autorité du Chef d'Etat Major de la Marine, il est directement responsable devant le ministre de la gestion financière et administrative. Il relève, en matière de recherches, d'études et de développement dans le domaine de l'océanographie militaire, du délégué général pour l'armement.

Le rapport annuel 1997 vient de paraître, analysant pour l'année les deux principaux domaines de responsabilité du SHOM qui sont : l'hydrographie générale, l'une des responsabilités de service public de la Marine Nationale, gérant l'information et la documentation nautique d'intérêt général tant civil que militaire, et l'océanographie militaire (applications militaires de la connaissance de l'océan).

Dans un avant-propos, le directeur du SHOM, définit l'année 1997 comme une année délicate caractérisée par des ajustements budgétaires ayant eu des répercussions sur les moyens financiers et humains accordés au SHOM. Ces difficultés sont liées aux conséquences de la réduction du "format" du ministère de la défense. Pour autant, bien que plus discrets, ajoute-t-il, les motifs de satisfaction sont tangibles et les bénéfices retirés de la

politique volontariste de coopération avec de nombreux partenaires français et étrangers méritent notamment d'être soulignés. Les activités à la mer, service public et défense, ont été soutenues, et de grandes campagnes ont été réalisées sur l'ensemble du globe. Les activités "produits" ont vus la parution de nombreux ouvrages, notamment le premier volume des instructions nautiques pour la plaisance et un deuxième guide technique (les marées). Les activités relatives aux cartes marines électroniques se sont développées et la coopération avec les services hydrographiques étrangers a été efficace, surtout au niveau européen.

(SHOM, 3 avenue Octave Gréard, Paris 7<sup>ème</sup>)



### Silicon Graphic : une solution double affichage pour ses stations de travail O2

Silicon Graphic permet aux utilisateurs de doubler la surface d'affichage d'une station O2, simplement en installant une carte d'extension et un second écran. Il est ainsi plus facile de procéder à l'analyse de données graphiques 3D complexes. Avec deux moniteurs elle offre une résolution de 2650 X 1024 pixels, ce qui permet d'afficher et de déplacer simultanément plusieurs applications ou fenêtres, d'un écran à l'autre... Cette option assure en outre une haute qualité graphique 3D symétrique 32 bits et permet d'utiliser la fonction de placage de texture sur les deux écrans.

La carte double affichage O2 est disponible au prix de 14 400 F. Des versions intégrant cette carte et un second moniteur sont également proposées. Les nouveaux utilisateurs peuvent acquérir une solution O2 double affichage entièrement configurée au prix de 75 000 F.

(Silicon Graphic, tel 01 34 88 80 22 et 01 30 64 14 20  
e-mail : ffouquet@symphoniecommunication.fr)

### Un SIG par Internet ?

La société Star Informatic offre une alternative séduisante à l'exploitation classique des SIG. En utilisant toutes les possibilités d'Internet pour sa nouvelle technologie STAR NEXT, elle propose l'accès pour la consultation, la mise à jour et l'exploitation d'applications professionnelles via le Web.

Star Next Surf permet la consultation et la mise à jour des bases de données graphiques et attributaires du SIG. Il est possible de digitaliser des plans cadastraux, de gérer des voiries, des réseaux d'eau. Rien ne distingue le SIG par Internet des solutions classiques si ce n'est qu'il n'y a aucun programme sur l'ordinateur, tout est téléchargé au moment où l'utilisateur en a besoin.

(STAR INFORMATICA, tél + 32 4 367 53 13  
fax + 32 4 367 17 11, E-mail : jpcstar.be)





### Agfa : nouveau scanner haut de gamme

Dernier scanner CCD A3 + de la gamme Agfa, le T5000 utilise la technologie Twinplate qui combine deux scanners en un. L'information traitée sur 13 bits pour une résolution optique de 5000 ppp, permet l'analyse d'originaux possédant des écarts de densité jusqu'à 3.5 avec un maximum de 3.7D. Le système optique doté d'un autofocus asservi en permanence transmet l'information à une barrette unique CCD de 10200 éléments garantissant une analyse RVB de précision en un seul passage.

Piloté par le nouveau logiciel ColorExact, il autorise l'analyse de formats 235 x 305 pour les transparents et de 305 x 432 mm pour les opaques. Cette interface fonctionne en mode multitraitement pour assurer une productivité moyenne journalière de 100 quadris. Elle intègre toutes les fonctionnalités de traitement d'images telles que les corrections sélectives, de dominantes ou de gradations ainsi qu'une gestion fine de l'USM de l'image. Le CMS Agfa Colotune basé sur le système Colorsyne, livré en standard, assure une parfaite calibration du scanner et une fidélité des couleurs quel que soit le périphérique de sortie.

### Spot 4 et Végétation

Mis en orbite le 24 mars SPOT a donné, dès le 27 mars, des images couvrant de larges régions de l'Europe et de l'Afrique. La qualité des données issues de la nouvelle bande spectrale moyen infrarouge est excellente et l'ensemble de la chaîne de production fonctionne parfaitement.

### easyLine : un portable à la norme DECT

La société Ascom Nira est une filiale de la société suédoise Tateco AB, elle est un acteur majeur sur le marché de la communication mobile sur site en France. Le système de téléphonie mobile easyLine à la norme DECT est une solution aux problèmes de communications intensives au sein de l'entreprise. C'est une liberté de mouvement pour les personnes qui se déplacent, il se compose de trois types d'équipements distincts : un frontal radio relié par lignes analogiques à l'autocommutateur téléphonique existant dans l'entreprise, des bornes radio reliées à ce frontal radio par câbles téléphoniques standard (2 à 4 paires), et des téléphones portables. Petites dimensions : 145 X 54 X 17 mm et petit poids : 130 grammes avec accumulateurs. Une gamme d'accessoires complète l'ensemble.



(Ascom Nira 28 av. de l'île St Martin - 92024 Nanterre-Cedex - Tél 01 47 69 64 64, fax : 01 47 69 64 52  
e-mail : infoascomnira.fr Web : www.ascomnira.fr)

### Le TOPO CENTER nouveau est arrivé

Parution du catalogue TOPO CENTER, la caisse à outils du topographe et du géomètre, du repère d'arpentage à la station totale dernier modèle GPS, du niveleur-laser de précision au fil à plomb, tout y est ! Dans les 18 magasins du réseau et des distributeurs, dont le tout nouveau dernier au :

14 bis rue Friant, 75014 Paris, tél 01 56 53 72 72



### ENSG : création d'un cycle "géomatique et cartographie"

Le Centre de Formation Permanente de l'École Nationale des Sciences Géographiques

crée un nouveau cycle de formation professionnelle : "géomatique et cartographie". D'une durée totale de 9 mois, il comporte une formation théorique et pratique de cinq mois et demi et un stage professionnel en entreprise de 3 mois. Il s'adresse à des techniciens de tous horizons, le niveau requis étant celui du baccalauréat français, le diplôme final étant délivré par l'ENSG. Du 14 septembre 1998 au 26 février 1999 et du 1<sup>er</sup> mars 1999 au 25 juin 1999 pour le stage en entreprise. Il s'ajoute au cycle déjà existant "SIG et conception en cartographie" (SIG2C, anciennement CCC) qui s'adresse à des ingénieurs ou cadres (niveau prérequis BAC + 2). Ce cycle de même durée comprend 6 modules indépendants et permet d'obtenir un diplôme national.

Renseignements à l'ENSG, 6 et 8 av. Blaise Pascal, Cité Descartes, Champs sur Marne la Vallée CEDEX 2  
Tél. 01 64 15 31 20

Fabienne Robbiani, Robbiani@ensg.ign.fr.

## Bentley : une nouvelle dimension de la CAO

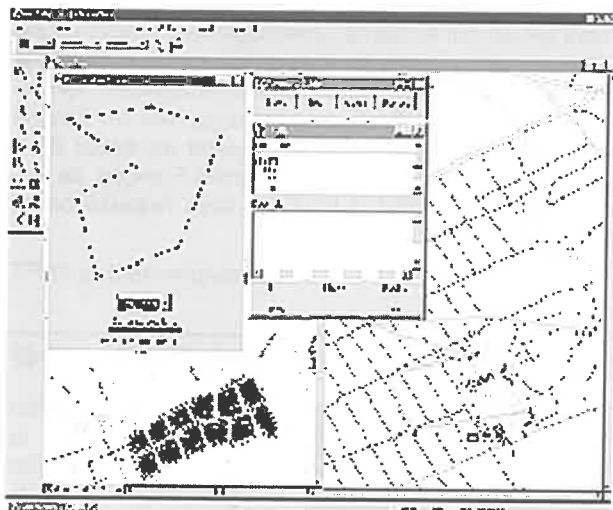
### MACAO

Bentley et sa filiale Géopak acquièrent la technologie MACAO développée par le groupe SCETAUROUTE. Le logiciel MACAO est un outil interactif graphique destiné à la production d'études de tracés d'infrastructures linéaires. Le groupe français SCETAUROUTE a géré depuis sa création la conception et la réalisation de 80 % du réseau autoroutier français et est actuellement responsable d'environ 600 projets dans plus de 80 pays.

(Consulter le site web : [www.geopak.com](http://www.geopak.com))

### MICROSTATION/J et JAVA

Avec MicroStation/J, la firme Bentley acquiert des avancées technologiques majeures. Le produit et le concept améliorent la productivité à tous les niveaux. Les utilisateurs ont un accès très facile à l'interface du modèleleur volumique, les groupes de travail passent du graphique à une véritable simulation de l'ingénierie, et l'entreprise bénéficie d'une totale intégrité de ses informations grâce à l'adoption de JAVA, le langage de programmation Internet.



Bentley Systems France – CNIT  
BP 424 – 92053 La Défense

## La nouvelle station relais scorio 6000RK



Dassault Sercel NP (DSNP) annonce le lancement de la station relais Scorio 6000RK destinée aux utilisateurs des séries DGPS/GNSS SCORPIO6000 ou AQUARIUS 5000. Il améliore la technique LRK® qui permet une couverture UHF jusqu'à 40 km. Pour compléter cette performance cette station offre la possibilité de réaliser des relevés topographiques sur n'importe quel type d'environnement "obstrué". Compatible avec toutes les stations de référence et les récepteurs DSNP L1 ou L1/L2, Scorio6000RK ne requiert pas une nouvelle allocation de fréquence car elle utilise la même fréquence que la station de référence.

Distribué par NIKON-France – 191 rue du Marché  
Rollay – 94504 Champigny – Cedex

## MARI 98

MARI 98, Salon européen de l'Information Géographique s'est tenu du 27 au 29 avril 1998 au Carrousel du Louvre, à Paris.

La partie exposition regroupait une soixantaine d'exposants qui ont reçu la visite de 3 000 visiteurs, tandis que les géoconférences attiraient environ 250 personnes par session.

Un des points forts en était la journée CNIG/AFIGEO au cours de laquelle a été présenté officiellement le livre blanc de l'Information Géographique en France, que nous avons déjà résumé dans les colonnes d'XYZ.

Cette année l'AFT présentait un stand en commun avec le CFC et la SFPT, qui a permis d'informer de nombreux visiteurs sur nos activités.

Un nombre appréciable de nouveaux adhérents a été enregistré à cette occasion.



## MAURY INFORMATIQUE :

Nombreuses nouveautés chez Rollei Fototechnic, ou tous les logiciels passent en version 32 bits :

MSR, logiciel de redressement d'images, hérite de la même interface utilisateur que CDW. Il peut gérer des mosaïques allant jusqu'à 100 images.

CDW, logiciel de photogrammétrie multi-images est doté de nombreuses améliorations : acquisition automatique de cibles codées ou non, détermination automatique des orientations extérieures, mise en évidence automa-



tique des points douteux, nouveau module d'ajustement de faisceau améliorant largement la précision, interfaces en aval vers Autocad ou Microstation.

CDW Industrie, version spécialisée pour la métrologie, devient un système de mesure presse-bouton totalement automatisé et auto étalonneur : Utilisant des cibles codées comportant un numéro et des cibles rétro-réfléchissantes non codées, il enchaîne sans intervention de l'utilisateur l'acquisition automatique des coordonnées des cibles dans les clichés, la reconnaissance des points homologues codés, le calcul des orientations extérieures, la corrélation automatique des cibles non codées, et la compensation en bloc du système, avec calibration simultanée de la chambre.

Atlas est un modèle numérique de terrain autonome, fonctionnant sous Windows 95/NT. Acceptant en amont des points et des lignes dans différents formats (ASCII colonné, DXF), il se caractérise par une vitesse de calcul et une convivialité exemplaires : un véritable éditeur interactif de MNT permet de modifier les points d'appui, et/ou les lignes caractéristiques du terrain, le modèle numérique et les courbes de niveau étant mis à jour en temps réel. Outre de nombreuses fonctions d'habillage, calcul de cubatures, dessin de profils, il offre un module de visualisation en faces ombrées qui permet de calculer des déplacements dans le modèle et de générer des animations au format AVI. En aval, Atlas exporte ses données au format DXF.

Orthoimage est constitué de deux applicatifs : Orthomosaic s'appuie sur un modèle numérique de terrain Atlas et sur les données de CDW (données de caméras et orientations extérieures) pour générer des orthophotoplans. Orthopro utilise lui aussi les données issues de CDW, mais s'appuie sur un fichier DXF définissant un modèle 3D sur lequel une ou des images numériques vont être mappées sur les différents plans pour constituer une orthophoto.

MAURY INFORMATIQUE - 1, résidence Avel Mor  
56 250 SAINT NOLFF - Tél./Fax 02 97 45 42 65)

## Générale d'infographie : séminaire internet/intranet

Générale d'Infographie a organisé en juin dernier un séminaire autour des nouvelles technologies internet/intranet. Cet événement a été l'occasion d'aborder les concepts de la cartographie sur internet, d'évoquer les points clés, facteurs de succès dans leur mise en œuvre, et d'explorer les différents produits du marché.

Le témoignage concret de son client Cegetel entreprises a apporté une vision globale sur l'exploitation de cette nouvelle technologie.

(ZA les Érables - Bât. 4  
66 route de Sartrouville - 78 230 Le Pecq)

## Leica geosystems : le SR9500

La nouvelle version du capteur SR9500 est un capteur GPS bi-fréquence à 24 canaux qui se combine avec les contrôleurs et antennes GPS leica pour des applications de précision, aussi bien dans le domaine des Sta-

tions de Référence Géodésiques Permanentes que dans les applications cinématique Temps Réel (RTK).

Un tout nouveau concept dans la numérisation du signal GPS et de nouveaux filtres SAW offrent un haut niveau de protection contre les interférences radioélectriques.

Nouveau également : "la canne unipôle", système qui permet de réunir les batteries, le récepteur, le contrôleur et la radio sur une même canne pour des applications temps réel statiques.

(Leica geosystems  
86 av. du 18 juin 1940  
92 563 Rueil Malmaison  
CEDEX  
Tél. 01 47 32 85 42  
Fax 01 47 32 85 95)



## Colloque : aménagement foncier urbain africain

Faisant suite à une conférence tenue à Istanbul en juin 1996, il est envisagé la tenue en Afrique francophone d'un colloque des professionnels africains de l'aménagement foncier sur le thème : Aménagement foncier urbain et gouvernance locale en Afrique francophone. Saisi par ce projet les professionnels de l'aménagement foncier urbain au Burkina Faso se sont organisés en Comité local préparatoire. La date se situerait au début 99 à Ouagadougou. Sous l'égide du Comité Français de Représentation à la FIG (CFR-FIG), avec l'assistance du CNRS français.

Renseignements à l'AFT.

## Trimble : station totale GPS 4700 et T-CI



Présenté à l'occasion du FIG de Brighton, la Station Totale GPS 4700 est la dernière née de la gamme « Station Totale GPS en temps réel et post traitement » de Trimble. Le 4700 est un système modulaire conçu pour offrir aux géomètres une entière souplesse quelles que soient les configurations d'utilisation.

L'antenne du récepteur GPS 4700 peut être fixée sur une canne, surélevée au-dessus du couvert végétal, sur un véhicule et utilisé comme station de base, permettant ainsi une solution optimale en fonction de chaque mission. Le système 4700 permet la réalisation de l'ensemble des travaux topographiques, géodésiques, sismiques, photogrammétriques et les travaux d'implantation des chantiers de construction.

Les stations totales GPS 4700 et 4800 parfaitement compatibles et interchangeables utilisent le même type de câbles et de connecteurs, le même carnet de terrain et le même logiciel permettant aux opérateurs de terrain de les utiliser ensemble en toute transparence.

# GEO 2000

PRISES DE VUES AERIENNES METRIQUES

COULEUR • NOIR ET BLANC • INFRA-ROUGE



**LA PREUVE PAR x 40 ...**



*L'objectif le plus performant.*

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

Contacts : Roger NOBLE  
Vincent BERTHIER (ESGT 92)

**SCANNEURISATION  
de 7 à 112 microns**



**CD ROM - DAT 4 mm - DAT 8 mm**

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

Utilisées séparément, on peut alors mettre à profit la souplesse du système modulaire 4700 ou la mobilité du système intégré 4800.

Le TSCI est un carnet de terrain particulièrement robuste et facile d'utilisation qui assure la commande du système et l'enregistrement des données. Il dispose d'un écran graphique très lisible sur lequel sont représentées des icônes qui donnent accès aux fonctions essentielles. Le clavier alphanumérique a été conçu pour résister à des conditions météorologiques rigoureuses : l'espace et la dimension des touches ont été spécialement conçus pour permettre la commande par un utilisateur vêtu de gants ou la manipulation avec une seule main.

Le TSCI dispose d'une mémoire interne d'une grande capacité qui peut être encore augmentée par une carte PCMCIA. Celle-ci permet d'obtenir une capacité de mémoire quasi illimitée et d'accélérer les échanges de données avec un PC. Le TSCI est par ailleurs équipé d'un nouveau système d'exploitation spécialement conçu pour le multitâche et pour offrir une grande rapidité de traitement. Les utilisateurs peuvent désormais exécuter plusieurs levés topographiques simultanément, sans interrompre la séquence de localisation par satellite. Le TSCI fonctionne avec tous les récepteurs topographiques Trimble.

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

## SUR NOTRE AGENDA

- |                    |   |
|--------------------|---|
| <b>05-18/09/98</b> | ION 98 – NASHVILLE, TN (USA)<br>Tél. 1 (703) 6837101 – Fax 1 (703) 6837105.   |
| <b>06-18/09/98</b> | Solutions CAO/CFAO – Repro-expo – SGDT ET Workflow<br>Parc des expositions – Porte de Versailles – Paris<br>Tél. 01 44 39 85 00 – Fax 01 45 44 30 40. |
| <b>17-18/09/98</b> | Stage du FIEF* "le géomètre à l'export"<br>Renseignements à l'AFT.  |
| <b>23-24/09/98</b> | UNIVERS CARTO 28 – Salon de la Cartographie numérisée<br>CHARTREXPO – 28 Chartres – Tél. 02 37 24 72 21 (Guillemin EDF).                              |
| <b>23-25/09/98</b> | INTERGÉO 98 / GÉODATENTAG – WIESBADEN (D)<br>Tél. 49 (611) 360 9988 – Fax 49 (611) 360 9977.  |
| <b>24-26/09/98</b> | INNOBAT 98 – Salon franco-espagnol des professionnels du BTP<br>64 ANGLET – Tél. 05 59 52 98 19 – Fax 05 59 58 06 49.                                 |
| <b>30/09/98</b>    | ENSG : forum "GPS en topométrie et géodésie au service du Génie Civil".<br>Tél. 01 64 15 31 06 – Fax 01 64 15 31 07.                                  |
| <b>1-1/10/98</b>   | 9 <sup>e</sup> Festival International de Géographie – Saint Dié<br>Tél. 03 29 52 66 78  |
| <b>9-11/10/98</b>  | 7 <sup>e</sup> Forum des Métiers de la mer, de l'eau et de l'environnement.<br>Institut océanographique – Paris                                       |
| <b>12-17/10/98</b> | Géodétic Week – Université de Kaiserslautern (D)<br>Tél. 49 (631) 2053867 – Fax 49 (631) 29081  |
| <b>14-16/10/98</b> | Conférence et exposition annuelle TRIMBLE Navigation<br>San José – CA – USA – Tél. 1 (408) 481 8465 – Fax 1 (408) 481 8488                            |
| <b>12-14/11/98</b> | Salon de la Copropriété – Carrousel du Louvre – Paris<br>Tél. 01 47 05 09 08 – Fax 01 47 05 38 36   |
| <b>18-19/11/98</b> | POLYTECH' 98 – ENSAIS Strasbourg<br>Tél. 03 88 52 14 04 – Fax 03 88 35 36 11  |
| <b>21-22/11/98</b> | Forum Bentley 98 – Grande Arche – Paris La Défense<br>Tél. 01 46 92 40 92 – Fax 01 46 92 40 93  |

\* Le stage du FIEF, "le géomètre à l'export" aura lieu le 17 et 18 septembre 98 et non les 16 et 17 comme l'indiquait notre dernier numéro.



## ANNONCES

### • 76-3-(1)

JF chargée d'études en cartographie, licence et maîtrise en géographie. Compétences informatiques PC (Windows 95 et NT) et Macintosh. CAO, PAO, bureautique. Fouilles archéologiques en 91, 92, 94. Langues : anglais, espagnol. Cherche emploi, écrire à la revue ou tél. 02 33 93 37 97.

### • 76-3-(2)

JH, technicien supérieur géomètre-topographe, formation de géomaticien SIG. Anglais écrit et parlé. Cherche emploi. Écrire à la revue ou tél. 03 83 26 75 39.

### • 76-3-(3)

JH, 33 ans, technicien-géomètre-topographe (AFPA), expérience terrain, maîtrise Autocad 12, 13, 14 (3D), LT, EXCEL 5 et 7, bon niveau anglais, cherche emploi cabinet GE, architecte, BE ou TP, mobilité internationale, possibilité contrat initiative emploi. Écrire à la revue ou tél. 04 76 75 41 17.

### • 76-3-(4)

Topo, puis informaticien à la compagnie des Sablières de la Seine de 1962 à 1994. Travaux de levés, aérotriangulation, photogrammétrie pour le Cadastre, les Sablières du Val de Marne, la ville de Nanterre (1995/96). Formation de photogramètre à l'ESGT (1995). Cherche emploi. Écrire à la revue ou tél. 01 69 42 29 23.

### • 76-3-(5)

H, technicien-géomètre-topographe. Chercheur associé UPRA 0423 du CNRS. Levés, restitution, DAO de 1989 à 1998 dans diverses sociétés de topo et l'archéologie. Anglais courant lu et parlé. Cherche emploi, écrire à la revue ou tél. 03 87 62 73 80.

### • 76-3-(6)

JF, maîtrise professionnelle SIG, ITC (Pays-Bas) et 4e année d'études en géographie, université de Giessen (Allemagne) recherche stage dans un pays francophone européen entre 3 et 6 mois à partir du janvier 1999. Allemand, anglais, espagnol, français courants (parlé, lu et écrit), CV disponible. Écrire à la revue ou tél. 0031 53 4874444, fax 0031 53 4874400, e-mail : wertz@itc.nl.

### • 76-3-(7)

Ingénieur géomètre-topographe ENSAIS (93), 3 ans d'expérience en pays en voie de développement (GPS, ortho...) recherche emploi même domaine. Tél. 02 35 82 44 17 ou AFT.

### • 76-3-(8)

Vend stéréoscope à miroir Leica type Wild ST4 avec grossissement X3 et X8 – État neuf – 12 000 F net – J. Bennejean Tél. 02 40 19 00 89.

L'École Nationale des Sciences Géographiques (ENSG) organise le

**MERCREDI 30 SEPTEMBRE 1998,  
DE 9 H À 17 H**

dans ses locaux à la cité Descartes à Marne la Vallée, un forum intitulé :

**« GPS EN TOPOMÉTRIE ET EN GÉODÉSIE AU SERVICE DU GÉNIE CIVIL ».**

Ce forum est destiné à toutes les personnes qui désirent s'informer ou actualiser leurs connaissances en matière d'utilisation du système GPS pour les applications géodésiques et topométriques, notamment dans le domaine du génie civil.

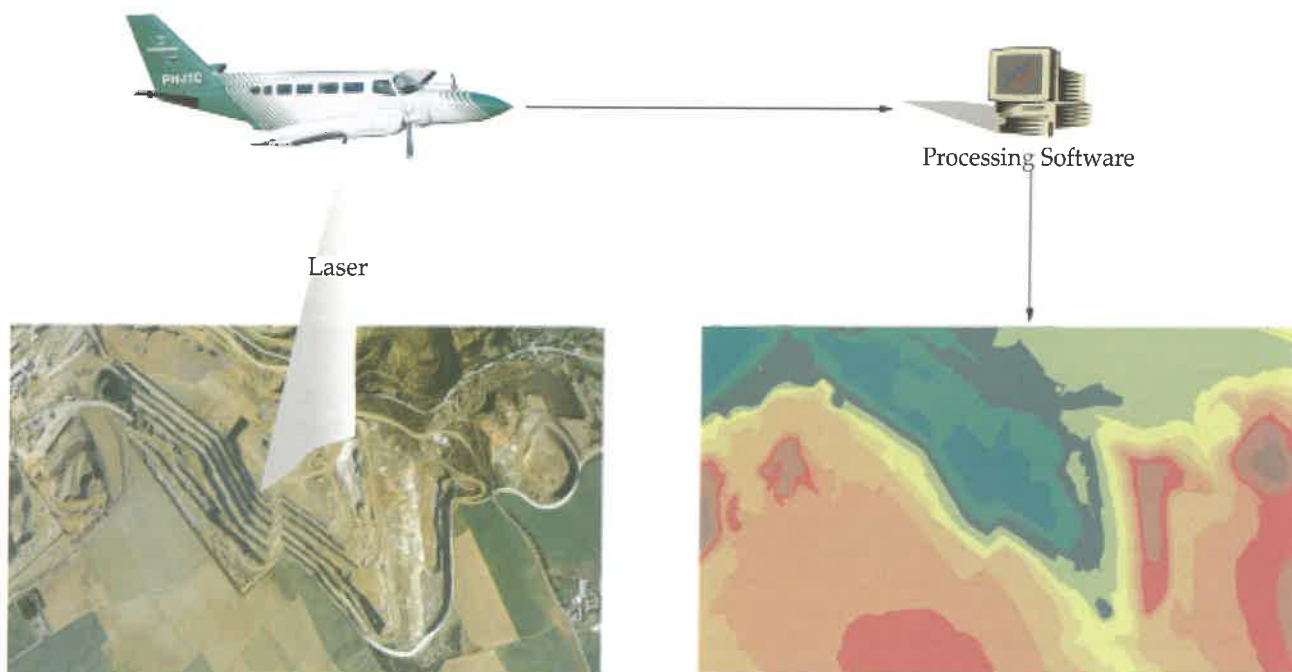
Le forum comprend deux volets principaux :

- d'une part une présentation, par les constructeurs et vendeurs, de récepteurs GPS destinés aux applications géodésiques et topométriques. Des démonstrations de matériels et de logiciels auront lieu toute la journée sur le site de l'école ;

- d'autre part deux conférences suivies des débats : l'une portera sur les nouveaux réseaux géodésiques français GPS (RGF, réseaux permanents), l'autre sur le guidage d'engins de génie civil par GPS.

La participation à ce forum est gratuite.

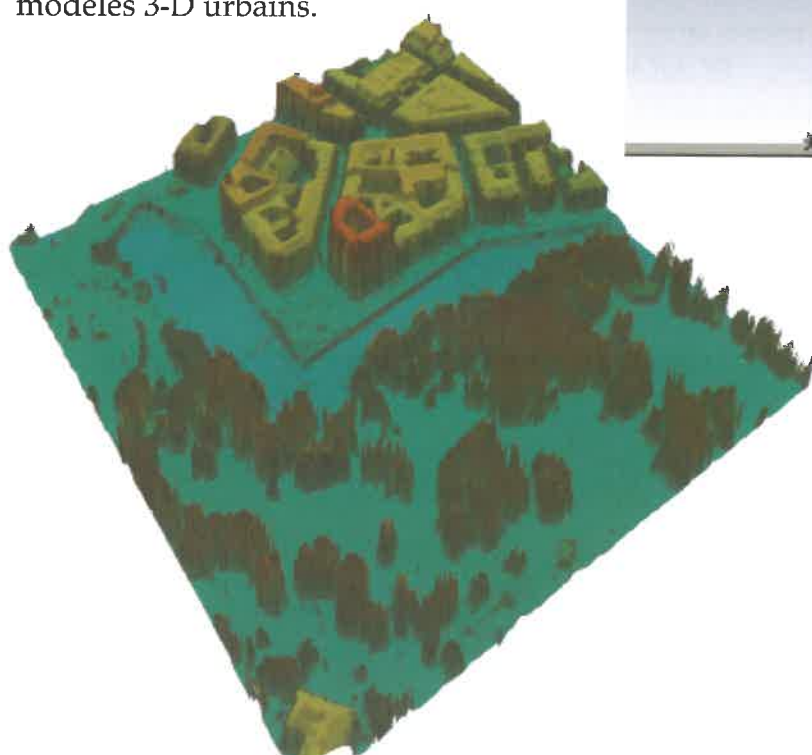
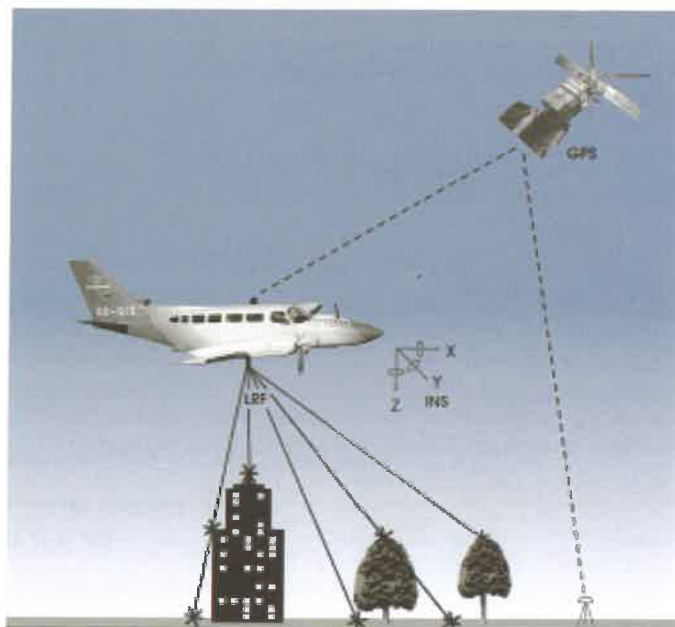
(ENSG – Forum GPS – 6/8 av. Blaise Pascal – Cité Descartes  
77 455 Champs-sur-Marne-la-Vallée – CEDEX 2)



▲ Les données altimétriques sont acquises par un télémètre laser aéroporté. Après traitement, elles constituent un modèle numérique de terrain de haute précision.

► Principe d'acquisition des données.

▼ Le télémètre laser aéroporté est un outil performant pour créer des modèles 3-D urbains.



**EUROSENSE S.A.**  
 8, rue du Mal. de Lattre de  
 Tassigny  
 F - 59800 Lille  
 FRANCE  
 Tél. : +33 (0)3 20 57 30 27  
 Fax : +33 (0)3 20 54 03 24

# Levé topographique par

# télémétrie laser aéroportée

Joël Tignon  
(Eurosense)

## 1. INTRODUCTION

La réalisation d'un levé topographique précis et fiable demande la mise en œuvre de moyens parfois considérables lorsque la surface à lever est importante ou difficile d'accès. Dans certaines conditions, les méthodes traditionnelles de levé topographique trouvent vite leurs limites, de par leur nécessité de parcourir le terrain pendant de longues périodes (levé GPS par exemple) ou de par leur nécessité de « matière première » tributaire des conditions atmosphériques et donc parfois difficile à acquérir (photographie aérienne et photogrammétrie).

La technique nouvelle de levé topographique par laser aéroporté, également appelée LaserScanning, permet d'atteindre de hautes précisions et une large densité de points, tout en ne nécessitant que peu de travaux terrain, et peut de plus être mise en œuvre par conditions météorologiques moyennes ou conditions d'éclairement faible.

Spécialiste de la télédétection, EUROSENSE s'est équipé d'un appareil de télémétrie laser, embarqué à bord de l'un de ses avions, et pratique depuis près d'un an déjà le LaserScanning, en France, en Belgique et aux Pays-Bas.

## 2. UNE COMBINAISON DE TROIS CAPTEURS POUR ATTEINDRE DE HAUTES PRÉCISIONS

Utilisé depuis plus d'un an par EUROSENSE aux Pays-Bas dans le cadre d'un ambitieux projet de mesures altimétriques du pays destinées à produire des modèles de simulation hydrauliques, ainsi qu'en France et en Belgique sur des applications très spécialisées (suivi de carrières, topographie côtière,...), la technique du LaserScanning combine un système GPS (Système de Positionnement par Satellites), un système de Navigation Inertielle et un Télémètre Laser performant. L'intégration de ces différents systèmes dans un avion permet de fournir des données altimétriques de grande précision, dans des temps très courts et avec une forte répétitivité.

La position en vol de l'avion peut être déterminé avec une précision de l'ordre du décimètre, par utilisation du GPS différentiel (l'utilisation de deux récepteurs GPS permet d'éliminer les erreurs de signal dues aux interactions atmosphériques et la connaissance précise de la position géographique de l'un des deux récepteurs permet de déterminer avec une précision décimétrique la position du second).

Le système de navigation inertielle mesure les accélérations et les changements d'attitude de l'avion. L'inté-

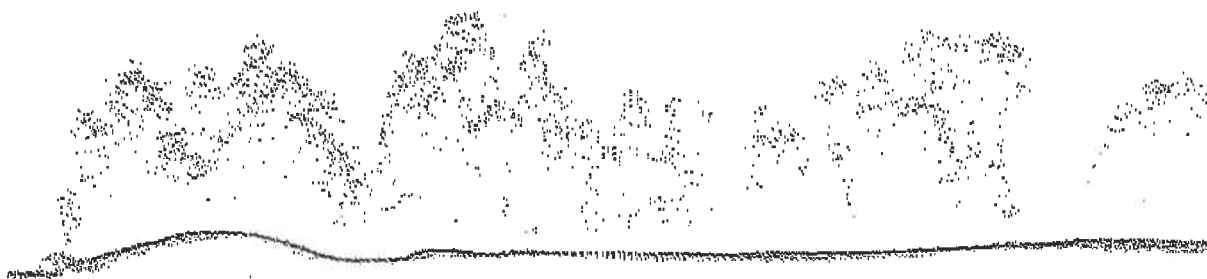
gration de ces informations permet d'obtenir une localisation très précise de l'avion ainsi que des instruments de mesure embarqués, et notamment du télémètre laser.

Le télémètre laser est combiné avec le système de navigation inertielle de manière à ce que son orientation soit connue. Il émet un rayonnement infrarouge, totalement invisible pour l'œil humain, avec une fréquence de balayage qui peut être modulée afin d'augmenter ou de diminuer le nombre de points de mesure. Ce rayonnement, réfléchi par la surface terrestre, est ensuite mesuré. La mesure de ce rayonnement réfléchi permet d'atteindre une précision centimétrique.

## 3. AVANTAGES DU SYSTÈME

La grande fréquence de balayage et d'acquisition de données du laser permet de pénétrer la végétation et donc d'obtenir une image exacte de la surface réelle du sol sous couvert végétal dense mais également et dans le même temps d'obtenir une image de la topographie du sursol (Modèle Numérique d'Élévation) grâce à la reconnaissance par le système de deux échos séparés pour la même impulsion laser envoyée.

L'image ci-dessous représente, en coupe, les points acquis par le système. On y distingue parfaitement le niveau du sol ainsi que la couverture végétale.





La reconnaissance de ces deux échos est également particulièrement utile pour la génération de modèles 3D urbains, les hauteurs de bâtiments étant également acquises de même que leur forme générale.

Les données acquises lors du vol sont traitées par des opérateurs afin d'éliminer, si nécessaire, les éléments géographiques non représentatifs de la surface exacte du sol tels que les immeubles, les arbres (couverture de forte densité),... Cette opération est effectuée par une « photo-interprétation » du modèle numérique obtenu par utilisation du télémètre laser et aboutit à la constitution d'un modèle numérique de terrain. En fonction du niveau de densité d'information nécessaire, les traitements sont plus ou moins complexes. Toutefois, certaines opérations peuvent être automatisées afin de réduire les temps de traitement. Rapide à mettre en œuvre, la technique du LaserScanning produit des données pouvant être facilement et rapidement intégrées dans des systèmes de cartographie et de modélisation 3D.

Enfin, ce système est peu sensible aux faibles perturbations climatiques et peut donc être employé par temps couvert. Seule une trop forte présence d'humidité nuit à son utilisation. Système actif (le rayonnement émis est réfléchi par la surface terrestre et est ensuite mesuré), il peut également être utilisé de nuit, s'affranchissant totalement de la lumière solaire. Toutefois, cela nécessite des pilotes expérimentés (vol à basse altitude et sans visibilité) et rend plus difficile les post-traitements.

#### 4. DENSITÉ DE POINTS DE MESURE ET EMPRISE AU SOL

Le nombre de points mesurés dépend de la fréquence de balayage du télémètre laser. Celle-ci peut être modulée en fonction des besoins de l'utilisateur final, variant de 1 pour 1 ou 2 m<sup>2</sup> à 1 point par 16 m<sup>2</sup>. Ces densités sont des moyennes, la densité de points acquis pouvant légèrement varier. L'emprise d'une bande de mesure est d'environ 350 mètres au sol lors d'un passage de l'avion.

#### 5. TRAITEMENT DES DONNÉES.

Les données brutes acquises par le système ne donnent aucune information sur la nature exacte du point mesuré. Par contre, comme l'enregistrement d'un premier et/ou d'un deuxième écho est possible, on discrimine des points situés au niveau du sol d'autres surélevés.

Les post-traitements appliqués aux données brutes consistent en un filtrage des données afin d'éliminer les échos parasites (oiseaux, piquets,...). La liste des données considérées comme étant à éliminer est fixée en fonction des objectifs à atteindre : modèle brut, modèle d'élévation, modèle de terrain. Certaines applications ne nécessitent pas en effet le même niveau de filtrage. Certaines de ces opérations de filtrage peuvent être automatisées, d'autres nécessitent l'intervention des opérateurs.

Pour assister les opérateurs lors de cette opération parfois délicate (il est parfois difficile de distinguer la nature d'un point isolé ou d'un groupe de points), une bande vidéo, acquise durant le vol et également géoréférencée est utilisée. Cette bande vidéo permet d'élimi-

ner tout doute sur la nature probable d'un point ou d'un groupe de points aberrants.

Les coordonnées des points acquis par le système sont transformées en coordonnées locales (de type Lambert par exemple). Une fois géoréférencés dans ce système de coordonnées géographiques, les données du modèle numérique peuvent être introduites dans des Systèmes d'Information Géographique ou de modélisation 3D.

#### 6. PRÉCISION DES SYSTÈMES DE MESURE

Le système de télémétrie par laser aéroporté présente une précision de mesure des points de l'ordre de 15 cm. Cette précision reste constante quelle que soit la hauteur de vol de l'avion. Elle est obtenue par une synthèse des précisions des différents systèmes qui entrent en jeu dans la mesure altimétrique (télémètre laser, centrale de navigation inertielle, système de positionnement GPS).

La précision du télémètre laser est de l'ordre du centimètre, celle du système de navigation inertielle également. Le facteur limitant est donc essentiellement aujourd'hui le système de positionnement par satellites GPS, utilisé en différentiel, qui n'apporte qu'une précision de l'ordre décimétrique.

Les méthodes de levés plus traditionnels, levé par restitution photogrammétrique ou levé par GPS, peuvent apporter des précisions différentes, parfois plus intéressantes, mais présentent d'autres contraintes qui peuvent dans certaines circonstances rendre leur utilisation difficile voire impossible.

Ainsi, la technique de levé par GPS, très précise (les GPS stationnés au sol permettent d'atteindre des précisions de l'ordre centimétrique), impose une présence continue de personnel sur le terrain. De plus, la densité de points mesurés est faible et la présence d'une végétation haute abondante est un frein à l'acquisition de données.

Les techniques photogrammétriques apportent plus ou moins de précision, en fonction de l'échelle de prise de vue. Elles nécessitent l'acquisition d'une prise de vue aérienne et sont donc soumises aux conditions atmosphériques. Pour cette technique également, la présence de végétation pose des problèmes pour la qualité de la mesure.

#### 7. APPLICATIONS

Plusieurs types d'applications peuvent être envisagées :

- gestion et évaluation du milieu urbain, avec des modèles numériques de terrain ou d'élévation urbains de haute précision, dédiés aux opérateurs de la téléphonie mobile ou aux services techniques municipaux,
- gestion des milieux et des risques naturels, avec des modèles numériques d'élévation (« MNT enveloppe ») à maille moyenne,
- gestion des infrastructures (lignes électriques,...)

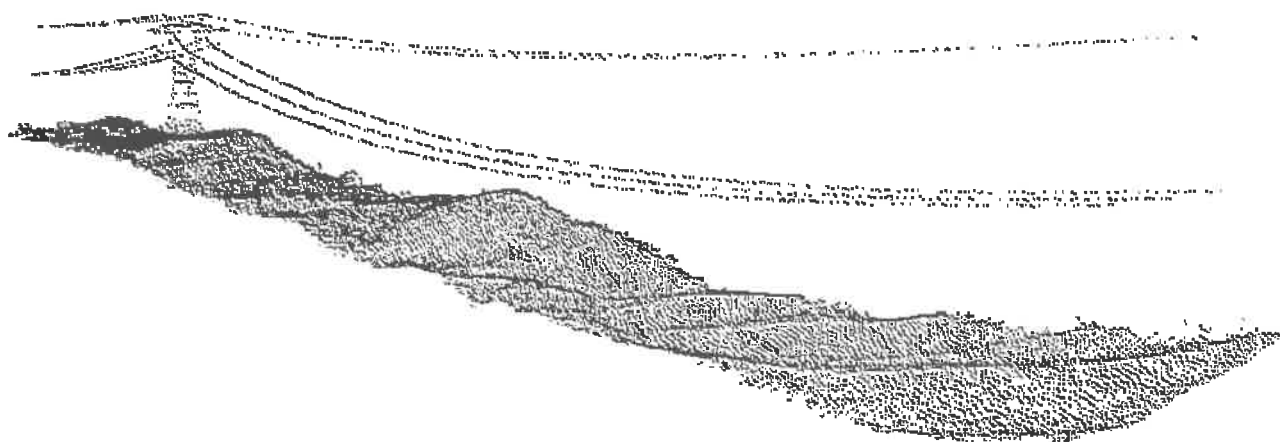
L'élaboration de modèles 3D urbains à l'aide du système de télémétrie laser est facilitée par la capacité du système à acquérir dans des temps très brefs de grande quantité d'informations altimétriques. La possibilité de

discrimination de deux échos séparés permet d'assurer une extraction précise des bâtiments.

La gestion des infrastructures telles que des lignes électriques consiste notamment en une vérification de la hauteur des arbres et arbustes par rapport aux câbles ou à une connaissance précise de la position des pylônes et des câbles. Ces aspects peuvent facilement être suivis par l'utilisation du télémètre laser, la fréquence d'émission de celui-ci pouvant être réglée pour obtenir un maximum de points matérialisant la ligne électrique, et la capacité du laser à franchir l'obstacle végétal permettant d'avoir lors du même passage une vision altimétrique générale « en coupe » de tous les éléments présents sur le site, du sol au câble.

L'image ci-dessous est une représentation 3D des points acquis par le système sur laquelle sont clairement identifiables les infrastructures électriques (pylônes, câbles) ainsi que le niveau du sol.

La gestion des milieux naturels et des risques liés à ces milieux est également une application importante pour laquelle la topographie par laser aéroporté peut être efficace. La cartographie altimétrique des zones inondables, le suivi des variations altimétriques de la surface du sol, ... nécessite souvent de grandes quantités d'informations parfois difficiles à acquérir. La topographie par laser aéroporté, permet de lever de larges surfaces très rapidement tout en ne nécessitant que des sorties terrain très ponctuelles.



**NOUVELLE VERSION  
32 BITS**

**Rollei**  
fototechnic  
**CDW**

Logiciel de photogrammétrie multi-images 100% numérique, sous Windows 95/NT

Utilise des clichés : ● d'appareils numériques

● numérisés (scanner de bureau, scanner de négatifs)

● d'appareils métriques ou non

Calcul des orientations extérieures automatique, sans valeur de départ.

Compensation de faisceaux en bloc sur la version Plus : 750 inconnues simultanées

Restitution assistée par droites épipolaires : points et vecteurs 3D

Interfaces DXF et Microstation en standard

De multiples applications en lever terrestre ou aérien à petite échelle

3 versions à partir de **23.040 Frs H.T.**

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

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

  
**COMMENCER LA TOPOGRAPHIE DU FUTUR, DES AUJOURD'HUI**

**Faites un pas dans le 21ème siècle avec  
TOPCON, une technologie et des programmes  
basés sur 65 ans de maîtrise industrielle.**

Depuis sa fondation en 1932, TOPCON n'a cessé de faire évoluer et progresser  
l'Industrie de la Topographie en offrant une ligne complète  
d'instruments de topographie avec une technologie d'avant-garde.  
En adoptant ce que nous appelons la stratégie "BEGIN" (COMMENCER)  
TOPCON réaffirme sa volonté de progresser et d'anticiper le futur.

Commencer le 21ème siècle avec un leader.

**COMMENCER AVEC TOPCON  
INNOVATEUR DANS LA SAISIE CODIFIEE SUR TERRAIN  
AVEC LES SYSTEMES TOPAZ ET GEOPIXEL**





Fédération Internationale  
des Géomètres



# BRIGHTON XXI<sup>ème</sup> congrès



*Peter Dale, président de la FIG et Michel Mayoud,  
à la réunion du groupe Francophone.*

Du 19 au 25 juillet s'est tenu, à Brighton en Angleterre, le XXI<sup>ème</sup> congrès de la Fédération Internationale des Géomètres, ainsi que nous l'annoncions dans notre dernier numéro. À chaud, à peine éteints les lampions de cette manifestation, nous avons joint Michel Mayoud qui, en tant que vice-président de l'AFT, assistait avec la délégation de l'Association aux travaux du Congrès. Notre collègue est actuellement président du Comité Français de Représentation à la FIG (CFR-FIG) et ce nouveau congrès vient de le mandater comme président de la Commission 6 de la FIG (Engineering Surveys) pour la période 1998-2002. Il a bien voulu nous donner quelques nouvelles brèves du Congrès :

- Participation au Congrès : 1064 inscrits, 157 accompagnants. Un total de 392 communications (dont seulement 11 faites par des professionnels français !), réparties en 101 sessions techniques organisées avec 5 à 7 simultanités.

- 56 Sociétés à l'exposition technique, 440 visiteurs journaliers en sus des inscrits.

- L'assemblée générale a modifié les statuts. Si certaines propositions françaises ont été suivies, il demeure



de fortes différences d'appréciation sur l'évolution souhaitable de la FIG et sur la conduite des changements en fonction des systèmes et modèles nationaux d'organisation. Une fédération de "surveyors" peut différer notablement d'une fédération de "géomètres" par le fait qu'une immense majorité de "surveyors" anglo-saxons n'a rien à voir ni à faire avec la géométrie : ce sont des économistes de la construction, des administrateurs de biens ou des agents immobiliers. Il y a seulement environ 2000 géomètres et 2000 évaluateurs fonciers en Angleterre pour 78000 "surveyors" inscrits à la RICS.

— Dans un contexte toujours amicalement compétitif, le choix s'est porté sur Israël pour le Comité Permanent de 2003, à quelques voix près. Mais la France peut à nouveau proposer Paris (trop connu ?) ou un autre lieu pour 2004 ou 2005.

— Le groupe francophone de la FIG, créé à l'initiative de la France, s'est constitué à Brighton et a réuni 32 personnes de diverses origines : Algérie, Australie, Belgique, Canada, Luxembourg, Maroc, Roumanie, Slovaquie, Suisse, USA et France. Cette initiative a été très appréciée, des actions concrètes sont souhaitées et ont été discutées, et il nous appartient de donner suite et vie à cette rencontre.

— La commission "histoire du géomètre" devient une institution permanente, sous la direction de Jan de Graeve.

— Le symposium "2000 ans de mesure" a réuni 80 personnes qui ont assisté à 12 conférences dont celle très appréciée de Suzanne Debarbat, et le livre de V.R. Smith "Everest, l'homme et la montagne" a été présenté.

GEODÄSIE  
EUROPA



# INTERGEO®

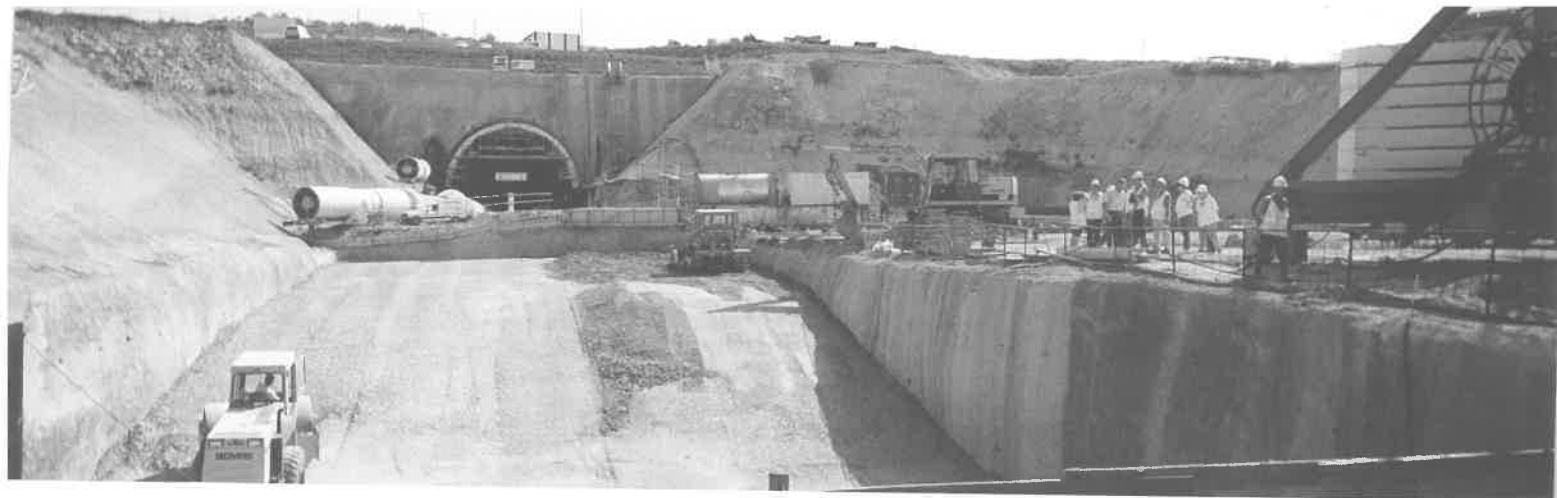
**82. Geodätentag, Wiesbaden, 23.-25.09.98**

**RHEIN-MAIN-HALLEN**



Deutscher Verein für Vermessungswesen e.V.

**AFT • Stand 410 • Hall 4**



AFT – La vie des Régions – AFT – La vie des Régions – AFT

## aux deux bouts du tunnel et sur le viaduc

rencontre AFT Rhône-Alpes  
sur le chantier TGV  
méditerranée  
à Tartaiguille  
Drôme

Dominique Vinot

Dans la journée du 12 mai, profitant des possibilités offertes par la SNCF, les membres de l'AFT ont pu apprécier sur le terrain l'avancement des travaux du chantier de Tartaiguille, un des nombreux ouvrages qui jalonnent l'itinéraire désormais bien connu de la Ligne Nouvelle N° 5, du TGV Méditerranée. Dix huit personnes de divers départements avaient répondu à l'invitation.

### Un peu à l'écart, mais vaut le détour...

Si vous êtes de ceux qui savent s'écarter des sentiers battus, vous mettez cap au Sud Est à partir de Valence ou de Lorient, vous ne pouvez manquer de rencontrer cette ligne qui, après avoir traversé la Drôme à CREST vient buter sur le massif de Tartaiguille et la forêt de Marsanne. Du Nord au Sud, vous découvrirez le viaduc de la Grenette et le tunnel qui fera déboucher la ligne sur la plaine de Marsanne et Montélimar.

### Jusqu'au front de taille sud... 1 km à pied dans le tunnel, au contact du front...

Par la tête Sud, la seule accessible pour les visiteurs, notre groupe a pu s'approcher du front à le toucher. Dans l'argile, plus de fraise. Le front est stabilisé par l'implantation d'aiguilles enfoncées à raison d'une au mètre carré, puis abattu à la pelle. L'attaque se fait bien entendu par le Nord et le Sud.

### Quelques chiffres ?

La section ? 100 m<sup>2</sup> ; la longueur ? 2340 m. Croisement prévu à 300 Km/h.

Le chantier tourne en continu, contrôle de pilotage et de stabilité permanents.

A quand la percée ? A raison de 80 mètres par mois, fin juillet, c'est pour bientôt. Pour l'instant, on ne passe pas encore, même à pied. Il faut donc ressortir par le même moyen et rejoindre la tête Nord par la route. C'est de là que nous avons vue sur le viaduc, ses 947 mètres et ses 18 piles, la plus haute culminant à plus de 60 mètres, ce qui en fait le plus haut de la ligne, sur un terrain qui a réservé quelques difficultés de fondations.

Merci aux responsables de la SNCF qui nous ont fait découvrir ce site exceptionnel et les techniques mises en œuvre sur les deux ouvrages, notamment la méthode de stabilisation du terrain dans le tunnel, ainsi que le poussage du tablier.

Merci aux participants de tous horizons qui ont permis cette rencontre par leur présence. Rendez vous à l'ouverture ! En 2001 !

**MM. Champmartin et Martin, (SNCF), Mme Juhens, M. et Mme Baechler, M. et Mme Isatelle, MM. Barneron, Beguin, Billon, Chareyre, Chazalet, Giraud, Jamot, Lang, Paillet, Vivarès, Vinot...**







## **région paca**

Ce jeudi 4 juin, l'AFT Région PACA a organisé une journée de détente à bord du Train à Vapeur des Cévennes permettant de découvrir de très beaux paysages en bordure du Gardon.

Une visite guidée à la bambouseraie unique en Europe, puis un repas pris au restaurant de la Gare à Saint Jean du Gard.

Retour à toute vapeur vers Anduze. Une agréable journée de découvertes

**Pierre Cecchinel**

# **VUES AERIENNES METRIQUES**

**TOUTES ÉCHELLES - TOUTES ÉMULSIONS :  
POUR TOUTES APPLICATIONS**



**AU SERVICE DES AMENAGEURS**

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

Téléphone : 04.42.60.05.45 • Télécopie : 04.42.24.26.04

ans la profession – dans

la page  
4 x 4

SUZUKI

"GRAND VITARA"



### La voiture à tout faire

Robert Chevalier

Suzuki, grand spécialiste des véhicules 4X4 compacts élargit son offre en proposant le « GRAND VITARA » qui s'inscrit dans la catégorie S/U (Sport-Utility), véhicules polyvalents convenant à la fois à un usage urbain, à des trajets routiers et à des excursions campagnardes, forestières ou montagnardes, sur des chemins difficiles ou même pas de chemin du tout...

Hormis pour nos confrères qui travaillent au fin fond de l'Afrique et qui ont un besoin quotidien de gros 4X4 de franchissement, la plupart d'entre nous se satisferont de ce genre de véhicule tous usages.

Comme nous l'avons déjà souligné dans nos colonnes, la compacité et un poids modéré sont plutôt des avantages quand on n'a pas à transporter de lourdes charges. J'ai personnellement le souvenir d'un SU 410, petit 4X4 Suzuki des années 80 qui me permit dans une île lointaine de franchir des rampes très raides et très glissantes là où un gros 4X4 d'une marque concurrente avait capitulé...

Pour revenir au « Grand Vitara », précisons que Suzuki l'a équipé d'un robuste châssis en échelle extrêmement rigide qui enchantera les traditionalistes expérimentés, et qui, associé à une suspension avant à long débattement et à un essieu arrière à 5 articulations, assure un comportement rassurant en toutes circonstances.

Côté motorisations, un seul groupe est actuellement proposé sur le marché un 2 litres 4 cylindres de 126 CV à 6000T/mn pour un couple maximal de 174 Nm à seulement 2900T/mn, entièrement en aluminium.

Dans le courant de l'année apparaîtra un turbo-diesel de 2 litres, et une version 3 portes.

Ces moteurs sont secondés par une boîte de vitesses à 5 rapports ou par une boîte automatique à 4 rapports proposée en option.

Pour les conditions difficiles, le « Drive select 4X4 », innovation toute récente, permet de passer de 2 en 4 roues motrices ou inversement alors que le véhicule est en marche, à condition que la vitesse soit inférieure à 100 km/h. Pour encore plus d'efficacité on peut compter sur une boîte de transfert débrayable à 2 séries de rapports. Par contre pas de blocage de différentiel, mais ce

n'est sans doute pas indispensable sur ce type de 4X4. La garde au sol est de 195 mm, le poids de 1 355 kg.

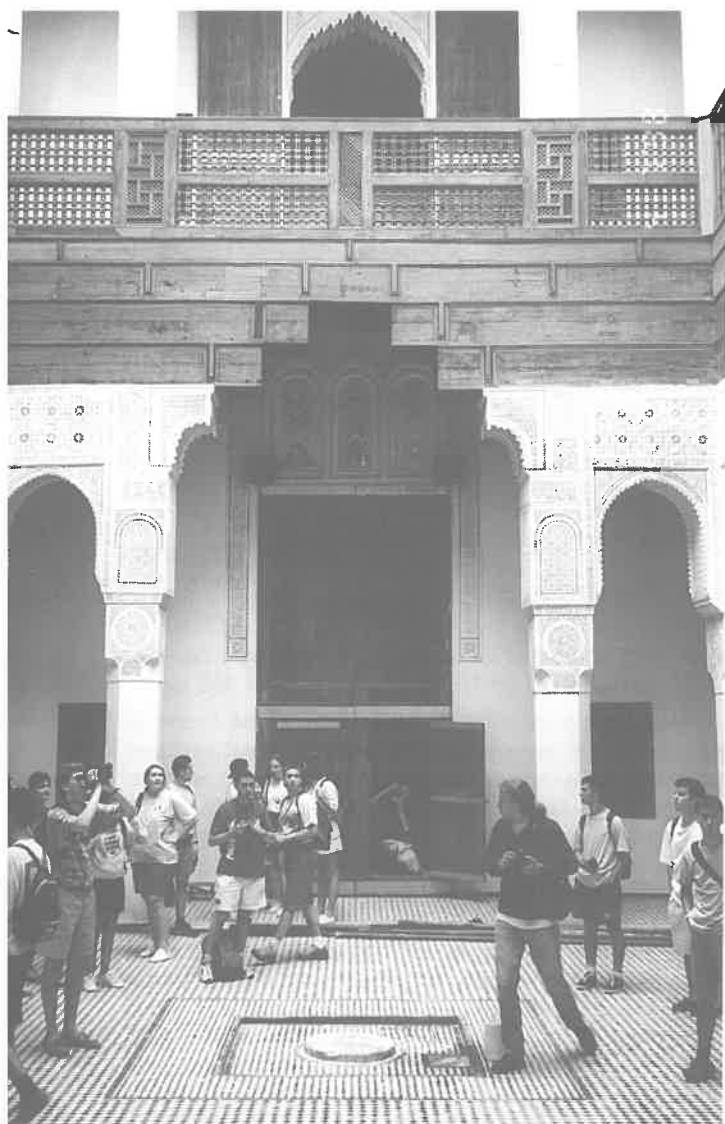
L'habitacle s'apparente à celui d'une berline moderne par son style et son niveau d'équipement (2 airbags, très nombreux vide-poches, climatisation en option...). Selon la tradition Suzuki la position de conduite est surélevée, ce qui assure une bonne visibilité en tous terrains et aussi pour l'usage en ville. La carrosserie de type break est à 5 portes avec des sièges rabattables dans toutes les positions, y compris complètement à plat pour accroître le volume utile. De généreuses protections latérales protègent des petits chocs, tandis que les ailes largement débordantes accentuent l'assise du véhicule. La roue de secours fixée sur la porte arrière n'empiète pas sur l'espace intérieur. Au niveau de l'agrément et de la sécurité, la direction est assistée de série (rayon de braquage = 5,30 m) avec les freins avant à disques ventilés (ABS en option).

Très à l'aise en ville où il se faufile comme une bicyclette, suffisamment rapide (162 km/h), et nerveux (33,7 secondes aux 1 000 m DA), sur route et autoroute, où il fait preuve d'une bonne stabilité et d'une agréable vivacité, le dernier Suzuki se transformera à votre guise en un 4X4 capable de faire face à la plupart des situations rencontrées dans l'exercice de la profession.

Un petit reproche : si vous pratiquez beaucoup le tous terrains, il faudra revoir la monte en pneumatiques, plutôt typée route.

Prix : 127 800 FTTC.





Les étudiants de l'ENSAIS (G2)

1998

avril

MAROC

voyage  
d'études  
des  
étudiants

ENSAIS

Le voyage d'études est une tradition bien ancrée à l'ENSAIS, scrupuleusement respectée par les élèves des huit filières de formation de l'école. Le mois d'avril commence ainsi par quelques jours de dépaysement et de rencontres de professionnels de la topographie. Cette année, destination le Maroc... La topographie n'est pas de la sociologie ou de l'ethnologie et « voyage d'étude » peut avoir une résonance antinomique. Ce n'est pas le cas et de véritables qualités pédagogiques sont apparues tout au long du voyage.

#### Les visites d'entreprises

Bien entendu, l'intérêt « scolaire » le plus évident est l'objectif principal du voyage, c'est à dire les visites et les rencontres professionnelles. Celles-ci ont tenu leurs promesses. Deux entreprises de topographie de Rabat, l'ATPE et la SETA, spécialisées toutes deux dans la prise de vues et la photogrammétrie aérienne, nous ont donné un aperçu sur l'exercice de la profession au Maroc.

La visite de l'**ATPE** (Aviation Topographie Photogrammétrie Études) impressionne d'emblée, par ses locaux récents et bien adaptés, par l'accueil chaleureux de Monsieur Ouzzaouit Sidi Mohamed, Président et fondateur de

la société. C'est un homme fort d'une grande expérience en topographie qui dirige l'une des plus importantes sociétés de photogrammétrie et de topographie du Maroc (plus de soixante employés, équipement performant et moderne).

La société est spécialisée dans la prise de vue aérienne, la stéréopréparation et la restitution numérique. Son atelier de production est installé dans une zone d'activité à la périphérie de Rabat, à l'intérieur d'un bâtiment spécialement construit et aménagé pour recevoir les colossales machines nécessaires aux travaux photogrammétriques :

- Développeuses perfectionnées de films couleurs et noirs et blancs ;
- Tireuses manuelles et automatiques à compensation automatique de contraste ;
- Agrandisseurs démesurés ;
- Restituteurs analytiques ZEISS P3, restituteur analogique WILD A10 transformé en semi-analytique.

La société réalise toutes les étapes pour les travaux de photogrammétrie. En effet, la stéréopréparation est faite par des brigades topographiques, les prises de vues



sont effectuées à l'aide d'une caméra ZEISS RMK 'A' embarquée dans un bimoteur Piper, les plans et cartes sont restituées sur l'un des deux ZEISS P3 ou sur le WILD A10. Les travaux confiés à la société ne se limitent pas à la confection de plans ou cartes et des études d'assainissement et de réseaux sont traités par des techniciens compétents.

Pour les travaux de topographie et les auscultations (barrages,...) l'A.T.P.E. est équipé de niveaux automatiques, de plusieurs théodolites (WILD T3, WILD T2, WILD T16) et tachéomètres (LEICA TC 1610, LEICA TC 600, ZEISS ELTA 2). Dans le cadre de l'évolution de la société, l'acquisition d'un GPS et d'une caméra de haute résolution est prévue pour les années à venir.

La deuxième entreprise visitée est la **SETA** (Société d'Ingénierie de Topographie et d'Aménagement). Monsieur Berrada, ingénieur d'État Topographe, de formation française (ENSG), a créé sa société en 1970, sur la base d'un équipement succinct : un niveau, un théodolite et une table à dessin. La SETA compte aujourd'hui 50 employés dont cinq ingénieurs et se scinde en deux directions : l'une traitant la partie administrative et financière et l'autre la partie technique.

La direction technique comporte quatre secteurs :

- topographie
- photogrammétrie
- CAO-DAO
- études (remembrement, voirie, assainissement, cadastre).

Les deux domaines d'activité principaux de la SETA sont la photogrammétrie et le remembrement.

La photogrammétrie est mise en œuvre pour les travaux cadastraux et de remembrement, la production de plans urbains et parcellaires et la génération d'orthophotoplans.

Les prises de vues se font à l'aide d'un avion utilisé conjointement avec trois autres bureaux de topographie. La SETA dispose de plusieurs restituteurs aux caractéristiques et finalités différentes :

- deux restituteurs Wild B8S, appareils analogiques « transformés » en numérique à l'aide du logiciel australien ADAMS dont l'interface gère les servomoteurs. La restitution se fait par le logiciel de cartographie australien 3DD. Ces appareils sont utilisés, par exemple, pour la mise à jour de plans urbains où le traitement d'images satellites (SPOT...) ;

- un troisième restituteur analogique de type ZEISS TOPOKART, couplé à un digitaliseur.

Depuis peu, l'entreprise développe des techniques de génération d'orthophotos numériques. Elle est à ce jour la seule au Maroc à disposer de cette technologie.

La SETA réalise une grande partie de son chiffre d'affaires grâce au remembrement. Pour répondre aux spécifications imposées par le gouvernement marocain, le bureau a créé son propre logiciel en langage BASIC et Assembleur. Il est divisé en modules de travail, ce qui facilite l'accès à chaque étape du remembrement.

Lè remembrement marocain a comme modèle le remembrement français, il lui est donc identique en beaucoup de points, excepté quelques détails spécifiques :

- au delà des contraintes liées aux surfaces et à la valeur des sols, il convient de respecter l'appartenance ethnique de chaque propriétaire ;

- tous les remembrements sont financés par l'État ;

- seules des références sont exigées pour répondre aux appels d'offres, autrement dit il n'est pas nécessaire d'avoir l'agrément d'État pour effectuer un remembrement.

La SETA est inscrite à l'Ordre des Géomètres Experts marocain. Cet organisme définit les domaines d'exercice alloués aux cabinets. L'OGE marocain est très récent, sa création remonte à un an. Son organisation est basée sur celle de son cousin français. La différence fondamentale est que l'inscription à l'Ordre est obligatoire pour effectuer les travaux de l'État.

## L'institut Hassan II à Rabat

Avant de quitter Rabat, la rencontre (trop brève) avec des étudiants de l'institut Hassan II a permis la comparaison des cursus respectifs et la découverte d'un autre système éducatif.

Cet institut agronomique et vétérinaire est composé de plusieurs filières dont celle de topographie, créée en 1970. La formation des ingénieurs topographes se fait sur 6 ans dont 2 années de classes préparatoires. Les étudiants ont accès à cette filière par 3 voies différentes. Soit par deux années préparatoires communes à tout l'institut : les élèves ont ainsi une formation pluridisciplinaire et complète (biologie, physique,...). Soit par concours après deux années de classes préparatoires externes à l'institut. Soit sur dossier au niveau deug-licence de mathématique ou physique.

La section de topographie dispense aux étudiants un enseignement similaire à celui des écoles françaises : géodésie, topographie, cartographie, photogrammétrie, photo-interprétation, télédétection, SIG et diverses sciences connexes. Le département de topographie est divisé en deux spécialités : géodésie et cartographie. Il est constitué de deux laboratoires et de trois centres de calculs. Les laboratoires sont les suivants :

- **Laboratoire de géodésie-topographie.** Il est équipé de théodolites Wild T2 et T0, de stations totales Topcon, Nikon et Sokkia, de niveaux Zeiss N3 et N2. Il entretient en permanence, sur le toit de l'école, une antenne de réception de signaux GPS, couplée à un récepteur américain.

- **Laboratoire de photogrammétrie.** Il dispose d'un matériel suffisamment performant et récent pour garantir aux étudiants une formation adaptée aux techniques modernes de la photogrammétrie. Un restituteur analytique Leica SD2000 est l'acquisition la plus récente du laboratoire, mais il possède aussi trois appareils Wild B8, B9 et A9, deux autres appareils de marque Zeiss, un restituteur Matra pour les orthophotos, un agrandisseur horizontal, un appareil de photo-contact et un traceur jet d'encre HP récent.

Le principal débouché, et de loin, des jeunes ingénieurs diplômés est la fonction publique, puisque seulement 16 % d'entre eux trouvent un emploi dans le secteur privé.

L'institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II a noué une coopération institutionnelle avec plusieurs

écoles et universités étrangères. La rencontre avec les professeurs et les élèves a été l'occasion d'un échange de connaissances, de techniques et d'impression générales sur la topographie. Cette rencontre ne restera pas sans suite et un échange technique et culturel ne demande qu'à être développé.

### La Médina de Fès

Après les visites de Rabat, la découverte de la médina (vieille ville) de Fès, organisée grâce à Salim Benmlih, jeune ingénieur géomètre (de formation ESGT et ENSAIS), a terminé le programme officiel du séjour.

L'accueil à Fès a été plus qu'imprévu, puisque c'est le président de la communauté urbaine (CUF) en personne qui en a fait l'honneur. Par un concours de circonstances, une délégation de la CUF qu'il présidait revenait de Strasbourg. Cette visite avait lieu dans le cadre de la mise en place d'une collaboration entre les deux villes. Ravi de son séjour en Alsace, le président a tenu à honorer à son tour une délégation (improvisée) strasbourgeoise.

Fès, capitale spirituelle et culturelle du Maroc regorge de bijoux architecturaux, la médina de Fès, classée au patrimoine mondial par l'UNESCO en est le parfait exemple. Le manque de documentation actualisée et la nécessité de mieux connaître ce site ont poussé les autorités locales à créer une agence chargée de sa préservation : l'Agence de Dédensification et de Réhabilitation (ADER) de la médina de Fès.

L'originalité de la reconnaissance par l'UNESCO tient au fait qu'elle concerne non seulement l'œuvre architecturale mais aussi et surtout le patrimoine humain que représente la médina. Plus de 200 000 personnes y vivent et animent continuellement ce dédale inextricable de ruelles. Un artisanat spécifique, riche et séculaire se transmet ici de génération en génération. Il doit être conservé. De plus la médina est secrète et ne se révèle qu'aux initiés. L'accès à de véritables joyaux architecturaux, cachés derrière des façades austères et sans prétention, indécélables pour le non averti a été possible grâce aux techniciens passionnés de l'ADER.

Pour bien réaliser l'importance du patrimoine de la médina de Fès et la nécessité de le conserver, voilà quelques chiffres : sur environ 12 000 bâtiments ayant un intérêt historique, on en dénombre,

- 6 500 en bon état,
- 5 400 en mauvais état, dont 1 077 menaçant ruine et 400 déjà en ruine.

Le mauvais état des bâtiments est principalement dû à l'érosion par ruissellement, à l'abandon du bâtiment, à la densité de la Médina (jusqu'à 30 ménages peuvent habiter la même maison).

Pour mettre en œuvre le projet de sauvegarde de Fès, l'ADER, membre coopté du comité exécutif du Conseil International des Monuments et Sites (ICOMOS), promeut diverses actions et projets.

Afin de disposer d'artisans compétents et de transmettre les métiers traditionnels du bâtiment, l'ADER a créé un institut spécialisé dans la rénovation des monuments et maîtrisant les techniques modernes. Cet institut, a pour mission la réhabilitation de bâtiments et la formation d'une main d'œuvre qualifiée maîtrisant parfaitement le travail sur des matériaux traditionnels tels que le bois de

cèdre ou le plâtre. Environ 130 étudiants sont actuellement en formation à l'institut. La durée d'apprentissage est de 2 années. Les techniques les plus modernes sont utilisées, l'institut étant doté d'un laboratoire de CAO-DAO.

L'ADER, dans un souci d'efficacité, met en place un système d'information géographique gérant une base de données (architecturales, urbanistiques, sociales) couvrant l'ensemble de la médina. Ces données doivent permettre une coordination efficace des actions de conservation et de rénovation.

Le SIG de l'ADER, appelé SIGER, est basé sur le logiciel de DAO MICROSTATION et sur le système de gestion de base de données ORACLE. La base cartographique du système est un plan digitalisé, complété et mis à jour par méthodes photogrammétriques. L'enquête technique et sociale a dénombré et répertorié 13385 bâtisses (chacune ayant en moyenne 50 attributs, tels que le secteur, l'adresse, la typologie architecturale,...) et 1276 types d'activités, pour une population de plus de 200 000 personnes.

Afin d'optimiser la rénovation des monuments et pour rechercher des solutions d'archivage performantes, l'ADER essaie de généraliser l'utilisation des techniques de photogrammétrie architecturale. Des études méthodologiques sont actuellement en cours, visant principalement à mettre en œuvre les dernières évolutions des techniques numériques.

Au delà du programme des visites à vocation professionnelle, le voyage d'étude ménage de la place à l'imprévu et aux initiatives personnelles. Il ne commence ni ne se termine dans le hall d'un aéroport. Il faut le considérer comme un projet collectif mobilisant bon gré mal gré la trentaine d'élève d'une classe, plusieurs mois avant le départ. L'organisation et le financement sont pris en charge par les étudiants. La coordination du projet, la recherche de sponsors, les actions de financements sont autant d'activités s'inscrivant fort logiquement dans la formation d'un ingénieur. Ce sont là d'autres qualités pédagogiques du voyage d'étude.

Le voyage d'étude permet aussi la découverte d'autres cultures, d'autres horizons. Le Maroc est particulièrement propice à un tel dépaysement. Et chaque ville visitée laisse, derrière un sentiment d'uniformité, une impression singulière et caractéristique : Casablanca, métropole occidentale, survoltée et inhumaine ; Rabat, capitale calme et pleine de charme ; Fès, citée historique, au passé urbain et architectural inestimable menacé par une surpopulation trop évidente,...

La réussite d'un voyage dépend aussi des rencontres qu'il suscite. Qu'elles soient brèves et inattendues ou plus prévisibles, elles sont toutes intéressantes. Et Samira, marocaine, étudiante à l'ENSAIS, qui s'est beaucoup investie dans l'organisation du voyage, a su créer des moments privilégiés, témoignant de la vie quotidienne de son pays.

De retour en France et après l'engourdissement caractéristique des retours de voyages, la vie et les études reprennent leur cours normal. Il ne reste plus qu'à souhaiter bon voyage à ceux qui partiront l'an prochain.

*Les étudiants de l'ENSAIS (G2), avril 1998.*



# MADRID

## International Geodetic Students Organization

# XI<sup>e</sup>

## C O N G R È S

A l'aube de l'an 2000, des étudiants en topographie, venus des continents européens et africains, ont eu la chance de pouvoir se rencontrer à Madrid pour débattre des conditions et des méthodes de travail en pratique dans leur pays. Cette manifestation est l'occasion pour tous de montrer combien la topographie dans son sens le plus large est au cœur des débats de notre époque en de nombreux pays. Cette année encore, nous avons pu constater qu'en Europe, cette activité est sans conteste l'une des mieux partagées qui soit.

Avec une adhésion et une représentation croissante des universités européennes aux programmes proposés, de telles rencontres prennent aujourd'hui tout leur sens. Elles témoignent d'une volonté des futurs ingénieurs du XXI<sup>ème</sup> siècle de vivre leur passion. Alors que la FIG (Fédération Internationale des Géomètres) devient de plus en

plus active au niveau mondial, les étudiants se sentent eux aussi concernés. Dynamisés par les Hollandais et les Autrichiens, les étudiants européens ont souhaité reproduire des schémas existants au niveau international avec la FIG pour les professionnels ou l'ARGEOS pour les étudiants des innombrables universités allemandes.

L'IGSO (International Geodetic Student Organisation) est une réponse à leur besoin, la concrétisation de leur attente. Cette organisation a vu le jour suite aux premiers IGSM, rencontres internationales universitaires initiées en 1987 à Delft par les Hollandais. Son but est de rassembler en son sein des étudiants en Géodésie et en Topographie, principalement européens dans un premier temps, mais aussi des autres continents. Elle a de plus vocation à représenter la voix estudiantine lors de congrès internationaux qui sont généralement et essentiellement ouverts aux pro-



fessionnels. C'est ainsi que régulièrement des membres de l'IGSO participent à des rencontres telles que le CITOP (Congrès International de Topographie) ou la FIG.

Les objectifs définis de l'IGSO sont moins politiques que ceux de la FIG par exemple, mais se rapprochent des idées de base de cette dernière fondée à Paris en 1878 par 7 pays européens (France, Belgique, Allemagne, Italie, Espagne et Royaume-Uni). La FIG, elle, a pris depuis une dimension internationale avec l'arrivée des anglais essentiellement, ainsi que des Américains et des Australiens. Bien que ces derniers soient encore absents de la scène étudiante, l'idée de l'IGSO est aussi de mettre progressivement en place une collaboration internationale pour faire progresser la topographie et promouvoir ses applications.

Les manifestations, instants forts de la vie associative, ont elles pour buts de mettre en place les conditions favorables à la promotion des disciplines topographiques et géodésiques dans tous les pays qu'ils soient riches, en voie de développement ou en pleine transition économique. Les aspects techniques sont abordés sous toutes leurs formes avec une grande palette d'activités au programme (photogrammétrie, astronomie, télédétection, GPS, SIG, droit, foncier,...).

Le souci principal est surtout de promouvoir un échange international des personnes et des informations topographiques au travers de rencontres ainsi que de relations amicales entre géomètres de différents pays. L'IGSM s'inscrit ici parfaitement dans le contexte souhaité par la FIG. De plus, avec les évolutions techniques récentes, l'IGSO encourage la recherche, le développement et l'utilisation des nouvelles technologies appliquées à la géodésie et la topographie dans son sens le plus large.

Le fonctionnement de l'IGSO est simple. Pour y participer, il suffit que l'École ou l'Université soit membre de l'organisation. Ainsi, régulièrement quelques élèves français de l'ESGT et de l'ENSAIS ont la possibilité de rencontrer leurs homologues étrangers lors de congrès (les IGSM). Ces manifestations rassemblent chaque année, dans l'université organisatrice, un nombre d'étudiants en constante augmentation (plus de 250 cette année à Madrid). Elles sont assurément l'occasion d'échanges fructueux.

Les IGSM se déclinent en plusieurs étapes. Dans un cadre officiel, les assemblées offrent l'opportunité aux différentes délégations de présenter leur Université ou École (une trentaine en 1997 et plus encore en 1998), de dresser un bilan de l'activité de l'organisation et de soumettre de nouveaux projets.

Par ailleurs, des conférences et des expositions permettent la confrontation d'approches et d'expériences souvent différentes qu'elles soient pratiques ou théoriques.

Bien sûr, des activités plus informelles telles qu'une découverte touristique de la région ou parfois des Olympiades sur le thème de la Topographie sont prévues. Elles privilégient les échanges de points de vues et favorisent les rencontres. Ainsi, nous pouvons mesurer la disparité des formations dispensées à travers toute l'Europe. Nous apprenons par exemple rapidement que les Écoles sont une spécialité française qui trouvent leurs équivalents dans les Universités Technologiques. Nous y découvrons aussi les différentes facettes des réalités de la profession souvent propres à chaque pays.

Les Congrès sont annuels et organisés par une Université membre qui change tous les ans. Ils se déroulent

traditionnellement durant une semaine. L'IGSM est le temps fort de l'activité de l'Organisation, mais celle-ci entretient aussi le lien entre ses membres au moyen d'un bulletin, le Network, dont l'édition est désormais assurée pour des raisons pratiques par l'Université organisatrice. Avant d'être le cas, l'ENSAIS avait eu en charge la rédaction de ce journal lors de l'année 1996.

Enfin, ces congrès offrent un instant privilégié pour cristalliser certains projets. Ainsi, il a été décidé qu'après Delft en 1997 et le 10<sup>ème</sup> anniversaire de la création de l'IGSM, Madrid cette année et Valence l'an prochain, les français prendront enfin part à cette grande fête. Représentée depuis ses débuts par l'ENSAIS au sein de l'organisation, la France par la voix de l'ESGT, école membre depuis deux ans, s'est portée candidate pour l'organisation de la grand messe de l'an 2000. Une participation active et conjointe des trois écoles (ENSAIS, ESGT, ESTP) est souhaitée. Cette question est encore à l'étude.

D'autres projets voient le jour lors de ces assemblées générales. Par exemple en 1995, une association polonaise nommée "SCITUS" s'était proposée de créer en Europe un réseau de points GPS à partir de mesures effectuées entre Universités membres de l'IGSO.

Plus concret et plus régulier, l'IGSM est chaque année l'occasion de partenariats ou d'échanges entre universités.

Plus accessible pour nos écoles françaises, une participation à l'ARGEOS, équivalent de l'IGSO pour nos voisins allemands très actifs dans le domaine de la topographie est encore aujourd'hui à l'ordre du jour.

L'IGSO s'avère être aujourd'hui le meilleur moyen pour un étudiant en topographie quel qu'il soit de s'investir dans le devenir de sa spécialité. Ce contact privilégié avec d'autres futurs ingénieurs topographes du monde entier lui permet de se créer un réseau de connaissances plus vaste donnant une autre dimension à son travail. On pourrait même parler d'une implication quasi professionnelle pour les participants, ce qui leur permet d'appréhender leur métier avec plus de recul et avec des vues internationales. Il s'agit là de la valeur la plus sûre pour toucher du doigt les réalités du travail en Europe. Mais outre une ouverture d'esprit évidente, les avantages pour les étudiants sont bien réels.

Le programme de l'organisation s'étoffe chaque année avec l'arrivée de nouvelles universités. On constate aussi une montée en puissance de certains pays tels que les Pays-Bas ou l'Allemagne bien sûr, mais plus récemment de pays tels que l'Espagne, la Pologne ou la France. Petit à petit la fréquentation de ce congrès se fidélise ; on retrouve tous les ans les universités venues de Suisse, Autriche, Croatie, Yougoslavie, République Tchèque, Slovaquie, Hongrie, Lituanie, Slovénie, Bulgarie, Roumanie, et plus récemment du Ghana. Soit près de 35 à 40 Universités !

L'expérience montre que cette aventure, d'envergure européenne au vu de la liste ci avant, laisse à tous les participants un souvenir impérissable et durable via Internet par exemple. Cet outil se développant et se démocratisant, il permet une certaine concrétisation et pérennité des décisions prises lors de l'IGSM.

Si vous voulez en savoir plus, c'est avec grand plaisir que nous vous renseignerons ; alors contactez nous auprès de l'ENSAIS ou de l'ESGT.

MIRABEL Jean-Roch (ENSAIS)

ENSAIS : DIAZ@ENSAIS2.U-STRASBG.fr

ESGT : IGSO@HOTMAIL.COM



**53<sup>ème</sup> promotion  
de  
l'École  
d'Application  
Travaux  
Publics  
d'Égletons**

Ce samedi 13 juin, le campus de l'EATP d'Égletons connaît une vive activité car, comme chaque année, a lieu le baptême de la promotion qui termine un cycle d'études de 2 ans dans les 6 disciplines que sont : les conducteurs d'engins, les constructeurs en ouvrages d'arts, les constructeurs en canalisations, les constructeurs de routes, les agents de maintenance en matériel TP et les techniciens de chantier.

Ces 6 formations sont sanctionnées par un CAP ou BEP pour les 5 premières citées et par un Bac Pro pour les techniciens de chantier.

La promotion, forte cette année de 225 élèves, porte le nom prestigieux du père du béton précontraint : Eugène Freyssinet, grand entrepreneur de travaux publics, natif de la Corrèze et dont l'œuvre se perpétue à travers ses successeurs.

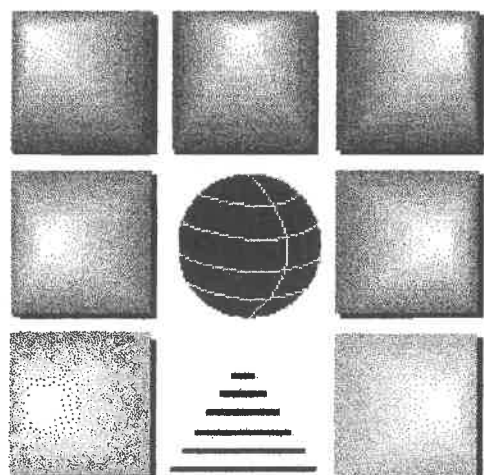
Une visite des ateliers, avec café de bienvenue, débute cette matinée ; suit une démonstration de maintenance d'engins de chantier par un groupe d'élèves de cette spécialité. Ensuite retour sur le campus où, en présence des autorités régionales et locales, ainsi que du nouveau Président de la FNTP, Daniel Tardy, dont c'est la première sortie officielle depuis son élection, une pierre portant le nom de la promotion va être dévoilée par le parrain, J. P. Durand-Arpoumé, président de Freyssinet International et la marraine, Danielle Freyssinet, nièce par alliance de l'ingénieur. Cette pierre, comme ses devancières, sera scellée ultérieurement dans l'un des murs de l'école.

Après les traditionnelles "lettres vivantes" réalisées par les élèves de 1<sup>ère</sup> année, les personnalités saluent les 225 élèves de la promotion avant de se rendre au gymnase pour la lecture du palmarès et la remise des prix, dont plusieurs en topographie.

*Jacques Riffault*

*Les élèves ont choisi de placer leur promotion 96/98 sous la protection d'Eugène Freyssinet, illustre entrepreneur corrézien, inventeur du béton précontraint, et qui est né à Objat en 1879. Selon la coutume les élèves de première année, vêtus de blanc, dessinent sur le stade le nom donné à leur promotion.*





**MST CARTOGRAPHIE  
D'ORLEANS**

# au service de la geomatique

Créée en 1990, La Maîtrise de Sciences et Techniques de l'Université d'Orléans est une formation en deux ans. Elle prépare aux méthodes de la cartographie générale classique ainsi qu'à celles de l'information géographique. Elle propose un enseignement technique très développé, dont l'outil informatique est le pivot, et un enseignement général et théorique très complet. Les enseignants sont, pour la plupart, des professionnels d'origines très diverses : INRA, BRGM, Cabinet de géomètre, Collectivités territoriales, sociétés privées, etc.

La cartographie traditionnelle permet d'acquérir les règles de la sémiologie graphique. Le cartographe doit adapter les variables visuelles aux données tout en garantissant l'esthétique globale de la carte. Pour réaliser de tels documents, il faut exploiter au mieux les données en appliquant des traitements statistiques et graphiques.

La communication reste l'objectif principal de cet enseignement : en effet, avant toute réalisation, une réflexion préalable s'impose sur le message, sa portée et ceux à qui il s'adresse.

Les acquis de cet enseignement classique favorise l'utilisation et la gestion de l'information géographique dans la cartographie.

La MST est principalement orientée vers les systèmes d'informations géographiques (SIG), aussi bien du point de vue technique qu'organisationnel. En effet, l'aspect technique s'articule autour des logiciels SIG les plus répandus : ARC/INFO, STAR, APIC, GEOCONCEPT, ASCODES. La particularité de chacun permet une approche globale de l'ensemble des logiciels SIG actuellement sur le marché.

L'enseignement ARC/INFO est davantage orienté vers l'analyse spatiale, alors que GEOCONCEPT est axé sur la géomercatique. ASCODES, STAR et APIC, quant à eux, sont présentés comme outils de gestion des collectivités territoriales.

Chaque logiciel fait l'objet de travaux pratiques en rapport avec les besoins des professionnels : cartographie thématique, requêtes spatiales, études d'impact, simulation...

La formation se veut la plus complète possible. Elle aborde en amont des logiciels, différents systèmes d'exploitations (UNIX, Windows NT), les systèmes de gestion de bases de données (SGBD), et en aval le développement informatique. Le SGBD ORACLE est l'occasion d'un apprentissage d'un langage de requêtes (SQL), de la gestion et de l'organisation des bases de données. La programmation (C-Shell, HTML, Langage C, AML) et l'algorithme permettent aux étudiants de maîtriser le développement d'applicatifs métiers spécifiques aux logiciels SIG.

L'organisation est essentielle pour qu'un système soit fonctionnel et durable. La formation prépare à la mise en place de projets SIG, depuis l'évaluation des besoins jusqu'à ce que le système soit opérationnel. Ceci inclut l'analyse du système par la modélisation (méthode MERISE) et la conception, par l'élaboration du cahier des charges. Par ailleurs, l'étude des procédures de mise à jour permet d'assurer la continuité dans le temps du système mis en place.

Les enseignements de la MST abordent également les techniques de traitement des données brutes qui peuvent être intégrées dans un SIG. Cet aspect s'organise autour de trois matières principales :

- la topographie : l'étude de la géodésie et des méthodes de levé topographique,
- la photogrammétrie : la photo-interprétation et la restitution numérique de photos aériennes,
- la télédétection : le traitement d'images satellitaires.

La MST souhaite répondre aux besoins croissants des professionnels en matière d'information géogra-



phique mais aussi pour la gestion des territoires. Des cours d'aménagement du territoire et d'urbanisme sont donc dispensés pendant les deux années d'étude.

Chaque année le contenu de la formation est discuté et adapté en fonction du contexte du moment. Pour participer à l'effort d'Internet, un cours "Internet et Réseaux" est inscrit au programme depuis 1997 avec, à terme, pour objectif de faire réaliser aux étudiants le site Web de la MST.

La formation s'accompagne de 6 mois de stage réalisés à la fin de chaque année (2 stages de 3 mois minimum). Ces stages constituent un tremplin vers la vie professionnelle. Ils sont un aspect fondamental de la MST pour la mise en pratique des connaissances. Ils donnent lieu à la rédaction de rapports de stage et de soutenances dans lesquelles l'étudiant détaillera ses responsabilités ainsi que les missions qui lui furent assignées.

Forts de ces expériences, les diplômés de la MST de Cartographie s'adaptent aux divers besoins de la géomatique. Les débouchés sont variés : collectivités territoriales, sociétés de services, cabinets de géomètre, cabinet de conseil, producteur de logiciel SIG, cartographie d'édition...

Informations complémentaires :

- Effectif de 18 étudiants par année,
- Admission pour les titulaires d'un diplôme de niveau Bac + 2 dans des formations de type géographie, géomètre, informatique...

• Le recrutement : la sélection se fait en plusieurs temps : examen du dossier de candidature et lettre de motivation, entretien et test de dessin, concours à la suite d'un stage préparatoire de 3 semaines.

• Le partenariat : fournisseurs de données, de logiciels et de matériels, prestataires de services et collectivités territoriales s'associent à la MST dans le cadre d'enseignement, d'interventions ou de marché. Les nouveaux partenaires sont les bienvenus.

L'association **CACAO** : elle rassemble les étudiants reçus à la MST. Les offres d'emplois y sont centralisées afin de faciliter l'entrée dans la vie professionnelle.

## **MST CARTOGRAPHIE ou CACAO (Comité des Anciens Cartographe d'Orléans)**

Secrétariat de l'institut des sciences humaines  
10, rue de Tours

45072 ORLEANS cedex 02

Tél : 02-38-49-47-01 • Fax : 02-38-49-47-11

E-Mail MST : [institut.sciences.humaines@univ-orleans.fr](mailto:institut.sciences.humaines@univ-orleans.fr)

E-Mail CACAO : [cacaomst@caramail.com](mailto:cacaomst@caramail.com)



- PRISES DE VUES  
AÉRIENNES VERTICALES
- NUMÉRISATION DE PHOTOGRAPHIES  
AÉRIENNES SUR FILM
- AÉROTRIANGULATION NUMÉRIQUE
- ORTHOPHOTOPLANS

**Centre d'Exploitation : Aéroport de Nancy-Essey • F - 54510 TOMBLAINE**  
Tél. (33) 03 83 18 00 03 • Fax (33) 03 83 18 00 53

# livre blanc CNIG/AFIGEO sur l'IG

## le débat est ouvert

### Contribution du SPDG aux débats

Le gouvernement a présenté en janvier 98 un programme d'action pour faire entrer la France dans la société de l'information. Le CNIG a publié le 6 février 1998 un livre blanc sur « l'information géographique française dans la société de l'information » qui entend ouvrir un débat national sur le sujet. Nous en avons fait la synthèse dans notre dernier numéro d'XYZ (75, 2<sup>ème</sup> trimestre 98).

Le SPDG (Syndicat des Professionnels De la Géomatique), apporte sa contribution aux débats dans un solide document de 21 pages présentant une analyse du programme d'action du gouvernement et du Livre Blanc. Les propositions du SPDG sont ensuite développées dans ce cadre.

Le livre blanc du CNIG complète le programme d'action gouvernemental, fait un état des lieux et élabore des propositions. Les données géographiques contribuent à l'efficacité de l'économie du pays (localisation, caractéristiques locales, flux...) et constituent un outil important de l'aménagement du territoire, elles sont une clé d'accès à de nombreuses bases de données. La géomatique est donc une composante essentielle de la société de l'information.

Le livre blanc établit le retard français en ce domaine : les pays d'Europe du nord disposent d'une couverture topographique nationale à grande échelle, d'un plan cadastral numérisé et d'un fichier national géoréférencé. La BDTopo de l'IGN ne couvre que 15 % du territoire et le cadastre numérisé que 10 %, et sous convention. Le SPDG complète ce constat : les cartes numériques des données du recensement ne sont disponibles que dans les plus grandes agglomérations et à des prix très élevés, et l'on ne dispose pas de cartes de découpage en quartiers pérennes et pertinents géographiquement, enfin la couverture aérienne de la France utilise le film comme

support, pour le numérique et l'orthophoto il faut une réalisation sur mesure, compliquée et chère.

Le livre blanc énumère quatre grands bouleversements technologiques : le positionnement spatial par GPS, les satellites haute résolution et les images aériennes numériques, l'informatique (matériels et logiciels), et Internet. Le SPDG en partage l'analyse mais il lui paraît important d'insister sur la baisse des coûts que permettent ces évolutions et sur l'importance de la facilité d'utilisation des données et logiciels pour l'ouverture de marchés nouveaux. Cela suppose de favoriser une grande diversité de l'offre en facilitant l'intégration des données dans des produits et des services prêts à l'emploi.

#### Le SPDG se prononce sur les propositions du CNIG :

##### – le plan cadastral :

Les données cadastrales doivent être reconnues comme « données publiques essentielles » dont le plan d'action gouvernemental prévoit la diffusion sur Internet. La mise à jour du plan est une question essentielle, pour en réduire les délais le SPDG souhaite l'application rapide des techniques de l'EDI à la circulation des informations entre les collectivités locales, les notaires, les géomètres, les bureaux des hypothèques et les bureaux du cadastre.

##### – la base de données topographiques :

Remettre à plat les spécifications de la BDTopo de l'IGN en concertation avec les principaux utilisateurs, et sous-traiter une partie des travaux correspondant à la phase de rattrapage.

##### – la couverture photographique aérienne de la France :

Le SPDG souhaite que la mission de service public de l'IGN soit étendue à une orthophoto « de base » dont la production devrait être sous-traitée pour permettre une réduction des coûts et le renforcement de ce secteur.

– un fichier d'adresses postales géoréférencées unique :

Le SPDG partage l'analyse du CNIG sur l'importance des adresses postales et la proposition de la constitution d'un fichier national. Les adresses « postales » doivent être reconnues comme « données publiques essentielles », avec mise à jour gratuite.

– maintenir une capacité opérationnelle d'observation de la terre :

Le programme SPOT est menacé par de nouveaux acteurs, il est important qu'il reprenne son avance dans le domaine des hautes résolutions (données urbaines, agriculture de précision...).

– faciliter l'accès aux données publiques :

Les gisements d'information géographique sont considérables dans les organismes qui diffusent des informations particulières. Il faut les identifier et les décrire dans un catalogue normalisé et en définir clairement l'accès par des tiers. Il faut également faciliter l'accès des prestataires de services aux données primaires » détenues par l'administration. Ces données doivent être décrites dans des « dictionnaires » rendus publics et la liberté d'accès doit être la règle, compte tenu d'une liste restrictive limitative.

– définir des règles favorisant la diffusion et la valorisation des données publiques :

Développer la synergie entre les producteurs publics et le secteur privé de la valeur ajoutée. Préciser que les données de référence sont fournies gratuitement ou au coût de mise à disposition (géodésie, plan cadastral, adresses postales, îlots INSEE, découpage administratif).

– rationaliser l'emploi des moyens budgétaires :

Le SPDG pense que le déploiement des nouvelles technologies met en cause radicalement les méthodes actuelles de production et de diffusion des données géographiques par les services de l'état. Constatant qu'un développement important du marché peut résulter de la baisse des prix, le secteur public et semi-public, principal utilisateur actuel de données géographiques numériques, aurait tout à gagner à une meilleure disponibilité de ces données et d'une baisse de leur prix. Le développement d'une forte filière géomatique contribuerait à la création d'emplois et de richesses et donc à l'amélioration des équilibres économiques et budgétaires.

Les autres propositions du livre blanc portent sur l'exportation, les normes et qualités, la recherche, la formation et la sensibilisation. Un large consensus peut se dégager. Le SPDG approuve ses orientations, s'efforcera d'y aider et souhaite une mise en œuvre rapide.

## **Olivier Reis**

*Ingénieur géomètre-topographe ENSAI Strasbourg*

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

*9, rue des Champs F-57200 SARREGUEMINES*

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

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

## **Reinhart Stölzel**

*Ingénieur géomètre-topographe*

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

*Blankenburger Strasse 151C, D-13127 BERLIN*

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

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

## **Paul Newby**

*Membre de la Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)*

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

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

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

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

***Des topographes traducteurs à votre service***

# Libérez-vous des contraintes informatiques et exercez pleinement votre métier.

## TopoCalc

Enfin un **logiciel de topographie**, d'un faible coût, capable de **supprimer les tâches de DAO...**

Avec **TopoCalc**, les semaines n'ont jamais été si **productives** :

- ☒ Lever terrain plus rapide
- ☒ Obtention d'un plan conforme à vos cahiers des charges directement sur le terrain ou dès votre retour en bureau (Carto 200, DDE...)

**19 000 Frs HT**

## Épure

Le logiciel qui vous offre une longueur d'avance pour vos **levers d'intérieur !**

Avec **Épure**, la construction des plans d'intérieur devient un jeu d'enfants :

- ☒ Relever terrain traditionnel
- ☒ Croquis à main levée des différentes pièces du bâtiment
- ☒ Application de contraintes (distance, parallélisme, angle, rattachement à des points connus...)

**4 990 Frs HT**

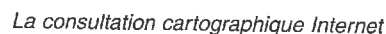
**Ce n'est pas parce qu'on affiche les meilleurs résultats, qu'on ne peut pas avoir les meilleurs prix !**

Mettez toutes les chances de votre côté, progressez avec nous,

**Géop▲xel**



**VRAIMENT  
POUR  
TOUS**



La mise en œuvre d'un Système d'Information Géographique n'est plus à ce jour l'apanage des collectivités riches en finances et techniciens informatique de haut niveau.

Nous avons abordé lors d'un précédent article (n°66/96) les raisons de cette démocratisation de l'outil SIG : baisse des coûts des données, matériels, logiciels, mais également de la technicité nécessaire à l'exploitation de ce type de logiciels souvent conjuguée à la mise en commun de moyens intercommunaux. Depuis deux à trois ans, nous voyons fleurir ci et là des SIG dans des communes de 1000 à 5000 habitants. Il est également réel que pour ces plus petites communes, la décision d'équipement est dans la grande majorité des cas motivée par une action intercommunale (département, district, SIVOM,...) au moins pour une part du travail, et fréquemment la numérisation des planches cadastrales.

Depuis quelques mois, ce sont les communes de moins de 1 000 habitants qui accèdent à cette technologie, favorisées par l'apparition de solutions globales qui se déclinent d'après le même jeu de données en gamme monoposte, client serveur ou internet serveur.

La technologie internet/intranet permet au monde de l'information géographique d'explorer mais surtout de diffuser simplement des données cartographiques à moindre coût et qualification en consultation.

La partie la plus importante du travail demeure incontestablement la mise en œuvre de cette base de données cartographique. L'intercommunalité et des solutions logicielles globales constituent les deux points forts de ce déploiement d'informations géographiques.

Nous axerons le reste de notre exposé sur ces solutions logicielles globales. Le rôle de l'intercommunalité n'est plus à démontrer tant il paraît de bon sens de mettre en commun des moyens et des compétences pour mener à bien un projet fonctionnel.

## Une microfiche cadastrale,... façon Internet

Une solution globale ne contient pas uniquement aux logiciels mais également à la technicité autour des données pour les intégrer dans le logiciel, à la maîtrise des matériels qui accueillent données et logiciels et secondairement, à l'habitude des démarches administratives nécessaires à la mise en place d'un SIG (Direction Générale des Impôts, CNIL).

Le logiciel doit se décliner en différentes gammes susceptibles de couvrir la totalité des différentes strates de besoins, donc de collectivités.

Notre expérience de mise en œuvre de SIG sur une centaine de collectivités de toutes tailles nous a permis d'appréhender un mode de fonctionnement des collectivités. La classification proposée ci-dessous est issue de ces observations.

Elle n'est certes pas parfaite car ce modèle simpliste ne prend pas en compte l'historique socio-économique, l'aspect politique (ô combien important) de la collectivité,

ni la position géographique (proximité d'un centre urbain, de zones d'activités,...). Cependant, elle constitue une base de travail qui nous semble intéressante.

Nous avons distingué quatre principaux types d'utilisateurs, et donc d'organisation :

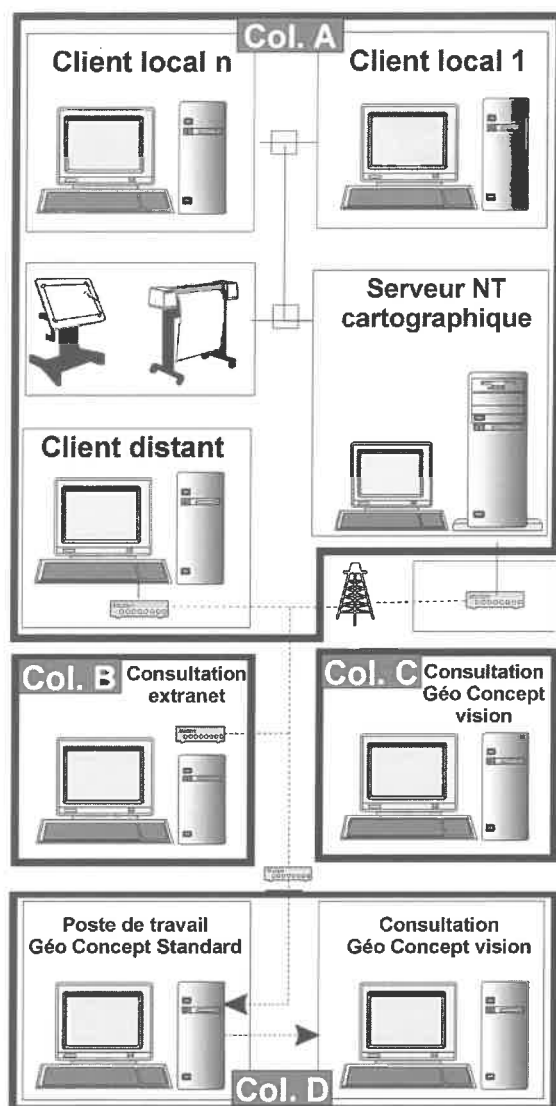


Schéma organisationnel de diffusion de données géographiques intercommunales

**Col. A :** il s'agit d'une collectivité, commune ou intercommunalité représentant une population agglomérée de plus de 15 000 habitants, qui dispose donc de services techniques conséquents.

Elle est généralement le maître d'ouvrage du système d'information géographique. Elle héberge l'équipement informatique, logiciel et données complet parce qu'elle compte en interne des compétences techniques.

La gestion des mises à jour et des droits d'accès à l'information est également traitée à ce niveau.

Dans cette configuration, le poste serveur NT est un serveur cartographique des postes clients mais également un serveur « internet-intranet ». Il permet en effet à des postes distants, via un simple modem, une connexion pour mise à jour (cas d'un client distant) ou consultation (cas d'un intranet que nous appellerons Extranet dans un schéma de connexion distante).

**Col. B :** il s'agit d'une petite commune de quelques centaines d'habitants dont la secrétaire partage son temps de travail avec d'autres communes. L'accès à l'information géographique est peu fréquent, la connexion est établie pour rechercher la propriété d'une ou plusieurs parcelles (le long d'une rue, d'un ruisseau...), les servitudes d'occupation du sol, la position d'un réseau et le dimensionnement d'une conduite, imprimer quelques cartes...

Dans cette configuration, la collectivité ne dispose pas physiquement sur son ordinateur de la base de données ni des logiciels. La consultation est réalisée par un navigateur traditionnel (Netscape Navigator ou Microsoft Internet Explorer) pour le coût d'une simple communication téléphonique. L'utilisateur n'a pas besoin de suivre de formation spéciale.

*Cet exemple illustre parfaitement la notion d'Extranet, consultation simple qui ne nécessite aucunement la mise en œuvre lourde et coûteuse d'un Serveur WEB mais un simple modem de chaque côté des ordinateurs et une ligne téléphonique, numérisés dans la mesure du possible.*

**Col. C :** il s'agit d'une petite commune d'environ un à deux milliers d'habitants qui souhaite pouvoir disposer de sa propre base d'information en consultation en interne. Elle pourra interroger son parcellaire, POS réseau... par des requêtes simples et complexes qu'elle pourra imaginer et sauvegarder. Elle réalisera également différentes thématiques ainsi que les mises en pages de ses cartographies de tous formats. La mise à jour de cette base sera réalisée par Col. A par support magnétique ou modem selon une périodicité qui sera établie (globalement, une fois par mois).

**Col. D :** il s'agit d'une commune de plusieurs milliers d'habitants qui dispose de Services techniques un peu conséquents. Généralement, un à trois postes accueillent l'information géographique dont un poste d'exploitation, les autres en consultation (de type Col. C).

Ce type de collectivité peut travailler en autonomie et traiter les couches d'informations qui entrent dans les compétences communales, souvent l'urbanisme, les espaces verts et l'éclairage public car les autres réseaux sont affermis et la collectivité ne souhaite seulement que « suivre » ses réseaux.

Ce schéma pourrait se décliner en diverses autres solutions : l'intranet peut être généralisé dans les services internes d'une collectivité (consultation par le service général, les élus...), différents services axés sur des observatoires économiques et sociaux pourraient disposer de postes pour créer des thématiques...

La base ainsi mise en œuvre peut tout à fait se généraliser et être mise à disposition du public par le biais :

- d'une borne interactive de consultation cadastrale ou pour un aspect plus « économique-touristique » au sein de l'office du tourisme, voir sur la place communale.

- de la réalisation d'un serveur WEB à destination des administrés et touristes, à l'image de ce qu'a réalisé le District du Pays de Montbéliard : recherche d'itinéraires par adresse, localisation des commerces et sites remarquables...

L'avènement du troisième millénaire avec ses technologies permet déjà **L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE, VRAIMENT POUR TOUS.**

# Information Géographique et SGBD

# chronique d'une convergence annoncée

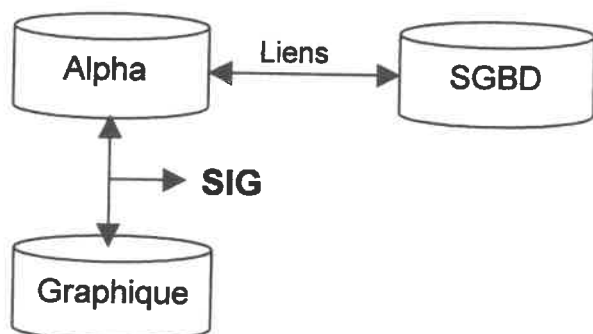
Michel Bernard (SIAGE Conseil)

Parmi les évolutions technologiques majeures dans le monde des SIG de cette fin de décennie, deux éléments émergent de façon notable. Le premier - le plus visible - est bien entendu Internet. Nous avons déjà évoqué dans ces colonnes l'impact important du World Wide Web sur l'industrie de la géomatique, et l'on a pu constater en l'espace d'une année l'évolution de ce "monde virtuel", culminant récemment en ce qui concerne l'hexagone avec la décision de la DGI de mettre les plans cadastraux en ligne sur Internet.

Le second phénomène, moins évident et moins immédiatement perceptible pour les utilisateurs, mais tout aussi important et fondamental à notre sens, est celui de la convergence des technologies géomatiques et des Systèmes de Gestion de Bases de Données. Si Internet offre d'ores et déjà la possibilité de démocratiser l'information géographique en la rendant plus accessible et plus facilement "consommable", encore faut-il que les technologies de stockage et de distribution, encore largement fondées sur des modèles propriétaires, évoluent vers une réelle standardisation. Cette évolution que l'on attendait depuis environ dix ans et qui relevait encore de la recherche ou des effets d'annonce plus ou moins fondés est aujourd'hui portée par une majorité d'éditeurs. Parmi ceux-ci, il est important de noter que figurent non seulement les acteurs traditionnels du monde SIG (Esri, Mapinfo par exemple) mais également les sociétés spécialisées dans la fourniture de SGBDR généralistes tels Oracle ou Informix.

## RETOUR AUX SOURCES

Le principe même des SIG consiste à mettre en relation permanente des données à caractère spatial (géométriques) avec des informations sémantiques et à assurer la cohérence de ces relations. Pour autant, dans la quasi-totalité des outils du marché, le stockage des données est réalisé selon un modèle hybride comportant d'une part le stockage des données géométriques dans un système propriétaire, d'autre part la gestion des données descriptives dans un second système, parfois standard (dbase, oracle, access), le plus souvent lui aussi propriétaire.



Architecture classique des SIG

Bien sûr les liens ODBC (Open DataBase Connectivity) et autres outils d'accès à des bases de données distantes (Remote Data Access) ont permis de mettre en place des architectures assez ouvertes. Ces assemblages ont pourtant leurs limites, tant sur le plan de l'intégrité des données que de la gestion des transactions, des accès concurrents ou la résolution des problèmes de mise à jour et d'historisation des données.

Cette dualité se retrouve également dans les logiciels que l'on a souvent abusivement qualifiés d'orienté-objet (Géocity ou Smallworld). Un rare exemple de stockage intégré est celui du produit CCHR utilisé par APIC pour gérer à la fois les données géométriques et sémantiques, mais les bénéfices offerts par cette technique sont aujourd'hui contrés par les limites en termes d'évolution et d'ouverture vers le monde des SGBD Relationnels. Limites que l'éditeur APIC systèmes cherche lui aussi à contourner en se tournant vers de nouvelles solutions dites "SGBD Universels".

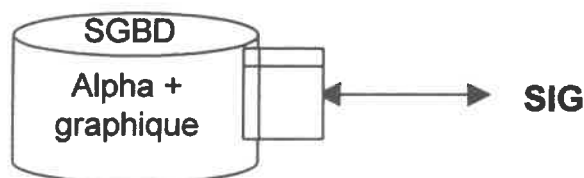
L'enjeu pour le monde de la géomatique est important car il s'agit de tendre le plus possible vers les standards du marché, afin d'éviter une marginalisation de l'information géographique numérique.

La fusion tant annoncée des données géographiques dans les systèmes d'information, que les outils Internet/Intranet peuvent contribuer à rendre réelle, ne saurait s'imaginer dans un contexte de technologies propriétaires.

## ÉVOLUTION DES SYSTÈMES DE STOCKAGE : DES SGBD UNIVERSELS

Ayant mis au point des systèmes de gestion de plus en plus robustes et performants, les éditeurs de SGBDR ont pu s'intéresser à des marchés émergents et potentiellement porteurs, la géomatique étant — ce qui est rassurant — considérée comme telle. L'essentiel des recherches menées ces dernières années par les éditeurs a porté sur la mise au point de systèmes de stockage et d'extraction permettant de gérer les données à taille variable (objets (géo) graphiques, images, sons) dans des systèmes prévus à l'origine pour des données à taille fixe (numériques, alphanumériques).

Les outils qui arrivent sur le marché ont pour nom SDO/SDC (Spatial Data Cartridge) chez Oracle, Datablades chez Informix mais aussi SDE (Spatial Data Extension) pour Esri et Spatialware pour Mapinfo. Schématiquement ces offres sont en fait ce que l'on appelle généralement du "middleware" c'est à dire des couches logicielles qui viennent se connecter à des outils généralistes (les SGBD Universels) pour permettre de gérer et distribuer les données spatiales.



Leur potentiel consiste non seulement à offrir les moyens de stocker l'information géographique (points, lignes et polygones ou pixels) avec ses attributs associés mais également à en faciliter l'accès grâce à des techniques d'index spatial performantes. Cette dernière notion est particulièrement importante pour pouvoir optimiser la recherche et l'extraction de données à l'intérieur de volumes de plus en plus importants.

Parmi ces techniques d'indexation, certaines sont connues depuis longtemps (la méthode des Quadtree notamment ou les clés de Peano) et d'autres sont plus récentes (le modèle Helical Hyperspatial ou HHCODE développé par le service hydrographique de la marine canadienne et la société Oracle).

On voit donc fleurir des offres de plus en plus solides en termes de potentiel à gérer de très grosses bases de données, mais encore faut-il savoir comment accéder à ces outils et comment développer des solutions pratiques dans une vision utilisateur final ?

## ÉVOLUTION DES LANGAGES D'INTERROGATION

L'un des écueils à l'utilisation des SGBDR pour la manipulation des données géographiques et plus généralement des données à taille et format variable (multimédia) a longtemps été l'absence de langages de description et de manipulation (DML) adaptés.

Dans ses versions normalisées actuelles le langage SQL (Structured Query Language), développé dans l'optique de systèmes d'information classiques, n'offre pas de possibilité de déclarer (donc de créer, mettre à jour et analyser) des données géographiques ni de les inter-

roger sur des critères spatiaux (à l'intérieur de, à distance, dessus, dessous...). La plupart des éditeurs respectent pour l'instant le niveau SQL2 qui est normalisé par l'International Standards Organisation (ISO). Mais à ce niveau, le langage ne comporte aucun opérateur spatial et ne permet pas de déclarer des objets géographiques.

Pour dépasser ces limites, des travaux importants ont été menés depuis trois ou quatre ans (notamment sous l'impulsion de la société Unisys) pour aboutir à un langage plus riche : SQL/MM (MM pour multimédia). Ces spécifications ne sont pas encore acceptées en tant que normes mais quelques éditeurs commencent déjà à les proposer. Quand on sait que la société Mapinfo (éditeur du logiciel du même nom) a racheté à Unisys sa technologie de gestion de bases de données géographiques on comprend mieux pourquoi les produits proposés sous le label "SpatialWare" offrent précisément d'exploiter ces extensions.

L'intérêt d'un langage d'interrogation spatiale normalisé est utile au moins à deux titres : d'une part pour permettre d'adresser des requêtes à différentes bases de données géographiques en étant sûr que les résultats seront cohérents, d'autre part pour faciliter l'exploitation des données géographiques dans des applications "non géographiques".

À titre d'exemple, si une application de gestion des transports scolaires peut envoyer directement à un SGBD une requête du type "trouver toutes les adresses des élèves situés à moins de 1 km d'un collège" et récupérer ces adresses pour analyser les conditions d'octroi de subventions, on peut considérer que 90 % du traitement utile du point de vue de la géographie sera réalisé sans recourir à un "SIG classique".

Cet exemple (volontairement choisi) met toutefois en évidence les limites potentielles de cette approche car si les opérateurs proposés à ce jour dans les SGBD universels savent traiter le cas simple de l'inclusion d'objets dans un polygone (à vol d'oiseau), il n'en va pas de même pour le traitement de graphe qui est nécessaire à la résolution de la question posée (les élèves ne vont pas à l'école en volant mais en marchant...).

Mais en réalité, rares sont aujourd'hui les questions qui atteignent un tel degré de complexité (et également aussi rares — ou alors complexes à utiliser — les SIG qui permettent d'y répondre !).

Pour résumer, on peut donc exécuter à l'aide d'un SGBD universel comportant des extensions spatiales, la plupart des tris et requêtes utiles sur des données géographiques, les extraire puis les exploiter dans des outils ne comportant qu'une partie (géo) graphique très limitée, voire nulle.

Bien entendu ce n'est pas la seule finalité, l'intérêt étant évidemment de pouvoir également mettre en place des systèmes d'information dans lesquelles les clients (au sens client/serveur) seront des SIG, des applications métier "géographiques" ou des outils de cartographie.

Par ailleurs, il est bien évident que l'on ne saurait se passer de systèmes purement géomatiques pour les étapes d'acquisition ou de mise à jour des données spatiales, les éditeurs de SGBD n'ayant pas vocation à développer de tels outils "périphériques".



## COMMENT UTILISER CES TECHNOLOGIES ?

Pour l'instant il ne s'agit pas de prétendre que tous les utilisateurs de SIG doivent converger vers des SGBDR étendus et utiliser SQL/MM, ne serait-ce que parce qu'il s'agit de technologies en pleine maturation et également encore assez coûteuses.

Des solutions clé en mains sont toutefois disponibles chez quelques éditeurs qui commencent à proposer des solutions de connexion directe avec quelques-uns des SIG du marché (Mapinfo, Arc/Info ou Arcview, Autocad Map et Autodesk World...).

SGBDR	Produit	Editeur SIG
.ORACLE	SDO/SDC (ORACLE)	Autodesk Autres ?
ORACLE, DB2,	SDE (ESRI)	ESRI
INFORMIX	DATABLADES	Mapinfo

*Quelques SGBD Universels du marché*

Ces outils s'adressent dès aujourd'hui aux organisations disposant de bases de données géographiques volumineuses et qui désirent mettre en place des systèmes de gestion et de distribution ouverts vers une plus large gamme d'utilisateurs. Les collectivités sont parmi les premiers utilisateurs visés (certaines ont franchi le pas ces derniers mois) mais d'autres gros consommateurs dans des segments de marché moins classiques (télécommunications, marketing, immobilier) sont également intéressés.

## ET LES FORMATS D'ÉCHANGE ?

Le passage de bases de données entre différents systèmes de gestion impose évidemment des traductions et modifications de structure. Des travaux importants ont

été menés ces dernières années — dans plusieurs pays — autour des problèmes de formats d'échange.

Cette étape de conversion est rendue nécessaire pas le fait que chaque outil utilise son propre modèle de stockage et structure les données selon des approches différentes. Dans la perspective d'un transfert classique (livraison d'une base de données), le format d'échange est une clé essentielle.

Par contre, en cas d'accès par une procédure de requête sur une base de données "universelle", il y aura bien évidemment modification du format initial mais cette opération sera totalement masquée à l'utilisateur. Dans la mesure où la structure même des bases de données se conforme à un standard (SQL/MM), un système doit pouvoir extraire des informations et les traiter dans leur de manière transparente, à l'image de ce qui se passe lorsque l'on crée une jointure entre des tables sur des bases de données différentes.

## EN CONCLUSION

Les Systèmes d'Information Géographique sont encore souvent perçus — à juste titre — comme des outils trop spécialisés pour une grande majorité d'utilisateurs, et ce même avec l'arrivée d'outils bureautiques.

Pourtant, la diffusion de l'information est en train de connaître une véritable révolution grâce aux technologies Internet et Intranet, mais le prix à payer pour rester "en ligne" sera de passer par les standards et d'abandonner les environnements et les structures de données trop "propriétaires".

Les SGBD universels et leurs corollaires (SQL/MM) arrivent donc à point nommé pour permettre à l'information géographique d'être plus largement diffusée dans les systèmes d'information.

*Michel Bernard est consultant  
spécialisé en SIG à la société SIAGE Conseil :  
2 rue Edmond Lautard, 34184 Montpellier Cedex 4  
E-mail : mbernard@siage.fr*

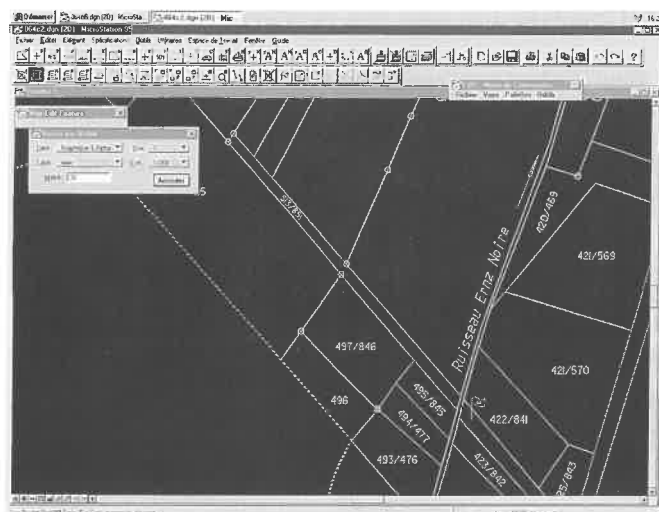
## Association Française de Topographie ADHEREZ

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

L'AFT est le lieu géométrique où se rencontrent les grands organismes de la topographie, le cadastre, le Service Hydrographique, l'IGN... les grands Ecoles de la profession, l'ENSAIS, l'ENSG, l'ESTP, l'ENC... les hommes et les femmes des grandes Ecoles de la Nation, Polytechnique, Centrale... et aussi tous les ingénieurs, techniciens, hommes de terrain, qui font chaque jour le tissu expérimenté d'un métier que l'AFT a pour vocation de faire partager par tous, en promouvant la solidarité professionnelle.

# LUXEMBOURG un cadastre totalement numérisé en 2001

**Didier Maka – NMF**  
**Network Mapping Facilities**



L'Administration du cadastre et de la Topographie (ACT) du Grand Duché du Luxembourg, se modernise à grands pas.

Cette administration d'état, garant authentique de la propriété immobilière des citoyens du Grand Duché a décidé, en 1996, de lancer trois projets importants :

- le réseau de nivellement ;
- la banque de données Topo/Cartho ;
- le plan cadastral numérisé.

Tous ces projets convergent et doivent aboutir à la réalisation de la Base de données nationale de l'information géographique (BDN-SIG).

L'administration veut encore aller plus loin dans sa modernisation, en mettant en place un réseau étendu avec les circonscriptions, et souhaite même ouvrir au monde externe en autorisant l'accès aux données du Système d'Information Géographique.

## LE PLAN CADASTRAL INFORMATISÉ DU GRAND DUCHÉ DU LUXEMBOURG

Concernant le projet de plan cadastral informatisé, l'Administration du Cadastre a émis, en fin d'année 1996, un appel à candidatures européen, afin de confier la numérisation de la totalité de son cadastre à une société, spécialisée dans la conversion de données pour les Systèmes d'Information Géographique.

Le projet comporte sommairement les opérations suivantes :

- La numérisation de 1 800 feuilles cadastrales, établies à différentes échelles, d'origine napoléonienne, de format grand aigle, non carroyées ;
- La mise à l'échelle et le calage par feuille dans le référentiel national par une transformation Helmert à partir d'une sélection minimum de 6 points de calage, mis à disposition par l'Administration ;
- La mise en continuité géographique successive des feuilles cadastrales, isolément géoréférencées ;
- La saisie des éléments alphanumériques liés au plan cadastral, à l'exclusion des données nominatives ;
- La création des couches objets graphiques, la structuration des données selon les spécifications d'une base de données relationnelle et les liens entre les objets graphiques et alphanumériques tels que prévu au cahier des spécifications techniques.

## LE PARTENAIRE RETENU

Après examen des candidatures reçues, 5 sociétés et groupements ont été conviés à proposer une offre technique et commerciale. À l'issue du cycle de sélection, c'est la société française Network Mapping Facilities (NMF) de Montpellier qui s'est vue confier la réalisation du marché.

Le nombre important et la complexité des éléments à traiter, la précision requise et la qualité souhaitée par le cadastre ont conduit NMF (société certifiée ISO 9002) à proposer une organisation technique et fonctionnelle du projet, basé sur un Plan d'Assurance Qualité très détaillé.

## LES OUTILS

Le Système d'Information Géographique cible, retenu par le cadastre Luxembourgeois est Star Carto, de la société Star informatic (Belgique).

Pour la réalisation de la chaîne de production et des contrôles intermédiaires, NMF a choisi de développer son propre outil de conversion de masse sous MicroStation 95 (Bentley) pour ensuite charger chaque commune sur le système cible, retenu par le Client, grâce auquel une validation finale est effectuée avant la livraison au Luxembourg.

Le modèle de données a été structuré de manière à réduire les duplications d'objets, afin d'optimiser la saisie.

Tous les traitements sont effectués à Montpellier, par une équipe permanente de 6 personnes, pendant une durée totale de 5 années.

## LE PROCESSUS DE PRODUCTION

Le processus de production proposé par NMF se compose des phases suivantes :

### • Intégration des données provenant de l'ACT :

- Récupération des données parcellaires liées aux communes à numériser à partir d'une bande DAT reçue du client, sur un serveur HP UNIX (support de l'application STAR).
- Extraction et création des tables parcellaires, des coordonnées des planches et chargement éventuel d'une partie déjà numérisée.
- Récupération des fichiers points de calage sur le serveur pour les exploiter au moment du calage.

## • Scannérisation des planches fournies sur calque :

- Contrôle et vérification des films à la réception de la documentation.
- Scannérisation sur un scanner à tambour, d'une précision de  $\pm 32 \mu$ , au format. TIF, en noir et blanc avec une résolution de 600 dpi.

## • Calage des planches raster par commune

- Nettoyage des plans issus de la Scannérisation.
- Positionnement, feuille par feuille, des points de calage (issus des fichiers de coordonnées) par rapport aux positions indiquées sur le tirage papier fourni par l'Administration du Cadastre.
- Génération des itérations avec calcul d'erreur quadratique (écart entre points calés d'après la transformation HELMERT).
- Envoi des itérations à l'ACT pour validation, sinon nouveau calcul jusqu'à acceptation.
- Assemblage des feuilles.
- Édition des fonds de plan raster (image des planches scannées et calées) des communes travaillées selon un quadrillage défini sur tout le Luxembourg.
- Envoi des éditions à l'ACT pour la détermination des limites à adopter entre les feuilles, afin d'assurer un parfait continuum géographique au moment de la numérisation.
- Au retour des éditions, exécution des éventuelles retouches du fond de plan raster à la demande de l'ACT, puis transfert des fichiers raster de chaque feuille sur le serveur.

## • Numérisation

- Saisie (Microstation95 sous Windows NT) de toutes les limites administratives d'une carte (commune, section et feuille) à l'aide des éditions retournées par l'ACT et des fonds de plan raster attachés en référence.

- Feuille par feuille, saisie de toute la topographie avec les styles de traits, de points et de lignes selon les spécifications détaillées du client, et à l'aide d'outils développés par NMF. Les types de bâtiment, les numéros de parcelles et les toponymes sont saisis à partir des fichiers parcellaires fournis par l'ACT qui sont intégrés sous ORACLE.

- La saisie est effectuée à partir du fond de plan, attaché en référence.

- Des demandes d'informations sont soumises au client en cas d'incohérences ou d'incomplétudes rencontrées sur la documentation.

- Contrôle et vérification de la saisie sur toute la commune en fin de numérisation, à l'aide d'outils développés par NMF.

- Conversion et exportation des données numérisées vers STAR CARTO pour affectation de tous les éléments, saisis dans les couches adéquates liées à une carte (commune).

## • Intégration

- Contrôle et vérification de la présence et de l'unicité de chaque ligne et point dans les couches nécessaires, de la clôture complète

de toutes les surfaces et de l'adaptation par rapport au numérique (si présent).

- Passage d'un outil de création des surfaces et de mise en relation des numéros numérisés avec la base de données fournie par l'ACT.

- Contrôle des surfaces par rapport à une tolérance et vérification des liens.

- Création et mise en page du cartouche pour chaque feuille.

- Édition des feuilles à l'échelle d'origine, et également édition de la commune complète, sur papier et polyester au format A0.

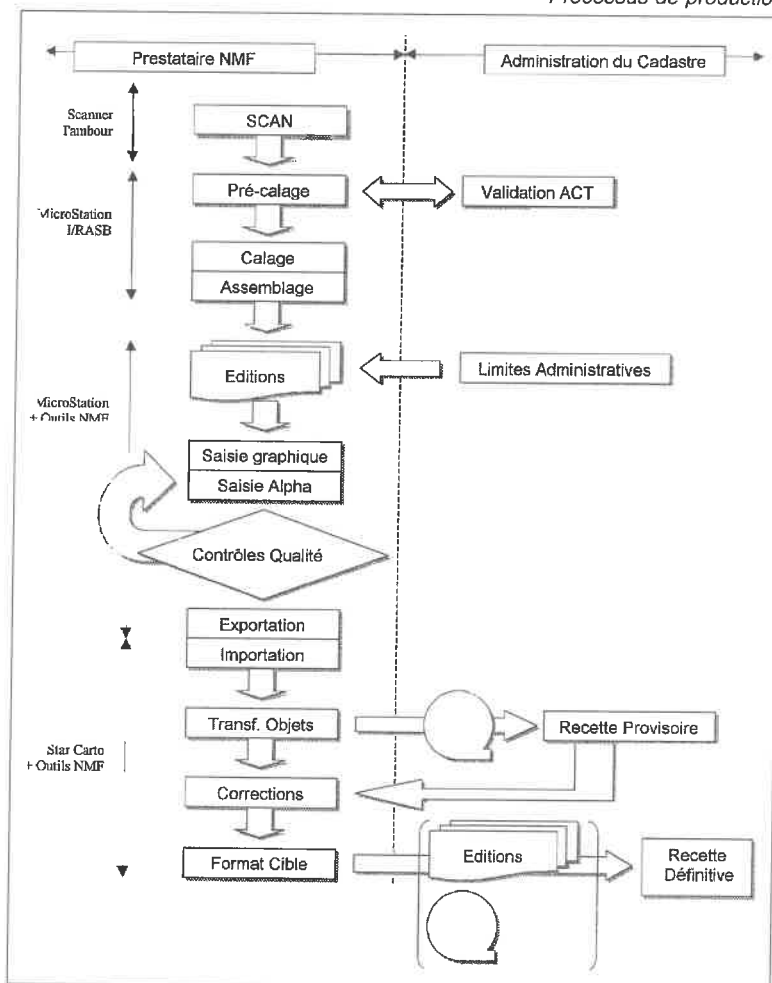
- Envoi au client pour recette, des données numérisées et des tirages papier.

- Éventuelles reprises et corrections à l'issu de la recette au moyen d'un rapport de contrôle émis par le client en conclusion de vérification après chaque livraison.

Après une période de démarrage et de mise au point, de réunions de validation et de contrôle, et plus d'une année de réalisation, le projet est parfaitement maîtrisé par les acteurs, et certaines communes déjà livrées sont d'ores et déjà en exploitation et en diffusion.

Ce projet débouche sur la mise en place d'un véritable Système d'Information, base essentielle à une gestion moderne du Plan Cadastral, en y apportant toute la valeur ajoutée par la numérisation.

Processus de production



# délimitation de la frontière entre le sultanat d'oman et la république du yémen

Ilario PREVITALI – Société SINTÉGRA



SINTEGRA, société implantée à Grenoble, spécialisée en cartographie numérique et en travaux géodésiques (classiques ou GPS) a participé aux travaux d'implantation et de matérialisation de la frontière internationale entre le Sultanat d'Oman et la République du Yémen, telle qu'elle a été définie dans les accords signés par les deux états en 1992.

Ce chantier hors normes, dont les spécifications techniques ont été définies par le NSA (National Survey Authority of Oman), a été réalisé sous le contrôle d'un comité mixte Oman-Yémen (JTC / Joint Technical Committee).

Il comportait plusieurs types de travaux :

- La délimitation et la matérialisation de la frontière représentant près de 150 points sur une distance de 300 km.
- La signalisation et la détermination de points de stéréo préparation.
- La réalisation de prises de vue aériennes au 1/25 000 et au 1/50 000.
- La production d'une cartographie de la zone frontalière à différentes échelles.

Le groupement adjudicataire chargé de ces travaux était composé de plusieurs sociétés possédant de solides compétences internationales :

- **ALMABANI** société libanaise de travaux publics, chargée des travaux d'ancrage et de construction des bornes.

– **SINTEGRA** chargée de l'implantation de la position des bornes, du contrôle de leur position après construction et de la détermination des points de stéréo préparation.

**Des moyens logistiques impressionnants** ont été mis en œuvre pour pouvoir mener à bien une telle entreprise. Celle-ci a duré 6 mois, du mois de décembre 1993 au mois de juin 1994.

La société **ALMABANI**, responsable de la logistique, a dû construire et déplacer plusieurs fois, en plein désert, une base-vie ayant une capacité d'accueil de plus de 200 personnes !

Pour l'édification des bornes frontières principales, devant avoir des fondations de plus de 25 m de profondeur, plusieurs foreuses ont été mobilisées...

La protection fut assurée par la présence permanente de l'armée d'Oman, toute la logistique étant développée sur son territoire.

À chaque intervention sur le terrain, deux auto-mitrailleuses encadraient notre convoi...

Difficile dans ces conditions de ne pas se sentir en sécurité !



Chaque véhicule 4 x 4 était équipé d'une radio longue distance HF afin de garantir non seulement la sécurité mais aussi la synchronisation des sessions GPS.

Certains jours, la même équipe devait parcourir plus de 500 km de piste pour aller d'un point à un autre !

Quant à la navigation, dans cette région où n'existent que quelques pistes empruntées par les Bédouins, elle fut assurée également par GPS (positionnement absolu avec récepteur Trimble Flyghmate).

## DÉLIMITATION DE LA FRONTIÈRE

Les spécifications techniques du NSA ont défini une ligne géodésique passant par les deux points principaux MBP1 et MBP8, situés aux deux extrémités de la frontière, respectivement au Nord-Ouest, sur la frontière avec le Royaume d'Arabie Saoudite, et au Sud-Est, sur la cote océane.

Sur cette ligne géodésique sont situés la plupart des points de la frontière. Dans la zone d'Habarut, lieu présentant un caractère historique important pour le Sultanat d'Oman, la frontière présente plusieurs coudes (Border turning Points).

### Les référentiels XY et Z

Tous les travaux géodésiques sont basés sur les coordonnées et le référentiel du point MBP8.

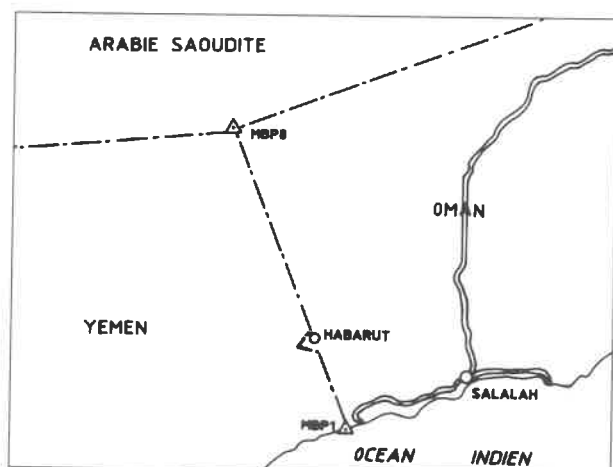
Les coordonnées de ce point, le seul point qui était matérialisé, ont été fournies dans le système WGS84, en référence au réseau CIGNET (Cooperative International GPS Network).

Ce système de coordonnées cartésien terre-centré/terre fixé représente le système de référence géodésique international le plus précis et le plus moderne. Toutes les études et les travaux menés pour la délimitation de la frontière sont référencés au système WGS84.

En altimétrie, la référence est constituée par le niveau moyen des mers (MSL).

Localement, les différences entre l'ellipsoïde WGS84 et le géoïde ont été déterminées à partir du modèle OSU91A.

Le rattachement aux systèmes géodésiques planimétriques et altimétriques nationaux d'Oman et du Yémen (projection UTM référencée à l'ellipsoïde WGS84) a été réalisé par l'observation de quelques points de référence dans chacun des deux pays.



## MATÉRIALISATION DE LA FRONTIÈRE

Plusieurs catégories de points situés sur la ligne de démarcation séparant les deux pays ont été implantées et matérialisées :

**Main border points** : les deux points principaux extrêmes MBP1 et MBP8 ainsi que les autres points situés dans le secteur d'Habarut (Border turning points) ont été matérialisés par des piliers en béton ayant des fondations de 2 m x 2 m x 1 m ancrées dans le sol grâce à des pieux de 5 m (en terrain rocheux) à 30 m (en terrain sableux).

La tête du pilier est équipée d'une plaque de centrage dont le centre constitue le point géodésique.

*Précision requise :  $\pm 0,8 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$  par rapport à MBP8 en XY.*

**Secondary border points** : 26 points secondaires espacés de 10 km environ et matérialisés par des piliers en béton, de la même façon que les points principaux.

*Précision requise :  $\pm 0,8 \text{ cm} + 2 \text{ ppm}$  par rapport au point principal le plus proche en XY.*

**Line markers** : 58 points tertiaires espacés de 2,5 km en terrain accidenté et de 5 km en terrain dégagé, matérialisés par des balises ancrées dans le sol (5 m en terrain rocheux / 30 m en terrain sableux).

*Précision requise :  $\pm 0,8 \text{ cm} + 2 \text{ ppm}$  par rapport au point principal le plus proche en XY.*

## MÉTHODOLOGIE

Les travaux géodésiques entrepris pour la matérialisation de la frontière ont été effectués selon une méthodologie associant des mesures GPS et des mesures topométriques classiques.

L'implantation de la position finale des points situés exactement sur la frontière a été effectuée par méthode topométrique classique, à l'aide d'une station totale, à partir de deux points temporaires positionnés par GPS situés de part et d'autre de celle-ci (à 200 m environ).

Les altitudes ont été mesurées à l'aide d'un niveau optique.



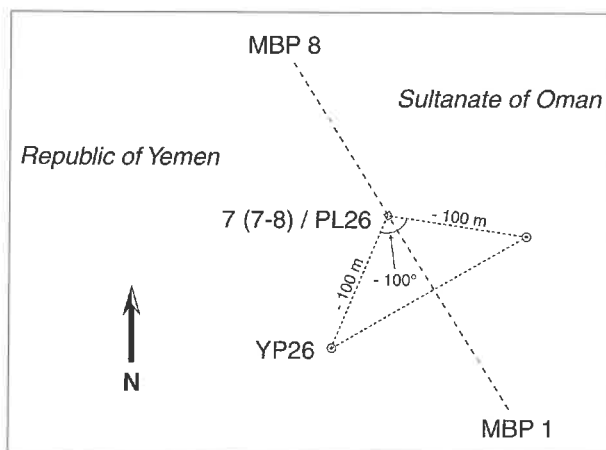
Foreuse



Base vie

### Le canevas de référence nécessaire aux travaux

La réalisation des différents travaux d'implantation de la position des bornes frontalières et de leur contrôle après construction ont nécessité la matérialisation, l'observation et le calcul mis en place du canevas de points de référence suivant :



**Base Survey :** Détermination des coordonnées des principaux points frontaliers (MBP1/8 points intermédiaires BTP) par rapport au point de base primaire MBP8, avec une précision relative de  $\pm 0,8 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$  soit l'équivalent de 30 cm environ entre les deux points extrêmes MBP1 et MBP8 espacés de 290 km environ.

**Network Densification Survey :** Détermination d'un réseau de points de 7 complémentaires rattaché au Base

Survey, disposés tous les 50 km environ le long de la frontière...

### MATÉRIEL MIS EN ŒUVRE

#### Hardware :

- 6 récepteurs bifrquence code P Ashtech ZXII. Ces récepteurs 12 canaux fonctionnant en mode « Z tracking » ont permis de travailler sur les deux fréquences L1 et L2 avec une très bonne précision, malgré l'activation de l'antispoofing (A/S) à partir de février 1994.
- 2 stations totales Wild T1000 + DI5 avec enregistrement sur module GRE
- 2 niveaux Wild NA2

#### Software :

- Logiciel GEONAP : ce logiciel, développé par le docteur Wubbena de la société allemande GEO ++, a été utilisé pour les calculs des plus longues bases. Ce logiciel de réputation internationale a permis l'obtention de la précision.
- Logiciel PRISM : ce logiciel développé par la société américaine Ashtech a été utilisé pour le calcul des bases courtes (jusqu'à 10 km).
- Logiciel ABSTECK : ce logiciel a été spécifiquement développé pour ce chantier. Il permet de calculer directement les éléments d'implantation d'un point situé sur une ligne géodésique à partir des 2 points GPS temporaires implantés de part et d'autre.
- Logiciel PYTHA-TOPO : ce logiciel développé par la société française MicroG assura les calculs topométriques classiques.
- Logiciel GEOID91A : ce logiciel développé par l'Université américaine de l'Ohio permet le calcul des hauteurs géoïde-ellipsoïde WGS84.



### EXÉCUTION DES TRAVAUX

Outre les 142 points de frontière implantés, 190 points de canevas ont été matérialisés, observés et calculés.

#### Mesures sur le terrain

##### Mesures GPS / Modes opératoire

- Les antennes géodésiques utilisées étaient centrées sur les points observés à l'aide d'embase à plomb optique contrôlées et réglées.
- Hauteur d'antenne mesurée à l'aide d'une pige
- Cut-off angle de  $10^\circ$  et antennes toutes orientées dans la même direction

**Base Survey :** À l'époque de ces mesures (décembre 1993) l'anti-spoofing (AS) n'était pas activé. Des mesures sur le code P et sur les porteuses L1/L2 ont pu être effectuées, avec la pleine information sur celles-ci.

Compte tenu des distances à traiter, les dispositions techniques suivantes ont été adaptées :

- 2 sessions de 24 h (dont une de contrôle) afin d'éliminer les effets systématiques pouvant résulter de la rotation de la terre et des arcs d'orbites courts
- Relevé des éléments météorologiques
- Intervalle d'enregistrement : 10 sec. / Constellation : Pdp < 5 / 6 satellites

**Network Densification Survey :** Les 7 points de canevas de base complémentaires créés tous les 50 km environ le long de la frontière ont été rattachés au Base Survey par des observations de 6 h environ, avec des intervalles d'enregistrement de 30 s.

**Line markers / Bornes frontières :** L'emplacement de chaque nouvelle borne a fait l'objet d'une reconnaissance avec l'équipe de terrain du comité mixte Oman-Yémen.

Les points GPS temporaires à partir desquels les différents types de bornes frontalières ont été implantées à l'aide de mesures topométriques ont, dans un premier temps, été pré-positionnées par méthode de navigation Trimble Flyghmate / précision de 10 à 20 m avec moyenne sur un nombre important de mesures).

Ils ont été observés par couple (vecteur contrôlé par mesures topométriques classiques), et rattachés au canevas de référence par des observations de 3 à 4 h environ, avec des intervalles d'enregistrement de 30 sec.

L'implantation de la position fut conduite en 2 phases : Premier positionnement pour le forage puis deuxième positionnement du point final sur la tête du pilier une fois celui-ci construit.

**Déterminations altimétriques :** Les différences  $dh$  entre chaque point de la frontière et le niveau moyen des mers (MSL) ont été calculées à partir des altitudes GPS (fournissant  $dh$ ) calculées et d'un modèle global du géoïde (OSU91A fournissant  $dn$ )/ $dh = dh + dn$ .

Un contrôle a été réalisé sur 2 points : le point de base MBP8 dont l'altitude MSL était connue et un repère du système de référence altimétrique national d'Oman proche d'une borne frontière. Une différence de 0,9 m a été mise en évidence. Une correction issue d'une extrapolation fut appliquée aux altitudes calculées.

## Calculs et qualité des résultats GPS

### Base Survey :

- Les 2 sessions de 24 h observées ont été traitées en 4 sous-sessions de 12 h environ pour déterminer la répétabilité des mesures.
- Les orbites post-calculées issues de 2 agences différentes ont été utilisées (US-NGS et CODE).
- 3 calculs différents ont été menés à partir des 2 jeux d'orbites post-calculées et d'un jeu d'orbites radiodiffusées.

Pour le vecteur le plus long (MBPI-MBPX), une différence correspondant à un offset relatif de 0,2 ppm a été mise en évidence. Cette différence a été considérée comme étant une erreur due à l'influence de la dégradation SA sur les éphémérides radiodiffusées.

Les solutions finales ont été calculées avec la combinaison linéaire L0 Ionospheric-free des 2 fréquences L1 et L2.

**Répétabilité :** Une comparaison entre les résultats obtenus à partir d'une session de 48 h et de quatre sous-sessions de 12 h a fait apparaître des différences correspondant à 18 cm au maximum sur les 3 composantes des coordonnées des points et à 0,6 ppm.

Pour le calcul final des vecteurs, les orbites US-NGS ont été retenues, car elles ont été supposées être les plus précises et les plus fiables (réseau d'observation mondial).

L'ajustement du Base Survey à l'aide du logiciel GNPNET a fourni les coordonnées des points de référence pouvant être utilisées dans la suite des calculs.

Ces coordonnées WGS84 ont présenté des erreurs standards de l'ordre de 2 à 7 mm en X, de 1 à 10 mm en Y et de 1 à 4 mm en Z (à 1  $\sigma$ ).

En relatif, par rapport au point de base MBP8, une précision planimétrique de l'ordre de  $\pm 0,1$  ppm a été atteinte (à 1  $\sigma$ ).

**Network Densification Survey et Line markers / Bornes-frontières :** Les vecteurs courts correspondant à leurs déterminations ont été traités suivant une méthodologie de type statique bifréquence classique, à l'aide du logiciel PRISM.

En relatif, par rapport au point de base MBP8, une précision planimétrique de l'ordre de  $\pm 0,8$  ppm a été atteinte pour la position des bornes frontières (à 1  $\sigma$ )...

En altimétrie : La précision atteinte a été meilleure que 8 mm (à 1  $\sigma$ ).

La précision finale des bornes frontières ne dépendait pas uniquement des déterminations GPS, mais également de celle des mesures topométriques nécessaires à l'implantation de la position de celles-ci.

L'erreur supplémentaire résultante a été estimée à 8 mm environ.

**Précision finale :** En relatif, par rapport au point de base MBP8, une précision planimétrique de l'ordre de  $\pm 1,1$  ppm a été atteinte pour la position des bornes frontières (à 1  $\sigma$ )... Celle-ci s'est avérée être meilleure que celle qui était requise par les spécifications techniques (0,8 cm + 2 ppm).



*Stéréopréparation*

**En conclusion :**

Pour cette application GPS hors du commun, la mise en œuvre de moyens logistiques très importants et l'adoption d'une méthodologie particulièrement adaptée en matière de travaux géodésiques ont permis d'obtenir des résultats à la hauteur des grandes ambitions techniques affichées par le comité mixte Oman-Yémen pilotant les travaux de délimitation de la frontière internationale.

Dans un désert pour le moins hostile où seuls vivent quelques chameaux et lézards des sables égarés, il fut remarquable d'observer notre rapide adaptation, certes facilitée par une logistique impressionnante...

Cette application GPS très particulière fut l'occasion pour les ingénieurs de SINTEGRA, pourtant habitués aux missions techniques et difficiles à l'étranger, de vivre une expérience unique.

*NDLR : Ce chantier hors-normes est également une aventure humaine, c'est ce dont nous parlerons dans un prochain numéro, délaissant l'aspect technique pour la vie des hommes qui permettent que de tels travaux soient menés avec succès.*



**GNSS  
bi-fréquence**

*le centimètre  
en temps réel*



**Ashtech**

- SuperStation bi-fréquence GPS + GLONASS Z-18.
- Stations de référence Z-12 permanentes, multiprecisions.
- GPS + GLONASS RTK : Cinématique en temps réel.
- SIG submétrique et décimétrique portable : Reliance.

Distribué par :

**Vente**

Location



Maintenance

5, rue Carle Vernet  
92318 Sèvres Cedex  
Tél. : 01 46 23 79 68  
Fax : 01 46 26 55 55



# Le guidage d'engins de TP par GPS cinématique en temps réel



Fig. 1

Gaëtan HINTZY (GTM), Jean-Marc NOURY (INTEGRA), Christophe PICHOT (DASSAULT-SERCEL N.P.)

## LES TRAVAUX PUBLICS MODERNES : UNE SOURCE PRESQUE INFINIE D'INNOVATIONS

Le secteur des Travaux Publics peut représenter, pour un lecteur peu averti, une activité assez simple car mettant en œuvre des techniques et des matériels associés dont la maîtrise est assurée depuis de nombreuses années déjà. Il est vrai que la visite d'un chantier moderne [Fig. 1] cache bien souvent la complexité extraordinaire des travaux en cours, qu'il s'agisse de la conception, de la préparation ou de la gestion du projet considéré. Dans les opérations de terrassement, le promeneur ne verra sans doute qu'un parfait balai incessant d'engins aux tailles impressionnantes. La réalité est bien différente et les techniques les plus avancées sont en fait nécessaires à la conduite de ce type de projet.

L'une des premières étapes où la technologie moderne rentre en jeu est bien sûr la définition du projet lui-même. Les ordinateurs et les logiciels spécialisés [Fig. 2] sont là pour aider les ingénieurs de conception à définir la géométrie (les formes) de ce qui deviendra une autoroute ou une voie de TGV. Viennent ensuite les équipes de topographie qui vont « caler » le projet théorique sur le terrain. Pour ces travaux d'implantation, les sociétés les plus modernes, telle GTM, utilisent déjà des techniques satellitaires comme le GPS qui s'accommode très bien des environnements en général assez dégagés sur ces chantiers [Fig. 3]. Ces équipements peuvent d'ailleurs être utilisés pendant toutes les phases de travaux et même lors de la réception définitive du chantier. Entre temps, il faut contrôler quotidiennement le terrassement réalisé et c'est dans cet axe que les développements ont été menés. En effet, on peut penser que si la position des outils d'engins, quels qu'ils soient, est maîtrisée de façon parfaite, le besoin de contrôle doit être réduit dans d'importantes proportions tout en améliorant la qualité du travail fourni.

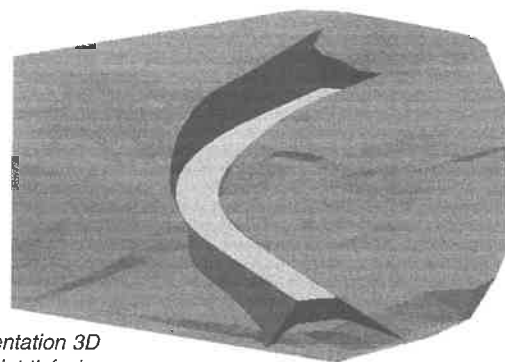


Fig. 2  
Représentation 3D  
d'un projet théorique



Fig. 3

## LES DÉVELOPPEMENTS ACTUELS DANS CE DOMAINE

Jusqu'alors le guidage d'engins de finition était réalisé de deux façons. Mécanique, avec la mise en place de guides au sol et optique, avec l'utilisation d'appareils laser. Dans le premier cas, la préparation demeure très lourde et donc relativement coûteuse, dans le second cas le principe utilisé restreint par construction les possibilités d'automatisation (Vue directe requise entre le laser et la machine, génération de surfaces planes uniquement...)

d'où une fois encore une mise en œuvre délicate et donc coûteuse.

Les matériels GPS n'étaient, eux, pas considérés encore comme assez précis, notamment en altimétrie, pour répondre de façon satisfaisante à ces contraintes. C'est la raison pour laquelle leur utilisation se limitait aux engins lourds de terrassement ou de transport pour le contrôle grossier de leur position et au guidage planimétrique des machines de finition contrôlées par ailleurs avec des équipements laser. Dans l'absolu, le rejet du GPS pour les travaux de finition était légitime puisque la précision altimétrique fournie par un récepteur fonctionnant en mode cinématique temps réel présente trop de bruit (erreurs fluctuantes) à court et moyen terme [Fig. 4]

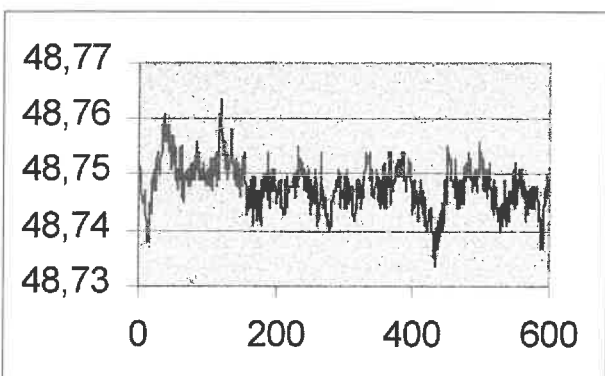


Fig. 4 - Bruits à court et moyen terme en Z (mètres) sur 600 secondes à point fixe.


## UNE COOPÉRATION

### ENTRE DIFFÉRENTS SPÉCIALISTES

C'est en partant de l'analyse de résultats fournis par des appareils GPS différentiel que la division Terrassements de la société GTM a décidé de lancer une étude de faisabilité, et très rapidement de réalisation d'un prototype destiné au guidage d'une machine de réglage conçue par cette même division, le Rotograde [Fig. 5].

Afin de mener à bien ce projet, un partenariat avec GTM regroupant COBRA-INTEGRA pour l'aspect logiciel, DASSAULT-SERCEL N.P. pour l'aspect GPS et les Ets RABAUD (Constructeur du Rotograde) pour les aspects d'asservissement (Mécanique et hydraulique) a vu le jour au début de l'année 1998. L'objectif de ce partenariat était donc la réalisation d'un ensemble complet d'automatisation de la deuxième Rotograde qui devait être guidée sans intervention humaine à la fois en planimétrie et en altimétrie à partir de mesures GPS, avec un planning extrêmement serré (Mais qui a été respecté) puisqu'il prévoyait la mise en production de cette machine à la fin juin 1998. L'étude et la finalisation de ce projet ont donc dû être menées en moins de 6 mois.

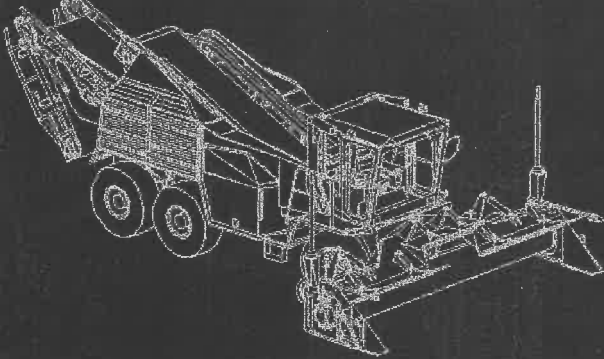
Fig. 5



**MATÉRIELS TRAVAUX PUBLICS**

**RABOTEUSE FIN RÉGLAGE**

**ROTOGRADE 6000**



Moteur puissamment avec système optimal de filtrage d'air

4 roues motrices montées sur bogie

2 roues avant directrices

Vitesses de rotation du tapis et du rotor variables

Haute performance grâce à un système de régulation électronique

Guidage par laser ou par satellite


Entraînement du rotor et des tapis par motoréducteurs hydrauliques

Dents à démontage rapide

Frais d'usure réduits

Accrochage et décrochage rapide du rotor pour le transport

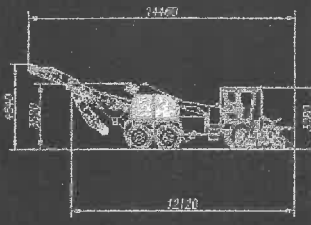
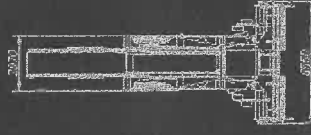
Poste de conduite à suspension élastique




**MATÉRIELS TRAVAUX PUBLICS**

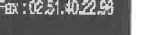
**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES**

<b>POIDS</b>	
Poids opérationnel	28.000kg
<b>DIMENSIONS</b>	
Longueur totale	14,66m
Longueur totale	8.550m
Hauteur totale	4.450m
Longueur tapis réglé	12.130m
Longueur tapis roulant	8.120m
Rayon de boggie	15,03m
<b>MOTEUR</b>	
INTERPULS (Diesel) 2 quatre temps, refroidissement par eau, 3 cylindres	Type 3406 C 200
Puissance max DIN 82708	400 cv / 297kW à 2200 tr/min
Filtre à air	Type des 7000
Reservoir à gasoil	7000
<b>TRANSLATION</b>	
Entraînement hydraulique de conduite, commande électrique, 2 directrices, sans manque de précision	
<b>VITESSE</b>	
Tapis	0 à 3,3 km/h
Motor	0 à 3 km/h
Rapide	14 km/h
<b>ROTOR</b>	
Entraînement hydraulique en continu, commande électrique et à vitesse variable	
Longueur de travail	6000mm
Diamètre	950mm
Nombre de dents	100
Régime en continu	80 à 150 tr/min
<b>DIRECTION</b>	
Sur roues avant	
<b>FREIN</b>	
Frein de service hydraulique	
Frein de parking: à manœuvre de pression d'huile	
<b>PNEU</b>	
Avant	17,5 R 25
Arrière	385/70 R 25
<b>ELECTRIQUE</b>	
Tension de travail 24 V, 2 batteries de 160 Ah	



Bellemeuse 05110 St CECILE (FRANCE) Tel: 02.51.45.51.51 Fax: 02.51.40.22.99



## QUELQUES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

L'architecture générale du projet est relativement simple [Fig. 6]. Deux capteurs GPS (Dans ce cas des appareils DSNP de type SCORPIO [Fig. 7]) fixés de part et d'autre de l'outil reçoivent par radio des informations transmises par une station GPS fixe permettant d'atteindre des précisions centimétriques. Les coordonnées tridimensionnelles sont immédiatement transmises à un calculateur pour d'abord être traitées afin d'en supprimer les bruits ou être éliminées en cas de détection de multi-trajet (Réflexion d'une onde GPS sur une structure proche de l'antenne perturbant le calcul de position). Ces coordonnées affinées sont alors comparées à la position théorique que devrait avoir l'outil de travail (ici le rotor) et les écarts sont calculés, traités puis formatés sous forme numérique et envoyés à un convertisseur Numérique-Analogique. Les différents distributeurs hydrauliques n'acceptent en effet que des signaux analogiques (Niveaux variables de tension électrique). A l'intérieur de la cabine de pilotage, un écran couleur rappelle au conducteur de la machine les différents paramètres de travail adaptés à l'engin considéré et la position de l'outil par rapport au projet théorique.

En pratique, de nombreux problèmes ont dû être résolus à commencer par la définition des algorithmes de suppression des bruits à court et moyen terme puisque sans élimination de ces erreurs, il est impossible de distinguer un mouvement réel de l'outil d'une imprécision sur la mesure GPS. Il ne devient alors plus envisageable dans ce cas d'envoyer des commandes pertinentes d'asservissement au système de guidage. Fort heureusement dans cette application, les mouvements de l'outil sont par nature très faibles, tout au moins en régime établi, et permettent donc une analyse très fine des résultats fournis par les récepteurs GPS ; le corollaire étant la difficulté d'atteindre ce régime établi sur une période et une distance aussi réduites que possible... Ce qui fut réalisé après plusieurs essais pratiques en ajustant de façon précise les ordres d'asservissement en phase d'initialisation de la machine. D'une manière plus générale, c'est aussi le pilotage de l'asservissement qui a demandé les réglages les plus fins, obligeant l'intégration d'un nombre important de variables paramétrables par l'opérateur pour adapter le logiciel aux réactions des distributeurs hydrauliques. Cette difficulté surmontée est devenue un avantage non négligeable puisqu'il autorise l'utilisation de ce logiciel avec pratiquement n'importe quel type d'engin dont les caractéristiques hydrauliques sont nécessairement différentes.

## LES PREMIERS RÉSULTATS PRATIQUES

Avant le passage à une installation définitive sur la machine de fin réglage, des tests ont été menés sur un prototype [Fig. 8 - page suivante] réalisé pour la circonstance par les Ets RABAUD. Cette maquette, qui reprend la géométrie exacte de la machine réelle, a permis de valider les algorithmes développés sur PC. Elle est constituée de deux trains de roues supportant un châssis articulé équipé de deux lames simulant les extrémités de l'outil réel. Deux vérins asservis permettent le réglage altimétrique des lames qui nivellent deux bandes latérales d'une largeur d'un mètre environ sur un terrain grossièrement aplani (Les résultats montrent quelques

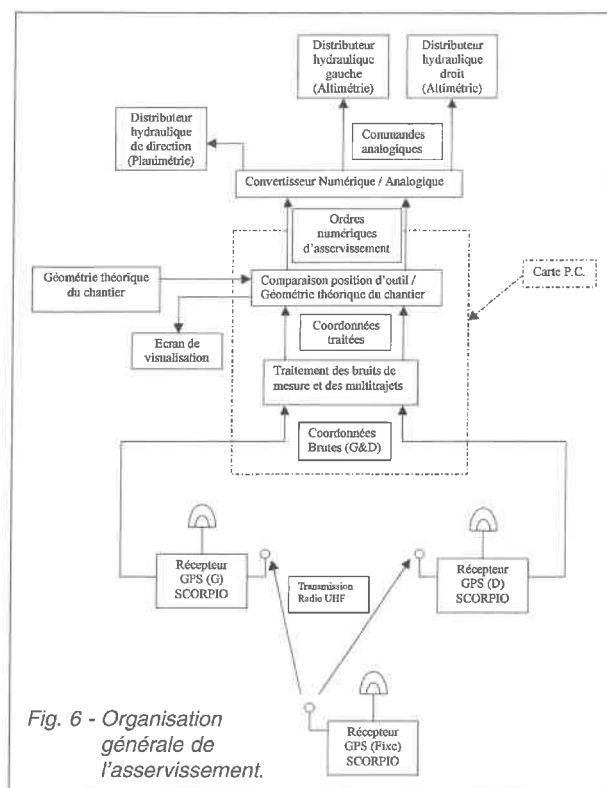


Fig. 6 - Organisation générale de l'asservissement.



Fig. 7 - Système GPS SCORPIO (DASSAULT-SERCEL N.P.)



Fig. 8 - Le prototype utilisé lors des tests.

défauts patents de cette surface). Les antennes GPS sont montées, comme sur le Rotograde, aux extrémités de l'outil, suffisamment dégagées, pour éviter autant que

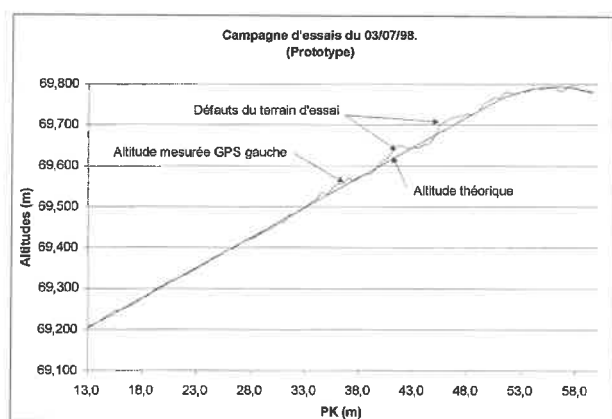


Fig. 9 - Écarts entre projet théorique et travaux réalisés

faire se peut, les réflexions de signaux GPS sur la machine elle-même.

Pour juger de la justesse et de la réactivité de l'asservissement, un projet (fictif) a été conçu pour ce terrain d'essai et entré sous forme de fichier dans l'unité de calcul. Ce projet comprend une rampe de 1,47 % sur 40 m puis une parabole très accentuée sur 8,8 m, le résultat étant contrôlé avec un niveau LEICA NA2 tous les demi-mètres. Un graphe récapitulatif [Fig. 9], celui correspondant au côté gauche de la maquette, montre des erreurs altimétriques inférieures au centimètre sur une surface correctement préréglée. Au delà, les conditions simulées ne correspondent plus à une situation envisageable sur un chantier et les réactions de la maquette ne sont plus comparables à celle d'une machine réelle. Son trop faible poids ne lui permet pas de compenser les inégalités importantes du sol. Cependant l'intégralité des résultats est donnée ici pour l'intérêt que représente la dernière partie (Parabolique) du projet que l'outil épouse correctement.

Pour une analyse plus aisée, les écarts entre l'altitude théorique et l'altitude réalisée sont représentés sous forme d'une courbe [Fig. 10] où l'on constate des erreurs maximales de 7 mm dans la première partie du projet (Surface préréglée) puis un « rattrapage » des erreurs liées aux défauts du terrain sur la partie parabolique du projet où la précision absolue reprend des valeurs normales (Comprises entre  $\pm 10$  mm).

Il est donc prouvé aujourd'hui qu'il est possible, avec des mesures GPS seules, de contrôler un engin de finition en respectant les contraintes liées à ce secteur d'activité.

Pratiquement, les tests altimétriques « grandeur nature » sur le Rotograde ont débuté fin juin et confirment les premiers résultats obtenus sur la maquette. Il reste donc à affiner le guidage planimétrique (Beaucoup moins exigeant en matière de précision) pendant l'été mais ce système doit être utilisé en production effective aujourd'hui sur les chantiers de GTM.

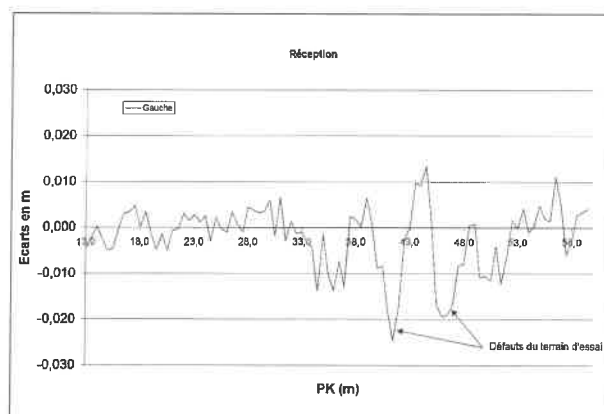


Fig. 10 - Erreurs absolues relevées lors de la réception des travaux



# ENFIN, peut- être deux nouvelles

# longueurs d'ondes pour les civils

Claude Million

On a entretenu, depuis plus d'un an, les lecteurs de cette Revue avec les hésitations, voire les palinodies, des pouvoirs publics des Etats Unis, concernant l'avenir de l'utilisation civile de GPS.

Les Américains du Nord sont un peuple étrange et attachant et nous assistons à une manifestation d'un trait de caractère qui représente tout à la fois un défaut et une qualité qui leur est propre dans les prises de décision lorsqu'il s'agit de choses importantes : D'abord une confusion énorme qui tient au fait que ce pays est réellement et viscéralement démocratique et que tout le monde donne son avis, parfois le clame, en employant des moyens excessifs pour emporter la décision, chacun tire à hue et à dia dans la plus grande confusion. C'est au cours de ce premier stade qu'on a essayé de tenir les lecteurs de XYZ au courant de l'avenir, civil, que les pouvoirs publics américains voulaient donner à GPS. On a pu se divertir sans méchanceté et avec même un peu d'appréhension de toutes les idées lancées, de la manière dont le pouvoirs publics les retenaient pour... ne pas les financer, lorsque les décisions devaient être appuyées par des mesures budgétaires. Le dernier fiasco de ce genre a concerné une Commission Mixte Ministère de la Défense et Ministère des Transports devant amener GPS à devenir un élément essentiel de l'aide à l'atterrissage des avions civils. Faute de la mise en place d'un financement adéquat, cette Commission Mixte perdit un à un tous les hauts fonctionnaires qui y avaient été nommés au point que les fréquences de GPS ont failli être grignotées par INMARSAT lors de la dernière Conférence Internationale chargée de l'attribution de ces fréquences, un dernier sursaut de bon sens a fait seulement différer cette mesure au dernier moment, faute d'interlocuteurs représentants les utilisateurs civils de GPS. Cet incident ridicule, a fait prendre conscience de l'importance des enjeux, il semble que nous ayons atteint ce qui forme la deuxième phase d'une prise de décision aux Etats-Unis, le consensus et la mise en œuvre : après les clameurs, les allées et venues, les projets et les contre-projets, tout se calme et tout le monde se met à la tâche sans protester.

Il s'agit d'un diagnostic personnel qui peut être mis en défaut.

## LES DECISIONS

Le Comité Interministériel de direction pour GPS a retenu une seconde longueur d'onde civile L2 à 1227,6 MHz en commençant par le septième bloc des satellites IIF qui seront lancés en 2004 ; et décidé qu'une troisième longueur d'onde serait réservée aux usages civils. Il faudra attendre plusieurs années pour que les utilisateurs civils puissent profiter pratiquement d'une constellation complète de satellites équipés des émetteurs sur deux, puis trois longueurs d'ondes civiles.

L'annonce faite le 30 Mars par le Vice-Président des Etats-Unis, puis par les Ministères de la Défense et des Transports, clôt plus d'un an d'après discussions tout en laissant dans le flou la structure du signal et les problèmes opérationnels de l'"implémentation" de sa transmission. La décision concernant la structure de la seconde longueur d'onde sera prise en Août de cette année.

Cette décision apparaît brusquement alors que de plus en plus des voix s'élèvent pour mettre en doute la sûreté du signal GPS pour faire atterrir les avions civils. On signale des interruptions complètes de signal GPS dues à des interférences entre utilisateurs de fréquences de plus en plus encombrées, à un point tel que la suppression des signaux LORAN prévue en 2000 serait remise en cause...

Ce qui suit est plus du domaine de la spéculation. Pour la troisième fréquence rappelons qu'elle doit permettre aisément de résoudre les ambiguïtés en temps presque réel, c'est-à-dire avec un différé insensible imposé par le temps de calcul, qui, aussi petit qu'il soit, reste fini. Pour cela on mélange les réceptions de deux longueurs d'ondes voisines le résultat utilisable est un signal de longueur d'onde plus grande ce qui fait que l'ambiguïté à résoudre est accessible à des traitements simples. Signalons que le sujet a été traité dans le

numéro de la Revue où nous avons rendu compte de la réunion ION-GPS 1997. Le troisième signal doit donc être proche de L1 ou L2. Ce dernier signal (L2) a été retenu ; on doit donc trouver une fréquence inférieure ou supérieure mais proche de L2. La direction Fédérale de l'Aviation Civile (FAA) préférerait 1205 MHz qui tombe dans une bande déjà réservée aux services de radionavigation pour laquelle la FAA, qui dispose d'une autorité sur cette bande de fréquences, pourrait protéger le signal contre les interférences. En revanche, le Ministère de la Défense préférerait un signal à une fréquence de 1250 MHz, c'est-à-dire symétrique du précédent par rapport à L2, lequel ferait tout aussi bien l'affaire, si ce n'était une fréquence utilisée par des Radars, problème qui trouverait aisément sa solution si les Etats-Unis étaient seuls à utiliser des Radars, et par GLONASS, alors l'accord de la Russie sera nécessaire.

## LE CALENDRIER PREVISIONNEL

Selon Gps world le calendrier serait le suivant :

Les modifications des satellites porteraient sur la 7<sup>ème</sup> des 20 satellites du Bloc IIF. Toutefois on étudierait le moyen de faire mieux.

Le 1<sup>er</sup> des satellites du bloc IIF serait lancé au cours de l'année budgétaire 2002 ; trois de plus seraient lancés l'année suivante, puis quatre l'"année budgétaire" 2004 ; le dernier de ces quatre satellites pourrait être équipé d'un émetteur nouveau. Chacune des années suivantes il est prévu de lancer trois satellites, ce qui fait que treize nouveaux émetteurs seront en place en 2009.

Toutefois, il s'agit là d'un calendrier prévisionnel si les "vieux" satellites fonctionnaient plus longtemps que prévu, les nouveaux lancements seraient retardés.

En fait, il n'est prévu aucune date limite pour implanter les nouveaux signaux sur toute la constellation, silence également sur la période transitoire et sur ce qu'on pourra en faire.

Rappelons que les appareils GPS dédiés aux usages de la topographie et de la géodésie sont actuellement capables d'utiliser le signal militaire L2 en le décryptant.

L'intérêt, pour ces techniques qui sont les nôtres, se limite à disposer, dans un avenir proche, de récepteurs bon marché permettant une précision décimétrique voir centimétrique en temps réels ou presque. Mais ceux qui sont aujourd'hui nos clients pourront aussi, aisément, les utiliser.

## CONCLUSIONS

On peut dire qu'il est enfin admis que GPS puisse servir, non seulement aux militaires, mais aussi aux civils, même si ces "civils" sont un puissant Ministère des Transports américain. Tout cela ne sera fait, jusqu'ici, que pour la navigation aérienne. Il faut dire que chaque fois que le Ministère de la Défense américain a offert une participation au système GPS celle-ci n'était pas gratuite, et que personne ne s'est bousculé pour prendre une part du fardeau financier. Si la Russie essaie de se maintenir à niveau, l'Europe fait piètre figure, les projets ne manquent pourtant pas, mais il n'y a aucune volonté politique générale, en dehors de velléités nationales, non dépourvues de vains espoirs de dominer un marché européen inexistant pour l'instant.

## ANNEXE

Il est nécessaire de donner quelques explications concernant les raisons pour lesquelles il est possible d'améliorer la détermination de la longueur géométrique entre le récepteur et le satellite émetteur.

Le récepteur reçoit, à la fois, le signal (appelé le code) et l'onde porteuse du signal. Le signal est soit crypté, soit très imprécis, pour des raisons de sécurité nationale des Etats-Unis. La seule donnée précise est l'onde porteuse dont on ne peut déterminer que le déphasage avec l'émission du satellite. Le nombre de cycles entiers entre le satellite et le récepteur reste inconnu ; on ne mesure que l'"appoint", une fraction de la longueur d'onde. Le nombre entier de cycles doit être déterminé parmi toutes les autres inconnues. La résolution donne un résultat réel, c'est-à-dire non entier. Dans sa thèse, le Dr Pascal WILLIS a démontré qu'on pouvait améliorer la précision de la détermination en donnant une valeur entière. Pour utiliser une méthode simple et sûre telle que choisir l'entier le plus proche de la valeur réelle trouvée, et compte tenu des erreurs commises sur cette détermination, on peut dire que si la précision de détermination de l'ambiguïté est inférieure à 1/6<sup>ème</sup> de la longueur d'onde on est assuré du succès. Or, la longueur d'onde de L1 est d'environ 20 cm la précision devrait être d'environ 3 cm. Or si on tient compte de toutes les erreurs résiduelles sur réfraction ionosphérique et tro-

poosphérique on est certain de ne pas y parvenir, sauf à disposer d'un signal de plus grande longueur d'onde.

En combinant les porteuses de L1 et L2 on peut obtenir une longueur d'onde de battement de 0,86 m ce qui est déjà mieux. Mais on veut faire mieux encore.

Rappelons que :  $S_{L1}(t) = A \cdot \cos(w_1 \cdot t)$

$$S_{L2}(t) = A \cdot \cos(w_2 \cdot t)$$

$$w_i = 2 \cdot \pi \cdot f_i$$

$$f_i \text{ Fréquence } i$$

Un rappel de trigonométrie :

$$\cos(p) + \cos(q) = 2 \cdot \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$S_{L1} + S_{L2} = 2 \cdot A \cdot \cos\left(\frac{w_1 + w_2}{2} \cdot t\right) \cdot \cos\left(\frac{w_1 - w_2}{2} \cdot t\right)$$

$$w_1 - w_2 = 2 \cdot \pi \cdot (f_1 - f_2)$$

$$\lambda_{1-2} = \frac{c}{f_1 - f_2}$$

Plus  $f_1$  sera voisin de  $f_2$ , plus l'onde résultante sera longue, plus l'ambiguïté sera facile à déterminer.

Si la différence est de 1227,6 - 1205 = 22,6 MHz, la longueur d'onde sera 299 792 458 m / 22,6 · 10<sup>6</sup> = 13,26 m. Ce qui démontre l'intérêt d'une troisième longueur d'onde voisine de l'une des deux autres.

# le colosse d'alexandrie

## remontage de la statue de Ptolémée



**Michel Paramythioti**  
Fondateur de MENSI – Conseiller technique

### 1 – UN PEU D'HISTOIRE : LE PHARE

Lorsqu'Alexandre décida de la construction d'ALEXANDRIE en 331 av. JC, il n'imaginait pas qu'il ne la verrait jamais ; ce fut l'un de ses compagnons, Ptolémée, qui devint roi d'ÉGYPTE à sa mort en 323 et fonda la dynastie des Lagides qui devait régner plus de 300 ans.

Sur les grandes lignes définies par Alexandre (tracées dans le sable ?), Ptolémée I<sup>er</sup> et son architecte Dinocrate de Rhodes se lancent dans une réalisation proprement pharaonique : construction de murailles, de grandes artères, d'un circuit d'alimentation en eau potable, d'un hippodrome, etc. : il va faire d'Alexandrie le carrefour du commerce méditerranéen, mais aussi un pôle culturel et scientifique majeur du monde hellénistique.

La puissance économique et maritime d'Alexandrie n'eut d'égale que la splendeur et le raffinement de la civilisation qui s'y épanouit sous cette tumultueuse dynastie. En effet, les Ptolémée permirent grâce à une politique très habile l'hellénisation du pays et le maintien des an-

ciennes coutumes pharaoniques, d'où une synthèse originale et féconde de la culture égyptienne et de la culture grecque.

Parmi les réalisations grandioses dues à Ptolémée I<sup>er</sup> et à son successeur Ptolémée II, trois d'entre elles ont laissé un souvenir majeur dans l'Histoire des hommes :



– Le Musée, synthèse de la culture artistique de l'époque.

– La Grande Bibliothèque, qui recensa probablement plus de 50 000 volumes.

– Le Phare, qualifié de 7<sup>e</sup> Merveille du Monde par les voyageurs de l'époque.

L'épopée de la dynastie des Ptolémée s'achève avec la bataille d'Actium contre Octave (31 avant J.-C.) et le suicide de Cléopâtre : Alexandrie perd son pouvoir politique mais demeure une cité commerciale et un centre intellectuel importants jusqu'à la conquête par les Arabes en 641 : Alexandrie n'est plus désormais qu'un port de transit situé aux marges du pays.

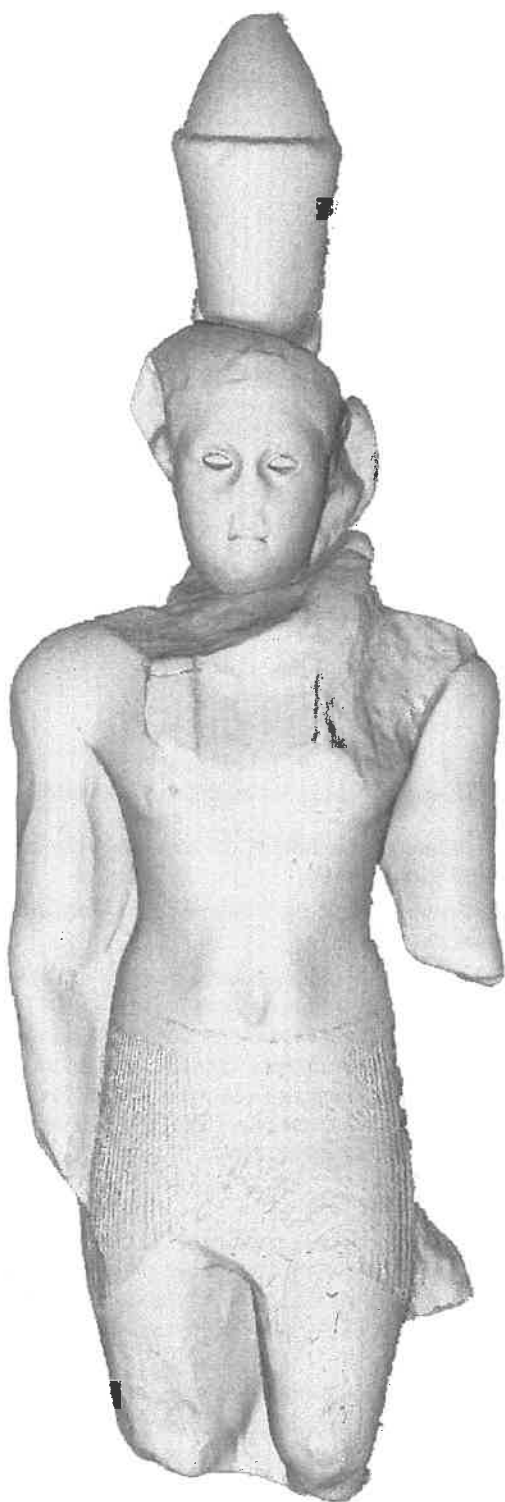
### Le Phare d'Alexandrie

Les nombreux écueils qui longent la côte de ce grand pôle maritime constituent un danger permanent qui nécessite un repère visible de loin capable de guider les marins : le site choisi sera l'île de Pharos qui donnera son nom à l'édifice.

La construction du Phare est engagée par Ptolémée II (308-246 avant J.-C.) vers 297 ; le monument sera inauguré vers 285 et impressionnera tous ses contemporains.

Cette tour énorme, comportant trois étages, est une véritable prouesse architecturale : le premier étage, de plan carré, s'élève sur environ 70 mètres ; il est surmonté d'un second étage, de plan octogonal, haut de plus de 30 mètres, puis d'un troisième étage cylindrique qui mesure 9 mètres et est surmonté d'une statue de Zeus : au sommet de cette tour gigantesque, un feu est entretenu et amplifié par un système de miroirs.

Au pied du phare se dressent trois couples de souverains aux dimensions colossales : il s'agit de rois représentés en Pharaons ainsi que leurs épouses assimilées à Isis : ils sont le symbole de la volonté des Lagides d'associer leur image au monument symbolique de la cité et



d'affirmer qu'ils sont des souverains de l'Égypte éternelle.

Après plusieurs séries de séismes au cours de l'Histoire, le Phare d'Alexandrie est définitivement détruit par un tremblement de terre doublé d'un raz-de-marée le 8 août 1303 : il disparaît alors curieusement du souvenir des hommes au point d'être assimilé à une légende.

#### Les Fouilles de 1995

Les Égyptiens savaient depuis longtemps qu'il y avait des vestiges sous la mer dans le port d'Alexandrie, mais

le site de l'île de Pharos étant zone militaire, l'accès était très difficile ; une statue colossale de la déesse Isis avait pourtant été remontée dès 1961, puis une expédition menée à l'initiative de l'Unesco en 1975 avait permis à une archéologue et plongeuse britannique, Honor Frost, de publier un rapport décrivant le site sous-marin et ses vestiges.

Les événements s'accélérent lorsque les autorités Égyptiennes engagent en 1993 la construction d'un brise-lames au large du fort de Qait bay, situé sur l'île de Pharos, en immergeant des centaines de blocs de béton de 20 tonnes : sous la pression des médias et de la Communauté Internationale, la construction est interrompue sur décision du Président Moubarak ; des crédits sont dégagés grâce à la ténacité de Nicolas Grimal, directeur de l'Institut Français d'Archéologie Orientale (IFAO) et la plus importante campagne de fouilles sous-marines qu'ait connu le site peut démarrer.

Ces fouilles sont menées par le Centre d'Études Alexandrines (CEA) et dirigées par son directeur Jean-Yves Empereur avec le concours actif de deux égyptologues éminents de l'IFAO, J. P. Corteggiani et G. Soukassian : après des plongées de confirmation en 1994, l'aventure débute en 1995 avec des moyens importants fournis par diverses fondations (EDF, ELF, Antenne 2, Gédéon, la BNP, etc.).

## 2 – LE COLOSSE : L'ANASTYLOSE VIRTUELLE

Les fouilles de 1995 conduisent à confirmer la présence par 10 mètres de fond d'un ensemble de blocs énormes ayant appartenu au phare qui sort ainsi de la légende : elles vont également permettre de sortir de l'eau deux vestiges importants qui constituent le sujet de notre étude : une tête et un torse masculins colossaux en granit d'Assouan que les archéologues vont aussitôt rapprocher de deux autres pièces récupérées sur le même site dans les années 70, un bras gauche et une couronne également colossaux : l'opinion de J. Y. Empereur est qu'il s'agit de Ptolémée II dit "Philadelphie" par qui le phare a été construit.

Le problème qui se pose alors est d'abord de confirmer que ces quatre pièces appartiennent bien à une même statue, puis de les réassembler afin de reconstituer au mieux la statue originale, le but étant de l'exposer dans le cadre de l'exposition "La Gloire d'Alexandrie" organisée par "PARIS MUSÉES" en mai 1998 à Paris : du fait des nombreuses "lacunes" et de l'érosion due au long séjour sous-marin, il est en effet impossible de procéder par "réemboîtement" des zones de fracture.

Les pièces concernées soulèvent une difficulté majeure liée à leur poids (d'abord nettement sous-estimé par les archéologues) qui pose de gros problèmes de manutention :

- 17,5 tonnes pour le torse
- 3,5 tonnes pour la tête
- 2,5 tonnes pour la couronne
- 700 kg pour le bras gauche

L'assemblage de blocs de plusieurs tonnes présente des difficultés importantes : il faut libérer les archéologues et les restaurateurs des contraintes de taille et de poids pour parvenir à trouver l'agencement optimal des 4



blocs les uns par rapport aux autres ; le remontage réel d'une statue est déjà une opération délicate pour des fragments de quelques dizaines de kilos, elle devient aléatoire avec des blocs de plusieurs tonnes.

Devant l'ampleur des difficultés, un des commissaires de l'exposition de Paris, également conservateur du Musée d'Arles, Alain Charron, se souvient d'une opération réalisée à Arles en 1995 pour le remontage d'une statue colossale de l'empereur Auguste et suggère d'avoir recours au même procédé de modélisation numérique et simulation.

Aussitôt contactée, la société familiale Coignard, spécialisée dans la restauration des statues pour les Musées Nationaux, effectue une première visite à Alexandrie en mars 1997 pour prendre la mesure du problème et proposer des solutions : les Coignard avaient été confrontés au même problème (à échelle moindre, fragments de l'ordre de la tonne) pour la restauration de la statue d'Auguste et avaient alors, en accord avec Alain Charron, pris contact avec la société MENSİ, qui développait un système de relevés 3D par balayage laser capable de créer des "clones" numériques d'objets ou d'installations pour permettre en particulier à EDF de développer les techniques de simulation dans la maintenance des centrales nucléaires.

Ce contact établi avec MENSİ en 1994 devait s'avérer fructueux : il s'agissait de transférer au domaine culturel une technologie nouvelle développée pour la grande industrie ; chargés par le Musée d'Arles de la restauration de la statue d'Auguste constituée de plusieurs fragments (et perplexes sur les moyens à mettre en œuvre), les Coignard séduits par ces nouvelles possibilités allaient convaincre le musée d'Arles de tenter l'aventure et le Crédit Agricole local de la financer : il s'agissait en effet d'une première mondiale d'assemblage virtuel des pièces d'une statue comme moyen de préparation et d'optimisation de l'assemblage réel à effectuer.

Cette opération devait se dérouler avec succès au début de 1995 et permettre la mise au point de la méthode d'anastylose virtuelle qui consiste à :

- Relever par un scanner 3D des "nuages de points denses" sur les différentes pièces,
- Bâtir à partir des points un "modèle numérique" de chacune des pièces,
- Réaliser l'assemblage virtuel optimum des modèles numériques obtenus.
- Sortir de l'assemblage virtuel réalisé les informations nécessaires à l'assemblage réel.

Grâce à ce procédé, le remontage de l'Auguste allait se dérouler dans les meilleures conditions et servir de référence pour le remontage du Colosse d'Alexandrie ; il allait également conduire les Coignard à développer le concept d'"infosculpture" qui ouvre les portes à ces techniques sur nombre d'autres applications culturelles.

Comme la Fondation EDF participait déjà au financement des fouilles, il apparut tout naturel aux restaurateurs de proposer à Paris Musées de s'adresser pour le financement de l'opération Colosse au Mécénat Technologique EDF : son directeur M. Marc Albouy accepta volontiers de soutenir un projet aussi prestigieux et de convaincre les autres partenaires, car il avait acquis auparavant sur d'autres applications (grotte Cosquer)

une bonne connaissance du procédé SOISIC-3Dipsos développé par MENSİ avec le concours d'EDF : il allait financer les opérations de saisie sur site et de simulation numérique telles qu'elles sont décrites ci-dessous.

## 3 – SAISIE SUR SITE ET MODÉLISATION

Les 4 fragments (supposés) du colosse ayant été rassemblés dans la cour du fort de Qait bay, il a fallu amener sur place le capteur SOISIC : il s'agit d'un scanner 3D par balayage laser capable de mesurer avec une grande précision (erreur inférieure au mm à 5 m) et une grande vitesse de saisie (100 points par seconde) la surface d'objets complexes et de grandes dimensions. Les géométries réelles sont ainsi enregistrées très fidèlement dans la mémoire de l'ordinateur ; cet appareil a déjà été décrit en détail dans ces colonnes (XYZ n° 63).

Les opérations de relevés ont été réalisées dans la cour du fort par un opérateur de MENSİ avec le concours des personnels du CEA : en 1,5 jours, environ 800 000 points 3D ont été enregistrés sur les 4 pièces, à savoir :

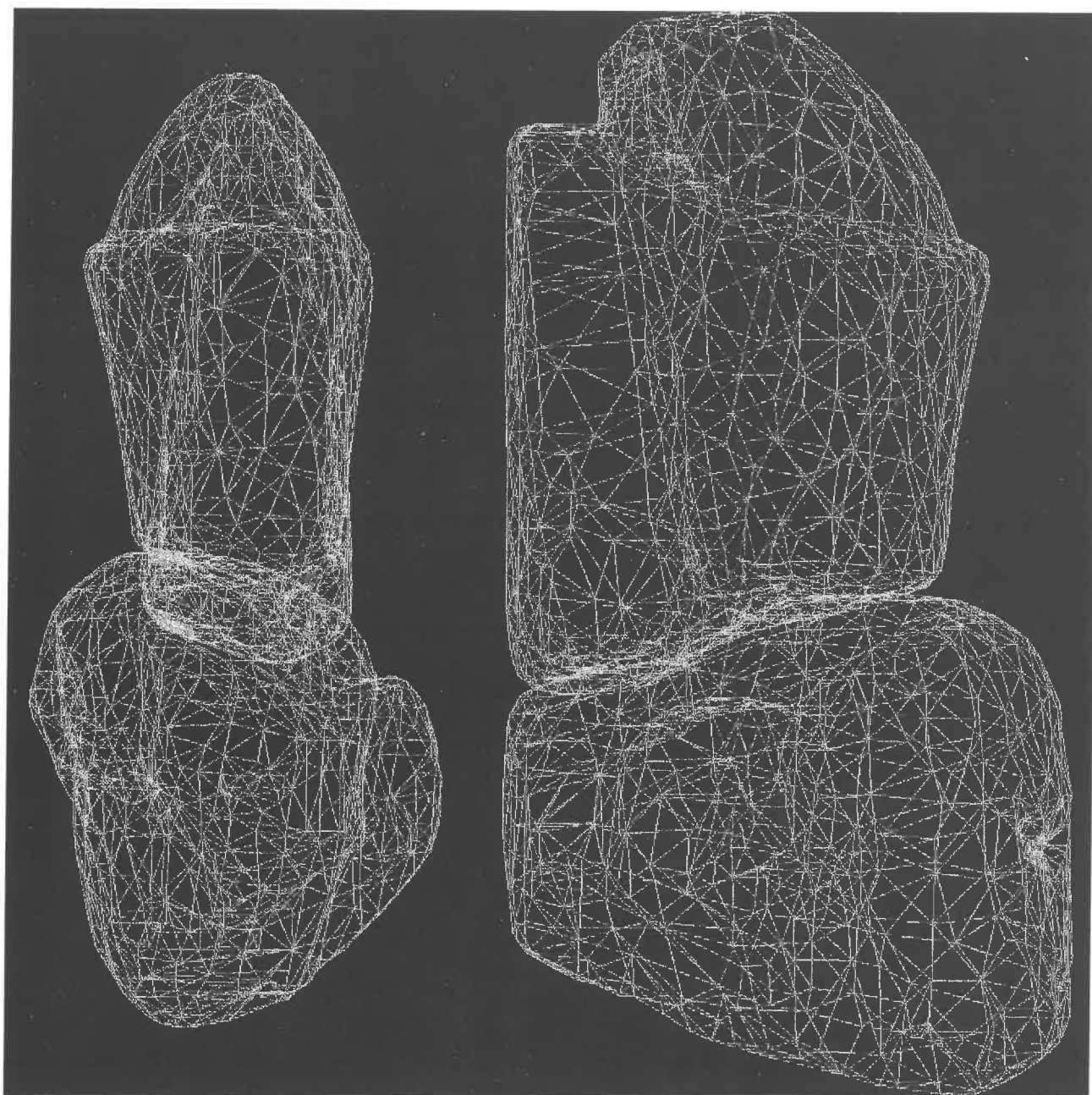
- 366 000 points sur le torse
- 215 000 points sur la couronne
- 162 000 points sur la tête
- 53 000 points sur le bras

La saisie complète d'une pièce est obtenue en combinant plusieurs relevés partiels obtenus à partir de positions différentes du capteur (le rayon laser ne traverse pas la matière !) : le choix des stations est important pour éviter de laisser des parties cachées : les surfaces des pièces étaient ici relativement simples, mais le problème a été compliqué par le fait que le CEA ne disposait pas sur place de moyens de manutention suffisants : de ce fait, le relevé est partiel dans la zone du menton pour la tête et de la moitié droite pour la couronne (ces deux blocs étaient posés sur le sol et n'ont pu être retournés) ; le torse et le bras ont été saisis sans lacune car le torse était placé sur des supports (autorisant le scanning par-dessous) et le bras a pu être déplacé ("seulement" 700 kg).

La résolution atteinte (dimension de la maille) est de l'ordre d'un point tous les centimètres, avec des surdensités sur les parties importantes et dans les zones correspondant aux fractures des blocs, pour obtenir une bonne définition des pièces intermédiaires à créer ; réalisées dans l'urgence, ces opérations de relevé n'ont malheureusement pas permis une coordination suffisante avec l'équipe Coignard, utilisatrice finale des résultats, qui aurait pu préciser davantage ses besoins et éviter certaines insuffisances.

MENSİ s'est ensuite chargé de la modélisation des quatre pièces, opération aujourd'hui bien rôdée par une déjà longue expérience : le logiciel 3Dipsos a permis de construire les surfaces par facettes triangulaires, le logiciel SURFACER permettant de combler au mieux les lacunes laissées par le scanning, car il est indispensable d'obtenir des surfaces "fermées" : le résultat final constitue une base de données triangulées comptant près de 1,3 million de facettes :

- 700 000 pour le torse
- 211 000 pour la couronne
- 323 000 pour la tête
- 51 000 pour le bras



Visualisation du maillage : le maillage volumique provient du maillage surfacique réduit fourni par l'étude géométrique (TIEM).  
(Copyright EDF 1998)

#### 4 – ACCOSTAGE VIRTUEL

Les techniciens d'EDF (Études et Recherches, service IMA) ont alors pris en charge, à partir d'un logiciel de réalité virtuelle, la mise au point de procédés de visualisation et de déplacements relatifs des blocs permettant de détecter les interpénétrations éventuelles, ce qui constitue un progrès par rapport à la méthode utilisée pour l'Auguste ; en effet, le logiciel 3Dipsos de MENSİ ne comporte pas encore de module "accostage" spécifique.

Le 18 décembre 1997, Jean-Yves Empereur, Jean Pierre Corteggiani et le restaurateur Roland Coignard ont pu alors guider l'accostage des blocs grâce aux images virtuelles : ils étaient installés face à un grand écran de 3 m de base sur lequel étaient projetées les "doubles" 3D des blocs et ils pouvaient demander au pilote de l'ordi-

nateur de déplacer et faire pivoter les 4 blocs les uns par rapport aux autres au millimètre près ; le dispositif était complété par la vision en relief de la scène grâce à des lunettes spéciales, fournissant une aide précieuse pour juger de l'alignement des blocs et apprécier l'effet obtenu.

Cette séance d'une heure permet de confirmer que torse, tête, couronne et bras appartiennent bien au même colosse (ce qui n'était jusque-là qu'une hypothèse en ce qui concerne la couronne) : la continuité du pilier arrière est apparue évidente et sans équivoque ; en une heure, les archéologues avaient pu faire renaître le Colosse d'Alexandrie en tirant partie de l'interactivité virtuelle : il aurait fallu des jours d'efforts énormes et risqués pour obtenir un résultat sans doute moins précis avec les blocs originaux.

Voici un commentaire à chaud de J. Y. Empereur à la sortie de cette séance d'anastylose virtuelle du 18 décembre :

« Pour une masse aussi colossale, c'est une technique d'une grande aide pour l'archéologue, car il est évident qu'on ne peut essayer de recoller ces pièces sans être sûr de notre tentative. Sur l'image virtuelle, on peut faire différents essais, voir si cela colle plus ou moins bien, voir les points de contact, et cela facilite l'anastylose, cette ré-érection du Colosse qui sera une opération unique puisqu'on n'a pas le droit à l'erreur »

Le modèle virtuel ainsi défini a par la suite été encore affiné "à tête reposée" par le restaurateur Benoît Coignard et les techniciens d'EDF, en particulier G. Thibault, expert EDF en "réalité virtuelle", ceci afin de contourner certaines des insuffisances actuelles du logiciel 3Dipsos en matière d'accostage : l'astuce a consisté à se placer "à l'intérieur" d'un bloc pour mieux percevoir la pénétration par un autre bloc : il restait alors à déplacer et pivoter une des pièces jusqu'à ramener la zone de pénétration à un point singulier.

## 5 – EXPLOITATION DU REMONTAGE VIRTUEL

Une fois le modèle numérique arrêté, il a pu servir de base de données pour répondre à des besoins très variés, sortant parfois du strict cadre de la restauration : les techniciens d'EDF ont pu en particulier :

- Fournir les volumes exacts des 4 blocs, à savoir :
  - 6,223 m  $\geq$  pour le torse
  - 0,877 m  $\geq$  pour la couronne
  - 0,955 m  $\geq$  pour la tête
  - 0,249 m  $\geq$  pour le bras
- Fournir les poids exacts à partir de la connaissance de la densité du granit.
- Calculer la position exacte des 4 centres de gravité et la valeur des moments d'inertie.

Des informations annexes ont pu également être obtenues, en particulier les dimensions englobantes des pièces permettant de définir au mieux le colisage pour le transport ; les images 3D du Colosse virtuel remonté ont permis d'illustrer nombre d'articles sur le sujet bien avant que le remontage réel soit effectué.

Il faut insister sur le fait que les calculs de statique ont été extrêmement simples sur les modèles virtuels alors qu'ils auraient été problématiques sur les blocs réels : ils ont largement contribué à la conception et au dimensionnement du réseau de fixation entre les blocs réalisés par des broches rentrant dans des fourreaux scellés ; en particulier, la mesure sur les blocs virtuels des angles de glissement moyens entre couronne et tête d'une part, tête et torse d'autre part ont permis un calcul simple de la tenue en cisaillement des broches.

L'accès facile aux centres de gravité additifs a largement orienté le positionnement des forages pour les liaisons couronne/tête, couronne + tête/torse, ainsi que pour la définition de la base support remplaçant les pieds du Colosse (que J. Y. Empereur recherche toujours) et de la structure métallique placée en renfort du pilier arrière.

Des calculs de résistance des matériaux par éléments finis tétraédriques ont également été réalisés par

EDF (département MMN) avec le logiciel Code-Aster : il a fallu pour cela compresser fortement la base de données, passant de 1,3 millions de triangles à 21 000 triangles, ce qui induit une réduction des volumes inférieure à 4 % : certaines insuffisances (ou mauvaise adaptation) des logiciels utilisés ont fortement alourdi le travail à réaliser, certaines opérations totalement manuelles prenant même facilement un caractère fastidieux ; ces travaux allaient également permettre la définition des "semelles" de forme complexe assurant le transfert de charge entre les blocs et vérifier leur capacité de résistance à la compression.

## 6 – REMONTAGE EFFECTIF DU COLOSSE

Le caractère prestigieux de l'opération de réhabilitation du Colosse avait déjà permis de mobiliser des appuis nombreux et puissants : pour le réassemblage proprement dit, les Coignard allaient pouvoir s'appuyer également sur le secteur des Travaux Publics, en l'occurrence le CEBTP, Centre Technique de ce secteur industriel : en effet, en repassant du virtuel au réel, la gravité reprenait ses droits et les problèmes de manutention toute leur acuité : nos restaurateurs allaient pouvoir ainsi disposer d'un hall équipé de deux ponts de 20 tonnes rendant les manœuvres beaucoup plus faciles qu'à Alexandrie, et il apparaissait alors qu'il eût été plus facile (et plus économique) de faire le relevé par SOISIC à ce stade, ce qui eût autorisé une couverture tout à fait complète des blocs évitant certaines approximations.

Le transport des blocs depuis Alexandrie avait été plusieurs fois retardé pour des raisons diverses dont l'une était l'espoir d'y intégrer le bloc des pieds du Colosse, le projet de remontage incluant initialement cette pièce essentielle que J. Y. Empereur pensait retrouver rapidement en dégageant des blocs de béton déjà immergés de la fameuse digue : devant l'échec (provisoire ?) de ces efforts, il a fallu se résoudre à construire un socle pour y poser le torse, ce qui modifiait sensiblement le projet des restaurateurs.

Le Colosse ayant été finalement acheminé début mars dans le hall du CEBTP (voir la couverture du présent numéro XYZ), il restait moins de 2 mois avant l'inauguration de l'exposition pour le 6 mai : l'équipe des Coignard et les métalliers de la société BOVIS allaient devoir faire des prodiges pour tenir ce délai impératif, ceci malgré des problèmes administratifs non réglés avec certains des partenaires du projet, difficultés qui n'ont rien d'étonnant dans ce type de collaboration.

Les restaurateurs avaient prévu des liaisons entre blocs assurées par deux broches parallèles scellées dans une pièce et rentrant dans deux manchons scellés dans l'autre pièce, afin de réaliser un ensemble démontable facilitant les transports ; les emplacements optimaux des broches et leur dimensionnement (diamètre de 50 mm) ayant été définis par l'étude EDF sur le modèle virtuel, il fut possible de monter les 4 pièces en position horizontale sur des rails permettant des mouvements relatifs parfaitement parallèles aux broches à planter, et assurant du même coup le guidage de la perforatrice nécessaire au forage des logements : l'installation de ce dispositif allait constituer la première étape du travail.

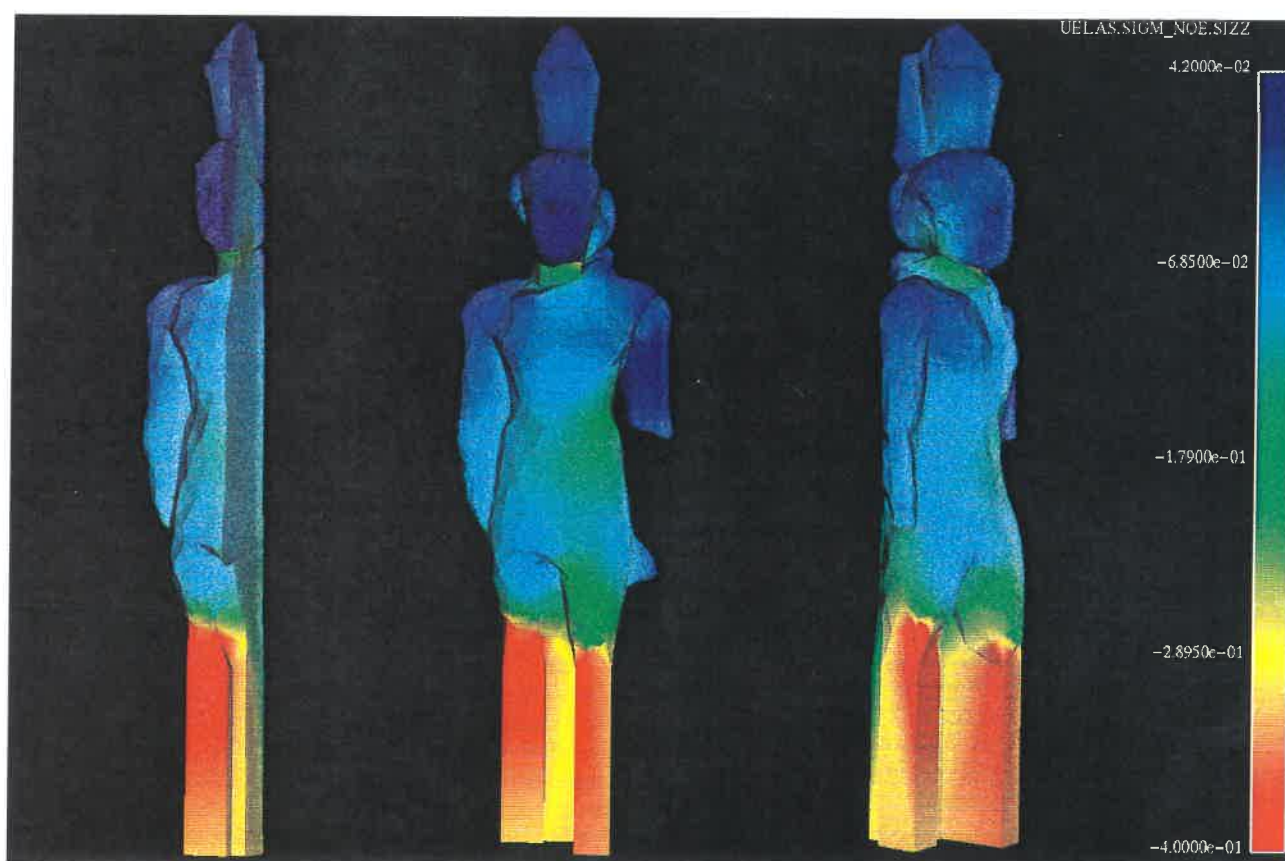
Simultanément, le CEBTP, poussant plus loin sa collaboration, prit en charge la caractérisation du matériau

des blocs : une auscultation dynamique (mesure de la vitesse de propagation d'une onde sonore) permet de "cartographier" les caractéristiques locales du granit, de déceler les éventuelles zones de fissures,... étude complétée par des mesures de porosité, de capillarité et un contrôle du dessalement réalisé en Égypte.

Exploitant ensuite les résultats de la simulation statique réalisée par EDF, les techniciens du CEBTP allaient également pouvoir vérifier la tenue en compression des blocs eux-mêmes et faire l'étude du dimensionnement structurel de l'ossature métallique complémentaire prévue, et aussi contrôler la capacité de l'ensemble à résister à certaines contraintes accidentelles : vent violent, défaut de verticalité de l'assiette, vibrations éventuelles du sol support...

Grâce au travail de préparation très poussé rendu possible par la mise en œuvre de techniques nouvelles dans ce domaine, les travaux d'assemblage proprement dits allaient se dérouler dans les meilleures conditions, sans hésitation ni erreur, et le Colosse pouvait être érigé comme prévu le 5 mai après-midi sur l'embase préparée par le CEBTP à l'entrée du Petit Palais d'où il présidera à l'exposition sur "La Gloire d'Alexandrie" jusqu'au 26 juillet.

Il est prévu que le Colosse soit ensuite transporté sous d'autres cieux avec une grande partie de l'Exposition avant de retourner définitivement à Alexandrie où il devrait constituer une des pièces maîtresses du futur Musée dont la création semble acquise.



Visualisation des efforts transitant dans le colosse :

On étudie la stabilité de la statue sous son propre poids, et on visualise les efforts transitant dans le colosse.

On visualise les résultats sur une demi statue afin d'observer les efforts dans la pierre.

Échelle : les valeurs des contraintes verticales sont données en MégaPascal. Les zones rouges correspondent aux zones où les efforts sont les plus importants. La pression exercée par la base de la statue est d'environ 0,5.

(Copyright EDF 1998)



# TopStation

Par JSInfo



TopStation, l'appliquatif MicroStation 95 en Topométrie, Géométrie et Cartographie

par JSInfo



## NOUVEAU : LA GEOCODIFICATION

*Dans la lignée de Topojis et d'Ascodes, TopStation couvre les besoins en saisie, mise en forme, structuration de données géographiques, cartographie numérique et calculs spécialisés du Géomètre et du Bureau d'Etudes. TopStation bénéficie d'une ergonomie soignée; il propose un mode d'emploi à l'écran, une aide en ligne pour chaque fonction et la gestion interactive de l'historique.*

*TopStation traite, à ce jour, les aspects suivants :*

**Base de données tridimensionnelles**  
alphanumérique, géographique, topologique

### Topométrie

traitement complet de la chaîne des calculs topométriques

### Gestion de plans

cadrage, orientation, habillage, carroyage

### Géométrie

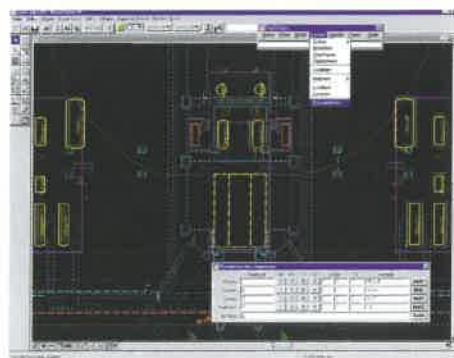
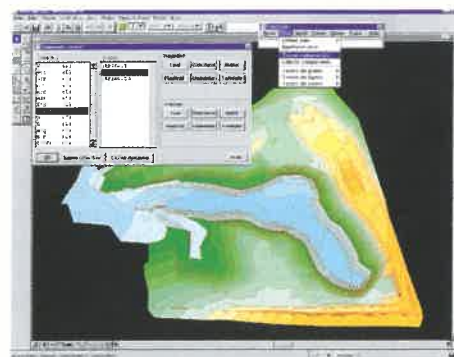
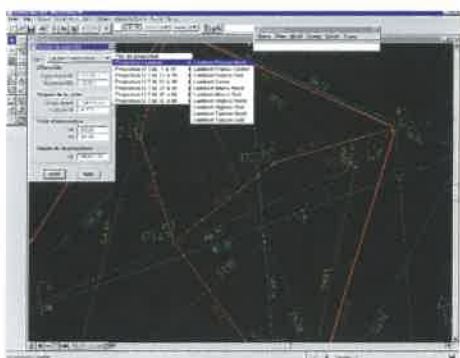
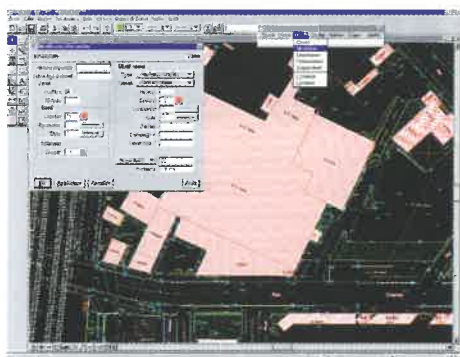
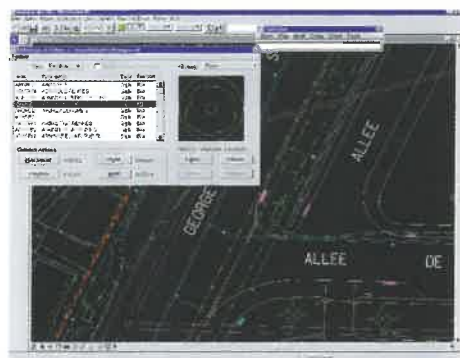
COGO, constructions de points, droites, cercles, lignes, clothoïdes, constructions sur les lignes ...

### Modélisation de surfaces

interactivité sur le MNT et les courbes

### Cartographie

symboles ponctuels, motifs linéaires, zonages, non-chevauchement, courbes de niveau, motifs de talus ...



### TopStation-Topo

Réalisé pour répondre à la demande de grandes administrations et de divers autres clients, TopStation-Topo est un applicatif spécifique, réduit aux seuls calculs topométriques, la gestion de base, présentation de plans (cadrage, carroyage, non-chevauchement).



8, rue de la Maison Rouge 77185 LOGNES  
Tél.: 01 60 17 34 21 Fax.: 01 60 17 27 58



Ascodes, Bentley, JSInfo, MicroStation, Topojis, TopStation sont des marques déposées.

*Demande de documentation TopStation à découper et retourner à JSInfo*

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Société : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Tél.: \_\_\_\_\_ Fax.: \_\_\_\_\_

# le positionnement astronomique par la méthode du Plan des Sommets

2<sup>ème</sup> partie

OU



comment  
revisiter  
"l'Astro"  
avec  
l'expérience  
du GPS

Yves Robin-Jouan (*Locbat*)

La méthode du Plan des Sommets, développée en 1995, publiée en 1996 [1], a conquis depuis un certain nombre d'adeptes et même de fervents partisans. Et ceux-ci ne sont pas uniquement des fanatiques de croisière à la voile ou des nostalgiques du sextant ! À des fins pédagogiques, les Écoles de deux Marines Nationales se sont intéressées à cette méthode novatrice, qui remet en cause, sans irrévérence, les vieilles habitudes héritées de Marcq de Saint Hilaire (1872) et redéploie pour la navigation Astro un peu de l'arsenal algorithmique mis au point dans le domaine du GPS (Global Positioning System).

La méthode du Plan des Sommets renoue avec le projet de Cornelis DOUWES (1747) d'une méthode directe, sans recours à la notion de position estimée ou arbitraire. Elle emprunte à la navigation moderne, et notamment à la mouvance du GPS, une approche en 3 Dimensions (3D), qui s'affranchit de la surface de la terre, et une formulation en coordonnées cartésiennes qui exploite au maximum l'algèbre linéaire (calcul vectoriel et matriciel).

Le traitement de l'incertitude fait largement appel aux techniques de moindres carrés (Least Mean Square) sur des principes proches de ceux utilisés par les récepteurs GPS les plus sophistiqués, dits à « contrôle autonome d'intégrité » (RAIM).

La première partie de l'article (n°75) se proposait de rappeler les principes de la méthode, d'en discuter la validité et la précision, et de présenter une série de confrontations avec les méthodes conventionnelles. Dans cette seconde partie, le progiciel ASTROLAB, qui intègre la méthode du Plan des Sommets dans un environnement complet de navigation, sera utilisé pour tous les exercices numériques.

## 7. PRESENTATION DU PROGICIEL ASTROLAB

ASTROLAB est un progiciel de navigation astronomique complet, autonome et convivial. Il exploite directement la méthode du Plan des Sommets pour le calcul du point. Il intègre ses propres éphémérides pour le soleil, les planètes (dont la lune), 17 étoiles de magnitude utilisable et... le point vernal. Les éphémérides tiennent compte des termes séculaires et des principales perturbations au sein du système solaire, avant de résoudre l'équation de KEPLER puis de repasser en coordonnées géocentriques, avec correction de la précession et de la

nutration. Elles sont pratiquement perpétuelles, sauf pour la lune, dont la complexité justifie un recalage tous les 5 ans environ.

Ce progiciel comprend cinq programmes exécutables, dont un menu, et une structure de Base de Données. Voici quelles sont les principales fonctions assurées, à la demande, par ASTROLAB :

- Saisie et filtrage automatique des relevés ;
- Calcul d'éphémérides (angle horaire et déclinaison) ;
- Archivage et édition des relevés & résultats ;
- Transport automatique des observations ;
- Calcul du point Astro par n observations ;
- Calculs traditionnels (méridienne, droite de hauteur) ;

- Recalage d'estime ;
- Calcul de route orthodromique.

ASTROLAB est livré sous forme de code compact, exécutable par tout processeur INTEL x 86 ou compatible. Il tourne indifféremment sous DOS ou sous WINDOWS (3.x ou 95), avec un PC de bureau ou un portable. Il peut être téléchargé dans un HPC (H comme « Handheld ») ou un « palm-top », qui ont l'avantage de procurer une meilleure autonomie, sur de simples piles (6 semaines en usage normal).

Le volume global d'ASTROLAB, avec ses fichiers de tests et sa documentation intégrée, est de l'ordre de 400 kilo-octets. Il existe une version minimale à moins de 200 kilo-octets.

## 8. CONFRONTATION AVEC LA MÉTHODE TRADITIONNELLE SUR UN CAS TEST THÉORIQUE

Le champ des exercices possibles est immense. Le test choisi est un cas théorique « préfabriqué », c'est-à-dire correspondant à une configuration simple, façonnée artificiellement à la main. Seul le calcul du point Astro est sollicité par ce cas test (et non les éphémérides).

### Énoncé du cas test :

Au même instant, trois objets célestes sont supposés relevés par un observateur, avec strictement la même hauteur  $h_0$  : un des « pieds » est situé sur le méridien de Greenwich; les deux autres « pieds » sont situés sur l'équateur, à  $15^\circ$  de part et d'autre du méridien de Greenwich.

Le premier objet est positionné de telle sorte que sa déclinaison égale la hauteur observée, soit :  $h_0 = 58^\circ 49,563'$  (cas très particulier, où le cercle de hauteur passe par le pôle). Quelle est la position de l'observateur ?

### Solution théorique :

Le point théorique est sur le méridien de Greenwich, à  $27^\circ 39,126'N$  (soit  $2 \cdot h_0 - 90^\circ$ ), c'est-à-dire à environ 120 km sur la piste au N de Reggane, dans le Sahara. (cf. fig. 5)

### Résolution par la méthode du Plan des Sommets :

Après saisie des données (et des commentaires), ASTROLAB délivre les tableaux de chiffres suivants, où le symbole # désigne les grandeurs indifférentes vis-à-vis de ce cas test :

N°	Date	Heure TU	Long. esti.	Lat. estim.	Haut. sext.	Haut. corri.	GHA	Déclin
3	#	#	#	#		58°49.56'	345°	0°
2	#	#	-	-		58°49.56'	15°	0°
1	#	#	-	-		58°49.56'	0°	58°49.56°
N°	Long. calc.	Lat. calcul.	Ecart	Commentaires				
3				OBJ3- Cas test (haut = Dec1)				
2				OBJ2- Cas test (haut = Dec1)				
1				OBJ1- Cas test (haut = Dec1)				

N° d'OBSERVATIONS choisies dans le FICHIER ?	1, 2, 3
Calcul instancié à la DERNIERE OBSERVATION	CAS GENERAL SUR-CONDITIONNE
<b>PREDICTION</b> Latitude = $27^\circ 39.13'N$ Longitude = $0^\circ W$ Altitude = 0 Naut	<b>CORRECTION et RESULTATS</b> Latitude = $27^\circ 39.13'N$ Longitude = $0^\circ W$ Rayon incertitude = 0.0 Naut
ECART PT CALCULE à PT ESTIME = #	

Le résultat est bien celui attendu, et il est atteint dès l'étape de prédiction, puisqu'aucune incertitude n'affecte les observations.

### Résolution par la méthode de Marcq de Saint Hilaire :

Pour traiter le problème, la méthode traditionnelle a besoin d'un point d'appui. Si l'on choisit une position arbitraire à moins d'un octant de la cible, par exemple  $41^\circ 46'N$  et  $50^\circ 14'W$  (la position du naufrage du Titanic dans l'Atlantique), le report des azimuts et intercepts sur une carte à petite échelle (telle que la carte de la route du Rhum, SHOM N° 6561) conduit à un « chapeau » d'incertitude énorme !

La configuration résultante des 3 droites de hauteur vues du Titanic est esquissée sur la figure 5. Un calcul analytique adéquat révèle un barycentre de longitude très erronée (il est sur Ténérife!), et un rayon d'incertitude de 485 nautiques !

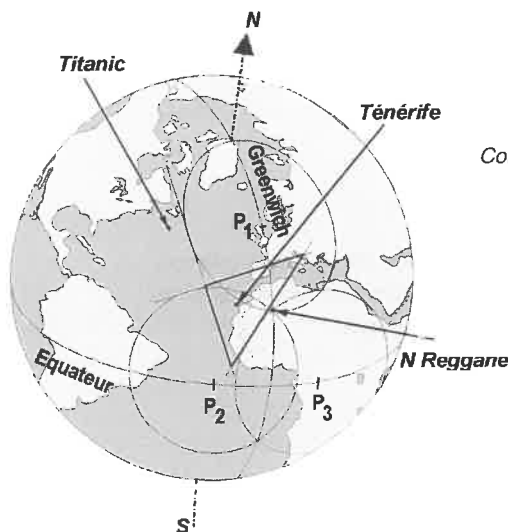
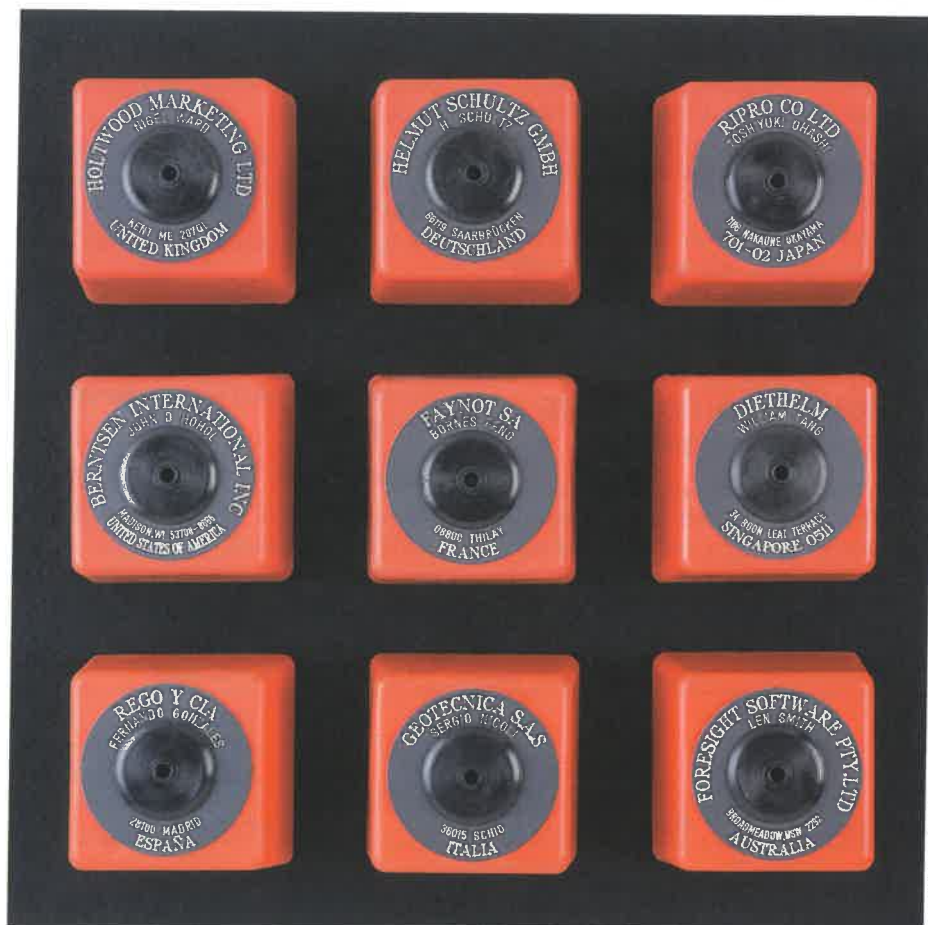


Fig. 5  
Confrontation  
avec  
Marcq de  
Saint Hilaire  
sur  
un cas  
théorique

# FENO DANS LE MONDE



PEM/Photo Carl Gustin

Principaux distributeurs Faynot dans le monde

## Une solide implantation

Inarrachable, précise, solide, facile à stocker et à transporter, livrée rapidement : autant d'atouts indéniables qui ont permis à la borne Feno de prendre la place de leader en France et de s'imposer partout dans le monde.

Têtes de borne en polyroc, granit, aluminium, acier ou plastique.



Trois longueurs d'amarre.  
Nombreux accessoires topographiques.



Feno, la borne qui défie le temps



Ce n'est pas surprenant, puisque la méthode de Marcq de Saint Hilaire est une simple méthode différentielle, qui ne peut s'accommoder de trop forts écarts géographiques. En pratique, on peut vérifier que le résultat se rapproche du point théorique, si l'on prend un point estimé dans les sables rouges entre Timimoun et Reggane. La vieille « règle du pouce » se vérifie alors grossièrement : 1 nautique d'erreur sur la position calculée pour 30 nautiques d'erreur sur l'estime.

## 9. CONFRONTATION AVEC LA SOLUTION DU PROBLÈME DE DOUWES EN CORDONNÉES SPHÉRIQUES

Bon nombre de solutions ont été proposées pour le problème de Cornelis DOUWES, en coordonnées sphériques

liées à la terre. La première est réputée remonter à 1869, avant même l'introduction de la méthode simplificatrice de Marcq de Saint Hilaire. Un aboutissement moderne est l'approche élégante présentée en 1997 par S. W. GERY dans la revue américaine « Navigation » [5]. Elle se limite par essence au problème de 2 observations ( $n = 2$ ).

À des fins de confrontation, la méthode du Plan des Sommets a été appliquée à deux des cas calculés par S. W. GERY. Le premier cas est le cas « d'observation réelle » de Vénus et de l'Épi de la Vierge. Le second cas est le « cas spécial » (à GHA identiques) qui a demandé à S. W. GERY quelques précautions sur la détermination des angles.

Les résultats affichés par ASTROLAB sont reproduits ci après. Est-il besoin de mentionner que les théâtres exotiques (Floride ou Micronésie) ne le prennent pas au dépourvu ?!

### Cas « d'observation réelle » :

N°	Date	Heure TU	Long. esti.	Lat. estim.	Haut. sext.	Haut. corri.	GHA	Déclin
5	4/02/95	23h40m31s	0°0'W	0°0'N	#	28.9133°	39.7250°	-20.7950°
4	4/02/95	23h29m15s	0°0'W	0°0'N	#	47.5633°	105.2350°	-11.1367°
N°	Long. calc.	Lat. calcul.	Ecart	Commentaires				
5				VENUS – Cas réel GERY p 19				
4				EPI – Cas réel GERY p 19				

N° d'OBSERVATIONS choisies dans le FICHER ?		4, 5
Calcul instancié à la DERNIERE OBSERVATION		CAS STRICTEMENT CONDITIONNE
<b>PREDICTION et RESULTATS</b> <b>Latitude = 27°39.13'N</b> <b>Longitude = 0°W</b> <b>Altitude = 0 Naut</b>		PAS de CORRECTION
ECART PT CALCULE à PT ESTIME = #		

### « Cas spécial » avec Arturus et la Lune au même angle horaire (GHA) :

N°	Date	Heure TU	Long. esti.	Lat. estim.	Haut. sext.	Haut. corri.	GHA	Déclin
7	12/03/93	5h32m38s	135°0'W	0°0'N	#	49.9117°	218.09833°	-17.0633°
6	12/03/93	5h3014s	135°0'W	0°0'N	#	51.2617°	218.09833°	19.2133°
N°	Long. calc.	Lat. calcul.	Ecart	Commentaires				
7				LUNE – Cas réel GERY p 23				
6				ARCTU – Cas réel GERY p 23				

N° d'OBSERVATIONS choisies dans le FICHER ?		6, 7
Calcul instancié à la DERNIERE OBSERVATION		CAS STRICTEMENT CONDITIONNE
<b>PREDICTION et RESULTATS</b> <b>Latitude = 2°15.0'N</b> <b>Longitude = 177°30.9'W</b> <b>Altitude = 0 Naut</b>		PAS de CORRECTION
ECART PT CALCULE à PT ESTIME = #		

### Commentaires et conclusion

Dans les tableaux précédents, la position estimée a toujours été prise volontairement très loin du champ d'opération. En l'occurrence, elle ne sert qu'à lever le doute entre les 2 solutions mathématiques autorisées par la limitation à 2 observations. Les solutions sont réputées exactes, puisque le système n'est pas surconditionné (2 observations seulement pour déterminer 2 inconnues).

Dans les 2 cas présentés (et dans les autres), les résultats délivrés par ASTROLAB sont strictement identiques à ceux obtenus par S. W. GERY (le dernier chiffre significatif de S. W. GERY est le dixième de minute). Il faut souligner en outre que la méthode du Plan des Sommets, à base cartésienne, est parfaitement indifférente aux alignements de GHA, comme à d'autres subtilités de la trigonométrie sphérique (dépassement des pôles par exemple).

## 10. RÉDUCTION D'INCERTITUDE PAR EFFET DE FOISONNEMENT

Un des intérêts de la méthode du Plan des Sommets est sa capacité à traiter un nombre  $n$  quelconque d'observations, sans accroissement de complexité par rapport au cas classique où  $n = 3$ .

Cet intérêt n'est pas gratuit, dans la mesure où l'observateur, délivré des servitudes de l'Astro conventionnelle, va pouvoir se concentrer sur le sextant et la montre, et multiplier ses relevés à loisir. Or la multiplication des observations, à qualité constante, peut conduire à une certaine réduction de l'incertitude sur le résultat.

En partant du principe que la même loi d'incertitude affecte les coordonnées de chaque Sommet de cône-enveloppe, et que le traitement effectué est en grande partie linéaire, alors le théorème Central Limite [6, 7] devrait s'appliquer pour  $n$  suffisamment grand. Ce théorème prédit une loi normale, avec réduction d'incertitude, sur le résultat final. Pour des observations respectant une géométrie régulière, affectées en outre de lois normales, la loi normale résultante aurait un écart type divisé par la racine carrée de  $n$ . Ici c'est plutôt la racine carrée de  $(n-2)$  qui est

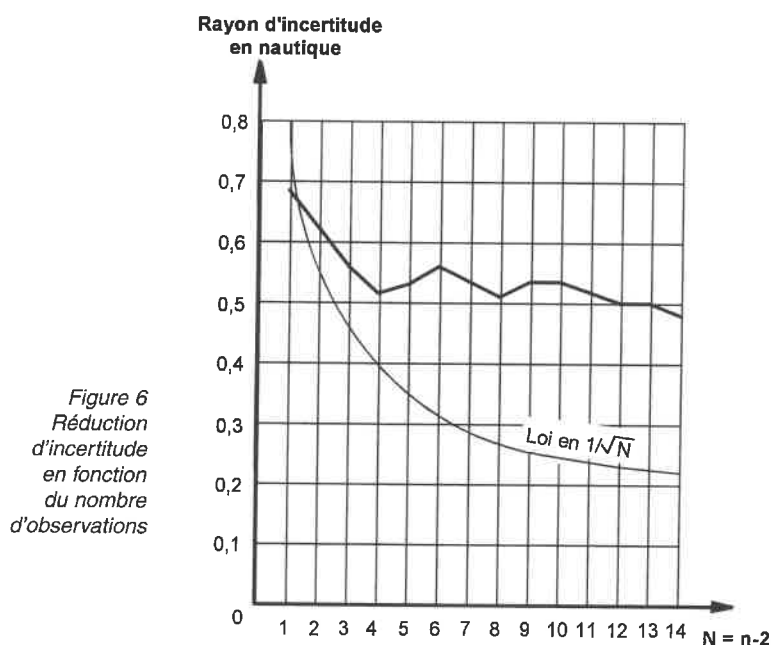
à considérer, puisqu'il faut au moins 3 observations pour une solution complète chiffrant l'incertitude.

Bien entendu, la réalité n'est pas aussi simple : la géométrie des observations n'est en général pas régulière, donc leur pondération n'est pas forcément équilibrée dans le résultat ; en outre, l'étape de correction introduit des non-linéarités. Enfin  $(n-2)$  est rarement aussi grand qu'on le souhaiterait ! Cependant, un effet de réduction d'incertitude peut effectivement être constaté, dans beaucoup de cas, en foisonnant les relevés à partir d'un même point fixe.

Une illustration en est donnée par une série d'observations soignées à partir du siège de LOCBAT, en banlieue sud-ouest de Paris. Les visées ont été faites avec l'aide d'un horizon artificiel, sur le soleil et la lune (le halo de Paris ne facilitant pas le travail avec d'autres astres).

Les valeurs de 16 relevés convenablement ordonnés en azimut (en fait réalisés sur plusieurs jours) sont présentées dans la table ci après, en degrés décimaux. Sur le diagramme qui fait suite (*figure 6*), le rayon d'incertitude calculé par la méthode du Plan des Sommets est porté en fonction du nombre d'observations pris en compte.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
GHA°	309,325	358,933	46,8933	314,936	24,779	70,2575	331,997	40,1967	297,835	14,82	70,8833	323,892	4,233	60,3167	280,555	14,485
Décl°	22,8078	22,9864	23,4222	23,4183	22,8255	23,4067	23,420	23,4228	23,4183	-21,198	23,4242	23,3917	22,9867	22,3775	15,1267	-15,025
Haut vraie°	44,0123	64,233	44,0333	47,941	56,4333	28,7416	57,525	48,197	37,0017	18,4321	28,3271	53,21	63,75	34,5701	19,70	24,5319



On peut remarquer que la courbe de variation du rayon d'incertitude est globalement décroissante en fonction de  $n$ , à quelques oscillations près. Cependant, pour  $n$  élevé, la décroissance n'est pas aussi favorable que la loi idéale suivant l'inverse de la racine carrée.

À noter qu'en parallèle, l'écart au point donné par le GPS décroît également et rejoint 0,38 nautique pour  $N = 14$ , ce qui le situe bien dans le disque d'incertitude.

## CONCLUSION

L'exposé précédent a présenté les fondements de la méthode du Plan des Sommets. Il a également situé les performances de cette nouvelle méthode par rapport à des méthodes d'Astro plus conventionnelles, et montré

en quoi elle s'apparentait à certaines méthodes utilisées pour le GPS.

La transformation du problème direct en 3D par l'artifice du Plan des Sommets conduit à une formulation simple, en grande partie linéaire (en coordonnées carté-

siennes), et de ce fait bien adaptée à l'ordinateur. Il n'existe probablement pas à ce jour de méthode directe à la fois aussi simple et aussi efficace pour le point astronomique.

Les moyens techniques actuels rendent faisables une intégration ergonomique, et même une véritable hybridation des 2 méthodes — Plan des Sommets et GPS —, sur la même petite machine. Beaucoup de HPC ou de « palm-top » peuvent maintenant accueillir une mini-carte additionnelle pour le GPS (par exemple de type PCMCIA). Le reste est affaire de représentation commune et d'organisation des calculs [8].

Il est prévu qu'une prochaine version d'ASTROLAB soit dotée de ces perfectionnements, afin de conjuguer les avantages pour l'utilisateur : à savoir la précision et la disponibilité incomparables qu'assurent le GPS et le merveilleux contact à l'univers que continue à procurer l'Astro... Voilà un bon moyen, amis navigateurs, que vous soyez novices ou experts, d'éduquer ou d'entretenir votre sixième sens !

De même, un support graphique unifié sera proposé ultérieurement pour l'Astro et le GPS, sur un fond de carte vectorielle (ECDIS : Electronic Chart Display & Information System), en version à installer sur un PC conventionnel ou sur un portable suffisamment puissant.

## Références bibliographiques :

- [1] Y. ROBIN-JOUAN : « Navigation astronomique sur micro-informatique : faisons le point »  
*Navigation* (revue technique de l'Institut Français de Navigation), N° 174, avril 1996
- [2] S. BANCROFT : « An algebraic solution of the GPS equations »  
*IEEE Trans AES*, 1986
- [3] P. Y. POMMELET : « Comparaison et optimisation d'algorithmes pour le calcul du point GPS »  
*Publication LRBA*, 1994
- [4] C. MILLION : « Calcul d'un point GPS approché »  
*Revue xyz*, N° 68, 3<sup>e</sup> trimestre 96
- [5] S. W. GERY : « The direct fix of latitude and longitude from two observed altitudes »  
*Navigation USA* (journal of the Institute of Navigation), N° 1, spring 1997
- [6] D. BRAIDOTTI & V. VIARD : « Précis de statistique et de probabilités »  
*Université de Paris 1*, 1977
- [7] W. B. BEYER : « Standard Probability and Statistics »  
*CRC Press*, USA, 1991
- [8] Y. ROBIN-JOUAN : « Du positionnement Astro au GPS : continuité ou révolution ? »  
*Loisirs Nautiques*, N° 310 & 311, octobre & novembre 1997.



**Le plaisir retrouvé de la Navigation Astro,  
sans les servitudes !**

**ASTROLAB**

(voir article dans le présent numéro de xyz)

- Une méthode directe 3D, innovante, entièrement automatisée,
- Des algorithmes aussi puissants que ceux du GPS,
- Des éphémérides perpétuelles, assurant une complète autonomie.

**LOCBAT**

2 rue du Plaimont  
91430 IGNY

© 01 69 41 03 04

E-mail : yrobinjo@club-internet.fr

**Version compatible PC, portable ou notebook :**  
470 F TTC - Fichier de tests et documentation intégrés

# cadastre et état

une histoire  
parallèle

éléments pour une  
analyse  
de longue durée,  
de Rome à Napoléon

Mireille Touzery

Université Paris XII

Val de Marne

## 3ème partie



Planche 13 – Plan terrier de la Corse - Pieve de Bastia  
Archives de la guerre - Château de Vincennes

### 3. La réalisation du cadastre.

#### a. Les instructions de l'intendant.

Dans sa soumission, l'arpenteur s'engage à réaliser l'arpentage par masse de culture de chaque paroisse fiscale ou collective. Il en reconnaît d'abord les limites avec discussion contradictoire entre les représentants de la paroisse et ceux des paroisses limitrophes. À cet effet, les syndics sont tenus de fournir des indicateurs à l'arpenteur, au vu de sa commission et à la réquisition du commissaire aux impositions.

Une fois les limites de la collecte reconnues, l'arpenteur mesure chaque nature de terrain (bois, labours, prés...). Il ne fait aucune estimation. Cela est du ressort des experts nommés par les commissaires aux impositions. Il rédige un procès-verbal de son travail où il indique la contenance de chaque nature de terrain à la mesure du lieu, en donnant la définition de cette dernière (nombre de perches, de pieds et de pouces) et à la mesure du roi, c'est-à-dire à l'arpent de 22 pieds par perche et 100 perches carrées par arpent (51,07 ares). Devant la diversité des mesures, il est indispensable à l'administrateur parisien d'avoir une unité commune.

Les procès-verbaux sont le plus souvent rédigés sur des cahiers d'un format identique, de 30 cm sur 25, reliés

par un ruban de soie de couleur différente suivant l'élection à laquelle appartient la paroisse. Ces cahiers sont vraisemblablement fournis par l'intendance.

L'arpenteur lève enfin un plan de la paroisse. Il est encore à souligner que beaucoup de cadastres du XVIII<sup>e</sup> siècle se lèvent sans plan et se bornent à être, suivant leur définition stricte, des relevés de surfaces évaluées à des fins fiscales. Tels sont nombre de comports mais aussi les cadastres de La Ensenada en Castille, de Patiño en Catalogne ou celui de l'intendant Aubert de Tourny en Limousin. Le passage au document figuré, même s'il était perçu comme "la perfection de l'ouvrage", n'était pas indispensable à l'assiette de l'impôt, raison d'être de ces entreprises. Dans le cas Bertier, le plan cadastral était d'autant moins indispensable que, ne faisant pas apparaître les structures foncières, il ne pouvait pas non plus servir de livre foncier et de reconnaissance juridique de la propriété ; ce que faisaient au contraire les cadastres des pays germaniques. En effet, comme on l'a vu, dans les pays de taille personnelle, l'interlocuteur fiscal était l'individu, et non le sol. Le pays fiscal se percevait donc avant tout comme une liste de contribuables, et par extension de paroisses, bien avant d'être un espace géographique stable que l'absence d'une cartographie



Planche 13 bis – Plan terrier de la Corse – Pieve de Luri – Rouleau 1 – Archives de la guerre – Château de Vincennes

précise empêchait, en outre, de s'imposer clairement à l'esprit de l'administrateur.

Il existe certes depuis longtemps des plans des paroisses ou des seigneuries dont les habitants n'avaient d'ailleurs pas besoin pour connaître exactement leurs terroirs et repérer qui était, par exemple, le légitime destinataire de la dîme ou du cens. Il existe aussi, au XVIII<sup>e</sup> siècle, depuis le travail des Cassini, une carte topographique générale du royaume. Mais les intendants, échelon intermédiaire entre la vision royale et la vision locale, ne disposeront jamais de cartes de leurs généralités où figurent les limites des paroisses. Seules y apparaissent, au mieux, les limites d'élections. La carte des Cassini ne pouvait leur être d'un grand secours. Son découpage en dix-huit feuilles ne correspondait pas aux généralités. Son projet, celui d'une famille d'astronomes, privilégiait une topographie géométrique et n'avait pas pour ambition d'être un instrument d'administration. L'absence de la carte comme outil de travail administratif était sensible jusqu'au sommet de l'État qui, de tout l'Ancien Régime, ne devait jamais posséder une bonne bibliothèque de cartes. Cette situation dans le monde politique trouvait son écho dans l'édition où la carte était un objet encore rare et peu diffusé : les très nombreuses illustrations de l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert n'en comprennent pas une seule. Cette lacune de l'information graphique n'est en aucun cas assimilable à un flou des limites territoriales sur le terrain où des bornes venaient physiquement marquer les limites les plus sensibles. Elle traduit seulement un mode d'administration organisé majoritairement autour de la personne, et non de l'espace, démarche que devait inverser, pour une part, la Révolution. En attendant le renversement de tendance, l'appréhension cartographique d'une question fiscale par l'intendant de Paris, Bertier de Sauvigny, devait signaler son cadastre à l'attention de ses contemporains

comme une œuvre exceptionnelle, voire étrange dans un pays de taille personnelle. Aussi, si l'intendant de Paris pouvait fiscalement se contenter du procès-verbal de l'arpenteur, il est probable que le plan, de fait redondant, était conçu comme un instrument de vérification dudit procès-verbal. Il répondait enfin au mouvement de curiosité pour le paysage qui parcourait l'époque.

Peintres s'adonnant au genre nouveau en France de la peinture de vue, tel Joseph Vernet et sa série des Ports de France, promeneurs solitaires tels Rousseau ou voyageurs curieux illustrant sur leurs carnets leurs Voyages pittoresques, explorateurs au long cours tel Bougainville, scientifiques méthodiques tel La Condamine, économes physiocrates, botanistes ou agronomes avertis, tel l'anglais Arthur Young classant les paysages agricoles français, savants topographes à l'œuvre dans des relevés géométriques tels les Cassini, tous témoignent de l'œil inquisiteur nouveau que pose le XVIII<sup>e</sup> siècle sur son environnement géographique. Une manière d'encyclopédie topographique de la France se constituait ainsi par morceaux, à laquelle contribuaient, peu à peu, les administrateurs du fisc, qui avaient à connaître une terre ni poétique, ni pittoresque, ni scientifique, mais productrice d'impôts. Dans le sud du royaume, les compoix s'accompagnaient de plus en plus fréquemment de plans, même s'ils se souciaient de cartographier l'appropriation du parcellaire, avant l'occupation agronomique du sol. Dans la généralité de Paris, les plans par masse de culture de l'intendant de Bertier, adoptant une démarche inverse, participaient encore plus directement à ce mouvement de prise de connaissance de l'espace des hommes qui saisissait la société des Lumières tout entière et plus seulement les utilisateurs professionnels de la géographie : marchands et guerriers.

Pour ce qui est de leur définition pratique, les plans Bertier sont levés à l'échelle de 12 lignes ou un pouce de





Planche 14 – Carte de Cassini – Feuille de Paris  
Exemplaire utilisé par les Constituants en 1790 pour tracer les limites du département de la Seine  
Signatures des députés visibles en haut de la feuille (au centre celle du marquis de Beauharnais) – Archives Nationales

Paris (2,7 cm) pour 100 toises de Paris (1,94 m x 100). Si l'on donne une conversion sommaire, l'échelle est de 3 cm pour près de 200 m ou 1 cm pour 66 m, soit 1/6 000 environ. C'était approximativement l'échelle du cadastre d'Alsace levé au 1/5 200, échelle aussi utilisée plus tard pour le cadastre napoléonien par masse de culture (1/5 000). Mais, à la même époque, les mappes de Savoie ont une échelle neuf fois plus précise au 1/2 300. Il est vrai que les autorités sardes avaient commandé un cadastre parcellaire, exigeant donc une lisibilité plus poussée que l'arpentage de l'intendant de Paris. Le planterier de la Corse (planche 10), nouvelle acquisition de la Monarchie (1768), visait, quant à lui, un objectif fiscal assez mal précisé, et connu des changements de définition et d'échelle. Le projet original de 1770 d'un relevé parcellaire au 1/5 000 donna jour en 1795, à un relevé par masse de culture au 1/10 000 (1 ligne pour 12 toises et demie), dont l'utilité fut principalement topographique, compte tenu du changement de contexte politique et administratif. Ces plans, à motivation fiscale, se distinguent tous nettement de la carte dite de Cassini (planche 11), première véritable carte géographique générale de la France. Levée avec une échelle beaucoup plus petite de 1 ligne pour 100 toises, soit au 1/86 400, celle-ci réalise la représentation spatiale du territoire, dans une perspective géométrique, mais elle distingue peu les natures de terrain et pas du tout le parcellaire.

Sur les plans Bertier, l'arpenteur doit porter indication des noms des paroisses limitrophes, de l'échelle, du sens

d'écoulement des cours d'eau et des points cardinaux. Le nord n'est pas forcément en haut du plan, l'orientation de celui-ci étant dictée non par la géographie, mais par la disposition harmonieuse de la paroisse sur la feuille de papier de format le plus souvent rectangulaire. L'arpenteur doit surtout représenter tous les terroirs de la paroisse. Leur recensement, objet même de l'entreprise, singularisait le cadastre de l'intendant, qui constitue ainsi une des premières cartes thématiques systématiques produites dans le royaume. Les couleurs de chaque terroir sont imposées par l'intendance mais respectent les usages généralement en vigueur dans la cartographie de l'époque tels qu'en rend compte l'Encyclopédie méthodique par exemple (article "Figurés").

Les bois sont en vert foncé mêlé de gomme gutte pour imiter la feuille morte.

Les prés sont en vert tendre.

Les friches sont en vert triste mêlé de brun pâle.

Les vignes sont en jaune mêlé de gomme gutte foncée.

Les terres labourables sont en couleur de terre pâle.

Les bâtiments et murs de clôture sont en carmin.

Les rivières et les étangs sont couleur d'eau.

Les communaux sont dans la couleur de leur nature, entourés d'un liseré rouge.

Le coloriage est fait au lavis, suivant la technique employée généralement pour les plans ou les cartes, c'est-à-dire avec des couleurs claires qui assurent une lisibilité maximale des indications notées sur le plan. La technique du lavis permettait aussi de porter des ombres.

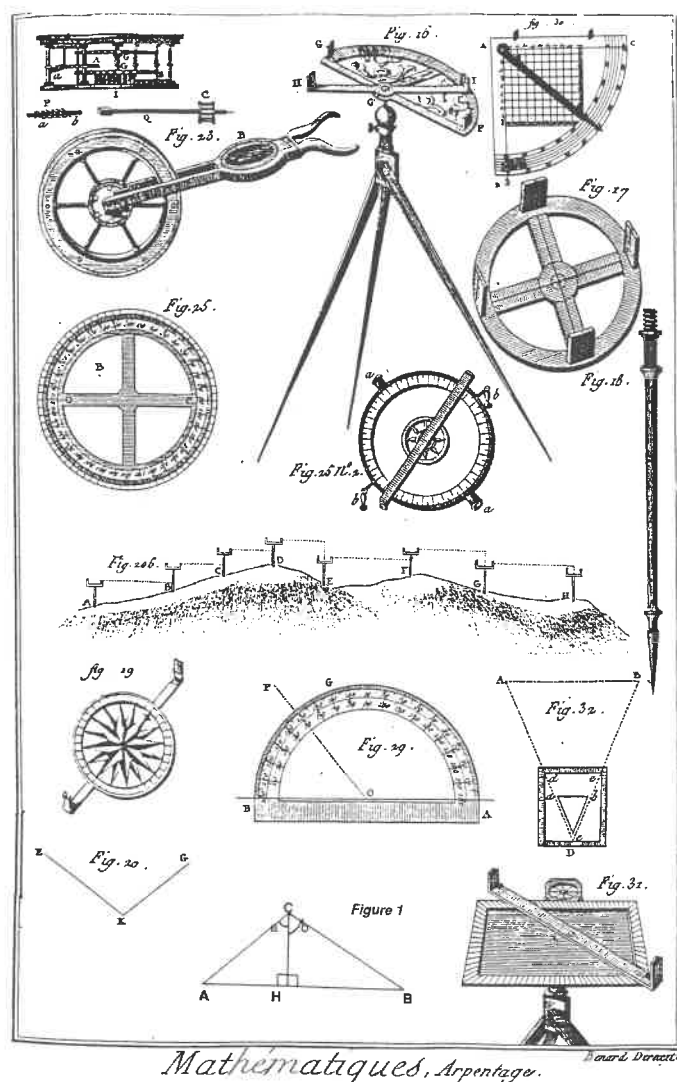
Pour cela, chaque teinte était reprise en la délayant plus ou moins. L'écriture doit être lisible et l'orthographe correcte ; les abréviations sont interdites sur le plan comme sur le procès-verbal. Les délais de réalisation sont d'un plan et un procès-verbal par mois. Les frais de l'arpentage sont à la charge des paroisses au tarif unique de 3 sols l'arpent du roi, par voie de réimposition supplémentaire au rôle de taille, l'année suivant l'arpentage. Le tarif est le même que celui de Tourny dans la généralité de Limoges qui ne s'appliquait cependant qu'à un relevé des surfaces, sans production de plans. Mais il est moins élevé que celui appliqué au terrier de la Corse levé à la même période, entre 1771 et 1796. L'édit de 1770, qui organisait la confection de ce dernier, le mettait à la charge des contribuables à raison de 5 sols par arpent commun (à 20 pieds, soit 42,2 ares) et non par arpent du roi (à 22 pieds, soit 51,07 ares) comme à Paris. Le tarif était ainsi nettement plus lourd. Mais il s'agissait, il est vrai, d'un terrier conçu au départ comme un parcellaire, avec une représentation exacte du relief, en pays montagneux, exigeant donc un mesurage plus précis et plus long. L'ouvrage fut d'ailleurs réalisé par des ingénieurs, sur le mode, finalement, d'une carte générale présentée sur des rouleaux et non de plans séparés de chaque pieve (communauté). D'un esprit tout différent, il est donc difficile de comparer ce plan-terrier au travail de Bertier de Sauvigny. Le premier relevait, en fin de compte, d'une prise de connaissance globale d'un territoire récemment entré dans le royaume de France et encore inconnu des administrateurs, quand le second s'inscrivait dans un processus fiscal précis.

Pour être indemnisés, les indicateurs de limites doivent avoir des certificats d'accompagnement faits par l'arpenteur, indiquant le temps passé en relevé. Si les indicateurs ont servi de porte-chaîne, c'est à l'arpenteur de les rémunérer, comme tout porte-chaîne, porte-corde ou aide en général. S'ils n'ont fait qu'indiquer les limites de la paroisse, suivant les ordres du subdélégué au syndic, leur rémunération est à la charge de la paroisse quand la durée du relevé n'excède pas deux à trois jours. Si l'arpentage a duré plus longtemps par suite d'une étendue ou de difficultés particulières, les syndics sont autorisés à prendre sur les revenus communaux.

#### b. Les techniques d'arpentage (planche 15).

Le travail technique d'arpentage, tel que le laissent rarement apercevoir les procès-verbaux, repose sur l'usage d'une méthode et d'instruments simples : la triangulation qui dispensait de connaissances trigonométriques poussées, une chaîne ou une corde et une équerre.

Dans la méthode de la triangulation, l'arpenteur mesure d'abord à la chaîne les côtés de la parcelle. Il calcule ensuite sa surface en employant la formule ad hoc : côté par côté pour le carré, largeur par longueur pour le rectangle, somme des bases par la hauteur et division par 2 pour le trapèze, hauteur par base et division par 2 pour un triangle. La seule difficulté est de repérer l'angle droit qui, à partir de la base, donnera la hauteur pour les parcelles triangulaires ou trapézoïdales. Suivant un procédé connu depuis l'Antiquité, l'arpenteur utilise alors une équerre plus ou moins perfectionnée et qui peut n'être que deux branches de métal se croisant à angle droit, "le tout est monté sur un bâton" ; d'où le nom de bâton d'arpenteur également donné à cet instrument.



Instruments d'arpentage (planches de l'Encyclopédie méthodique)

Fig. 16 - Graphomètre ou demi-cercle

Fig. 17 - Équerre simple ou bâton ou croix d'arpenteur

Fig. 18 - Pied de l'équerre simple

Fig. 19 - Cercle d'arpenteur ou théodolite

Fig. 23 - Odomètre ou compte-pas

Fig. 25 et 25 n°2 - Planchette ronde

Fig. 29 - Rapporteur

Fig. 31 - Planchette

Planche 15

L'arpenteur place son équerre sur la base du triangle à l'endroit où il a en ligne de mire perpendiculaire le sommet opposé du triangle, indiqué soit par un aide, soit par un repère (borne, arbre, bâtiment...). Il n'a plus qu'à mesurer à la chaîne la hauteur ainsi définie par son rayon visuel. Pour le calcul des surfaces, la triangulation suffit. La levée de plans rendit cependant nécessaire des méthodes intellectuelles plus poussées et un matériel plus élaboré. Il fallait désormais connaître les orientations dans l'absolu, par rapport aux points cardinaux, et dans le relatif, des objets les uns par rapport aux autres. Il fallait donc connaître les angles avec précision ainsi que la longueur de tous les côtés des parcelles.

Plus l'arpenteur développe les outils mathématiques et moins il a de travail physique à opérer. Dans le cas du cadastre Bertier, où les mesures se font par masse de culture et non par parcelle, l'importance des surfaces rend difficile leur arpentage intégral à la chaîne avec disposition de jalonnets tout au long des côtés mesurés, comme on le fait traditionnellement dans les arpentages forestiers par exemple. L'usage des formules mathématiques devient alors une quasi-obligation. L'importance des calculs par sinus et cosinus est soulignée notam-

ment dans le manuel d'Ozanam, *Traité de l'arpentage et du toisé*, rédigé à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle et régulièrement réédité au XVIII<sup>e</sup>. Les tables de cosinus sont largement publiées tout comme celles des racines carrées ; celles de sinus sont plus rares. Aussi c'est très probablement le théorème de Pythagore qu'utilisent les arpenteurs de Bertier, plus que la formule du sinus. Ce théorème est utilisable même en cas de méconnaissance de toute trigonométrie et de recours uniquement à l'équerre et à la chaîne ; il dispense au moins d'aller mesurer physiquement le troisième côté ; l'extraction de la racine carrée peut se faire de tête, sans tables. Et si Louis-Antoine Didier fonde son *Pratique de l'arpentage* sur les calculs trigonométriques, Picq, dans son ouvrage *De l'usage de la chaîne...*, considère comme acquis par tous les arpenteurs l'extraction de la racine carrée, donc le théorème de Pythagore. Cependant beaucoup d'arpenteurs faisaient une extraction approximative des racines carrées ; ce qui pouvait donner lieu à des erreurs importantes pour la levée de cartes sur de grandes surfaces. C'est pourquoi Cassini de Thury exigeait la mesure réelle du troisième côté. Dans le cas des plans d'intendance de Bertier de Sauvigny, levés sur un espace plus restreint, les erreurs de calcul tiraient moins à conséquence. Néanmoins, le développement de la cartographie au XVIII<sup>e</sup> siècle est sans nul doute l'aiguillon professionnel qui conduisait les arpenteurs à acquérir davantage de connaissances théoriques et les transformait peu à peu en spécialistes. Ainsi Jean-Jacques Rousseau, employé à Chambéry à la levée du cadastre sarde dans les années 1730, avait dû acheter, outre des instruments de dessin et des couleurs, des livres d'arithmétique. Car "quoiqu'il ne fallût pas à nos opérations une arithmétique bien transcendante, écrit-il, il en fallait assez pour m'embarrasser quelquefois [...] L'arithmétique pratique s'étend plus loin qu'on ne pense quand on y veut mettre l'exacte précision. Il y a des opérations d'une longueur extrême au milieu desquelles j'ai vu quelquefois de bons géomètres s'égarer". Quant à l'Encyclopédie, elle estimait indispensable "qu'un arpenteur sache bien l'arithmétique et la géométrie pratiques ; on ne devrait même jamais en recevoir à moins qu'ils ne fussent instruits de leur art".

Restait la question du relief. On ne connaît aucune instruction de l'intendance à ce propos. Tant qu'il ne s'agissait que de calculer des surfaces, l'arpenteur mesurait en mettant sa chaîne à plat sur le sol, que le terrain fût pentu ou plat. La nécessité de produire des plans conduisait impérativement à abandonner cette méthode qui produisait des distances plus grandes que sur le terrain. En effet, constatait Picq dans son *Usage de l'équerre simple et composée*, "lorsqu'on a à arpenter des terres, des prés, des vignes, situés sur des coteaux, il faut les mesurer suivant la rampe du coteau, seulement pour en avoir la superficie. Mais s'il faut en lever le plan, la figure ne peut plus se fermer avec précision". L'arpenteur mesurait alors en projection, en restant dans un plan horizontal. Il fixait sa chaîne ou sa corde, d'une part en un point (x) du terrain, d'autre part au sommet (y) de son bâton d'arpenteur fiché perpendiculairement au sol en un point (z) situé en aval du premier point. La distance et la pente devaient être telles qu'entre (x) et (y), la corde soit tendue à l'horizontale. L'arpenteur répétait l'opération jusqu'à ce qu'il arrive en bas de la pente. Les surfaces des terrains inclinés, calculées le plus souvent à partir du graphique,

se trouvaient alors quelque peu sous-estimées. Mais c'était le seul moyen d'avoir des plans corrects.

Pour mesurer physiquement les distances, l'arpenteur utilise le plus souvent la chaîne. De l'avis unanime, elle est préférée à la corde qui rétrécit lorsqu'elle est mouillée et n'offre pas la même rigidité. Les arpenteurs sont souvent munis de chaînes de différente longueur, de 20 ou de 24 pieds par exemple (une petite dizaine de mètres dans ce dernier cas, soit approximativement la longueur d'une perche). L'inconvénient est le peu de rapidité du maniement de l'instrument et son poids, qui rend souvent nécessaire la présence d'un porte-chaîne. Pour les pallier, il existait pourtant un appareil sophistiqué : l'odomètre. Il s'agit d'un compte-pas qui compte les toises et les lieues en utilisant un système de roue à came et d'engrenage totalisateur. Il y en avait deux versions : l'une, connue aussi sous le nom de roue d'arpenteur, s'adaptait à une roue de carrosse ou de voiture et comptait le chemin par tour de roue ; l'autre, connue sous le nom de podomètre, s'ajustait au genou du marcheur dont chaque pas faisait avancer le compteur.

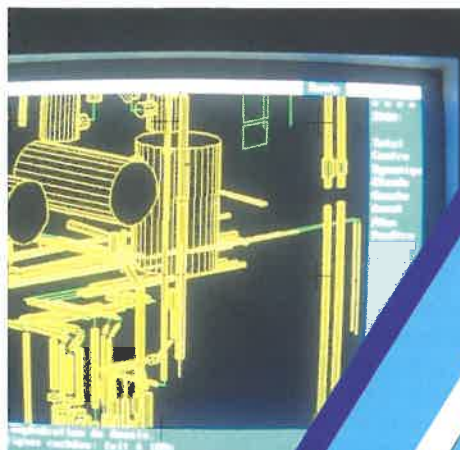
Pour relever les angles autres que droits donnés par la traditionnelle équerre, l'arpenteur pouvait utiliser la planchette. La planchette est un panneau de bois de 40 cm sur 30 environ, fixé à un pied à trois branches pendant le travail. Elle porte une alidade ou index, règle de cuivre terminée par deux pinnules ou viseurs. Cette alidade peut pivoter autour d'un axe central. L'arpenteur pose sa feuille de papier directement sur la planchette et dessine immédiatement les angles relevés. La planchette peut aussi être munie d'une boussole fixée sur le côté pour orienter l'instrument et donc le relevé. Sinon, l'arpenteur utilise une boussole indépendante. La planchette avait cependant un défaut, à savoir "que le papier rend cet instrument impraticable par un temps humide ou pluvieux. On s'aperçoit même que la rosée du matin ou du soir enfle ou gonfle considérablement le papier et par conséquent qu'elle déjette l'ouvrage". C'est pourquoi l'on renonce souvent à son usage qui implique presque toujours de recommencer le plan au propre. On peut alors utiliser trois autres instruments de relevé : le graphomètre ou demi-cercle, le cercle d'arpenteur ou théodolite, le quart de cercle, exactement de même principe que le demi-cercle.

Dans l'ignorance des inventaires après décès de la plupart des arpenteurs, on ne sait pas quel matériel ils possédaient réellement. Si, outre les quarante-cinq volumes de géométrie où devaient certainement figurer des tables de trigonométrie, on compte chez Guillaume Dubray une équerre, quatre chaînes de différentes longueurs et un graphomètre, il s'agit sans doute d'un cas exceptionnel. Et on incline à croire Picq qui, dans son manuel *"De l'usage de la chaîne"*, souligne que l'usage du graphomètre n'est pas courant dans les campagnes. Confirmant l'avis du praticien, sont les regrets vers 1760 du subdélégué de Chasseneuil qui déplore que, dans la généralité de Limoges, les arpenteurs n'utilisent pas "les compas de proportion, l'astrolabe, la planchette, la boussole et l'équière (sic)"; ce qui leur interdit, selon lui, de "trouver une contenance juste, ni une proportion régulière parce qu'on ne peut, au point de vue, connaître l'ouverture des angles qu'il faut savoir pour toiser, arpenter et lever des plans". C'est justement pour pallier cette lacune que l'intendant Turgot faisait venir de Paris un ingénieur familier du matériel plus sophistiqué utilisé dans l'entre-



# ÉTUDES ET DÉVELOPPEMENTS

- ◆ Méthodes et logiciels spécifiques
- ◆ Intégration de moyens de mesures à des systèmes asservis
- ◆ Contrôle dynamique de machines complexes



## G<sup>2</sup> Métric

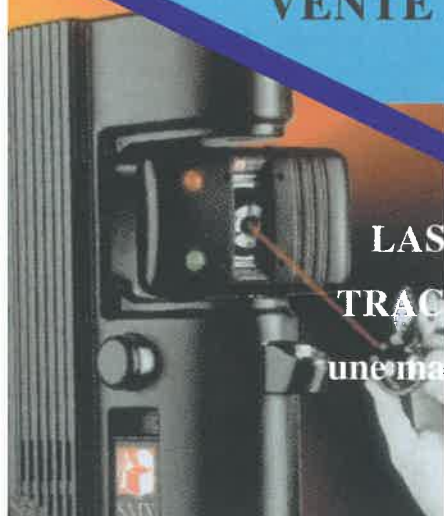
### LA MESURE AU CARRÉ

## INTERVENTIONS SUR SITE

- ◆ Réglages et contrôles périodiques d'outillages.
- ◆ Contrôle géométrique d'objets de grandes dimensions.
- ◆ Relevé de surfaces complexes et comparaison à la définition théorique.
- ◆ Mesures des déformations de structures en cours d'essais mécaniques ou aérodynamiques.
- ◆ Relevé de "routing" de tuyauteries.
- ◆ Alignement d'antennes et d'équipements de satellites.
- ◆ Relevé "Tel que Construit" d'installations.
- ◆ Relevé de coupes de racks.
- ◆ Contrôle géométrique d'équipements.

## VENTE DE MATÉRIEL ET ASSISTANCE TECHNIQUE

### PHOTOGRAMMÉTRIE NUMÉRIQUE ROLLEI



**LASER  
TRACKER SMX**

**une machine à mesurer portable**

- ◆ Un capteur numérique grand format haute résolution
- ◆ Un logiciel de traitement automatique
- ◆ Très haute précision : 5µm/m
- ◆ Étendue de mesure de 0 à 35 m



**Contacts :**

**Mr Marc GELMAN  
Mr François GASTOU**

**Tél.: 05.61.71.36.89**

Fax : 05.61.71.26.97 / e-mail : g2.metric@hol.fr  
70, avenue de Gameville 31650 Saint Orens

prise Cassini : demi-cercle à lunette, règle de cuivre, compas de six pouces, lunette de deux pieds, loupe et rapporteur en corne. Avec lui, il s'attelait également à la rédaction d'un opuscule pour recommander aux arpenteurs limousins l'usage de la planchette, alors inconnu. Aussi est-il probable qu'à Paris, comme à Limoges, l'équerre, la chaîne et le théorème de Pythagore restaient les bases matérielles et intellectuelles de la profession d'arpenteur.

### c. Le travail de terrain.

Il fallut 15 ans pour arpenter les 2 117 collectes de la généralité, de 1776 à 1791, soit près de 20 000 km<sup>2</sup>. 80 % des plans et des procès-verbaux d'arpentage sont parvenus jusqu'à nous.

Au tarif de 3 sols l'arpent du roi, cette opération a dû coûter environ 550 000 livres, acquittées par le contribuable. À titre de comparaison, en 1783, le Roi achète Rambouillet au duc de Penthièvre pour le prix jugé exorbitant à l'époque de 16 millions de livres ; en 1785, le joaillier Böhmer propose à la Reine le fameux collier (540 diamants) pour 1,6 million de livres, mais la Guerre d'Amérique coûtera environ 1,5 milliard pour des recettes fiscales annuelles fluctuant de 350 à 450 millions de livres environ.

La chronologie mensuelle des arpentages privilégiés, comme on peut s'y attendre, les saisons intermédiaires. 40 % des arpentages ont lieu au printemps. L'automne en comptabilise 37 %. Juillet et août, où les moissons occupent les habitants et interdisent le passage dans les champs, sont les mois les plus creux, à égalité avec l'hiver de janvier et février où le mauvais temps arrête le marcheur (2 à 4 % pour chacun de ces mois).

Dans la majorité des cas, les délais demandés ne sont pas tenus. 35 % seulement des procès-verbaux sont réalisés dans le mois imparti. Bien que les arpenteurs soient au travail dès 7 heures, il leur faut en moyenne trois mois par paroisse pour clore les opérations, depuis le début des repérages sur le terrain jusqu'à l'envoi des documents au subdélégué pour visa. Un tiers des arpenteurs n'a jamais respecté le délai de l'intendant. Le plus rapide est Jean-Nicolas Devert, arpenteur juré au bailliage de Compiègne. Il tient une moyenne de treize jours par paroisse (une paroisse moyenne fait 1 000 hectares). Mais les retards n'ont pas été sanctionnés, semble-t-il, pourvu que le travail fût de qualité. On voit fréquemment donner de nouvelles commissions à des arpenteurs qui ne se sont pas encore complètement acquittés de la première. Au total, sur l'ensemble de la généralité, la durée moyenne est de deux ans entre l'ordonnance de l'intendant et la réimposition des frais d'arpentage au rôle de taille. Le rythme est plus qu'honorable, même s'il cache de profondes disparités tenant plus à la personnalité des hommes qu'à la dimension des paroisses.

L'intendance s'est, en effet, rapidement aperçue des différences de qualité entre les arpenteurs. Elle a ainsi concentré les commissions sur les meilleurs, soumettant les autres à des réprimandes, des restrictions, voire des annulations de commission. Finalement treize hommes seulement (15 %) ont réalisé à eux seuls 60 % du travail. Si Devert est le modèle du bon arpenteur, Pierre-Georges Doderlain, de Nangis, est l'exemple de ce qu'il ne faut pas faire. Huit paroisses de l'élection de Nemours lui sont confiées par commission du 15 février 1778. Les

trois premiers plans sont envoyés au subdélégué en août 1780 seulement. Outre le retard et l'envoi groupé, qui ne sont pas de règle, Prieur de La Comble relève des erreurs dans le calcul de la superficie des chemins, l'absence des friches tant dans les relevés du procès-verbal que dans le figuré des plans ; d'où une surestimation des terrains utiles. Les bâtiments ne sont pas non plus pris en compte ; d'où surestimation des jardins — les meilleures terres — alors que les bâtiments sont entièrement à charge. On voit les conséquences fiscales de cette inexactitude. Les couleurs, enfin, ne sont pas assez distinguées : les bois ressemblent aux prés, les terres labourables ressemblent aux vignes. Reste le problème de la figuration du relief dont le subdélégué souligne la défaillance. Le fait n'est cependant pas propre aux plans de Doderlain. L'intendant n'a donné aucune consigne sur la représentation des dénivelées. Car il s'agit, dans l'esprit de Bertier, d'établir des plans, au sens précis du terme, et non des cartes topographiques. Les ouvrages sont d'ailleurs levés par des arpenteurs, comme on l'a déjà souligné, et non, sauf exception, par des ingénieurs géographes. Recevant en septembre 1780 les plans litigieux accompagnés de l'appréciation peu flatteuse du subdélégué, Pierre Dubray y note des défauts supplémentaires : fautes d'orthographe, mauvaise écriture, abréviations. Doderlain, en outre, n'aurait pas fait lui-même les relevés. Il les aurait abandonnés à son portefaîne, passant quant à lui l'essentiel de son temps au cabaret. Les plans incriminés revinrent corrigés à Pierre Dubray en octobre 1780. Celui-ci jugea le résultat assez satisfaisant pour confier à Doderlain une deuxième commission le 16 mai 1781 pour quatorze nouvelles paroisses. Il le recommandait néanmoins à l'attention du subdélégué qui avertissait : "Il serait bon de le prêcher sur la sobriété dans les campagnes".

Mais avant de pouvoir soumettre leurs travaux au jugement de Pierre Dubray, les arpenteurs furent confrontés sur le terrain à des difficultés que l'intendance n'avait pas prévues.

Se posait d'abord la question d'argent. Le paiement a posteriori du travail obligeait ceux qui n'avaient pas assez de moyens personnels à faire des dettes, chez les aubergistes notamment. Cela ne les mettait pas dans une situation favorable pour asseoir leur autorité. Prieur de La Comble a eu conscience de ce handicap et trouvait par conséquent Doderlain très "excusable de ne pas payer comptant toutes ses dépenses".

Se posait ensuite la question de l'avis du contribuable sur tout ce remue-ménage. Dans l'écrasante majorité des cas (98 %), tout se passe bien entre l'arpenteur et les habitants. Ceux-ci accueillent volontiers l'homme de l'art, parfois déjà connu d'eux et socialement l'un des leurs ; ils l'assistent dans son travail comme le demandent les instructions de l'intendant. Les villageois n'ont, en effet, pas de raison de s'opposer à ce cadastre par masse de culture qui ne les implique pas individuellement dans la réforme fiscale, ni au travers de leurs propriétés, ni au travers de leurs exploitations. L'impact de l'arpentage, destiné à être efficace à l'échelon de la répartition entre les paroisses, n'est pas directement perceptible à l'échelon de base du taillable. L'arpentage rencontrerait même une opinion plutôt favorable en ce qu'il pouvait permettre de trancher de vieux litiges de frontières entre paroisses.



Aussi dans les 2 % de protestations exprimées dans les procès-verbaux d'arpentage, on distingue nettement ce qui est désaccord avec les mesures et ce qui est opposition à l'ensemble de l'entreprise fiscale Bertier. Côté mesures, la première contestation porte sur les frontières des paroisses. Ainsi Corbeil et Essonne contestent chacune leurs limites ; Vacheresses-les-hautes et Mittainville, sa voisine, ne veulent ni l'une, ni l'autre du canton des roseaux ; Gomméville envoie un mémoire contre l'arpentage, se plaignant qu'il manque dix bornes dans le tracé des limites décrit au procès-verbal. Le syndic de la paroisse conteste aussi la superficie de bois mesurée, mais, comme le démontre l'arpenteur, il ne fait que commettre une erreur de conversion de mesure. Des désaccords sur le contenu des terroirs apparaissent : Baunes dément l'existence de vignes sur son territoire, Recloses revendique beaucoup plus de friches que l'arpenteur n'en a recensées ; Soisy-sous-Montmorency se perd dans les conversions entre son arpent et l'arpent du roi et prend pour différents des résultats en fait identiques chacun dans leur unité.

Quant à l'hostilité de fond à la réforme Bertier, pour rares qu'en soient les témoignages à l'occasion de l'arpentage, elle n'en est pas moins vigoureuse. La désapprobation put se manifester sur le terrain par le refus de donner des indicateurs à l'arpenteur. C'est le cas à Anet (Eure-et-Loir), à Corbeil, à Longpont par exemple. À Maincy, le sous ingénieur de la généralité de Paris Joseph Lesieur est obligé de faire appel au seigneur du lieu, le magistrat Saint-Yon de Rubelles qui se transporte lui-même sur le terrain. À Marly-le-Roi, Devert a recours aux syndics des paroisses voisines. À Luzarches cependant, si les habitants se refusent à fournir des indicateurs à Louis Antoine Troussu, c'est parce qu'il connaît mieux que personne les limites de sa paroisse natale. Vient ensuite le refus de signer le procès-verbal d'arpentage par le syndic ou les autres paroissiens. Le plus souvent ce refus n'est pas motivé. Parfois apparaissent des prétextes peu convaincants. À Bussyère et au Moncel, l'arpenteur Jacques Mathurin Sergent tente en vain de retenir les habitants qui sortent pourtant en foule de la messe. Ils lui déclarent préférer une partie de battoir aux affaires de la paroisse. À Corbeil, le syndic allègue un gros rhume et ne se déplace pas. À Fontenay-Trésigny, les villageois arguent qu'ils n'ont jamais demandé d'arpentage et qu'en conséquence ils ne signeront pas. À Montépilloy, on réclame l'accord du prince de Condé, seigneur du lieu, pour faire quoi que ce soit. À Arpajon, Neufmoutiers-en-Brie et la Madeleine, où l'on a déjà renvoyé Jean-Louis Droit bredouille, le deuxième arpenteur envoyé par Dubray, Charles Gergonne, n'a pas plus de succès. Il se heurte à une résistance organisée par Meunier, notaire et syndic de la Madeleine. Dans les trois paroisses, sa consigne de ne pas donner d'indicateurs et de ne pas signer le procès-verbal est efficacement suivie. À Pont-Sainte-Maxence, on proclame haut et fort le vrai motif du refus de signature. "Et m'ont (sic) dit, écrit l'arpenteur Jean Dehaître, que tout cela n'était que pour leur apportée de la taille et du vingtième ; qu'en conséquence, ils ne voulaient point signer".

En 1789, s'exprima enfin dans les Cahiers de doléances un mécontentement quant au mode de paiement de l'arpentage. Rien n'apparaît sur ce point aux procès-verbaux d'arpentage ; et il est possible que les paroisses

n'aient pas su au moment où l'arpenteur se présentait que sa rémunération leur incomberait en entier, et à elles seules. La déclaration royale de 1776 comptait imputer les frais d'arpentage aux seuls fraudeurs ; dans l'immédiat, le receveur des tailles de l'élection se chargeait de l'avance. Les Cahiers de doléances fournirent donc une occasion inespérée aux paroissiens d'exprimer leur désaccord, hélas pour eux a posteriori. La rémunération de l'homme de l'art était en effet à la charge des seuls taillables, alors qu'étaient comprises dans l'arpentage les terres exploitées par les privilégiés, certes non concernées par la réforme fiscale, mais qui rallongeaient sérieusement le travail, donc le coût du mesurage. Les habitants de La Boissière-Ecole (Essonne) se plaignent ainsi "que la paroisse est imposée cette année à une somme de quatre cent livres (sic) pour l'arpentage qui a été fait, et que dans cette somme ont payé pour les bois des privilégiées et sur 355 arpents de bruyère à Monsieur de Sauvigny (le comble !) scis auprès de ladite forêt de Rambouillet". Plus au sud, dans l'Yonne, la paroisse d'Asquins souscrivait aussi, une parmi d'autres, à cette doléance et dénonçait la non participation des privilégiés aux frais d'arpentage comme "une injustice intolérable". Saisie sur le vif et dans un petit détail, c'était la question de l'égalité fiscale qui était encore une fois posée.

#### 4. Les résultats du cadastre Bertier de Sauvigny.

Contrairement à Turgot, Bertier put voir avec satisfaction la réalisation de la quasi totalité des plans qu'il avait souhaités et la mise en place complète de la réforme de la répartition de l'impôt qu'il avait imaginée, même si les derniers arpentages furent réalisés en 1791, après l'assassinat de l'intendant, le 22 juillet 1789, sur les marches de l'hôtel de ville de Paris. Les objectifs étaient-ils atteints ?

– Techniquement, le cadastre et les mesures fiscales qui l'accompagnent sont une réussite. L'arpentage a fait surgir des terres oubliées, a donc augmenté la masse imposable et fait baisser le taux global de la paroisse.

– Néanmoins, l'opération a engendré des effets pervers. En effet, l'arpentage s'accompagnait d'une estimation générale des terres réalisée indépendamment des arpenteurs par des experts agronomes. Et c'est en fonction de la valeur moyenne de son terroir, que chaque paroisse se voyait affecter un taux d'imposition qui avait la caractéristique d'être progressif, innovation considérable à l'époque. Cependant, ces taux progressifs fonctionnaient globalement entre paroisses. À l'intérieur de chacune d'elles, tout le monde était soumis au même taux. Donc l'habitant qui avait des terres d'une valeur inférieure à celle de l'arpent moyen de la paroisse, se trouvait systématiquement surimposé, tandis que celui qui avait des terres d'une valeur supérieure à celle de l'arpent moyen, se trouvait systématiquement sous-imposé. Si la mesure agronomique était juste, les conséquences fiscales qui en étaient tirées, étaient erronées. Et les cahiers de doléances de 1789 regorgent de protestations contre ce système.

D'autre part, l'arpentage, même non parcellaire, faisait apparaître pour chaque paroisse, des possibilités d'imposition beaucoup plus considérables, ce qui avait été déjà dénoncé en 1763. Il y avait donc un risque réel pour le taillable de voir sa charge s'accroître encore ; le comble du paradoxe étant que l'intendant de Paris était

lui-même hostile aux augmentations. C'est cela même qui avait sans doute conduit Turgot à ajourner son action en Limousin en faveur du cadastre.

Aussi, finalement, cette opération techniquement réussie, devait échouer parce qu'elle avait tort politique. Elle ne faisait que renforcer les tensions entre les taillables, objets de cette politique attentive, et ceux qui échappaient, et de manière de plus en plus profitable étant donné la hausse continue de la rente foncière au long du siècle, à ces procédures d'enquête et à l'impôt. La solution à cette tension, faire contribuer les exemptés, n'était pas envisagée. Ce que veut le taillable, ce n'est donc pas la réforme de la taille mais la suppression de cet impôt, que tous les soins des administrateurs ne rendent que plus odieux. Comme le constatait Tocqueville, "dans les contrées qui avoisinent Paris, [...] la levée de la taille était devenue plus régulière, plus modérée, plus égale que dans le reste de la France. Il faut lire le règlement qui l'améliore en 1772 si l'on veut comprendre ce que pouvait alors un intendant pour le bien-être comme pour la misère de toute une province. Vu dans ce règlement, l'impôt a déjà un tout autre aspect, de telle sorte que l'on dirait que les Français ont trouvé leur position d'autant plus insupportable qu'elle devenait meilleure". L'intendant de Paris, pourtant clairement partisan de la suppression des privilèges de taille, mais à l'abri de son propre univers technocratique et tout occupé au perfectionnement d'un système interne, a-t-il eu conscience du renouvellement de tensions que provoquait sa fiscalité savante ? Elles débordent des premières lignes des cahiers de doléances et devaient, une fois libérées par la Révolution, emporter comme un fétu Louis Bénigne de

Bertier et son cadastre qui ne servit finalement que de façon éphémère, caduque dès 1790 dans un monde politique et fiscal nouveau.

### Conclusion.

Les cadastres d'Ancien Régime, liés à une fiscalité ségrégative, étaient insupportables pour les contribuables, car ils renforçaient un mode de pouvoir honni dans ses fondements. À l'inverse, le cadastre de Napoléon, passant après la Nuit du 4 août, répond à la demande générale. Il promeut l'égalité, comme il aurait pu, avant 1789, promouvoir l'inégalité. Comme prévu, le cadastre fit entrer l'État dans les communes, via les fonctionnaires des contributions directes et permit d'augmenter l'imposition. Mais la centralisation était alors un des modes du pouvoir de la Nation et non plus un avatar de l'absolutisme monarchique. Le cadastre, instrument politique de premier ordre, était alors possible.

*Les deux premières parties de cette étude sont parues dans les numéros 74 et 75 de XYZ, au quatrième trimestre 1997 et au premier trimestre 1998. Ces numéros de la revue sont à disposition sur simple demande à l'AFT.*

*Pour le détail des mécanismes fiscaux fonctionnant en liaison avec le cadastre, voir M. Touzery, L'invention de l'impôt sur le revenu. La taille tarifée, 1715-1789, Comité pour l'histoire économique et financière de la France, Paris, 1994, chapitre 5. On trouvera le taux d'imposition théorique et la valeur de l'argent moyen de chaque paroisse dans M. Touzery, Cadastre Bertier de Sauvigny. Dictionnaire des paroisses fiscales de la généralité de Paris, Caen, éditions du Lys, 1995.*

Institut privé de formation à distance fondé en 1891 par L. Eyrolles

# Des experts vous forment !

## ► Formations professionnelles

CAP d'opérateur géomètre ■ BP de chef de brigades ■ BT de technicien géomètre ■ BTS de technicien supérieur géomètre ■ Géomètre expert DPLG.

## ► Formation qualifiante de spécialisation

Photogrammétrie.

## ► Spécialisation en immobilier

Expertise immobilière ■ Métré de surfaces, d'ouvrages et de travaux ■ descriptif ■ transaction.

## ► Spécialisation en V.R.D.

Technicien ■ Chef de chantier ■ Conducteur de travaux ■ Calculateur projeteur ■ ...

## ► Concours

IGN ■ Cadastre ■ ...

Documentation  
détaillée sur  
simple demande



**ECOLE CHEZ SOI**

AU SERVICE DU BTP POUR FORMER AUTREMENT

Informations et conseils 01 46 03 66 83

3615 Ecole chez soi (1,29F/mn) • 92774 BOULOGNE CEDEX

Agrément formation professionnelle continue et contrat de qualification

# FORMATIONS DANS LE DOMAINE TOPOGRAPHIE

CYCLES DE FORMATION CONTINUE EN ALTERNANCE DE NIVEAU III  
pour jeunes en contrat de qualification ou salariés en congé de formation

CYCLES « TECHNICIEN SUPÉRIEUR » DE 18 À 24 MOIS :

- a) Cycle qualifiant : Technicien Etudes et Projets
- b) Cycle diplômant : BTS Géomètre Topographe  
réservé aux titulaires d'un Bac Scientifique ou Technique

CYCLES « TECHNICIEN PROJETEUR TOPOGRAPHE » DE 9 À 12 MOIS :

- a) Option Géomatique - SIG - CAO/DAO  
réservé aux titulaires d'un BTS Topographe ou DUT Génie Civil

*Inscriptions et renseignements prévus du 24 août 1998  
au 13 novembre 1998*



GRETA Nîmes Camargue  
48 bis, rue de Générac  
30900 NÎMES  
Tél. : 04 66 84 76 64



**Piquet  
verrou,  
accrochez  
vous !**

**NOUVEAU**



## PIQUET-VERROU, A LA POINTE DE LA RESISTANCE !

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

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

Notre produit vous intéresse,  
Renseignez-vous !

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

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

**EUROBORNES**  
L'imagination-service

email: [eurobornes@eurobornes.com](mailto:eurobornes@eurobornes.com)

Alpache

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

# PARIS et ses NIVELLEMENTS au cours des temps

par Jean ALLEMAND

Dès 1800, des nivellements appuyés sur des repères scellés, ont vu le jour. Ces repères ont aujourd'hui disparu, à l'exception de quelques uns qui ont échappé pour-rait-on dire "accidentellement" à la destruction. Le sursis dont ils bénéficient encore, pourrait être de courte durée s'il n'était pas pris conscience qu'ils font partie de notre patrimoine.

Aujourd'hui, la Ville de Paris dispose d'un réseau de repères de nivellement exceptionnellement dense (10 000 repères). Ces repères sont de trois types :

- modèle circulaire inspiré du repère BOURDALOUË [1], de 127 mm de diamètre, les plus nombreux,
- modèle octogonal de 123 mm entre faces opposées, de 132 mm en diagonale, au nombre de quelques centaines,
- modèle médaillon, inspiré des repères LALLEMAND, de 77 mm de diamètre, les plus récents et bientôt les plus nombreux.

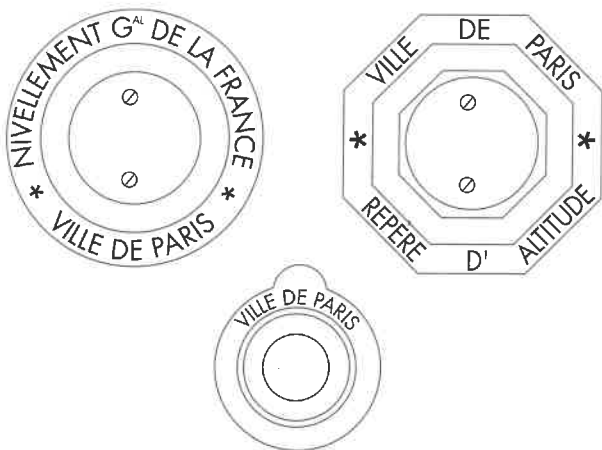


Fig. 1 : Les trois modèles de repères de nivellement de la Ville de Paris.

Leur pose débute dans les années 1880 et se développe entre 1925 et 1935. Depuis 1975, concurremment avec la pose des repères de type médaillon, le réseau est complètement repris.

C'est leur histoire qui va être esquissée ici.

## LES PREMIERS NIVELLEMENTS DANS LA RÉGION PARISIENNE

Le plus ancien texte fondamental connu sur le nivellement de Paris, est un arrêt du Conseil du Roi en date du 22 mai 1725, qui prescrit à tout propriétaire qui bâtit

dans une rue non encore pavée, de demander "le règlement des pentes du pavé".

Le premier nivellement dont il est trouvé trace, est entrepris par BUACHE en 1742 à la suite de l'inondation de 1740, sous forme de profils dont la base inférieure est constituée par le sol de la rivière au pont Royal.

En 1760 et 1770, les projets de dérivation de l'Yvette, donnent lieu à des nivellements précis réalisés par DEPARCIEUX et PERRONET et rattachés au niveau des basses eaux de la Seine au pont de l'Hôtel-Dieu.

À partir de 1806, la distribution des eaux du canal de l'Ourcq dont les études et la réalisation sont confiées à Pierre-Simon GIRARD, conduit à la pose de nombreux repères de nivellement dont la cote est rapportée à une surface de référence située à un mètre cinquante au-dessus de l'eau du bassin de la Villette, niveau de référence lui-même relevé presque aussitôt de cinquante mètres. Ce dernier plan de comparaison supérieur est situé à 75,24 m au-dessus du zéro de l'échelle du pont de la Tournelle et doit faire l'objet de la pose d'un repère à 0 sur une des tours de Notre-Dame. Pour faciliter les opérations des géomètres, un repère de base est scellé sur la Fontaine du Chaudron, située à l'angle du faubourg Saint-Martin et de la rue Lafayette (disparu).

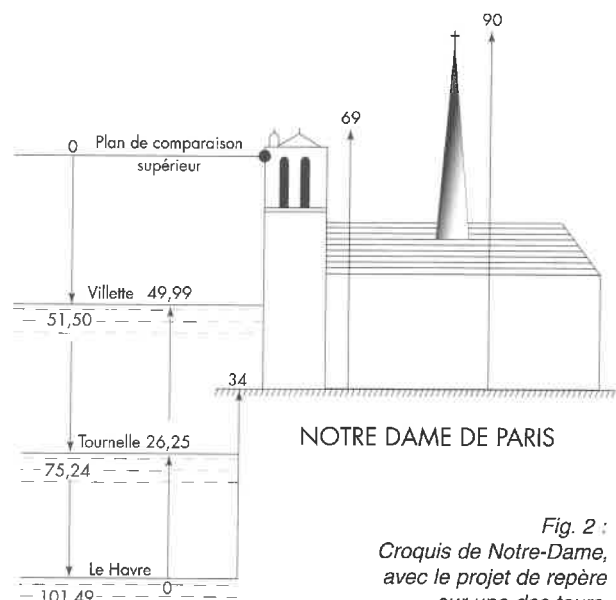


Fig. 2 : Croquis de Notre-Dame, avec le projet de repère sur une des tours.

Entre-temps, un arrêt du Conseil d'État en date du 3 septembre 1811, exprime le souhait que les plans de nivellements soient joints aux plans d'alignement.



## LES PETITES PLAQUES DE NIVELLEMENT

Dans les années précédant 1840, des repères en forme de petites plaques murales sont posés sur les fontaines et monuments publics. Leurs origines, ainsi que leur destination sont mal connues. Ce réseau aurait pu répondre aux besoins d'opérations administratives du Service municipal. Les petites plaques, de forme rectangulaire (10 x 15 cm), comportent un numéro d'ordre sans indication d'altitude et sont agrémentées du dessin de la nef à trois rames des armoiries de Paris. Elles sont scellées au plomb.

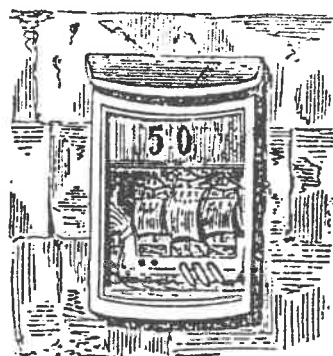


Fig. 3 :  
Une petite plaque  
de nivellement.

Il a été possible de recenser aujourd'hui une quarantaine de plaques de cette espèce, dont plus de la moitié ont encore un numéro lisible. Une des mieux conservée, la plaque n° 205, se trouve au 83 rue du Cherche-Midi, à l'angle de la rue Jean Ferrandi, dans le 6<sup>ème</sup> arrondissement.

## LES PLAQUES DE NIVELLEMENT À TROIS ALTITUDES

Une commission présidée par ARAGO, détermine dans son rapport du 26 février 1842, que le zéro de l'échelle du pont de la Tournelle est situé à 26,25 m au-dessus du niveau moyen de la mer. Il s'agit en réalité d'une moyenne entre quatre résultats de nivellements venant du Havre, de Cancale, de Brest et de Cherbourg. Auparavant, la différence de niveau entre la mer moyenne au Havre et le zéro de l'échelle du pont de la Tournelle avait été successivement estimée à 33 m, 24,50 m, 26,76 m, 27,60 m et 25,76 m.

Cinq années plus tard, un arrêté portant règlement sur les nivellements dans la Ville de Paris est signé par le Comte de RAMBUTEAU, le 14 juillet 1847. Il prescrit notamment la pose de repères en fonte aux armes de la Ville, placés à tous les carrefours, angles de rues, sur les soubassements des monuments, sur les murs des quais, etc. On peut néanmoins estimer que de telles plaques ont été posées dès 1842, puisqu'on en retrouve la description dans un article du journal L'Illustration du 24 avril 1844.

Ces plaques rectangulaires en fonte, de format 24 x 20 cm, sont richement ouvragées. Elles comportent en relief, au centre, la nef à trois rames des armoiries de la Ville de Paris comme les anciennes petites plaques, et autour, trois altitudes venues de fonderie, ce qui laisse entendre que les altitudes de pose sont déterminées sur site préalablement. De plus, ces altitudes évoluent par tranche de 25 cm et sont :

– à droite, l'altitude au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle,

– à gauche, l'altitude au dessus du niveau de la mer, tel qu'il a été défini en 1842, en fait 26,25 m de plus que l'altitude au dessus de l'étiage du pont de la Tournelle,

– à la partie inférieure, une dénivelée dite "Nivellement de Paris", toujours un multiple exact de 0,25 m, en fait la dénivelée au-dessous du plan de référence supérieur du bassin de la Villette, situé comme on l'a dit à 51,50 m au-dessus du plan d'eau et à 75,24 m au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle,

On dénombre encore aujourd'hui, une vingtaine de ces plaques. Une des mieux conservée, se trouve au 29 de la rue de la Santé, sur la Maison des Sœurs Augustines dans le 13<sup>ème</sup> arrondissement.

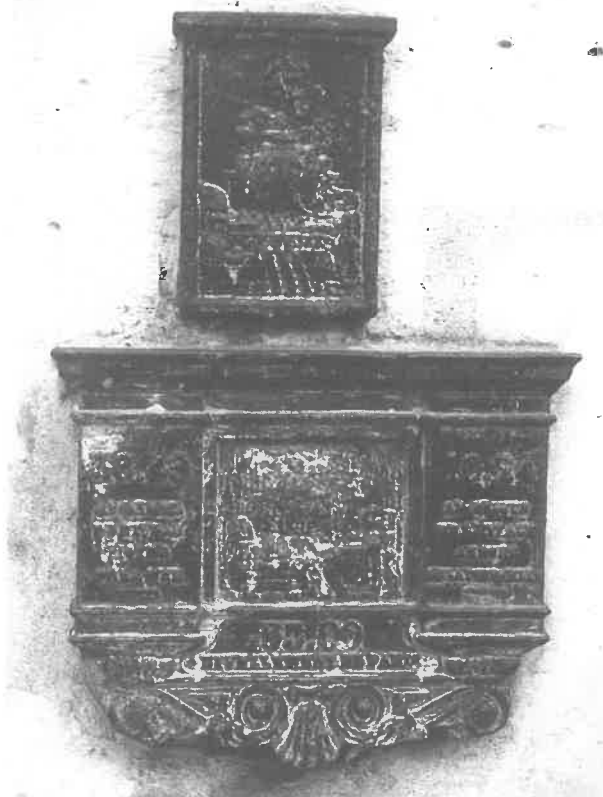


Fig. 4 : Bel ensemble d'une petite plaque de nivellement et d'une plaque à trois altitudes, à l'angle de la rue des Francs-Bourgeois et de la rue des Archives, sur le bâtiment des Archives Nationales (ancienne fontaine de l'Hôtel Soubise).

Par la suite, le décret du 26 mars 1852 confirme que tout plan d'alignement doit comporter le nivellement. Enfin, l'arrêté du baron HAUSSMANN, en date du 31 mai 1856, précise que le nivellement du département de la Seine sera rapporté au niveau de la mer. Cet arrêté marque en fait, la création du Nivellement Général de Paris (N.G.P.)

## LES REPÈRES DE NIVELLEMENT DES BORNES KILOMÉTRIQUES

Alors que les petites plaques de nivellement et les plaques à trois altitudes sont contenues à l'intérieur des barrières des Fermiers Généraux de 1725, marquées de nos jours par le tracé circulaire des lignes aériennes du métro-



**PENTAX®**

Système GPS

# PENTAX POSITIONING SYSTEM

Système 9500 (Double fréquence)

Système 9400 (Simple fréquence)



**PENTAX France**  
12/14, rue J.-Poulmarch  
BP 204  
95106 ARGENTEUIL Cedex  
Tél. : 01 30 25 75 64 - Fax : 01 30 25 75 76

**Agence :**  
Créativa Bât. E  
BP 1225  
84911 AVIGNON Cedex 9  
Tél. : 04 90 84 05 63 - Fax : 04 90 84 05 64

politain n° 2 et 6, les routes nationales sont dotées au-delà de ces barrières, après l'adoption obligatoire des mesures métriques le 1<sup>er</sup> janvier 1840, de bornes kilométriques et demi-kilométriques portant des repères d'altitude.

Ces bornes en fonte de dimensions 82 x 34 x 17 cm pour les bornes kilométriques et 68 x 28 x 14 cm pour les demi-kilométriques, comportent une plaque vissée sur la face côté route donnant trois indications :

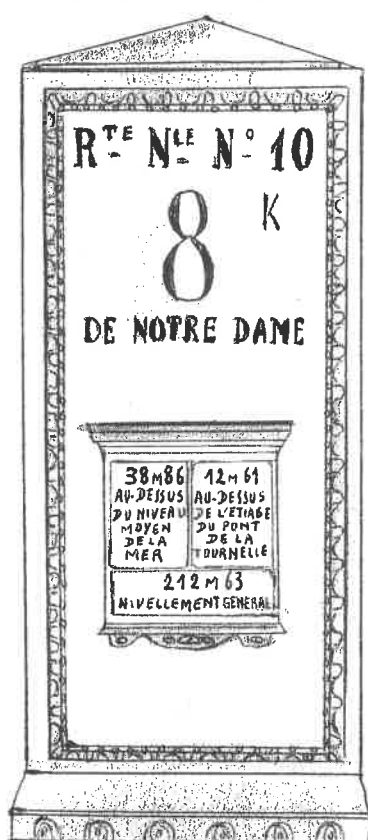


Fig. 5 : Borne 8 km de la RN 10, située au 177 de l'avenue de Versailles (16<sup>ème</sup> arrt) avec sa plaque de nivellement reprise par le nivellement IGN 69 sous l'immatriculation Pa a, d, 3, altitude normale 38,650.

- en haut à droite, l'altitude au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle,
- en haut à gauche, l'altitude au dessus du niveau de la mer, tel qu'il a été défini en 1842, en fait 26,25 m de plus que l'altitude au dessus de l'étiage du pont de la Tournelle,
- en bas, une dénivelée dite "nivellement général", en fait la dénivelée au-dessous d'un nouveau plan de référence situé 150 mètres plus haut que celui adopté pour Paris, donc situé à 201,50 m au-dessus du plan d'eau du bassin de la Villette et à 225,24 m au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle.

Il subsiste encore quelques bornes dans le Paris d'aujourd'hui, notamment les bornes 3 km et 3,5 km sur la RN 20 (avenue du Général Leclerc) et 6,5 et 8 km sur la RN 10 (avenues du Président Kennedy et de Versailles)

## LES REPÈRES DU NIVELLEMENT BOURDALOUË

Après avoir fixé le zéro de son Nivellement Général de la France, à 40 cm au dessus du zéro de l'échelle des

marées du Vieux-Port de Marseille, près du Fort Saint-Jean, BOURDALOUË [1] établit de 1856 à 1860, son réseau de polygones principaux sur tout le territoire français. En particulier, à Paris, l'itinéraire de son nivellement emprunte les quais de la Seine, où des repères sont posés sur les culées amont et aval de tous les ponts. En même temps, sont nivelés les repères à trois altitudes ainsi que les repères portés par les bornes kilométriques se trouvant sur l'itinéraire. Il est ainsi trouvé, que le zéro de l'échelle du pont de la Tournelle est à l'altitude 26,285 m au-dessus du niveau moyen de la mer à Marseille, soit 35 mm de plus que l'altitude adoptée par ARAGO en 1842. Paris tiendra compte de cette différence en modifiant ses altitudes une vingtaine d'années plus tard (voir infra).

## LES REPÈRES DE NIVELLEMENT DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE

Un rapport du 1<sup>er</sup> mai 1879, adressé au Ministre des Travaux Publics par la sous-commission dont le rapporteur est VILLIERS DU TERRAGE, propose d'établir un repère fondamental dans le parc du Trocadéro, sur le calcaire vierge. Ce repère devra être rapporté au zéro de Marseille, tel qu'il a été déterminé par BOURDALOUË.

Le repère fondamental est situé au nord de l'intersection du boulevard Delessert et de la rue Le Tasse, dans le parc du Trocadéro. Il porte le n° 1088. Sa trace a assez vite disparu. Il devait être situé à environ 55 m d'altitude.

Un grand nombre de repères du département de la Seine, d'un modèle similaire au repère BOURDALOUË, mais comportant en plus un numéro d'ordre, sont posés dans les communes du département de la Seine et dans la zone périphérique de Paris entre 1879 et 1883.

Quelques repères de ce type subsistent encore. Deux d'entre eux étaient sur le viaduc du Point du Jour avant sa démolition en 1960, (n° 1040 alt 29,838 et n° 1041 alt 30,014).

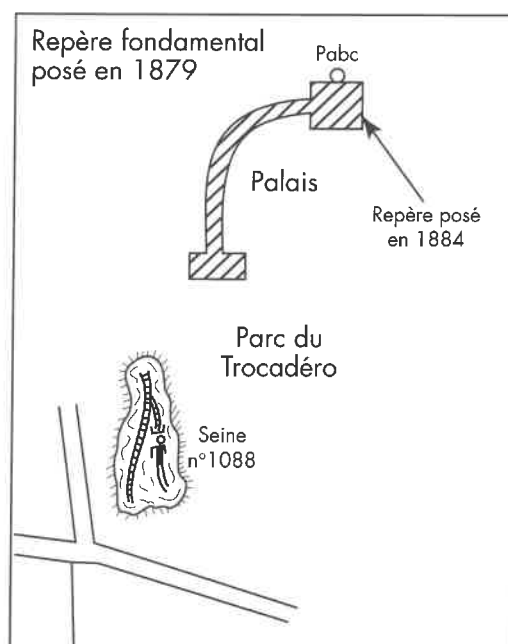


Fig. 6 : Situation du repère fondamental, dans le parc du Trocadéro.



Fig. 7 : Repère du département de la Seine sur le bureau de l'octroi du Bas-Meudon (n° 745 alt. 31,98, repris par le nivellement LALLEMAND sous l'immatriculation Pa a<sub>3</sub>d<sub>3</sub> 10, altitude 31,341).

### LES REPÈRES DE NIVELLEMENT VILLE DE PARIS (1879-1907)

Le Service du nivellement municipal de la Ville de Paris pose les premiers repères du type BOURDALOUË, avant 1879.

Ces repères, de 127 mm de diamètre, portent sur la couronne les inscriptions "Nivellement Gal de la France – Au dessus du niveau moyen de la mer", gravées en creux. Les altitudes portées sur la plaque altitudinale vissée dans la partie centrale, tiennent compte que le zéro de l'échelle du pont de la Tournelle est à 26,25 m au-dessus du niveau moyen de la mer tel que défini par la commission ARAGO en 1842.

Un rapport du 27 octobre 1879, constatant que ce zéro, déterminé à son tour par BOURDALOUË lors de la compensation de son réseau primordial en mars 1862, a été trouvé à 26,285 m au-dessus du niveau moyen de la mer, propose de prendre les dispositions suivantes, pour de nouveaux repères :

- les altitudes sont relevées de 0,035 m
- le diamètre est augmenté de 5 mm (cette disposition ne sera pas suivie d'effet, les nouveaux repères gardant le diamètre de 127 mm)
- la mention "au dessus du niveau moyen de la mer" est remplacée par "Ville de Paris",
- les inscriptions sur la couronne sont en relief, au lieu d'être en creux

En conséquence, les plaques altitudinales des 1287 repères en place sont changées, de nouveaux repères sont posés, 1663 en remplacement des plaques à trois altitudes, qui doivent être détruites ! Et 1202 à des emplacements nouveaux.

Enfin, une note du 27 février 1882, prescrit la réalisation du nivellement de détail. Cette opération est entreprise de 1882 à 1888.

### LES REPÈRES DE NIVELLEMENT LALLEMAND

À partir de 1884, un nouveau Nivellement Général de la France est mis en place par Charles LALLEMAND. Le niveau zéro de référence est à nouveau fixé au niveau moyen de la mer à Marseille, observé entre 1885 et 1897 grâce à un marégraphe totalisateur construit dans l'anse

du Calvo [2]. Ce nouveau zéro est situé 71 mm plus bas que le zéro BOURDALOUË.

Paris est inclus dans le polygone P de 1<sup>er</sup> ordre dont l'itinéraire enserme la ville à une distance appréciable puisqu'il emprunte la ligne de chemin de fer de grande ceinture. À compter de cette même date, le réseau de 2<sup>ème</sup> ordre est lui-même établi. Il utilise un grand nombre de repères "Ville de Paris", des repères du "Département de la Seine" et quelques nouveaux repères N.G.F., de deux types, dont le repère à console P abc fixé sur le Palais du Trocadéro édifié en 1878 (alt 60,623), à la jonction des trois sections de 2<sup>ème</sup> ordre à l'intérieur du polygone P :

- P ab, par la RN 10,
- P ac, par les quais rive gauche de la Seine, les RN 19 et RN 5
- P bc, par les boulevards des maréchaux nord et la RN 2.

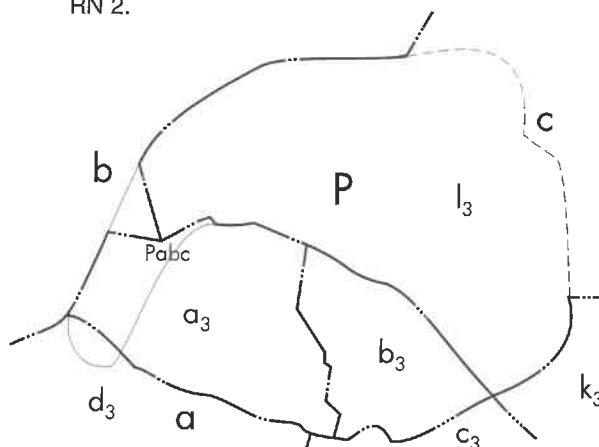


Fig. 8 : Le Nivellement LALLEMAND à Paris. Section de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> ordre et le point de jonction Pabc sur le palais du Trocadéro.

En particulier, la section P ac reprend tous les repères BOURDALOUË des quais rive gauche entre le pont de l'Alma et l'entrée du fleuve dans Paris au sud-est. À ces repères, sont adjointes des pastilles émaillées portant le numéro matricule et la nouvelle altitude LALLEMAND, notablement inférieure à l'altitude BOURDALOUË. La différence, qui provient des discordances accumulées entre les deux réseaux depuis Marseille, s'établit en moyenne à 642 mm à l'est du Pont des Arts et 615 mm à l'ouest du Pont de la Concorde. Nous verrons que Paris n'en a tenu compte que bien plus tard, en 1907.

Entre 1897 et 1899, le réseau de 3<sup>ème</sup> ordre est à son tour constitué. Il comporte lui aussi, une majorité de repères "Ville de Paris", des repères "Département de la Seine" et quelques repères N.G.F. type médaillon. De plus une traverse de 4<sup>ème</sup> ordre reprend les repères BOURDALOUË des quais de la rive droite et des îles Saint-Louis et de la Cité.

### LE RÉSEAU PARISIEN DES REPÈRES DE NIVELLEMENT AU 20<sup>ÈME</sup> SIÈCLE

Nous avons laissé le réseau municipal au moment où le réseau du N.G.F. LALLEMAND est mis en place. Ce n'est qu'à partir de 1903 que la Ville de Paris décide d'en

aligner les altitudes sur celles du N.G.F.. En effet, la note du Ministère des Travaux Publics en date du 21 février 1903 et un rapport du Service du Nivellement Général de Paris, prescrivent de changer, une nouvelle fois, les plaques altitudinales en diminuant leurs altitudes de 0,615 m.

Le repère fondamental "Département de la Seine" n° 1088 est abandonné au profit du repère P abc du Palais du Trocadéro. Ces travaux sont terminés en 1907.

En 1927, on compte 8400 repères du N.G.P., et en 1975, il n'en reste que 5500. Dans les années 1980, le réseau est alors repris dans son intégralité et complété par l'apparition de nouveaux repères type médaillon (voir fig. 1), analogues aux repères N.G.F. Dans les années 1990, toutes les altitudes sont recalculées et il est progressivement procédé au retrait des plaques altitudinales. Les nouvelles altitudes sont consignées dans des registres du service gestionnaire de la Direction de la Voirie.

Les repères sont classés par quartier de 01 à 80, à raison de 4 quartiers pour chacun des 20 arrondissements. Ils ont reçu dans les registres, un matricule à 5 chiffres, les 2 premiers représentant le numéro du quartier, les 3 autres, un numéro d'ordre. Les repères disposés d'une part sur les boulevards des Maréchaux et d'autre part sur l'axe nord-sud entre les portes de Clignancourt et d'Orléans, qui appartiennent à l'ancien réseau de base, ainsi que les repères implantés le long de la Seine qui sont rattachés à cet axe nord-sud, sont classés dans deux séries spéciales, la série 100 pour les premiers et la série 200 pour les seconds. Tous les repères de ces deux séries spéciales ont des numéros à 6 chiffres, les 3 premiers sont ceux de la série, les 3 derniers un numéro d'ordre. Depuis peu, ces repères sont intégrés dans le classement par quartier.

Quelques plaques d'identification en laiton portant le numéro matricule, de format 9,5 x 5 cm, ont été fixées à titre expérimental, près de repères de type médaillon posés récemment.



Fig. 9 : Plaque d'identification  
En voici quelques exemples :

Arrt	n°	adresse	altitude
6	23082	100 rue de Vaugirard	41,749
13	52044	16 rue de la Glacière	43,169
14	53074	37 rue du Départ	52,682
15	58089	rue du Départ, pilier C7	50,218

## LE RÉSEAU MUNICIPAL ET LE RÉSEAU IGN 69

À partir de 1963, l'Institut Géographique National (I.G.N.) reprend totalement le Nivellement Général de la France. Partant du même repère fondamental du marégraphe de Marseille, de nouvelles altitudes sont adoptées à partir de 1969 pour tous les repères du N.G.F. À

nouveau des discordances croissantes à partir de Marseille, sont constatées. À Paris, les nouvelles altitudes "IGN 69", dites "normales", sont supérieures aux altitudes LALLEMAND de 331 mm, et donc inférieures aux anciennes altitudes BOURDALOUË de 300 mm environ.

Il est important de noter qu'à Paris, le Service municipal n'a pas entériné cette modification, afin d'éviter les distorsions avec les travaux des géomètres effectués auparavant et dans la crainte de confusions de niveaux dans les permis de construire. En conséquence, de nos jours, les altitudes "Ville de Paris" sont restées conformes aux altitudes LALLEMAND et donc notablement inférieures aux altitudes IGN 69.

Ainsi, le repère P abc, reposé à la même altitude que l'ancien, sur le Palais de Chaillot construit lors de l'exposition universelle de 1937 au lieu et place du Palais du Trocadéro, est en nivellement IGN 69, à l'altitude normale 60,959 m et pour la Ville de Paris, sous le n° 62000, il est à l'altitude 60,620 m.

Le Service du nivellement de la Ville de Paris a repris quelques autres repères I.G.N. C'est le cas des repères médaillons :

– 52, boulevard Masséna (13<sup>ème</sup> arrt) :

IGN 69	Pa b <sub>3</sub> c <sub>3</sub> 18bis	alt = 59,850
RVP	n° 50097	alt = 59,523

– Église St François-Xavier, bd des Invalides :

IGN 69	Pa a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> 10	alt = 37,930
NGF Lallemand	Pa a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> 64	alt = 37,583
RVP	n° 27044	alt = 37,596

Le Service du nivellement de la Ville de Paris a repris aussi des repères type médaillon IGN, posés par la SNCF sur ses bâtiments, bien que non nivelés par l'IGN :

– 144-152 rue des Poissonniers, :

RVP	n° 71001	alt = 46,377
SNCF	n° 49	alt = 46,388

RVP	n° 71002	alt = 46,981
SNCF	n° 48	alt = 46,992

– gare St Lazare, 15 rue d'Amsterdam :

RVP	n° 32056	alt = 38,993
-----	----------	--------------

Par contre, le Service du nivellement de la Ville de Paris n'a pas repris les repères à trois altitudes et les petites plaques, ainsi que certains repères médaillon Lallemand dont :

– Observatoire de Paris, façade sud :

NGF Lallemand	Pa a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> 25	alt = 67,013
IGN 69	Pa a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> 41	alt = 67,355

– Observatoire de Paris, façade nord :

NGF Lallemand	Pa a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> 29	alt = 60,714
IGN 69	Pa a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> 39	alt = 61,055

– Parc Montsouris, mire de l'Observatoire :

NGF Lallemand	Pa b <sub>3</sub> d <sub>3</sub> 5	alt = 76,754
---------------	------------------------------------	--------------

celui-ci étant d'ailleurs abandonné par l'I.G.N.

Notons que d'autres repères médaillon, de l'Institut Géographique National, ont été posés sur la Tour Eiffel, calculés en altitudes IGN 69, et n'ont pas été repris par la Ville de Paris :

Pa a <sub>3</sub> 76	pilier nord	35,675
Pa a <sub>3</sub> 77	pilier ouest	35,840
Pa a <sub>3</sub> 78	pilier sud	35,940
Pa a <sub>3</sub> 79	pilier est	35,905

mais par contre, que la Ville de Paris a posé sur la Tour Eiffel, ses propres repères médaillon :

n° 28078	pilier nord	34,542
n° 28079	pilier est	34,680
n° 28080	pilier sud	34,639

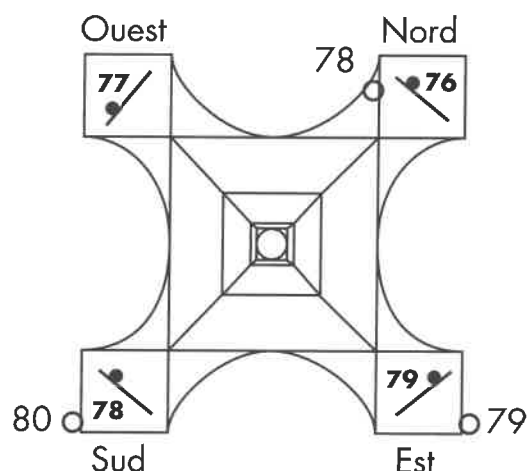


Fig. 10 : La Tour Eiffel et ses repères de nivellement.

Citons enfin, le cas du repère posé et nivelé par BOURDALOUË en 1858 sur la culée rive gauche aval du pont de l'Archevêché et qui fut renivelé par LALLEMAND et par IGN 69, résumant ainsi les vicissitudes du nivellement à Paris :

Bourdalouë		alt = 30,844
NGF Lallemand	P ac 1-XVI	alt = 30,205
IGN 69	P ac 73	alt = 30,539

### LE RÉSEAU DES REPÈRES DE NIVELLEMENT DES CANAUX ET DES AQUEDUCS

Pour son approvisionnement en eau, la Ville de Paris, outre le canal de l'Ourcq qui vient de la Ferté-Milon, a construit trois aqueducs principaux amenant les eaux de la Vanne depuis la région de Troyes, de l'Avre depuis le Perche près de Verneuil-sur-Avre et de la Dhuis près de Condé-en-Brie. Le premier fut doublé par l'aqueduc du Loing et du Lunain et renforcé par le captage de la Voulzie près de Provins. Sur plusieurs centaines de kilomètres, les regards portent des repères "Ville de Paris" qui paraissent avoir conservé les altitudes BOURDALOUË. Un certain nombre sont incorporés dans des traverses de 4<sup>ème</sup> ordre du nivellement de l'I.G.N. et on constate alors que l'altitude qui y est inscrite excède d'environ 300 mm l'altitude normale IGN 69. En voici quelques exemples :

– Aqueduc de la Vanne, cheminée de l'usine hydraulique de Maillot, près de Sens, repère Za k<sub>3</sub> 93 (disparu récemment) :

altitude Ville de Paris (Bourdalouë)	78,612
altitude NGF Lallemand	77,955
altitude IGN 69	78,270

– Aqueduc de la Vanne, près de Pont-sur-Yonne, repère Wc m<sub>3</sub> 6 :

altitude Ville de Paris (Bourdalouë)	102,669
altitude NGF Lallemand	102,060
altitude IGN 69	102,385

– Passerelle du Port aux Perches, sur l'Ourcq, à Silly-la-Poterie, PK 107,70, repère La m<sub>3</sub> 1

altitude Ville de Paris (Bourdalouë)	69,339
altitude NGF Lallemand	68,80
altitude IGN 69	69,266

### LES REPÈRES LOUVRE ET TUILERIES

Quelques repères d'un type particulier, ont été posés en 1911, dans les passages et les cours du Palais du Louvre ainsi que dans les jardins des Tuileries, sur l'arc de Triomphe du Carrousel par exemple.

Les altitudes sont venues de fonderie et sont dans le système LALLEMAND en vigueur à l'époque.



Fig. 11 : Repère de nivellement Louvre et Tuileries, d'un diamètre 117 mm.

### AUTRES REPÈRES VILLE DE PARIS ET EXTENSION DU RÉSEAU

Les repères Ville de Paris ont également concerné quelques communes extra-muros de l'ancien département de la Seine. Ainsi, on peut voir un RVP de type octogonal sur l'Hôtel de Ville d'Issy-les-Moulineaux (alt. 37,114 m). La maintenance de ces repères qui ont pour la plupart gardé leurs plaques altitudinales, n'est plus assurée par la Ville de Paris.

Des repères Ville de Paris, de type médaillon, existent sur les piles des ponts du boulevard périphérique. Ils permettent des contrôles de stabilité des ouvrages. Pour des raisons analogues, un réseau très dense de repères, un tous les cinquante mètres, a été implanté sur la Butte Montmartre.

Dans les dernières années, des mêmes repères ont été posés dans le square Willette au pied du Sacré-Cœur, dans le parc des Buttes-Chaumont et dans les Bois de Boulogne et de Vincennes.

### LES PLAQUES DES CRUES DE LA SEINE

Des plaques de crue de la Seine, ont été posées dans divers endroits de Paris pour marquer le niveau des eaux atteint lors de la crue centennale du 28 janvier 1910. L'altitude de ces traits de crue varie de 35 à 32 m d'amont en aval.

Cette crue a atteint 34,19 m à l'échelle du pont d'Austerlitz, 33,87 m à celle du pont de la Tournelle et 32,60 m à celle du pont de l'Alma (alt. V.d.P.) dont le zouave quant



à lui, a vu l'eau monter jusqu'à la base de son cou. Notons qu'étant pour les parisiens, la référence populaire du niveau des crues de la Seine, il a été soigneusement remplacé à la même altitude, lors de la reconstruction du pont de l'Alma en 1955.



Fig.12 : Plaque de crue émaillée, de couleur verte, dimensions 13,5 x 20 cm.

### L'ATLAS ADMINISTRATIF DE LA VILLE DE PARIS (1889)

Ce très intéressant ouvrage qui peut être consulté à la Bibliothèque historique de la Ville de Paris, donne les altitudes du sol de tous les angles de voies publiques. Il est vraisemblablement nivelé en altitudes BOURDALOUË, à environ + 60 cm des altitudes RVP actuelles, si bien qu'il existe grosso modo une concordance entre les altitudes au sol et celles des repères voisins posés à environ 0,60 m du sol !

### DU PLUS BAS AU PLUS HAUT

À Paris, le repère "Ville de Paris" le plus bas situé sur la voirie, en dehors des berges de la Seine, est en limite de la commune d'Issy-les-Moulineaux, en bordure de l'héliport, côté Paris de la rue Camille Desmoulins, face à la rue Bara, ces deux rues étant de la nomenclature des voies d'Issy. Il porte le n° 60078, a pour altitude 29,878 m et a ravi ce "record" au repère 60080 à l'altitude 29,745 m situé 3 boulevard des Frères Voisins, aujourd'hui disparu. Pour l'anecdote, signalons que le très éphémère repère n°60501, d'altitude 29,954 m, qui n'était qu'un "clou" planté sur le bord du trottoir de la rue Leblanc, vraisemblablement dans sa partie proche de la Seine, a pu être considéré avant l'annexion des terrains de l'héliport par la Ville de Paris, comme le repère le plus bas.

Le repère le plus haut est posé sur l'église Saint Pierre de Montmartre. Il a le n° 70056 et est à l'altitude 129,351 m.

Le repère octogonal n° 78018, à l'altitude 128,508 m, sur le mur de clôture du cimetière de Belleville, 40 rue du Télégraphe, est le plus haut situé sur la voie publique. Ce repère est signalé à l'attention des passants par une mention portée sur une plaque posée au-dessus : "Ce repère d'altitude situé à 128,508 m au-dessus du niveau moyen des mers, est le plus élevé sur le domaine public de la Ville de Paris."

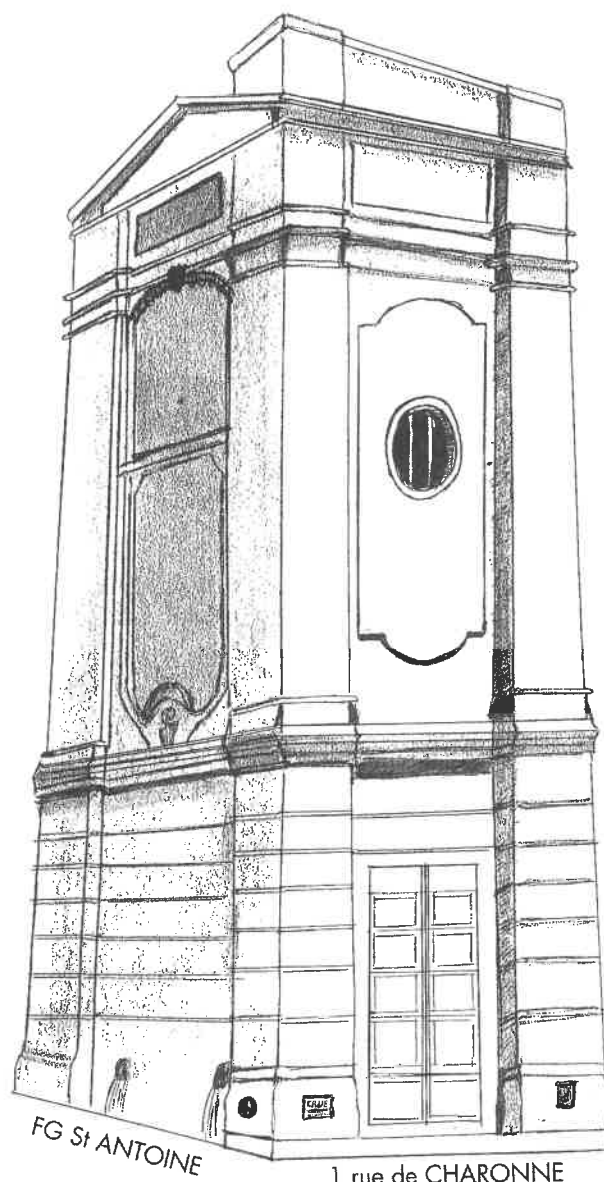


Fig.13 : La Fontaine Trogneux, à l'angle de la rue du Faubourg St Antoine et de la rue de Charonne, date de 1710. Elle porte un repère Ville de Paris n° 43058 à 34,277 m, une plaque de crue "janvier 1910" à 34,24 m et une petite plaque de nivellement n° 61 à 34,44 m.

### Remerciements de l'Auteur :

Je remercie vivement Robert VINCENT qui m'a donné de précieuses indications pour la rédaction de cet article, et j'adresse un hommage tout particulier au Service des Affaires culturelles de la Ville de Paris, pour son aide bienveillante. Des remerciements sont adressés également au Service de la Voirie et des Déplacements de la Ville de Paris, à la Bibliothèque historique et à l'Institut Géographique National.

D'avance, je remercie tous les lecteurs qui pourraient m'apporter renseignements et suggestions, voire rectifications sur l'historique des nivellements dans notre Capitale.

## BIBLIOGRAPHIE

### Revue XYZ (articles de Robert VINCENT) :

- 1 – n° 68 (3<sup>e</sup> trim. 1996) : Biographie de Paul-Adrien BOURDALOUË.
- 2 – N° 73 (1<sup>er</sup> trim. 1998) : Centenaire de l'adoption du zéro du Marégraphe de Marseille.

### Bibliothèque historique de la Ville de Paris :

- A – Établissement d'un repère fixe départemental – Ministère des Travaux Publics – NGF – Département de la Seine, rapport de la sous-commission VAUTHIER, 14 mai 1879, rapporteur E. VILLIERS du TERRAGE.
- B – Atlas administratif de la Ville de Paris.

### Direction de la Voirie et des Déplacements :

- C – Arrêt du Conseil du Roi du 22 mai 1725 : Règlement des pentes du pavé.
- D – Avis du Conseil d'État du 3 septembre 1811 : Plan des alignements et des nivellements pour la Ville de Paris.

E – Arrêté du 14 juillet 1847 du Comte de RAMBUTEAU : Nivellements dans la Ville de Paris.

F – Décret du 26 mars 1852 : Création du Nivellement Général de Paris (N.G.P.).

G – Règlement du 31 mai 1856 du Baron HAUSMANN : Nivellements dans la Ville de Paris.

H – Rapport du 27 octobre 1879 : Modification du nivellement et des repères de la Ville de Paris (mise en conformité avec le Nivellement BOURDALOUË).

I – Note du Ministre des Travaux Publics du 21 février 1903 : Mise en conformité du nivellement du Département de la Seine avec le NGF "LALLEMAND".

J – Note du 20 avril 1903 de Charles LALLEMAND sur le repère fondamental du Département de la Seine.

K – Rapport du 31 mars 1905 : mise en conformité du Nivellement de la Ville de Paris avec le NGF "LALLEMAND".

L – Rapport du 6 janvier 1927 : Organisation méthodique du Nivellement Général de la Ville de Paris.

## Lexique topographique

**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 forestiers, 7. Lever tachéométrique, 8. Lever au goniographe (planchettes), 9. Implantations, 10. Calculs, 11. Représentation cartographique, 12. Photogrammétrie.

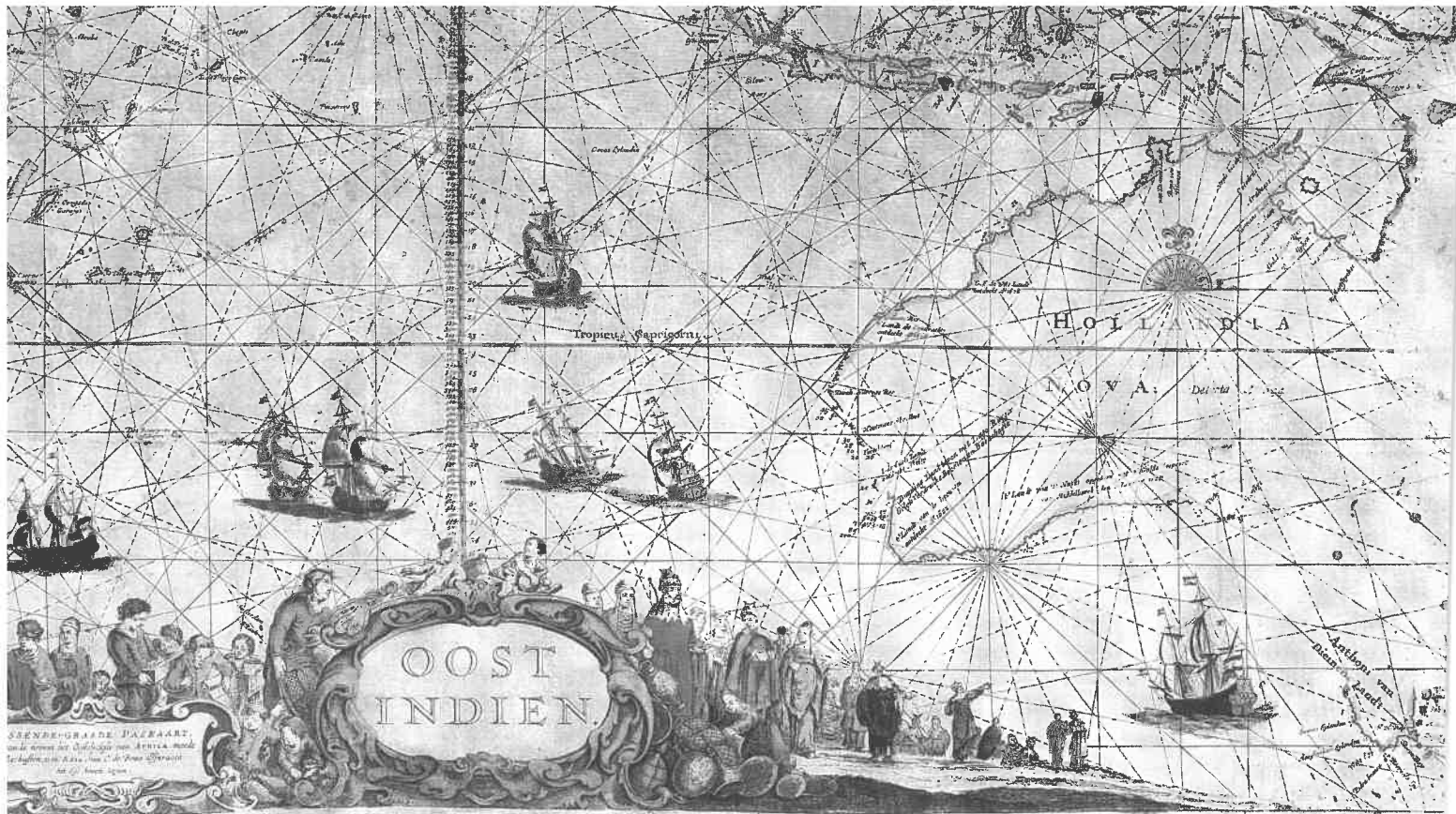
Rédigé et vérifié par les professeurs et professionnels les plus "pointus" de la topographie, ce lexique est un instrument que nous avons voulu exhaustif dans la mesure où les procédés anciens ou classiques sont abordés pour mieux introduire et approfondir ce que la technologie moderne tendrait, par 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.

### • Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'univers dans l'antiquité

Le chapitre 19 de l'ouvrage de Raymond d'Hollander paraîtra dans notre prochain numéro, en encarté.



Réflexions de quelques auteurs

par Yves Vallette

## Les découvreurs et les incertitudes cartographiques



Cook ou Peary ? Qui a atteint le pôle ?  
("Le petit journal" – sept. 1909)

Il est habituel de considérer les grands découvreurs du passé comme de grands scientifiques, très calés en géométrie, astronomie, géodésie, cartographie.

On a souvent pensé que si les comptes rendus de leurs découvertes ne reflétaient pas ces qualités, c'était par soucis de préserver des secrets.

On peut au contraire estimer que la qualité dominante de ces explorateurs est une pulsion irrésistible vers l'aventure et la curiosité, souvent teintée d'une bonne dose de mysticisme.

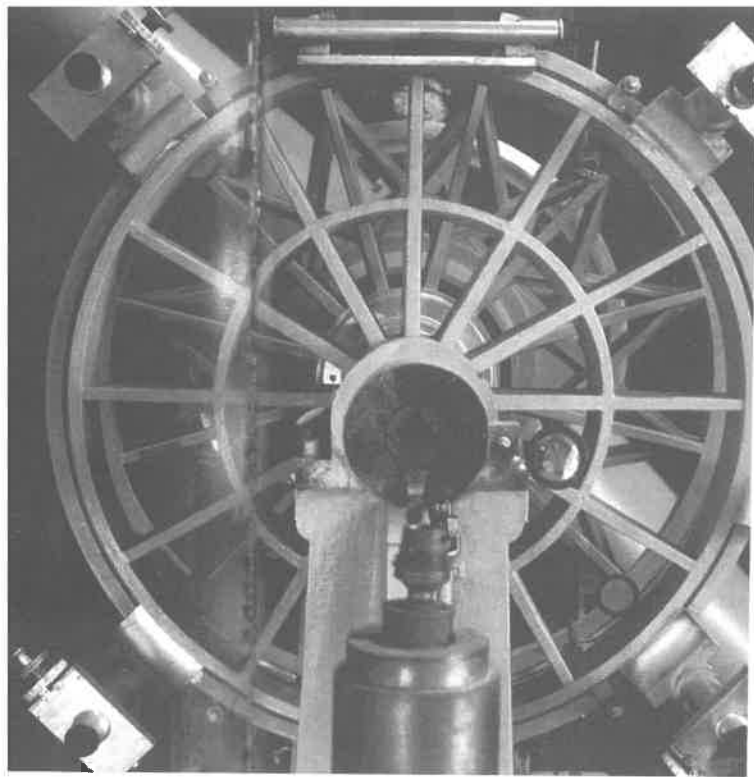
Les quelques textes d'auteurs littéraires analysés ci après semblent bien prouver cette primauté de l'aventureux sur le cartographe et sa rigueur.

Dans le supplément du N° 54 de xyz – 1<sup>er</sup> trimestre 1993 « Christophe Colomb cartographe » sont très bien exposés les problèmes techniques de détermination de la longitude.

Les auteurs des articles sont Jack Biquand, Jean Denègre, Mireille Pastoreau, Monique Pelletier, Jean Bourgouin, Raymond d'Hollander. Ils évoquent très bien cette grande aventure datant de 500 ans ainsi que l'évolution de la connaissance géographique du globe.

Les littéraires l'exposent aussi, à leur manière...

Commençons par eux :



Entre l'astronome grec Hipparque (2 AVJC) et le satellite Hipparcos, la lunette méridienne d'Abbadia a participé activement à l'élaboration de la carte du ciel, et à la juste mesure du temps et de l'espace.

### Christophe Colomb.

Débutons par ce grand ancien, dont le nom est associé à celui de Amerigo Vespucci, dans la très passionnante traduction récente (elle date de 1992) du livre de Stefan Zweig — Amerigo. Récit d'une erreur historique — :

« Quel homme a donné son nom à l'Amérique ?... Le premier écolier venu répondra : Amerigo Vespucci... Or il ne l'a nullement découverte et ce n'est pas lui qui a posé le pied le premier sur le continent américain mais Colomb et Sébastien Cabot. Il ne s'agit pas même d'un savant ou d'un cartographe et il n'a même vraisemblablement jamais rien su de l'usage qui était fait de son nom... » Alors Comment ? La réponse est : Par un enchevêtrement d'erreurs dont la principale est une magistrale imprécision de la **Longitude**. Revenons au début :

« **1400.** Atteindre les Indes, tel est désormais le rêve de ce siècle... Le prince Henri, dit le Navigateur, rassemble autour de lui les savants de son temps. Les plus âgés déclarent qu'aucun bateau ne saurait franchir l'équateur. Ils se réfèrent à Aristote, Strabon et Ptolémée, les sages de l'antiquité. A proximité des tropiques, la mer devient visqueuse et les navires s'enflamment sous les rayons verticaux du soleil...

**1486.** Triomphe ! L'Afrique est contournée ! Barthélemy Diaz a passé le Cap de Bonne-espérance. Personne ne peut plus devancer le Portugal.

**1492.** Et pourtant si ! Un certain Colon, ou Colom, ou Colombo — un homme complètement inconnu — s'est risqué, sous pavillon espagnol, à traverser le vaste océan à l'ouest, au lieu de faire route à l'est, par-delà l'Afrique, et — prodige inouï ! — il affirme avoir atteint l'Inde par ce chemin raccourci. Encore quelques jours et il aurait atteint le Gange

**1503.** Un certain **Albericus Vespuccius** fait publier quelques feuilles imprimées intitulées **Nouveau Monde**, adressées à Laurent de Médicis. Il y relate son voyage entrepris dans des territoires inconnus, sur ordre du roi

du Portugal. Cet inconnu, est le premier de tous les navigateurs qui sache raconter ; et de manière amusante et pittoresque, les pays découverts et les mœurs des habitants...

**1507.** Fait surprenant, c'est à Saint Dié, au fin fond des Vosges, qu'un imprimeur, Gauthier Lud, publie un ouvrage de 52 pages — une introduction à la cosmographie — avec les quatre voyages de Vespucci, avec une carte de tout l'univers. L'auteur Waldseemüller suggère que l'Europe, l'Afrique et l'Asie ayant des noms de femme, le quatrième continent pourrait s'appeler Amerigo ou encore Amérique...

**1512.** Un cercueil, suivi par un maigre cortège est conduit au cimetière... Personne ne se doute qu'il s'agit du même homme dont la quatrième partie de la terre va porter le nom.

La mort du parrain de l'Amérique passe complètement inaperçue, de même qu'en **1506**, à Valladolid, on porte en terre dans un silence total l'Amiral des Nouvelles-Indes, Christophe Colomb. Deux hommes animés du même esprit de curiosité créatrice finissent oubliés.

En fait, ils feront l'objet d'une polémique qui dure toujours, dominée tantôt par la victoire d'Amerigo, tantôt par celle de Colomb.

A la base l'erreur magistrale de Colomb qui s'est entêtée à voir dans sa découverte une arrivée aux Indes, qui est en fait au 80° Est alors que Cuba est à 80° Ouest soit 160° entre les deux. Il manque 200° pour que ce soit le même point. C'est beaucoup. Le globe vu par Colomb était beaucoup plus petit que le notre !...

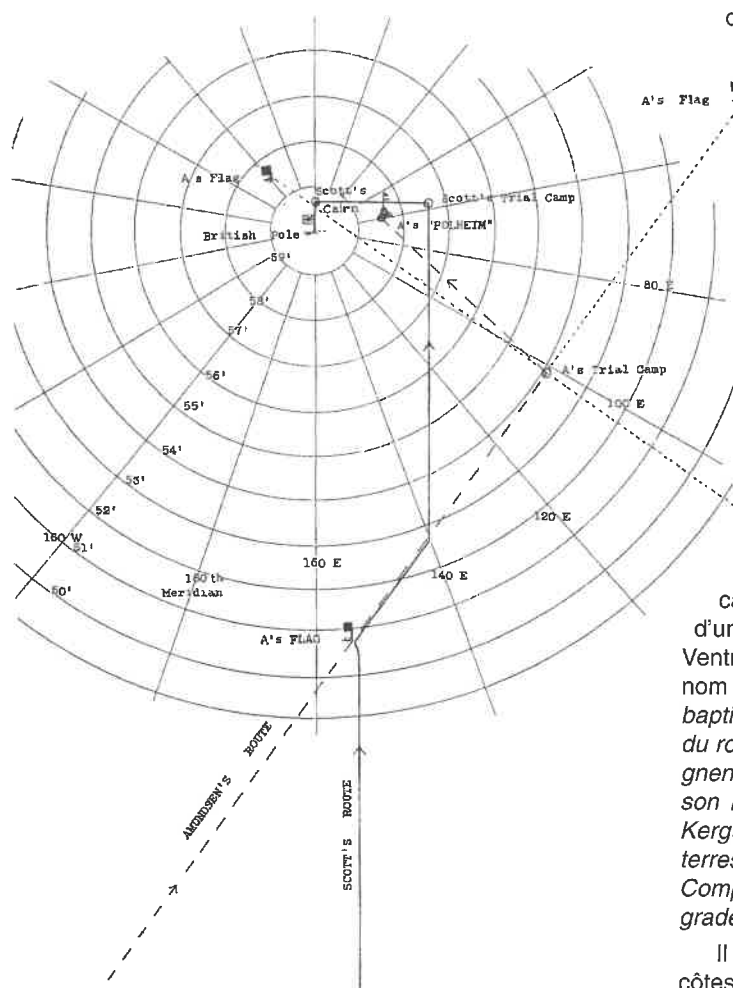
Dans le film récent sur Christophe Colomb, pourtant bien documenté, on attribut la réussite du navigateur au fait qu'il était le premier en occident à savoir se servir de l'astrolabe inventé par les orientaux. On voit dans ce film une sorte de rectangle muni d'une alidade pouvant servir à déterminer la hauteur de la polaire ou du soleil, au passage au méridien, mais bien incapable de déterminer la longitude. Dans un bel article publié dans la revue Ciel et Espace, **Leïlla Haddad, — Astrolabes. Les règles de l'art** — écrit bien : « L'astrolabe n'a aucune utilité pour les marins et les fous de l'observation. C'est un instrument avant tout pratique, conçu pour résoudre moult petits calculs du genre : Quelle heure est-il ? Quand est-ce que l'on prie ? Quelle est cette étoile ? etc ». Un autre exemple tout aussi édifiant :

**1504.** Binot Paulmier de Gonneville affirme avoir découvert un continent austral. Cette terre de Gonneville, ou terre des Perroquets, changea plusieurs fois de position sur les cartes anciennes ; on y fit longtemps référence puisque les instructions reçues par Yves de Kerguelen, en 1771 faisaient allusion à « un très grand continent dans le sud des îles Saint Paul et d'Amsterdam, et qui doit occuper une partie du globe, depuis les 45° de latitude sud jusqu'aux environs du pôle, dans un immense espace où l'on n'a pas encore pénétré. Il paraît constant cependant que le sieur Paulmier de Gonneville y aborda vers l'an 1504 et y séjourna près de six mois ».

Parti de Honfleur le 24 juin 1503, pour l'aventure australe à bord de L'Espoir, un navire de 120 tonneaux, le capitaine de Gonneville revint après deux ans d'un voyage mouvementé qui coûta la vie à trente-trois hommes sur les soixante de l'équipage. Au retour, il fit une



Est-ce le Pôle ? Amundsen mesure...



Routes d'Amundsen et Scott au pôle Sud.

description tellement idyllique de cette « Terra Incognita » que cette terre devint inspiration pour les navigateurs et chasseurs d'inconnu. Elle devint la sirène des Kerguelen, La Pérouse, Bouvet, Dumont d'Urville, et d'autres...

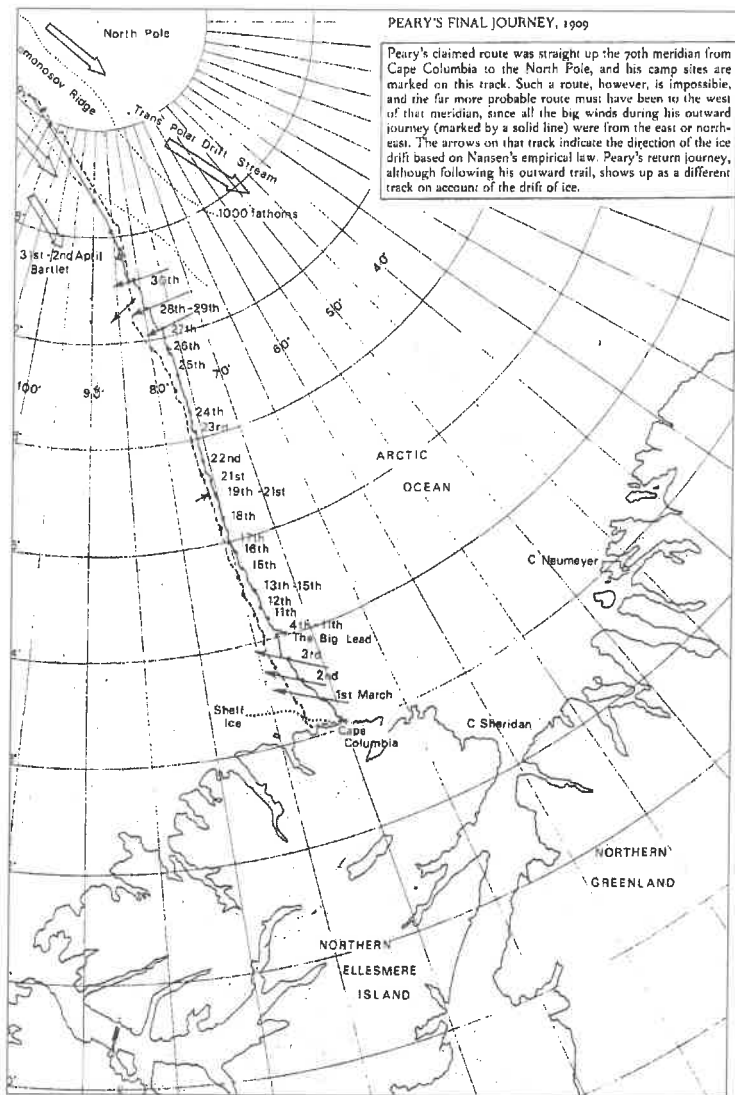
Or ce qui est remarquable, c'est que cette côte reconnue et explorée, puisque Gonville en rapporta des indigènes n'avait rien à voir avec le continent antarctique. On pense généralement qu'il s'agissait du Brésil, au 50° Est. On est bien loin du Sud de Saint Paul au 80° Est... **Bonjour la longitude...** Passons à un autre navigateur lui aussi victime de l'imprécision géographique :

#### 1772. Amiral Yves Joseph de Kerguelen Trémarec.

Comme indiqué ci-dessus, il a reçu des instructions pour découvrir ce continent austral, toujours *Terra incognita*. Il navigue avec une flûte de 24 canons et 200 hommes, *La Fortune*, accompagnée d'une corvette de 16 canons et 100 hommes, le *Gros Ventre*. Le 12 février, il aperçoit la terre qui va porter son nom « *C'est une côte ingrate, rébarbative et désolée qu'il baptise France Australe*. Il en prend possession au nom du roi de France, mais la brume et la tempête le contraignent à revenir en France sans pouvoir débarquer... A son retour, maladroitement et grisé par sa découverte, Kerguelen fait un rapport pour le moins idyllique des terres découvertes. Louis XV le reçoit à la cour à Compiègne et le fait chevalier de Saint Louis avec le grade de Capitaine de Vaisseau »...

Il part pour un nouveau voyage et arrive en vue des côtes le 14 décembre 1773 mais il ne peut toujours pas débarquer en raison d'une brume épaisse et d'une mer démontée.





Hypothèse de W. Herbert sur la route réelle de Peary au Pôle Nord.

Or le 12 janvier 1773, James Cook, avec deux navires le *Résolution* et l'*Aventure*, a réalisé la circumnavigation autour du pôle, ce qui lui fait déclarer : « J'ai fait le tour de l'hémisphère austral dans une haute latitude et je l'ai longé de manière à prouver, sans réplique, qu'il n'y a point de continent, à moins qu'il ne soit près du pôle et hors de portée des navigateurs ».

A son retour en France, Kerguelen ne reçoit pas l'accueil chaleureux du premier retour. Il lui est reproché de ne pas avoir rempli la mission qui lui était confiée. Il n'a en effet découvert qu'une île, et non le continent austral et surtout, il lui est reproché de ne pas avoir accompli la courte navigation supplémentaire, en longitude, qui lui aurait fait constater l'insularité des terres découvertes, auxquelles Cook a donné le nom d'îles de Kerguelen.

Il est traduit en conseil de guerre, privé de son grade et condamné à 5 ans de réclusion. Incarcéré au château de Saumur, il accomplira plus de trois ans de détention. Pour être complet, il faut signaler que la condamnation n'était pas liée uniquement à une insuffisance de relevé géographique mais aussi à la présence à bord d'une certaine Marie Louise Séguin, connue à Recouvrance sous le sobriquet de la *Louison*. Son séjour à bord a été moins apprécié par l'Amirauté que par l'équipage !...

Pourquoi cette hécatombe parmi les découvreurs ?

Tous les lecteurs de xyz savent bien que, en région inconnue, le problème de la latitude est simple. Il suffit d'observer la polaire ou le soleil au méridien. Par contre

le problème de la longitude est lié à celui de l'heure. Sans heure pas de longitude !, sauf par quelques manipulations astronomiques dont on explique plus loin ce qu'il faut en penser.

Mais il se trouve que le livre *L'île du jour d'avant Umberto Eco*, le narre très bien. Le récit se situe au temps de Mazarin et de Louis XIII :

« Nous présumons que le premier à poser le pied sur une Terre Australe a été un Français, Monsieur de Gonneville, et seize ans avant l'exploit de Magellan. Cependant ce valeureux gentilhomme a négligé d'enregistrer sur les cartes le lieu où il a abordé. C'est qu'à cette époque lointaine, il ne savait comment résoudre entièrement un problème. Mais ce problème, reste un mystère pour nous aussi. — Et quel est ce mystère, de grâce ? — C'est le mystère des longitudes.

Dans l'océan — où même si l'on rencontre une terre on ne sait pas de quelle terre il s'agit — le navigateur n'a pas d'autres points de repères que les astres. Avec des instruments, on fixe la hauteur sur l'horizon, et, en connaissant sa déclinaison, on en déduit la **latitude**. L'on sait immédiatement sur quel parallèle on se trouve, autrement dit à combien du nord ou du sud d'un point connu. Cela semble clair.

— à la portée d'un enfant, dit Mazarin

— On devrait penser, poursuit Colbert, que semblablement on peut déterminer aussi à combien on est à l'orient ou à l'occident du même point, c'est à dire à quelle **longitude** ou sur quel méridien... Hélas, par un mystère de la nature, quel que soit le moyen excogité pour définir la longitude, il s'est toujours trouvé fallacieux...

Naturellement, il y aurait un moyen sûr : avoir à bord une horloge qui garde l'heure du méridien de Paris, déterminer en mer l'heure du lieu, et déduire de la différence l'écart des longitudes... Mais s'il n'est pas difficile de garder l'heure du lieu relevé, il est fort difficile de garder à bord une horloge qui continue à donner l'heure juste, après des mois de navigation sur un navire secoué par les vents...

— Le Cardinal ajouta : L'État qui découvrirait le secret des longitudes, et empêcherait que la renommée se l'appropriât, cet État obtiendrait un grand avantage sur tous les autres...

Nos anciens pensaient avoir une méthode infallible en travaillant sur les éclipses lunaires. Mais le calcul ne marche que jusqu'à un certain point. Le grand Colomb, au cours de son deuxième voyage, fit ses calculs sur une éclipse tandis qu'il était ancré au large de Hispaniola, et il commit une erreur de 26 degrés à l'ouest, autrement dit une heure demi de différence ! Et lors du quatrième voyage, toujours avec une éclipse, il se trompa de deux heures et demi !... Mais sans doute savez vous que Colomb voulait démontrer à tout prix qu'il avait atteint l'Asie, et par conséquent son désir le portait à se tromper, pour montrer qu'il était arrivé bien plus loin qu'il n'était.

Et les distances lunaires ? Elles ont été très en vogue ces cent dernières années. L'idée est d'utiliser le mouvement de la lune par rapport aux étoiles : elle s'en écarte d'un demi degré à l'heure. Mais il y a la parallaxe, difficile à calculer...

*Il y a aussi les satellites de jupiter, que Galilée a découvert grâce à sa lunette, dont on peut observer les éclipses ou les occultations, et en déduire ainsi l'heure. Mais on ne peut le faire que grâce à une lunette à terre et non sur un navire, trop mobile... »*

Umberto Eco, imagine dans une suite très romancée, un inventeur qui par un procédé diabolique détermine la longitude en utilisant un chien blessé qui connaît l'heure par transmission télépathique !..

Par contre, dans cet ouvrage est décrite avec justesse une certaine cabine d'un navire, avec tous les types d'horloges possibles, instruments qu'il fallait remonter avec régularité.

En effet, Il est certain que c'est grâce au perfectionnement des horloges, et aux informations plus précises sur les mouvements de la lune ou des satellites de jupiter, que des progrès ont été accomplis au cours des âges

Après avoir cité des erreurs de positions géographiques, il est bien de rappeler les remarquables relevés faits dans le passé.

Pour cela continuons à procéder par citations d'auteurs, cette fois plus scientifiques, qui ont très bien écrit cette évolution.

Dans l'article **BERING : LE CHRISTOPHE COLOMB DU PACIFIQUE**, **Bertrand Imbert**, dans la revue internationale hydrographique de mars 1993 :

*« D'importants progrès ont été réalisés au XVIII<sup>ème</sup> siècle, mais les résultats ont été constatés essentiellement à partir des années 1760-70. Les progrès les plus notables ont été accomplis par les gouvernements de la France et de l'Angleterre. L'observatoire de Paris fut créé en 1665. Cassini publia dès 1690 des tables des mouvements des satellites de jupiter... Mais les observations nécessitaient un télescope et ne pouvaient être réalisées qu'à terre. Une autre solution aurait consisté à prendre l'heure d'un méridien connu, mais on ne disposait pas d'horloge à la mer. Enfin on pouvait utiliser la lune comme aiguille de l'horloge céleste et les étoiles comme chiffres, ce qui signifiait que l'on mesurait les distances lunaires à partir d'étoiles connues. Cette méthode fut constamment utilisée par **Cook** et **La Pérouse** et le fut ensuite par de nombreux navigateurs, mais elle n'atteignit une précision suffisante que vers les années 1770. Newton avait établi sa théorie du mouvement lunaire en 1713, mais les erreurs étaient trop importantes et ceci était également vrai pour les instruments de mesure d'angles avant la fabrication des premiers octants vers les années 1760...*

*« L'inadéquation des instruments de navigation durant la première moitié du XVIII<sup>ème</sup> siècle fut la cause d'échouage de nombreux bâtiments et de la perte d'équipages entiers.*

*Le gouvernement britannique décida, en 1714, de décerner un prix important à, quiconque apporterait une solution permettant de trouver la longitude à la mer avec une précision supérieure à 1°. Il a fallu attendre 45 ans avant la mise au point par Harrison d'un chronomètre fiable. En France, le chronomètre de Leroy fut essayé à la mer en 1768.*

*Entre Bering, en 1728 et Cook et La Pérouse en 1770, la précision des instruments de mesure de l'altitude*

*a été multipliée par 10, de même que les tables du mouvement de la lune ou des satellites de jupiter. »*

Dans ce même article, Bertrand Imbert indique les précisions des longitudes mesurées par Bering, Cook et La pérouse dans les mêmes régions. Elles sont remarquables, les erreurs ne sont que de quelques minutes de longitudes, atteignant rarement 10'.

**1840.** Le relevé de la côte de terre Adélie, depuis le bord de l'Astrolabe, le vaisseau de **Dumont d'Urville**, a été parfaitement confirmé par les Australiens, **Mawson 1911** et par Expéditions Polaires Françaises **1950-1953**.

Il faut dire que cette première découverte de la côte antarctique, **en 1840**, a été un coup d'éclat : Dumont d'Urville n'avait pas été mandaté pour ce trajet au sud de la Tasmanie, après sa vaine recherche d'un passage dans les glaces de la mer de Weddel au Sud de l'Amérique. C'est l'hydrographe polytechnicien **Vincendon Dumoulin** qui a procédé au relevé de la côte, avec une méthode de « lever sous voile » dont il estime être l'inventeur. Bénéficiant d'un court délai depuis le départ de Hobart où ont pu être comparé les chronomètres, il a bénéficié d'une heure exacte, donc de longitudes très précises.

Pour compléter la liste d'explorateurs très précis dans leurs relevés, citons des terrestres :

**En 1837-1840**, une carte de l'Abyssinie est dressée par **Antoine d'Abbadie**, en utilisant une méthode dont il se réclame l'inventeur : « *La géodésie expéditive* » ; Il deviendra président de l'académie des Sciences et on écrira de lui : « *Il est le premier explorateur scientifique. Il n'était pas un scientifique du XIX<sup>ème</sup> siècle. Il appartient déjà au XX<sup>ème</sup> siècle.* »

C'est lui qui a construit ce surprenant château d'Abbadia, dans la région d'Hendaye, où est installée une lunette méridienne, une fente coupant en deux le donjon. Un film est en cours d'élaboration, pour commémorer sa vie et son œuvre.

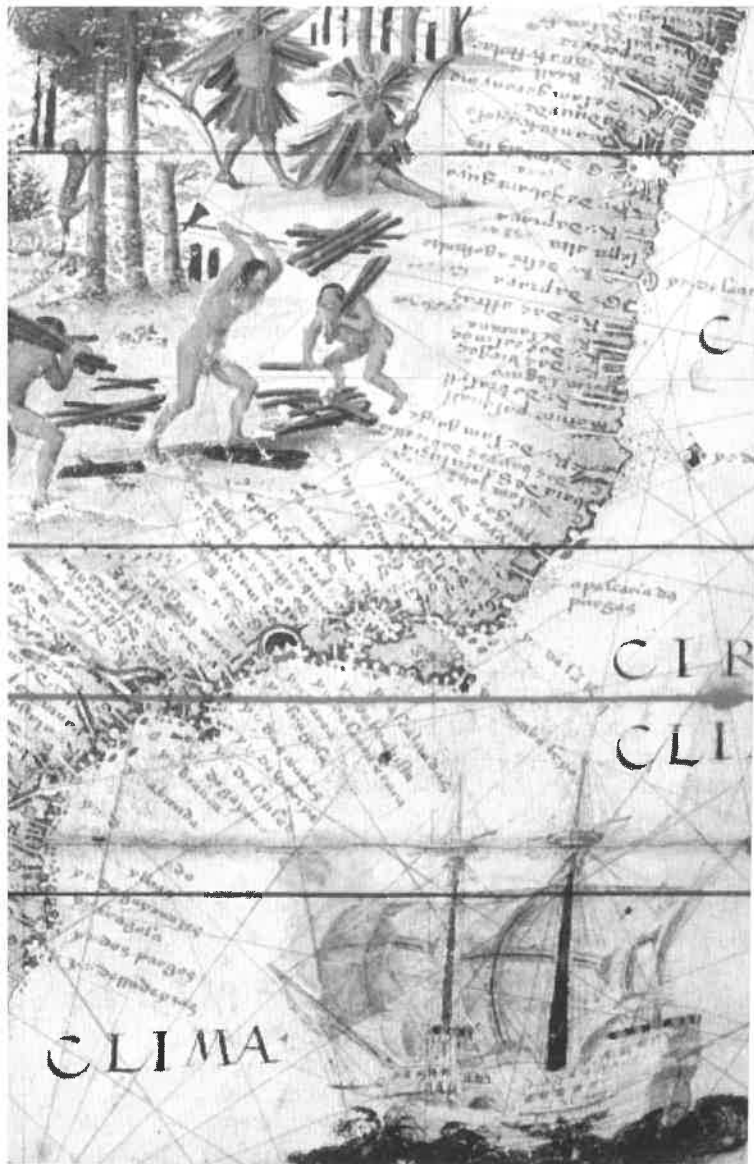
Un autre document, bien intéressant est le **N° 148 d'octobre 1989**, de la revue **NAVIGATION**. **Bertrand Imbert** y analyse **La Navigation des découvreurs des pôles géographiques**.

**1911.** La compétition entre **Scott** et **Amundsen** pour atteindre le **Pôle Sud** est bien connue. Par contre leur méthode de détermination de leur position est importante. Elle se faisait par des hauteurs du soleil, au sextant, avec un horizon artificiel. L'exactitude était fondamentale car dans la course au **Pôle Nord**, les navigations astronomiques sont très peu probantes :

**1906-1909.** Le capitaine **Peary**, américain, a fourni très peu de données permettant d'affirmer qu'il a bien atteint le pôle. Les reconstitutions d'itinéraires font penser qu'il est passé à plusieurs dizaines de miles du pôle. Son concurrent, **Cook**, s'en est encore moins rapproché.

**1926.** Autre compétition entre **Byrd** en avion et **Amundsen**, en dirigeable. Si Amundsen a bien survolé le pôle en se dirigeant vers l'Alaska, il est très douteux que le raid de Byrd l'ait conduit vraiment jusqu'au pôle.

**1968.** Il a fallu attendre cette année pour que **Plais-ted** et **Pitzi** atteignent le pôle Nord en Snowmobile. Pour eux aussi, la navigation doit être très précise car il s'agit



de parcourir une banquise flottant sur la mer et dérivant de façon très notable.

#### Remarque sur la navigation océanique :

Les très instructifs articles du numéro 54 de xyz de 1993 contiennent deux passages qu'il est difficile de ne pas commenter.

Il ne s'agit plus de topographie mais des conditions de navigation de Christophe Colomb.

Dans l'article *De Christophe Colomb à la Géographie d'aujourd'hui* :

« Là encore, le voyage de Colomb n'est pas sans garder un certain mystère. Comment a-t-il su, du premier coup, choisir le trajet presque optimal à l'aller comme au

retour, partant des Canaries, il suit exactement le parallèle correspondant (26-27°) grâce à des vents dominant du nord-est (alizés). Pour le retour, il commence par se diriger vers le nord-nord ouest, puis, parvenu au 37<sup>ème</sup> parallèle, il le suit directement jusqu'aux Açores, grâce aux vents d'ouest dominants. Il se trouve que ces deux routes sont demeurées, approximativement, les routes classiques pour les voiliers traversant l'Atlantique nord dans cette partie médiane, en ce qu'elles évitent la zone des vents nuls ou variables, entre Açores et Canaries... Et on conclut au "génie intuitif de l'Amiral de la mer Océane". »

Dans l'introduction de ces articles, Jack Biquand résume la même idée :

« Colomb en savait-il plus sur le voyage qu'il allait entreprendre, Pourquoi savait-il que les alizés allaient, sur le parallèle choisi, le pousser vers l'ouest, et pourquoi revient-il par la route du nord où les vents de l'ouest, à l'inverse, le ramènent en Espagne, Les deux meilleurs chemins... ».

La réalité est que, de la même façon que, à l'époque, Colomb n'avait pas les moyens de connaître les longitudes ; il avait un navire qui ne pouvait pas le mener sur d'autres routes que celles qu'il avait non pas choisies, mais subies.

C'est au XVIII<sup>ème</sup> qu'on a connu les longitudes. Ce n'est que vers la fin du XIX<sup>ème</sup> qu'ont été inventés des navires REMONTANT AU VENT. Quand Bonaparte est revenu de la campagne d'Egypte, son navire a erré pendant plusieurs semaines devant Antibes, sans pouvoir approcher de la côte, le vent soufflant du Nord. Pendant les guerres navales entre la France et l'Angleterre, le problème des amiraux était de se trouver « au vent » de la flotte adverse. et pourtant la quille n'a été inventée que beaucoup plus tard.

De Lisbonne, Christophe Colomb ne pouvait pas remonter vers le nord et était bien obligé de descendre au Sud où il a rencontré les alizés. Au retour, il n'avait pas d'autre choix que de remonter vers le Nord et de reprendre les vents d'ouest que les dieux lui offraient.

S'il avait agi autrement, il ne serait ni arrivé, ni revenu !...

Il est surprenant que, face à un exploit unique d'un homme épris d'**Aventure**, on veuille invoquer des dons géniaux mais imaginaires, dus à des connaissances mystérieuses.

**La simple vérité est tellement plus belle...**

#### Bibliographie

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Christophe Colomb – Gonville :   | L'île du jour d'avant de Umberto Eco – Grasset 1996.            |
| Colomb – Vespucci, Amerigo :     | Stefan Zweig– Belfond – 1992.                                   |
| Gonville Kerguelen :             | L'aventure Polaire Française – Artaud 1997.                     |
| Astrolabes Les règles de l'art : | Ciel et Espace Leila Haddad – Février 1998                      |
| Kerguelen-Acta Géographica :     | Sté de Géographie – Pierre Couesnon –1997.                      |
| Bering – la Pérouse :            | Revue Hydrographique Internationale mars 1992                   |
| Dumont d'Urville – Cook :        | Le Grand Défi des Pôles – B. Imbert – Gallimard 1987.           |
| Navigation N° 140 :              | Sciences et techniques au XVIII – J. Bourgoïn                   |
| Navigation N° 148 :              | Les découvreurs des pôles Bertrand Imbert                       |
| Abadie :                         | Fondation Académie des Sciences – Cap Science 1997.             |
|                                  | Le film en cours de préparation est produit par Yves Bourgeois. |

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

## *Fable aquatique*

### *L'aigrette et le bathymètre*

Une aigrette que la faim guette,

Du fleuve arpenté 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.



Enfin... presque tous.



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

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

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

# L'ART-LES LIVRES

## Jack Biquand

### ■ PARIS, histoire d'un espace Bernard Rouleau

C'est un géographe et un cartographe qui écrit cet ouvrage que l'on pourrait dire d'histoire. C'est du point de vue particulier de son espace et de son paysage que l'auteur raconte la ville qui, d'une peuplade lacustre au groupe humain, forme l'ensemble actuel. Dans cet espace parisien rien ne s'est inscrit au hasard, mais toujours dans un contexte géographique et historique précis. L'espace et le temps sont les deux ancrages que l'auteur entreprend de retracer : comment l'espace urbain s'est peu à peu formé et développé, selon quels objectifs les voies qui l'irriguent se sont mises en place, pourquoi s'est implantée une certaine morphologie humaine.

En 52 Av.-JC, César envoie le général romain Labienus pour soumettre Lutétia, une cité lacustre dirigée par son chef Camulogène. Un siècle après seulement se formera sur la rive gauche d'un fleuve nommé Seine une ville nouvelle qui s'édifiera selon les règles de l'urbanisme romain. Mais ce n'est qu'au V<sup>e</sup> siècle que cette Lutèce d'eau et de marais deviendra Paris, place militaire de premier ordre avec une flotte de guerre. En 486 Clovis s'en emparera et en fera, en 508, la capitale de son royaume, après avoir fondé la basilique des Saints Apôtres, la future Sainte Geneviève. D'un siècle à l'autre une civilisation se met en place dans ce creuset, tour à tour abandonné et repris par la royauté, mais où se succèdent les plus grands parmi les créateurs, les artistes, les architectes et les penseurs. La ville est, du XIII<sup>e</sup> au XVII<sup>e</sup> siècle, la plus grande ville d'Europe et peut-être du monde.

De la ville des premiers temps au Paris du XX<sup>e</sup> siècle, l'auteur poursuit une explication pour "comprendre" notre étonnante métropole. Comment et pourquoi les rues se forment-elles ? Comment apparaissent et s'étendent les quartiers ? Comment la ville s'est-elle dotée d'une organisation spatiale, d'axes de déplacements et de liaisons, de marchés, de places ? Un survol de près de 500 pages qui structure l'histoire dans le cadre de sa géographie, de sa morphologie et de son espace, avec une riche iconographie.

Bernard Rouleau est docteur en géographie, docteur ès lettres, ancien élève de l'École supérieure de cartographie géographique, il a notamment publié "le tracé des rues de Paris" aux presses du CNRS et aux éditions du Seuil "Villages et faubourgs de l'ancien Paris". Le présent ouvrage est publié avec le concours du Centre National du Livre.

Aux éditions du Seuil.

### ■ L'ozone stratosphérique (Rapport N° 41 de l'Académie des Sciences)

L'ozone joue dans les équilibres de l'environnement terrestre un rôle fondamental. Il est présent à 90 % entre 20 et 50 km d'altitude, et fait office de régulateur et de protecteur de la vie animale et végétale à la surface de la terre. Les gaz qui entourent la Terre sont la conséquence d'échanges permanents d'énergie et de matière entre l'atmosphère, les océans et la biosphère, mais les équilibres ne sont pas statiques et la composition chimique de l'atmosphère est en perpétuel changement, l'activité humaine y a sa part. Les premières alertes concernant l'atmosphère datent de 1970 de la part de chercheurs et les premières réglementations apparaissent au "Protocole de Montréal" qui prévoit des mesures à l'échelle mondiale. En 25 ans, le problème de l'ozone atmosphérique est passé de la simple hypothèse à la mise en évidence.

Ce rapport de l'Académie fait le point scientifique sur la question et la conclusion établit le bilan des certitudes et des incertitudes permettant de formuler quelques recommandations dans le domaine de la recherche.

(TEC et DOC Lavoisier, 14 rue de Provigny  
94 236 CEDEX Cachan – Fax 01 47 40 67 02)

### ■ TERMINOLOGIE de télédétection et photogrammétrie Français-Anglais

("La connaissance des mots conduit à la connaissance des choses." PLATON)

Ce manuel est édité par le Conseil International de la Langue Française (CILF) dont le secrétaire général, Hubert Joly, assure d'ailleurs la préface. Cet organisme consacre une large part de son activité à la publication de dictionnaires scientifiques et techniques multilingues destinés au monde francophone.

Ce manuel terminologique didactique regroupe environ 3 200 termes utilisés en photogrammétrie et télédétection aérospatiale et technologies d'exploration à distance. Ils sont présentés alphabétiquement avec définition suivie éventuellement d'une note spécifique, et accompagnés d'équivalents anglo-américains. Ils sont indexés par domaine de référence et classificateurs.

Un index bilingue anglo-américain-français de plus de 3 000 entrées comprenant les formes fautives et impropriétés, ferme cet ouvrage qui s'adresse aux enseignants et étudiants, ingénieurs et chercheurs, traducteurs et interprètes. Cinq auteurs enrichissent ces pages sous la présidence de l'un d'eux, Serge Paul, professeur des universités, docteur d'État ès sciences, Guy Ducher (IGN),



Isabelle Jobard (CNRS), Charles-Henri Latarche (IFP) et Michel Lenco (INSEE).

Un ouvrage indispensable à la profession et à son environnement.

(CILF – 11 rue de Navarin – 75009 Paris – Prix : 250 FF)

## ■ Raconte-moi Internet

**Pascal Minguet**

Cet ouvrage est destiné aux enfants, mais aussi à leurs parents et leurs enseignants. Il s'inscrit dans une démarche de vulgarisation pour appréhender INTERNET. Un projet gouvernemental vise à connecter l'ensemble des établissements scolaires au réseau Internet pour l'an 2000, et dans cette foulée la société Lotus édite ce livre à destination des élèves de 8 à 12 ans. Les enfants vont ainsi partir à la découverte d'Internet, du courrier électronique et des différents services susceptibles de les guider au cours de leur scolarité. Le langage s'efforce d'être accessible et privilégie les usages par rapport à la technique : qu'est-ce que c'est, à quoi ça sert, comment se connecter, comment me reconnaît-on, à quoi ça sert à l'école, un livret pédagogique énumère les mots d'Internet et son langage. L'Excellent pour les enfants, avec un côté un peu moralisateur qui laisse rêver : n'envoie pas de fausses nouvelles, respecte tes interlocuteurs, soit créatif et non destructif, soit courtois, respecte les lois du copyright, toutes indications de très bonne morale mais qu'il faudrait surtout dire aux "grands" qui excellent souvent dans les lois du genre.

À mettre entre toutes les mains enfantines.

(Lotus, Maisonneuve & Larose : raconte lotus. com)

## ■ L'avenir universitaire

**Académie des sciences, cadas**

L'institut de France vient de publier (juin 1998) son rapport commun N° 1 sur "l'avenir de la recherche universitaire et le devenir des docteurs des universités françaises". La recherche publique en France a cette particularité, par rapport à ce que l'on connaît dans les autres pays industrialisés, d'être menée d'une part par des chercheurs à plein temps, ceux des organismes de recherche comme le CNRS, l'INSERM, l'INRA, l'INRIA... etc. Et d'autre part par les universitaires dans tous les établissements d'enseignement supérieur, c'est-à-dire les universités, les écoles d'ingénieurs, les IUT.

Le groupe de travail de l'Académie estime que la recherche universitaire, en France et dans le monde, en cette fin de siècle, est à la croisée de chemins et qu'elle ne devait pas reproduire à l'identique ce qui se faisait jusqu'ici. Elle passe en revue le rôle et les objectifs de la recherche universitaire, celle des disciplines représentées en son sein, et en dégage la spécificité. Après avoir consulté de nombreuses personnalités qui ont à en connaître, et dont on trouve pour certains les propos en annexe du rapport, l'Académie émet ses recommandations.

(CADAS Lavoisier, TEC & DOC, rapport commun N° 11, juin 1998)

## ■ Albert I<sup>er</sup>, prince savant

**Exposition du 23 juin au 6 septembre**

Créé en 1906 par Albert I<sup>er</sup>, prince de Monaco, l'institut océanographique a été inauguré en 1911 au centre de Paris rue St

Jacques. Il présente une exposition qui fait revivre une étonnante histoire des océans : "dans le sillage d'un prince savant". Les campagnes de savant du prince, ses 28 croisières scientifiques, l'aventure de la pose des câbles sous-marins, l'observation de l'océan par satellite, ces découvertes composent une étonnante histoire des océans qui nous est contée dans cette exposition. Nous apprenons que ce prince de Monaco a été un précurseur alors que la vie des profondeurs était méconnue nous apprenons qu'au sein de l'océan se déroulent des phénomènes physiques, chimiques, géologiques, biologiques sur des échelles de temps très longues. Le rôle de l'océan dans le contrôle et l'évolution du climat est désormais affirmé et démontré.

Tout au long de la visite on découvre le monde passionnant des sciences marines et une cinquantaine d'objets anciens provenant du musée océanographique de Monaco. Une vaste histoire de l'océanographie du XIX<sup>e</sup> siècle à nos jours.

(Centre de la mer et des eaux, 195 rue St Jacques, 75005 Paris, tél. 01 44 32 10 90)

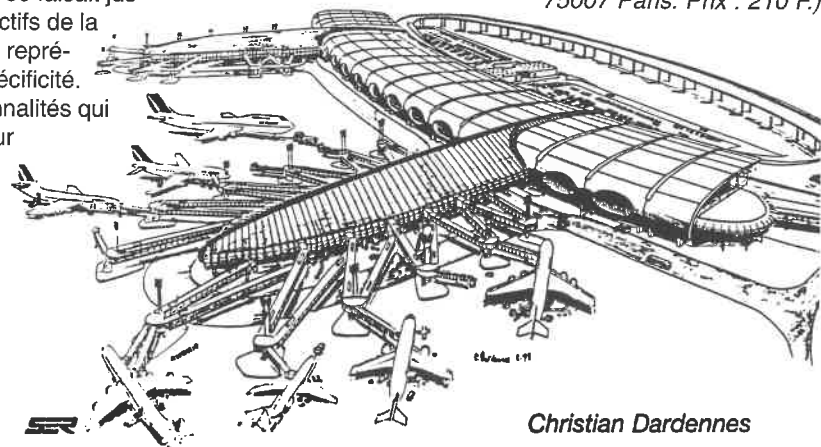
## ■ Une aérogare pour l'an 2000

**Christian Dardennes**

L'art graphique n'est pas sa profession, mais son passe-temps c'est le dessin au trait, à la plume et au crayon. L'architecture et les paysages urbains le passionnent, la réhabilitation des entrepôts de Bercy lui fait découvrir la puissance d'évocation que peut acquérir cet art qu'il maîtrise. Le Grand Louvre, ensuite, est une entreprise à sa taille. Un premier livre est édité en 1993 et connaît un succès. Là dessus se pointe le Stade de France, un beau sujet pour notre artiste qui commence son travail avant même le premier coup de pioche ! En 1997, il publie un nouvel ouvrage et, d'emblée, il retient l'attention d'un certain nombre de partenaires qui en font la "carte de visite" de leur entreprise. Entre temps il s'enfonçait dans le sol de Paris pour croquer des images de "météor" et "d'éole", sans doute pour ne pas perdre la main et pour nous procurer une nouvelle œuvre !

Un projet aussi vaste qu'une nouvelle aérogare à Roissy ne pouvait le laisser indifférent, il y trouve les formes élégantes et originales que sa plume transcrit avec vigueur et précision. Au milieu de la poussière et du bruit, l'âme de l'ouvrage naissant est kidnappée pour mieux nous conter l'aventure technique et humaine qui s'y déroule.

(Société d'Éditions Régionales, 26 rue Duvivier 75007 Paris. Prix : 210 F.)



## ■ Précis de l'astrolabe

Raymond d'Hollander

L'ASTROLABE PLANISPHERIQUE, le plus ancien et le plus répandu, attribué à Hipparque (II<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ), perfectionné par les Arabes, utilisé jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle, est l'un des instruments les plus ingénieux qu'ait conçu l'esprit humain.

L'explication de son fonctionnement nécessite d'abord de bonnes connaissances sur la projection stéréographique d'une part et en cosmographie d'autre part. Les éléments théoriques correspondants sont exposés de façon très didactique.

Sont abordés ensuite les différents cas de résolution d'un triangle sphérique et leurs applications à la résolution du triangle en astronomie.

Grâce à une araignée transparente fournie avec l'ouvrage, que l'on peut faire tourner par rapport à un tympan figurant dans l'ouvrage, le lecteur peut s'exercer à résoudre à l'astrolabe tous les problèmes d'astronomie de position : il pourra vérifier les résultats par le calcul.

Le *Précis de l'astrolabe* expose aussi les principes de fonctionnement de tous les astrolabes autres que l'astrolabe planisphérique, y compris l'astrolabe nautique, pour lequel on montre le rôle important qu'a joué celui-ci lors des grandes découvertes.

(À l'AFT – 136 b rue de Grenelle – 75007 Paris SP,  
Prix : 320 F + frais de port : 30 F)

## BULLETIN D'ADHÉSION

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

Mr ☐ Mme ☐ Mlle ☐ ou raison sociale ☐

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Profession : \_\_\_\_\_ Secteur d'activité : \_\_\_\_\_

## TARIFS ANNUELS

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

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

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

## REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 76

TRIMBLE ..... 2<sup>e</sup> couv.  
SETAM ..... 3<sup>e</sup> couv.  
TOPO CENTER ..... 4<sup>e</sup> couv.

ACTHYD ..... 17  
AERIAL ..... 1-28  
AEROSCAN ..... 37  
CARL ZEISS ..... 2  
ECOLE CHEZ SOI ..... 80  
EUROBORNES ..... 81  
EUROSENSE ..... 20  
FAYNOT ..... 68  
G2 METRIC ..... 77  
GEO 2000 ..... 17  
GEOMEDIA ..... 8

GEOPIXEL ..... 40  
GRETA ..... 81  
INTERGEO ..... 26  
JS INFO ..... 65  
LEICA ..... 4  
LOCBAT ..... 71  
MARTEC ..... 52  
MAURY ..... 23  
NEWBY ..... 39  
NIKON ..... 6  
PENTAX ..... 84  
REIS ..... 39  
SPECTRA-PRECISION ..... 3  
STOLZEL ..... 39  
TOPCON ..... 24