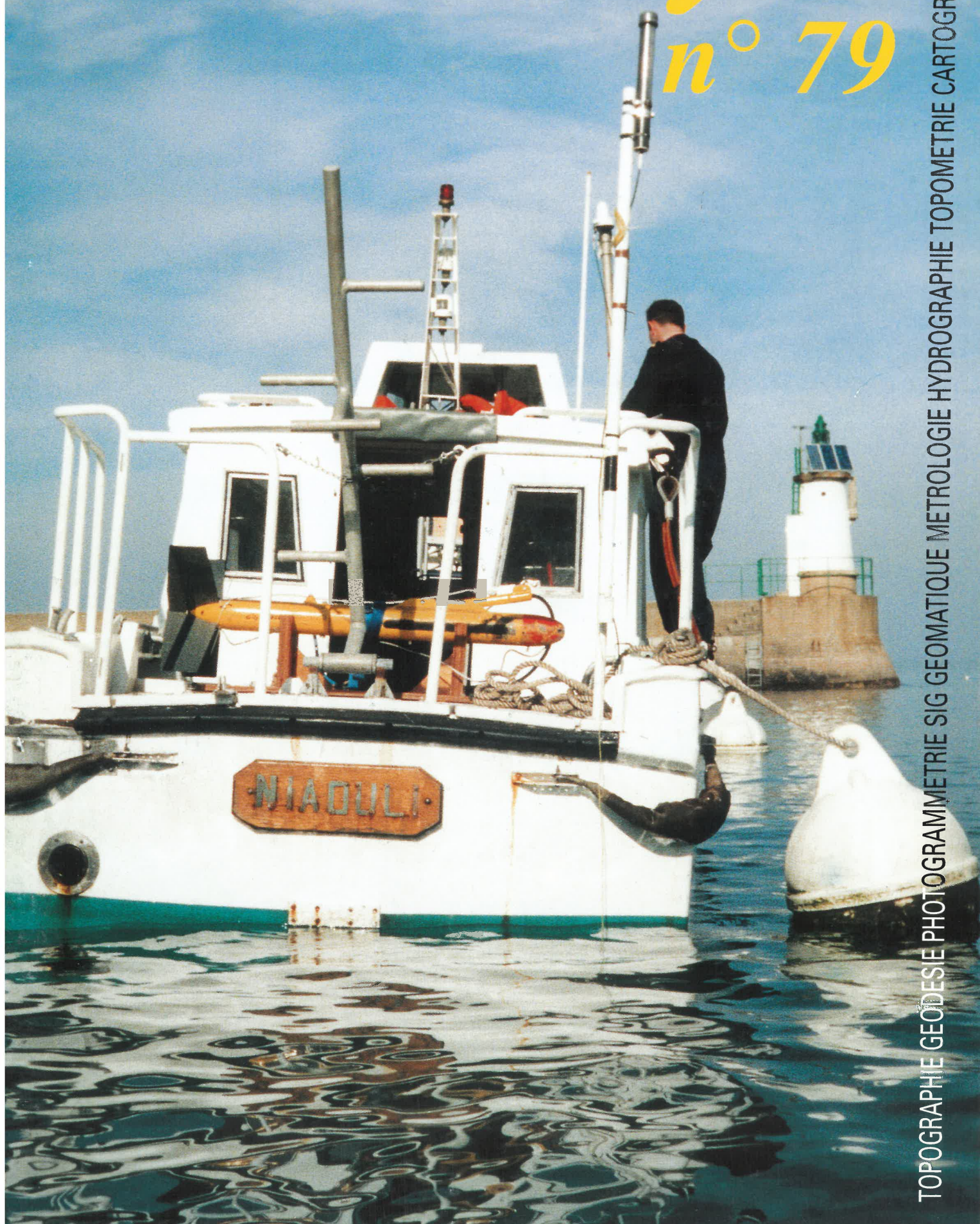


*Association
Française de
Topographie*

*XYZ
n° 79*



TOPOGRAPHIE GÉODÉSIE PHOTOGRAMMÉTRIE SIG GÉOMATIQUE MÉTROLOGIE HYDROGRAPHIE TOPOMÉTRIE CARTOGRAPHIE GÉNIE CIVIL



Vedette du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), équipée pour des sondages par petits fonds. Lire notre article page 27.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
André BAILLY

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

COMITÉ DE RÉDACTION

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

COMITÉ DE LECTURE

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

MAQUETTE ET MONTAGE

Jack BIQUAND

ABONNEMENTS

Carine BALLAND

e-mail : aftopo@club-internet.fr

Trimestriel – Le numéro : 130 F / 20 €

Abonnement d'un an

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

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

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

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

Tous droits de reproduction ou d'adaptation
strictement réservés.

COMPOSITION CD GRAPH

1 allée des Vinaigriers

44300 Nantes – ☎ 02 40 50 02 35

IMPRIMERIE MODERNE USHA

Aurillac 150001

☎ 04 71 63 44 60 – fax 04 71 64 09 09

REVUE DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

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

ISSN 0290 – 9057 **1999 • 2^e trimestre**

n° 79 • s o m m a i r e

– Editorial <i>Jack Biquand</i>	5
– Info-Topo	7
– Une nouvelle place pour l'information géographique <i>Jean-Claude Lummaux</i>	19
– L'expérience pilote RGP <i>Claude Boucher</i>	21
– Zéro hydrographique, vers une détermination globale <i>G. Wölpelmann, S. Allain, P. Bahurel, S. Lannuzel, B. Simon</i>	27
– Incontournable géodésie <i>André Fontaine</i>	34
– Interpolation et filtrage des données laser scanner en zone boisée <i>David Desbuisson</i>	36
– Un SIG solidaire au pays de Lorient <i>Joël Coché, Eric Jacotin, Richard Carnohan</i>	41
– ION-GPS 98 <i>Claude Million</i>	44
– Système de guidage localisation sur engins TP (colloque de Cachan) Synthèse <i>André Bailly</i>	48
– A propos de l'éclipse de soleil <i>Suzanne Débarbat, Robert Vincent</i>	50
– De l'importance d'une petite seconde en plus ou en moins <i>Pierre Mannevy</i>	53
– Une école à cheval sur trois siècles <i>Jack Biquand</i>	57
– La page 4 X 4 : Joy Machine, "Y a de la joie" <i>Robert Chevalier</i>	60
– La page GSF : pluie et vent	61
– Modélisation géométrique et sémantique en milieu urbain <i>Mathieu Koehl</i>	62
– TOPO-VECUE : souvenirs topographiques, le dur apprentissage du lignard <i>Robert Chevalier</i>	64
– Implantation de la frontière Oman-Yémen <i>Ilario Prévitali</i>	73
– Courte histoire des raccordements des observatoires de Paris et Greenwich <i>Suzanne Débarbat</i>	77
– Archéologie expérimentale et arpentage antique <i>Patrick Joachim Rubini</i>	83
– Un vieux canal chinois <i>Sophie Reynard, Thierry Person</i>	89
– Le site gallo-romain du vieil Evreux <i>Laurent Aubry, Christian David, Michel Dabas</i>	92
– Les livres <i>Jack Biquand</i>	96

Pour la recherche de nos annonceurs, consulter la page 43.



SCORPIO
LAND SURVEY

6000

NOUVELLE GAMME

Le GPS qui défie VRAIMENT L'obstacle

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 18 45 55



ICI



LÀ



MAIS LÀ
AUSSI



Pour ses vingt ans l'AFT s'est installée sur son site web. C'était passer du studio sur cour aux cinq pièces avec vue dominant la planète.

Pour fêter cet anniversaire nous avons hésité entre un feu d'artifice et une éclipse de soleil par la lune. Nous avons finalement opté pour cette dernière, à condition qu'elle soit totale. À cette occasion nous invitons tous nos amis le 11 août prochain à midi autour du puits de la rue de Grenelle. Attention, les portes seront fermées cinq minutes avant, afin de ne pas perturber la mécanique céleste.

La mécanique céleste ! Justement, toujours en rapport avec l'éclipse, Suzanne Débarbat et Robert Vincent vous parlent du phénomène et, à ce propos, une mystérieuse seconde intercalaire du temps va perturber nos existences le premier janvier prochain comme vous le raconte l'hydrographe Pierre Mannevy, l'hydrographie qui nous déstabilise aussi en nous apprenant que le zéro hydrographique pose des problèmes, est sujet à caution, et que des essais en rade de Brest permettent d'évaluer les capacités du GPS cinématique pour la réduction des sondages.

Le GPS ! Ah celui-là avec son copain GLONASS ! Ils engorgent nos disquettes d'ordinateurs, ils se glissent partout anarchiquement, dans les trains, les autobus, les avions, sur les bateaux, et se perchent avec l'assurance des corbeaux au sommet du bâton de pèlerin du topographe, Claude Boucher nous explique comment il faut mettre de l'ordre là-dedans en nous parlant de l'expérience pilote RGP du LAREG de l'IGN. C'est aussi ce que tente d'entreprendre, sur un plan plus général, la réunion annuelle ION GPS, la onzième de nom, dont Claude Million nous donne un compte rendu, pendant que notre collaborateur André Fontaine, dans ses libres propos, continue d'enrichir les théories sémantiques de "l'incontournable géodésie". Plus pratiques, mais toujours GPS au poing, un projet de fin d'études ENSAIS de l'ingénieur David Desbuisson dévoile les mystères de "l'interpolation et filtrage des données laser-scanner en zone boisée" et André Bailly, dans une synthèse de la mini-conférence produite par Pierre Dubreuil au Colloque de Cachan, s'installe sur des engins de TP munis de "systèmes de guidage localisation".

Exit le GPS.

Jack Biquand en profite pour caser son reportage à "l'École chez soi", une école à cheval sur trois siècles, et l'interview de son directeur Jean-Michel Bourgois.

Et puis, bond en arrière ! Ce numéro de XYZ en est friand.

Après un détour par le domaine de nos amis les SIG grâce à Joël Coché et Éric Jacotin qui, dans : "un SIG solidaire au pays de Lorient", nous apprennent qu'il devenait urgent pour le district de bâtir un SIG plus harmonieux, la revue cède la place à l'histoire en longeant pour commencer un vieux canal chinois ridé par plusieurs siècles d'enflement de systèmes d'irrigation dans la région de Xi'an où se tint la capitale de la Chine pendant près de 2000 ans. Plus près de nous, Patrick Joachim Rubini ouvre une réflexion sur l'archéologie expérimentale et l'arpentage antique à partir de l'orientation et du maintien des axes du cadastre romain de la colonie d'Orange, et l'ingénieur physicien Laurent Aubry vous apprendra que le vieil Évreux fut la capitale de la cité des Aulerques Eburovices, ensuite Suzanne Débarbat nous conte la courte histoire des raccordements des Observatoires de Paris et de Greenwich.

Enfin nos amis et collègues géomètres nous rappellent que la topographie n'est pas qu'une science et une technique, mais qu'elle est aussi une aventure humaine. Nous ouvrons dans ces pages une rubrique, "TOPO-VÉCUE", pour l'histoire, la profession et l'aventure sur le terrain, qu'inaugure notre directeur de la rédaction Robert Chevalier, par des souvenirs topographiques et son dur apprentissage du métier de lignard. Dans la même perspective, Ilario Prévitali, qui nous a parlé de la participation de la société Sintégra aux travaux d'implantation de la frontière Oman-Yemen dans notre numéro 76, nous raconte aujourd'hui comment ce fut une occasion pour les ingénieurs de découvrir ces deux pays et de vivre pendant sept mois de chantier des péripéties peu banales.

Chers amis lecteurs vous pourrez alors fermer ce numéro, mais, comme on va aux "puces" pour flâner et, éventuellement, découvrir l'objet rare, passez par les Info-Topo et la chronique des livres qui sont bourrées de pistes pour le métier et tous ses arcanes.

À la prochaine !

Jack Biquand

Trimble



La topographie est une affaire de gestion de données: les collecter, les adapter, les convertir, les visualiser. C'est pourquoi la nouvelle génération du matériel de topographie Trimble a été conçue autour de l'idée d'un flux de données homogènes.

Au centre de ce concept, le TSC1 Survey Controller, le carnet de terrain le plus performant. Sa facilité « Plug and Play », sa compatibilité avec nos Stations Totales GPS ou optique (ainsi qu'avec la plupart des stations optiques du marché) font de cet outil le noyau central pour stocker l'ensemble de vos mesures du terrain et vous permettre le contrôle de vos chantiers.

Au bureau, le TSC1 se connecte directement à notre logiciel Trimble Survey Office sous Windows. Ce programme autorise l'ensemble des opérations, du traitement des mesures brutes GPS et optique, jusqu'au transfert des données vers votre logiciel de dessin habituel.

Lorsque vous êtes prêt à retourner sur le terrain, un simple clic de la souris transfère les données d'implantation du projet vers le TSC1. Le système vous guide directement sur chaque point à planter et affiche instantanément déblais et remblais.



LEPONT
EQUIPEMENTS

Tél: 01 34 93 35 05
Fax: 01 34 93 35 09

Trimble®
ADDING VALUE TO GPS

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

© Copyright 1998, Trimble Navigation Limited. All rights reserved. The Trimble logo with Trimble is a trademark of Trimble Navigation Limited registered in the United States Patent and Trademark Office. Trimble Survey Controller, Trimble Survey Office and TSC1 are trademarks of Trimble Navigation Limited. All other trademarks are the property of their respective owners.

INFO actualités bloc-notes flashes T P O

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.

Le nouveau chez Bentley

L'interopérabilité est une priorité chez Bentley, mais elle présente des facettes multiples, tel le concept de "modèle unique" dans MicroStation® TriForma®, le support des normes IAI et STEP, la diffusion de l'information à travers l'architecture client/serveur, et la possibilité de programmation en JAVA®.

Avec l'introduction du modèle architectural MicroStation TriForma il y a trois ans, Bentley a été le pionnier dans le développement orienté objet que l'interopérabilité IFC nécessite. MicroStation TriForma est une application puissante et conviviale de modélisation et de documentation qui offre une approche intégrée de l'ingénierie du bâtiment. Le "Modèle Unique" proposé par MicroStation TriForma représente une avancée par rapport aux approches CAO traditionnelles, en se concentrant sur la création d'un modèle de données 3D complet qui englobe tous les aspects de la conception. Ce modèle unique centralise toutes les informations du projet et permet des extractions automatiques de plans, d'élévation, de sections, des listes de matériaux, etc., sans que l'utilisateur ne quitte l'interface MicroStation TriForma.

MODELSEUR™ c'est un logiciel serveur qui permet l'intégration des systèmes d'information d'ingénierie avec ceux venant des autres départements comme celui des ACHATS, celui de la GESTION de la construction ou celui de l'EXPLOITATION.

Au centre de Modelserveur Integrator se trouve le gestionnaire des régies. Les entreprises y définissent les règles selon lesquelles l'information est entrée, est structurée et présentée dans leurs projets. Sur demande de l'utilisateur, le gestionnaire des règles applique cette logique pour collecter des informations provenant de multiples bases de données et pour ensuite donner sur mesure des réponses sans équivoque.

MODELSEUR DISCOVERY : présenté le 30 mars dernier aux journées d'information Vivendi organisées par Générale d'Infographie. Cette solution permet aux ingénieurs et gestionnaires de données d'ingénierie d'utiliser Internet dans leurs projets de GeoIngénierie. Ce nouveau logiciel serveur permet de diffuser les informations à tout utilisateur muni d'un simple navigateur.

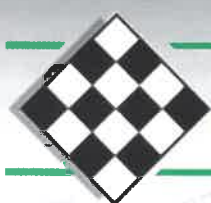
La prochaine version de Modelserveur Discovery comprendra un module de visualisation s'appuyant sur Java. Celui-ci sera personnalisable et offrira aux utilisateurs un haut niveau d'interactivité avec les informations. Ils pourront ainsi accéder à des cartes de grande taille et y ajouter des données thématiques comme par exemple l'estimation de la valeur des parcelles. Les utilisateurs de Modelserveur Discovery recevront ces nouvelles fonctionnalités gratuitement dans le cadre du programme Bentley SELECTSM.

*(Bentley Systems France – CNIT – BP 424
92 053 Paris La Défense – Tél. 01 46 92 40 92
Fax 01 46 92 40 93 – www.bentley.com*

SANI-MAP pour les réseaux d'assainissement

SANI-MAP est un outil de gestion de réseaux d'assainissement développé sur la base du SIG MapInfo qui permet de gérer simultanément des données alphanumériques et graphiques. Il permet la gestion et la visualisation simultanées de toutes les informations graphiques et textuelles habituellement disponibles sur des supports différents. Ce principe essentiel permet la mise en évidence de phénomènes ou situations généralement difficiles à décoder. SaniMap permet de gérer tout un réseau d'assainissement aussi bien pour l'édition de ses constituants que pour le traitement des informations. L'ensemble du réseau est vu sur un fond de plan.

LOGICIEL DE TOPOGRAPHIE ET PROJETS VRD



covadis

la solution globale du géomètre

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

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

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

COVADIS : le meilleur rendement à tous les régimes.



Autodesk.

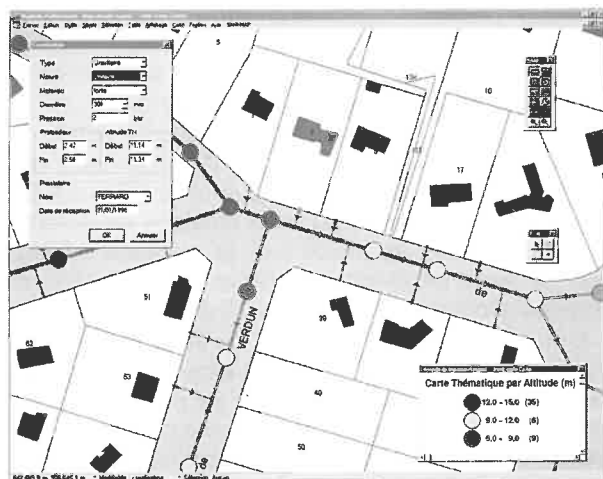
Authorized Systems Center



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



Il permet une mise à jour permanente du réseau et le questionnement sur un ensemble de critères paramétrables. Le tracé de profils en long est obtenu instantanément. Des statistiques sur ces informations sont possibles dans un graphique précis pour une étude comparative (nombre d'usagers, nombre de nouvelles canalisations sur une période donnée, nombre d'interventions, etc.)



(SANI-MAP – Parc des Rouges Barres
Rue Marcel Dassault – 59 700 Marcq en Baroeul
Tél. 03 20 65 03 44 – Fax 03 20 65 07 76
E-mail : infoi2g.fr)

Geomédia Relation Modeler chez Intergraph

Intergraph a récemment dévoilé sa nouvelle offre destinée aux opérateurs de réseaux, GeoMedia Relation Modeler. Ce logiciel complète la famille GeoMedia pour la gestion de réseaux. Le produit permet aux utilisateurs de créer des relations entre n'importe quel objet géographique. Grâce à ses règles de comportement nœud-arc et parent-enfant, complétées par des règles et des contraintes librement définissables par l'utilisateur, GeoMedia Relation Modeler permet de modéliser n'importe quel type de réseau.

Il est totalement intégré à GeoMedia Professionnel, ce qui permet de manipuler dans le même environnement et avec les mêmes commandes, des objets géographiques standards et des objets du réseau.

Tous les SIG peuvent manipuler de l'information géographique. Cependant de nombreuses entreprises publiques ou privées gèrent des réseaux, et la capacité à définir et gérer des relations entre objets géographiques est extrêmement importante. GeoMedia Relation Modeler est un module complémentaire de GeoMedia Professionnel qui permet de faire exactement cela. GeoMedia Relation Modeler est destiné aux entreprises petites et moyennes qui souhaitent saisir, mettre à jour, analyser et distribuer l'information relative à leurs réseaux. Le produit fonctionne avec les autres produits de la gamme GeoMedia : GeoMedia, GeoMedia Web Map et GeoMedia Network. Ceci permet de démarrer avec une solution ponctuelle et ensuite de construire une solution d'entreprise totalement intégrée au système d'information.

Développé par le "European Industry Center Government" d'Intergraph, GeoMedia Relation Modeler facilitera la modélisation de réseau. Les SIG traditionnels sont généralement focalisés sur les aspects systèmes.

Conscient du fait que le capital le plus important dans un SIG est constitué par les données et non par le système lui-même, GeoMedia Relation Modeler est focalisé sur les données géographiques il est bâti sur la plate-forme GeoMedia qui permet aux utilisateurs un accès direct à la plupart des bases de données géographiques (MGE, ArcView, Arcinfo, Mapinfo, Access et Oracle 8). GeoMedia Relation Modeler suit également les principes directeurs de l'OpenGIS.

(Intergraph France – <http://www.intergraph.com/France>
Tél. 01 30 64 14 20 – Fax 01 30 64 75 39
E-mail : fflouquet@symphony – communication.fr)

Leica Geosystems et Topo Center Ouest Parisien déménagent

En septembre 1997 deux activités de Leica se scindaient en **Leica Geosystems** (topographie) et **Leica Microsystems** (microscopie), mais continuaient à cohabiter dans un même immeuble à Rueil Malmaison. Aujourd'hui c'est toujours la cohabitation mais dans un autre lieu, au Pecq, dans les Yvelines. Leica Geosystems en profite pour se doter de moyens pour la réception de la clientèle : une salle de démonstration et une salle de formation pouvant accueillir de nombreux stagiaires.

Leur nouvelle adresse : Parc du St Laurent
54 route de Sartrouville – Bât. Le Québec
78 230 LE PECQ – Tél. LGS : 01 30 09 17 00
Fax LGS : 01 30 09 17 01 – Tél. Topo-Center :
01 30 09 17 09 – Fax Topo-Center : 01 30 09 17 10

Un nouveau centre européen pour "Hitachi software"

Cette société basée à Orléans depuis juin 1994 a fixé comme mission le support et la distribution de la gamme des produits Hitachi software en Europe, au Moyen Orient et en Afrique. Dans le cadre d'une expansion elle crée un pôle de développement destiné à être plus réactif et plus proche de ses utilisateurs et des sociétés de développement exploitant sa technologie raster.

La division Systèmes d'Information et d'Imagerie (HS) d'Hitachi software propose des outils de développement informatiques qui permettent d'utiliser des plans papier, des données photographiques et des images numériques sur des plates-formes de CAO. Parmi ces outils figurent des logiciels de visualisation, de traitement et de conversion de documents numérisés en fichiers vecteurs. Plus de 30 000 utilisateurs exploitent cette gamme de produits développés autour d'AutoCad ou d'IntelliCad.

(Hitachi software Parc de Limère – ZI Ardon – BP 629
45 166 Olivet CEDEX – Tél. 02 38 69 86 90
Fax 02 38 69 86 99 – E-mail : cad@hitachisoft-eu.com)

Le progiciel PixEdit

PixEdit est un progiciel de dessin destiné au traitement des grands documents en noir et blanc (cadastre, plan, carte, dessin industriel, en complément des applications de CAO-DAO Il est particulièrement adapté à la consultation et l'assemblage des plans du cadastre, offrant une alternative économique à la numérisation longue et onéreuse actuellement pratiquée. Il a également sa place dans les SIG en permettant d'afficher un fond de plan

accessible dans toutes les communes. Il est disponible en version autonome mais aussi en API ce qui lui permet d'être intégré dans d'autres applications.

Un site WEB : <http://www.pixedit.net>, présente les fonctionnalités détaillées du progiciel et permet de télécharger une version de démonstration.

(Merci France Mappes – PixEdit Distribution
13 rue des Pinsons – 71 118 St Martin Belle Roche)

Générale d'Infographie : croissance et bénéfices

Chiffre d'affaires : +27 %, bénéfices : +60 %. Filiale à 100 % du groupe Vivendi, Générale d'Infographie clôture l'année par ces augmentations très fortes. Ses équipes d'ingénieurs proposent une offre globale au travers de missions d'études et de conseils, de développement clé en main, d'assistance et de maintenance, principalement dans le domaine des réseaux, des collectivités publiques, de l'environnement, des télécommunications, de la défense et de l'industrie.

(ZA des Érables – Bât. 4 – 66 route de Sartrouville
78230 Le Pecq – Tél. 01 30 15 40 50)

Localisation par GPS : nouvel élan pour DSNP

En décembre 1998, Dassault Électronique et Sercel Holding (groupe CGG : Compagnie Générale de Géophysique) ont conclu un accord aboutissant à la progression de la participation de Dassault Électronique dans le capital, de la filiale de Dassault Sercel Navigation Positionnement (DSNP) de 65 % à 100 %. La cession à Dassault Électronique de la part de 35 % détenue par Sercel Holding fait suite à la décision du groupe CGG de concentrer ses efforts sur l'instrumentation géophysique.

La fusion intervenue le 31 décembre 1998 entre Dassault Électronique, Thomson-CSF Radars et Contre-Mesures et Thomson-CSF Missiles Electronics a donné naissance le 1^{er} janvier 1999 à Thomson-CSF Detexis, filiale du Groupe Thomson-CSF. DSNP est donc détenue depuis lors à 100 % par Thomson-CSF Detexis.

Implanté à Nantes, DSNP est le leader européen des récepteurs GPS/GNSS de précision, destinés entre autres aux marchés du positionnement et de la navigation maritime, de la recherche pétrolière, de la topographe et de la gestion de flottes de véhicules.

Rappelons qu'avec un chiffre d'affaires annuel supérieur à 8 milliards de francs, dont 50 % à l'exportation, Thomson-CSF Detexis et ses filiales rassemblent près de 7200 collaborateurs, dont 75 % d'ingénieurs et de techniciens de haut niveau. Sa capacité en recherche et développement, sans équivalent en Europe, lui permet de maintenir une position de premier plan sur le marché mondial de l'électronique professionnelle et de défense.

(DSNP – BP 433 – 44474 Carquefou CEDEX
Tél. 02 40 30 59 00 – Fax 02 40 30 58 92
<http://www.dsnp.com>)

Un nouveau dans la gamme ASHTECH : le système LOCUS (MARTEC)

LOCUS est un nouveau système GPS complet destiné à la topographie précise. Il comprend deux récepteurs intégrés, un programme de traitement et des accessoires

permettant une exploitation immédiate. Le cœur de l'unité LOCUS est composé d'un récepteur topographique miniaturisé, d'une antenne géodésique et d'un jeu de batteries type D. Le tout est "encapsulé" dans un boîtier robuste et étanche sans câbles externes. Le LOCUS collecte et enregistre les données GPS brutes dans une mémoire interne. Ces données sont ensuite transférées à travers un port infrarouge vers un terminal de terrain, toujours sans câbles. L'acquisition est entièrement automatisée afin de garantir des mesures fiables, une excellente productivité et une précision centimétrique.

Toujours chez MARTEC, dans la gamme MIRA, "le temps réel" avec MIRA-Z pour des lignes de base longues (plusieurs dizaines de km), et avec MIRA-24RTK (récepteur GPS/GLONASS) où la précision est garantie sur courtes bases (quelques km). Les logiciels adaptés pour la levée de points d'implantation, la création de canevas géodésiques locaux, etc., facilitent la saisie.

En temps différé, avec MIRA-Z, la précision est obtenue avec une cadence d'enregistrement rapide optimisant le temps de stationnement sur les points. Les informations sont stockées dans le récepteur sur une carte mémoire (PCMCIA) pour faciliter le transfert des données vers le centre de calcul et effectuer le traitement. Les logiciels d'acquisition de terrain et de traitement différés utilisés avec des carnets de terrain durcis (Husky, Dap, PC tactile...) offrent une bonne ergonomie.

(MARTEC – 5 rue Carle Vernet – 92318 Sèvres CEDEX
Tél. 01 46 23 79 09 – Fax 01 46 26 55 55
Tél. division Positionnement : 01 46 23 79 68)

Netgraph Information Technology (NGIT)

Cette société a été créée récemment par une équipe d'anciens dirigeants d'Intergraph et par Innovacom (filiale de France-Telecom). Elle reprend les activités et les produits BINTTA. Les nouveaux dirigeants sont : Éric Boismard, PDG, Patrick Dolémieux, directeur commercial et marketing, et Lamine Diallo, directeur technique.

NGIT offre des solutions logicielles qui permettent de générer automatiquement la représentation graphique des réseaux et dont les informations sont extraites d'une base de données. Ces solutions fonctionnent avec n'importe quelle base de données du marché (Oracle, SQL, Serveur, Informix, Uniface, etc.).

Les produits :

• **NetGraph Developer (Dvpmt et Run Time).** C'est un environnement de création d'applications graphiques réseaux, disponible sous forme de bibliothèques et de moteur graphique. Son « moteur graphique » permet de communiquer avec une application cliente, hébergée ou non sur le même poste. Toute sa puissance fonctionnelle est bâtie autour de composants multi-réseaux, multi-vues, d'automatisme de placement des objets, de pilotage du graphisme par les données, de génération automatique des graphes, etc.

• **NetGraph Enterprise.** C'est un logiciel de modélisation et de visualisation graphique schématique de données issues du système d'information réseau de l'entreprise (quel qu'il soit : informatique, télécoms, câble, eaux, gaz, électricité, transport, etc.). Il est développé avec l'environnement de développement NetGraph Developer.

• **NetGIS.** C'est un logiciel de modélisation et de visualisation graphique schématique et géographique des

données réseaux. Il est développé avec l'environnement NetGraph Developer et est intégré aux Systèmes d'Informations Géographiques les plus répandus du marché.

(NGIT – 91 av. Aristide Briand
92 120 Montrouge – Tél. 01 47 35 04 61)

BasicLevel, niveau de chantier

Chez Leica ce niveau de chantier solide et fiable, avec son équipement complet, trépied robuste et mire télescopique précise. Une solution optimale pour les travaux de chantier grands et petits. Précision : en nivellement double, sur 1 km : 3 mm. Grossissement : 20 X, visée minimums : 1 m.

Division du cercle horizontal : 360 degrés par degrés. Fonctionne entre -20 et +45 °C.



(Leica Geosystems – Parc du St Laurent – 54 route de
Sartrouville – Bât. le Québec – 78230 Le Pecq)

Une gamme de logiciels pour exploiter l'Information Géographique

La société APIC SA possède une base installée dans 18 pays avec plus de 400 sites.

Depuis 1991 son souci a été d'anticiper les besoins du marché en se concentrant sur la technologie géomatique. L'ambition de APIC se focalise sur les technologies SIG

de modélisation objet, continuum géographique, langage géographique dédié, interopérabilité avec les systèmes d'exploitation. Cette année elle commercialise APIC 4, la nouvelle version de son SIG qui se compose d'un moteur standard APIC-Space et de modules applicatifs génériques APIC-Compose, APIC-Explore, APIC-Edit et APIC-Visu. APIC-Space est le générateur d'applications spatiales de la gamme. Il est conçu pour libérer le développeur des contraintes spécifiques à la géomatique en permettant l'adaptation à de nombreux contextes. Il est fourni avec une interface standard.

Les modules génériques :

- **APIC-Compose** : générateur de tracés cartographiques.
- **APIC-Explore** : consultation et analyse thématique.
- **APIC-Edit** : saisie et mise à jour de l'information géographique.
- **APIC-Visu** : définition de la représentation des objets.



(APIC-SA – 113 av. Aristide Briand – 94 117 Arcueil
CEDEX – Tél. 01 49 08 83 00 – Fax 01 49 69 92 93
E-mail : info@apic.fr – URL : <http://www.apic-sa.com>)

La Section Régionale ALSACE-MOSELLE organise le 31 mai 1999 une visite du "Service du cadastre du canton de Bâle-Ville". Départ le 31 mai à 10 heures à l'ENSAIS. Visite du Service de 14 heures à 17 heures.

Sur le chemin du retour : dîner dans un restaurant près de Colmar. Retour vers 22 heures à Strasbourg. Déplacement en bus (frais partagés). Attention : le nombre de places est limité à 30 personnes.

Pour tout renseignement, contacter :

• Pierre GRUSSENMEYER : ENSAIS – 24 Bd de la victoire – 67084 STRASBOURG CEDEX – Tél. 03 88 14 47 33
E-mail : Pierre.Grussenmeyer@ensais.u-strasbg.fr

• Olivier REIS : 9 rue des champs – 57200 SARREGUEMINES – Tél. 03 87 98 57 04 – E-mail : o.reis@infonie.fr

Un système de mesure interactif par laser

C'est le système I-SITE généré par la société MAPTEK. L'équipement laser est capable de mesures jusqu'à des distances de 300 m et de balayage par arcs de 340 degrés ce qui fait de la mesure topographique d'endroits risqués un jeu d'enfant. Avec des densités d'échantillons déterminées par l'utilisateur (600-2500 points par degré) et des distances de balayages interactives, la vue requise peut être vérifiée de manière dynamique, sur place, afin de s'assurer que les spécifications topographiques sont conformes. Par ailleurs, la marge d'erreur ne dépassant pas les 2,5 cm, la précision est excellente. En plus de la position en 3D des coordonnées, une autre voie est procurée pour l'enregistrement de données d'intensité réflexive pour chaque point visible, ce qui permet une analyse après la topographie.

Un lien dynamique à la suite des modules de Vulcan permet une visualisation immédiate en 3 dimensions des données relevées. En plus des outils standards, ceux d'I-Site ont été développés de manière spécifique afin de faciliter la manipulation et l'utilisation ultérieure des données. La triangulation automatique dans l'espace Polar et la traduction dans l'espace cartésien sont complètes et permettent un rendu rapide de scènes dans l'espace réel.

(MAPTEK/KRJA – Systems Ltd. – Springfield House
Hucknall Lane – Bulwell – Nottingham NG6 8AJ – R-U
Tél. 44 115 975 3300 – Fax 44 115 975 4400
E-mail : info@maptek.co.uk
Site : <http://www.maptek.com>)

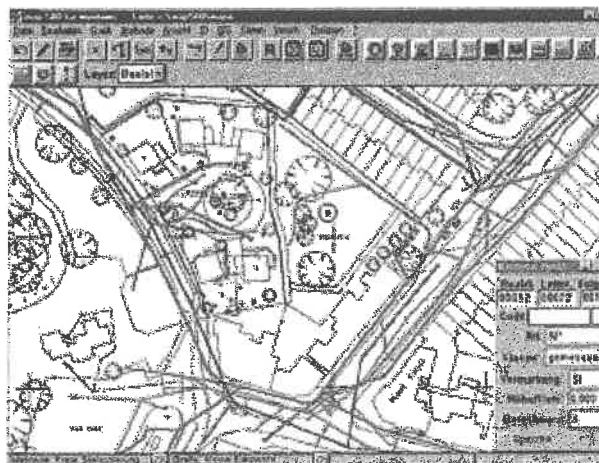
GeoAstor AG : Penmap et Gac-Pro 1

• PENMAP : Un système de terrain d'acquisition de données

Cet ensemble logiciel offre toutes les fonctionnalités nécessaires aux travaux topométriques classiques. Il construit aussi des M.N.T. dynamiques. Installé sur un PC portable léger avec un stylet, il sert d'interface commune pour la commande d'un grand nombre d'appareils de mesure (stations totales, GPS, laser, théodolites, sondes, etc.). Le système transforme sur le site et en temps réel les données saisies et éditées en un résultat graphique. Ainsi dispose-t-on sur le terrain d'un contrôle visuel de l'ensemble des mesures.

Compatible avec beaucoup de systèmes de CAD et de SIG, le logiciel offre la possibilité d'importer et d'exporter dans plusieurs formats d'échange tels que Autocad, MOSS, SICAD, ArcInfo, MicroStation, GEOS, C-PLAN et bien d'autres encore. Penmap possède aussi toutes les fonctionnalités d'un SIG : création de base de données personnalisées, saisie et gestion d'informations géoréférencées, introduction de différents types d'attributs, cartographie thématique. Par ailleurs l'environnement peut être personnalisé grâce à des modules de configuration.

Ce produit qui existe désormais en français, assure un gain de productivité et une baisse des coûts car l'ensemble des acquisitions est vérifié dès la saisie sur le terrain.



• GAC-PRO : récepteur GPS et GLONASS

600 gr, léger et petit, un nouveau récepteur universel L1, GPS et GLONASS intégrant un radio modem multi canaux destiné aux applications en mode RTK.

La technologie avancée du GAC-PRO₁ améliore ses performances grâce à un traitement optimisé des données combinées des deux systèmes satellitaires. Cela signifie que les opérations en mode RTK sont possibles dans des zones où la visibilité est limitée.

Le mode RTK offre une position en temps réel avec une précision centimétrique. La durée du processus d'initialisation « On The Fly » peut-être réduite à quelques secondes lorsque le récepteur capte 10 satellites ou plus.

La base et le rover intègrent la technologie RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) qui assure l'intégrité du GAC-PRO₁. En effet un signal défectueux est détecté par RAIM et n'est plus utilisé.



(GeoAstor AG – Oberdorfstrasse 8 – 8153 Rümlang
Suisse – Tél. +41/817 90 10 – Fax +41 1/817 9011
E-mail : surveying@geoastor.ch – Site : www.geoastor.ch)

Husky $f_{\in x^{21}}$. le "durci" du XXI^e siècle



L'AFT a assisté le 9 mars dernier à la présentation par la société "WPI HUSKY TECHNOLOGY" du premier ordinateur professionnel durci sous Windows CE Édition Professionnelle : le Husky $f_{\in x^{21}}$.

Destiné particulièrement aux professionnels itinérants utilisant leur ordinateur pendant de longues périodes sur le terrain. Fiabilité, design, évolutivité, possibilités en communication, le différencie des autres PC de poche.

La technologie du durci est utilisée essentiellement pour se prémunir des risques de pertes de données en utilisation mobile. Les normes de robustesse militaire et les normes environnementales auxquelles répond $f_{\in x^{21}}$, en font un équipement adapté à une longue utilisation en milieu extérieur. Ceci inclut les risques météorologiques (pluie, neige, orage et différences de température), les risques en utilisation mobile (collision, vibration, charge électrostatique), les risques accidentels (chute sur une surface dure, projection de liquide). Il répond aux spécifications militaires pour les chutes et l'étanchéité.

L'évolutivité à travers l'utilisation de nombreux types de cartes, permet de s'adapter aisément et à tout moment aux nécessités des applications. Il intègre deux logements pour deux PC Cards type II ou une type III, permettant des transmissions de données ou de la voix depuis le terrain, via radio, GSM, WAN, LAN. Les capacités de stockage des données sont aisément extensibles par l'adjonction de Flash Cards ou de disque dur PCMCIA. L'Écran Transflectif procure une lisibilité parfaite en pleine lumière ou en environnement sombre. Cet aspect est particulièrement important pour les utilisateurs de terrain amenés à utiliser leur équipement à n'importe quel moment de la journée.

Les possibilités de communications par radio ou par modem suppriment l'usage de combinés téléphoniques séparés. Utilisant les ressources des multiples cartes de communications, le $f_{\in x^{21}}$ permet via les réseaux GSM de transmettre des données ou des télécopies, d'accéder à Internet, Intranet et à tous les autres réseaux locaux ou

internationaux. L'autonomie électrique assure au moins une journée de travail. Par ailleurs, deux ports série permettent d'étendre les possibilités de liaison avec de multiples périphériques extérieurs.

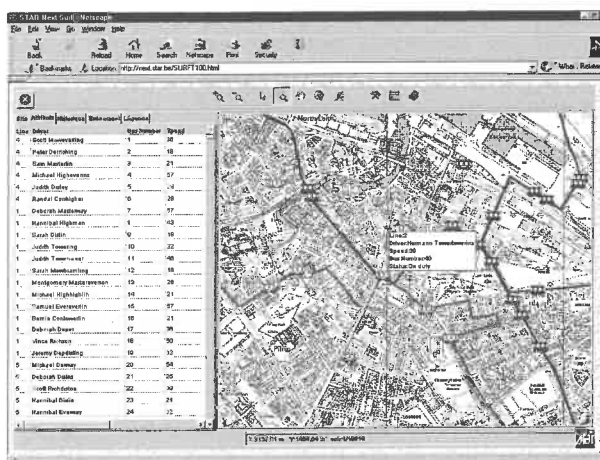
Les caractéristiques incluent également un écran tactile qui permet la reconnaissance d'écriture et la saisie de schémas, une large autonomie électrique, une liaison infrarouge, une interface USB, un clavier ergonomique avec pavé numérique séparé, un soft modem, une sortie audio, une entrée microphone, et un emplacement pour des cartes de stockage. Une baie d'accueil permet de recevoir un dispositif de lecture de code à barres ou un lecteur de transpondeur.

Prix : Monochrome = 10450 FTTC

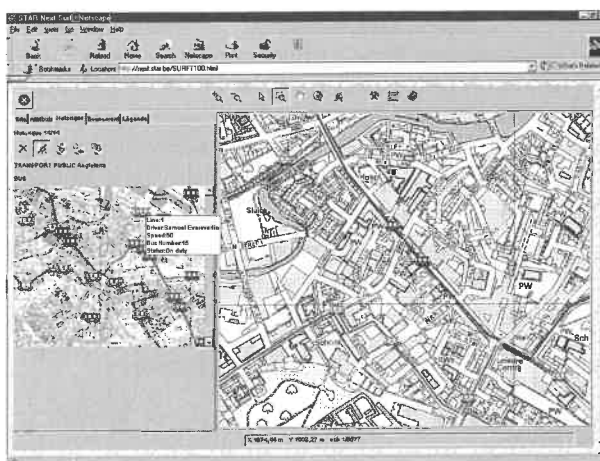
Couleur = 11950 FTTC

(WPI HUSKY - France - 12 rue Le Corbusier
SILIC 216 - Bât. IENA - 94518 Rungis CEDEX
Tél. 01 46 87 80 09 - Fax 01 45 60 55 95)

STAR NeXT : un logiciel s'appuyant sur Internet



STAR NeXT interroge deux serveurs : le premier délivre une carte avec les itinéraires et le second, la position instantanée de chaque véhicule avec sa vitesse et le nom du conducteur.



STAR NeXT offre des services aux exploitants. Par exemple, la mise en évidence des bus en retard sur leurs horaires.

STAR INFORMATIC, société belge souvent présente dans cette revue par sa spécialisation dans le développement des SIG propose une série de produits qui s'ap-

puient sur Internet. Parmi ceux-ci, le logiciel STAR NeXT qui permet de consulter, d'exploiter et de mettre à jour à distance des bases de données SIG de très grande taille, par une simple connexion Internet.

C'est la solution qu'a choisie le syndicat d'agglomération nouvelle (SAN) de St Quentin en Yvelines qui a entrepris depuis une dizaine d'années la mise en place d'une base de données cartographiques pour couvrir tous les thèmes techniques du sol, du sous-sol et de l'occupation du territoire. Cet outil est exploité pour l'urbanisme, la gestion des réseaux d'eau, l'éclairage public, le parcellaire cadastral, la voirie, etc.

Depuis janvier dernier le SAN a pu ouvrir complètement sa base de données à l'ensemble des techniciens, gestionnaires et décideurs de sa propre organisation grâce à son intranet, et les mêmes possibilités d'accès sont aujourd'hui offertes aux différentes communes de cette ville nouvelle au travers d'Internet. Cette solution s'appuie sur la technologie STAR NeXT de STAR INFORMATIC. Elle repose sur le principe que chaque commune exploite une simple connexion Modem ou Numeris pour accéder aux sites du SAN qui offre une panoplie de requêtes spécifiques grâce à un mot de passe. C'est une première dans le milieu intercommunal français qui rend le SIG plus accessible tant financièrement que techniquement pour toutes les communes de l'agglomération.

Cette solution a été mise en place par Star Informatique France en quelques jours. Elle est totalement opérationnelle pour ajouter n'importe quelle requête au catalogue offert aux communes avec deux jours de formation. L'ambition de la société et de son réseau de partenaires est de généraliser l'emploi de ce type de serveur télématique pour rendre accessible l'information géographique aux communes rurales, mais aussi aux très grandes organisations qui disposent d'un Intranet et dont les postes de travail sont de simples PC sous dimensionnés équipés exclusivement d'un navigateur.

Sur la base de cette technologie, il a été également développé diverses applications Internet pour gérer des chantiers, exploiter des armoires à plans techniques de sites industriels, mais aussi pour suivre la trace des véhicules de transport. Grâce au GPS embarqué et aux techniques de transmission radio, les informations convergent vers l'ordinateur du dispatching qui, en temps réel, visualise les positions. Toute personne de l'organisation peut connaître les positions des véhicules au départ d'un simple ordinateur personnel connecté à une ligne téléphonique.

Les applications sont multiples. Elles peuvent concerner les autobus, camions, trains, bateaux, taxis, patrouilleurs en temps réel et sans infrastructure particulière.

(STAR INFORMATIC SA – Tél. +32 4367 53 13
Fax +32 4367 17 11 – E-mail : jpc@star.be)

XEROX, deux nouveaux copieurs

Le XEROX 3001 : un nouvel équipement de reproduction de documents au format A0 particulièrement adapté aux besoins des PME de la construction, de l'architecture et de la cartographie, qui s'inscrit dans la ligne des produits XEROX 3000. Le copieur électronique Auditoron a été redéfini et amélioré pour être au plus près des besoins des bureaux d'étude. L'ergonomie et l'esthétique ont été des éléments prioritaires de sa conception.

Prix HT : 37 000 FF

Le XEROX 3040 : pour les PME qui ont besoin de dispositif de duplication grand format de qualité. Silencieux, souple d'utilisation, deux bobines commutables automatiquement. Solutions pour les applications du document technique et d'ingénierie de reprographie de grand format.

Prix HT : 79 000 FF

(XES – 1 av. de l'Atlantique – Immeuble "Les conquérants" – Bât. Everest – 91 955 Courtaboeuf CEDEX

AddressMap-Géocode, une première en France

La demande de plans de ville permettant le géocodage précis à l'adresse avec une couverture géographique nationale est une priorité pour le marché des applications de géomarketing. C'est pour répondre à cette demande qu'ADDE et l'IGN ont mis en commun leur expérience et leur savoir-faire. Le fruit de cette collaboration va ouvrir le champ à une nouvelle génération d'applications, tant pour le secteur public que privé.

Les cartes "AdressMap-Géocode" des 337 premières agglomérations françaises, sous une présentation issue de la géométrie des fonds cartographiques IGN au 1/25 000 seront ainsi enrichies des numéros des immeubles et de la représentation du réseau routier interurbain.

ADDE est le spécialiste français de l'édition de logiciels et de technologies liées à la cartographie décisionnelle.

(17 rue Louise Michel – BP 29 – 92301 Levallois-Perret
Tél. 01 41 05 37 05 – Fax 01 45 58 76 46)

OBBC Développement : WINCARREZ sous Windows

Application de la loi Carrez, ce logiciel est idéal pour les levés d'intérieur. Il permet le calcul automatique des surfaces des pièces, la gestion des dossiers "Carrez", l'édition de l'acte authentique constatant la réalisation de la vente mentionnant la superficie de la partie privative du lot, ainsi que les pièces administratives, croquis, devis, facture, lettres d'accompagnement.

Sous Windows 3, 1, 95, 98 et/ou NT. Il ne nécessite aucune formation spéciale. Ce logiciel est vendu au prix de 990 F HT, avec assistance téléphonique gratuite pendant un mois et une mise à jour gratuite.

(OBBC Développement – 13 rue Pasteur – 78370 PLAISIR – Tél. 01 34 81 13 50 – Fax 01 30 81 94 64)

Z/I Imaging Corporation

Les pionniers de la photogrammétrie associent leurs efforts, Intergraph (division photogrammétrie et télédétection) et Carl Zeiss (division photogrammétrie et reconnaissance aérienne) créent un joint-venture : Z/I Imaging Corporation dont l'objectif est d'assurer l'étude, la commercialisation et le suivi après vente des outils de photogrammétrie communs et d'offrir aux utilisateurs des solutions complètes et ouvertes dans l'environnement Windows NT.

Cette nouvelle organisation mènera des travaux de recherche et développement de nouveaux outils d'imagerie numérique.

(Site Web d'Intergraph : <http://www.intergraph.com/france>)

Prédiction et contrôle des catastrophes naturelles

MATRA SYSTÈMES & INFORMATION était présent sur le MARI EUROPE 99 (27 au 29 avril). La société présentait en avant première :

- **CALIS** : cofinancé par la Commission Européenne, CALIS est un système de prédiction et de contrôle des catastrophes naturelles. C'est un service préopératoire pour informer les assureurs agricoles des risques climatiques (sécheresse, inondation, gel,...) sur les cultures et leur donner des informations synthétiques permettant l'évaluation des dégâts correspondants.

Sont également présentés :

- **EVER** : un progiciel interactif de conception, de simulation et de visualisation 3D d'ouvrages en projet dans leur environnement réel. Ce progiciel s'adresse aux concepteurs, bureaux d'études et décideurs impliqués dans la construction d'ouvrages et l'équipement du territoire qui souhaitent visualiser des projets dans leur environnement réel. Il intègre et fusionne automatiquement des données géographiques de base (orthoimages satellites, orthophotos aériennes, Modèles Numériques de Terrain, cartes), des données vecteurs et des objets CAO en 3D.

- **MULTISCOPE sous Windows NT** : logiciel de production, de traitement et de mise à jour d'informations géographiques et cartographiques. Il intègre et combine les techniques de traitement d'images, de photo-interprétation et de cartographie autorisant ainsi un grand nombre d'applications dans les domaines de l'Observation de la terre tels que la protection de l'environnement, la gestion des ressources (agriculture, énergie...), les inventaires fonciers, les études d'impact ou la cartographie topographique et thématique.

(Matra Systèmes & Information – 6 rue Dewoitine
BP 14 – 78142 Vélizy CEDEX
Tél. 01 34 63 72 10 – Fax 01 34 63 72 50)

Network Management Group, du nouveau

- **Geoviewer** : Un outil de consultation de données géographiques et alphanumériques stockées sur CD-ROM, celles-ci étant issues de tous les SIG du marché. Doté d'une interface intuitive et conviviale, GeoViewer permet la consultation de données par zooms progressifs, d'une vue à petite échelle (par exemple 1/100 000) jusqu'à un niveau élevé de précision (1/500). Simple techniquement, GeoViewer s'adresse aux collectivités locales, communautés de communes, districts urbains ; aux opérateurs et régions pour des interventions terrains. GeoViewer s'inscrit dans cette nouvelle démarche observée chez les clients, qui vise à valoriser les investissements réalisés dans le développement de leurs SIG, particulièrement au niveau des données stockées.

- **GeoWeb** : Un outil multimédia de consultation de données via Internet. Basé sur GeoCity, Système d'information géographique développé par Clemessy, repris et enrichi depuis 1997 par NMT, il vient compléter l'offre existante. À la différence de GeoViewer, il permet une consultation de données mises à jour en temps réel. Par un système de mots de passe et de contrôle d'accès, des modifications peuvent être apportées sur les données stockées. Outil multimédia, il gère des photos, des vidéos, du son et des liens vers des pages Web.

- **MiddleWare MSDR** : Ce serveur de consultation de données spatiales permet de mettre à disposition une information géographique fiable dans un référentiel commun. Ceci pour faciliter la gestion quotidienne du patrimoine de données tout en maintenant leur intégrité, pour optimiser la mise à disposition des données aux partenaires, pour améliorer la production locale de documents cartographiques et pour banaliser et automatiser l'accès au serveur tout en protégeant les données confidentielles.

Le MiddleWare MSDR permet la reconnaissance des métadonnées de modélisation. Il assure la gestion des files d'attente de clients du Serveur de Données Spatiales en optimisant le nombre de jets au serveur. Il assure également les traductions éventuelles de données en format natif de chaque SIG raccordé au serveur directement. Enfin, il garantit la transparence de l'adressage à d'éventuelles bases de données distantes.

(NMT – 10 Cours Louis Lumière – F 94300 Vincennes
Tél. 01 49 57 51 33 – Fax 01 49 57 51 29)

La SAF et l'éclipse

C'est en 1724 qu'eut lieu la dernière éclipse totale de soleil visible à Paris et que Louis XV a pu observer. Le 11 août prochain ce phénomène se reproduira et ne se retrouvera qu'en 2081. C'est l'un des événements les plus forts que puisse nous présenter la nature, 10 millions de Français, dans une bande au nord de la France, se retrouveront quelques minutes dans le noir le plus complet, en plein jour. Un article de Suzanne Débarbat et Robert Vincent explique et débat du phénomène dans ce numéro de la revue.

La SAF (Société Astronomique de France, association régie par la loi 1901, fondée par Camille Flammarion en 1887) travaille sur cette question depuis 1993 dans le but de permettre au plus grand nombre d'observer le phénomène dans les meilleures conditions. Elle a édité un triptyque que vous trouverez encarté dans la revue, "Info-poche Éclipse" un livret plastifié de 19 fiches de Nathan (10 F), un jeu de 12 diapos sur le soleil (120 F), un filtre grade 14 pour regarder le soleil en toute sécurité (10 F), un livre faisant la synthèse de nos connaissances sur les éclipses (Masson éd. 158 F), et une foule de petits gadgets souvenirs (cravates, foulards, puzzle, montre, porte-clés, casquettes et même du chocolat!).

(SAF – 3 rue Beethoven – 75016 Paris
Tél. 01 42 24 13 74 – Fax 01 42 30 75 47
E-mail : saf@calva.net – Site : <http://www.iap.fr/eclipse99>)

IAN MASSER, nouveau président d'EUROGI

Élu à l'assemblée générale de mars 99, à Luxembourg. Il remplace Mike Brand qui a présidé EUROGI pendant cinq années. IAN MASSER est également membre du Conseil d'Administration d'AGI (association nationale de l'Information Géographique du Royaume Uni). Les deux priorités pour le nouveau président portent sur la représentation des membres d'EUROGI dans les débats européens, et la circulation interne de l'information entre tous les membres adhérents.

(European Umbrella Organisation for Geographical
Information – 6/8 av. Blaise Pascal
Cité Descartes – Champs sur Marne
77455 Marne la Vallée – CEDEX 2)

Site Vision GPS (Trimble)

Trimble lance le Site Vision GPS, le système de guidage d'engin par GPS pour les chantiers de construction. L'annonce a été faite à l'occasion du salon CONEXPO-CON/AGG.

Site Vision GPS est conçu pour aider les entreprises de terrassement à accroître leur productivité et leur travail en limitant les travaux d'implantation.

Le projet est maintenant dans la cabine où le conducteur visualise le plan du site. En utilisant un GPS de grande précision, le système permet au conducteur d'engins d'obtenir des résultats précis dans les opérations de terrassements de routes, d'autoroutes, de lotissements commerciaux et résidentiels ou tout autre projet relatif à l'aménagement du territoire.

Site Vision GPS offre à l'exploitant de machines de terrassement un outil de guidage qui utilise un GPS de hautes performances, un ordinateur de bord durci et trois barres de guidage. L'ordinateur visualise la carte du chantier et la position de la machine sur le projet de construction, pendant que les barres de guidage indiquent la direction haut/bas de la lame du bulldozer et droit/gauche pour l'alignement. Les projets et les modèles numériques de terrain sont transférés de et vers le système par carte PCMCIA.

Le système de contrôle de couches se compose de : un écran couleur visible même en pleine lumière; un récepteur GPS bifrèquence de grande précision avec entrées pour deux antennes calculant position, orientation et pente de la lame avec précision; deux antennes GPS durcies; trois barres de guidage. Le système s'interface avec de nombreux logiciels de conception tels que Autodesk Civil Design, Infracore Ltd. MX products, Intergraph InRoad et InRail.

Site Vision GPS sera disponible au mois d'août. Pour plus d'informations contactez Trimble France.



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

Création du "Club Export Afigéo"

Création du Club Export Afigéo ayant pour objet de promouvoir et d'exporter l'ensemble des activités de ses membres relatives à l'Information Géographique. Il doit permettre aux adhérents de mieux se connaître, de réaliser des actions de promotion auprès des instances

nationales, européennes, internationales, de valoriser les expériences et les produits de façon organisée.

Pour adhérer il faut être membre de AFIGÉO, avoir son siège social en France et exercer une activité en rapport avec l'Information Géographique.

(136 bis rue de Grenelle – 75700 Paris 07 SP)

MICROPLAN : un nouveau SIG en Alsace

La société, créée en 1997 à Erstein (Bas-Rhin), développe et commercialise une nouvelle gamme de logiciels SIG. La version de consultation VICAD et celle des professionnels VICADPRO, sont spécialement conçues pour répondre aux besoins des petites et moyennes collectivités locales.

Les différents plans autrefois disséminés sont désormais tous accessibles par un simple clic sur tout PC : Cadastre, POS et réseaux (éclairage public, assainissement,...).

Les recherches fastidieuses consistant, entre autres, à parcourir la matrice cadastrale afin de découvrir le propriétaire d'une parcelle ou les propriétés d'une personne, sont désormais instantanées et conviviales sur votre ordinateur.

Fonctionnant sur tout PC, s'adaptant à toutes les plates-formes PC (Windows 3.X, 95, 98 et NT), le SIG Vicad est l'outil idéal des petites et moyennes communes dépourvues de service technique dédié à l'Information Géographique. Il convient aussi parfaitement à tout type de regroupement de communes (SIVOM, Communauté de communes,...). Son interface simple et efficace (1 jour de formation suffit) permet la visualisation et l'édition immédiates de toutes les informations essentielles à la gestion quotidienne d'une mairie. Le logiciel Vicad est un outil souple et rapide qui s'adapte aux attentes d'une commune :

- Recherche, positionnement, et déplacement intuitifs et rapides
- Renseignement des administrés.
- Relevé de propriétés, listes de parcelles, de personnes (mailing),...
- Extrait de plans à l'échelle.
- Consultation simultanée des différents plans et des informations du cadastre.
- Étude et suivi de projets : Aménagement, POS, Réseaux,...
- ...

(Microplan – BP 85 – 4 rue de l'Expansion
67 152 Erstein CEDEX – Site : www.microplan.fr
Tél. 03 88 64 80 80 – Fax 03 88 64 80 89)

SNEPPIM

La "Chambre Syndicale Nationale des Photogramètres privés", créée en 1963, devient la SNEPPIM, "Syndicat National des Entreprises Privées de la Photogrammétrie et de l'Imagerie Métrique".

Ce changement répond à l'évolution des techniques et des produits. Le passage de la photogrammétrie traditionnelle vers l'imagerie métrique ouvre de nouveaux débouchés et permet de répondre à une attente des marchés de l'Information Géographique et du contrôle dimensionnel.

Siège social : 40 avenue Hoche – Paris

SUR NOTRE AGENDA

- 18/21-05-99** Géotechnica 99 – Cologne, Allemagne – Tél. 49 (22) 8210 – Fax 49 (22) 82112 574
- 19/20-05-99** 4^e Congrès NUMÉRISATION 3D – Sur la digitalisation et la création industrielle
Tél. 02 99 16 35 31/33
- 15/17-06-99** Villes sans tranchée 1999 – Organisé par le Comité Français pour les Travaux Sans Tranchée (FSTT), association scientifique (1990) à Hanches (Rambouillet) – Présentation des techniques et démonstration de matériel – Tél. 01 48 70 92 32 – Fax 01 48 70 89 79
- 20/21-08-99** 19^e Conférence Cartographique Internationale à Ottawa (CDN)
Tél. 1 (613) 992 9999 – Fax 1 (613) 995 8737
- 01/03-09-99** Intergéo 99 – 83^e Geodätentag – Hanovre – Allemagne
Tél. 49 (721) 931 330 – Fax 49 (721) 921 332
- 11-09-99** COAS – GIS 99 – IFREMER – Renseignements à l'AFT
- 18-09-99** ION-GPS 99 – Nashville – USA – Tél. 1 (703) 683 7101 – Fax 1 (703) 683 9105
- 22/24-09-99** Conférence VULCAN-MAPTER "3 dimensions dans le nouveau millénaire" – Nice
Tél. (44) 115 975 3300 – Fax (44) 115 975 4400
- 23/24-09-99** 47^e semaine photogrammétrique – Stuttgart – Allemagne
Tél. 49 (711) 121 3201 – Fax 49 (711) 121 32 97
- 25/26-09-99** Symposium "Global Navigation Satellite Systems" – Italie – Renseignements à l'AFT

ANNONCES

• 79-2 (1)

Technicien Géomètre Topographe, 33 ans, chef de brigade. Expérience professionnelle en CDD dans plusieurs sociétés et cabinets de géomètre. Langues : anglais et portugais, notions en italien, allemand et espagnol. Possède un PC. Cherche emploi si possible dans région AIN, mais étudie toutes autres propositions en CDI, y compris pour l'étranger. *Écrire à la revue ou Tél. 04 74 76 53 77 ou 04 74 73 50 62.*

• 79-2 (2)

Ingénieur Géomètre Topographe. En stage de fin d'études au laboratoire COGIT de l'IGN. Différentes expériences professionnelles après études à l'ENSG, l'ESGT et l'ESTP. Langues : anglais et arabe (trésorier de l'Association marocaine des Étudiants Arabes – AMETOP). Cherche emploi de représentant commercial de préférence dans un pays arabe, pour les matériels topographiques. *Écrire à la revue ou Tél. 01 43 98 80 03 – Fax 01 43 98 81 71.*

• 79-2 (3)

JF BTS de Géomètre Topographe. Divers stages de formation logiciels : Autocad 11, 12, 14 avec applicatif Automap et Topograf, Microstation. Langue : anglais. Cherche emploi en France. *Écrire à la revue ou Tél. 02 47 26 83 49.*

• 79-2 (4)

Cherche logiciel Topographie pour HP71 édité par LE PONT ou autre et matériel HP-IL + calculateur HP41 et périphériques. Tél. 03 87 62 63 70 (heures bureau) ou 03 87 55 12 74 (après 20 H).

(Suite page 56)

DICTIONNAIRE TECHNIQUE MULTILINGUE

Dans sa chronique "l'art - les livres" le dernier numéro de notre revue (78) faisait état de cet ouvrage dont l'ambition est de réunir les termes relatifs aux travaux géodésiques, topographiques et cartographiques, en langue allemande, avec les équivalents en anglais et en français. Notre collègue et ami Roger Schaffner qui est l'un des membres du comité de traduction de l'ouvrage (et aussi de l'AFT) nous signale dans une correspondance un certain nombre d'inexactitudes. Notre prochain numéro, le 80^e de nom, publiera sur ses indications l'état actuel de ce travail considérable.

Bienvenue sur le site
de l'Associ@tion Fr@nc@ise de Topogr@phie.



Cette page est en cours de construction.
Par conséquent, vos remarques
et suggestions sont les bienvenues.

Le site Internet
de l'Association Française de TOPOGRAPHIE

<http://perso.club-internet.fr/aftopo>

Dans le numéro 78, nous vous annonçons la préparation du site Internet de l'AFT.
Plusieurs rubriques sont désormais accessibles :

- les sommaires de la revue XYZ
- les activités de l'AFT
- les statuts et l'histoire de l'Association
- les liens vers les sites de constructeurs et d'organisations professionnelles en rapport avec la Topographie
- les nouveautés (congrès, manifestations...)
- un résumé des activités de l'AFT en anglais et en allemand

La rédaction remercie Jean Baptiste HENRY, étudiant à l'ENSAIS (Filière Topographie) pour sa contribution.

Si vous souhaitez participer au développement de ce site, veuillez contacter Pierre Grussenmeyer (Pierre.Grussenmeyer@ensais.u-strasbg.fr) ou le secrétariat de l'AFT (aftopo@club-internet.fr).

AFT ADHEREZ

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

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

Sur proposition de Monsieur Dominique Caillaud, Député de Vendée représentant de l'Association des Maires de France au CNIG, l'Assemblée Nationale

L'obligation de rattachement des travaux au système de référence inscrite dans la loi d'orientation sur l'aménagement et le développement durable du territoire.

une nouvelle place pour l'information géographique

Jean-Claude Lummaux
secrétaire du CNIG

a adopté à l'unanimité un amendement inscrivant dans la loi l'obligation de rattacher les travaux topographiques et cartographiques au système national de référence. Après amendement par le Sénat, le texte définitif de l'article est le suivant :

lectivités locales; seul le fascicule 50 du Code des Marchés Publics, approuvé par Décret en 1985 était applicable à l'ensemble des acteurs publics,

- La rédaction du texte de 1948 comportait des articles devenus obsolètes comme le contrôle a priori des cahiers

"Après l'article 88 de la loi du 4 février 1995, il est créé un article 89 ainsi rédigé :

"Les informations localisées issues des travaux topographiques ou cartographiques réalisés par l'État, les collectivités locales, les entreprises chargées de l'exécution d'une mission de service public, ou pour leur compte, doivent être rattachées au système national de référence de coordonnées géographiques, planimétriques et altimétriques défini par décret et utilisable par tous les acteurs participant à l'aménagement du territoire."

ÉTAT DES LIEUX RÉGLEMENTAIRE

Jusqu'au vote de cet amendement, l'obligation de rattachement était définie par l'arrêté de 1948 qui indiquait que les travaux devaient être réalisés en s'appuyant sur la Nouvelle Triangulation de la France et sur le réseau de nivellement défini par l'IGN.

Plusieurs raisons militaient pour la modernisation de ce cadre réglementaire :

- Depuis les lois de décentralisation de 1982, aucune obligation ne peut être imposée aux collectivités locales si elle n'est pas inscrite dans la loi ou dans un décret pris en application d'une loi. L'arrêté de 1948 ne s'imposait donc qu'à l'administration de l'État alors même qu'un volume considérable de travaux est réalisé par les col-

des charges par l'administration ou la remise systématique des levés au cadastre ou à l'IGN,

- Enfin, l'évolution technologique imposait de toute façon un nouveau texte pour officialiser la modernisation du système géodésique français et l'adapter aux outils modernes de positionnement par satellite.

LE CHOIX DU VECTEUR LÉGISLATIF

Dès lors que la nécessité de rénover l'arrêté de 1948 et, à sa suite, les textes qui en découlent comme l'arrêté de 1980 sur les tolérances était acquise et que tous s'accordaient pour souhaiter que l'obligation de rattachement soit imposée à l'ensemble des acteurs publics, la procédure législative était nécessaire.

Il aurait été possible d'imaginer une loi spécifique mais les difficultés et les longueurs d'une telle procédure ont paru être des obstacles majeurs. Le choix d'intégrer l'obligation de rattachement dans un texte de loi visant un objectif plus large est apparu d'autant plus préférable que ce choix soulignait bien l'enjeu majeur du texte qui est que l'information géographique recueillie par les acteurs de la gestion du territoire puisse être partagée par tous.

L'amendement au projet de loi déposé par Monsieur Caillaud a donc reçu un accueil favorable du gouvernement qui se proposait d'en déposer lui-même un allant dans le même sens.

ET MAINTENANT ?

La loi ne prendra son effet qu'à la publication du décret d'application prévu par le texte voté décret qui définira le système légal.

Ne pas inclure le système lui-même dans la loi permet de le changer par une procédure plus simple qu'un vote des assemblées. Ceci permettra, si nécessaire, de faire évoluer les systèmes de référence dans les Départements d'Outremer au fur et à mesure de leur modernisation. En contrepartie, la procédure du Décret nécessite une large concertation qui devrait éviter les problèmes

qui ont pu jadis se poser lors du changement du système d'altitude à l'initiative du seul IGN.

Les réflexions sur la modernisation des textes réglementaires ayant été conduites par le CNIG depuis plusieurs années, le texte du Décret issu de ces réflexions devrait pouvoir être proposé dans un délai suffisamment court pour que la loi entre en application avant la fin de l'année 1999.

Ce texte officialisera RGF93 comme nouveau système national de référence. Il permettra ainsi d'utiliser avec la meilleure efficacité les systèmes de positionnement par satellites et permettra la compatibilité totale aux frontières puisqu'il constitue la contribution française au système européen EUREF.

EN GUISE DE CONCLUSION

Au-delà de l'objet même du texte, il convient de souligner, en conclusion, que pour la première fois l'information géographique apparaît dans la loi française associée à l'objectif d'intérêt général de sa circulation et de son partage. L'étape qui vient d'être franchie est symbolique d'une nouvelle place de l'information géographique dans la vie collective nationale.

(Adoptée définitivement le 6 mai 1999).



Au service du **Bâtiment** et des **Travaux Publics** pour **former** **autrement**

L'Ecole Chez Soi, pionnier de la formation professionnelle du BTP, est fière d'avoir préparé plusieurs générations de cadres et de techniciens du Bâtiment et des Travaux Publics. Plus de 20 000 anciens élèves de l'Ecole Chez soi sont actuellement en activité dans des bureaux d'études, cabinets d'architectes, cabinets topographiques, dans des entreprises de BTP ou encore, dans la fonction publique.

Elle forme des Ingénieurs, des Techniciens Supérieurs, des Techniciens. Elle dispense toutes les formations qualifiantes du Bâtiment et des Travaux Publics, elle prépare aux examens d'Etat.

Des experts vous forment ! Les formateurs sont des professionnels du BTP, reconnus pour leurs compétences.

Des formations à distance. La souplesse de la méthode laisse à chacun sa liberté.

Des formations sur mesure ! Chacun peut se former en fonction de ses besoins personnels.

Il existe un compagnonnage actif et dynamique entre anciens élèves et nouveaux. Celui-ci permet de faciliter :

- l'insertion des jeunes dans le monde du travail,
- la réorientation et le plan de carrière des professionnels.

Informations et inscriptions
Tél. 01 46 03 66 83









Ecole Chez Soi
INSTITUT PRIVÉ FONDÉ PAR L. EYROLLES EN 1891
3615 Ecole chez soi* • 92774 Boulogne Cedex
Site internet : www.ecole-chez-soi.com

* (1,29 F/mn) • ENTRO

Depuis ces dernières années, une multiplicité impressionnante de stations GPS permanentes a vu le jour, et ceci pour des objectifs variés. Ce phénomène

l'expérience pilote Réseau GPS Permanent (RGP)

Claude Boucher (IGN)

reflète bien sûr l'importance grandissante du système GPS dans de nombreuses applications. Il pose en contrepartie la question de la cohérence de ces développements : duplication inutile et coûteuse d'efforts d'un côté, retards préjudiciables de l'autre...

Afin de mieux illustrer ce constat, il est utile de donner dès maintenant une liste, même non exhaustive, d'applications accessibles par de tels réseaux :

- Orbitographie et références globales pour le système GPS, permettant ainsi de produire des éphémérides ultraprécises des satellites GPS dans un système de référence mondial unique ;

- Stations de référence pour des campagnes GPS régionales ou locales, utilisables en temps différé (mesures collectées et rediffusées par serveur) ou temps réel (type RTK) ;

- Stations différentielles actives pour la navigation (génération directe de corrections ou contribution à un modèle de corrections rediffusé par satellite) ;

- Surveillance géophysique (zones sismiquement actives, volcanologie, glaces, mouvements verticaux du sol à l'emplacement de marégraphes, subsidences...) ;

- Soutien à la trajectographie des levés aériens, en particulier levés photographiques, gravimétriques, aéromagnétiques... ;

- Surveillance de l'intégrité du système GPS, particulièrement importante pour l'utilisation de GPS en navigation aérienne ou routière ;

- Orbitographie de satellites bas (dits LEO) en embarquant à bord un récepteur GPS adapté ;

- Transfert de temps ;

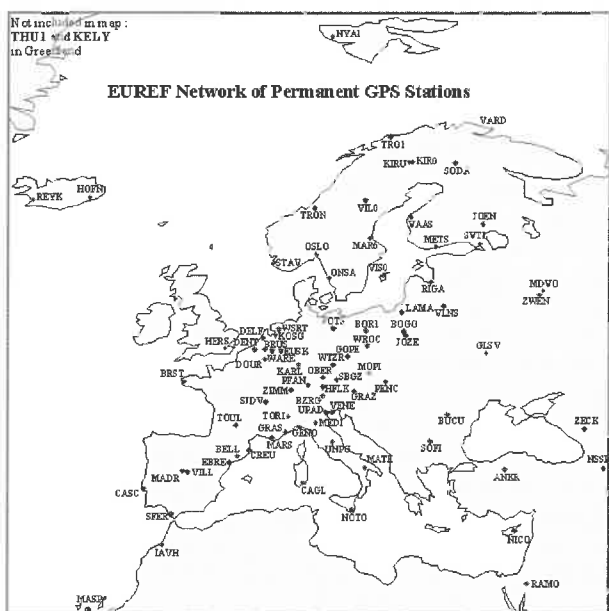
- Sondeurs troposphériques ou ionosphériques dans les liaisons radio entre le sol et les satellites GPS (profils verticaux), ou bien dans les liaisons entre un récepteur embarqué sur satellite bas type LEO et les satellites GPS, surtout en configuration d'occultation par la Terre (profils horizontaux).

Le Groupe de travail permanent Positionnement statique et dynamique du CNIG, présidé par Pascal Willis (IGN), a initié une réflexion sur ce sujet au niveau national, notamment au sein d'un sous-groupe animé par Jean Berterreche (OGE).

Dans le cadre de ce groupe, le Laboratoire de Recherche de Géodésie (LAREG) de l'IGN a ainsi entrepris depuis 1997 une expérience pilote d'un Réseau GPS Permanent (RGP) comprenant :

- a) un réseau de stations couvrant la France métropolitaine ;
- b) un système de collecte, analyse et diffusion de données ;
- c) un ensemble de projets pilote d'utilisation, définis et mis en œuvre avec divers partenaires.

J'ai été secondé dans ce projet par Didier Maillard et Philippe Nicolon (LAREG) qui ont assuré le développement du réseau, du système d'analyse et de traitement ainsi que l'exploitation opérationnelle. Nous bénéficions de la coopération de plusieurs organismes sous diverses formes, notamment mise à dispositions de récepteurs ou fonctionnement :



- Centre National d'Études Spatiales (CNES)
- École Supérieure des Géomètres et Topographes (ESGT)
- Geosciences Azur (CNRS)
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC)
- Météo France
- Observatoire de la Côte d'Azur (OCA)
- Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)

Un comité de pilotage a été établi afin de proposer les orientations les plus fructueuses de cette expérience et d'en suivre l'avancement et les résultats.

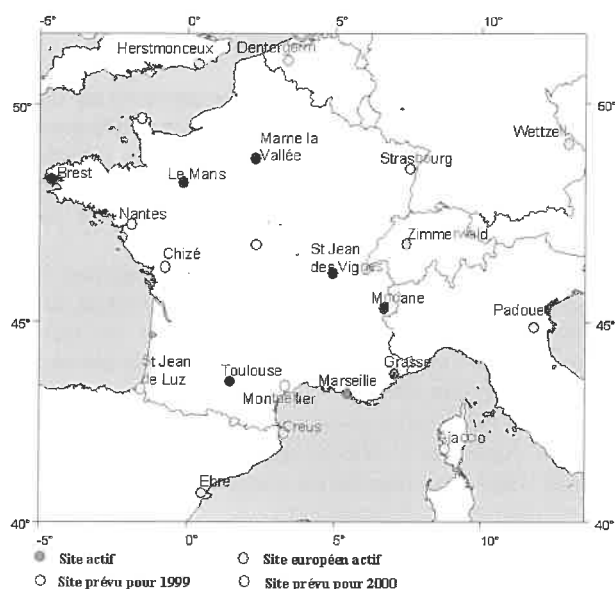
LE RÉSEAU

Il consiste en un ensemble de stations GPS permanentes couvrant d'ensemble de la France métropolitaine. L'acquisition, l'installation et le fonctionnement des stations sont le résultat d'une coopération entre plusieurs organismes. Une des spécifications est de rassembler les divers types courants de matériels adaptés (Osborne, Trimble, Ashtech, Leica, Novatel...) en essayant d'avoir au moins deux récepteurs de chaque type. Cette contrainte vise en particulier à évaluer les performances de chaque type ainsi que leur compatibilité. L'état actuel du réseau est présenté dans le tableau ci dessous, ainsi que sur la carte.

Nom	Code	Type	Propriétaire	Opérateur	Depuis
Grasse	GRAS	TurboRogue	CNES	OCA	jan 98#
Toulouse	TOUL	TurboRogue	CNES	CNES	jan 98#
St Jean des Vignes	SJDV	Ashtech	REGAL	REGAL	jan 98#
Modane	MODN	Ashtech	REGAL	REGAL	nov 98
Marseille	MARS	Trimble	IGN	IGN	août 98
Marne la Vallée	MLVL	France GPS	IGN	IGN	mars 98
Le Mans	MANS	Leica	ESGT	ESGT	avril 98
Brest	BRST	Trimble	IGN	SHOM	nov 98

Date de début de l'expérience RGP.

D'autres stations sont en cours d'étude : Nantes, Chizé, Ajaccio, Montpellier, St Jean de Luz, Strasbourg, réseau des Phares et Balises...



COLLECTE, ANALYSE ET DIFFUSION DES DONNÉES

Les données GPS sont collectées et converties en fichiers RINEX, puis archivées dans un serveur établi au LAREG à Marne-la-Vallée pour cette expérience. L'ensemble des informations relatives à l'expérience pilote RGP est d'ailleurs accessible sur un site Internet dont la homepage est :

<http://lareg.ensg.ign.fr/RGP>

Dans la configuration standard adoptée actuellement pour l'ensemble des stations et qui est conforme aux normes du Service GPS International (IGS), les données sont les mesures de pseudodistance et phase sur les deux fréquences L1 et L2 échantillonnées toutes les 30 secondes et découpées en lots de 24 h, disponibles au plus 24 h après sur le serveur. Ces données sont également mises à la disposition de l'IGS et du réseau GPS permanent européen mis en œuvre par la sous-commission EUREF de l'Association Internationale de Géodésie. On notera que les données des stations retenues dans le réseau global IGS se retrouvent également dans le centre global IGS situé au LAREG.

Les informations auxiliaires (descriptions, rattachements) sont collectées au LAREG selon les spécifications en vigueur et diffusées également dans le serveur.

Un accent particulier est mis sur la collecte de données sol météo de qualité. Cette action est conduite avec l'aide et l'expertise de Météo France.

Le LAREG réalise un traitement hebdomadaire du réseau, augmenté de quelques stations voisines (Dentergem, Hermoncourt, Zimmerwald...). Le calcul est effectué avec le logiciel Bernese et les résultats rediffusés dans le serveur du LAREG. Nous extrayons de ce traitement la contribution de notre centre de calcul à la solution combinée européenne hebdomadaire établie par EUREF. Cette solution est elle-même envoyée à l'IGS dans le cadre du projet de densification régionale.

En plus du serveur Internet, une série de e-mails (RGP mail) est diffusée afin de donner des nouvelles du projet. En particulier, un bulletin hebdomadaire diffuse un ensemble d'informations sur la solution hebdomadaire. On peut s'abonner à RGP mail à travers le serveur, ainsi que consulter les messages anciens.

LA QUALITÉ DES RÉSULTATS DE POSITIONNEMENT

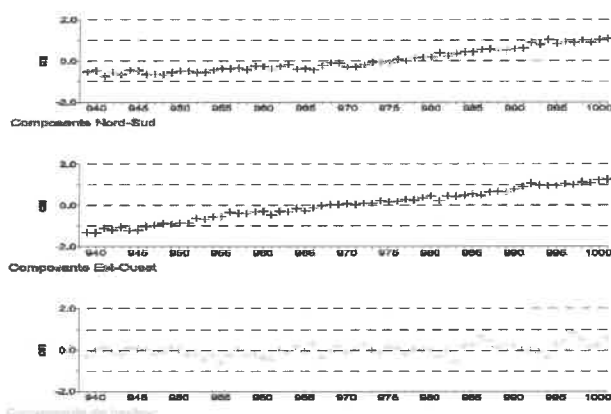
Le traitement réalisé permet en particulier de produire, avec un délai actuellement de deux semaines (disponibilité des éphémérides précises IGS), pour chaque station ayant effectué un ensemble correct de mesures pour la période considérée :

- une position (moyenne) journalière dans un système de référence aussi bien réalisé que possible (actuellement ITRF96, bientôt ITRF97) ;
- une position hebdomadaire dans les mêmes conditions ;

En mode standard, la qualité estimée est de 3 mm (un sigma) en planimétrie et 6 mm en altimétrie.

Le graphique ci-joint montre la série hebdomadaire de la station de Grasse.

Grasse : GRAS 10002M006



LES PROJETS PILOTE D'UTILISATION

L'objectif essentiel de cette expérience pilote était de stimuler les applications possibles d'un tel réseau. Trois projets ont fait jusqu'à présent l'objet de discussions et de travaux. Voici leur état d'avancement.

a) utilisation topographique des mesures de phase

Cet applicatif est certainement l'enjeu majeur de la géodésie et de la topographie de précision. Il couvre le positionnement statique ou cinématique, en temps réel ou en temps différé. Il pose de multiples problèmes d'organisation, de recherche (levés d'ambiguïtés à longue distance...). Si certaines utilisations généralement non connues de nous ont pu être faites des données GPS en accès libre sur le serveur, on peut néanmoins constater le peu de progrès faits pour exploiter ces données et donc l'urgence absolue à mettre sur cet axe. Nous y revenons dans la suite du texte.

b) corrections DGPS métriques

Cet applicatif a fait l'objet de multiples discussions mais aussi d'évolutions opérationnelles depuis les débuts de l'expérience. Nous ne l'aborderons pas ici en détail car il mérite un article à lui seul, notamment pour bien faire comprendre les aspects techniques ainsi que les enjeux. Une action de recherche est actuellement en cours sous la conduite du LCPC, à laquelle nous collaborons. Je me contenterai ici de rappeler quelques points généraux sur le DGPS :

– si cette technique fut initialement prise en considération pour la navigation aérienne et maritime, la communauté terrestre devient très réceptive, notamment pour les transports (actions au sein de la DRAST et du PREDIT) et les SIG

– le DGPS couvre un ensemble de techniques dans lesquelles la fonction télécommunication devient prépondérante. En effet la qualité de la correction dépend en particulier de sa fraîcheur et de la distance entre la station génératrice et l'utilisateur. Plusieurs solutions de télécommunication sont en usage opérationnel ou développement : radio, RDS, GSM, satellites télécom, EGNOS...

c) profils troposphériques

Cette étude est prise en compte par Météo France. Météo France est en train d'équiper le réseau de lots météo de haute précision (Vaisala). St Jean des Vignes est équipé et Brest le sera bientôt. Des actions se développent également dans le cadre européen (action COST). Là encore, ce sujet mérite un article en soi.

NOUVELLES ORIENTATIONS À L'IGN

L'IGN a décidé, suivant les recommandations du CNIG, de proposer de nouveaux produits et services issus de cette expérience, qui compléteront les équipements géodésiques de base du territoire national dont il a la charge.

Ces nouveaux produits font actuellement l'objet d'une étude détaillée. Nous donnons néanmoins ici les principales orientations à titre d'information :

Diffusion de données GPS collectées par le réseau

Le premier produit offert est l'accès à des fichiers RINEX de mesures GPS collectées par des stations. Les fichiers actuellement constitués seront mis à disposition, mais une étude est en cours pour fournir également des fichiers avec un échantillonnage plus élevé (5 ou 1 seconde) et dans un délai plus court (fichiers horaires par exemple).

L'intérêt de tels produits dépend donc essentiellement des besoins des utilisateurs et de leur capacité de traitement. Des études complémentaires devront prochainement mieux définir ces produits, en particulier la densité souhaitable du réseau de collecte.

Enfin, l'étude d'une diffusion en temps réel de ces informations doit être entreprise, notamment pour certaines applications en levés cinématiques de haute précision (par exemple guidage d'engins de chantier). Avec un tel service, le réseau deviendra un véritable réseau actif à la disposition des communautés d'utilisateurs intéressés.

Corrections DGPS

Il est également décidé de générer par certaines des stations du réseau des corrections DGPS au format RTCM104 et de les rendre accessibles par divers modes de diffusion. Dès à présent les modes radio et RDS sont à l'étude en partenariat avec divers organismes (Phares et Balises, LCPC et divers opérateurs). On peut donc espérer que le territoire sera très prochainement couvert par de telles corrections (y compris DOM).

Néanmoins, nous regardons sérieusement l'impact des méthodes spatiales en ce domaine, en particulier EGNOS. Ces méthodes risquent fort de faire évoluer à relativement court terme notre stratégie en ce domaine.

Détermination ultraprécise des positions des stations du réseau

Le processus de traitement expérimental sera maintenu et étendu. Il va ainsi offrir un ensemble de services pour la communauté :

– nouvelle réalisation primaire de la référence géodésique nationale, densification des réalisations européennes (EUREF) et mondiales (ITRF/IGS)

– surveillance des variations fines de positions avec de multiples applications scientifiques ou techniques (géophysique, marégraphes, subsidences...). **Une partie des stations du RGP font d'ailleurs partie du projet REGAL (voir XYZ n°77 p.42) qui est une application géophysique particulière de mesures continues de mouvements du sol dans la région alpine.**

Enfin, il est envisagé d'offrir un service de détermination précise de position dans la même référence géodésique. Il suffira de recevoir un fichier de données GPS qui sera traité dans le processus opérationnel. La qualité du résultat dépendra de certains paramètres (type de récepteur et d'antenne, durée des observations en particulier). On peut néanmoins estimer qu'une précision centimé-

trique sera atteinte. Des spécifications sur ce service seront bientôt disponibles.

Les applications en sont multiples. Citons à titre d'exemple deux cas typiques :

– mise en référence nationale d'une campagne GPS locale (il suffit d'envoyer les mesures d'au minimum une station au service) ;

– mise en référence d'une station de référence locale utilisée en RTK, dont un nombre croissant apparaît en France (communautés urbaines, levés bathymétriques, aéroports...).

CONCLUSIONS

Ce projet doit donc permettre de moderniser les services de base offerts en géodésie et de stimuler et harmoniser les utilisations de plus en plus nombreuses de GPS ainsi que d'autres systèmes de ce type. Il est particulièrement important que la communauté topographique française soit active en ce domaine. C'est certainement son intérêt sur un plan technico-économique, c'est aussi celui de l'État dans le cadre des développements envisagés de systèmes futurs, notamment le projet européen Galileo (ex GNSS-2).



**Piquet
verrou,
accrochez
vous !**

NOUVEAU



PIQUET-VERROU, A LA POINTE DE LA RESISTANCE !

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

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

Notre produit vous intéresse,
Renseignez-vous !

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

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

EUROBORNES
L'imagination-service

email: eurobornes@eurobornes.com

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

Alpache

Stations Totales

Caractéristiques:

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

Programme en français:

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

Série ATS

ATS-101

ATS-102

ATS-105



PENTAX®

CERTIFIE ISO 9001

PENTAX France

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

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

Région Centre

P. Casas

Tél/Fax: 04 73 31 05 10

Région Sud-Est

A. Guirand

Tél/Fax: 04 42 50 68 83

Région Sud-Ouest

F. Bernata

Tél/Fax: 05 59 83 23 72

GEO 2000

PRISES DE VUES AERIENNES METRIQUES

COULEUR • NOIR ET BLANC • INFRA-ROUGE



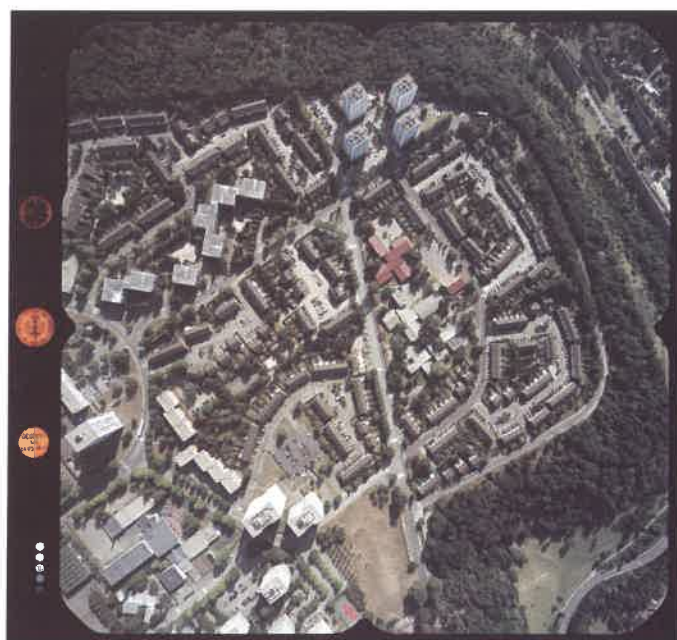
LA PREUVE PAR x 40 ...



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**

Nous présentons dans cet article une référence verticale souvent peu connue des utilisateurs non avertis et familiers avec l'hydrographie : il s'agit du niveau

Zéro hydrographique vers une détermination globale

G. Wöppelmann,
S. Allain,
P. Bahurel,
S. Lannuzel
B. Simon
EPSHOM
BREST

de référence des cartes marines ou **zéro hydrographique**. C'est, en quelque sorte, l'équivalent en mer de la surface de référence des altitudes à terre portées sur les cartes de l'IGN ; tous les relevés bathymétriques y sont rapportés.

Le **zéro hydrographique** ou zéro des cartes marines est le niveau de référence à partir duquel sont comptées, positivement vers le nadir, les sondes portées sur les cartes marines et, positivement vers le zénith, les hauteurs de marée. Il est choisi en France comme **le niveau des plus basses mers astronomiques**. Il s'agit d'un niveau théorique sous lequel le niveau de la mer ne descend que très exceptionnellement.

Le choix d'un zéro hydrographique au voisinage des plus basses mers est arbitraire, mais commode, car le marin est pratiquement toujours assuré de disposer d'au moins autant d'eau que ce qui est indiqué sur la carte. Ce choix est adopté depuis peu par les pays membres de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI), excepté le Japon, mais sa traduction dans les faits risque de prendre du temps, car de très nombreuses cartes sont à refaire. Il pose en outre un certain nombre de problèmes de réalisation pratique et d'accès, essentiellement d'ordre technologique. Aussi, le Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM) entreprend un examen critique du zéro hydrographique, et notamment des méthodes employées pour le déterminer. Ce travail s'effectue dans un contexte favorable, à la lumière des possibilités offertes par les techniques spatiales d'altimétrie radar (TOPEX/POSEIDON...) et de positionnement (GPS...).

L'article présente les motivations du sujet d'étude et passe en revue les techniques et les données qui sont a priori susceptibles de contribuer à résoudre les problèmes qui se posent. Nous décrivons ensuite l'état de l'art des méthodes traditionnelles employées pour déterminer le zéro hydrographique et pour réduire les sondages bathymétriques. Cette partie permet de mieux appréhender les problèmes.

Une nouvelle approche du problème de la détermination et de l'accès au zéro hydrographique est proposée. Elle met à contribution les techniques spatiales mentionnées ci-dessus. Nous présentons enfin les résultats d'un essai en rade de Brest qui a permis d'évaluer les capacités du GPS cinématique pour la réduction des sondages.

CONTEXTE ET MOTIVATIONS

Pourquoi entreprendre aujourd'hui un examen et un inventaire détaillés et critiques du zéro hydrographique, et en particulier des méthodes employées pour le déterminer ?

a. *Le besoin d'uniformiser et de supprimer la notion de zones de marée qui a pour origine une détermination historique et imparfaite du zéro hydrographique.*

Le zéro hydrographique est déterminé en pratique à partir des observations de marégraphie. Il est alors coté par rapport au repère principal du marégraphe. Une fois validée, la cote est adoptée définitivement, même si l'on

s'aperçoit par la suite que, en raison de l'évolution du niveau des mers ou à cause d'une détermination initiale imprécise, elle ne correspond pas exactement au niveau des plus basses mers astronomiques. Afin de préserver la détermination du zéro, d'autres repères sont implantés à proximité du repère principal ou "fondamental". Ils sont rattachés les uns par rapport aux autres par nivellement. L'ensemble constitue **les repères de marée** de l'observatoire. Ils sont consignés dans une **fiche de marée** et ils matérialisent le zéro hydrographique. Dans la mesure du possible, ils sont également déterminés dans le système d'altitude du nivellement général, s'il existe.

Les zéros hydrographiques des ports français ont généralement été adoptés indépendamment les uns des

autres à une époque où les moyens techniques ne permettaient pas une détermination précise du niveau des plus basses mers. Il en résulte que l'écart entre le zéro hydrographique et le niveau des plus basses mers peut varier entre deux zones de marée. Il est par exemple égal à 40 cm à Calais et nul à Dieppe.

Une **zone de marée** est définie par ses limites géographiques et un port de référence où le zéro hydrographique est déterminé. La détermination résulte à la fois de la tradition et d'observations de longue durée. Pour chaque port situé à l'intérieur de la zone, une relation de concordance permet de choisir un zéro hydrographique en accord avec celui du port de référence. Entre deux zones de marée adjacentes, des discontinuités peuvent exister. Elles ont cependant peu de conséquences pratiques pour la navigation car aussi bien les sondes portées sur les cartes que les hauteurs d'eau déduites de l'usage des « *Annuaire des marées* » sont données par rapport au zéro hydrographique. Ainsi, l'addition de la sonde et de la hauteur d'eau à un instant donné fournit la profondeur.

b. Le problème de la réduction des sondages au large.

La détermination du zéro hydrographique et, par suite, l'accès à celui-ci pour la réduction des relevés bathymétriques, est fondée sur la méthode de concordance entre le marégraphe d'un port de référence, le plus proche de la zone d'intérêt, et le marégraphe temporaire mouillé dans cette même zone pendant une période variable, généralement mensuelle.

Cette méthode donne des résultats satisfaisants dès lors que les données d'un port de référence sont disponibles à proximité de la zone de sondage pendant les opérations de sondage, de façon générale près de la côte. En revanche, des difficultés surviennent en s'éloignant au large et il est fréquent de constater des écarts de l'ordre de vingt centimètres entre deux opérations de sondage successives. L'origine de ces écarts réside en particulier dans la méthode d'accès au zéro hydrographique. En effet, la méthode de concordance suppose qu'il n'existe pas de pente de la surface moyenne de la mer entre le port de référence et le port temporaire. Or, de fait, nombreux sont les facteurs qui peuvent remettre en question la validité de cette hypothèse : les irrégularités du géoïde, la présence de courants permanents ou saisonniers, les effets stériques différentiels entre les deux ports, etc.

c. Les nouveaux systèmes de navigation par satellites.

Les nouveaux systèmes spatiaux de navigation fournissent naturellement des positions dans un système de référence terrestre mondial et géocentrique. Le GPS, par exemple, fournit directement la hauteur, par rapport à l'ellipsoïde, d'un navire hydrographique convenablement équipé.

Quel système de référence adopter ?

Considérant les éléments exposés ci-dessus, l'Organisation Hydrographique Internationale propose d'adopter l'ellipsoïde d'un référentiel terrestre comme référence verticale internationale, dans laquelle le zéro hydrographique sera exprimé. Le WGS84 a été mentionné, mais il soulève encore un certain nombre de commentaires et de polémiques.

Les qualités que l'on souhaite trouver dans le référentiel terrestre sont la précision, la stabilité et l'accessibilité. D'une part, le zéro hydrographique ne doit pas être remis

en cause par des déterminations, ou des réalisations successives, du système de référence vertical choisi. D'autre part, l'accès doit être possible en tout point du globe et, si possible, indépendant du système spatial de positionnement.

Les progrès réalisés dans l'instrumentation et dans la modélisation des mesures et des corrections conduisent aujourd'hui à des réalisations de référentiels terrestres cohérents à environ 10 cm par les techniques de géodésie spatiale. Il s'agit principalement des techniques DORIS, GPS, SLR et VLBI, mais d'autres sont susceptibles de les rejoindre : PRARE, GLONASS. La précision du positionnement dans les repères géocentriques sous-jacents est toutefois meilleure, centimétrique, par exemple dans les ITRF successifs [Boucher et al, 1998]. Des erreurs de nature systématique sont responsables des écarts observés aujourd'hui entre les diverses réalisations, de l'ordre du décimètre. Elles sont actuellement modélisées par une similitude euclidienne à sept paramètres, qui est la forme générale de transformation entre deux repères orthonormés de l'espace affine euclidien. Une estimation précise de ces paramètres de transformation permet donc de se ramener de manière simple au repère choisi et de bénéficier de sa qualité intrinsèque.

La précision recherchée dans les sondes réduites au zéro hydrographique est meilleure que le décimètre. Aussi, le repère terrestre choisi doit avoir une qualité meilleure, centimétrique. Or, ces exigences ne semblent pas satisfaites par le WGS84, alors qu'elles le sont par l'ITRS. C'est principalement pour cela que l'Association Internationale de Géodésie et l'Union Géodésique et Géophysique Internationale recommandent l'utilisation de l'ITRS à des fins scientifiques.

Dans le contexte décrit ici, le SHOM se propose d'étudier la définition et le rattachement du zéro hydrographique dans un référentiel terrestre, a priori l'ITRS, à travers l'une de ses réalisations ITRF, la meilleure au moment du choix, puis d'étudier l'accès à ce zéro hydrographique en vue d'exploiter les résultats dans la réduction des sondages bathymétriques.

Quelles sont les techniques et les données disponibles qui sont a priori susceptibles de contribuer à la problématique de la détermination et de l'accès au zéro hydrographique ?

- **Les techniques de marégraphie.** Les marégraphes sont, nous l'avons vu, l'élément principal du processus employé actuellement pour déterminer le zéro hydrographique et réduire les sondages bathymétriques. Ils fournissent typiquement des hauteurs d'eau horaires dans une référence locale définie par rapport à des repères matériels, les repères de marée, disposés au voisinage immédiat de l'observatoire. L'échantillonnage des mesures peut néanmoins être plus élevé, soit en réglant a priori les paramètres d'un marégraphe numérique, soit en numérisant a posteriori les **marégrammes** d'un marégraphe analogique, c'est-à-dire les courbes de marée enregistrées sur rouleau de papier.

- **Les techniques de nivellement.** Le nivellement de précision, ou géométrique permet de déterminer les positions verticales relatives entre repères matériels. Il permet aussi de les rattacher au réseau national de nivellement. Les cotes des repères de marée sont ainsi obtenues et liées dans une même référence verticale.

- *Les techniques de géodésie spatiale.* Les techniques GPS, DORIS, SLR ou VLBI sont à l'origine des réalisations actuelles de qualité du système de référence terrestre international (ITRS). Elles permettent de densifier le repère terrestre et, notamment, d'exprimer la position des repères de marée avec une précision a priori centimétrique par rapport à l'ellipsoïde.

- *Les techniques d'altimétrie spatiale.* Les altimètres radar embarqués sur satellite, tels que ERS1, ERS2 ou TOPEX-POSEIDON, fournissent par construction des hauteurs d'eau dans un système de référence terrestre géocentrique. Des surfaces moyennes océaniques sont aujourd'hui produites dans le repère terrestre associé, c'est-à-dire par rapport à l'ellipsoïde.

- *Les modèles de marée.* Une bonne connaissance des composantes de la marée en un lieu permet de calculer avec précision la relation entre le niveau moyen de la mer et le niveau des plus basses mers astronomiques, autrement dit le zéro hydrographique théorique.

- Enfin, *les modèles de géoïde.* Les modèles de géoïde fournissent des hauteurs du géoïde par rapport à l'ellipsoïde d'un système de référence terrestre. Historiquement, le niveau de la mer a été utilisé pour définir le géoïde localement et établir l'origine des systèmes d'altitude des pays. Il faut savoir que cette approximation est toujours utilisée pour améliorer la qualité des modèles de géoïde en mer et réduire les erreurs systématiques de moyenne longueur d'onde que l'analyse des perturbations d'orbite des satellites actuels et la gravimétrie ne permettent pas de détecter. Une mission spatiale de satellite bas permettrait enfin de s'affranchir de ces erreurs de manière plus satisfaisante.

ÉTAT DE L'ART

1. Détermination du zéro hydrographique

Nous avons vu que le zéro hydrographique est situé au voisinage du niveau des plus basses mers astronomiques. Sa détermination passe par des observations de marégraphie et par l'analyse de celles-ci pour calculer les valeurs des différentes composantes de la marée au port d'observation. Ainsi, on déduit le niveau recherché des plus basses mers astronomiques et on le rapporte à un ensemble de repères proches du marégraphe. Ces repères, dits de marée, et leurs cotes réalisent concrètement la référence du zéro hydrographique.

Les composantes de la marée sont d'autant mieux connues que l'analyse porte sur des observations continues qui couvrent une longue durée. L'idéal est d'avoir une série de 19 ans de mesures pour tenir compte de la modulation à longue période des composantes de la marée. Un an d'observation continue est considéré comme l'intervalle minimum pour obtenir des résultats suffisamment précis pour les besoins de la prédiction de marée à l'usage des navigateurs. On distingue ainsi :

- *des ports de référence*, équipés de marégraphes permanents ou ayant fait l'objet d'observations continues sur plusieurs années. Dans ces ports, la réalisation du zéro hydrographique est jugée satisfaisante, fidèle à la définition.
- *et des observatoires temporaires.* Ils présentent moins d'une année de mesures, la plupart du temps à peine un mois.

La durée d'observation des observatoires temporaires est insuffisante pour une détermination précise du niveau

des plus basses mers astronomiques. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler que le niveau des plus basses mers astronomiques est lié par définition au niveau moyen de la mer et de regarder une série temporelle de marégraphie de plusieurs années. Les fluctuations des niveaux moyens mensuels de la mer sont typiquement de plusieurs décimètres comme l'illustrent les graphiques ci-dessous, aussi bien en Méditerranée, à Marseille, que sur les côtes atlantiques, à Brest.

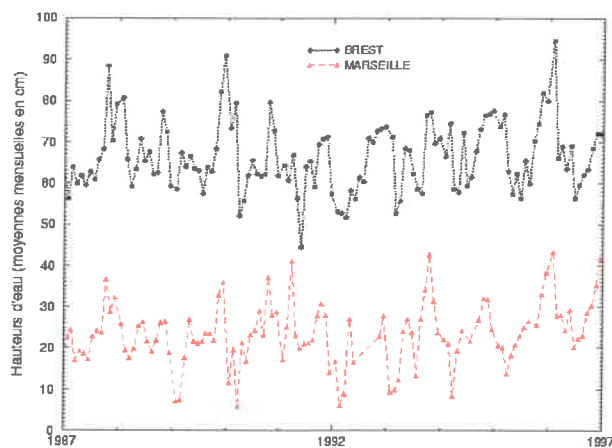


Fig. 1 – Séries temporelles de niveaux moyens mensuels des marégraphes de Brest et de Marseille [1987-1997]. (Les origines sont décalées arbitrairement).

Le recours à la méthode de concordance avec un port de référence voisin, où le zéro hydrographique est correctement défini, est de ce fait indispensable. La concordance porte sur les basses mers mesurées dans les deux ports. Le zéro hydrographique du port secondaire est alors choisi de sorte que la droite de régression calculée par la méthode des moindres carrés passe par l'origine des coordonnées du port de référence. Ce zéro est ensuite coté par rapport à des repères matériels comme dans le port de référence.

La plupart des zéros hydrographiques ont été établis dans le passé, à des dates différentes d'un port à l'autre, suivant les besoins de la navigation et avec les moyens disponibles au moment de la réalisation. Aussi, les hydrographes français, soucieux de la sécurité des navigateurs, et peut-être un peu méfiants des méthodes qu'ils appliquaient et/ou de leurs propres résultats, ont souvent pris une marge de sécurité et ont coté le zéro hydrographique en dessous des plus basses mers qu'ils avaient calculées. Par ailleurs, il convient de se rappeler que le niveau moyen de la mer varie dans l'espace et à long terme dans le temps. Certes les séries temporelles de moyennes annuelles montrent une variabilité moindre que les séries mensuelles sur une dizaine ou une vingtaine d'années, de l'ordre du décimètre, mais à plus long terme il n'est pas rare d'observer des variations de quelques décimètres.

Quelle que soit l'origine d'une réalisation imparfaite du zéro hydrographique, évolution du niveau moyen de la mer, mauvais choix de l'hydrographe, ou changement de régime des marées, celle-ci est maintenue sauf cas très exceptionnel où l'écart avec la définition théorique devient inacceptable, soit parce qu'il atteint à la sécurité des navigateurs, soit parce qu'il devient une entrave pour le commerce maritime. Les exemples récents de Saint-Nazaire et de Brest illustrent ces cas exceptionnels [SHOM, 1994].

2. Réduction des sondages bathymétriques

2.1. Principes

Les navires hydro-océanographiques mesurent les profondeurs à l'aide de sondeurs acoustiques. Les mesures sont des mesures de temps de propagation aller-retour de l'onde sonore. Elles sont traduites en distance entre le sondeur et la topographie sous-marine en tenant compte, si possible, des variations de la célérité du son dans la colonne d'eau traversée par le faisceau, de l'inclinaison du faisceau et de l'attitude du bateau (roulis, tangage). Cette distance peut être rapportée au niveau instantané de la mer à l'instant de mesure en appliquant une correction de tirant d'eau, dite dynamique lorsque les variations de charge et l'**accroupissement** du navire (effets de vitesse) sont pris en compte.

Les sondes portées sur les cartes marines ne sont cependant pas ramenées au niveau instantané de la mer pour des raisons évidentes : ce niveau varie avec le temps. Le navigateur ne pourrait pas exploiter directement l'information de la carte. Aussi, la mesure de profondeur est décomposée en deux parties ramenées à un niveau de référence plus stable, le zéro hydrographique. La partie fixe correspond à la sonde inscrite sur les cartes marines et la partie variable représente la hauteur d'eau à un instant donné par rapport au zéro hydrographique. Cette hauteur dépend en premier lieu de la marée. Plus rigoureusement, elle dépend aussi des effets météorologiques et climatiques. Un navigateur muni d'une carte marine et d'un annuaire des marées est donc en principe capable d'estimer la hauteur de la colonne d'eau présente sous son navire aux effets météo près.

2.2. Réduction par marée observée

La hauteur d'eau mesurée en un port de référence s'exprime par rapport au zéro hydrographique, adopté et fixé par rapport à des repères matériels à une époque donnée. Nous pouvons distinguer dans cette hauteur les contributions de la marée et des effets météorologiques.

La marée dépend de la date et du lieu. Toutefois, une simplification géographique est possible : à un instant donné, la marée est supposée identique sur une zone donnée, appelée **zone élémentaire de marée**, d'étendue assez variable, laissée à l'appréciation du Directeur de la mission hydrographique. Cette hypothèse de travail en bathymétrie comprend implicitement les effets météorologiques. De plus, on suppose que la surface moyenne de la mer ne présente pas de pente. Les éventuels effets stériques différentiels, courants géostrophiques, ondulations du géoïde, upwellings, sont ignorés. Cette simplification est très raisonnable dans la zone élémentaire de marée. Ainsi, les relevés bathymétriques réalisés à proximité d'un port de référence sont réduits au zéro hydrographique en retranchant aux sondes les hauteurs d'eau observées au marégraphe du port de référence et en appliquant des corrections de tirant d'eau dynamique.

Dès lors que l'hypothèse de base est remise en question dans une zone côtière de relevé bathymétrique, un travail préalable important consiste :

- (a) à implanter un marégraphe temporaire à proximité de la zone de sondage, si possible dans un port ;
- (b) à construire un zéro hydrographique par concordance avec le port de référence voisin.

2.3. Réduction par modèle harmonique

Le mode opératoire décrit ci-dessus est parfois appliqué au large, à ceci près que l'on utilise des marégraphes

immergés et qu'il n'est bien entendu pas possible de poser des repères de marée. L'accès ultérieur à cette référence de réduction des sondages est par conséquent difficile.

Hors des zones élémentaires de marée et loin des points de mesure, le processus de réduction des sondes passe par l'utilisation d'un modèle de marée. Celui-ci comprend les constantes harmoniques des composantes de la marée en un certain nombre de points. Lorsque le point coïncide avec un port de référence ou un observatoire temporaire, les valeurs des constantes sont identiques (elles ont servi en pratique à caler le modèle). Plus généralement, les constantes harmoniques de la marée sont obtenues en tout point par interpolation entre les points où elles sont connues. Elles permettent de prédire les hauteurs d'eau aux points de relevé bathymétrique.

La correction des sondages est ensuite affinée par le report des effets météorologiques et de l'écart entre le zéro hydrographique et le niveau des plus basses mers théoriques. Ces quantités sont estimées au port le plus proche de la zone d'intérêt. L'écart entre la marée prédite et la marée observée par le marégraphe est attribué aux effets météorologiques.

Il n'est pas rare d'observer des écarts de vingt centimètres entre deux campagnes de bathymétrie sur une même zone. De nombreuses sources d'incertitude affectent la correction de hauteur d'eau : outre les défauts du modèle de marée, des erreurs systématiques peuvent venir des quantités estimées au port et qui sont reportées au lieu de sondage. Tant que le sondeur bathymétrique se trouve à proximité d'un port de référence, près de la côte, cette approche donne de bons résultats. Mais dès que la distance avec le port de référence augmente, les sources d'incertitude augmentent aussi. D'une part, les effets météorologiques ne sont plus vraiment identiques. D'autre part, le niveau moyen de la mer peut être différent d'une période de sondage à l'autre (*effets saisonniers, climatiques, hydrodynamiques... cf. figure 1*).

UTILISATION DES TECHNIQUES SPATIALES

1. Vers une surface globale du zéro hydrographique

L'idée est de déterminer et de fixer une fois pour toutes la position du zéro hydrographique en tout point par rapport à l'ellipsoïde d'un référentiel terrestre mondial de qualité, tel que l'ITRS. Dès lors qu'une telle cartographie de la surface du zéro hydrographique est disponible, le problème de la réduction des sondages se simplifie à l'utilisation d'une technique de positionnement spatiale précise dans le référentiel terrestre en question, a priori la même technique qui sert au positionnement horizontal des traces du sondeur. Aujourd'hui les méthodes de positionnement privilégiées sont fondées sur le traitement des mesures GPS, mais l'approche est indépendante et rien n'exclut des nouveaux systèmes de positionnement tels que GLONASS ou GNSS.

L'application de la nouvelle approche à la bathymétrie s'affranchit des problèmes de mouillage de marégraphe et des erreurs systématiques liées aux méthodes de transfert des effets météorologiques et des écarts entre zéro hydrographique et niveau des plus basses mers. Elle s'affranchit aussi de certains effets dynamiques du navire hydro-océanographique, sources additionnelles d'erreur systématique dans la réduction des sondes (*cf. les essais en rade de Brest*).

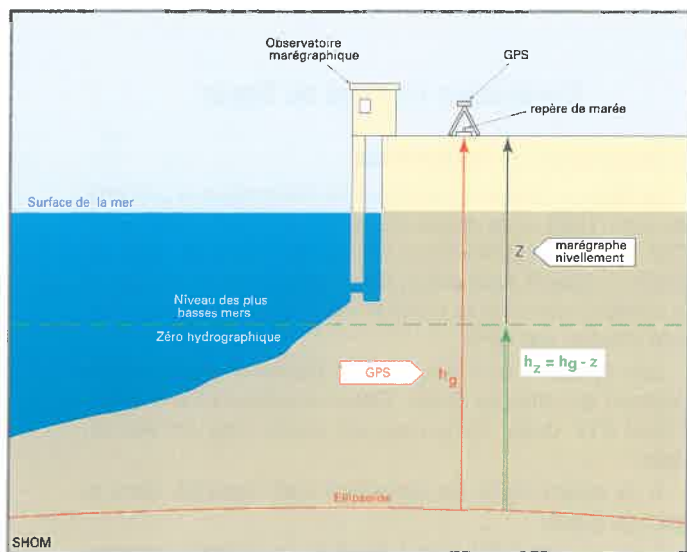


Fig. 2 – Détermination du zéro hydrographique près de la côte par rapport à l'ellipsoïde d'un référentiel terrestre en utilisant le GPS.

Pour des raisons purement technologiques, liées aux limites actuelles de l'altimétrie spatiale, la nouvelle approche distingue deux cas de figure suivant que l'on se trouve près de la côte ou pas. En effet, les altimètres radars sont mis en veille ou changent de mode à l'approche de la limite entre la mer et le continent. Le résultat est l'absence de mesures sur une bande côtière d'une dizaine, voire une vingtaine de kilomètres. Notons que toutes nos figures confondent la réalisation du zéro hydrographique avec le niveau des plus basses mers pour ne pas surcharger le dessin.

1.1. Près de la côte

L'approche près de la côte est illustrée dans la figure 2. Elle consiste à déterminer la position des repères de marée où le zéro hydrographique est défini en utilisant par exemple le GPS en mode géodésique, voire en mode cinématique.

La hauteur ellipsoïdale du zéro hydrographique est ainsi obtenue avec une précision centimétrique dans le référentiel terrestre souhaité, par rapport à l'ellipsoïde choisi.

L'approche pour réaliser le zéro hydrographique en mer, près de la côte, repose toujours sur la méthode de concordance et ses hypothèses. Les essais menés en rade de Brest montrent que le GPS remplace avec succès l'utilisation d'un marégraphe temporaire dans la zone de sondage bathymétrique.

Le zéro hydrographique est déterminé au port ou en mer indépendamment des relevés bathymétriques. Les résultats se présenteront a priori sous forme d'un maillage de points, matériels ou pas, où le zéro hydrographique sera exprimé et fixé par rapport à l'ellipsoïde. L'exploitation pour la réduction des sondages est décrite ci-après dans la section 2. Elle est commune à l'approche côtière ou au large, indépendante donc de la détermination du zéro hydrographique.

1.2. Au large

L'idée pour déterminer et fixer le zéro hydrographique par rapport à l'ellipsoïde d'un référentiel terrestre est de passer par la surface moyenne de la mer, connaissant par modèle de marée la relation entre le niveau des plus basses mers et le niveau moyen de la mer. Aujourd'hui, de nombreuses équipes dans le monde proposent de telles surfaces dérivées de l'exploitation des observations d'altimétrie spatiale. Le SHOM s'investit aussi dans l'étude de ces surfaces. Or, les observations d'altimétrie spa-

tiale sont par construction exprimées par rapport à l'ellipsoïde d'un système de référence terrestre mondial, conséquence des techniques d'orbitographie du satellite.

La figure 3 décrit comment à partir d'une telle surface moyenne de la mer nous pouvons déterminer la surface du zéro hydrographique, plus précisément le niveau des plus basses mers astronomiques. Il vient la relation suivante, donnant la hauteur ellipsoïdale du zéro hydrographique en tout point de la mer :

$$h_z = (h_s - D) - Z$$

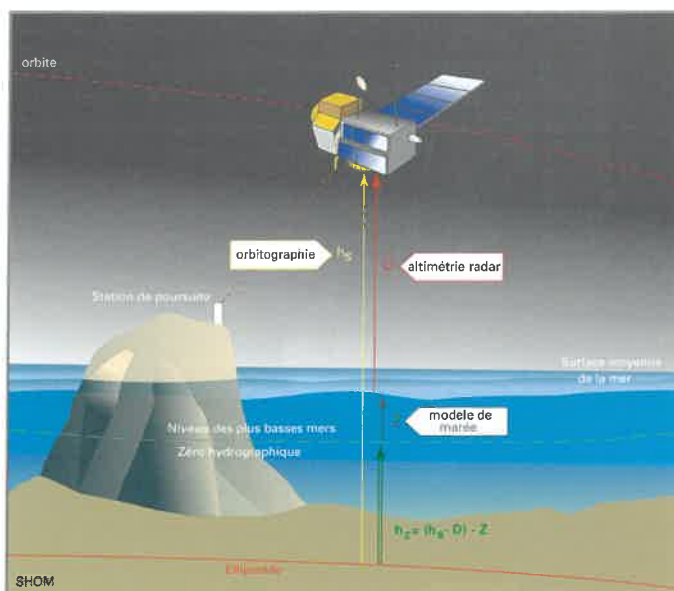


Fig. 3 – Détermination d'une surface globale du zéro hydrographique par le biais de l'altimétrie spatiale.

C'est le modèle de marée qui permet de passer du niveau moyen de la mer au niveau des plus basses mers (grandeur Z). Il convient à ce stade de noter que, suivant le type de modèle utilisé, la relation est établie avec le géoïde ou avec le niveau moyen de la mer selon que le modèle inclut des facteurs hydrodynamiques ou pas. Mais l'approche reste valable et le choix final de la surface intermédiaire pour arriver à notre fin est encore à étudier à la lumière des performances de chacune des options et des avantages que l'on pourrait en tirer pour la réduction des sondages bathymétriques. Rappelons toutefois que l'écart entre le géoïde et la surface de la mer provient principalement des effets dynamiques des courants marins, mais aussi des effets stériques dus à la température et à la salinité de l'eau.

L'objectif est aussi de choisir une réalisation du zéro hydrographique au large qui reste cohérente avec sa réalisation à terre afin d'éviter les discontinuités. La liaison entre les résultats au large et près de la côte peut se faire en prolongeant la surface moyenne de la mer par interpolation entre les points déterminés par altimétrie spatiale et ceux déterminés par marégraphie côtière et GPS. Il faut bien garder à l'esprit dans ce travail que la fonction de transfert entre le signal observé au large par altimétrie et celui qui est observé près de la côte par les marégraphes est loin d'être simple en général.

2. Application à la bathymétrie

La motivation principale de ce qui précède est d'appliquer directement les méthodes GPS de positionnement

aux relevés bathymétriques et d'obtenir avec une précision comparable, sinon meilleure, la hauteur des sondes par rapport à un niveau de référence, le zéro hydrographique, relié à l'ellipsoïde.

La figure 4 montre de façon schématique comment seront exploitées, dans la réduction des relevés bathymétriques, les données GPS et la surface du zéro hydrographique exprimées par rapport à l'ellipsoïde d'un référentiel terrestre.

On en déduit la sonde réduite :

$$S_r = h_z - T$$

$$S_r = h_z - (h_g - C - S)$$

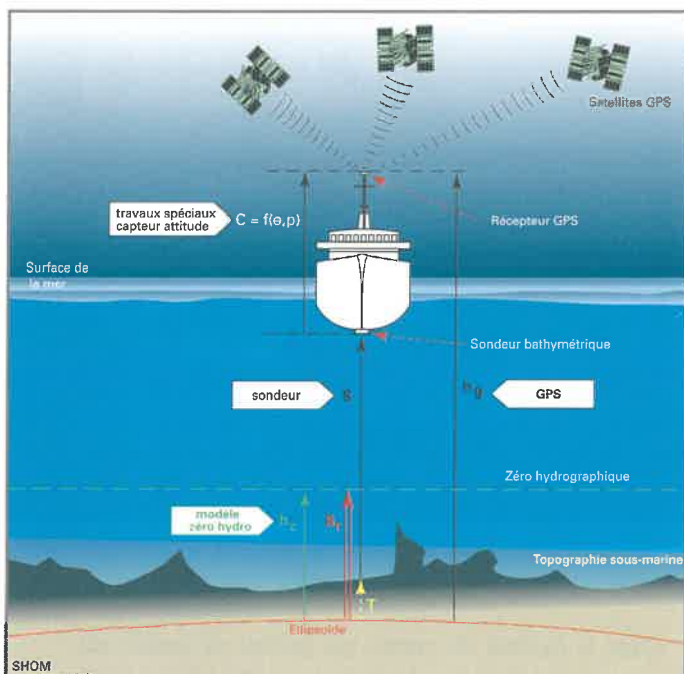


Fig. 4 – Exploitation de la détermination du zéro hydrographique dans un référentiel terrestre pour la réduction des sondages par GPS.

Le GPS et les capteurs d'attitude du navire permettent d'exprimer les sondes au-dessus de l'ellipsoïde du repère de référence terrestre souhaité. Il suffit alors de retrancher la hauteur du zéro hydrographique au point de la sonde, connue par ailleurs dans ce même repère terrestre.

EXPÉRIENCE EN RADE DE BREST

1. Description de l'expérience

La Mission Océanographique de l'Atlantique a procédé en avril 1998 à un essai du récepteur GPS ASHTECH Z12 en mode cinématique temps réel dans la rade de Brest. L'objectif était d'évaluer la possibilité de retrouver la marée à partir de la position verticale d'un porteur flottant localisé par GPS.

Les figures 5 et 6 décrivent le dispositif expérimental déployé en rade de Brest. Deux récepteurs GPS ASHTECH Z12, dotés d'une capacité temps réel, ont été utilisés :

1. la station GPS de référence était installée dans le port de Brest,

2. le second GPS était à bord de la vedette, antenne sur le toit, avec une cadence d'acquisition de 1 seconde.

Une liaison radioélectrique assurait la transmission en temps réel des informations GPS, permettant un positionnement en mode cinématique avec une précision centimétrique par rapport à la station de référence. Pour l'expérience, la cadence d'acquisition du marégraphe côtier numérique (MCN) de Brest était réglée à un enregistrement toutes les 2 minutes.

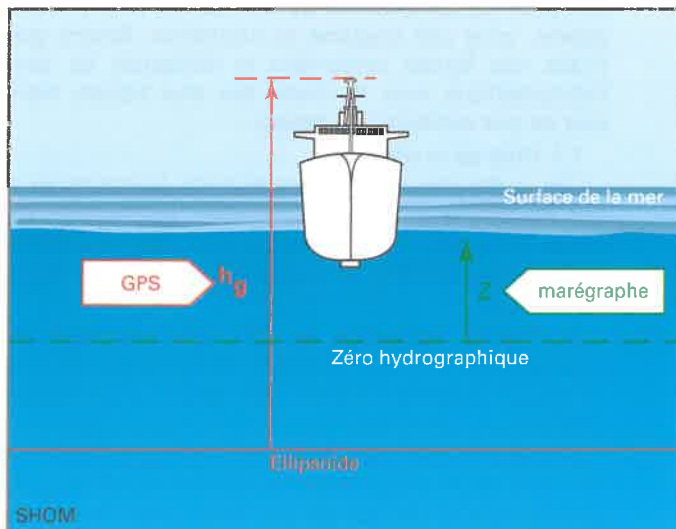


Fig. 5 – Détermination du zéro hydrographique au-dessus de l'ellipsoïde par comparaison au marégraphe du port de référence.

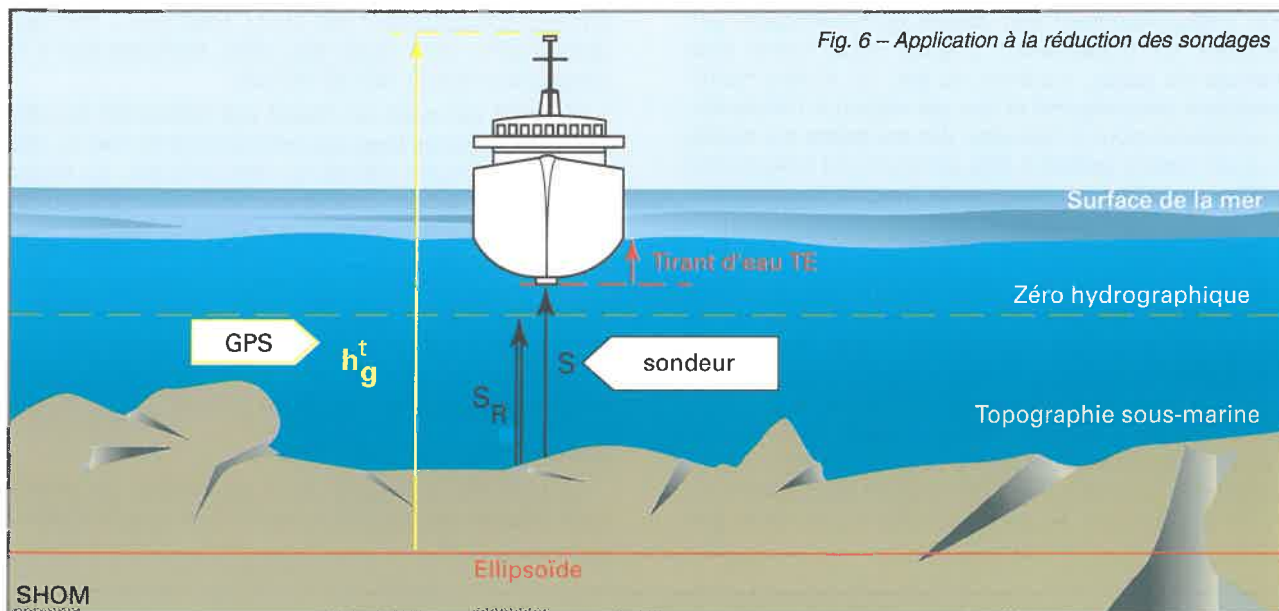


Fig. 6 – Application à la réduction des sondages

2. Analyse des données

Les hauteurs ellipsoïdales déterminées par GPS sont rapportées à la même référence que les observations de marée en comparant à tout instant les différences de leurs résultats respectifs :

$$C_o = h_g - Z$$

Un écart de 2,147 m a été trouvé avec une précision meilleure que 2 cm. Ce résultat a été adopté pour recalculer les observations GPS. Nous obtenons ensuite la correction de hauteur d'eau par GPS à tout instant au-dessus du zéro hydrographique :

$$Z_g^t = h_g^t - C_o$$

Les sondes réduites sont alors obtenues à partir de la relation suivante :

$$S_r = S + TE - Z_g^t$$

La présence d'un bruit de l'ordre de 7 à 8 cm a conduit à lisser les hauteurs GPS sur deux minutes. Ce bruit a pour origine les mouvements de l'antenne : roulis, tangage, enfoncement dû à la vitesse de la vedette... La marée GPS lissée se présente moins régulière que la marée enregistrée par le MCN. L'analyse des données montre l'influence non négligeable de la vitesse et de l'accélération du porteur, en fonction desquelles la vedette a tendance à s'enfoncer plus ou moins.

Cet enfoncement bien réel de l'antenne GPS est également subi par le sondeur bathymétrique, montrant l'intérêt d'observer la hauteur par GPS. La détermination de la correction de marée par GPS cinématique permet également de compenser l'évolution du tirant d'eau du porteur. L'enfoncement observé dans le cadre de l'essai semble atteindre une dizaine de centimètres lorsque la vedette passe de 0 à 8 nœuds.

3. Résultats de l'essai

En mer, sur une zone géographique restreinte, dans le cas d'un levé portuaire par exemple, on peut considérer constante la différence entre le zéro hydrographique et l'ellipsoïde de révolution du référentiel terrestre.

La hauteur verticale mesurée par GPS cinématique à bord d'une vedette ne représente pas exactement la marée. Au bruit de mesure et aux mouvements de fréquence élevée de l'embarcation, que l'on peut fortement réduire par simple lissage, se superpose notamment l'enfoncement de la vedette en fonction de sa vitesse. Ainsi :

1. la précision de la marée par GPS, une fois réduite et lissée, est estimée à quatre centimètres. Elle est estimée par comparaison à celle des données du marégraphe.

2. la donnée du marégraphe n'intègre pas l'enfoncement de la vedette contrairement à la marée GPS. L'effet peut cependant atteindre la dizaine de centimètres et conduit à une erreur systématique des sondes.

Dans le cas d'un levé bathymétrique portuaire, restreint à une zone de faible étendue, l'utilisation du GPS par conditions de mer favorables semble très prometteuse pour la réduction des sondages. Elle a notamment l'avantage de prendre en compte l'enfoncement de la vedette hydrographique, en même temps que l'effet de la marée. La mise en œuvre passe par un calage préalable de la hauteur de l'antenne GPS par rapport au zéro hydrographique. Il suffit pour cela de réaliser des observations simultanées au GPS et à l'échelle de marée. Le lissage des résultats GPS est par ailleurs nécessaire pour réduire le bruit de mesure.

Dans le cas d'un levé au large ou sur des zones étendues, l'utilisation du GPS nécessite la connaissance du

décalage variable dans l'espace entre le zéro hydrographique et l'ellipsoïde : un modèle permettrait d'utiliser le GPS pour ramener les sondes au zéro hydrographique.

PERSPECTIVES

L'objet de cet article était de faire le point sur les problèmes actuels rencontrés en hydrographie dans la réduction des sondages bathymétriques à une référence verticale particulière, le zéro hydrographique, et de présenter les nouvelles possibilités techniques qui méritent d'être examinées. De nombreuses questions restent encore à étudier pour déterminer les performances des nouvelles approches et pour mettre en place les processus d'application pratique, mais les quelques résultats préliminaires sont encourageants.

La précision recherchée dans la réduction des sondages est meilleure que la dizaine de centimètres. Les zones d'intérêt premier pour le SHOM couvrent en gros la Manche, le sud de la Mer du Nord et le plateau continental à l'ouest des côtes de France jusqu'aux fonds de 200 m.

Le SHOM se propose d'étudier en partenariat avec le laboratoire LAREG de l'IGN l'utilisation du RGP (Réseau GPS Permanent) afin de déterminer le zéro hydrographique dans l'ITRS en quelques ports de référence de France. Les résultats du projet pilote concernent quatre ou cinq stations en 1999, mais l'objectif est à terme d'appliquer la méthode à l'ensemble des ports de France. Ce projet s'appelle GITAM (GPS ITinérant Appliqué aux Marégraphes).

RÉFÉRENCES

- Boucher C., Z. Altamimi and P. Sillard [1998]** : "Results and Analysis of the ITRF96". IERS Technical Note 24, May 1998.
- G. Marceau, B. Morse, G. Bouchard, R. Santerre, D. Parrot et E. Roy [1996]** : "Application du GPS et l'approche On-The-Fly en temps réel pour les relevés bathymétriques". Lighthouse : Edition 53, Spring 1996, pp. 15-20.
- NIMA [1997]** : "Department of Defense World Geodetic System 1984. Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems". NIMA Technical Report TR8350.2, Third Edition, 4 July 1997.
- OHI [1996]** : Rapport du "groupe de travail de l'OHI sur les marées". Monaco, 22-25 avril 1996.
- SHOM [1994]** : La lettre du S.H.O.M. aux navigateurs, n° 11, décembre 1994, pp. 6-8.
- SHOM [1998]** : Annales des marées pour l'année 2000. Tome 1 : Ports de référence.
- Simon B. [1990]** : "Calcul de la marée au large pour la correction des sondages", Revue Hydrographique Internationale, Volume LXVII (2), juillet 1990.
- Wells D., A. Kleusberg and P. Vanicek [1996]** : "A Seamless Vertical - Reference Surface". University of New Brunswick Tech. Report # 179, prepared for the Canadian Hydrographic Service, February 1996.
- Wöppelmann G. [1997]** : "Rattachement géodésique des marégraphes dans un système de référence mondial par techniques de géodésie spatiale". Thèse de Doctorat de l'Observatoire de Paris, soutenue le 23 juin 1997.

Dans le dernier bulletin de XYZ (1^{er} trimestre 1999 - n°78), l'article « L'introduction du GPS centimétrique au port autonome de Dunkerque » passe en revue

**incontournable
géodésie**

libres propos

André Fontaine

les problèmes posés par l'emploi du GPS, par l'arrivée du réseau RGF 93 et par l'amalgame de tous les systèmes anciens ou nouveaux. Naturellement les auteurs commencent par reprendre la description de la NTF et du RGF 93 pour essayer de comprendre les ennuis qui les attendent; un utilisateur averti en vaut deux.

Il faut se féliciter que « le Port de Dunkerque, conscient de la difficulté de cette réforme, souhaite vivement recueillir l'avis des adhérents de l'AFT ». On peut ainsi constater sur un exemple pratique toute la confusion à laquelle a abouti le vocabulaire inapproprié, employé par la très grande majorité de la communauté géodésique. Je renvoie d'abord les adhérents de l'AFT à mon article « Géométrie et géodésie » paru dans le numéro 61 (1994) de « XYZ », mais je vais aussi m'efforcer une nouvelle fois de mettre l'accent sur une réalité qui semble échapper à beaucoup d'utilisateurs : le réseau RGF 93 n'est pas un réseau géodésique, c'est un réseau géométrique; ceci a d'ailleurs enfin été reconnu par le chef du service de la géodésie de l'IGN, en 1997 dans le numéro 71 de « XYZ ».

Le passage de la NTF au RGF 93 n'est pas seulement le passage d'un réseau « dit bidimensionnel » d'une certaine précision à un réseau « dit tridimensionnel » plus précis, mais encore un changement de conception : on faisait de la géodésie et on se contente maintenant de faire de la géométrie. Les grandeurs physiques associées aux coordonnées sont totalement différentes : dans le premier cas il s'agit de longueurs sur le géoïde et d'altitudes, dans le deuxième de simples longueurs dans l'espace. La bidimensionalité ou la tridimensionalité n'ont rien à voir dans cette affaire; il existe une géodésie tridimensionnelle et une géométrie bidimensionnelle sur les surfaces.

Pour bien comprendre la question, prenons deux points du réseau français, par exemple les deux termes de la base de Cassel, proches de Dunkerque. Si, à partir des coordonnées géographiques « latitude et longitude » de la NTF, on calcule la longueur de la base, on trouve alors rigoureusement la valeur mesurée sur le terrain par les géodésiens. Faisant la même opération avec les « latitude et longitude » du RGF 93, on trouvera une valeur de la longueur de la base qui différera de la valeur mesurée.

Les coordonnées de la NTF seraient-elles plus précises que celles du RGF 93 ? Pour ce cas très particulier, peut-être. Mais là n'est pas le problème. On objectera que, moyennant de déterminer les hauteurs du géoïde par rapport à l'ellipsoïde RGF 93, on pourra apporter une correction à la longueur calculée pour retomber sur la valeur mesurée de la base. C'est d'ailleurs à de telles déterminations que se prépare le port de Dunkerque. Ces opérations ne seraient pas à envisager si on s'appuyait sur un réseau géodésique comme la NTF, car la géodésie a ceci de merveilleux que les calculs sont faits avec précision sur le géoïde sans en connaître exactement la position et la forme.

La projection géométrique du RGF 93 sur un ellipsoïde est un pis aller pour donner l'illusion qu'on revient à la géodésie et cacher les déficiences de ce RGF 93 pour des utilisations locales. En fait géodésie et géométrie, aussi proches soient-elles, sont irréductibles; tous les passages de l'une à l'autre ne sont que des approximations.

Pourtant toutes les mesurages de terrain sont géométriques : mesurages d'angle, de distance, de dénivelée ou de coordonnées GPS. Alors que toutes les valeurs mesurées sont, en géodésie, ramenées au géoïde avant d'être introduites dans le calcul des coordonnées, elles sont, en géométrie, conservées en l'état. On comprend donc pourquoi les coordonnées géodésiques fournissent des valeurs de longueurs dans l'espace. Ce qui intéresse un aménageur c'est de pouvoir disposer de plans ou de coordonnées qui soient homogènes avec les relevés quotidiens des différentes entreprises qui, restant les pieds sur le « plancher des vaches », se réfèrent sans même le savoir à une surface équipotentielle; à partir d'un réseau géodésique national, on peut localement travailler en toute quiétude à partir des points d'appui, car faire le calcul d'un tel réseau géodésique consiste à assembler en un bloc unique et homogène tous les réseaux locaux créés autour de chaque point.

Certains pourront à juste titre répondre : corriger les mesures (réseau géodésique) ou corriger les résultats des calculs (réseau géométrique), la différence n'est pas bien grande. Oui, mais les calculs n'incombent pas aux mêmes personnes; pour un réseau géométrique, le ser-

vice de l'IGN se limite à une compensation générale laissant à l'utilisateur la charge de se débrouiller avec les coordonnées; pour un réseau géodésique, le service de la géodésie de l'IGN apporte des corrections aux observations avec les mêmes méthodes que l'utilisateur, ce qui assure une grande homogénéité à tous les travaux géodésiques et topométriques du territoire national.

La principale gêne d'un réseau géométrique tient aux corrections locales auxquelles il faut soumettre les résultats des calculs pour les rendre compatibles avec des mesures topométriques. Faire des corrections dont la validité ne dépasse pas une petite zone, revient à créer des réseaux géodésiques locaux avec tous les inconvénients attachés à cette pratique. Le port de Dunkerque se prépare à déterminer les hauteurs du géoïde par rapport à l'ellipsoïde RGF 93, il trouvera une certaine valeur. Supposons que le port de Calais procède de même, il trouvera une autre valeur. Si par hasard les zones d'intervention des deux ports se recoupent, certains points auront deux valeurs différentes des corrections.

Au moment où, pour éviter de tels ennuis très préjudiciables à l'emploi des SIG, on prévoit de rendre légal le rattachement à un réseau unique, voilà que la France ne se dote que d'un réseau géométrique qui inéluctablement amènera les utilisateurs à enfreindre la loi sans qu'on puisse valablement le leur reprocher. Avant de jeter le beau bébé d'un réseau géodésique pour remplir la baignoire avec l'eau du RGF 93, il aurait peut-être fallu s'y reprendre à deux fois. Les savants qui au XVIII^e siècle ont mis au point une méthode aussi efficace ne disposaient pas du GPS, mais avaient, semble-t-il, « la tête bien faite »; ils ont fort bien compris qu'ils ne faisaient plus de la géométrie et ils ont créé le mot de géodésie. Alors faisons au moins comme eux : « rendons à la géométrie ce qui appartient à la géométrie et à la géodésie ce qui appartient à la géodésie ».

Pour faire passer la pilule d'un réseau géométrique, on a focalisé la question sur la meilleure précision du RGF 93 par rapport à la NTF. Je n'ai jamais douté que l'amélioration des mesures rendrait un jour caducs les précédents réseaux et, dès juillet 1987, dans une note, j'attirais l'attention de la Direction générale de l'IGN sur le fait que, la précision des instruments dépassant celle du réseau lui-même, il fallait prévoir le calcul d'un nouveau réseau. C'est d'ailleurs à partir de cette note qu'ont commencé les discussions à ce sujet. On aurait pu comme le suggérait H.M. Dufour conserver la NTF assortie de tables de corrections locales de façon à éliminer ses défauts

d'échelle et d'orientation; mais on retombait devant le dilemme : que faire lorsqu'on est en limite de deux ou plusieurs zones ?

À mon avis, il est inconcevable que les coordonnées d'un réseau national de référence ne confirment pas directement les mesures de l'utilisateur. Or, à quoi sert la précision du RGF 93 ? À fournir des coordonnées qui ne confirment les mesures de l'utilisateur qu'après leur avoir apporté des corrections locales; on revient au morcellement du réseau en une multitude de confettis.

Cette précision du RGF 93 n'est que celle des observations GPS qui pourraient tout aussi bien être incluses dans le calcul d'un RGF 2000 géodésique tout aussi précis que le RGF 93. Pourquoi ne pas le faire ?... À l'ère des ordinateurs le travail est insignifiant et l'IGN mettrait alors à la disposition de la collectivité nationale, pour chaque point du réseau,

- des coordonnées géométriques : X, Y, Z (estampillées RGF 93).

- des coordonnées géodésiques : latitude, longitude sur le géoïde et altitude (estampillées RGF 2000).

Toutes les difficultés disparaîtraient, les utilisateurs qui ont besoin d'observer les satellites, de déterminer le mouvement du centre de gravité de la Terre ou le mouvement des plaques,... feraient de la géométrie; mais, comme il n'y a aucune raison qu'ils imposent leurs désirs, et les contraintes qui en résultent, aux utilisateurs locaux, ces derniers auraient aussi un réseau adapté à leurs besoins. On n'aurait plus à recourir à des expédients tels que projeter RGF 93 sur un ellipsoïde pour faire croire à des qualités géodésiques qu'il n'a pas, ou remonter de la géodésie à la géométrie, comme les géodésiens l'ont un temps pratiqué. Le paradoxe étant d'ailleurs que le passage d'un système à un autre deviendrait très simple par interpolation sur des points communs, puisque tous les points du réseau seraient communs aux deux systèmes.

En conclusion, il faut espérer que, le bon sens étant la chose la mieux partagée, il finira par s'imposer dans la solution d'un problème qui a été mal compris. Je demande aux lecteurs de « XYZ » de lire et de relire ce bel article du n° 61 qui explique le flux et le reflux de la géodésie et de la géométrie. Je suis la disposition de tous ceux qui voudraient des explications complémentaires et je souhaite bon courage au Port autonome de Dunkerque car je pense que tous les ennuis engendrés par le RGF 93 n'ont pas encore été totalement appréhendés en particulier en matière de distances sur le géoïde et de report sur des plans à grande échelle.

Fin 1999/2000 : colloque "le risque et le génie civil" organisé par le Groupement français des Associations du Génie Civil. Renseignements à l'AFT.

Les systèmes de mesure laser scanner

aéroportés appliqués aux relevés topographiques sont présents sur le marché depuis quelques années. Le principe de cette méthode est essentiellement

interpolation et filtrage des données laser scanner en zone boisée

David Desbuisson
Ingénieur ENSAIS

Projet de fin d'études ENSAIS réalisé de mars à septembre 1998 à l'Institut de Photogrammétrie et Télédétection (IPF) de Vienne sous la direction du Prof. Karl Kraus et du Dr. Helmut Kager.

basé sur la mesure de la distance de l'avion au sol par un télémètre laser positionné et orienté par un ensemble GPS/INS (Inertial Navigation System). La génération du Modèle Numérique de Terrain en zone boisée est un des domaines d'application privilégiés du système. En effet, le télémètre laser permet la mesure de point au sol malgré la couverture végétale avec un coefficient de pénétration de 20 à 60 % suivant la saison et le type de végétation. L'interpolation d'un M.N.T. avec de telles données nécessite l'application d'algorithmes de filtrage adaptés. Le professeur Karl KRAUS de l'Institut de Photogrammétrie et Télédétection de Vienne a conçu, pour le rejet des points de végétation, une méthode basée sur le processus d'estimation robuste.

Abstract : Airborne laser scanners for recording topographic data are since a few years on the market. The principle of this method consists in the measurement of the distance between the airborne and the terrain with a laser range-finder, positionated and orientated by a GPS/INS (Inertial Navigation System) system. The production of Digital Terrain Model in wooded areas is an important application of this system. The laser range-finder can obtain ground points in spite of the tree canopy with a penetration rate from 20 % to 60 % according to the season and the kind of vegetation. The computing of a DTM with such data requires to use some adequate algorithm for the filtering. The professor Karl KRAUS of the Institut for photogrammetry and remote sensing of Vienna has developed a method based on the robust estimation to reject the vegetation points.

Mots Clés : système laser scanner, Modèle Numérique de Terrain, zone boisée, interpolation, filtrage, estimation robuste.

Keywords : laser scanner, digital terrain model, wooded areas, interpolation, filtering, robust estimation.

Schlüsselwörter : Laser Scanner, digitales Geländemodell, bewaldetes Gebiet, Interpolation, Filterung, robuste Schätzung.

Zusammenfassung : Die flugzeuggetragenen Laser Scanner Systeme für topographische Messungen sind seit einigen Jahren auf dem Markt. Das Prinzip dieser Methode beruht im wesentlichen auf der Entfernungsmessung zwischen Flugzeug und Boden mit einem Laserdistanzmesser, der mit einem GPS/INS (Inertial Navigation System) System positioniert und orientiert wird. Die Erzeugung von digitalen Geländemodellen in bewaldeten Gebieten ist ein Haupteinsatzgebiet dieses Systems. Der Laserdistanzmesser kann nämlich Bodenpunkte trotz Vegetationsdecke mit einer Durchdringungsrate von 20 % bis 60 % entsprechend Jahreszeit und Vegetationstyp liefern. Die Interpolation eines digitalen Geländemodells aus solchen Daten erfordert die Verwendung passender Algorithmen für die Filterung. Professor Karl KRAUS vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung in Wien hat ein Methode, die auf robuster Schätzung basiert, um die Vegetationspunkte zu eliminieren, entwickelt.

1. INTRODUCTION

L'IPF [I-IPF] a commencé à s'intéresser de près aux données laser scanner en 1996, date à laquelle la ville de Vienne a souhaité obtenir un Modèle Numérique de

Terrain précis à partir de données laser scanner sur la partie boisée de son territoire (70 km² environ).

Ce projet (le projet Wienerwald) est mené en partenariat entre l'IPF et la ville de Vienne [KRA97a]. La saisie des données a été confiée à Topscan [I-HAN], une entre-

prise allemande utilisant le système Optech ALTM 1020 [I-OPT]. La difficulté du calcul d'un Modèle Numérique de Terrain à partir de données laser scanner en zone boisée tient au fait que les données brutes comportent à la fois des points de végétation et des points du sol. La firme Topscan a fourni une classification des points basée sur la méthode dite de l'opérateur géomorphologique [KIL96]. Cette méthode de tri n'est pas apparue satisfaisante aux yeux des responsables du service topographique de la ville de Vienne. Les données du terrain ainsi classifiées contenaient encore de nombreux points de végétation.

Suite à ce problème, le Professeur Karl KRAUS a conçu les fondements d'une nouvelle méthode basée sur le processus d'estimation robuste pour le rejet des points de végétation. Ce nouvel algorithme a été implémenté dans le programme SCOP. DTM (module de calcul du programme SCOP [I-INP] dédié à la gestion, à l'exploitation et au calcul des M.N.T.). Actuellement, cette méthode a été testée et même si les résultats ne sont pas encore parfaits de nombreux exemples ont été calculés et jugés satisfaisants.

Cet article expose en premier lieu les principes généraux du système de mesure laser scanner et de l'interpolation de surface topographique. La méthode proposée par le Professeur Karl KRAUS est ensuite décrite et illustrée de deux exemples.

2. LE SYSTÈME LASER SCANNER *

2.1. Présentation

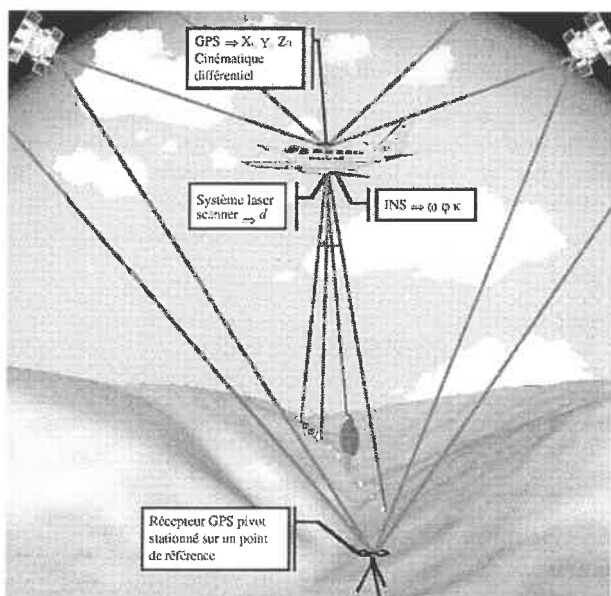


Figure 1. Le système laser scanner

Le système laser scanner est un système de mesure 3D aéroporté qui permet la mesure rapide, économique et précise de Modèles Numériques de Terrain et de Surface. De tels systèmes ne sont disponibles sur le marché que depuis quelques années. Ils sont spécialement utilisés pour les zones difficiles à exploiter par les méthodes plus traditionnelles, en particulier les zones boisées et les zones côtières. Le système laser scanner est essentiellement constitué d'un télémètre laser mesurant sans réflecteur la distance entre l'avion et le sol et d'un ensemble GPS/INS permettant l'orientation et le

positionnement absolu du faisceau laser lors de la mesure. Dans un tel système, le GPS est essentiellement utilisé pour le positionnement et la plate-forme inertielle pour la détermination de l'attitude du faisceau.

Le système scanner permet de mesurer le terrain par bandes de 250 à 700 m. On peut distinguer deux systèmes principaux :

- les systèmes composés de plusieurs télémètres laser émettant chacun un faisceau dans une direction particulière de sorte que l'incrément angulaire soit constant entre deux faisceaux,
- les systèmes à optique mobile, composés d'un seul télémètre laser dont le faisceau est dévié de manière périodique par un miroir en rotation ou en oscillation,

La mesure de la distance est effectuée par mesure du temps de propagation d'une impulsion laser. Cette technique a plusieurs avantages, elle permet une très haute fréquence de mesure (jusqu'à 80 kHz) et de plus permet de retenir la dernière réflexion de l'impulsion pour le calcul de la distance.

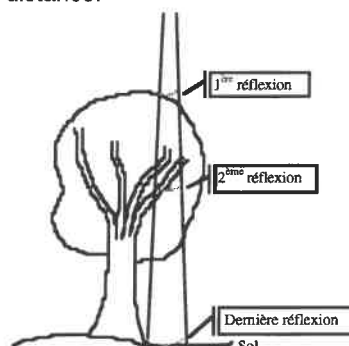


Figure 2. Réflexions multiples

Cette dernière propriété est très importante pour la mesure de M.N.T. en zone boisée. En effet, une impulsion peut subir plusieurs réflexions sur la couverture végétale avant d'atteindre le sol. Il est évident que pour ce type d'application, c'est toujours la dernière réflexion qui sera intéressante. Il peut cependant arriver qu'une impulsion soit entièrement réfléchi avant d'atteindre le sol, le point ainsi mesuré n'étant alors pas sur la surface du sol, il faudra appliquer des algorithmes de filtrage adaptés pour le calcul du M.N.T.

2.2. Précision du système

Les précisions obtenues sont variables suivant le système utilisé. Il est cependant possible de donner un ordre de grandeur de manière à bien cerner les possibilités du système laser scanner.

Le positionnement GPS, utilisé en cinématique différentielle, fournit la position absolue (X, Y, Z) avec une précision variable suivant la longueur de la ligne de base utilisée, la configuration des satellites au moment des mesures et la connaissance des ondulations locales du géoïde. Cette précision peut être résumée par les chiffres suivants [CRA97] :

- 3-20 cm en planimétrie et 5-30 cm en altitude pour une ligne de base de 10 km,
- 15-30 cm en planimétrie et 20-40 cm en altitude pour une ligne de base de 50 km,

Les plates-formes inertielles généralement utilisées sur ce genre de système fournissent les angles d'orientation (ω , ϕ , κ) avec une précision de l'ordre de 0.01 degré.

* Exposé dans un article du n° 78 (1^{er} trimestre 99).

Enfin le télémètre laser permet d'obtenir la distance avec une précision de l'ordre de 0,15 m.

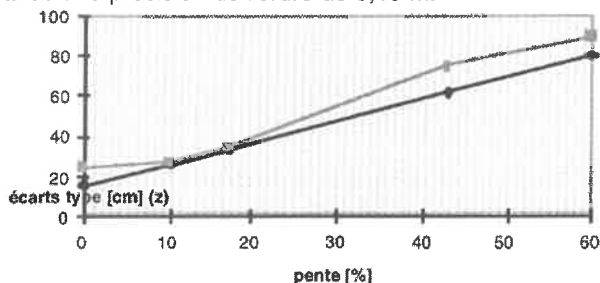


Figure 3. Précision de la méthode laser scanner

L'ensemble de ces précisions individuelles aboutit à une précision variable suivant les systèmes et en général suivant la pente du terrain. Les constructeurs annoncent des écarts types sur la cote altimétrique entre 0,05 m et 0,30 m et en général 0,10 m pour les coordonnées planimétriques. Cette précision est illustrée à titre d'exemple par la figure 3. Ce graphique est obtenu à partir du projet Wienerwald [KRA97a].

Il est clair que pour des pentes importantes, la précision effective est largement inférieure à celle annoncée par les constructeurs. La dégradation de la précision du système de mesure en fonction de la pente du terrain provient principalement de deux causes :

- Les erreurs commises sur le positionnement planimétrique du point mesuré entraînent une erreur sur la cote altimétrique d'autant plus importante que la pente est forte.
- La taille de l'impulsion laser au sol (entre 0,25 m et 1,5 m suivant le système et la hauteur de vol) entraîne une erreur sur la cote altimétrique d'autant plus importante que la pente est forte. Cette erreur provient du fait que la distance de l'avion au sol est obtenue à l'aide du premier ou du dernier retour de l'impulsion laser.

2.3. Conclusion

Le système de mesure laser scanner donne la possibilité d'obtenir de manière économique et rapide des Modèles

Numériques de Surface et de Terrain dans des zones où les méthodes plus traditionnelles ont des difficultés. Le principal point faible de la méthode concerne le manque d'information sur la texture des objets mesurés. On peut imaginer pallier ce manque par enregistrement de l'intensité du signal retourné ou encore en rajoutant à bord de l'avion un dispositif photogrammétrique classique.

3. INTERPOLATION ET FILTRAGE DES DONNÉES LASER SCANNER EN ZONE BOISÉE

3.1. Interpolation de surface

La construction d'un Modèle Numérique de Terrain peut se ramener au problème suivant : soit un ensemble de points planimétriques P connus en altitude, à partir de ces données on recherche l'altitude de n'importe quel autre point situé dans le périmètre délimité par l'ensemble des points P .

Le programme SCOP. DTM calcule des M.N.T. de type grille. La méthode d'interpolation et filtrage utilisée est un compromis entre la méthode d'interpolation par sommation de surfaces élémentaires et la méthode d'interpolation par les moindres carrés [KRA87]. Cette méthode permet un filtrage des données observées. C'est-à-dire qu'il est tenu compte de la précision des observations pour tenter de corriger une partie des erreurs accidentelles affectant les mesures. Le filtrage implique que la surface interpolée ne passe plus par les points d'appui qui la soutiennent. On obtient donc des valeurs de résidus sur les points d'appui. Ceci est fondamental dans le cadre d'un processus d'estimation robuste puisque c'est l'analyse de ces résidus qui permet d'affecter un poids à chaque observation.

Pour la suite de l'article, il sera considéré que la méthode brute d'interpolation utilisée est la méthode d'interpolation par les moindres carrés. L'équation de base de cette interpolation est rappelée ci-dessous :

$$z = (C(PP_1), C(PP_2), \dots, C(PP_n)) \begin{pmatrix} V_{zzp_1} & C(P_1P_2) & \dots & C(P_1P_n) \\ & V_{zzp_2} & & C(P_2P_n) \\ & & \ddots & \\ \text{sym.} & & & V_{zzp_n} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_n \end{pmatrix} = \mathbf{c}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{z}$$

z = valeur interpolée réduite au point P .

z_i = valeur observée réduite à la tendance des observations, dans le SCOP cette tendance est un plan incliné.

$C(PP_i)$ = covariance de la valeur interpolée réduite z en P avec la valeur observée réduite z_i .

$C(P_iP_k)$ = covariance des valeurs observées réduites z_i et z_k .

V_{zzp_i} = variance d'une valeur observée réduite de poids p_i .

Figure 4. Formule de base de l'interpolation par les moindres carrés, d'après [KRA97b]

3.2. Estimation robuste

La méthode d'estimation robuste consiste à éliminer les observations faisant l'objet de fautes grossières dans le cadre d'une compensation. Cette méthode est itérative. Un premier calcul de compensation est effectué en affectant un poids identique à chaque observation. À la suite de ce premier calcul, une deuxième compensation

est calculée en donnant à chaque observation un poids fonction de son résidu v_i provenant du premier calcul.

Dans la méthode d'interpolation de surface par les moindres carrés, ces poids sont utilisés pour recalculer les valeurs V_{zzp_i} situés sur la diagonale de \mathbf{C} .

On peut être amené à itérer plusieurs fois afin que le résultat de la compensation ne soit plus sous l'influence

des observations entachées de fautes. Comme fonction des poids affectés à chaque observation on prendra généralement :

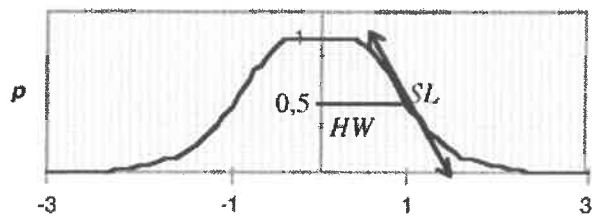


Figure 5. Fonction des poids ($a = 1$ et $b = 4$)

3.3. Algorithme adapté aux données laser scanner [KRA97b]

Les mesures provenant d'un système laser scanner en zone boisée présentent une répartition des écarts à la surface vraie bien particulière. Les écarts négatifs sont de type accidentel et sont soumis à l'écart type du système de mesure. Les écarts positifs sont par contre de deux types, on trouve d'une part des écarts accidentels et d'autre part des écarts grossiers correspondant aux points mesurés sur la couverture végétale.

Jusqu'ici, il n'a pas été tenu compte de cette répartition asymétrique des écarts à la surface vraie. L'application brute du processus d'estimation robuste aboutirait à l'élimination de points de sol. Pour prendre en compte cette répartition spécifique des écarts, la fonction classique des poids va être remplacée par la fonction suivante :

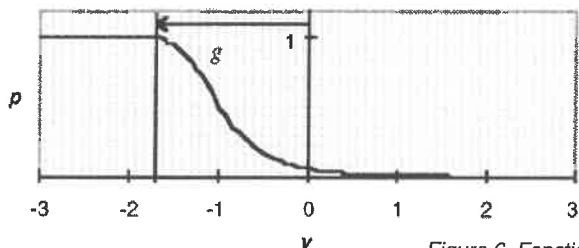


Figure 6. Fonction des poids adaptée aux données laser scanner

Cette nouvelle formule permet de prendre en considération, la forte influence des nombreuses erreurs grossières sur la première interpolation.

En effet, du fait de leur grand nombre, la première surface interpolée est relativement éloignée de la surface vraie du terrain. La valeur g correspond à la distance moyenne entre la surface calculée en première itération et la surface vraie du terrain. C'est aussi la distance de l'origine de l'histogramme des résidus à la médiane du nuage de points de sol dans ce même histogramme (sous réserve que la première surface soit relativement parallèle au sol).

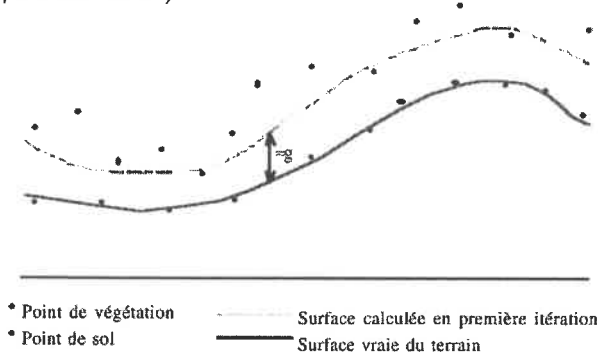


Figure 7. Points de sol, de végétation et première approximation de la surface

L'allure de la fonction des poids permet de prendre en compte la répartition asymétrique des points faux. En effet, les points de résidus inférieurs à g obtiennent un poids maximal de 1 car ils sont censés se situer sous la surface du terrain et donc ne faire l'objet que d'erreurs aléatoires. Les résidus supérieurs à g sont eux susceptibles d'être entachés de fautes et la fonction des poids classique de l'estimation robuste leur est appliquée.

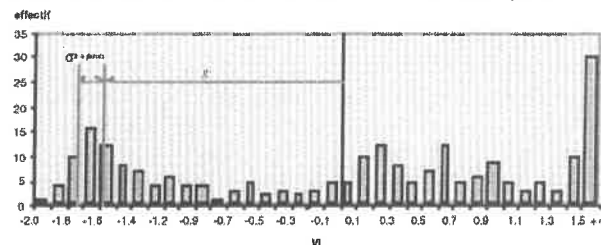


Figure 8. Histogramme des écarts à la surface interpolée

L'histogramme des résidus est établi après le calcul de la surface brute, obtenue en attribuant le même poids à tous les points d'appui. On suppose que cette surface est plus ou moins parallèle à la surface du terrain mesurée, toute la difficulté de mise en œuvre de la méthode consistera d'ailleurs à obtenir cette première surface parallèle. L'histogramme est alors étudié afin de déterminer le déplacement g .

Le déplacement g peut être déterminé par le calcul de l'écart type à gauche σ_l dans l'histogramme des écarts à la surface calculée. En un point quelconque d'abscisse l de l'histogramme, cet écart type σ_l est obtenu par la formule :

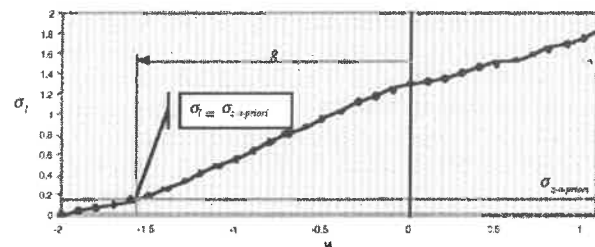


Figure 9. Étude de la fonction σ_l

Si la surface interpolée en première itération est bien parallèle au terrain, les points situés au sol gardent leur répartition normale. Par contre leur moyenne est déplacée vers la gauche de l'histogramme. On recherche par conséquent dans l'histogramme les valeurs de l pour lesquelles σ_l est égal à l'écart type attendu de la méthode laser scanner $\sigma_{2-priori}$. Les valeurs de l correspondantes peuvent être considérées comme de bonnes estimations de g .

Cette méthode de calcul de la valeur g est théoriquement fondée mais la pratique démontre qu'elle manque de robustesse. Pour pallier ce problème, une méthode de recherche de g basée sur une estimation du coefficient de pénétration du système a été mise au point.

Une fois ce déplacement g estimé la méthode est identique à l'algorithme d'estimation robuste vu au paragraphe 3.2.

4. EXEMPLES DE TRAITEMENTS DES DONNÉES LASER SCANNER

4.1. L'exemple LEOPOLDSBERG

Cet exemple est issu du projet Wienerwald, la superficie traitée est de 3250 000 m². 215 692 points ont été

mesurés par le système laser scanner sur cette zone. Un premier calcul a été effectué à partir des données brutes sans aucun filtrage, on constate le fort bruitage des données (*figure 10*). Le second calcul de la surface est le résultat obtenu après trois itérations du processus exposé au paragraphe 3.3., il ne reste alors que 108 848 points classifiés en points de sol (*figure 11*).

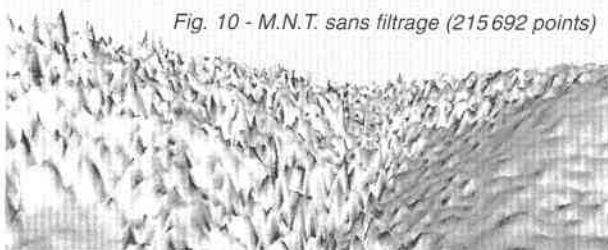


Fig. 10 - M.N.T. sans filtrage (215 692 points)



Fig. 11 - M.N.T. après filtrage (108 848 points)

4.2. Exemple de traitement des données test TopoSys

Les données TopoSys diffèrent de celle du projet Wienerwald par la densité de mesure du système qui atteint 80 kHz (60 000 points à l'hectare). Cette caractéristique du système implique une certaine lourdeur des calculs, qui cependant aboutissent à un résultat satisfaisant comme le démontre la *figure 12*. Cet exemple porte sur une surface de 288 800 m² sur laquelle se trouvent 289 941 points. Après application du processus itératif, il ne reste que 65 806 points classifiés en points de sol.



Figure 12. Résultat de l'interpolation après filtrage des données Toposys (65 806 points)

CONCLUSION

Les résultats obtenus avec la méthode d'interpolation et filtrage décrite ici démontrent bien que la génération de Modèle Numérique de Terrain en zone boisée à partir de donnée laser scanner peut être entièrement automatisée et devenir ainsi un domaine d'application privilégié pour cette nouvelle méthode de levé.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de l'IPF pour son accueil durant ce projet et en particulier le

Professeur Karl KRAUS, le Dr Helmut KAGER, Hans THÜMINGER et Stefan WAGENKNECHT. Je remercie également Pierre GRUSSENMEYER pour son aide concernant la rédaction de cet article.

CONTACTS

David DESBUISSON : desb@galaxycorp.com

Karl KRAUS : kk@ipf.tuwien.ac.at

SITES INTERNET

• Constructeurs :

[I-ATM] NASA : www.csc.noaa.gov/crs/ALACE

[I-FUG] FUGRO : www.fugro-inpark.nl

[I-OPT] OPTTECH Inc : www.optech.on.ca

[I-SAA] Saab Survey Systems :
www.combitech.se/survey

[I-TOP] TopoSys : www.toposys.com

• Entreprises

[I-EAG] EAGLESCAN : www.eaglescan.com

[I-GEO] GEOSCAN : www.kwc.de/geoscan/default.htm

[I-HAN] HANSALUFTBILD/TOPSCAN :
www.hansaluftbild.de

[I-NEW] NEWTECH-Airborne :
www.newtech-airborne.com

• Instituts

[I-IFP] Institut de Photogrammétrie Stuttgart :
www.ifp.uni-stuttgart.de

[I-INP] INPHO GmbH : www.inpho.de

[I-INS] Institut de Navigation Stuttgart :
www.nav.uni-stuttgart.de

[I-IPF] Institut de Photogrammétrie et Télédétection de Vienne : www.ipf.tuwien.ac.at

BIBLIOGRAPHIE

[CRA97] CRAMMER, Michael. : "GPS/INS integration", disponible sur [I-IFP].

[KIL96] KILLIAN, J. HAALA, N. ENGLISH, M. : "Capture and evaluation of airborne laser scanner data", ISPRS-Archive, Volume XXXI, part B3, 1996, pages 383-388.

[KRA87] KRAUS, Karl. : "PHOTOGRAMMETRIE", Band 2, C3-3, "Interpolation und Approximation von Flächen", DÜMLER/BONN, 1987, pages 263-290.

[KRA97a] KRAUS, Karl. HYNST, Erwin. BELADA, Peter. REITER, Thomas. : "Topographische Daten in bewaldeten Gebieten - Ein Pilotproject mit Laser-Scanner-Daten", Vermessung und GeoInformation, Heft 3, 1997, pages 174-181.

[KRA97b] KRAUS, Karl. : "Eine neue Methode zur Interpolation und Filterung von Daten mit schiefer Fehlverteilung", Vermessung und GeoInformation, Heft 1, 1997, pages 24-31.

[PFE98a] PFEIFER, Norbert. KÖSTLI, André. KRAUS, Karl. : "Interpolation of laser scanner data - Implementation and first results", ISPRS-Archive, Volume XXXIII, part 3/1, Columbus, OH, USA.

[PFE98b] PFEIFER, Norbert. KRAUS, Karl. : "Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data", ISPRS journal 53, 1998, page 193-203.

C'est en 1992, que le passage de la table à dessin à la station de travail informatique s'opère au sein des bureaux d'études de la Ville et du District

un SIG solidaire au pays de Lorient

Joël Coché
Direction du Traitement de l'Information
Ville de Lorient
Eric Jacotin – Générale d'Infographie
Richard Carnohan – TSI



du Pays de Lorient.

Cette démarche s'accompagne de la signature avec la Direction Générale des Impôts d'une convention de numérisation du plan cadastral des dix communes composant à l'époque le District.

À la suite d'une consultation le logiciel MICROSTATION est retenu.

Les services se le sont approprié rapidement, et, depuis, celui-ci reste la fondation du développement du DAO (dessin assisté par ordinateur) dans les collectivités districales.

Quant aux travaux de digitalisation du cadastre, ils furent confiés aux géomètres locaux.

Un peu plus tard, le District s'étend, et forme aujourd'hui un territoire de 17 communes représentant 180 000 habitants.

Lorient, la ville centre, en compte un peu plus du tiers.

S'appuyant sur des démarches similaires (notamment celle du Conseil Général de l'Ain), le département du Morbihan entre en lice à son tour, et, au travers d'une politique conventionnelle en compagnie de gestionnaires

de réseaux, envisage la numérisation de l'ensemble des autres communes du Département non concernées par la démarche en amont du District du pays de Lorient.

La nuance apportée par le Conseil Général du Morbihan, suite à l'élaboration de son cahier des charges à l'aide de l'IGN, consiste à exiger la norme d'échange EDIGEO.

Sous-jacente à cette modernisation nécessaire des fonctions techniques en matière de bureau d'études, et, dès la réflexion initiale, l'idée d'aboutir à terme à un système d'informations géographiques ouvert, fédérateur et structurant était présente.

Au fil du temps, des attentes de plus en plus fortes sont générées par la pression commerciale de fournisseurs de solutions, liée à la possession d'un cadastre numérisé peu exploité.

Il devenait urgent de franchir un nouveau cap, et, de bâtir un système d'informations géographiques (SIG) le plus harmonieux possible, en gérant par une offre d'outils cohérents et complémentaires, les possibilités et les volontés de chaque collectivité.

L'utilité des SIG n'étant plus à prouver, nous avons proposé de réfléchir dans le cadre de l'intercommunalité à une approche organisationnelle globale, une recherche d'adhésion permettant le partage d'informations, la coopération entre les services et les acteurs, la mise en œuvre d'actions pluridisciplinaires.

En résumé nous souhaitons une démarche de transversalité, évitant de fait, le renforcement des clivages et la problématique des SIG sectoriels, générant redondance et échanges particulièrement difficiles.

Il nous a paru essentiel de nous situer dans une position d'équilibre entre les tendances naturelles à l'autonomisation, à la différenciation et le risque dissuasif induit par une intégration fortement centralisatrice.

L'objectif avoué, était de rendre l'organisation la plus performante possible, par l'articulation de ces forces antagonistes d'intégration et de différenciation.

Les outils actuels, entrepôts de données, client serveur, Internet/Intranet permettent cette approche. Ils n'imposent pas d'organisation a priori mais par contre nécessitent un management, une conduite de projet réellement à la mesure des enjeux.

Dès lors nous avons proposé aux communes une double approche de type infra et supra communal.

L'aspect infra communal permet à chaque entité autorisée de disposer ou d'accéder à ses propres données relevant de son usage exclusif, la plupart du temps à titre consultatif.

Le côté supra communal permet, lui, par la continuité géographique et l'agrégation des données, d'effectuer des études, s'étendant bien au large des frontières administratives, notamment pour :

- Des schémas d'aménagement,
- Des études environnementales (bassins versants, épandages, protection de l'eau),
- Des études d'impact,
- Des études de flux,
- Une politique globale de communication (axée vers le tourisme, l'économie),
- La recherche d'itinéraires,
- La sécurité,
- L'étude de la mobilité foncière...

Le champ des perspectives est sans limites.

En parallèle, et en lien étroit à cette problématique de SIG, une autre réflexion est menée dans l'optique de l'évolution de la gestion de l'ADS (Administration du Droit des Sols).

Ce n'est pas une compétence districale, et, dans un premier temps, seules les communes de Lorient et de Lanester se sont affranchies de la tutelle de l'État pour instruire le droit des sols (depuis d'autres communes se sont émancipées).

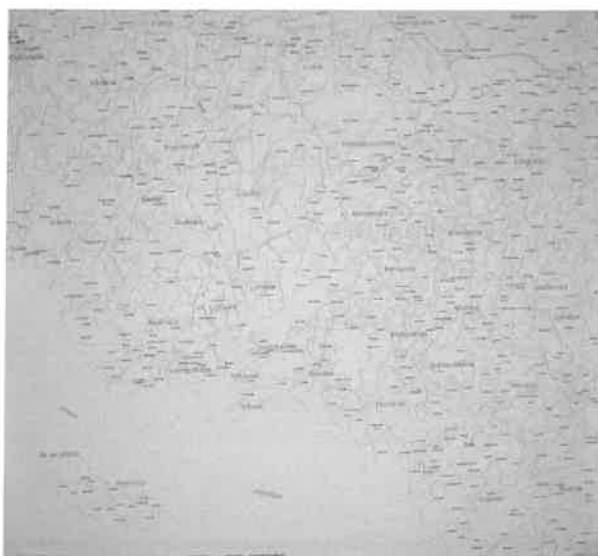
À cet usage, le logiciel EPILOG, émanation du CETE de Nantes, était employé.

Ce produit ancien n'était plus en phase avec les attentes d'aujourd'hui, entre autres avec l'impératif d'ancrer la gestion de l'ADS à l'outil cartographique, dans le cadre d'une relation réciproque.

Le District du Pays de Lorient avait, en outre, acquis les fonds de plan IGN, tels que les BDTOPO, BDCARTO et BDALTI.



Un travail cartographique de grande qualité a pu être réalisé à l'aide du logiciel IPLOT d'Intergraph. Ce logiciel permet par un travail de paramétrage fin, d'obtenir de très belles cartes lisibles (cf. illustrations) et exploitables, ce qui n'est pas le cas du produit IGN utilisé brut de livraison.



Dans les domaines de la cartographie et de la topographie, les services de la Ville et du District du Pays de Lorient ayant acquis une grande maîtrise, on pouvait sans aucune inquiétude, aborder une autre étape, et, c'est à partir de cette histoire et d'objectifs précis et clairs, qu'est donc élaboré, au cours de l'année 1998, un cahier des charges, support d'une consultation ouverte, pour, en fonction des contraintes exprimées, instituer une stratégie géomatique affirmée au District du pays de Lorient, ainsi qu'au sein des communes adhérentes désireuses d'y souscrire.

L'axe fort, en filigrane de notre propos, était sous-tendu par la volonté d'aboutir à un SIG réellement solidaire, c'est-à-dire accessible aisément à tous, par le prisme de méthodes de consultation presse-bouton, le tout allié à une politique de coûts raisonnables.

Cette démarche est bien accueillie d'emblée par les acteurs potentiels.

En résumé, il était souhaité une mise en œuvre pragmatique, réactive, ouverte, transversale avec une mutualisation des coûts et une économie de moyens drastique. Les principales contraintes exprimées étaient les suivantes :

- Dans un souci de pérennité, s'appuyer sur des standards (Windows, Oracle, Microstation en l'occurrence) en évitant les solutions propriétaires,
- Exiger des applicatifs métiers éprouvés,
- Une architecture en réel client serveur,
- L'unicité de la donnée (la gestion de l'ADS et le SIG devant impérativement partager les mêmes fichiers (ou tables) issus de l'importation des données alphanumériques de la DGI
- Proposer des accès via Internet.

À l'issue de l'Appel d'Offres, c'est la solution proposée par Générale d'Infographie qui l'emporte haut la main, en remplissant quasiment toutes les conditions requises, et en étant nettement la moins disante financièrement parlant.

Pour l'occasion, Générale d'Infographie s'est positionnée en intégrateur pour offrir un panel homogène de progiciels en partenariat avec la société TSI de Bordeaux. Cette dernière, a, en effet, développé toute une gamme de produits de gestion urbanistique et patrimoniale, et notamment le produit d'ADS SI-URBA.

Ce produit est distribué par Générale d'Infographie, et est effectivement en parfaite osmose avec la gamme GIRIS, le SIG retenu.

L'installation et les formations sont récentes, mais au-delà des réglages nécessaires pour que tout progiciel s'adapte au contexte local d'emblée, un certain nombre de requêtes et de thématiques associées, impossibles à réaliser auparavant, au vu des microfiches cadastrales, ont été aisément effectuées.

La prochaine étape concerne l'intégration des Plans d'Occupation des Sols dans le système. Par ailleurs les services Eau et Assainissement vont au cours du second trimestre s'équiper des solutions métiers GIRIS EAU et GIRIS ASSAINISSEMENT.

Mais, la vraie novation qui va aussi aboutir très rapidement, c'est évidemment la consultation et l'annotation via Intranet, et ce, aussi bien pour l'aspect SIG que pour les fonctions d'ADS. Générale d'infographie et TSI sont en mesure d'installer les serveurs Intranet dès que nous aurons défini précisément les masques d'interface relatifs aux données que les communes souhaitent consulter.

Dès les premiers jours d'avril un groupe de travail va finaliser les orientations.

1 – Le serveur cartographique Internet/Intranet (partie logicielle uniquement) :

Ce serveur s'adresse à deux types de population utilisatrices.

1-1 Via Intranet, il permet aux communes, ayant délégué tout ou partie de leur instruction des dossiers d'ADS, aux différents services ainsi qu'à tout partenaire autorisé (ex : DDE, Conseil Général...) de consulter les fonds de plans associés aux couches graphiques qui les complètent : zonages POS, servitudes, réseaux et autres informations géoréférencées. Les clients se connectent sur le serveur, n'ayant besoin ni de SIG, ni d'outil CAO/DAO pour visualiser et interroger leurs fonds de plan, qu'ils téléchargent rapidement sur leur poste grâce à un algorithme de compression à la volée très performant dans un format vecteur ; toutes les requêtes graphiques et alphanumériques sont possibles, la liaison entre la base de

données Oracle sur le serveur central et le plan téléchargé en local étant active.

1-2 Via Internet, il permet aux communes ayant participé à la numérisation de leurs fonds de plan gérés par le District, de pouvoir y accéder aisément, sans avoir besoin ni de SIG, ni d'outil CAO/DAO pour visualiser et interroger leurs fonds de plans associés aux couches graphiques qui les complètent et aux données alphanumériques qui les renseignent.

Les "clients" se connectent sur le serveur, et, après avoir téléchargé leurs "plans intelligents" (plans renseignés), ils peuvent se déconnecter du réseau Internet et consulter, interroger, annoter (fonction "redlining"), et même exécuter des thématiques préenregistrées sur les plans, qui ne peuvent être ni copiés ni exportés, mais qui restent actifs, tant que le client ne ferme pas le fichier et/ou n'éteint pas son ordinateur ; les annotations graphiques et alphanumériques pouvant être envoyées automatiquement au serveur à des fins de mise à jour.

2 – Le serveur Si-urbanisme Intranet (partie logicielle)

À la base, c'est un serveur sur lequel est installé le progiciel SI-Urbanisme, permettant à un applicatif (Si-Urbanisme consultation) résidant sur les postes clients dans les communes, de saisir localement les informations nécessaires pour l'ouverture d'un dossier d'ADS déposé par le pétitionnaire, et de délivrer un récépissé provisoire ou définitif. L'instruction est ensuite prise en charge par les techniciens spécialisés.

Le produit permet aussi d'interroger le serveur pour connaître l'état d'avancement d'un dossier et renseigner le pétitionnaire.

Le "client" peut utiliser simultanément l'applicatif Si-urbanisme consultation lié interactivement à la cartographie communale résidant sur son poste et qu'il a téléchargée à partir du serveur cartographique Intranet.

Ces outils de navigation Internet/Intranet offrent des fonctions accessibles à tous, et représentent une avancée essentielle dans la mise à disposition d'une information pertinente et actualisée aux élus, aux techniciens et bientôt au public.

Ils contribuent à une capacité accrue à informer les citoyens dont l'aptitude à faire valoir leurs droits dépend pour une large part de leur accès à l'information sur le territoire.

REPertoire DES ANNONCEURS - N° 79

CARL ZEISS	2° couv.
SETAM	3° couv.
TOPO CENTER	4° couv.

AERIAL	49
AEROSCAN	76
ECOLE CHEZ SOI	20
EUROBORNES	24
FEYNOT	75
GEO 2000	26
GEOMEDIA	8
HEWLETT PACKARD	72
i2G	69

JS INFO	(encart)
LEICA	2
LE PONT EQUIPEMENT	(encart)
MICROPLAN	76
NEWBY	59
NIKON	4
PC VISION	84
PENTAX	25
REIS	59
SPECTRA PRECISION	1
STÖLZEL	59
SUZUKI	59
TOPCON	70
TRIMBLE	6

ION GPS-98, c'est la troisième fois qu'on entreprend de rendre compte de cette réunion annuelle au cours de laquelle les chercheurs de tous les pays présentent leurs tra-

**la onzième réunion
technique internationale
de la division des
satellites de
l'institut de
navigation**



**nashville
tenessee
septembre
1998**

Claude Million

vaux. Ce n'est certes pas, et de loin, la seule réunion annuelle de cette nature, mais c'est certainement la plus complète, en ce sens que les auteurs n'hésitent pas, lorsqu'ils ont déjà fait connaître leurs travaux ailleurs, à renouveler leur contribution au cours de la réunion internationale de l'Institut de Navigation (ION).

La réunion se déroulant sur trois jours, et compte tenu de la quantité des communications présentées, plusieurs conférences se tiennent simultanément, en sorte qu'il n'est pas possible d'assister à toutes. Même en se spécialisant, il est souvent impossible de suivre complètement un thème particulier. Malgré tous les moyens de diffusion modernes employés, notamment un compte rendu journalier des conférences sur l'Internet, il est préférable d'attendre la publication des Comptes Rendus pour être certains d'avoir la totalité des communications et pour faire un choix judicieux parmi ceux qui sont les plus intéressants.

Ce choix comporte une part d'arbitraire, car il est assez difficile de dire si une avancée dans un domaine particulier ne sera pas exploitée dans un autre, c'est le cas de GPS lui-même qui d'un outil militaire d'avant garde est devenu un puissant moyen surtout utilisé par les civils.

GÉNÉRALITÉS

La séance d'ouverture des conférences évoque les principaux problèmes et les principales avancées du moment. En 1998 il a surtout été question de la préparation du projet de loi de programmation de la modernisation de GPS, en d'autres termes de la large ouverture du système aux usages civils, dont on a rendu compte, dans le dernier numéro, dans un trop bref communiqué, qui a pu passer inaperçu.

La conférence inaugurale s'est largement fait l'écho des débats qui agitaient les milieux scientifiques dans la période de préparation de cette annonce.

Rappelons les principaux points :

- Dédoublage dès 2003 des principales longueurs d'onde utilisées par GPS permettant aux civils d'avoir deux longueurs d'onde disponibles, ce qui ne change pas grand chose dans notre cas, où la seconde longueur d'onde est déjà largement exploitée pour corriger la réfraction ionosphérique, mais rendrait accessible le code P sur la longueur d'onde L1.
- Création vers 2005 d'une troisième fréquence pour permettre la fixation facile des ambi-

guités entières en temps presque réel. Cette dernière longueur d'onde étant assez proche de la seconde longueur d'onde L2 pour donner, en les associant, une longueur d'onde résultante de l'ordre de 6 à 10 mètres, pour laquelle la fixation des ambiguïtés entières est plus facile et surtout plus sûre. Les applications professionnelles pourraient être de rendre les opérations en temps presque réel telles que les implantations, ou la direction des engins, plus faciles à des prix très abordables.

En fait, toutes ces adaptations visent, au premier chef, à permettre l'amélioration de la navigation aérienne et surtout des aides à l'atterrissage, tout le reste n'étant encore que des supputations, même si elles sont solidement fondées.

La conférence inaugurale s'est largement fait l'écho des préoccupations concernant les systèmes baptisés L AAS et WAAS qui désignent des moyens de réception, de traitement, et de transmission des données reçues à un point de base éloigné (WAAS) ou local (LAAS). Dans le premier cas on transmet les mesures brutes faites, et le récepteur lointain doit les exploiter, alors que dans le second on transmet des corrections calculées à la posi-

tion connue du point de base afin de les appliquer telles quelles aux positions calculées au point de réception. Il existe, en France, quelques aides à la navigation fluviale et maritime de ce type, et les initiatives se multiplient.

SESSION A1

TOPOGRAPHIE ET GÉODÉSIE

Un réseau de diffusion des corrections différentielles pour les applications géodésiques. *Par Sven Martin, et Cord-Hinrich Jahn.*

Certains services Allemands de géodésie ont installé de multiples stations sur le territoire de la Région de Basse-Saxe émettant des corrections différentielles sur la bande VHF. Le principal problème est que la précision résultante dépend de la distance du récepteur à la station qui émet; la solution proposée est de relier plusieurs stations émettrices en réseau et de calculer le jeu des paramètres de correction en tenant compte de toutes les réceptions dans toutes les stations fixes liées entre elles. La précision obtenue est de l'ordre du centimètre pour le récepteur mobile, le temps de fixation des ambiguïtés entières étant de l'ordre de 100 secondes pour neuf satellites reçus, elle s'accroît lorsque ce nombre diminue pour atteindre 400 secondes pour six satellites reçus.

*

Des stations de références virtuelles pour les Pays-Bas. *Par H. Van der Marel.*

Le sujet est le même que le précédent avec des développements mathématiques plus consistants. Cinq stations « locales », réparties sur le territoire de Pays-bas sont liées en réseau à un Centre de Calcul, mais les données expédiées aux récepteurs sont virtuelles en ce sens qu'elles sont adaptées à sa position, elles simulent les mesures d'une station fixe très proche de la station mobile. De la sorte les retards atmosphériques reçus sont ceux qui auraient été obtenus par interpolation entre les différentes stations, en fait tous les calculs compliqués sont faits en une seule fois dans le Centre de Calcul, y compris, si besoin est, les calculs des orbites réelles des satellites. La précision est de un centimètre en planimétrie et de 1,4 cm en altimétrie.

*

Le suivi des mouvements du barrage de Pacoima en Californie en utilisant GPS en continu. *Par J. A Behr, K; W Hudnut et N. E King.*

L'étude a montré que la détermination quotidienne ou multi-quotidienne des mouvements du barrage était gênée par des systématismes. Les auteurs se proposent de les réduire. Le but poursuivi est d'atteindre une précision quotidienne de l'ordre de 4 à 6 mm.

Sur une période de trois ans la clef du barrage montre un mouvement annuel cyclique de 17 ± 2 mm. Les auteurs ont réussi à démêler les mouvements dus à la montée des eaux derrière le barrage de ceux dus aux variations de température.

*

La modélisation des effets de la réfraction ionosphérique dans un Réseau de Corrections Différentielles Régionales. *Par Y Gao et Z. Li.*

On se retrouve à nouveau dans le cas d'un Réseau Régional de Diffusion des corrections différentielles. Il s'agit

de modéliser les effets de la réfraction ionosphérique sur une région, et de créer un algorithme d'interpolation permettant de calculer ces corrections en tous lieux d'une région aussi grande que la Colombie Britannique. Cette démarche vise à combler le manque des méthodes que les auteurs estiment exister entre le WAAS et le LAAS.

Les auteurs montrent les résultats des prévisions faites par l'algorithme proposé en des lieux où la correction ionosphérique est bien mesurée, et que les erreurs commises ne sont que de quelques centimètres sur la distance géométrique.

*

Le suivi par GPS des mouvements verticaux du sol en Grande Bretagne. *Par V. Ashkenazi, R. Bingley; A. Dodson, N. Penna, et T. Baker.*

Il s'agit de suivre un hypothétique exhaussement du niveau global des mers dont l'origine serait le réchauffement général de l'atmosphère. Les constatations sur le dernier siècle amènent à des estimations d'un relèvement global du niveau de la mer de 10 à 20 cm ce qui porterait à prévoir un relèvement de 40 à 60 cm en 2100. La plupart de ces conclusions sont tirées de mesures faites en des stations de marémétrie. La variation serait de 1 mm par an pendant 30 ans de données. Cependant il est impossible de distinguer un « vrai » relèvement du niveau de la mer d'un enfoncement du sol au site du médimarémètre.

Au voisinage de tous les marémètres en service en Grande-Bretagne, soit environ 18 sites, on a installé une station de réception GPS qu'on aurait voulu fixe et permanente, mais qui ne pourra le devenir que dans l'avenir. Ces stations sont rattachées au repère du marémètre qu'elle desservent par un nivellement direct de haute précision. Leurs observations sont faites en même temps qu'à la station fondamentale de la Grande-Bretagne de Hertzmonceux, elle-même reliée au réseau Européen Général pour s'assurer de sa propre stabilité. La liaison entre les stations GPS proches des marégraphes et la station fondamentale est destinée à mettre en évidence les mouvements du sol. Les observations qui se sont déroulées de 1991 à 1997 n'ont pas encore permis de mettre en évidence des tendances bien nettes, mais au contraire les résultats sont assez contradictoires. Quoi qu'il en soit les résultats préliminaires montrent très clairement qu'il est très avantageux du point de vue de la précision de disposer de stations permanentes et non d'un épisodique stationnement. Sur la station de base la précision en altimétrie pour s'assurer de sa stabilité est de l'ordre de $\pm 1,6$ mm avec une légère tendance à l'exhaussement, et la précision est de $\pm 2,7$ à $3,7$ mm pour les stations courantes.

SESSION D1

TECHNIQUES DES SYSTÈMES DE RÉCEPTIONS : NOUVELLES ARCHITECTURES ET STRATÉGIES DE TRAITEMENT

Un système global de localisation par le temps local (Zulu Time). *Par A. Murakami*

Notre attention a été attirée par l'étrangeté de ce système de navigation qu'on ne développera pas mais qu'on ne saurait ignorer.

SESSION A2 LOCALISATION CINÉMATIQUE ET RÉOLUTION DES AMBIGUITÉS

Une entreprise visant à se libérer des considérations liées à la géométrie pour l'estimation des ambiguïtés. Par N.F. Jonkman.

La détermination des ambiguïtés est traditionnellement liée à la géométrie des satellites en ce sens que dans les calculs de doubles-différences on détermine simultanément les positions du récepteur et les ambiguïtés des porteuses.

Il existe une autre voie bien connue, c'est de déterminer les ambiguïtés sans faire intervenir les positions des satellites, c'est-à-dire en utilisant seulement les mesures de phases et de pseudo-distances.

L'auteur donne un modèle mathématique très simple de détermination simultanée des ambiguïtés par doubles différences sur les deux longueurs d'onde L1 et L2 et un modèle stochastique.

La résolution se fait en deux temps :

D'abord le calcul d'une solution non-entière des ambiguïtés en résolvant le modèle mathématique en doubles différences.

Puis la recherche des meilleures solutions entières autour de la solution non-entière brutale des moindres carrés. Généralement l'ellipse de confiance est très aplatie et l'auteur propose d'utiliser la méthode LAMBDA assez bien connue pour lui donner une forme quasi-circulaire par dé-corrélation, et réduire ainsi le volume de recherche.

L'auteur montre que ce procédé est très performant lorsqu'il est possible de négliger les effets de l'ionosphère, soit qu'ils aient pu être corrigés préalablement, soit que le vecteur mesuré soit suffisamment court.

*

Analyse de la technique de résolution des ambiguïtés sur trois porteuses pour la radiolocalisation de précision en GNSS2. Par U. Vollath, S. Birnbach, H. Landau, J.M. Fraile-Ordoñez, M. Martin-Niera.

Les auteurs envisagent que les signaux de GNSS2 seront les suivants :

- E1** 1 589,742 MHz
soit une longueur d'onde de 0,189 m.
- E2** 1 561,098 MHz
soit une longueur d'onde de 0,192 m.
- E4** 1 256,244 MHz
soit une longueur d'onde de 0,239 m.

La structure du signal envisagée permet d'utiliser les combinaisons suivantes :

Une « grande large-voie » E1-E2 avec une longueur d'onde résultante de 10,47 m.

Deux « larges-voies » de E1-E4 soit 0,899 m et de E2-E4 soit 0,983 m. On a les deux relations de base :

Pour le code :

$$p_i = R + T + I \cdot \frac{\lambda_1^2}{\lambda_i^2} + \Delta\tau \cdot c + v \cdot p_i$$

Pour la porteuse :

$$(\varphi_i + N_i) \cdot \lambda_i = R + T - I \cdot \frac{\lambda_1^2}{\lambda_i^2} + \Delta\tau \cdot c + v \cdot \varphi_i \cdot \lambda_i$$

R étant la distance géométrique, T le retard troposphérique, et I l'effet dispersif de l'ionosphère, ρ est la pseudo-distance et φ la phase mesurées.

Le premier calcul tient naturellement compte de la « grande large voie » : $\varphi_{1-2} = \varphi_1 - \varphi_2$

Cette combinaison a une longueur d'onde de 10,47 m ce qui permet de déterminer aisément l'ambiguïté par le code :

$$N_{1-2} = \frac{\rho_1}{\lambda_{1-2}} - (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Seconde étape on utilise la large voie E1-E4, ou l'autre : $\varphi_{14} = \varphi_1 - \varphi_4$

Ce qui donne compte tenu de ce qui précède, à savoir la détermination de l'ambiguïté entière N_{12} :

$$N_{14} = (\varphi_1 - \varphi_2 + N_{12}) \cdot \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{14}} - (\varphi_1 - \varphi_4)$$

Troisième étape on revient aux fréquences originales, n'importe laquelle au demeurant soit i celle qu'on aura choisie :

$$N_i = (\varphi_1 - \varphi_4 + N_{14}) \cdot \frac{\lambda_{14}}{\lambda_i} - \varphi_i$$

On a développé ce point qui montre comment on profite de la troisième fréquence.

SESSION D3 CONSTRUCTION, AGRICULTURE, MINES ET GÉNIE CIVIL

Le suivi des ossatures de Génie Civil par GPS.

Par M. Celeb, K. Hudnut, J. Behr, S. Wilson.

La mesure directe des déplacements relatifs afin de vérifier les contraintes et les déformations dans les ossatures est toujours difficile. Les accéléromètres sont les instruments les plus communément utilisés afin de suivre les effets du vent et des séismes sur les structures. Toutefois l'utilisation de ces capteurs impose une double intégration pour passer des accélérations aux déplacements. Dans la majorité des cas ce processus ne peut pas être conduit en temps réel, ou presque réel, en raison des nombreux filtres imposés au traitement du signal. Les choix de ces filtres peuvent introduire des erreurs sur le calcul de la réponse de la structure à la sollicitation.

Toutefois, les plus récentes avancées de GPS dans ce domaine technique permettent des cadences de réception et de traitement fiables de 10 mesures par seconde, pouvant s'appliquer à des structures à période longue telles que les ponts suspendus et les bâtiments très élevés. On peut considérer que des précisions de 1 cm dans le plan horizontal et de 2 cm dans le plan vertical sont aisément accessibles. La plupart des bâtiments élevés (entre 20 et 40 étages ou plus) sont construits en ossatures d'acier dont la période fondamentale peut être estimée empiriquement par la formule $T = 0,1 \cdot N$ où N est le nombre d'étages du bâtiment. Les fréquences les plus courantes sont de 20 à 40 fois la fréquence de Nyquist d'échantillonnage.

Les essais présentés portent sur des porte-à-faux dans un bâtiment de 44 étages et montrent que la précision obtenue par GPS est largement suffisante, certains déplacements mesurés dépassent d'ailleurs 1,00 mètre. Les fréquences propres des ouvrages ont été déterminées avec précision. Un logiciel d'alerte a été établi pour trois différents seuils de déplacement de l'ouvrage.

SESSION D5
GPS/GLONASS – GNSS
INTÉGRATIONS RÉCIPROQUES ET PERFORMANCES
ÉTUDES SCIENTIFIQUES

Les paramètres de passage entre WGS 84 et PZ 90 déterminés par des mesures- laser d'orbites et des éphémérides à long terme de GLONASS.

Par V.V. Mithrikas, S.G. Revniviyhk, E.V. Bykhanov.

Les auteurs proposent deux formules de transformation. La première est une transformation moyenne entre les orbites améliorées de GLONASS – PZ 90 et les mêmes orbites en ITRF 94 :

$$\begin{matrix} x & -0,47 & 1 & -1,728.10^{-6} & -0,017.10^{-6} & u \\ y & -0,51 & + (1 + 22.10^{-9}).1,728.10^{-6} & 1 & 0,076.10^{-6} & v \\ z_{WGS84} & -1,56 & 0,017.10^{-6} & -0,076.10^{-6} & 1 & w_{PZ\ 90} \end{matrix}$$

La seconde est une transformation du référentiel de GLONASS à partir des mesures. Les précisions obtenues sur les prévisions des orbites sont de l'ordre de 20 à 30 cm.

Les paramètres de translation varient de 5 à 7 cm en X et Y, les paramètres de rotations et la translation en Z sont sujets à des variations périodiques de 2 à 3.

*

Les essais internationaux de GLONASS (IGEX 98).

Par J. A Slatter, P. Willis, W. Gurtner, C. Noll, G. Beutler, G. Hein, R. E Neilan.

Cette communication présente l'état actuel des campagnes d'observations scientifiques de GLONASS appelées IGEX 98 réalisées dans un effort auquel sont associées : l'Association Internationale de Géodésie, l'IGS, l'Institut de Navigation ION organisateur de la réunion dont on rend compte, et le Service International de Rotation de la Terre (IERS).

Les demandes de participations ont recueilli les réponses de 62 organisations, dans un avenir qu'on espère proche 77 stations réparties dans le monde pourront suivre la constellation GLONASS avec les objectifs affichés suivants :

Être distribuées uniformément.

Les récepteurs seront implantés en colocation entre GPS et GLONASS.

Les stations de poursuite seront matérialisées, et repérées.

Les participants auront des normes communes pour faire leurs observations et leurs analyses.

Les observations auront lieu sur une longue période de temps.

En fait, IGEX fera pour GLONASS ce que l'IGS fait depuis longtemps pour GPS. Pour la plus grande part les participants sont d'ailleurs les mêmes. Ils pourront ainsi assurer la tâche de colocation en utilisant des récepteurs pouvant recevoir à la fois des émissions des satellites de l'une ou l'autre des constellations, de préférence au même instant.

Comme pour l'IGS les orbites précises calculées seront mises à la disposition du public par des moyens qui

sont souvent les mêmes. Pour la France, c'est le site habituel du LAREG qui sera utilisé pour la diffusion des résultats.

Au 10 septembre 1998 seulement 4 stations étaient opérationnelles, 23 installées, 24 réceptionnées, 4 financées, et 19 étaient encore en projet.

*

Le satellite Européen de navigation Artemis : Une amélioration du programme EGNOS.

Par S. Badessi, C.F. Gariga, J. Ventura-Traveset, J.-M. Pieplu

C'est le début du programme Européen destiné à compléter les constellation GPS et GLONASS. En fait c'est une plate-forme supplémentaire implantée sur les satellites INMARSAT. Ces satellites seront lancés en 1999.

La partie embarquée au titre d'Artemis comportera quatre éléments dont un qui nous intéresse, celui de navigation. C'est un émetteur sur la fréquence L1 qui pourra être dédié à la navigation. Il pourra recevoir à 13,875 Ghz un signal descendant des stations de base et retournera un signal GPS sur L1 sur une largeur de 4 MHz. Les limites de sa trajectoire seront de 60°W en longitude à 60°E, donc une largeur de 120°, et 75° en latitude.

L'utilisation prévue vise essentiellement la navigation aérienne, toutefois n'oublions pas que GPS était un système exclusivement militaire. Finalement les récepteurs GPS pourront recevoir ses émissions.

*

Les satellites GPS IIR vont rejoindre la constellation.

Par K. Kiser et S. H Vaughan.

Les satellites GPS IIR représentent une nouvelle génération de satellites. Ils sont prévus pour une durée de vie de 7 années et demi.

Ils incluent pour la première fois des processeurs doubles (un en fonctionnement pendant que l'autre fait le suivi du travail du premier) reprogrammables en orbite, ce qui permettra de s'adapter aux modifications de conception du système et de parer aux anomalies de fonctionnement. L'horloge a été améliorée pour donner une plus grande précision et une plus grande stabilité, ce seront trois horloges au Rubidium d'une durée de vie de dix ans pouvant se remplacer l'une l'autre.

Des progrès seront, aussi, réalisés au lancement. Les satellites seront lancés par six et pourront rejoindre des orbites différentes à n'importe quel moment de l'année sans problèmes de stabilité. Les satellites disposeront de nouveaux moyens de se stabiliser et de s'orienter selon les trois axes. L'utilisation de l'énergie du satellite est commandée par un logiciel ce qui permettra de faire des économies, et de faire face à des éventualités sans faire intervenir les stations au sol.

*

ION-GPS' 99 aura lieu du 14 au 17 septembre 1999, encore à Nashville au Convention Center, les appels à communications ont déjà été lancés.

Faisant suite aux conférences du Colloque d'Egletons en 1997, Pierre DUBREUIL de la société D et PS (Driving & Positioning Systems) a présenté et commenté,



systèmes de guidage localisation

installés sur
des engins
de T.P.

Synthèse par A. Bailly

dans le cadre d'une mini-conférence au dernier Colloque AFT de CACHAN, un audiovisuel présentant une série d'applications sur chantiers du système de localisation-guidage développé en France par D et PS en partenariat avec LEICA France.

Ce système consiste en un capteur topographique (tachéomètre vidéo ou GPS RTK) associé à un récepteur embarqué sur des engins de chantier à guider, comportant un logiciel dans lequel est introduit le projet.

DIFFÉRENTES APPLICATIONS

Guidage d'opérateur topographique

Un opérateur se déplace avec un récepteur portant un petit écran sur lequel il lit sa position en x, y, z, au cm. L'opérateur peut en outre matérialiser et enregistrer ainsi un tracé linéaire, qui sera ensuite introduit dans le logiciel de l'engin chargé de réaliser la tâche. Cette dernière application a été utilisée pour la pose de glissières en bordure d'une route existante.

Guidage d'autograde

Application à la réalisation, en pleine largeur, d'une couche de forme en sable, avec un profil en toit et dévers variables. Les deux lames de l'engin et la conduite étaient asservies, le rôle du conducteur se bornant à régler la vitesse d'avancement et à s'assurer que tout se passe bien.

Guidage d'un engin de fonçage de drains verticaux

L'engin n'étant pas asservi, le système donne, sur le tableau de bord, la position de l'outil de forage en x, y, z. La profondeur imposée atteinte, il suffit au conducteur d'appuyer sur un bouton pour enregistrer ces données, et établir ainsi le document de récollement, sans intervention ultérieure d'un topographe.



Système DPS Drainage D&P Systems
Capteur : TCA 1100 Leica – Mai 1998



Système DPS Autograde D&P Systems
Capteur : TCA 1800 Leica – Juin 1998

Guidage d'un finisseur

Le système fonctionnait en asservissement de lame, le conducteur gardant la direction de l'engin.



Système DPS Finisseur D&P Systems
Capteur : TCA 1800 Leica – Avril 1998

Guidage d'une niveleuse

Utilisation d'un capteur TCA 1500 de LEICA.



Système DPS Niveleuse D&P Systems
Capteur : TCA 1500 Leica – Août 1998

INFORMATION SUR LES COÛTS

Le coût d'un théodolite vidéo-asservi est trois fois moins élevé que celui d'une paire de récepteurs GPS (balise fixe et balise mobile).

À noter qu'en Allemagne et en Suède le GPS n'est employé que dans 15 à 20 % des cas de guidage.

L'avantage des tachéomètres est de faire l'auto-contrôle en visant un repère éloigné du chantier pour vérifier sa position.

CONCLUSION

Le système GPS se développe peu en France car les responsables de chantier doivent amortir ce genre d'équipement sur leur chantier et la précision en Z d'un capteur GPS est inapplicable pour les autogrades et finisseur. Il est mieux adapté pour les engins de terrassement du type Bouteur ou décapeuse. Une balise GPS fixe peut desservir plusieurs engins.

N.B. : Ces travaux ont fait également l'objet d'une présentation dans le cadre du club localisation-guidage de l'IREX animé par Philippe OBLIN.

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

Une éclipse totale de Soleil sera observable depuis le nord de la France le 11 août prochain.

à propos de l'éclipse de soleil du 11 août 1999

Le point de vue du professionnel par
Suzanne DEBARBAT - Observatoire de Paris

Le point de vue de l'amateur par
Robert VINCENT - A.F.T.

Il n'est pas trop tôt pour prendre conscience du caractère exceptionnel du phénomène et des précautions qu'il faudra prendre pour l'observer, soit en éclipse partielle, soit en éclipse totale comme ce sera le cas pour ceux qui se trouveront ou qui auront la possibilité de se déplacer pour se rendre dans la zone de totalité (si le ciel est dégagé ce jour-là au moins pendant la durée de l'éclipse totale).

LE POINT DE VUE DU PROFESSIONNEL

Une éclipse de Soleil se produit lorsque la Lune vient se placer entre le Soleil et la Terre. Elle peut être partielle (le Soleil est alors en partie visible), annulaire (le pourtour du Soleil est seul visible) ou totale (le disque lunaire occulte complètement celui du Soleil). Ces deux dernières circonstances tiennent au fait que le Soleil et la Lune sont vus depuis la Terre sensiblement sous un même angle apparent, de l'ordre d'un demi-degré, mais variable suivant l'éloignement des deux astres.

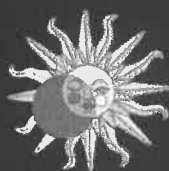
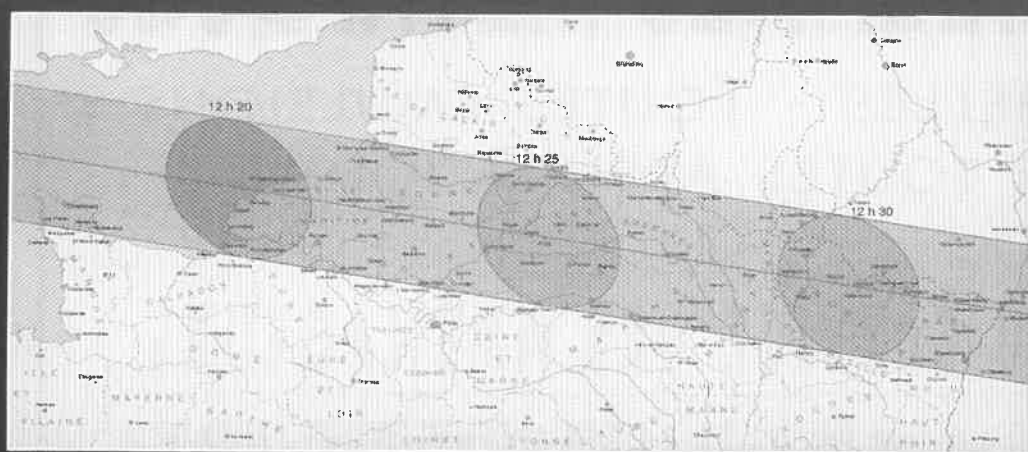
Quelques éclipses de l'époque historique

Grâce aux études menées au siècle dernier, par Th. Oppolzer on dispose de deux volumes portant sur les éclipses de Soleil de la période - 1 207 à + 2 161. Il y a un volume de texte et un volume (Iconographie zum Canon der Sonnenfinsternisse, Wien, 1887) de superbes cartes extrêmement faciles à consulter. On y relève, par exemple, qu'au Moyen-Orient, autour des débuts du premier millénaire, quelques éclipses totales s'y trouvaient observables : en - 9 le 30 juin, en 29 le 24 novembre, en 59 le 30 avril, en 83 le 27 décembre.

Si l'on regarde autour de l'an 1000, on note une éclipse totale de Soleil le 22 décembre de l'an 968 visible depuis la France. Elle faisait suite à une éclipse totale, le 10 juillet 967, et précédait celle du 20 août 993, ces deux dernières visibles depuis le Moyen-Orient. Parmi celles bien visibles dans cette région du globe après l'an 1000, on trouve celle du 20 juin 1061 et celle du 16 février 1086. On remarque qu'une éclipse totale a été visible, depuis la Grande-Bretagne, le 24 janvier 1023.

LES ÉCLIPSES TOTALES VISIBLES EN FRANCE AUTOUR DE L'AN 2000

L'éclipse totale de Soleil, visible depuis la France, qui a précédé celle de 1999 s'est produite le 15 février 1961 ; observée comme éclipse partielle à Paris, elle était totale pour le sud de notre pays. La prochaine, observable comme totale – au troisième millénaire – et seulement depuis la partie la plus nord de



ECLIPSE 1999

L'ÉCLIPSE DU 11 AOÛT 1999

*Cette éclipse de Soleil sera visible de toute la France
et sera totale dans la bande grisée
figurée sur la carte ci-dessus.*

Société Astronomique de France

Cellule Éclipse 99 : 01 42 15 19 99

Site WEB : <http://www.iap.fr/saf>



*Trajectoire de l'éclipse totale
(en heure d'été).*

l'Espagne, se produira le 12 août 2026. L'observation de l'éclipse de 1999 est donc un phénomène à ne pas manquer, qu'on l'observe comme éclipse partielle ou comme éclipse totale. Mais pour profiter pleinement de la vision offerte à cette occasion, il faudra prendre un certain nombre de précautions et il n'est pas trop tôt pour s'assurer que l'on dispose de l'équipement adéquat.

Pour l'Europe, et selon les calculs effectués à l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides (créé en 1998) qui, sur le campus de l'Observatoire de Paris (créé en 1667), les établit sous l'égide du Bureau des longitudes (créé en 1795), la zone de totalité s'étendra de l'extrême pointe ouest de la Grande-Bretagne à la Turquie, en passant par le nord de la France, le sud de l'Allemagne, l'Autriche, la Hongrie, la Roumanie, le nord de la Bulgarie. Pour la France, la zone de totalité couvrira des villes importantes comme Cherbourg, Le Havre, Rouen, Beauvais, Amiens, Laon, Reims et Metz, tandis que plus au bord de la zone se trouvent au sud Deauville, Elbeuf, Chantilly, Châlons-en-Champagne, Nancy et Strasbourg, et au nord Abbeville, Charleville,...

Les précautions à prendre

La Société Astronomique de France a établi différents documents incluant des mises en garde en vue de l'observation de cette éclipse qui, devant se produire en plein milieu du jour, devrait être particulièrement spectaculaire. Les conseils donnés ci-après sont extraits d'une plaquette en couleur donnant la carte (format de deux A4) de la zone de totalité pour le nord de la France.

Le même document reproduit une carte réduite de la France avec les différentes zones de visibilité, jusqu'à Perpignan. Il y figure aussi des renseignements sur la couronne solaire (visible lors des éclipses totales), sur le Soleil, la Lune et la Terre (les acteurs du phénomène) et des règles en vue de l'observation.

Les indications qui suivent sont extraites de ce document. ***Durant les phases partielles d'une éclipse, il ne faut à aucun moment tenter de regarder le Soleil sans protéger ses yeux : même s'il est en partie caché, sa luminosité représente un grave danger pour la rétine et le risque est de devenir aveugle. Ce danger est important car la brûlure de la rétine ne s'accompagne d'aucune douleur et les cellules détruites ne se régénèrent jamais.***

La Société Astronomique de France (SAF), créée à la fin du XIX^e siècle par Camille Flammarion, conseille d'utiliser des filtres qui seront réalisés spécialement pour l'éclipse du 11 août 1999. Se renseigner auprès de son Secrétariat, 3 rue Beethoven, 75016 Paris (Tél. 01 42 24 13 74), de sa "Cellule Éclipse 99" (01 42 15 19 99), de son site WEB (<http://www.iap.fr/saf/>) ou par e-mail (saf@calva.net). C'est également à cette adresse que l'on peut acquérir les documents détaillés que cette Société a édités en vue de l'éclipse.

Autres informations

La Société Astronomique de France a aussi introduit, pour les observateurs, d'autres éléments dans les documents qu'elle édite régulièrement. C'est ainsi que son fascicule "Le Ciel de 1999", et outre des indications sur les conditions de l'éclipse, donne une carte des étoiles et des planètes qui seront visibles pendant la totalité. Le même fascicule précise, dans un classement par longi-

tude décroissante de l'ouest vers l'est, donc à mesure que le phénomène progresse sur le territoire de la France, les conditions locales de l'éclipse pour la zone de totalité. Un autre tableau fournit des données pour les villes (en ordre alphabétique) d'où il sera possible d'observer l'éclipse partielle.

Dans ses "Éphémérides astronomiques" de l'année 1999 (numéro hors série), la Société Astronomique de France a donné une large place (20 pages au format A4) à l'éclipse du 11 août 1999 avec une carte générale du phénomène, des informations sur les villes de la zone de totalité, et aussi (idée intéressante) la série des éclipses dans laquelle elle s'insère, le rappel des éclipses totales et annulaires observables en France de 1820 à 2142,...

Tous ces produits, en vente à la Société Astronomique de France ainsi que d'autres, devraient permettre à tous, selon sa position géographique, de déterminer les meilleures conditions de l'observation de la dernière éclipse totale du siècle, puisqu'en 2000 (dernière année du XX^e siècle et du deuxième millénaire), il ne se produira, selon l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides, que des éclipses partielles dont aucune n'est visible depuis la France.

LE POINT DE VUE DE L'AMATEUR

Une **éclipse totale de Soleil** sera observable depuis le nord de la France le 11 août 1999. Il est temps de prendre conscience du **caractère exceptionnel du phénomène, tellement rare qu'en un point du globe, un homme n'est pas sûr d'en être le témoin au moins une fois dans sa vie**. De plus, cette éclipse totale, qui durera plus de 2 minutes dans la zone centrale, se produira peu avant le milieu d'un long jour d'été. C'est dire que le soleil sera très haut dans le ciel et que pour ceux qui se trouveront dans la zone de totalité (si le ciel est dégagé ce jour-là) le contraste brutal entre le jour et la nuit n'en sera que plus saisissant.

Pour ceux qui ne se trouveront pas dans la zone de totalité mais qui auront la possibilité de se déplacer pour s'y rendre pendant ce mercredi 11 du mois d'août, en pleine saison de vacances, il n'est pas douteux que le spectacle "vaudra le voyage".

En éclipse partielle, comme à Paris par exemple qui ne se trouvera qu'à 50 km au sud de la zone de totalité et où le disque solaire sera pourtant caché à plus de 99 %, le phénomène sera beaucoup moins frappant. et la nuit sera loin d'être totale. Pour jouir pleinement du spectacle, les parisiens devront prendre une des routes au nord de la capitale pour être dès avant midi (heure d'été), en place vers Beauvais, Compiègne, Soissons ou Reims. Un site privilégié pourrait être le haut des falaises d'Étretat, où la vue de l'arrivée de la nuit totale sur la mer à 2800 km à l'heure ne manquera sûrement pas d'être sensationnelle.

Des précautions sont à prendre pour observer le phénomène. Des films photographiques voilés, d'un noir intense en double ou triple épaisseur, est une protection minimale. Ne jamais fixer le soleil à l'œil nu et encore moins avec un de ces instruments muni d'une lunette cher aux topographes : vous y perdriez un œil.

ÉCLIPSE TOTALE

Lieu	Longitude ° ' "	Latitude nord ° ' "	Début de l'éclipse partielle h m s	Maximum de l'éclipse h m s	Fin de l'éclipse partielle h m s	Durée de la totalité m s
Cherbourg	+1 37 24	49 38 35	9 00 13	10 17 01	11 38 15	1 36
Le Havre	-0 06 29	49 29 16	9 02 01	10 19 33	11 41 12	1 30
Fécamp	-0 22 30	49 43 30	9 02 33	10 20 02	11 41 33	2 08
Rouen	-1 05 41	49 26 29	9 03 07	10 21 02	11 42 53	1 40
Dieppe	-1 04 43	49 55 39	9 03 31	10 21 09	11 42 39	2 00
Abbeville	-1 49 56	50 07 05	9 04 33	10 22 34	11 43 48	0 56
Beauvais	-2 04 55	49 26 00	9 04 17	10 22 34	11 44 33	1 56
Amiens	-2 18 10	49 53 43	9 04 55	10 23 01	11 44 41	1 50
Creil	-2 29 00	49 16 00	9 04 39	10 23 09	11 45 18	1 31
Compiègne	-2 49 41	49 25 03	9 05 11	10 23 44	11 45 49	2 04
Noyon	-3 00 00	49 35 00	9 05 00	10 24 02	11 46 01	2 11
Saint-Quentin	-3 17 27	49 50 55	9 06 05	10 24 32	11 46 21	1 40
Soissons	-3 19 32	49 22 53	9 05 46	10 24 30	11 46 40	2 06
Château-Thierry	-3 23 54	49 02 46	9 05 37	10 24 34	11 46 58	0 28
Laon	-3 37 33	49 33 54	9 06 17	10 25 01	11 47 04	2 11
Épernay	-3 57 01	49 02 52	9 06 18	10 25 27	11 47 55	1 11
Reims	-4 02 03	49 15 15	9 06 34	10 25 37	11 47 56	2 01
Hirson	-4 04 30	49 55 30	9 07 07	10 25 46	11 47 35	0 30
Châlons-sur-Marne	-4 21 32	48 57 22	9 06 46	10 26 06	11 48 40	0 47
Vouziers	-4 42 20	49 23 53	9 07 31	10 26 42	11 48 58	2 13
Mézères	-4 43 00	49 45 43	9 07 48	10 26 45	11 48 45	1 21
Sedan	-4 56 54	49 42 06	9 08 03	10 27 07	11 49 10	1 31
Verdun	-5 23 11	49 09 47	9 08 14	10 27 47	11 50 16	2 09
Virton (B.)	-5 32 00	49 34 05	9 08 42	10 28 02	11 50 14	1 47
Arlon (B.)	-5 48 39	49 41 00	9 09 08	10 28 30	11 50 36	0 57
Luxembourg (L.)	-6 09 00	49 37 00	9 09 32	10 29 02	11 51 13	1 09
Thionville	-6 10 07	49 21 29	9 09 23	10 29 03	11 51 26	2 06
Metz	-6 10 37	49 07 14	9 09 15	10 29 04	11 51 37	2 13
Nancy	-6 11 13	48 41 32	9 08 59	10 29 05	11 51 56	0 10
Saint-Avold	-6 42 30	49 06 30	9 09 57	10 29 56	11 52 31	2 15
Forbach	-6 54 05	49 11 11	9 10 15	10 30 15	11 52 46	2 12
Sarrebourg	-7 03 12	48 44 09	9 10 11	10 30 31	11 53 22	1 41
Sarreguemines	-7 04 02	49 06 43	9 10 26	10 30 31	11 53 06	2 15
Strasbourg	-7 45 07	48 34 58	9 11 04	10 31 41	11 54 40	1 28
Haguenau	-7 47 20	48 48 52	9 11 14	10 31 44	11 54 33	2 10
Lauterbourg	-8 10 00	48 58 00	9 11 51	10 32 21	11 55 03	2 15

Tableau horaire de l'éclipse

(heure en TU temps universel, ajouter 2 heures pour l'heure d'été).

Les lieux sont classés par longitude décroissante, de l'ouest vers l'est.

Documents reproduits avec l'aimable autorisation de Michel Sarrazin et de la Société Astronomique de France.

ÉCLIPSE PARTIELLE

Lieu	Longitude ° ' "	Latitude nord ° ' "	Début h m s	Maximum h m s	Fin h m s	Grandeur
Ajaccio	-8 44 19	41 54 59	9 10 57	10 34 51	12 01 10	0.817
Angers	+0 33 20	47 28 27	8 59 40	10 17 50	11 40 39	0.945
Bar-le-Duc	-5 09 38	48 46 08	9 07 41	10 27 23	11 50 08	0.998
Bayeux	+0 42 13	49 16 35	9 00 55	10 18 14	11 39 54	0.996
Bayonne	+1 28 44	43 29 30	8 56 20	10 15 00	11 39 14	0.826
Besançon	-6 02 12	47 13 46	9 07 58	10 28 50	11 52 40	0.958
Bordeaux	+0 34 42	44 50 20	8 58 03	10 16 59	11 41 02	0.868
Brest	+4 29 28	48 23 22	8 56 04	10 12 11	11 33 33	0.964
Caen	+0 21 10	49 11 14	9 01 14	10 18 44	11 40 31	0.994
Cambrai	-3 13 54	50 10 39	9 06 16	10 24 30	11 46 03	0.996
Cherbourg-F.	-3 05 12	45 46 45	9 03 15	10 23 36	11 47 57	0.906
Colmar	-7 21 34	48 04 42	9 10 15	10 31 04	11 54 24	0.987
Dijon	-5 02 09	47 19 18	9 06 39	10 27 06	11 50 49	0.957
Grenoble	-5 43 50	45 11 12	9 06 42	10 28 21	11 53 18	0.898
Le Mans	-0 11 54	48 00 35	9 00 57	10 19 13	11 41 51	0.962
Lille	-3 03 51	50 38 44	9 06 28	10 24 21	11 45 31	0.983
Limoges	-1 15 26	45 49 51	9 00 53	10 20 24	11 44 26	0.902
Louviers	-1 10 00	49 13 30	9 03 02	10 21 05	11 43 06	0.999
Lyon	-4 50 16	45 45 33	9 05 38	10 26 43	11 51 18	0.911
Marseille	-5 22 17	43 17 03	9 05 43	10 27 48	11 53 28	0.841
Montpellier	-3 52 48	43 36 44	9 03 36	10 24 55	11 50 17	0.845
Nantes	-1 33 04	47 13 08	8 58 20	10 16 09	11 38 53	0.935
Nevers	-3 09 29	46 59 14	9 03 58	10 23 52	11 47 35	0.941
Nice	-7 16 29	43 41 48	9 08 39	10 31 28	11 57 09	0.861
Nîmes	-4 20 59	43 50 36	9 04 19	10 25 49	11 51 10	0.853
Orléans	-1 54 39	47 54 09	9 02 57	10 21 57	11 44 56	0.963
Paris (Obs.)	-2 20 14	48 50 11	9 04 08	10 22 50	11 45 16	0.991
Perpignan	-2 53 47	42 42 02	9 02 00	10 23 00	11 48 28	0.814
Poitiers	-0 20 23	46 34 55	9 00 09	10 19 02	11 42 30	0.921
Rennes	+1 40 26	48 06 55	8 58 52	10 16 18	11 38 30	0.961
Toulouse	-1 26 30	43 36 33	9 00 12	10 20 20	11 45 16	0.837
Tours	-0 41 38	47 23 46	9 01 07	10 19 50	11 42 56	0.946
Bruxelles	-4 21 12	50 50 11	9 08 11	10 26 20	11 47 27	0.974
Casablanca	+7 35 00	33 39 00	8 49 08	9 59 43	11 17 57	0.514
Genève	-6 09 15	46 12 04	9 07 40	10 29 05	11 53 31	0.929
Milan	-9 11 30	45 27 59	9 11 55	10 34 45	11 59 40	0.922

Tableau horaire de l'éclipse

(heure en TU temps universel, ajouter 2 heures pour l'heure d'été).

Les lieux sont classés par longitude décroissante, de l'ouest vers l'est.

Documents reproduits avec l'aimable autorisation de Michel Sarrazin et de la Société Astronomique de France.

À propos du saut d'une seconde

de cette fin d'année, il n'est peut-être pas inutile de rappeler l'histoire de la cohabitation cahotante, semble-t-il mal connue et

de l'importance d'une petite seconde en plus ou en moins

Pierre Mannevy



Ingénieur Hydrographe Général (cr)

de l'Académie de Marine

ABSTRACT

With respect to the leap of one second at the end of 1998, it may not be useless to recall the bumping relationship which seems not well known or maybe misapprehended, between the new atomic time, the best in the world, and the old scale of solar time, not less legitimately universal.

peut-être mal reçue, entre la jeune seconde atomique, souveraine mondiale, et la vieille échelle de temps solaire moyen, non moins légitimement universelle.

Qu'est-ce qui a pris les médias, en cette bonne année 1998, qui n'a rien d'exceptionnel pour ce qui est de l'accumulation des catastrophes habituelles, d'appuyer sur le fait qu'une mystérieuse seconde intercalaire allait perturber nos existences au 1^{er} janvier 1999 ?



Dessin de O. Carel

Il est parfaitement exact que ce curieux sautaillement de notre temps va être introduit à la date indiquée, mais il ne faudrait pas laisser ignorer que c'est ce qui se produit presque chaque année – il est vrai quelquefois au 1^{er} juillet – depuis plus de 25 ans !

Frequency Offsets and Step Adjustments of UTC, tableau de 1972 à 1999

Date (at 0h UTC)	Offsets	Steps
1972 Jan. 1	0	-0.107 7580 s
1972 Jul. 1	0	-1 s
1973 Jan. 1	0	-1 s
1974 Jan. 1	0	-1 s
1975 Jan. 1	0	-1 s
1976 Jan. 1	0	-1 s
1977 Jan. 1	0	-1 s
1978 Jan. 1	0	-1 s
1979 Jan. 1	0	-1 s
1980 Jan. 1	0	-1 s
1981 Jul. 1	0	-1 s
1982 Jul. 1	0	-1 s
1983 Jul. 1	0	-1 s
1985 Jul. 1	0	-1 s
1988 Jan. 1	0	-1 s
1990 Jan. 1	0	-1 s
1991 Jan. 1	0	-1 s
1992 Jul. 1	0	-1 s
1993 Jul. 1	0	-1 s
1994 Jul. 1	0	-1 s
1996 Jan. 1	0	-1 s
1997 Jul. 1	0	-1 s
1999 Jan. 1	0	-1 s

Il est non moins exact qu'à partir de la date fatidique, les montres à quartz de Monsieur tout le Monde vont se tromper d'une seconde, au grand dam de quelques esprits méticuleux qui parleront à leur égard de publicité mensongère ! Telle fut, en son temps, la légitime réaction d'un éminent membre de l'Académie des Sciences, un peu distrait semble-t-il.

Passe encore pour la survenue d'une injuste méfiance envers le bavard affichage de la montre-bracelet universellement portée, mais il y a plus grave : ce coup de griffe, après tant d'autres avanies, infligé à l'heure « naturelle » n'est-il pas par essence politiquement incorrect ?

Certes, mais gardons nous bien d'attirer sur ce point l'attention des hautes consciences vertes : nous verrons, en y regardant de plus près, qu'elles auront occasion plus éclatante de se révolter.

Quoi qu'il en soit, qu'en est-il donc au juste de ce que nous appelons si improprement sauts de temps, qu'en est-il de ces hoquets intempestifs que nous croyons infliger au Temps « réel » lui-même, cette structure – est-ce même une structure – dénuée de toute forme sensible, à jamais pour nous insaisissable et en même temps tragiquement palpable, cette « structure » dont l'essence et la nature nous échappent totalement et dont nous ne pouvons au fond dire qu'une seule chose, c'est qu'elle est.

Essayons pourtant de remonter jusqu'à l'origine de ces intempestifs sautilllements qui ne font pas sérieux : ce n'est que plonger dangereusement dans une bien longue histoire, aussi vieille que l'humanité, celle de l'éternelle course de l'homme pour apprivoiser et s'approprier le Temps.

Avec, ancrée au plus profond de notre pensée, qui n'éprouve même plus le besoin de l'exprimer, la mystérieuse et mystique certitude de ce que ce mouvement du Temps – est-ce un mouvement ? – si hors de portée de toute connaissance de notre part qu'il soit, nous le tenons comme un écoulement, un fleuve, un courant éternellement semblable à lui-même, dans sa parfaite uniformité. Que pouvons-nous bien en savoir ?

Toujours est-il que, depuis l'antiquité la plus primitive, l'homme n'a eu de cesse, à défaut de pouvoir appréhender le Temps en lui-même, d'inventer des échelles de temps, choisies pour le fait même qu'elles se devaient de présenter ce caractère fondamental d'immuable uniformité, au point de se substituer au Temps lui-même, au moins dans leur appellation.

Et où trouver phénomènes d'une telle éternelle constance ? Pas sur cette Terre bien sûr, mais dans l'infini des cieux, où les déplacements des astres se doivent d'être forcément d'une perfection divine. Et en particulier, ceux du char étincelant du Soleil, qui rythment, aujourd'hui comme à l'aube des temps, l'alternance souveraine de nos jours et de nos nuits.

Ce fut en effet le décompte de cette alternance, par l'intermédiaire du mouvement apparent du Soleil, qui définit notre premier « temps ». Et qui définit encore, jusqu'à la fin des temps, notre « temps » actuel, car, si toutes choses évoluent de manière accélérée, les activités humaines restent bon gré mal gré indissolublement liées au rythme lumière obscurité.

Nous avons un peu modernisé l'échelle de temps en cause en la rapportant à un Soleil fictif, dit Soleil moyen, d'où l'appellation de temps solaire moyen, ou, décalé pour qu'il ne soit pas 0 h à midi mais à minuit, temps civil.

Rapporté à Greenwich, c'est le Tco, le G.M.T., de nos vieux cours de navigation.

Et c'est bien le même qui fut anobli en 1943 sous le nom de Temps universel (symbole officiel UT), temps régissant le monde entier – UT1, argument des Éphémérides Nautiques est le Uto brut des observations corrigé de l'influence du mouvement du pôle –.

Un temps considéré au départ comme parfait (cohérence 10-7 s) et pourtant pas si céleste que pouvait le laisser croire son appellation, puisqu'il est en réalité rythmé par la rotation de la Terre sur elle-même.

Qu'à cela ne tienne, on posa que cette rotation possédait le divin caractère d'immuable uniformité, avec pour conséquence que ce que nous appelons le jour solaire moyen était d'une durée parfaitement constante. On pouvait donc définir l'unité de temps, la seconde, comme une fraction 1/86 460 de ce jour.

Cependant, on ne put soutenir longtemps le dogme de la perfection du mouvement de notre planète virant solitairement sur elle-même, ce qui ne faisait pas tellement céleste, dès lors qu'on avait dû abandonner, à grand regret, l'idée que c'était l'Univers astral tout entier qui tournait autour de la Terre des hommes.

À la fin du siècle dernier, il fallut bien constater que les résultats du calcul du mouvement des corps du système solaire, avec comme argument le temps rotationnel dit solaire, présentaient des écarts inadmissibles avec la réalité, cependant que l'apparition d'horloges précises (à quartz) permettait de mettre en évidence les failles du fonctionnement de l'horloge Terre.

En particulier, elle ne cessait de prendre du retard et on s'expliqua pourquoi : cette pauvre Terre est constamment ralentie dans son tournis par le frottement des marées océaniques et autres interactions Terre-Lune. De plus, ce freinage n'a rien de régulier, il est sujet à des fluctuations parfois brutales, aux causes géologiques, géophysiques et climatiques encore mal connues, assez importantes pour parfois annuler ou même inverser le phénomène général de ralentissement, cela de manière parfaitement imprévisible.

Sans parler des déplacements imprévisibles des masses fluides ou solides de la croûte et du noyau, on a pu avancer que la circulation des poids lourds pouvait intervenir de façon non négligeable et il est sans doute fort réconfortant pour l'orgueil de l'homme moyen que l'inversion de son circuit de jogging puisse réagir sur le cours du temps universel !

Réconfortant ou pas, c'était bien embêtant cette sensibilité exacerbée aux petits chocs de l'existence et on ne pouvait continuer avec une horloge mère, et en même temps étalon, aussi capricieuse. Cependant, toujours avec la pensée millénaire que seuls les mouvements des astres étaient divinement parfaits, on resta fidèle à l'observation astronomique, et même à l'observation du seul tandem Terre-Soleil – en choisissant comme nouveau mouvement d'horlogerie celui de la révolution annuelle de la Terre autour du Soleil, sans doute considérée comme plus céleste que la rotation terre à terre de notre planète.

Un beau temps d'orbite, défini et mis en service vers 1950 sous le nom de temps gravitationnel, utilisé uniquement par les astronomes et officialisé sous l'appellation Temps des Éphémérides T.E., satisfaisant enfin à la condition de parfaite uniformité ou presque, la cohérence du T.E. étant de 2×10^{-9} s.

À ce nouveau « temps », fils du ciel, on fit logiquement correspondre une nouvelle définition de l'unité de temps, la seconde légale devenant en 1956, non plus une fraction du jour, mais une fraction de l'année tropique, exactement 1/31 556 925,9747 pour 1900 janvier 0 à 12 H T.E. Alors que l'échelle de temps légale restait le U.T. fils de la Terre.

Bien, mais il se trouve que ce T.E., malgré sa quasi perfection, ne parvint jamais à la consécration de la qualification légale et n'eut même pas le temps d'être couramment utilisé – son observation était d'ailleurs longue et difficile –. En effet sa mise en service se fit juste au moment de l'avènement, après celui des horloges à quartz, d'horloges artificielles très particulières, basées sur le comptage des vibrations internes des atomes du fait des phénomènes quantiques du changement de niveau énergétique de leurs électrons. Des horlogeries dont la cohérence devenait très supérieure à celle des meilleures horloges célestes : de l'ordre de 10-14 s – et on s'achemine vers 10-16 s – On n'hésita pas à postuler que de telles oscillations possédaient la même propriété divine de l'invariabilité éternelle dans l'espace et dans le temps que l'on attribuait aux mouvements célestes !

Encore une fois, qu'en savons-nous ?

Toujours est-il que, pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, on abandonnait comme vieille lune, pour nous découper la durée, le divin Soleil, maître du temps selon les vieilles religions, et on passait sans faiblir de la contemplation de l'infini des cieux à l'observation d'un autre infini, l'infiniment petit de la physique de l'atome.

Comme disait Victor Hugo : « Où finit le télescope, le microscope commence. Lequel des deux a la vue la plus grande ? ».

Pour l'instant, sans conteste, nous voyons bien que c'est l'atome !

Considérable révolution dans l'ordre métaphysique de notre entendement.

C'est cependant dans l'indifférence ou l'ignorance générale qu'elle se concrétisa en 1967 lorsqu'on abandonna la définition astronomique de la seconde légale, fraction de l'année tropique, pour lui substituer une définition inspirée de la physique de l'atome : la seconde devint la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

À la même date, le temps du monde entier devint le temps atomique, moyenne des indications de quelques 200 horloges atomiques étalons réparties dans le monde, temps anobli sous le nom de Temps Atomique International (sigle TAI).

Oui, vous avez bien lu, c'est du temps tout ce qu'il y a de plus atomique qu'on nous sert depuis plus de 30 ans pour rythmer de par le monde nos jours et nos nuits, camouflé il est vrai – nous le verrons par la suite – sous une toute autre hypocrite appellation.

N'insistons pas trop sur ce point : les Verts les plus inconditionnels sont apparemment restés dans la méconnaissance de ce scandale et, s'il vient aux oreilles de notre Ministre (sse) de l'Environnement, elle se croira obligée d'arrêter le Temps, ni plus ni moins qu'une vulgaire centrale à la mortelle radioactivité.

De fait, en une première approche, on ne manqua point de préconiser très logiquement l'adoption universelle sous son nom propre, de ce merveilleux temps nouveau.

Logique peut-être, mais par du tout réaliste : sans compter l'atavique et religieux attachement de l'homme sapiens au découpage du temps par l'intermédiaire de la divine course des astres, il restait indéniable que les activités humaines, aujourd'hui tout autant qu'il y a des millénaires, étaient plus ou moins strictement réglées par la séquence des apparitions et disparitions de la lumière.

Il apparaissait donc comme difficilement acceptable, au moins sentimentalement, que s'imposât une échelle de temps, peut-être parfaite, mais aussi parfaitement inhumaine, en décalage progressif (avance de quelques secondes par an, une heure tous les mille ans) par rapport à la vieille horloge de temps solaire.

Et puis, il y avait, en plus scientifiquement fondées, les objections de ces enquiquineurs de navigateurs : ceux-ci, traçant leur route par rapport aux méridiens terrestres, c'est-à-dire très concrètement par rapport aux repères du cadran de l'horloge Terre, admettaient mal qu'on leur fournisse à l'état brut les indications d'une horloge, peut-être parfaite, mais pouvant différer en quelques mois de plus d'une seconde de l'heure du cadran Terre, où une seconde représente un quart de mille. De quoi fusiller le point le plus savamment mitonné.

– Rappelons nostalgiquement que c'était du temps où l'on pratiquait encore le point astro –.

C'était aussi du temps où les technocrates savaient s'incliner devant d'aussi nobles réactions et, dès 1950, ils s'attachèrent bon gré mal gré à ce que, par de savants bricolages, le jeune temps atomique se calquât au mieux sur le vieux temps solaire dit universel : ils diffusaient bien des secondes issues de l'atome, mais manipulées de telle façon que leur durée restait constamment très proche de celle de l'erratique seconde UT, ceci par décalage périodique de l'ordre de 10-8, (en principe annuel) des fréquences de base des transmissions horaires, accompagné, suite aux variations imprévisibles de UT, de remises à l'heure plus ou moins mensuelles (par sauts de 50 à 100 ms)

Frequency Offsets and Step Adjustments of UTC, tableau de 1961 à 1968

Date (at 0h UTC)	Offsets	Steps
1961 Jan. 1	-150x10-10	
1961 Aug. 1	-150x10-10	+0.050 s
1962 Jan. 1	-130x10-10	
1963 Nov. 1	-130x10-10	-0.100 s
1964 Jan. 1	-150x10-10	
1964 Apr. 1	-150x10-10	-0.100 s
1964 Sep. 1	-150x10-10	-0.100 s
1965 Jan. 1	-150x10-10	-0.100 s
1965 Mar. 1	-150x10-10	-0.100 s
1965 Jul. 1	-150x10-10	-0.100 s
1965 Sep. 1	-150x10-10	-0.100 s
1966 Jan. 1	-300x10-10	
1968 Fev. 1	-300x10-10	+0.100 s

Ouf, il fallait le faire, et c'est ce temps bâtard, à la fois atomique et solaire qui fut, pour quelques années, reconnu et transmis, sous le nom de Temps universel coordonné.

Cependant, si cela satisfaisait les marins facilement rassurés par ce faux UT1 utilisé tel quel, ainsi que les délicats que faisait frissonner l'appellation atomique disparue, cela n'arrangeait pas du tout les autres clients du

temps, qui exigeaient de se référer à des étalons de fréquence rigoureusement fixes.

Comment diable satisfaire tout le monde et son père ? Le plus étonnant, c'est qu'on y arriva !

Premièrement, on diffusa, sans complexes, du pur TA, en fixant rigoureusement la fréquence de base des transmissions sur la valeur adoptée pour la seconde atomique légale.

Puis – et c'est là que nous allons arriver à la rencontre de notre apocalyptique seconde intercalaire du bout de l'an – on parvint à maintenir tant bien que mal cette parfaite échelle de temps en accord approximatif avec la toujours présente échelle UT par des recalages périodiques (de l'horloge atomique sur l'horloge Terre – et non l'inverse – ceci en opérant exclusivement par des sauts de 1 seconde ronde), soit une simple question de décomptage qui ne pouvait en rien gêner les utilisateurs de fréquences.

Précisons que ces rattrapages devaient être effectués si possible à date fixe, de préférence le 1er janvier et/ou le 1er juillet de chaque année, l'écart attendu sur six mois ne devant pas excéder 0,7 s – en fait, les caprices imprévisibles de l'horloge Terre se révélèrent plus importants, et l'écart à ne pas dépasser dut être porté à 0,9 s –

Et voilà pourquoi votre fille est muette !

Ces « sauts » improprement dits de temps que nous infligeons à nos horloges battant, je le rappelle, la seconde atomique, ne sont qu'artificiels coups de pousse, pour les mettre au mieux en accord avec la mauvaise horloge Terre, aux caprices de laquelle nous sommes bon gré mal gré ligotés jusqu'à nouvel ordre.

Décidément, ce Temps Universel Coordonné, officialisé en 1972 (sigle TUC) est une belle invention, sauf qu'on aurait dû l'appeler le TAC, Temps atomique cuisiné :

Car tous les contestataires ont marché :

– les Verts, qui se croient toujours en UT, temps solaire moyen, alors qu'ils sont – horreur – en TA,

– les navigateurs, qui se sont battus pour ne pas risquer de perdre une seconde et qui utilisent un temps qui peut insidieusement les tromper de 0,9 s.

Je ne peux m'empêcher de leur signaler qu'ils peuvent trouver chaque mois dans les Avis aux Navigateurs les corrections (de l'ordre de quelques dixièmes de seconde) permettant de passer de UTC à UT1, s'ils sont tant soit peu perfectionnistes. Car qui aujourd'hui peut se soucier du 1/10 s pour le calcul du point astro (2 centièmes de mille) : déjà, de mon temps, le résultat à mieux que le mille n'était que rodomontade ! Chacun s'étant – avec raison – empressé d'oublier les savantesses exposés sur l'ordre de grandeur des erreurs d'excentricité et autres de leur branlant sextant, ainsi que sur celui, encore plus vacillant, de ce qu'on appelait l'équation personnelle, oh combien ! – du chargé du compte chrono –

Enfin, pour conclure et calmer les angoisses de ceux qui s'apercevront, à la lecture de ces lignes, qu'ils vivent au rythme d'un temps qualifié d'atomique, comme la bombe, qu'ils se rassurent.

Sans fin sont les entreprises de l'homme pour régler parfaitement l'écoulement du temps, à défaut d'en maîtriser l'inexorable fuite : le temps atomique comme ses prédécesseurs les temps astronomiques n'aura qu'un temps.

Déjà, après à peine pour lui quarante ans de service, voilà qu'on parle comme d'un successeur encore plus parfait, du temps des pulsars, basé sur la fréquence « plus que parfaite » des pulsars, divinisée comme éternellement stable et régulière du fait qu'il s'agit d'objets situés aux confins de l'Univers. Encore une fois, qu'en savons-nous ?

Toujours est-il que ce retour au temps des astres peut apparaître en soi réconfortant : l'homme regardera à nouveau le ciel, et plus loin que jamais.

Quant à savoir si ces merveilleux temps, en avance sur notre horloge Terre-Soleil, nous feront gagner ou perdre du temps, du temps de notre existence, je ne me hasarderai pas à en décider et je laisse à votre perspicacité le soin de le faire.

De toute façon, à me lire jusqu'au bout, vous en avez perdu, du temps !

(Article paru dans la revue "NAVIGATION" en janvier 1999

et reproduit avec son aimable autorisation).

ADDENDA ANNONCES N° 79

Suite de la page 17

79-2-(5)

JF. Formation : DESS, maîtrise de géographie et niveau maîtrise de droit (urbanisme et aménagement). Stages : Centre de Recherche en Géomatique du Québec, Géosystèmes (unité CNRS) et CEDRE (Centre de documentation, de recherche et d'expérimentation sur les pollutions accidentelles des eaux). Langues : allemand et anglais. Cherche emploi. Ecrire à la revue ou tél. 02 98 48 94 93.

79-2-(6)

JH. Ingénieur cartographe SIG. Formation : DESS Télédétection-Imagerie numérique, maîtrise de physique. Stage chez Geo-Concept. Cherche emploi. Ecrire à la revue ou tél. 05 59 55 70 42.

79-2-(7)

JH. Ingénieur Géomètre Topographe (ESGT). Volontaire de l'aide technique en Nlle-Calédonie (Service National), quelques stages et emplois CDD dans des entreprises et cabinets de géomètres. Compétences informatiques. Langue anglaise, niveau correct. Cherche emploi. Ecrire à la revue ou tél. 01 45 11 20 28.

79-2-(8)

JF. Chargée d'études et aménagement du territoire. Formation : maîtrise de géographie, domaines environnement et urbanisme. Compétences : applications des SIG dans la réalisation de projets, utilisation de l'outil informatique pour saisir et concevoir des supports d'information. Cartographie. Deux ans d'expérience professionnelle en ce sens, France et outre-mer. Stages de formation et séminaires professionnels. Cherche emploi. Ecrire à la revue ou tél. 01 49 60 96 29.

79-2-(9)

JH. Ingénieur-Géomètre-Topographe (ESGT), math. Sup. et Spe à Mulhouse. Actuellement chargé d'études à Polytech, Bureau d'Etudes en Ingénierie du Déplacement (Paris). Langue anglaise et notions allemand. Cherche emploi. Ecrire à la revue ou tél. 01 47 66 19 94.

La république affermit son souffle.

Jules Ferry fait aboutir son idée d'un enseignement primaire obligatoire pour tous. Il ira chercher jusqu'au fond des vallées de la

**une école
à cheval
sur
trois siècles**

sur un reportage
à "l'Ecole Chez Soi"
et une interview
de Jean-Michel Bourgois
directeur

Jack Biquand

France profonde les enfants bergers pour qu'ils apprennent à lire, à écrire et à compter, jetant les bases d'une nation moderne. Vont naître alors plusieurs générations d'instituteurs qui vont instruire et former un peuple, et faire du pays un pôle attractif rayonnant dans le monde entier, un centre culturel incontesté. Chaque village va édifier son école, de pierres et de briques, sur le fronton de laquelle on gravera fièrement le mot "ÉCOLE" associé à "liberté, égalité, fraternité". Ces bâtiments seront de véritables monuments, encore aujourd'hui on les reconnaît de loin avec leurs fenêtres cintrées et leurs briques rouges, souvent image rébarbative parce que nous y avons passé des jours laborieux sous la férule des conjugaisons, des robinets qui fuent, des trains qui se croisent et des analyses logiques qui ne nous paraissent pas en être du tout, de la logique. C'était une de ces périodes où l'histoire gronde, où l'ancien et le nouveau s'empoignent pour accoucher du moderne qui va pousser la France vers le XX^e siècle.

Nous sommes en 1891, et c'est dans cette mouvance que Léon Eyrolles crée une école qui s'inscrit dans un but d'expansion intellectuelle et technique, dans l'idée de la promotion sociale, dans la lignée de ce mouvement général. La vocation de cette entreprise d'enseignement privé s'affirme dès sa création comme complémentaire de l'enseignement public, non comme concurrente, surtout pas, mais comme aide aux cas particuliers, pour l'enseignement professionnel, en l'occurrence les Bâtiments et les Travaux Publics. École privée donc, mais pas entreprise de "profits" précise avec conviction Jean-Michel Bourgois son directeur. Bien sûr il faut équilibrer les comptes, mettre à jour les manuels, gérer professeurs et élèves répartis dans tout l'hexagone, accomplir la mission d'éditeur qu'est aussi l'"École Chez Soi". "Former n'a jamais été et ne sera jamais pour nous un but en soi, complète également Jean-Michel Bourgois, mais sera toujours un moyen au service de la promotion des hommes et de la performance des entreprises".

L'"École Chez Soi" croit fermement à sa philosophie d'enseignement à distance. Elle y voit dans de nombreux



Jean-Michel Bourgois

Karima





Danièle et Emmanuelle

cas une deuxième chance offerte aux échecs ou à la lassitude des élèves, elle leur donne l'occasion et la possibilité de saisir leur propre avenir, à leur rythme, à leur convenance, chez eux et sous leur propre responsabilité. Sa vocation de formation à distance convient particulièrement aux professions des BTP, professions éminemment mobiles aussi bien dans le temps que dans l'espace et donc étanches aux formations bloquées qui troublent les plannings et s'adaptent mal aux imprévus de ce genre de travail. Ce qui n'empêche pas qu'au travail personnel s'ajoutent les sessions de regroupement qui sont l'occasion de dynamiser les efforts personnels. Ces sessions de groupe se déroulent au sein d'une entreprise ou en inter-entreprise. Elles ambitionnent de palier à l'inconvénient réel du travail solitaire de l'enseigné à distance.

Et pour ce faire, combien de divisions ? Aurait dit un personnage célèbre.

Et bien, des professionnels ! Qui pourrait mieux connaître la question ? Et son directeur d'abord, Jean-Michel Bourgois, issu d'une formation de sciences économiques, financier et gestionnaire, 20 années de travail à IBM, depuis 3 ans il dirige les destinées de l'école dans les modestes locaux du siège à Boulogne, avec un comité pédagogique dans lequel siègent le vice doyen de l'ESTP Claude Dufour et Danielle Lausecker, conseillère pédagogique, entourée d'un noyau dur de collaboratrices, le cœur administratif de l'entreprise, elles ont nom Emmanuelle, Danielle, Karima et Véronique. Avec le Comité Pédagogique il articule la multiplicité des enseignements et des formations assurés par une soixantaine de professeurs, tous experts, et certains internationaux, professionnels reconnus des métiers, auteurs pour la conception des cours. Ils sont ingénieurs pour la plupart, en prise directe avec la profession où ils occupent des postes de responsabilité, quelques professeurs encadrent l'école pour la préparation des examens d'état.

L'enseignement utilise bien évidemment les moyens modernes de transmissions et de communication, on peut leur parler du 36 15 et d'Internet, mais, et son directeur insiste sur cet aspect, on ne tranche pas avec les moyens habituels qu'on aurait trop tendance à dire du passé. Le cours rédigé et illustré qu'on envoie par la Poste, les devoirs manuscrits, le confort et la sensualité du papier, l'importance du dessin manuel, sont autant de lien qui humanise l'enseignement. Les colis de livres et de cours arrivent par le facteur, et Jean-Michel Bourgois précise que seule la bibliothèque pour les ranger n'est pas fournie !

Résultat des courses, un taux d'échecs mineur aux diplômes délivrés par l'école (5 %), et 80 % de réussite aux concours officiels nationaux (IGN, cadastre, DPLG géomètre, ingénieur des BTP/DPE, etc.). À partir d'unités de valeur, l'école propose également des plans d'étude personnalisés en fonction des acquis et des objectifs particuliers. De nombreuses sociétés et entreprises, et non des moindres, confient leurs formations ou une partie de celles-ci à l'École Chez Soi, c'est le gage d'une reconnaissance de sérieux et d'efficacité par l'ensemble de la profession BTP et Géomètres Topographes.

L'enseignement à distance, complété par des stages est sans doute une des meilleures réponses aux besoins d'adaptation des personnes, l'un et l'autre se dynamisant et se renforçant mutuellement. La possibilité de se former sans quitter son poste de travail, entreprendre des formations longues sans remettre en cause son mode de vie, sont les atouts importants proposés par l'École.

Dans moins d'un an l'École sera assise sur trois siècles et entrera dans le troisième millénaire avec le même drapeau aux couleurs de sa vocation première : la promotion sociale, la diffusion des techniques, la mise à niveau technique des professionnels et sa volonté de permettre aux géomètres et topographes de s'ouvrir aux nouveaux marchés.

SUZUKI

GRAND VITARA

3 portes

à partir de

107 800F_{TTC}

NOUVEAU

- Moteur 1,6 L • 16 soupapes
- 94 CV DIN • 7 CV fiscaux
- Direction assistée
- Coussins gonflables de sécurité passager et conducteur
- Lève-vitres électriques
- Peinture métal
- Jantes aluminium



GARANTIE 3 ANS

OU 100 000 KM PAR SUZUKI FRANCE

**SUZUKI
FINANCE**

**SUZUKI
ASSURANCE**

**36 15
SUZUKI**
2,23 F la minute

Visitez
nos concessions

SUZUKI
AUTOMOBILES

SUZUKI FRANCE • TÉL. 01 34 82 14 00 • FAX 01 34 82 80 76

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. : 00 49 30 47 48 11 15 Tél. (prof.) et fax : 00 49 30 47 48 11 18 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@di.al.pipex.com

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

Des topographes traducteurs à votre service

Honda, sans doute un des plus inventifs des constructeurs japonais nous a concocté un véhicule atypique dont le look peut être perçu, selon les yeux avec les-

la page
4 X 4

HONDA HR-V « Joy Machine »

« Y a de la joie »

Robert CHEVALIER

quels on le regarde comme celui d'un 4 x 4, d'un monospace, d'un break ou d'un véhicule sportif.

En fait il est un peu tout cela à la fois, sans être totalement représentatif d'aucune de ces catégories.

HONDA le présente essentiellement comme un véhicule ludique dont l'originalité du design a été très poussée, destiné principalement à une clientèle jeune, pour une utilisation urbaine et de loisirs (ou pourrait traduire son nom par machine à procurer de la joie...).

Pour nous géomètres, qui l'interprétons différemment, il a plutôt la définition d'un véhicule polyvalent dont nous sommes demandeurs de par la nature de nos activités.

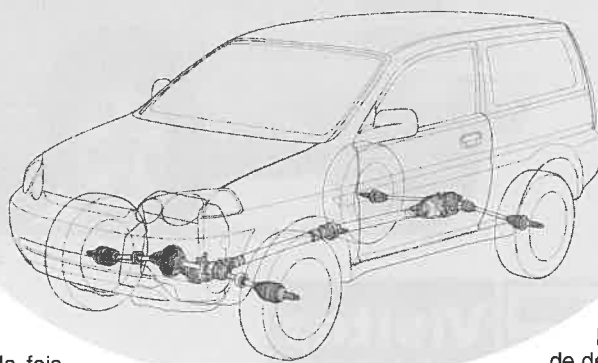
Il est assurément break par son arrière fonctionnel et ses commodités de chargement (dossiers AR rabattables par exemple).

Il est bien un peu monospace par son profil, sa grande hauteur sous pavillon et sa position de conduite surélevée, mais surtout il est un peu 4 x 4 puisqu'en plus de la configuration traction avant de base, on peut l'obtenir en 4 roues motrices.

C'est évidemment cette version qui nous intéresse plus particulièrement. Certes, ce n'est pas un véhicule de franchissement fait pour le tout terrain intégral, mais plutôt un véhicule à adhérence améliorée permettant d'évoluer sur sols glissants (chemins boueux, herbe humide, gravillons, etc.) avec beaucoup d'aisance et de sécurité. Sa garde au sol de 190 mm, ses grandes roues de 15 ou 16 pouces (selon version) et ses angles d'attaque et de départ de 29° facilitent également ses capacités dans ce domaine.

L'astuce consiste, grâce au système intelligent « Real Time Dual Pump » qui est, sans entrer dans les détails techniques, un système de pompes jumelées intégrées au différentiel AR, à passer automatiquement en 4 roues motrices dès que les conditions d'adhérence se dégradent. Le système se désengage automatiquement au freinage, permettant ainsi à l'ABS (de série) d'intervenir. On peut dire que plus les roues avant glissent, plus le couple transmis s'accroît sur les roues arrières.

Ce dispositif qu'on trouve aussi sur son grand frère le CRV, le distingue déjà de la concurrence, mais il existe aussi la possibilité originale d'opter pour la Transmission à Variation Continue (CVT) qui permet de changer les rapports de la voiture d'une manière totalement linéaire, en fonctionnant



comme une boîte automatique sans en avoir les inconvénients en matière de poids, de perte de puissance et de dépense en carburant.

Cerise sur le gâteau, dans cette configuration une touche sur le volant permet de passer instantanément d'une conduite normale à une conduite « sport ».

Cette diversité d'aptitudes n'empêche pas ce véhicule de présenter les qualités de conduite d'une berline traditionnelle, avec un niveau élevé de stabilité, un bon confort et une précision de conduite sans prise de roulis.

Ce qui concourt également à l'agrément général de conduite est le moteur 1,6 l - 105 CV, avec un couple de 135 NM à 3400 t/m, qui lui confère des performances de bon aloi (165 km/h) privilégiant plutôt les capacités d'accélération, sans pénaliser la consommation moyenne qui est de 8,6 l/100 km (donnée constructeur) ce qui est convenable.

N'oublions pas les petites commodités qui facilitent la vie des utilisateurs : boîte à gants à double étage, filets dans les contre portes, bac de rangement sous le tapis de coffre (bien pratique pour ranger les bottes sales...).

Côté facilité de conduite et sécurité, on a bien sûr tout ce qu'on est en droit d'attendre d'un véhicule moderne : direction assistée, double airbag, ceinture AV à prétensionneurs, verrouillage centralisé et même rétroviseurs rétractables électriquement...

Cette « machine », hors normes, n'est pas seulement destinée à donner de la joie mais aussi à rendre beaucoup de services.

Prix : de 102 800 F (4 x 2) à 124 800 F (4 x 4 RT Sport) et 131 800 F (version CVT).



la page de Géomètres Sans Frontières



**pluie
et vent**



Oh! Bien sûr il ne s'agit pas de plagier la célèbre chanson "nuit et brouillard", mais pour Monsieur Abdou Tiendebreogo, le séjour en France fut froid, humide et venteux...

Financé au départ par ses propres deniers, au prix d'un endettement conséquent, le voyage de cet enseignant Burkinabé avait pour but un complément de formation et la recherche éventuelle de matériel dans l'optique de joindre ses compétences à celles de deux amis déjà installés à leur compte à Ouagadougou, en prenant un peu de distance avec son poste d'enseignement.

Son histoire a paru exemplaire et a amené GSF à soutenir son projet : d'abord formé il y a quelques années à Bamako au Mali, il enseigne lui-même dans un lycée technique du Burkina Faso; désireux de répondre aux besoins de plus en plus pressants de son pays, il a pris l'initiative de venir rejoindre pendant un mois son ancien professeur, Gérard VOLTE, actuellement Géomètre-Expert à Tours, pour un complément de formation et d'information tant dans les domaines techniques qu'organisationnels.

Est-ce cependant le rôle de GSF de s'associer à une telle formation? Ne risque-t-on pas en aidant telle personne plutôt que telle autre de fausser le jeu de la concurrence? Les hésitations des membres du bureau furent vite balayées devant la volonté de formation, la

recherche d'autonomie, l'engagement moral d'aider au plus juste coût les associations locales dans leur recherche de titre foncier (écoles, dispensaires, etc.) et la prise de responsabilité professionnelle manifestés par Monsieur Tiendebreogo.

L'association a donc participé aux frais de voyage et séjour et a fourni du matériel de terrain et de bureau à Monsieur Tiendebreogo; il reste encore à l'aider techniquement en participant à l'informatisation des tâches techniques et de gestion. Éventuel objet de travail de fin d'études pour un de nos élèves ingénieurs?

C'est ainsi que vous le découvrez sur la photo ci-jointe, abrité tant bien que mal de la pluie et du vent dont ce mois de mars a généreusement pourvu la France, pour tester le matériel fourni par GSF, en compagnie de Gérard VOLTE, Géomètre-Expert, et de Lionel STRAUSS, de l'Institut Géographique National à Villefranche sur Cher.

Alors, à vous tous qui souhaitez aider d'autres géomètres, sachez que GSF est toujours à la recherche de matériels que vous n'utiliseriez plus et que les seules ressources de l'association sont les cotisations.

Lors de l'assemblée générale de janvier 1999 il a été décidé de ne pas les augmenter, aussi n'hésitez pas à nous rejoindre et à soutenir nos actions en nous retournant le papillon ci-joint avec votre règlement.

Adhésion 1999 à Géomètres Sans Frontières : (à adresser au 15, rue Joyeuse - 18000 BOURGES)

Nom : Prénom :

Adresse :

Membre adhérent : 300 francs

Membre sympathisant : 200 francs

Membre bienfaiteur : 500 francs

Étudiant : 100 francs

Montant de ma cotisation :

Fait à : Le :

Mathieu Koehl, enseignant à l'ENSAIS (Filière Topographie), membre de l'Équipe Photogrammétrie et Géomatique du Laboratoire d'Études et de Recherche

**soutenance
de
thèse**

**modélisation
géométrique
et sémantique
en milieu
urbain**

en Génie Civil de Strasbourg, a obtenu le 20 Janvier 1999 le titre de Docteur de l'Université Louis Pasteur Strasbourg, avec la mention très honorable et les félicitations du jury.

TITRE DE LA THÈSE :

Modélisation géométrique et sémantique en milieu urbain, intégration dans un système d'information topographique tridimensionnel.

Le jury était composé de :

M. André COLSON, Directeur de l'ENSAIS, Directeur de Thèse
M. Jean-François DUFOURD, ENSPS Strasbourg
M. Pierre GRUSSENMEYER, ENSAIS-LERGEC
M. Karl KRAUS, Université de Vienne, Autriche, Rapporteur externe
M. Marcel MIRAMOND, INSA Lyon, Rapporteur externe
M. Jean-Georges SIEFFERT, ENSAIS-LERGEC, Rapporteur interne.

RÉSUMÉ

Mots clés :

Système d'information géographique, modélisation sémantique, reconstruction géométrique, acquisition de données tridimensionnelles.

Nous nous intéressons dans cette thèse à la modélisation des objets en milieu urbain et à leur intégration dans un système d'information topographique.

La modélisation est réalisée sur le plan sémantique et sur le plan géométrique. Elle est destinée à aider un opérateur de saisie lors de l'acquisition de données tridimensionnelles.

Notre objectif est de fournir à l'utilisateur une méthode de modélisation permettant de décomposer un espace urbain en "concepts sémantiques", chaque concept comprenant une structure sémantique inhérente. Cette structure sémantique

est à la base de connaissances et de règles de composition qui peuvent être programmées pour aider à la reconstruction géométrique semi-automatique des différents objets.

Une première partie de cette thèse reprend les différentes connaissances acquises dans le domaine de la modélisation et des systèmes d'information géographique. Elle sert de référence pour justifier les différentes modélisations mises en place.

Une deuxième partie traite, en détails, la mise en place d'une modélisation sémantique et montre, en utilisant des exemples de dimensions différentes, comment nous pouvons l'appliquer à des cas concrets.

La modélisation sémantique a enfin été appliquée à la réalisation d'un prototype de système d'information topographique. Le concept principal modélisé est le "bâtiment".

La reconstruction géométrique de ce concept est réalisée à partir de la saisie, par voie photogrammétrique, des éléments principaux des toits. La reconstruction automatique des facettes des toits précède la reconstruction complète du "bâtiment" en utilisant des outils de projection sur un modèle numérique de terrain modélisant le sol.

L'intégration des données sémantiques, de la structure géométrique et topologique de chaque "bâtiment" est ainsi réalisée de manière complète.

Les applications de ces procédés sont nombreux et permettent d'envisager la réalisation et la programmation d'autres "concepts sémantiques".

SUMMARY

GEOMETRIC AND SEMANTIC MODELLING IN URBAN AREAS INTEGRATION IN A THREE DIMENSIONAL TOPOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

Keywords :

Geographic information system, semantic modelling, geometric reconstruction, three dimensional data acquisition.

In this thesis, we study the modelling of objects in urban environments and their integration in topographic information systems.

This modelling is realized in a semantic and in a geometric way. Its goal is to help an operator in his three dimensional data acquisition work.

Our aim is to supply the user with a modelling method which allows to decompose the urban area into "semantic concepts" that include a semantic structure.

This semantic structure is the foundation of knowledge and composition rules which can be implemented to help the semi-automatic geometric reconstruction of the different objects.

A first part of this thesis resumes the different knowledge in the fields of modelling and geographic information systems. This part is used as a reference to justify the different new concepts developed in this work.

A second part deals with a detailed definition of a semantic modelling and shows, by using examples of different dimensions, how it can be applied to concrete cases.

Then the semantic modelling is put into practice of a topographic information system design. The main concept which is used, is the concept of "building".

The geometric reconstruction of this concept is realized according to the photogrammetric data acquisition of the various components.

The automatic reconstruction of the various facets precedes the entire reconstruction of the "building" by using projection tools in connection with a digital terrain model which replaces the ground surface.

The integration of semantic data, geometric and topologic structure of each building is completely done.

The large application field of this modelling process allows to consider the implementation of many other semantic concepts.

ZUSAMMENFASSUNG

GEOMETRISCHE UND SEMANTISCHE MODELLIERUNG IN STADTLANDSCHAFTEN INTEGRIERUNG IN EIN DREI DIMENSIONALES TOPOGRAPHISCHES INFORMATIONSSYSTEM

Schlüsselworte :

Geo-Informationssystem, semantische Modellierung, geometrischer Wiederaufbau, drei dimensionale Datenerfassung.

In dieser Dissertation interessieren wir uns an die Modellierung von Objekten in einer Stadtlandschaft und an der Integration dieser Objekten in ein topographisches Informationssystem. Die Modellierung wird auf einer geometrischen und auf einer semantischen Ebene durchgeführt. Sie wird von einem Operateur als Hilfsmittel bei der drei dimensionalen Datenerfassung benutzt.

Diese Dissertation stellt dem Benutzer eine Modellierungsmethode vor mittels der er eine Stadtlandschaft in semantische "Konzepte" zerlegen kann. Jedes dieser "Konzepte" enthält eine eigene semantische Struktur. Diese semantische Struktur wird dann als Basis zur neuen Regelerstellung die zur semi-automatischen geometrischen Rekonstruktion von den verschiedenen Objekten führen wird. Ein erster Teil der Dissertation stellt die neuesten und gründlichen Kenntnisse im Fach Modellierung in Informationssystemen vor. Er dient als Grundlage und zur Berechtigung der Modellierung die später eingeführt wird.

Ein zweiter Teil der Dissertation handelt im Detail von der Anwendung einer semantischen Modellierung und zeigt wie man sie in konkrete Beispiele von verschiedener Dimensionen benutzen kann. Letztendlich ist die semantische Modellierung zur Verwirklichung eines Prototypen von topographischen Informationssystem verwendet. Das "Gebäude" wird als bedeutungsvolles Konzept modelliert.

Die geometrische Rekonstruktion dieses Konzeptes wird ab der photogrammetrischen Datenerfassung des Dachs aufgenommen. Der automatische Wiederaufbau der Dachflächen ist der erste Schritt des kompletten Wiederaufbaus des Gebäudes. Es werden dazu projektionsalgorithmen auf ein digitales Gelände Modell verwendet.

Die Integration der semantischen Daten, der geometrischen und topologischen Struktur jedes Gebäudes ist in diesem Weg vollständig durchgeführt. Die Anwendungen dieses Verfahrens sind sehr zahlreich. Sie ermöglichen deshalb die Verwirklichung und die Erstellung von Programmen die andere "Konzepte" darstellen.

AFT-LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE ensemble des termes et locutions techniques utilisés en topographie présenté selon le classement alphabétique avec renvoi aux chapitres et paragraphes des définitions

Le LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE, fruit du travail de la "commission enseignement" de l'AFT, est achevé. Il totalise 116 pages réparties en 12 chapitres :

1. généralités, 2. mesures des longueurs, 3. mesures des angles horizontaux, 4. mesures des altitudes, 5. canevas, 6. cadastre et travaux fonciers, 7. levé tachéométrique, 8. levé au goniographe (planchette), 9. implantations, 10. calculs, 11. représentation cartographique, 12. photogrammétrie.

Le nombre total de termes recensés est de 1 200.

Rédigé et vérifié par des professeurs et les professionnels les plus "pointus" de la topographie, ce lexique est un instrument que nous avons voulu exhaustif dans la mesure où les procédés anciens ou classiques sont abordés pour mieux introduire et approfondir ce que la technologie moderne tendrait, par le perfectionnement de son automatisme, à oblitérer.

La commission enseignement a, bien entendu, pensé particulièrement aux élèves des écoles de géomètres et de topographes.

l'ensemble de l'ouvrage est à disposition à l'AFT

En 1957, je débutais une longue carrière dans les Travaux Publics, en étant embauché dans une entreprise d'études et construction de lignes à haute tension.



souvenirs topographiques

le dur apprentissage du métier de lignard

Robert CHEVALIER

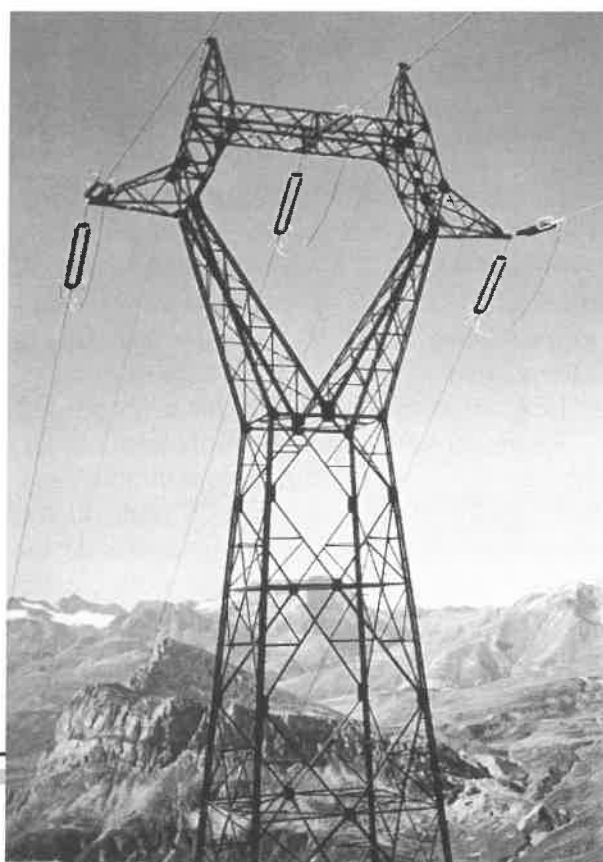
Pour me « mettre dans le bain », on me confia d'emblée l'étude d'un projet de ligne 225 000 volts reliant Albertville (vallée de la Tarentaise) à St Jean de Maurienne (vallée de la Maurienne).

Ce projet était pour l'époque, le plus haut, le plus dur, en un mot le plus tout, jamais réalisé en France, ce qui lui conférait une réputation terrifiante.

Je sus plus tard que deux géomètres de l'entreprise avaient démissionné quand on leur avait appris leur affectation à ce chantier. Mais tout ceci on ne me l'avait évidemment pas dit...

En néophyte que j'étais, ces travaux ne me semblaient pas particulièrement complexes au niveau des techniques topographiques, puisqu'il s'agissait une fois le projet reconnu et balisé par un spécialiste expérimenté, puis réceptionné par le maître d'œuvre (EDF) d'en faire le piquetage, puis le profil en long assorti du lever d'une bande planimétrique.

Mais je découvris rapidement que dans ces travaux de topographie « lourde » – j'entends par là ne nécessitant pas une extrême précision – les difficultés étaient tout autres.



En particulier, deux évidences me rappelèrent à la réalité et à la modestie :

- Tout d'abord dans notre métier, rien n'est jamais simple, surtout quand il faut travailler dans un environnement hostile.
- Par ailleurs, dans ces chantiers de montagne les contraintes humaines et physiques (pour ne pas dire sportives) ainsi que les problèmes d'organisation et d'intendance prennent largement le pas sur la technique.

C'est ce que je voudrais montrer à travers quelques anecdotes, qui surprendront peut-être les jeunes générations, à une époque où la tendance générale, et c'est sans doute bien ainsi, est de faire de la topographie à partir de banques de données, d'images spatiales et de traitements informatiques.

En ce temps-là, point de GPS ni de stations totales permettant de longues visées très précises. L'appareil de base était le T1 qui présentait à la fois l'avantage de la légèreté (très important en montagne) et de la polyvalence – adapté au piquetage en tant que théodolite et au lever en tant que tachéomètre – L'heure n'était pas encore venue pour l'utilisation de la photogrammétrie (de toute façon bien difficile à exploiter dans des zones aussi couvertes de résineux).

Au niveau des moyens de transport, l'hélicoptère n'était pas encore non plus d'un usage courant et surtout bien trop coûteux.

Après ce préambule technico-philosophique revenons à la réalité des problèmes.

La reconnaissance du tracé faite lors du balisage initial et l'examen des temps d'accès (3 heures de marche à pied en moyenne) amenèrent à décider pour le versant Tarentaise, d'organiser des campements tout au long du tracé. L'ordre de commencer les travaux étant intervenu bien tardivement (début septembre), il fallait improviser rapidement avec l'espoir de terminer avant les premières neiges.

Tout d'abord, achat de matériel de camping : entre autres une grande canadienne et faute de mieux, ce que l'on appelait une tente auto en principe peu adaptée aux sites montagneux, plus tous les accessoires indispensables.

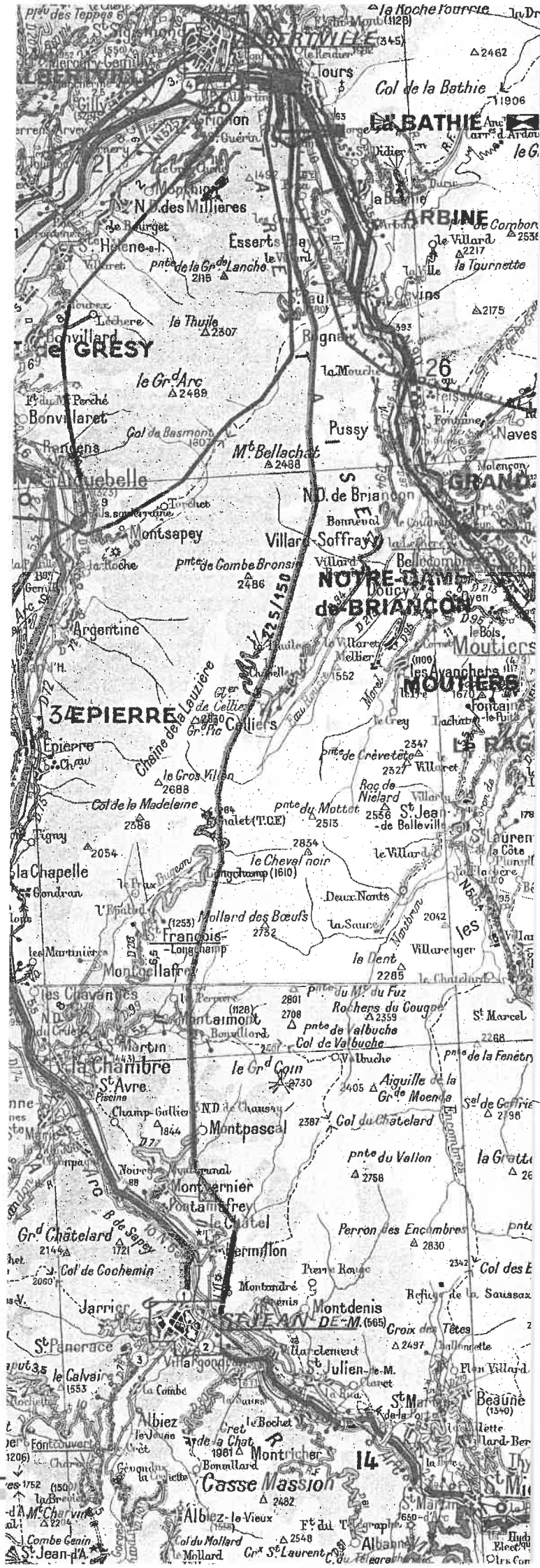
Ensuite embauche de personnel local expert en bûcheronnage, vu la densité du couvert forestier. En tout 6 aides qui s'ajoutaient aux 4 géomètres constituant les 2 brigades.

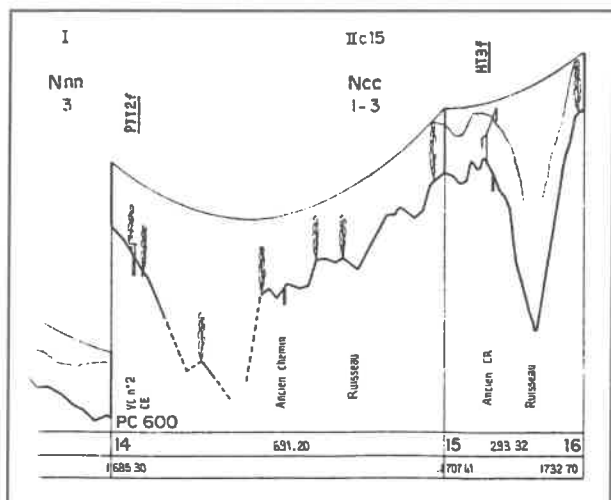
J'allais oublier un cuistot qui nous semblait indispensable pour nous décharger des problèmes d'intendance, et évidemment de mulets pour transporter tout le matériel ainsi que les vivres pour une semaine (on avait quand même prévu de redescendre le dimanche...).

Quoique bon marcheur, mais n'ayant aucune expérience de la montagne, je réalisais dès la première ascension, combien celle-ci nécessitait à la fois endurance et connaissance du terrain.

Comme un débutant, me voici parti, le premier jour, à grandes enjambées, en tête de la colonne, pour une marche de 3 heures, alors que nos montagnards, accompagnés de leurs mulets montaient à pas lents.

Bien évidemment, à mi-chemin, je me retrouve assis au bord du sentier, en nage et le souffle court. C'est à cet instant que j'ai mesuré avec humilité les capacités de ces Savoyards qui continuaient à progresser calmement et





Profil en long (échelle réduite)

sans un mot. Comble de la honte (mais quel soulagement!) leur chef qui me semblait à l'époque d'un âge canonique (58 ans!) me prend gentiment mon sac à dos, le place par-dessus le sien et continue imperturbablement...

Première leçon et ce ne fut pas la dernière!

Nous installons le premier campement et comme il fallait s'y attendre, la tente auto s'avère inadaptée et difficile à monter faute de surface plane. Examinant notre équipement d'un air dubitatif, les aides se concertent et décident qu'ils ne coucheront pas dans ces machins-là et qu'ils redescendront tous les soirs, chez eux, dans la vallée. Vu l'effort que nous venons de fournir, cette annonce me laisse pantois; mais c'est ce qu'ils firent durant tout le chantier (quelle robustesse!) ce qui ne les empêchait pas tous les matins aux aurores d'être présents devant les tentes, alors que nous nous levions.

J'appris par la suite que le dimanche, pour se détendre ils allaient à la chasse au chamois à 3000 m!

On ne dira jamais assez la résistance, l'assiduité et le courage de ces hommes de la montagne, grâce auxquels ces travaux purent être menés à bien et devant lesquels on se sentait tout petits.

On n'en dira pas autant du cuistot, réputé professionnel, mais plutôt fumiste... Il s'avère qu'il est surtout doué pour ouvrir des boîtes de conserve. Comme on lui en fait le reproche, il nous rétorque qu'il n'est pas équipé! Il nous a pourtant fait amener sa gazinière personnelle et des bouteilles de butane, qui à elles seules avaient monopolisé deux mulets... Comme on lui dit « Faites-nous autre chose! Par exemple de la purée! » la réponse est: « impossible, je n'ai pas de noix de muscade ».

À l'issue de la première semaine, il est renvoyé dans ses foyers et non remplacé on saura bien ouvrir nous-même des boîtes, cuire des pâtes et du riz, ou découper des tranches de jambon...

Le midi sur le terrain, c'est évidemment le pique-nique. Les aides nous étonnent encore par leur sobriété: eux, si costauds, se contentent d'un morceau de tomme avec du pain. Par contre pas mal de pinard, mais jamais de trace d'ivresse. Il faut dire qu'avec les efforts qu'ils déployaient, ils éliminent un maximum.

Une nuit, nous avons droit à un violent orage. Surprise! La tente auto si décriée, résiste, mais la canadienne, sans doute mal montée s'effondre lamentablement.

Tout le monde se retrouve empilé dans l'autre tente.

Pour éviter tout pépin à l'avenir, on montera le camp désormais près de cabanes de berger plus ou moins en ruines, chaque fois que possible, afin d'avoir une solution de repli en cas de coup dur.

Sur le plan technique, je découvre que l'opération piquetage, que j'imaginai toute bête, cache en réalité bien des difficultés.

Tout d'abord en terrain accidenté et boisé, on ne voit pratiquement jamais l'extrémité de l'alignement à mettre en place. On se trouve donc constamment devant le « problème du tunnel » qui oblige pour lancer la direction initiale à recouvrir à tous les moyens disponibles: polygonation, triangulation, rattachement en coordonnées, ou plus prosaïquement lorsque c'est possible, installation de balises de grande hauteur ou d'échafaudages. Rien de bien sorcier sur le plan technique, mais il faut y apporter beaucoup de soin et y passer beaucoup de temps.

Par ailleurs, dans ces conditions, le piquetage ne peut se faire qu'en s'orientant sur l'arrière, en double retournement pour éviter les erreurs de collimation. Là encore beaucoup de soin, les imprécisions s'accumulent vite et gare aux surprises quand on voit enfin la balise de fin d'alignement qui risque justement de ne plus être dans l'alignement.

Le travail est très dur physiquement, car il faut cheminer sur l'axe du tracé souvent en dévers, en franchissant tous les thalwegs transversaux, généralement très encaissés, et revenir le soir en faisant le même itinéraire à l'envers.

Résultat, au bout de quelques semaines une de mes chevilles présente une douleur vive au niveau du tendon d'Achille. Je redescends en fin de semaine pratiquement sur un pied. Visite chez un médecin d'Albertville. Diagnostic: tendinite, nécessitant une semaine de repos absolu. Impossible vu les délais du chantier. Le médecin propose alors une infiltration de cortisone, traitement tout nouveau pour l'époque. C'est miraculeux, le lundi matin ça va (provisoirement, car j'en paierai les effets secondaires un an plus tard). Une autre fois, mon opérateur s'effondre en larmes et refuse de faire un pas de plus. C'est la crise de nerfs due à une fatigue extrême.

Il faut dire que marcher en montagne, c'est déjà très dur pour quelqu'un de non entraîné, mais le pire c'est de marcher chargé de matériel (théodolite, trépied,...). On ne peut trop solliciter les aides, déjà fort occupés à



abattre les arbres, à la main bien sûr (hache, passe-par-tout... pas de tronçonneuse en ce temps-là).

Un jour sans l'aide précieuse de ceux-ci, redescendus en fin de journée, on croit bien faire, en tirant droit à travers la montagne pour revenir au camp, mais en sortant d'un bois on se heurte à une sorte de falaise broussailleuse qu'on entreprend d'escalader tant bien que mal en jouant les spiderman.

Fatale erreur, arrivés en haut, exténués et croyant déboucher sur un plateau, on découvre qu'on est sur une arête rocheuse avec un canyon vertigineux à nos pieds. Ne pouvant faire marche arrière, nous voici obligés de suivre cette crête aussi acérée qu'une lame de couteau, vite, car la nuit tombe. Mais malheur, un opérateur s'est dégonflé d'escalader la falaise et sans nous en avertir est reparti à l'envers en suivant le layon. Quelle angoisse d'avoir perdu le contact avec lui (à l'époque bien sûr pas de Talky-Walky) et quelle engueulade quand on l'a récupéré au camp, tard dans la soirée !

Autre découverte des pièges de la montagne : souvent en cette période d'automne, après une marche laborieuse pour arriver sur les lieux de travail, les nuages se mettent à descendre ou à monter rapidement et on se retrouve au cœur de ceux-ci, sans visibilité, durant de longues heures, dans l'attente hypothétique d'un dégagement du ciel. Que de temps perdu, et pendant ce temps-là, les délais courent ! Quel plaisir aussi en fin de semaine de recevoir des coups de fil de la direction ou du client, avec des questions du genre : « mais qu'est ce que vous foutez ? Ça n'avance pas ».

Heureusement quand il fait beau, notre récompense est d'évoluer dans des paysages superbes qui nous laisseront des souvenirs inoubliables, et dans lesquels on a le bonheur parfois d'apercevoir quelques chamois ou des vols de grands tétras.

Après les opérations de piquetage-layonnage, la phase lever est un peu plus facile, car on peut progresser dans le layon et se repérer sur les piquets et balisettes. Celui qui n'est pas à la fête c'est l'opérateur, quand il doit mettre en station dans des pentes de plus de 50 grades et souvent dans les éboulis.

Le soir, il faut calculer les cheminements pour s'assurer au minimum que les stations collent. Très peu de fermures en nivellement. Il faut travailler selon la bonne vieille méthode tachéométrique pour s'auto-contrôler (visées directes et inverses + 2 rattachements, visées maxi : 200 mètres).

Avec le T1 non auto-réducteur, il faut bien sûr, faire les réductions à l'horizontale et calculer le nivellement trigonométrique avec la CURTA et les tables de valeurs naturelles, ce qui est très long.

La précision est parfois à la limite, vue l'importance des pentes et les problèmes de verticalité des mires qui conditionnent tout. Quand c'est possible, on fait des visées zénithales sur des balises lointaines aussi proches que possible de l'horizontale, ce qui fait un contrôle supplémentaire en Z.

Il faut souligner que dans un profil de ligne la question du nivellement est de loin la plus importante, car la hauteur des futurs pylônes et câbles est bien sûr liée à l'exactitude verticale du profil en long (Échelle : L : 1/2 500 ; H : 1/500).

Heureusement, on reçoit un nouvel opérateur en renfort, récemment embauché par la direction (incompétente en topo) sur le seul critère qu'il était capitaine d'artillerie

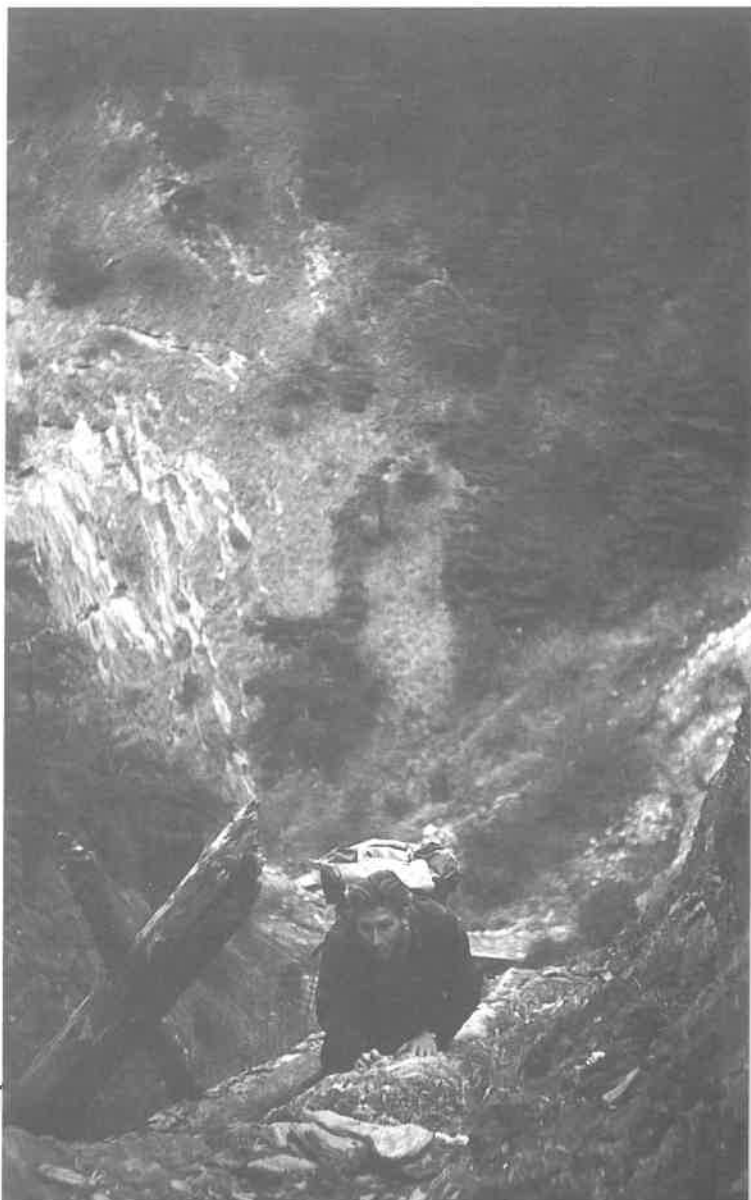
dans l'armée roumaine (venant tout juste de franchir le rideau de fer). Je suis un peu inquiet devant son âge et ses lunettes de myope, mais il parle français, c'est déjà ça ! Un rapide contrôle de son travail révèle que ses alignements sont en ligne brisée...

Il s'ensuit une enquête et un interrogatoire de cet homme au demeurant fort sympathique, mais qui nous avoue qu'il ne distingue pas le réticule et que pour aligner les piquets, il considère que quand il voit le jalon au centre du champ de la lunette il pense que c'est bon ! Impossible de continuer comme ça, le renfort se transforme en boulet. On essaie de lui confier une voiture pour s'occuper de l'intendance, mais il ne voit les virages (nombreux en montagne !) qu'au dernier moment. C'est l'aide qui l'accompagne qui lui dit quand ça tourne et de quel côté ! Ce dernier refuse catégoriquement de l'accompagner désormais. Renvoi au siège et fin de sa carrière dans l'entreprise.

Ce versant Tarentaise est enfin piqueté et levé, jusqu'au col de la Madeleine, point le plus élevé du tracé (2000 m) mais en réalité le plus facile (zones d'alpages) comme souvent en moyenne montagne où les difficultés physiques ne sont pas toujours liées à l'altitude. Il faut maintenant nous transférer en Maurienne.

Rappelons que la route actuelle du col de la Madeleine n'existait pas alors, et qu'il n'y avait pas d'intercommunication entre les deux vallées.

Ce versant étant relativement plus accessible (pistes desservant des chalets) on renonce au camping. Devant



l'incapacité de nos 2CV à escalader en charge des pentes aussi raides par des chemins non entretenus, on nous octroie une Jeep, survivante de la 2^e guerre mondiale et qui sera souvent en panne avec de grosses difficultés pour trouver les pièces de rechange.

On embauche de nouveaux aides habitant dans des hameaux isolés dans la montagne. Étant basés à St Jean (enfin de vrais lits, dans un vrai hôtel !) il nous faut tous les jours faire le ramassage matinal de ces hommes (temps de trajet de l'ordre d'une heure) avec l'opération inverse le soir. Départ de l'hôtel à 5h30 pour pouvoir être à pied d'œuvre au lever du jour.

Il commence à faire froid, la Jeep n'est pas couverte et il faut s'engoncer dans des peaux de mouton. Quand j'arrive au domicile des aides, ils finissent leur petit-déjeuner et le rituel veut qu'on boive avec eux un coup de gnôle « pour se mettre du cœur à l'ouvrage » ce qui provoque évidemment un réconfort immédiat.

Le problème c'est qu'ils emportent tous une flasque de ce breuvage, et que si on ne veut pas les vexer il faut la vider avec eux.

C'est en général une deuxième rasade « pour se donner du courage » quand on abandonne la Jeep avant d'attaquer l'escalade pédestre, puis une troisième quand on arrive sur le tas, pour « se retaper » puis ce qui en reste avant le pique-nique en guise d'apéritif et après en guise de digestif, devant un bon feu de bois pour compenser les effets du froid.

Je ne me serais jamais cru capable d'ingurgiter autant d'alcool sans dommage apparent, encore une fois l'intense activité physique compense ces excès.

Quand à nos montagnards n'en parlons pas, ils tiennent le coup merveilleusement. Je suis toujours aussi admiratif devant leur force tranquille et leur dévouement. Parfois j'hésite à les envoyer placer la mire pour prendre des points de contre pente sur des arêtes qui me paraissent inaccessibles, mais quand je leur fais part de mes doutes, ils s'empressent d'y aller tels de véritables chamois.

Malheureusement, pressés par leurs activités agricoles et forestières avant l'hivernage, ils ne peuvent continuer longtemps avec nous. Impossible d'en trouver d'autres de cette trempe, sauf quelques « bras cassés » proposés par l'ANPE, vite largués.

Nous sommes donc contraints de continuer la suite des opérations à 2 géomètres par équipe, chargés comme des bourricots, écoeurés, démoralisés, harassés, ce qui nous entraîne aux pires imprudences avec le fol espoir de gagner du temps et d'économiser notre peine.

J'en citerai deux exemples :

Un soir, pris par l'approche de la nuit, on veut tirer droit encore une fois (la leçon n'a pas suffi), pour redescendre à la voiture en s'orientant sur les lumières de la vallée.

Dans le noir, on escalade et on dévale des pentes dont on ne mesure pas la raideur, le lendemain au grand jour, terreur rétrospective, surtout pour moi qui suis sujet au vertige, en revoyant le théâtre de nos exploits, on se demande comment on a bien pu passer là. Pour se rassurer, on achète une corde de varappe, mais ignorants de cette technique, on frôle plusieurs fois la catastrophe en restant coincés sur des corniches vertigineuses avec le derrière dans le vide et la peur au ventre

Alors on se dit qu'une Jeep c'est fait pour aller partout, et toujours dans l'espoir de gagner du temps, on entreprend un jour d'utiliser un vague chemin repéré sur le 1/25000. On s'engage dans celui-ci qui est bien délabré,

mais c'est de plus en plus étroit, on se retrouve sur une corniche et les deux roues extérieures sont quasiment dans le vide. Plus possible de faire demi-tour.

Un de nous passe devant à pied, pour guider le véhicule à la vitesse d'un piéton. Le risque est énorme et le gain de temps nul, mais on évite le portage du matériel, ce qui est déjà important, car encore une fois marcher avec de lourdes charges est vraiment exténuant.

Enfin on arrive sur un plateau relatif, la piste passe entre quelques chalets en bois inhabités, mais ceux-ci sont si rapprochés que dans un virage la jeep est coincée. On tire, on pousse, on force, quelques planches des chalets sont arrachées, mais on passe enfin.

On peut faire notre travail, mais le soir pour redescendre, pas question de repasser au même endroit, on vise la vallée de l'autre côté du col. Plus de piste, c'est le tout terrain intégral. Enfin on

débouche dans un groupe de maisons en bas de cet autre versant. Les habitants refusent de croire en nous voyant surgir de la montagne que nous sommes passés là en voiture. En voyant l'expression de leur visage, il est clair qu'ils nous prennent pour des fous. Il faut dire que là-haut on est tombé sur une vieille Citroën B14 en ruines. Renseignements pris, c'est un type, il y a quelques années, qui avait pris le même itinéraire, de nuit et complètement ivre. Une fois dessoufflé, il avait pris peur et abandonné la voiture qui est restée là-haut pour l'éternité.

Pour nous remonter le moral, on apprend qu'un contrôleur de travaux EDF vient de se tuer à deux pas d'ici avec sa jeep. Chute de 200 m suite à un demi-tour loupé.

Autre piège : quand on travaille ainsi, sans aide, et très encombré il faut faire attention à tout. Il n'est pas rare





LA REPONSE A TOUS VOS BESOINS EN INFORMATIQUE CARTOGRAPHIQUE

AUDIT-CONSEIL

LOGICIELS CAO,
DAO et SIG

DEVELOPPEMENT
D'APPLICATIFS

FORMATION
ASSISTANCE

DONNEES
CARTOGRAPHIQUES



Gestion du parcellaire
et de l'urbanisme



Gestion
de cimetière



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



Gestion de patrimoine :
bâtiments, espaces verts...

Parc des Rouges Barres - Rue Marcel-Dassault - 59700 Marcq-en-Barœul
Tél. : 03 20 65 03 44 - Fax : 03 20 65 07 76 - E-mail : infos@i2g.fr



L'évolution des stations totales électroniques TOPCON continue avec l'intégration de servo-moteurs dans les instruments haut de gamme TOPCON.

La performance des mesures, la grande puissance informatique et la simplicité de l'interface utilisateur désormais associés à la toute dernière technologie de servo-moteurs en font la série d'instruments du géomètre d'aujourd'hui.

LA TOPOGRAPHIE DEVIENT PLUS FACILE

LE GÉOMÈTRE MOTORISÉ!

- Servo-moteurs rapides
- Mouvement sans blocage et sans fin
- MS DOS / PCMCIA
- Logiciel de levé topographique très complet
- Haute précision, hautes performances
- Facile à utiliser

**STATIONS TOTALES ELECTRONIQUE
SERIE GTS-800**

qu'un outil posé par terre soit littéralement aspiré par la pente et se retrouve quelques dizaines de mètres plus bas. Un jour pour mieux franchir un thalweg abrupt je veux me libérer les mains en lançant le sac de piquets sur l'autre rive mais catastrophe, je loupe mon coup, le sac tombe dans le torrent qui l'emmène vers la vallée à vitesse grand V. Plus de piquets, nous voici handicapés dans notre travail. Ce n'est qu'un des mille et un petits avatars quotidiens...

L'hiver arrive, la neige menace, il faut terminer très vite. Comme souvent, le client EDF a donné l'ordre de commencer les relevés beaucoup trop tard dans la saison. C'est nous qui en faisons les frais (on a vu pire en Afrique où il est arrivé de recevoir l'ordre de commencer 15 jours avant la saison des pluies, comme si celle-ci avait quelque chose d'imprévisible). Le dimanche, on continue à calculer les carnets, puis on dort, on dort...

Enfin c'est terminé. Retour au bureau juste avant les premières neiges (les dieux étaient donc avec nous?) puis calcul définitif des cheminements et des fermetures.

Hélas un gros os en nivellement, bien sûr en un des endroits les plus inaccessibles!

Il faut faire une reprise. Retour sur place mais la neige est là et bien là. Il faut tout se taper à pied, ça glisse, on grimpe de 10 m on recule de 5, quelle galère!

On s'est aussi aperçu que quelques points de contre pentes sont insuffisamment précis et doivent être améliorés, notamment sur des traversées de câbles de téléphériques à bois ou à foin.

Rappelons que dans un projet de ligne THT il faut raisonner en 3D, ne pas lever que ce qui est au sol, imaginer la largeur de la nappe des câbles futurs (de l'ordre de 20 mètres dans cette tension) et prendre des points en XY et Z parfois très éloignés de l'axe en prévision de leur balancement sous l'effet du vent (souvent à plus de 100 m dans les grandes portées).

Mon inexpérience de lignard m'a fait commettre des erreurs d'appréciation, quant à ce problème nouveau pour moi, erreurs qui auraient pu coûter cher. On peut être DPLG et ne pas tout savoir de ce qu'est une ligne électrique. C'était bien léger d'envoyer un néophyte comme moi...

En contrepartie de ces déboires, j'ai découvert et c'est une constante, que les chantiers les plus durs sont les plus gratifiants, pour ne pas dire exaltants, et que ce sont ceux qui laissent les meilleurs souvenirs dont on n'aura qu'une pâle idée à travers ces lignes.

Quelques années plus tard, lors de vacances familiales dans la région, je rends visite avec plaisir à mes amis savoyards qui nous avaient si bien secondés et qui m'accueillent à bras ouverts. J'apprends rétrospectivement que dans leur mémoire, ce pied tendre de géomètre parisien ne s'était pas si mal débrouillé.

Petite satisfaction d'amour propre qui fait chaud au cœur, venant de gens aussi extraordinaires.

Enfin autre satisfaction, la ligne se construit l'été suivant, avec de gros moyens comme toujours dans les chantiers de construction (mise en place de téléphériques, hélicoptères,...) malheureusement un hélico se

crashe au décollage suite à une charge mal équilibrée. Pas de perte en hommes heureusement, mais les restes de la machine doivent toujours être là-haut.

Plus tard, nous étudierons d'autres projets, encore plus hauts (plus de 3000 m) plus difficiles, mais la technique et les moyens ont évolué, les hommes aussi. Ce sera l'avènement de la photogrammétrie jamais utilisée jusqu'alors en France dans ce domaine, et l'utilisation intensive de l'hélicoptère

pour le balisage, la stéréopréparation et les implantations.

Malheureusement dans ce type d'activité, on ne pourra jamais éviter la nécessité d'interventions sur le terrain notamment la pénible opération de layonnage (à la tronçonneuse désormais) qui doit être obligatoirement guidée par des géomètres, afin de matérialiser le tracé et préparer les travaux préliminaires au chantier. Parmi ceux-ci le marquage et comptage des bois (sale boulot) nécessaires pour les indemnités aux propriétaires avant la création des tranchées d'abattage indispensables à la sécurité de l'ouvrage.

On découvrira aussi de nouvelles difficultés bien plus complexes à maîtriser :

Faire accepter les tracés par les populations dont les mentalités ont évolué, mais ceci est une autre affaire...



N.D.L.R. : Par ce texte de Robert Chevalier nous inaugurons une nouvelle chronique de la revue consacrée, comme son nom l'indique, à la TOPOGRAPHIE VÉCUE par les géomètres et topographes (les autres aussi d'ailleurs, touchant de près le métier).

Nul besoin de vous expliquer que nous comptons sur nos lecteurs pour lui donner l'aliment nécessaire à sa survie et à son intérêt.

Alors racontez la richesse de la vie dans cette profession où l'humanisme et l'aventure tutoient très souvent la science et la technique.

À bientôt dans nos pages.

Imprimez un A1 en 45 secondes



Avec la nouvelle gamme HP DesignJet 1000.

Des performances inimaginables? Aucun problème pour la nouvelle gamme HP DesignJet 1000. L'imprimante grand format la plus rapide de sa catégorie, intégrant la technologie HP JetExpress pour offrir les meilleures performances jamais atteintes sur une imprimante jet d'encre.

45
secondes

Noir ou couleur
(mode économie)

Lancez-vous dans la course qui vous permettra d'obtenir des impressions en format A1 en à peine 45 secondes. Réalisez également des économies. La technologie HP JetExpress réduit vos coûts d'exploitation et augmente votre productivité. Renseignez-vous sur nos possibilités de location et de reprise.

Vous aurez plus vite fini.

- Impression jusqu'à 6 fois plus rapide avec les têtes d'impression utilisant la technologie HP JetExpress
- 1200 ppp en noir adressables
- 600 ppp en couleurs
- Consommation d'encre réduite, diminuant vos coûts d'exploitation
- 512 buses dans la tête d'impression pour plus de fiabilité
- Jusqu'à 16,7 millions de couleurs avec la certification Pantone®
- Gestionnaires développés par HP pour AutoCAD, Microsoft Windows 3.1, 95/98 et NT 4.0
- Connexion réseau 10/100 Base-TX



Pour plus d'informations, visitez
notre site Web à l'adresse
<http://www.france.hp.com/designjet>

JetExpress
technology

**hp HEWLETT®
PACKARD**
Expanding Possibilities
HP. Et tout devient possible

été 98 : dans XYZ/76, un article de Ilario Prévitali décrivait la participation de la société sintegra aux travaux d'implantation et de matérialisation de la frontière

implantation de la frontière oman-yemen



Ilario Prévitali
société SINTEGRA

internationale entre le sultanat d'Oman et la république du Yémen. Ce chantier hors norme était aussi une aventure humaine ainsi que ce texte en fait le récit. Une suite à l'exploit technique d'une application GPS hors du commun.

La participation de notre société aux travaux d'implantation et de matérialisation de la frontière internationale entre le Sultanat d'Oman et la république du Yémen fut l'occasion unique pour nos ingénieurs de découvrir ces 2 pays étonnants et de vivre durant les 7 mois de chantier quelques péripéties peu banales...

UN VIEUX CONFLIT FRONTALIER ENTRE LES DEUX PAYS ENFIN RÉGLÉ...

Dans les massifs montagneux du Dhofar, situés en Oman, s'élevant en bordure du Yémen, la tradition bédouine a longtemps prévalu. Les territoires respectifs de ces deux pays ont toujours été mal délimités. En octo-

bre 1992, le vieux conflit frontalier existant entre Oman et Yémen a été réglé de manière pacifique.

Cette région, aujourd'hui en paix, a auparavant connu des années de violence. En Oman, en 1964, naquit une révolte contre le sultan Saïd régnant à cette époque. Celle-ci fut soutenue, entre autres, par le Yémen du sud, alors en pleine guerre civile. En 1976, un cessez-le-feu fut finalement proclamé entre les trois parties concernées, le gouvernement Omanais, les révoltés du Dhofar et le Yémen du sud. Par ce traité, le Yémen du sud devait taire ses ambitions politiques et territoriales.

YÉMEN : LE ROYAUME DE SABBAT...

Ce pays exceptionnel qu'est le Yémen est différent du reste du monde arabo-musulman. Son nom évoque la reine de Sabbath, la route des épices et de l'encens, la cité de l'algèbre et les maisons-tours de Sanaa...



Miam-miam...

En septembre 1962, une révolution provoquée par des militaires met fin à plus de 1 000 ans de régime monarchique. La république est proclamée. Une épouvantable guerre civile, qui va durer 7 années, débute alors au Nord du pays. L'unification a été réalisée, par les armes, en 1994. Le Yémen est l'un des pays les plus pauvres du monde. L'agriculture est le fondement de l'économie yéménite. Le café, le célèbre mokha, du nom d'un petit port de la mer rouge, est longtemps resté la principale production du Yémen.

Le mirage du pétrole : Les premiers gisements exploités au début des années 80, dans le Nord, sont en voie d'épuisement, alors que ceux découverts très récemment dans le sud ne suffiront pas à assurer au Yémen des revenus comparables à ceux des grands pays producteurs de la région

OMAN : DE L'ENCENS À L'OR NOIR...

Ce Sultanat, devenu gardien de l'incontournable détroit d'Ormuz, a été, pendant des millénaires, un carrefour entre la péninsule arabe, le moyen orient, l'Afrique et l'Inde. Si le pétrole a radicalement transformé l'équipement du pays, l'espace rural qui emploie plus de la moitié de la population active est resté très important.

Plus de 1 800 puits de pétrole parsèment le territoire. Le gaz constitue également une ressource énergétique importante. Le tourisme, alors qu'il était quasi inexistant il y a une décennie, commence à connaître un certain essor et représenter un intérêt économique pour le Sultanat.

L'IMPLANTATION DE LA FRONTIÈRE LES PREMIÈRES PÉRIPÉTIES... OU COMMENT ARRIVER ENTIERS À BON PORT... ?

En général, le Sultanat est équipé d'un excellent réseau de routes asphaltées qui relient les principaux centres d'activité du pays. Les pistes principales sont également en bon état. Cela se gâte sérieusement sur les pistes secondaires ou tertiaires...

Nos permis de conduire n'ayant pas reçu le coup de tampon administratif nécessaire, durant les premiers mois, des chauffeurs ont été affectés à nos véhicules 4 x 4. Ces chauffeurs, engagés spécialement pour le chantier de la frontière, possédant tous un permis en règle, présentaient une caractéristique inquiétante : celle de n'avoir jamais conduit une voiture. D'origine indienne ou pakistanaise, ils n'avaient tout simplement jamais eu les moyens d'acheter un véhicule ! Assez rapidement, nous pûmes constater leur totale incapacité à nous acheminer d'un point à un autre sans nous causer de belles frayeurs ! Bilan de cette première phase de déplacement assisté : 8 accidents le premier mois... Certains ont

causé des blessés. Ces accidents étaient spectaculaires car souvent, ils survenaient à grande vitesse. Se retourner à plus de 110 km/h, sur des pistes étroites, plus ou moins en bon état, ne constitue pas une expérience très exaltante !

Heureusement, par la suite, une fois que nous fûmes autorisés à conduire nous-même, nous pûmes revenir à des vitesses et des sensations de conduites adaptées à nos limites psychologiques !

LES PÉRIPÉTIES SUIVANTES... OU COMMENT S'ADAPTER À LA VIE EN BASE VIE ET AUX SORTIES ACCOMPAGNÉES... ?

La gestion de notre temps ne présentait aucune difficulté dans la mesure où nous étions soumis à la règle des trois 7 : Travail 7 jours sur 7, pendant 7 mois !

Toutes les bases vie se ressemblent un peu... Tous les géomètres de chantier du monde pourront vous le confirmer... Notre base était des plus cosmopolite ! Omanais, Yéménites, Libanais, Français, Allemands, Anglais, Indiens, Pakistanais et Jordaniens se sont côtoyés sans problème... jusqu'à l'ouverture de la coupe du monde de football ! Certains soirs de match, l'ambiance était aussi chaude que la température du Rub al Khali (le désert des déserts...). Alors qu'il s'agissait seulement de s'emparer le premier de la télécommande permettant le choix de la chaîne et de la langue, la tension montait déjà dans la salle... Pour échapper à cette terrible condition de téléspectateur, certains ont tenté de faire du sport. L'interdiction de faire du footing en plein désert à cause de la présence de fennecs enragés a considérablement découragé les plus motivés.

Compte tenu du contexte politique existant dans le Dhofar, à l'époque à laquelle avaient lieu les travaux d'implantation de la frontière, toutes nos sorties sur le terrain étaient encadrées par l'armée Omanaise. Bien que ce genre de relations professionnelles ne soit pas propice à des rapprochements très conviviaux, nous avons pu, au fil du temps partager des moments très sympathiques et intéressants avec les soldats qui nous accompagnaient.

Malgré tout, nous avons le plus grand mal à comprendre leur stratégie de déplacement sur le terrain : régulièrement, leurs véhicules, qui nous précédaient systématiquement, se fourvoyaient et s'ensablaient ! Dans bien des cas, nos GPS de navigation nous ont permis de retrouver la frontière et de guider... nos guides !

Ce chantier exceptionnel, qui s'est déroulé dans un contexte politique particulier entre les deux pays, fut une réussite collective, aussi bien technique qu'humaine. Nous pourrions même dire qu'elle fut plus humaine que technique...



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

La solution SIG à la portée de Tous

Planifier

Communiquer

Entreprendre

Faites parler le plan

Vicad

micROPLAN
Web: www.microplan.fr

B.P. 85 - 67152 ERSTEIN Cedex
Tél. 03 88 64 80 80 - Fax 03 88 64 80 89

**Consultation
et Edition**

- Cadastre
- Réseaux
- POS



- 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

Dès la création des Observatoires de Paris et de Greenwich, les astronomes entreprirent de rattacher les côtes anglaises et françaises puis les méridiens respectifs

courte histoire des raccordements des observatoires de Paris et de Greenwich

communication présentée
au Congrès FIG de Brighton
en 1998

Suzanne Débarbat
Observatoire de Paris
DANOF/URA 1125 du CNRS

des deux pays. La dernière opération eut lieu en 1987. Ce qui suit constitue une courte histoire des raccordements qui eurent lieu de la fin du XVII^e siècle à notre époque.

LE RACCORDEMENT DE 1681

L'Académie des Sciences de Paris est créée en 1666 et dans la foulée, l'Observatoire de Paris voit le jour. Sa première pierre est posée au moment du solstice d'été le 21 juin 1667. Les astronomes de l'Académie déterminent ce qui deviendra le méridien de Paris, imposant à l'architecte Claude Perrault (1613-1688), frère de Charles, de donner à l'édifice une orientation exactement nord-sud. L'*Observatoire Royal* de Louis XIV, de nos jours *Bâtiment Perrault*, construit entre 1667 et 1672, a pour axe de symétrie le méridien de référence pour la France.

L'un des astronomes de l'Académie des Sciences de Paris, Picard (1620-1682) décide de mesurer, de part et d'autre de l'Observatoire de Paris, un degré de méridien. Pour cela il met au point et/ou invente les trois instruments dont il aura besoin : un quart de cercle mobile, un secteur mobile, un niveau. L'opération de triangulation, qui débute en 1669, est menée entre Sourdon près d'Amiens, et Malvoisine près de La Ferté-Alais, au sud de Paris. Devant le succès de l'opération, dont par ailleurs les résultats confortèrent Newton (1642-1727) dans la validité de ses théories et l'amènèrent à publier les célèbres *Principia* (1687), Louis XIV et Colbert sont conduits à ordonner une autre opération : la rectification des côtes de France.

La détermination des différences de longitude, entre les ports et le méridien de Paris, est faite en utilisant les éclipses des satellites de Jupiter découverts par Galilée (1564-1642) en 1609/1610 appelés maintenant satellites galiléens. Des éphémérides précises de ces phénomènes, jouant alors le rôle d'horloge, avaient été établies

par Jean-Dominique Cassini (1625-1712) dès 1668, ce qui conduisit Louis XIV et Colbert à inviter ce brillant astronome de Bologne à venir participer aux travaux des débuts de l'Observatoire de Paris. Arrivé à Paris en 1669, et tandis qu'il observe sur le méridien de Paris, les Académiciens Picard et La Hire (1640-1718) se déplacent le long des côtes de l'Atlantique, de l'Espagne au nord de la France.

Les déterminations sont faites en 1681, utilisant principalement les éclipses de Io, ce satellite le plus proche de Jupiter qui, en 1676, a permis à l'astronome danois Roemer (1644-1710), alors à l'Observatoire de Paris, d'affirmer que la lumière avait une vitesse finie. Le méridien de référence pour les observations est celui défini en 1667; et la carte qui superpose la carte de Sanson (1600-1677) de 1649 au nouveau tracé est la toute première sur laquelle figure cette référence. Dans son éloge de la Hire, Fontenelle (1657-1757) raconte que lorsque la carte fut présentée à Louis XIV, à l'issue des opérations, celui-ci aurait fait remarquer que ses astronomes lui avaient fait perdre plus de territoires que ses guerres...

À l'occasion de leur opération de rectification des côtes ouest de la France, Picard et la Hire déterminent la largeur du Pas-de-Calais. Leur résultat, *21 630 toises mesure du Chastelet de Paris*, est envoyé par la Hire à Cassini dans une lettre du 22 novembre 1681; dans une lettre datée du 26 novembre suivant, Cassini écrit à la Hire qu'il communiquera *la distance de Calais à Douvres* à l'Académie de Paris. Cette détermination est apparemment la première de l'époque moderne.

(cf. figure 1, page suivante).

LE RACCORDEMENT DE 1697

En 1675 est décidée la création du *Royal Greenwich Observatory* en sorte que soit étudié et résolu ce qu'il est convenu d'appeler le problème des longitudes. Depuis de

OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES

FAITES

AUX COSTES SEPTENTRIONALES
DE FRANCE

pendant l'année 1681.

Par Messieurs PICARD & DE LA HIRE.

LARGEUR DU PAS DE CALAIS.

PAR l'occasion des grands instrumens que l'on avoit portez à Calais, on voulut déterminer la distance qu'il y a entre ce Port & le Chasteau de Douvre en Angleterre, que l'on peut voir assez clairement quand le Ciel est serein.

Le 20. Novembre au matin, la mer étant fort basse, nous mesurâmes sur la Grève du Port de Calais qui regarde les Costes d'Angleterre, une ligne droite de 2500. toises, en commençant à la pointe du Bastion du Risban, qui est du costé de la mer, & en continuant vers Boulogne. Ayant posé le quart de cercle à la pointe de ce Bastion, nous prîmes l'angle que la base mesurée faisoit avec le milieu des deux Tours les plus apparentes du Chasteau de Douvre que nous trouvâmes de $37^{\circ} 58'$. & ayant transféré l'instrument à l'autre extrémité de la base vers Boulogne, nous mesurâmes l'autre angle que nous trouvâmes de $137^{\circ} 30'$. donc l'angle restant du triangle qui avoit son sommet au Chasteau de Douvre estoit de $4^{\circ} 32''$. d'où il s'ensuit que la distance entre la pointe du Bastion du Risban & le Chasteau de Douvre est de 21360. toises, mesure du Chastelet de Paris.

Cette distance s'accorde assez bien avec l'estime commune qui la met de 7. lieues, que l'on évalué ordinairement sur mer à 3000. toises chacune; mais elle est beaucoup moindre que celle qui se trouve ordinairement dans les Cartes.

La déclinaison de la ligne qui va du Risban à Douvre prise avec une grande Boussole, eût égard à la variation, fut trouvée de $65^{\circ} 45'$. du Nord au Couchant.

La variation de l'Aiguille aimantée estoit de $4^{\circ} 30'$. du Nord vers le Couchant.

On peut ajouter à ces Observations, que par celles que Messieurs Varrin & des Hayes firent avant que de s'embarquer pour Saint Thomé, la hauteur de Pole de Rouën est de $49^{\circ} 27' 30''$. & celle de Dieppe de $49^{\circ} 56' 40''$.

Fig. 1 – La largeur du Pas-de-Calais, mesure de PICARD.
La première page du livre où sont donnés les résultats.
Le raccordement des côtes anglaises et françaises de 1681,
Bibliothèque de l'Observatoire de Paris.

très nombreuses décennies, le sujet était à l'ordre du jour dans différents pays. En Angleterre, en 1674, un certain sieur de Saint-Pierre avait proposé la méthode fondée sur les distances d'étoiles à la Lune. À cette époque la position des étoiles est connue avec une précision suffisante, mais ce n'est pas le cas pour la Lune, du fait de la théorie mal assurée de son mouvement.

Charles II ordonne donc qu'un observatoire soit établi in order to the finding out of longitude for perfecting navigation and astronomy. Le premier Astronomer Royal, Flamsteed (1616-1719) s'installe, dès juillet 1676, dans les bâtiments construits sous la direction de l'architecte Wren (1632-1723). Après sa mort, le second Astronomer Royal est Halley (1656-1742), l'homme de la comète, qui lors de son Grand Tour en Europe est venu à l'Observatoire de Paris en 1681 puis en 1682. S'étant

alors lié avec Cassini, il lui enverra un exemplaire des Principia de Newton, avec une dédicace personnelle.

Halley incite la Royal Society de Londres à entreprendre, au nord de la ville, la mesure d'un degré de méridien. Dans cette perspective de 1686, il écrit à Cassini, dans une lettre conservée aux Archives de l'Observatoire de Paris : je vous supplie donc très humblement (...) de recommencer vos anciens favours, et de laisser pas en oubli ce corps de scavans qui se vante beaucoup de vous conter de leurs membres. Le corps de scavans est évidemment la Royal Society.

En 1697, le fils de Cassini, Jacques (1677-1756) se rend en Angleterre. Il commence son voyage de Calais le 15 décembre 1697 à neuf heures du matin et arrive à Douvres sur les deux heures après-midi. Cassini II se propose de déterminer la différence de longitude entre les Observatoires de Paris et de Greenwich que son père a estimé être de 10 minutes d'heure. Cassini II, à l'Observatoire d'Angleterre et, toujours par observation des éclipses des satellites de Jupiter, en déduit la différence de longitude. Il donne 9 minutes 10 secondes, entre le méridien de Paris et celui de Greenwich, à l'époque celui de l'instrument de Flamsteed.

ASTRONOMIE ET GÉODÉSIE AU XVIII^E SIÈCLE

Après le succès des opérations géodésiques que lui-même et la Hire ont menées, Picard présente à Louis XIV le projet d'une méridienne de Dunkerque aux Pyrénées; mais il meurt l'année suivante. Cassini I reprend le projet et obtient de Colbert les moyens financiers permettant de le mener à bien. L'opération débute en 1683; mais Colbert décède à la fin de l'année et les mesures, arrêtées vers Bourges, ne peuvent reprendre qu'en 1700-1701. En conclusion est présentée la remarque selon laquelle le méridien de Paris, plus à l'ouest qu'on ne le croyait, passe près du Canigou. Dans l'intervalle, en 1688, le Dépôt de la Guerre a été créé.

Cette opération est suivie par la décision de Louis XIV d'avoir une carte de France complète établie sur les mêmes principes, c'est-à-dire selon la méthode astro-géodésique que Picard et les autres ont employée avec succès. La carte générale de la France est entreprise par Cassini II, mais elle est surtout l'œuvre de son fils César-François (1714-1784) pour l'ensemble maintenant connu sous le nom de Carte de Cassini. On en trouve encore en planches originales, dans les boutiques spécialisées, et en belles reproductions à la boutique de l'Institut Géographique National.

En Écosse, sous les ordres du Corps of Engineers, le Military Survey of Scotland (créé sauf erreur pour une large part en conséquence du fait que lors de la guerre avec l'Angleterre l'approvisionnement rencontrait des difficultés pour rejoindre les troupes en raison de la médiocrité des cartes disponibles) entreprend, en 1747, le Survey of Scotland. À la tête du projet un jeune Écossais William Roy. À Greenwich, avec le titre d'Astronomer Royal, Bradley (1692-1762), Bliss (1700-1764) et Maskelyne (1732-1811) dirigent des travaux sur la méthode des distances lunaires en vue de la détermination des longitudes à la mer. Maskelyne, en 1767, publie les premières éphémérides anglaises, le Nautical Almanac, incluant les données relatives à ces distances.

Le problème des longitudes vaut à l'horloger britannique Harrison (1693-1776) de recevoir par fractions

(1764-1772) le prix proposé par le Gouvernement à celui qui permettra aux mesures d'atteindre certaine précision fixée. En fait, il y a ailleurs des succès analogues, avec Leroy (1717-1783) le Français et Berthoud (1727-1809) le Suisse. Mais il faut noter qu'en France, après les réalisations du constructeur Langlois (ca 1700-1756), l'art pour la construction des instruments scientifiques décline, tandis que les Britanniques règnent avec Graham (1675-1751), Bird (1709-1776), dont l'Observatoire de Paris possède le dernier quadrant mural, et Ramsden (1735-1800).

LES DÉBUTS DU RACCORDEMENT DE 1787

Cassini II et son fils César-François proposent de couvrir la France de 800 triangles dans un réseau géodésique qui doit permettre d'établir la carte complète du pays. En 1750, le projet – de 80 cartes – est lancé. Cassini III est, en 1783, près de voir l'œuvre achevée, ce qui l'amène à songer au raccordement de la France aux pays voisins. Le Roi d'Angleterre, George II, est intéressé, du fait qu'il a ordonné une opération cartographique pour 1783-1784.

Cassini III reçoit, en mai 1784, une lettre disant *Ayant plu-gracieusement à notre Roi de donner des Ordres pour qu'on mesurât une Base et tira de là des Triangles afin de joindre la situation de l'Observatoire Royal de Greenwich à celui de Paris (par le moyen d'une jonction avec les triangles portés par vous au côté de la Mer vis-à-vis de Dover)...* Mais Cassini III meurt en septembre de cette même année; pour le projet, il sera remplacé par son fils Jean-Dominique (1748-1845), Cassini IV, qui assurera la direction des opérations du côté français.

Plus tard, Cassini IV écrira, à propos de son père et du raccordement : *Il n'y eut qu'en Angleterre où il fut suffisant que le projet de Cassini de Thury renfermât quelque chose de grand et d'utile aux sciences pour être saisi, approuvé et mis à exécution avec ce zèle, cette grandeur de moyens qui caractérisent une nation éclairée qui a porté les arts et les sciences à un si haut degré.* Ainsi se trouvait décidée une chaîne de triangles entre Greenwich, Douvres et la côte française, laquelle était déjà rattachée à la Méridienne de France.

Du côté britannique, les opérations sont placées sous l'autorité de la *Royal Society* que son président Banks (1743-1820) confie à l'*Ordnance Survey* sous la responsabilité de l'ingénieur Roy (1726-1790). Banks avait écrit, en mai 1784, à Cassini III *je saisi la plus prompte occasion de requérir votre assistance en coopérant de votre côté de l'eau dans l'ouvrage de joindre...* De nombreuses lettres sont échangées entre Cassini IV et Roy pour préparer la campagne. Ils sont en excellentes relations et quand, en 1786, Cassini IV se rend en Angleterre, il écrira, à propos de sa visite, lorsque la nuit fut venue nous allâmes passer la soirée chez le général Roy, on nous présenta le thé selon la mode anglaise. Ensuite un fort bon souper, qui dura fort longtemps car les Anglais ne peuvent quitter la table.

Au cours de l'été 1784, les Britanniques mesurent une base (27 404 feet*, environ 8 355 m) au sud-ouest de Londres. Au lieu des perches en bois antérieurement employées, ils utilisent des tubes de verre, en attendant de pouvoir disposer des instruments astro-géodésiques que doit construire Ramsden et qui ne sont pas achevés. De Ramsden, Cassini IV écrit qu'il est le plus grand artiste de l'Europe. Côté français, les mesures angulaires sont effectuées avec un cercle entier d'un pied de diamètre suivant les principes de M. Chevalier de Borda. Celui-ci a été fabriqué par Lenoir (1744-1832) dont les talents sont parfaitement connus écrira le même Cassini IV.

(cf. figure 3, page suivante).

Au cours de l'automne 1786, de nouvelles lettres sont échangées, pour le raccordement Paris-Greenwich, entre Blagden (1748-1820), alors Secrétaire de la *Royal Society*, Roy et les astronomes français. L'année suivante, les triangles – côté britannique – sont mesurés sous la direction de Blagden et de Roy; une nouvelle base est mesurée (28 535 feet, environ 8 700 m), cette fois avec une chaîne métal-

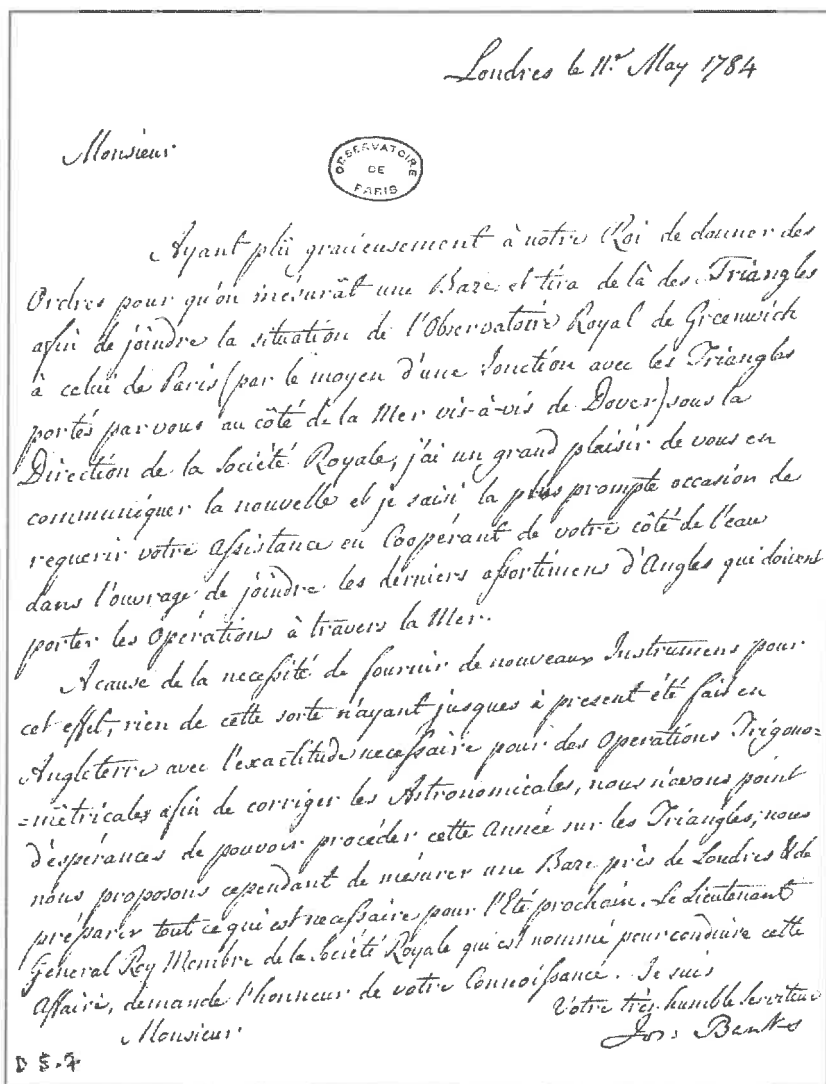


Fig. 2 – Lettre à Cassini III envoyée par Joseph Banks; seule la signature est de lui. Bibliothèque de l'Observatoire de Paris, 11 mai 1784.

* Le feet anglais vaut 2,54 cm, le feet français et le zoll allemand valent 2,72 cm.

lique. Pour les 24 triangles entre les deux bases, la différence ne dépasse pas 4,5 *inches* sur une distance de l'ordre de 60 *miles*. Il s'avérera nécessaire d'ajouter 8 triangles pour rattacher les côtes anglaises et françaises de Fairlight à Douvres d'un côté, à Calais, au Cap Blanc-Nez et Montalembert de l'autre.

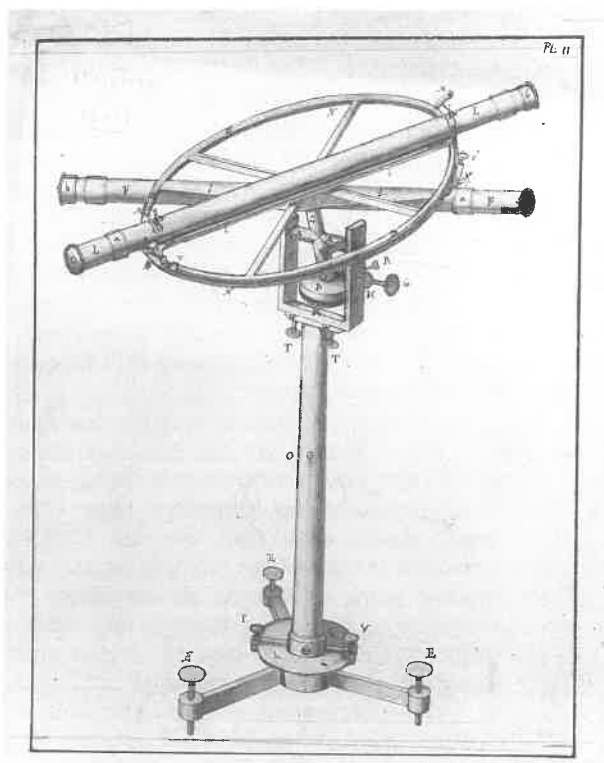


Fig. 3 – Cercle de Borda. Planche des Manuscrits D5-7, Bibliothèque de l'Observatoire de Paris.

LE SUCCÈS DU RACCORDEMENT DE 1787

Après des discussions, de mai à juin 1787, les opérations finales commencent, approuvées par Louis XVI. Cassini IV, Méchain (1744-1804) et Legendre (1752-

1833) sont désignés; ils seront accompagnés de l'astronome de Palermo, Piazzi (1746-1826). Leur instrument est le cercle que Borda (1733-1799) a mis au point sur le modèle de celui de Mayer (1723-1762). Côté anglais, le grand théodolite de Ramsden est achevé; à son propos Cassini IV écrira le fameux *instrument destiné* [...] *construit par le fameux Ramsden. Je trouvai l'ouvrage digne de son auteur, rien de plus parfait pour l'exécution, et de plus ingénieux en même temps [...] on doit admirer une nation qui n'épargne ni soin ni temps ni frais quelque immenses qu'ils soient pour atteindre la plus grande perfection dans tout ce qu'elle entreprend.*

Les relations entre Français et Britanniques sont excellentes le général Roy est le plus digne homme et le plus respectable militaire... plein d'aménité, de bonhomie, de loyauté, de modestie. En peu de moments nous le primes tous dans la plus grande amitié. Son collègue M. Blagden était déjà connu de sorte que la liaison et l'intimité furent bientôt établies. Le raccordement en de si bonnes conditions s'effectue au mieux, fondé sur les 45 triangles qui partent du château de Windsor. En décembre 1788, Roy envoie un long mémoire à Cassini IV comparant les résultats anglais et français : sur une longueur de 77 000 *feet*, la différence est de quelques *feet* seulement! Ces résultats, lus à la *Royal Society* en novembre 1789, sont publiés l'année suivante dans les *Philosophical Transactions*, puis en français dans une traduction de Prony (1755-1839).

De son côté, Cassini IV – utilisant deux hypothèses pour le géoïde – fournit les valeurs 9 m 18.6 s et 9 m 20.6 s dans la publication qui paraît sous son nom et ceux de Méchain et de Legendre. La valeur obtenue par Roy, 9 m 18.8 s, est proche du premier résultat de Cassini IV, celui qu'il considérait comme le plus probable. La valeur moderne est de 9 minutes 21 secondes entre le méridien de Paris et celui de Greenwich situé, depuis le milieu du XIX^e siècle, sur l'axe de l'instrument méridien installé par Airy (1801-1892). En 1787, le méridien de référence pour Greenwich est celui du secteur de Bradley, situé à 19 pieds anglais de celui d'Airy.

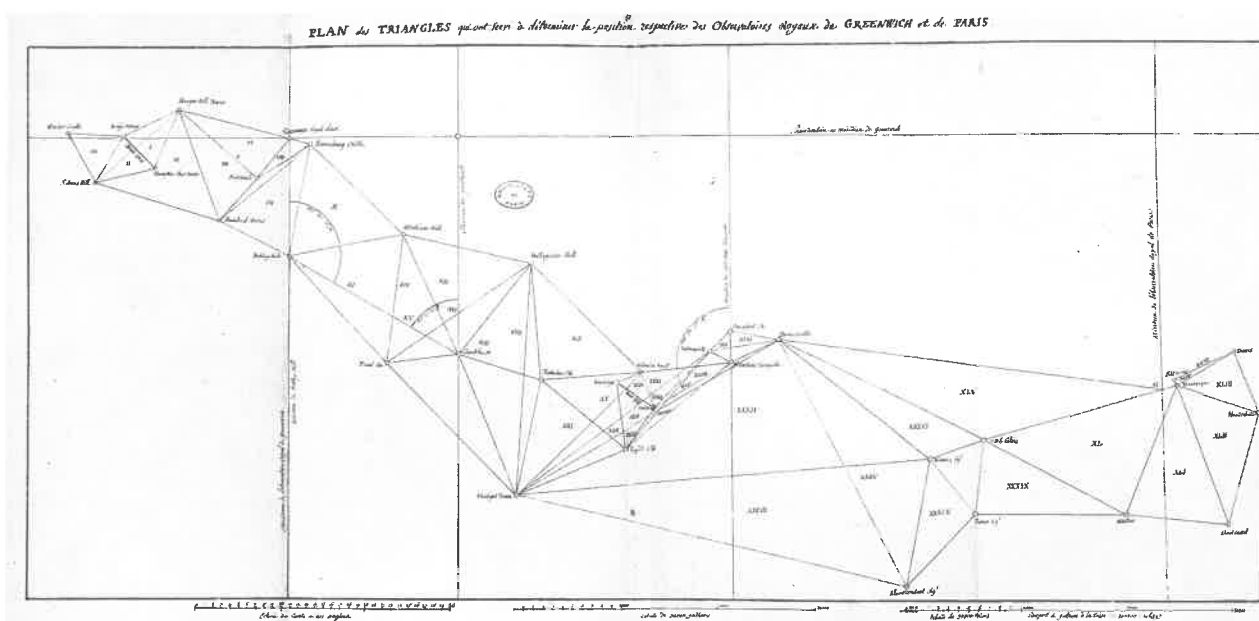


Fig. 4 – Carte des triangles qui ont déterminé la position respective des Observatoires Royaux de Greenwich et de Paris. L'échelle a été donnée en mille anglais, en brasse, en toises, avec un ratio (100 000/106 575) entre la brasse anglaise et la toise française. Bibliothèque de l'Observatoire de Paris.

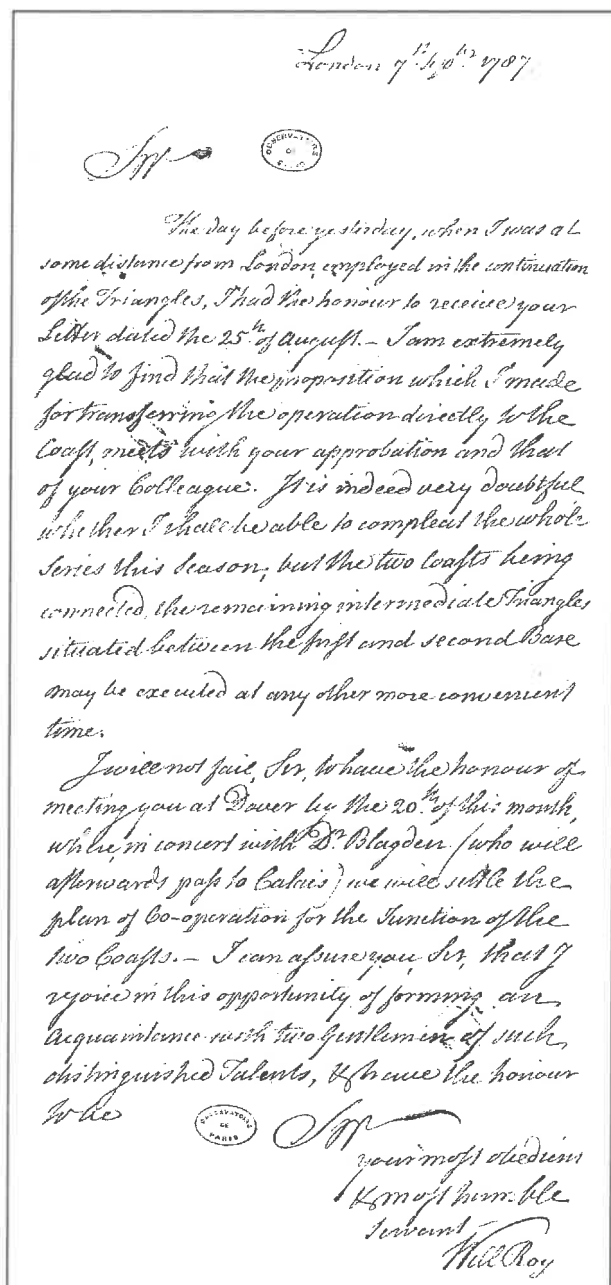


Fig. 5 – Lettre de William Roy, entièrement de sa main, envoyée à Cassini IV (7 septembre 1787), Bibliothèque de l'Observatoire de Paris.

DE 1787 À 1987

Au cours du XVIII^e siècle, plusieurs opérations géodésiques sont menées en France par les astronomes et/ou par le corps des ingénieurs géographes, comme ils sont désormais désignés, pour couvrir le pays d'un réseau de triangles prenant appui sur le méridien de Paris, puis sur des mesures réalisées selon plusieurs parallèles. D'autres opérations sont menées qui apportent une conclusion à la controverse surgie entre Newton et les Cassini I et II relativement à la forme de la Terre. Il s'agit notamment des expéditions en Laponie et au Pérou (Équateur à notre époque), des mesures de La Caille (1713-1762) en Afrique du Sud, lesquelles conduiront Clairaut (1713-1765), Laplace (1749-1827), Legendre et d'autres à des valeurs améliorées pour l'aplatissement terrestre.

Au long de l'Empire, Napoléon ordonnera plusieurs autres campagnes principalement à l'occasion de ses conquêtes. Après 1815, Louis XVIII ordonne que soit entrepris un canevas trigonométrique qui sera réalisé entre 1821 et 1843 fondé sur 9 réseaux, 5 pour des parallèles, 4 pour des méridiens. L'un de ces derniers inclut des triangles qui raccordent la France à l'Angleterre ; dans une opération, à la demande des Britanniques et menée en 1825, la différence de longitude entre Paris et Greenwich est obtenue : 9 m 21.62 s : c'est toujours le méridien de Bradley qui sert de référence. Côté français, Arago (1786-1853) et son beau-frère Mathieu (1783-1875) sont sur le terrain tandis que, côté anglais, il s'agit du Capitaine Ketter qui – malheureusement – décède après la fin de l'opération ; ses carnets d'observation n'ont pas été retrouvés.

En 1843, le télégraphe Morse (1791-1872) est créé aux États-Unis. Il apparaît rapidement que cette technique nouvelle peut être utile aux raccordements astro-géodésiques. Vers 1875, la France adhère au *Europäische Gradmessung* et un nouveau raccordement Paris-Greenwich est mené en 1888. Il s'appuie à Greenwich sur un méridien différent, celui qui passe par le grand cercle méridien qu'Airy a fait installer et qui, depuis 1884, a été retenu comme méridien international. Mais les résultats ne sont pas satisfaisants ; il en sera de même pour une opération menée en 1892.

De ce fait, un nouveau raccordement est décidé pour 1902 sous la responsabilité, côté anglais, de l'*Astronomer Royal Christie* (1845-1922) et côté français du directeur de l'Observatoire de Paris, Lœwy (1833-1907). Deux raccordements indépendants sont exécutés, d'une part par Dyson (1868-1939) – qui deviendra en 1910 le dixième *Astronomer Royal* – et Hollis, d'autre part par Bigourdan (1851-1932) et Lancelin. La conclusion française est 9 m 20.994 s ± 0.013 s et la conclusion britannique 9 m 20.932 s : le méridien de référence est celui d'Airy. Dans les deux cas l'équation personnelle des observateurs est considérée comme expliquant la différence constatée, qui dépasse les erreurs estimées.

Au cours des décennies qui suivent, plusieurs campagnes similaires sont mises en œuvre sous l'égide de l'Association Internationale de Géodésie, dans le cadre d'opérations des longitudes devant permettre de vérifier la théorie de Wegener (1880-1930). Elles sont menées en 1926, en 1933 et, après la Deuxième Guerre mondiale en 1956-57, opération à laquelle j'ai participé. Les instruments alors utilisés sont de plusieurs types, notamment des *Photographic Zenith Tube* et des astrolabes de Danton venant en complément des instruments antérieurement employés.

De nos jours, la géodésie continue de se fonder sur des triangulations, comme au temps de Picard, mais avec le réseau des satellites artificiels du *Global Positioning System* (GPS). La précision des déterminations est maintenant au-dessous du mètre, parfois au niveau du centimètre, selon la longueur des arcs utilisés, la durée des mesures et les traitements mathématiques employés. Par ailleurs, du fait du mouvement du pôle terrestre, le méridien d'un point déterminé n'est pas fixe et ne peut être représenté rigoureusement par une trace au sol ; depuis le système BIH 1968, le méridien international est défini par les positions de 80 stations réparties dans le monde entier, en sorte qu'une meilleure précision est obtenue par le zéro statistique de l'ensemble de ce

réseau. Enfin il n'y a plus d'observations menées au cercle méridien d'Airy, le *Royal Greenwich Observatory* ayant été déplacé à Herstmonceux peu après la Deuxième Guerre mondiale, plus récemment à Cambridge, encore plus récemment supprimé.

LE RACCORDEMENT DE 1987

Au printemps 1987, le Président de l'Observatoire de Paris a été sollicité par l'Ordnance Survey (*the Survey Engineer Group*) pour installer un récepteur GPS sur le méridien de Paris, tandis que d'autres membres du groupe opéreraient sur le méridien de Greenwich. Une manifestation particulière prenait place, en Grande-Bretagne, le 9 septembre 1987 pour célébrer le bicentenaire du raccordement de 1787.

Le Capitaine Jones, MM. Grasson et Otenshaw remplaçaient le Général Roy et M. Blagden du côté britannique. Pour le côté français Mme Camino, MM. Picot et Saint-Martin représentaient l'Institut Géographique National, MM. Granveaud, Parcelier et Tour de l'Observatoire de Paris. Après les calculs effectués par les équipes anglaises et françaises, la différence de longitude trouvée ne différait que de quelques centimètres.

Le Président de l'Observatoire de Paris, P. Charvin, demandait, à cette occasion, que soit réalisé un fac-similé d'une sélection de manuscrits et de documents conservés dans les archives de la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris. Un exemplaire du dossier a été envoyé à l'Ordnance Survey tandis qu'un deuxième est conservé à la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris. La raison de cette célébration était apparemment que le raccordement de 1787, entre deux importants observatoires de l'Époque, avait constitué un tel succès que l'opération avait entraîné la création, au Royaume-Uni, de l'*Ordnance Survey*. Brigadier PR Wildman OBE, *Director of Military Survey* écrivait d'ailleurs, en 1997 à l'occasion des 250 ans de l'*Ordnance Survey*, à propos des travaux de Roy, *It was originally undertaken for the purpose of fixing the relative position of the Greenwich and Paris Observatories, but subsequently lead to the triangulation of Great Britain which was the beginning of the Ordnance Survey.*

En terminant cette courte histoire des raccordements Paris-Greenwich* et connaissant aussi bien l'*Old Royal Observatory* de Greenwich que le *Royal Greenwich Observatory* à Herstmonceux puis à Cambridge, je peux faire mienne l'appréciation portée par Cassini à la fin du XVIII^e siècle à propos de son séjour à Londres. *L'accueil que nous avons reçu chez une nation où les arts et les sciences sont aussi honorés que cultivés, et qui juste appréciatrice des talents est dans ce genre plutôt notre Emule que notre rivale.*

Références :

- *A Essay on the History of the linkage Paris and Greenwich Observatories*, S. Débarbat, version anglaise du présent texte présentée à Brighton FIG 98 et publié en version française, dans la revue XYZ par l'Association Française de Topographie.
- 1787-1987, *Bicentenaire du raccordement géodésique de l'Observatoire de Greenwich*, J. Alexandre, Dossier Observatoire de Paris, 1987.

– *An Account of the trigonometrical Operation...* W. Roy, Philosophical Transactions, London, Vol. LXXXI 1790.

– *Description des opérations...* G.M. Riche de Prony, Firmin-Didot, Paris, 1791.

– *Détermination de la différence de longitude entre les méridiens de Greenwich et de Paris exécutée en 1902*, G. Bigourdan, Mémoires de l'Observatoire de Paris, 1910.

– *Greenwich Observatory*, D. Howse, New-York, Science History Publications, 1975.

– *Greenwich Time and the Discovery of Longitude*, D. Howse, Oxford University Press, Oxford, 1980.

– *Jean Picard et les débuts de l'astronomie de précision au XVII^e siècle*, Colloque Picard (octobre 1982), Editions du CNRS, Paris, 1987.

– *La figure de la Terre du XVIII^e siècle à l'ère spatiale*, Colloque de l'Académie des sciences (janvier 1986), Lacombe et Costabel responsables d'édition, Gauthier-Villars, Paris, 1988.

– *La longueur du mètre 1795-1995*, S. Débarbat, XYZ, N° 65, 4^e trim. 1995, Association Française de Topographie, reprinted from the Revue du Palais de la Découverte, Vol. 23, N° 230, 1995.

– *L'influence de la Grande-Bretagne sur les savants français* : Gaspard de Prony et Charles Dupin, M. Bradley, Actes du 114^e Congrès des Sociétés Savantes, Paris, Editions du CTHS, 1990.

– *Manuscrits des Archives de la Bibliothèque de l'Observatoire de Paris* : B 4-9, B 4-11, B 5-2, D 2-41, D 5-7, *Mesurer la Terre – 300 ans de géodésie française*, – De la toise du Châtelet au satellite, J. J. Levallois, Association Française de Topographie, Paris, 1988.

– *Newton, Halley et l'Observatoire de Paris*, S. Débarbat, Revue d'Histoire des Sciences, Vol. XXXIV/2, 1986.

– *Observatoire de Paris – Son histoire 1667-1963*, S. Débarbat, S. Grillot et J. Lévy, Publication de l'Observatoire de Paris, 1984, nouvelle édition 1990.

– *The Origins, Achievement and Influence of the Royal Observatory Greenwich 1675-1975*, Vistas in Astronomy, Vol. 20, Part 1, 1976.

– *An illustrated History of 250 years (1747-1997) of military survey*, Y. Hodson, A. Gordon published the Military Survey Defence Agency, 1997, ISBN : 0 9529730 07.

– Clifton G., 1999, Communication personnelle fondée sur *The Observatory* volume 77 de 1957 "The Longitude of Herstmonceux", courte note de R. D'E. Atkinson du *Royal Greenwich Observatory*.

– La Carte de Cassini : l'extraordinaire aventure de la Carte de France. Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées, 1990.

– Les débuts de la cartographie scientifique. Suzanne DÉBARBAT et Simone DUMONT. Bulletin n° 138 du Comité français de cartographie, pages 26-34.

Abstract :

Soon after the creation of the Paris (1667) and Greenwich (1675) observatories, the astronomers began to link (1681) the English and the French coasts through the "Pas-de-Calais". Several campaigns were later performed, such as the 1787 linkage, to determine the differences in longitude between the reference meridians of these two places, the last official operation having been made in 1987. This essay recalls these historical measurements between Paris and Greenwich.

* Le sujet a déjà été traité d'une façon un peu différente dans l'article *Coopération géodésique entre la France et l'Angleterre à la veille de la Révolution Française : échanges techniques, scientifiques et instrumentaux*, S. Débarbat, Actes du 114^e Congrès des Sociétés Savantes, Paris, Éditions du CTHS, 1990.

Cette réflexion clot le chapitre ouvert sur l'arpentage romain tout en s'inscrivant dans le sillage de l'article de Gérard Chouquer, intitulé « Le renouveau des études sur l'arpentage

**archéologie
expérimentale
et
arpentage
antique**

**orientation
et maintien
des axes du
cadastre romain
de la
colonie d'orange**

**Patrick Joachim RUBINI
Géomètre-Topographe**

antique » publié dans le n° 77 de la revue XYZ. Le débat sur la précision des mesures et des tolérances linéaires et angulaires utilisées par les arpenteurs romains nécessite l'avis de deux nouveaux intervenants : un astronome et un géomètre, aux côtés des chercheurs travaillant sur l'aspect théorique des manuels d'arpentage, à savoir les archéologues et des morphologues directement confrontés aux réalités paysagères des cadastres romains. La division de l'espace agraire romain répond à deux critères morphologiques essentiels, à savoir la métrologie du module de centurie et l'orientation des axes des limites. Les études effectuées sur les cadastres romains ont fourni une littérature bien plus abondante sur la métrologie que sur l'orientation de ces réseaux agraires. Le critère de l'orientation n'a jamais été abordé de manière systématique si ce n'est au travers de quelques publications : « Les romains et l'orientation solaire » [Le Gall 1975 : 287-320], « Les orientations des centuriations quadrillées » [Guy 1993 : 57-68] et « Les centuriations de Tunisie et l'orientation solaire » [Troussset 1997 : 95-109]. Les méthodes d'orientation liées au nord géographique des cadastres romains nous sont parvenues grâce aux commentaires techniques attribués à Vitruve, architecte de l'époque augustéenne, Hygin Gromaticus, arpenteur romain de la fin du I^{er} siècle après notre ère. Ces documents, trop souvent considérés comme un sésame suffisant à de nombreuses générations de chercheurs, méritaient d'être revus d'une part, à la lumière de l'astronomie fondamentale, des connaissances de terrain d'un technicien de la topographie et, d'autre part, faire l'objet d'un programme d'application d'archéologie expérimentale validant du même coup les présomptions de tolérances admises par les arpenteurs romains dans la réalisation de leurs ouvrages agraires. Cet article tente de recadrer un débat trop longtemps ajourné faute d'avis circonstanciés tout en apportant de nouveaux éléments sur la précision théorique et pratique des instruments d'arpentage romains et des hommes qui les utilisaient.

1 - LES PROCÉDÉS ANTIQUES

De tout temps la détermination du nord fut l'une des préoccupations principales des arpenteurs qu'ils soient Égyptiens, Étrusques, Romains ou Modernes. Divers critères président à l'orientation des cadastres romains. Il faut aussi citer le littoral marin, la plus grande longueur du territoire, les axes routiers, un changement de direction pour ne pas confondre deux cadastres contigus ou superposés [Le Gall 1975 : 306]. Encore faut-il faire une distinction dans les différentes méthodes liées à la visée astronomique, à savoir le lever du soleil, un procédé très compliqué utilisant trois ombres reportées sur un abaque et le « *kardo* de la sixième heure ». La présente étude tient plus particulièrement compte de cette dernière technique sans particulièrement reprendre les travaux de Joël

Le Gall. Hygin Gromaticus, arpenteur romain et auteur d'un manuel d'arpentage édité dans le corpus des *gromatici veteres* (anciens arpenteurs), indique dans son traité *Constitutio limitum* (Sur l'établissement des limites) la marche à suivre pour déterminer la direction du nord à l'aide d'un gnomon.

Version de la sixième heure

« *Le meilleur parti est de saisir l'ombre de la sixième heure [c'est-à-dire au milieu de la journée quand le soleil est à son zénith] et d'entreprendre le tracé des limites à partir d'eux, pour qu'ils soient toujours tracés au sud : puis il s'ensuit que la ligne de l'orient et la ligne de l'occident s'y articulent à angle droit. D'abord on tracera sur le sol un cercle, en un lieu plat, et on placera en son centre [G] un gnomon (sciotherum), dont l'ombre pénétrera à un*



Topographie numérique et S.I.G. Pack Géomètre



AutoMap :

La création simplifiée de vos plans topographiques.

- Éléments associatifs permettant le changement de taille automatique des différents objets (talus, symboles, traits) selon l'échelle.
- Calculs géométriques (points rayonnés, rabattements...)
- Interfaces en lecture et lecture/écriture avec différents types de fichiers
- Calibration de digitaliseur par la transformation de Helmert

AutoCode :

Du levé de terrain au dessin, il n'y a qu'un pas.

Calculs topo :

- Compensation en bloc par les moindres carrés avec correction.
- Calculs de relèvements, intersection 3D, recoupement.
- Calculs de cheminement polygonaux.
- Codification évoluée et paramétrable.

POUR COMPLÉTER CE PACK :

- SAPHIR : Intégration de la BD Topo de l'IGN
- EdiCAD : Lecture et écriture de fichiers à la norme EDIGéO (conforme au standard DGI)

AutoSurf :

Gérez la 3^e dimension de vos plans.

- Modélisation du TN selon les lignes caractéristiques du terrain (haut/bas de talus, limites de routes) et un semis de points, ou selon les courbes de niveaux.
- Création de maillage coloré selon critères (altitude, pente, orientation).
- Création et édition interactive des profils.
- Implantation de plates-formes, et calcul de cubatures

AutoRem :

Le remembrement en toute simplicité !

- Données compatibles AutoSql
- Calculs des zones d'égales valeurs avec reconnaissance automatique des contours, coloriage en fonction de la nature des cultures, et contrôles des surfaces.
- Puissant algorithme d'intersection de polygones facilitant la découpe.
- Découpage interactif selon différentes méthodes.
- Edition complète des résultats



86, Avenue du 18 juin 1940
F-92563 RUEIL-MALMAISON CEDEX
Tél. (33) 01 47 32 85 85
Fax. (33) 01 47 32 85 95

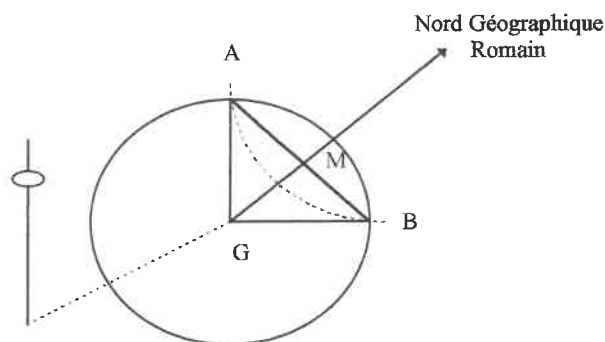


965, rue des Azellers - ZI La Croisette - BP 71 - 88803 VITTEL CEDEX
Tél. (33) 03 29 08 68 18 - Fax (33) 03 29 08 68 29
www.pcvision.fr



Registered Developer
COMPATIBLE AutoCAD MAP 2.0

moment dans le cercle... Quand l'ombre aura atteint la ligne circulaire, on notera l'endroit sur la circonférence [A]. On fera pareillement attention à l'ombre lorsqu'elle sortira du cercle et on notera l'endroit [B] sur la circonférence (fig. La. 163). Après avoir noté les deux points du cercle à l'endroit de l'entrée et de la sortie de l'ombre, on tirera une ligne droite [AB] entre les deux marques tracées sur la circonférence, et on marquera son milieu [M]. On veillera à faire passer par cette marque une ligne droite tirée du centre [G] du cercle. On établira le kardo suivant cette ligne et c'est à partir de cette ligne qu'on développera à angle droit les decumani : et quelle que soit la partie de la ligne où on opérera à l'équerre, on établira un decumanus de manière rigoureuse ». (La. 188, 14- 189, 15, fig. La. 164 ; trad. F. Favory)



Version selon le lever du soleil

« Beaucoup, ignorant le système du monde, se sont laissés guider par le soleil, c'est-à-dire par son lever et son coucher, bien qu'il ne puisse être saisi avec l'instrument de fer [l'équerre d'arpentage ou groma] en une seule fois. Qu'en est-il donc ? La groma mise en station après la prise des auspices, éventuellement en présence du fondateur [de la colonie], ils ont observé le lever au plus près et ils ont mené dans les deux parties des limites avec lesquels le kardo n'a pas coïncidé à la sixième heure ». (Hygin Grom., La. 170, 3-8 = Th. 135, 1-6 ; trad. F. Favory).

L'interprétation de ces deux sources techniques est de nature à ouvrir un débat qui dépasse de loin les archéologues du paysage et les géomètres, puisque celui-ci requiert l'avis d'un astronome. Selon Raymond d'Hollander, Ingénieur Général Géographe, la détermination du nord géographique à partir du lever et coucher du soleil n'est possible qu'aux seules dates des équinoxes [Chouquer 1992 : 68]. Pour Denis Savoie, astronome au Palais de la Découverte à Paris, auteur d'une thèse sur l'histoire des sciences, la détermination du nord géographique selon le principe de la « sixième heure » ne peut être exacte qu'aux périodes solsticiales tandis qu'aux périodes équinoxiales, la variation angulaire est de 0° 01' par heure [lettre du 17 décembre 1998]. Pierre Bretagnon, astronome au Bureau des longitudes, CNRS – URA 707, précise que ces variations angulaires saisonnières sont liées à la culmination du Soleil au méridien à midi solaire. Chaque 22 septembre, l'ombre présente une orientation NG 0° 05' 15" W, tandis qu'au 23 mars la déclinaison est de NG 0° 05' 12" E [Lettres des 10 février et 18 mars 1999]. Dès lors, on commence à mieux comprendre la tournure de ce commentaire et plus particulièrement l'introduction : « Le meilleur parti est de saisir l'ombre... ». Ce texte permet de retrouver la saison se rapportant à la démonstration d'Hygin Grom., à savoir l'hiver [D'Hollan-

der 1989 : 6, fig. 7]. À ce stade, il ne faut pas perdre de vue que la projection du segment directeur (ombre portée au sol du gnomon) engendre les axes majeurs d'un cadastre romain, le kardo maximus, orienté nord/sud et le decumanus maximus orienté est/ouest ainsi que leurs parallèles les kardines et les decumani. Deux nouvelles questions se dessinent à l'horizon :

- Quelle est la précision engendrée par cette projection ?
- Peut-elle être définie par un coefficient de dispersion sur de longues distances ?

La réponse se situe sur deux plans :

• Au niveau du gnomon :

La démonstration de Vitruve, d'ailleurs utilisée par certains arpenteurs romains comme Balbus [Roth Congès 1996 : 371] fait appel au « procédé des tracés expédiés par mesures linéaires » dont la précision est de 1 à 2 cm pour un rayon de recherche inférieur de 10 mètres [Lapointe 1997 : 130-131]. Ce qui veut dire que par rapport à la méridienne locale matérialisant le nord géographique, la bissectrice du segment naissant depuis le centre du cercle se situera dans un secteur angulaire compris entre NG 0° 06' 52" E et NG 0° 06' 52" W. À ce stade, la correction provisoire et maximale aux périodes équinoxiales à apporter à la direction du nord géographique est comprise entre 0° 12' 07" W et 0° 12' 03" E, soit une amplitude de 0° 24' 07". Le paramètre des « tracés expédiés par mesures linéaires » engendre un déport linéaire tantôt situé à droite, tantôt à gauche de l'axe projeté. Cet écart est proportionnel à la distance séparant les deux points de l'axe à implanter.

Sur un côté de centurie égal à 704 mètres, valeur hypothétique des 20 *actus* pour les besoins de la démonstration, le déport théorique maximal, moyenné par rapport aux dates équinoxiales, peut être évalué à +/- 2, 47 mètres ou 8 pieds romains et 1/3 de 0, 297 mètre. Encore faut-il s'assurer qu'un côté de centurie puisse être implanté en une seule visée à l'aide de la *groma* ! Nous verrons au cours de cette étude que de telles visées étaient irréalisables contrairement à ce que pense L. R. Decramer [Decramer 1999 : 79].

• Au niveau de la groma :

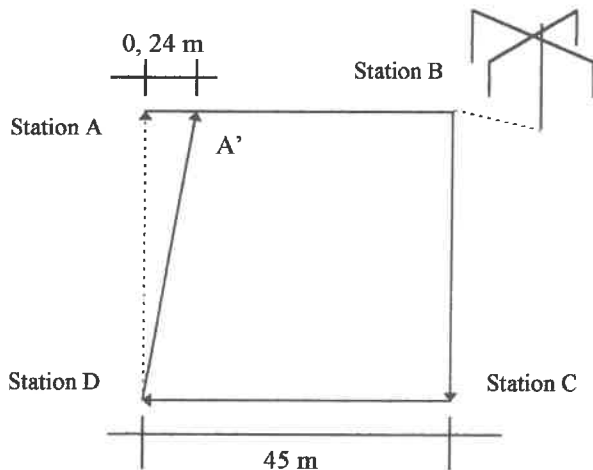
Ce point doit être abordé une nouvelle fois sur le plan de l'archéologie expérimentale à l'aide d'une *groma*, deux *decempedae* (perches d'arpentage) et une corde. Une reconstitution des opérations d'arpentage effectuées en juillet 1998 à Valaurie, dans la Drôme, a tenté de mettre en application le principe de fermeture d'un *saltus*, unité cadastrale de 5 centuries sur 5 centuries à l'aide de deux visées sur chaque station arrière et avant. Pour des raisons de surface, la figure implantée ne mesurait pas 3, 52 km par 3, 52 km, mais 45 m par 45 m. La fiabilité des alignements établis sur le site de Valaurie à l'aide de la *groma* reconstituée selon les normes de Jean-Pierre Adam [Adam 1982 : 1017-1019], a généré une erreur angulaire de fermeture de 0° 16' 30" avec un écart type issu de la composition quadratique de 0° 12' 57".

Ordre des visées

Station A : AD Station C : CB Station B : BA Station D : DC
AB CD BC DA

Pris isolément, ce résultat illustre une valeur angulaire qui ne saurait être universelle mais propre à chaque arpenteur au sujet de la fermeture d'un *quintarius*, opération permettant la stabilisation de la trame cadastrale. Ces

résultats doivent être comparés à la précision angulaire maximale de 1,5 g, soit $1^{\circ} 21'$ avec des visées ne dépassant pas 13,80 m, obtenu par J.-P. Adam lors du relevé topographique du site archéologique du quartier de la Villasse à Vaison-la-romaine [Adam 1982 : 1022-1023].



Procédé de stabilisation des orientations

« Le *Decumanus Maximus* et le *Kardo Maximus* devront être tracés par les meilleurs arpenteurs ; ils devront également délimiter chaque *quintarius*, pour éviter des erreurs qu'il est difficile, si elles se répètent, de corriger sans se déshonorer. S'il y a un défaut dans la *groma*, ou une erreur de visée, on se rendra compte aussitôt qu'il est impossible de réussir la visée sur un *quintarius*, et la correction sera alors impossible. [...] Beaucoup ont tracé des limites ininterrompues et ont manqué de persévérance dans leur tâche, comme on le constate dans les territoires des anciennes colonies, où on n'utilise pas la *groma* si ce n'est au coude ». (Hygin Grom., La. 191, 14-192, 7 ; Trad. F. Favory)

La chaîne opératoire décrite dans ce texte met en évidence la fermeture progressive des *quintarii* au fur et à mesure de l'avancement des *limites*. L'évaluation de la tolérance de ces fermetures sera évoquée plus loin. En outre, il est explicitement question du problème bien connu des géomètres modernes, à savoir les erreurs de collimation du théodolite pour ce qui est de l'erreur dans le *ferramentum*, les erreurs de visée communes aux appareils et propres à l'opérateur ; enfin, le défaut de bouclage se manifestant par le dépassement de la tolérance admissible correspondant au principe de la polygonale employée dans les levés actuels. En ce qui concerne la stabilisation des *limites*, les arpenteurs utilisaient-ils le principe de la réorientation quotidienne ou à chaque carrefour de *quintarius* – d'une longueur moyenne de 3,5 km –, le « procédé du fourrier » en se réalignant sur les jalons précédents [Lapointe 1997 : 40 ; Favory 1997 : 122, note 14], ou bien l'usage d'une référence naturelle tel un temple situé sur un point culminant comme le suggère François Favory au sujet de la centuriation de Montpellier B ? Du *locus gromae* présumé et pérennisé par le croisement des départementales D 27 E et D 185 E (alt. env. 25 m), rien ne devait faire obstacle à une visée sur le temple romain de facture augustéenne situé à environ 6 km de la colline du Castellas situé sur la commune de Murviel-les-Montpellier (Hérault) dont l'altitude est de 145 mètres [Favory 1991 : 93-111]. En l'état actuel de nos connaissances, il me paraît téméraire de vouloir privilégier telle ou telle pratique. Tout au plus, peut-on remarquer que l'idée de la réorientation

quotidienne génère d'une part, de nombreuses erreurs supplémentaires (erreur angulaire saisonnière, erreur de parallaxe des fils de visée de la *groma*,...) et d'autre part une perte de temps importante puisque la progression de l'implantation serait interrompue du lever du soleil jusqu'au début de la seconde heure après midi, c'est-à-dire 2 h 00 de l'après-midi.

La preuve astronomique

Les nombreuses observations menées sur le site de Marseille depuis le 22 décembre 1998 montrent toute la difficulté qu'un arpenteur romain devait rencontrer dans la détermination du « Nord Géographique Romain » correspondant à « l'axe du monde ». Les observations correspondant aux dates remarquables du solstice d'hiver (S. h), $0^{\circ} 14' E$, et de l'équinoxe de printemps du 21 mars 1999 (Eq. p), $0^{\circ} 17' 10'' E$, mettent en évidence une erreur de $0^{\circ} 14'$ pour la première observation et $0^{\circ} 22' 25''$ pour la seconde.

2 - DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE

Au niveau du gnomon, la précision utilisée par les arpenteurs romains se situait probablement entre $0^{\circ} 04'$ comme l'atteste l'orientation des pyramides de Chéops (vers 2500 av. J.-C.), Chéphren et Mycerinus [D'Hollander 1989 a : 15], $0^{\circ} 08'$ en ce qui concerne la détermination de l'axe de la Terre par le savant grec Eratosthène (225 av. J.-C.) [D'Hollander 1989 a : 128] et $0^{\circ} 10'$ pour le cadran solaire de type « scaphe » (premiers siècles de notre ère) découvert dans une villa romaine située sur la commune de Quarante dans l'Hérault [Parès 1994-1995 : 284]. Tout en répondant partiellement aux interrogations des archéologues, soucis dernièrement exprimés par G. Chouquer [Chouquer 1998 : 73-74], cet article conforte la méfiance intuitive des archéologues envers les relations géométriques et mathématiques unissant deux cadastres par superposition ou contiguïté et un cadastre avec une voie. Le passage de la conception sur plan à l'implantation sur le terrain d'un cadastre orienté sur le nord géographique comme ceux de l'*ager Campanus* en Italie centro-méridionale, de Toulon, etc., n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. Quand bien même les arpenteurs romains auraient été capables de maîtriser les problèmes de pénombre et « tracés expédiés par mesures linéaires », il n'en demeure pas moins que, d'un point de vue astronomique, la direction de l'ombre portée au sol du gnomon varie suivant le jour de l'équinoxe considéré dans une plage angulaire de $0^{\circ} 05' 15'' W$ à $0^{\circ} 05' 12'' E$. Dès lors que l'on prolonge ce segment directeur d'une longueur moyenne de 2 mètres en hiver, il faut cumuler l'erreur de parallaxe de la visée depuis la *groma* d'une valeur de $0^{\circ} 02' 31''$ par station avec des visées dont les longueurs maximales ne nous sont pas communiquées.

Longueur des visées

De nombreux chercheurs pensent que les visées effectuées à la *groma* avaient une portée égale à un côté de centurie. Cette évaluation doit être revue à la baisse avec des visées inférieures à 200 mètres. On voit mal comment l'arpenteur manipulant la *groma*, pouvait voir un jalon à 704 mètres et guider son comparse avec les quelques malheureux décibels de sa voix pour lui dire : « Un peu plus à droite... ! », « Un peu à gauche... ! », « Reviens à droite... ! », « Reviens à gauche... ! ». Bien que cette notion fasse l'objet de plusieurs occurrences,

leur auteur ne précise pas pour autant la valeur linéaire de ces visées. La première concerne un passage attribué à Hygin Grom. Sur la stabilité des alignements implantés, tandis que la seconde attribuée à Héron d'Alexandrie, géomètre grec du I^{er} ou II^e siècle de notre ère, se réfère à l'utilisation du dioptré, instrument d'arpentage grec permettant de mesurer des angles plus petits et plus grands que l'angle droit :

Selon Hygin Grom. :

« ... Dans les endroits cultivés, on maintiendra le mieux possible le limes dans les sillons. Malgré tout, on tracera le limes en effectuant des visées à longue distance entre deux points... ». [Hygin Grom., La. 192, 7-193; Trad F. Favory].

Selon Héron d'Alexandrie :

« ... Je me retourne et vise [à l'aide du dioptré] vers l'autre mire que j'ai placée aussi loin que possible, mais encore directement visible... ». Trad. Hermann Schonne, [Schonne 1903 : 3].

3 - PRÉCISIONS ET TOLÉRANCES

La précision instrumentale de la *groma* a pu être évaluée à 0° 02' 31" grâce au modèle découvert à Pompéi, dans la boutique de Verus – la seule découverte à ce jour – du fait de la superposition des deux fils de visée. Par Nord Géographique Romain, il convient d'entendre le déport angulaire observé par les arpenteurs romains à chaque étape et chaque contrôle de l'opération d'arpentage en cours.

Au niveau du cadran solaire, une erreur moyenne (Em)

Au niveau d'un cadran solaire tracé au sol et d'un diamètre d'environ 4 mètres, l'erreur moyenne de 0° 07' fut observée à plusieurs reprises.

Implantation d'un limes orienté sur le nord géographique sur un côté de centurie de 708 mètres

– Aux solstices : une tolérance angulaire comprise entre 0° 06' 40" et 0° 19' 30", soit un déport linéaire compris entre +/- 1, 52 et +/- 4, 46 mètres ou environ 5,11 pieds à 15,01 pieds de 0,297 m.

– À l'équinoxe de printemps : une tolérance angulaire comprise entre 0° 00' 14" et 0° 12' 21", soit un déport linéaire compris entre +/- 0,05 m et +/- 2,81 mètres ou 0,16 pieds à 9,51 pieds de 0,297 m.

– À l'équinoxe d'automne : une tolérance angulaire comprise entre 0° 00' 16" et 0° 12' 20", soit un déport linéaire compris entre +/- 0,061 m et +/- 2,81 m ou 2,05 pieds à 9,46 pieds de 0,297 m.

Implantation d'un limes quelconque sur un côté de quintarius de 3, 54 km, aux solstices

Sachant qu'un côté de *quintarius* correspond à cinq côtés de centurie, le déport maximal se situe dans une plage angulaire comprise entre 0° 28' 26" E et 0° 34' 52" W, créant un déport linéaire compris entre 32,53 m et 39,89 m, soit environ 110,74 pieds et 134,31 pieds de 0,297 m.

4 - EXEMPLES CONCRETS

Les recherches menées depuis 1996, que résume cet article, reposent sur l'analogie du cadastre B de la colo-

nie d'Orange, vraisemblablement établi vers 36-35 avant notre ère et la centuriation Sud de la colonie d'*Emerita*, en Biturie, en Espagne, très certainement créée avec la colonie en 25 avant notre ère. La division agraire d'Orange est confortée par de nombreux vestiges de la matrice cadastrale gravée sur du marbre, tandis que le réseau d'*Emerita* fut l'objet de nombreux commentaires de la part des arpenteurs romains, comme Hygin Gromaticus. L'analogie entretenue par ces deux cadastrations permet de répondre, du moins partiellement, à la question du seuil angulaire au-dessus duquel une orientation cadastrale ne peut plus avoir de lien direct avec la visée astronomique de la sixième heure. En effet, Hygin Grom. nous apprend que les *decumanii* sont dirigés vers l'Est et les *kardines* vers le Midi, tandis que l'orientation actuelle de ce réseau est de NG 5° W. Notons au passage que le cadastre B d'Orange présente la même orientation en valeur absolue, puisque celui-ci est incliné à NG 5° E. À partir des données morphologiques du réseau tricastin, il eut été possible de procéder à une simulation de l'opération d'implantation du *kardo maximus* à l'aide d'un *gnomon* et d'une *groma*, depuis le *locus gromae* jusqu'aux confins de la *pertica*, c'est-à-dire au 57° *decumanus*. Le cumul des erreurs dues à la détermination du nord géographique, aux 285 visées, d'une longueur maximale de 140 mètres, assurant la prolongation de l'axe à implanter, donne trois plages d'erreur maximale possible selon les dates liées à l'orientation initiale du cadastre. La marge d'erreur de 5° 50' et quelques secondes, ainsi obtenue, est de nature à conforter l'hypothèse selon laquelle l'arpenteur en charge de l'implantation de ce cadastre ait choisi le mode de la visée astronomique de la sixième heure, puisque l'orientation actuelle se trouve être inférieure en valeur absolue à l'orientation simulée.

5 - DE LA GROMA AU THÉODOLITE...

La *groma* n'autorise pas la mesure d'angles intermédiaires à 90°, 180°, 270° et 360°. Sur la base d'une précision de 0° 02' 31", la *groma* se situe loin derrière la classe des théodolites optiques Wild T2, DKM3, Zeiss TH2 offrant une précision de : 3", 24; les Wild T1, Zeiss TH42 précis à : 9" et les Wild T16, Kern K1RA offrant une précision de 32" près. Enfin, la précision de 5" de la station complète TDM 300 de Nikon est environ 30 fois plus importante que l'instrument romain et celle du T2 de Wild est supérieure à 46 fois, sans oublier qu'un vent même léger peut rendre impossible l'utilisation de la *groma*.

6 - CONCLUSION : UNE MÉTHOLOGIE À POURSUIVRE

Les textes des *gromatici veteres* nous renseignent tant sur l'importance de l'orientation des cadastres romains que sur l'origine étrusque de cette pratique. L'archéologie du paysage démontre la complexité de la situation en révélant l'existence des trames cadastrales différemment orientées et sans liens apparents avec la direction astronomique, parfois superposées. Passer de la définition littéraire à la matérialisation du nord géographique est un exercice particulièrement ardu, bien souvent maladroitement ou imparfaitement maîtrisé par les Romains et les Modernes. Pour les premiers, il était nécessaire de recourir à la gnomonique, art jugé sublime et divin, tandis que pour le second, le cloisonnement des sciences telles que l'astronomie, la topographie, la géodésie, l'archéo-

logie, la philologie, le droit juridique latin et romain..., rend difficilement compte de la vue d'ensemble du problème posé par les propos des arpenteurs. D'une part, la démonstration proposée – modèle de calcul mathématique et topographique dans la détermination et maintien des axes majeurs des cadastres romains – évoqué dans cette étude montre que d'un point de vue pratique, le commentaire d'Hygin Gromaticus n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît et d'autre part, la subtilité des termes employés par l'auteur puisque celui-ci sous-entend une notion de tolérance en employant l'expression « *le meilleur parti est de...* ». En effet, l'ombre du gnomon censée matérialiser le nord géographique, n'indique pas la même direction au cours d'une même année puisque celle-ci compte quatre dates remarquables générant une variation angulaire allant de 0° 05' 15" W à 0° 05' 12" E. À cela viennent s'ajouter les phénomènes de réfraction atmosphérique accentués par la présence des nuages. Enfin, il convient de tenir compte de la dextérité et l'acuité visuelle des arpenteurs en charge de cette opération et de celle de l'implantation du *decumanus maximus* et *kardo maximus*. L'analyse comparative des procédés antiques et modernes de la détermination du nord géographique montre très clairement le rôle essentiel de l'archéologie expérimentale. L'archéologie du paysage doit se doter de nouveaux outils de travail permettant de distinguer le nord géographique conforme à la méridienne locale (NG) outil de travail des cartographes possédant une vue d'ensemble de la *pertica*, perception que les arpenteurs romains ne possédaient pas, et du Nord Géographique Romain (NGR). Ce nouveau concept répond aux exigences fondamentales de l'archéologie expérimentale dans le domaine des cadastres romains : « **Considérer les orientations cadastrales telles que les Romains les observaient et non comme nous pouvons le faire** ». Les diverses applications expérimentales effectuées à l'aide du gnomon et de la *groma* ont permis de définir un seuil de NG 5° E/W au-dessous duquel les orientations observées ne peuvent plus être mises en relation avec la visée astronomique conforme au procédé de la « sixième heure ». Le modèle mathématique retenu repose sur une analyse des cadastres d'époque augustéenne de la colonie romaine d'Orange – cadastre B –, interprété par Gérard Chouquer et François Favory comme un cadastre colonial ou cadastre d'une seconde assignation et celui de la colonie d'*Emerita*, en Beturie, fondée en 25 avant notre ère. Ces réseaux présentent un très bel exemple de similitude tant dans leur orientation respective que dans leur complémentarité, textuelle pour *Emerita* et morphologique, pour Orange – emplacement connu du *locus gromae* et des confins nord de la *pertica*. La norme NGR ne saurait se substituer à la norme NG et être utilisée de la même manière, c'est-à-dire de manière globale. La norme NGR varie tout au long de la restitution des opérations d'arpentage depuis le gnomon, des différentes réorientations supposées se faire à chaque carrefour de *quintarius* et aux confins du territoire.

Pour l'arpenteur romain, la valeur du NGR pourrait être évaluée dans une fourchette de 0° à 0° 12' et quelques secondes tantôt à l'Est, tantôt à l'Ouest de la méridienne au niveau du point d'origine du cadastre d'Orange B et de 0° à 5° aux confins nord situés à quelques 40 km du carrefour des axes majeurs orientés N/S et E/W, par rapport à la méridienne passant par ce point comme semble l'indiquer le commentaire d'Hygin Gromaticus, sur la centuriation d'*Emerita*. Pour l'utilisateur des cartes IGN, l'écart

NG/NGR sera fonction du stade des opérations pour peu que les différents moyens techniques – reconnaissance aérienne, satellitaire..., fouille archéologique, sources philologiques, etc. – permettent de retrouver les paramètres morphologiques – module, *locus gromae*, confins septentrionaux – nécessaires à l'analyse des centuriations avec une orientation absolue inférieure ou égale à NG 5°.

BIBLIOGRAPHIE

- Adam 1982**, J.-P. Adam, Groma et chorobate, exercices de topographie antique, *MEFRA* 94-2, 1982.
- Baudson 1948**, Ed. Baudson, L'arpentage pratique en quinze leçons, éd. Albin Michel, Paris, 1948.
- Chouquer 1992**, G. Chouquer, F. Favory, Les arpenteurs romains, théorie et pratique, éd. Errance, 1992.
- Chouquer 1998**, G. Chouquer, Le renouveau des études sur l'arpentage antique, *XYZ*, n° 77, 1998.
- Decramer 1999**, L. R. Decramer, Les centurions-triangulateurs de la 3^e légion Auguste, *XYZ*, n° 78, 1999.
- D'Hollander 1989 a**, R. D'Hollander, Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'Univers dans l'Antiquité, fasc. I : Haute Antiquité. Période grecque jusqu'aux conquêtes romaines, éd. Association Française de Topographie, 1989.
- Favory 1991**, F. Favory, Le territoire de Murviel-les-Montpellier dans l'Antiquité et le moyen âge, *RAN*, 24, 1991.
- Favory 1997**, F. Favory, Retour critique sur les centuriations du Languedoc oriental, leur existence et leur datation, dans Chouquer 1997, G. Chouquer, Les formes du paysage, Tome 3 – L'analyse des systèmes spatiaux, éd. Errance, 1997.
- Guy 1993**, M. Guy, Les orientations quadrillées, éd. Revue d'Archéologie Narbonnaise, 1993.
- Kerisel 1996** : J. Kerisel, Génie et démesure d'un Pharaon : KHEOPS, éd. Stock, 1996.
- Lapointe 1997**, L. Lapointe, G. Meyer, Topographie appliquée aux travaux publics, bâtiments et levers urbains, éd. Eyrolles, 1997.
- Le Gall 1975**, J. Le Gall, Les romains et l'orientation solaire, éd. MEFRA, 1975.
- Parès 1994-95**, J. Parès, Les cadrans solaires romains de Quarante et de Lunel-Vieil (Hérault), *RAN* 27-28, 1994-1995.
- Pérez 1995**, A. Pérez, Les cadastres antiques en Narbonnaise Occidentale, Essai sur la politique coloniale romaine en Gaule du Sud (II^e s. av. J.-C. – II^e ap. J.-C.), *RAN* sup. 29, 1995.
- Roth Congès 1996** : A. Roth Congès, Modalités pratiques d'implantation des cadastres romains : quelques aspects, éd. MEFRA, 1996.
- Schone 1903** : H. Schone, Héron d'Alexandrie, leçons d'arpentage et dioptré, Leipzig, Verlag Von B. G. Teubner, 1903.
- Trousset 1997** : Pol Trousset, Les centuriations de Tunisie et l'orientation solaire, dans Antiquités Africaines, CNRS Éditions, 1997.

La carte de Chine montre la différence de densité d'implantation de la population entre les parties Est et Ouest d'une ligne allant grossièrement

**un
vieux
canal
chinois**

IGN

Sophie Reynard

Thierry Person

de Kunming à Pékin.

Cette ligne fictive passe par la région de Xi'an. Ce site a été capitale impériale de la Chine pendant de nombreux siècles (environ 1 000 av. J.-C. jusqu'à 900 apr. J.-C.) et la ville de Xi'an, départ de la Route de la Soie, a été la plus grande du monde de l'Antiquité au Moyen Âge (en terme de population).

Cette situation privilégiée n'est pas seulement due à une position géographique "centrale" mais également et peut être même plus, à une richesse des terres agricoles permettant de subvenir aux besoins d'une population

importante, richesse provoquée et entretenue par des procédés d'irrigation très aboutis.

Il y a 3 ans environ, Pierre Gentelle (directeur de recherches au CNRS, géographe spécialiste de l'archéologie des systèmes d'irrigation en Asie) effectuait une première visite de quelques jours sur le site.

Cette première mission faisait suite à un premier travail réalisé par P. E. Will (titulaire de la Chaire d'histoire de la Chine moderne au Collège de France) et s'inscrit dans un projet plus global : "hydraulique et société dans la vallée de la Wei : étude interdisciplinaire".

Les thèmes de ce projet touchent au fonctionnement de l'irrigation, à son interaction avec l'organisation de la société locale. Ils intègrent la dimension historique, particulièrement étudiée de par la richesse des écrits disponibles, et la situation actuelle, et font appel à de nombreuses disciplines : histoire, histoire des techniques, géographie, hydrologie, archéologie, anthropologie, sociologie et économie rurale.

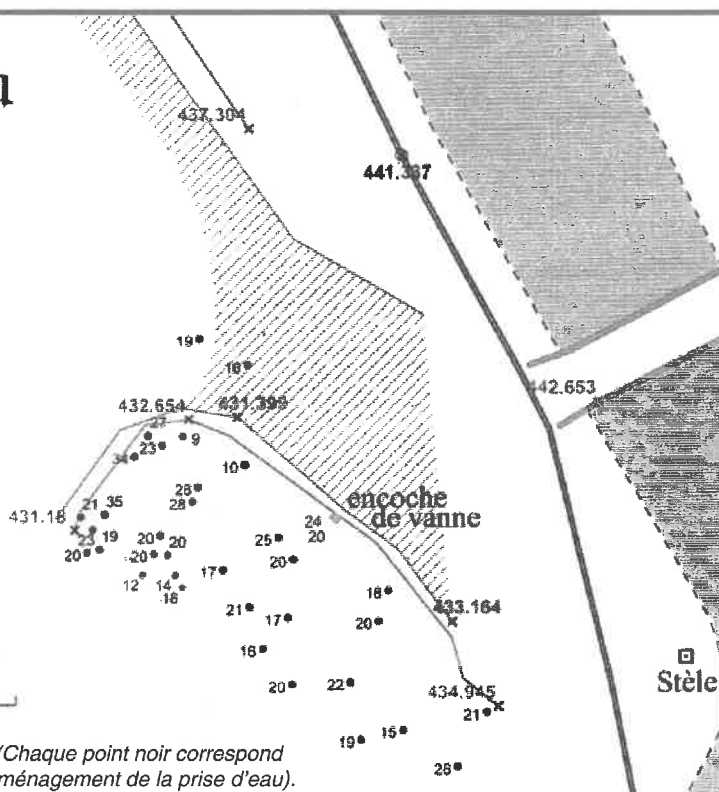
L'objet central de ce projet est un système d'irrigation parmi les plus anciens de Chine : le canal de dérivation appelé aujourd'hui Canal Jing He. C'est autour de cet outil d'irrigation que s'est bâtie la prospérité de la

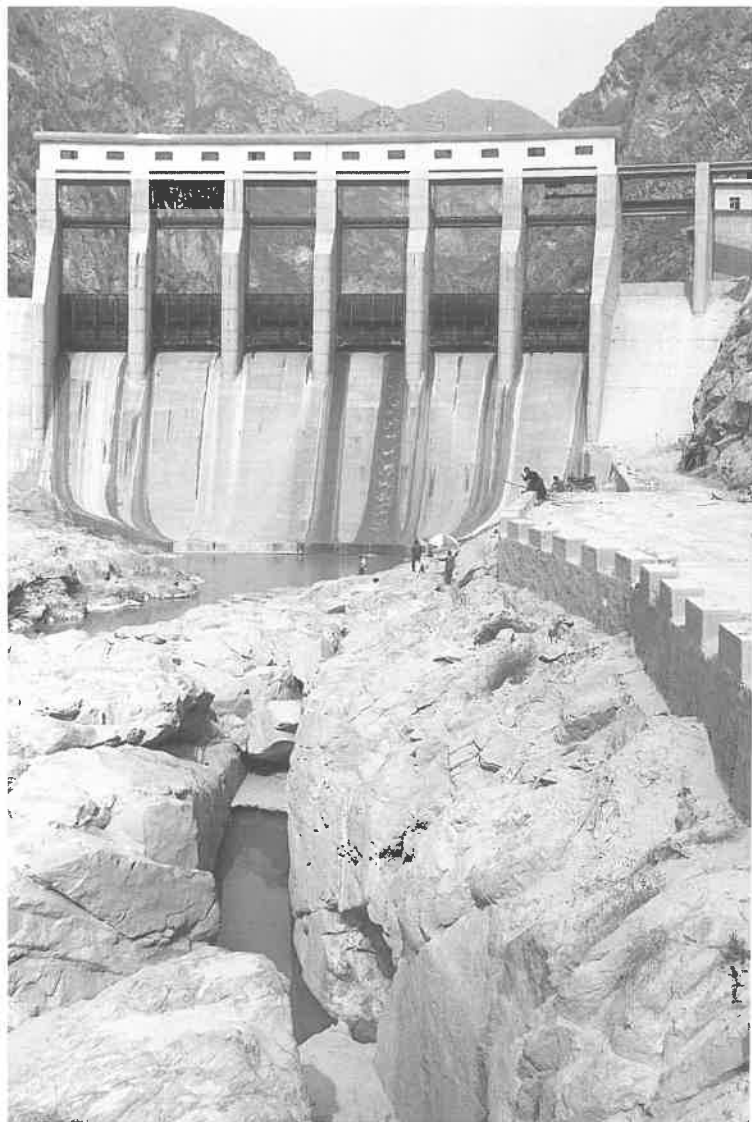
**Prise d'eau
YUAN**

N

Echelle 1/200e
10 m

Extrait d'une sortie GeoConcept. (Chaque point noir correspond à la trace d'un pieu utilisé pour l'aménagement de la prise d'eau).





1 – Au premier plan, les traces du canal Ming.
En second plan, le barrage actuel

région et c'est pour mieux comprendre ce que certains écrits révèlent (sans toutefois tout expliquer) et également afin de disposer de données mesurées qu'il a été décidé d'effectuer une mission à vocation en partie topographique.

Composée de P. Gentelle (CNRS), S. Pasquet (historienne, spécialiste de la Chine, CNRS, et également pour cette mission notre interprète), S. Reynard (Géomètre IGN) et T. Person (Ingénieur IGN), l'équipe s'est donc rendue à Xi'an durant 3 semaines.

M. Zhou Kuiyi (directeur du Centre de recherches sur l'histoire de l'hydraulique à l'Institut National d'Hydraulique et d'Hydroélectricité à Pékin) et Mme Xuming Tan (Ingénieur dans ce même centre) nous ont accueillis sur notre lieu de résidence, un hôtel dépendant de l'administration du Canal, dans la ville de Sanyuan, à environ 40 km au nord de Xi'an.

Outre ces deux personnes, plusieurs ingénieurs et techniciens de cette même administration du Canal étaient présents et c'est une équipe d'une dizaine de spécialistes et techniciens qui s'est ainsi constituée.

La première réunion de travail a permis de définir les tâches de chacun. Il est convenu que le lever doit porter sur la tête de canal, dont les prises d'eau, successivement décalées vers l'amont au fil des siècles, définissent le fonctionnement de la zone irriguée.

Et le jour suivant, après 1 h 30 de route pour rejoindre le site, nous avons commencé une reconnaissance à

partir du barrage actuel (*voir photo 1*), en descendant vers la plaine.

À l'issue des deux jours passés à sillonner la zone dans laquelle s'inscrivent les différents tracés supposés des canaux successifs, nous avons enfin commencé nos mesures.

Le travail consistait donc en un levé d'une zone située rive gauche de la rivière Jing He, sur une longueur d'environ 5 km, du pied du barrage actuel jusqu'à la plaine alluviale proprement dite.

Dans ce secteur ainsi défini, outre le canal actuel récent (1930), les voies d'accès et le bâti remarquable, s'inscrivent les traces de différents canaux anciens, objets de toutes les attentions de la part des différents hydrauliciens présents.

Les traces sont de différents types, ou tout du moins plus ou moins visibles, selon le canal ancien considéré : pour simplifier, les systèmes de prises d'eau les mieux conservés correspondent aux canaux les plus récents. Celles des époques Ming (1368-1644), Yuan (1260-1368), Song (960-1260), taillées dans une roche dure sont encore partiellement visibles (*voir photo 1*). Par contre, les secteurs situés dans la partie alluviale ne donnent pas le même type d'informations. Dans cette plaine, la présence de buttes formées par les déblais de curage au cours des siècles indique la présence d'un canal ancien.

Ces différentes traces sont les témoins anciens d'une évolution continue du paysage en relation avec les travaux nécessaires à l'irrigation de la plaine alluviale. Le peu qui subsiste a notamment échappé aux énormes travaux de construction de l'actuel canal, ainsi qu'à ceux du barrage et de la route qui y mène. Cette retenue a d'ailleurs submergé la prise d'eau Qing (1644-1911, la plus récente).

Le but du levé est double.

D'une part, apporter des informations planimétriques et altimétriques à la fois sur le tracé avéré (ou supposé) des différents canaux et, au niveau des prises d'eau, de l'ensemble des détails associés (structures apparentes, constituées de détails comme trous de pieux, encoches de vannes, poignées de cordes, déversoirs). Dans certains secteurs, ceci s'est avéré délicat en raison de la densité de détails sur des plans verticaux.

D'autre part, il fallait également fournir des renseignements altimétriques sur les niveaux d'eau du canal actuel, de la rivière, et des fonds des canaux des différentes époques, l'ensemble permettant des comparaisons de pentes.

Le levé en lui-même n'a posé aucun problème particulier bien qu'au départ nous ne disposions d'aucune information sur des points d'appui éventuels. Notre interprète nous a alors été d'un grand secours et finalement un point nous a été indiqué (sur la rive droite...) près du barrage, nous permettant de nous caler sur un système existant en altimétrie. C'était à ce moment notre seule relation avec un système existant. Néanmoins ceci est d'importance car pendant que nous réalisons le levé, P. Gentelle obtenait de son côté, des copies de plans donnant des indications altimétriques qui se sont révélées être dans le même système.

De plus, il nous paraissait surprenant que dans ce secteur seul un point soit utilisable. De la même façon, les autres membres de l'équipe cherchaient eux aussi à disposer de documents relatifs à ce secteur.

Une sorte de jeu s'est alors instaurée : au fur et à mesure que sur le terrain nous levions des points particuliers permettant à P. Gentelle d'affiner ses suppositions, nos interlocuteurs sortaient de leurs archives des documents ou des plans relatifs à ce que nous propositions comme interprétation des éléments observés durant la journée. Si bien que vers la fin de notre séjour à Sanyuan, outre deux points complémentaires qui avaient été "retrouvés" (nous permettant d'assurer la cohérence et la validité du levé), nombre de documents (extraits de plans de diverses époques, documents écrits relatifs au canal) étaient mis à disposition de P. Gentelle et S. Pasquet.

Notre séjour dans cette province du Shaanxi s'est terminé par un "rapport" oral effectué au siège de l'administration du Canal à X'ian, en présence d'une trentaine de personnes où il s'est avéré que nous avions comme interlocuteurs outre les officiels, les personnes les plus au fait de l'histoire de ces canaux, dont plusieurs représentants des zones ayant subi les inondations catastrophiques de l'année dernière.

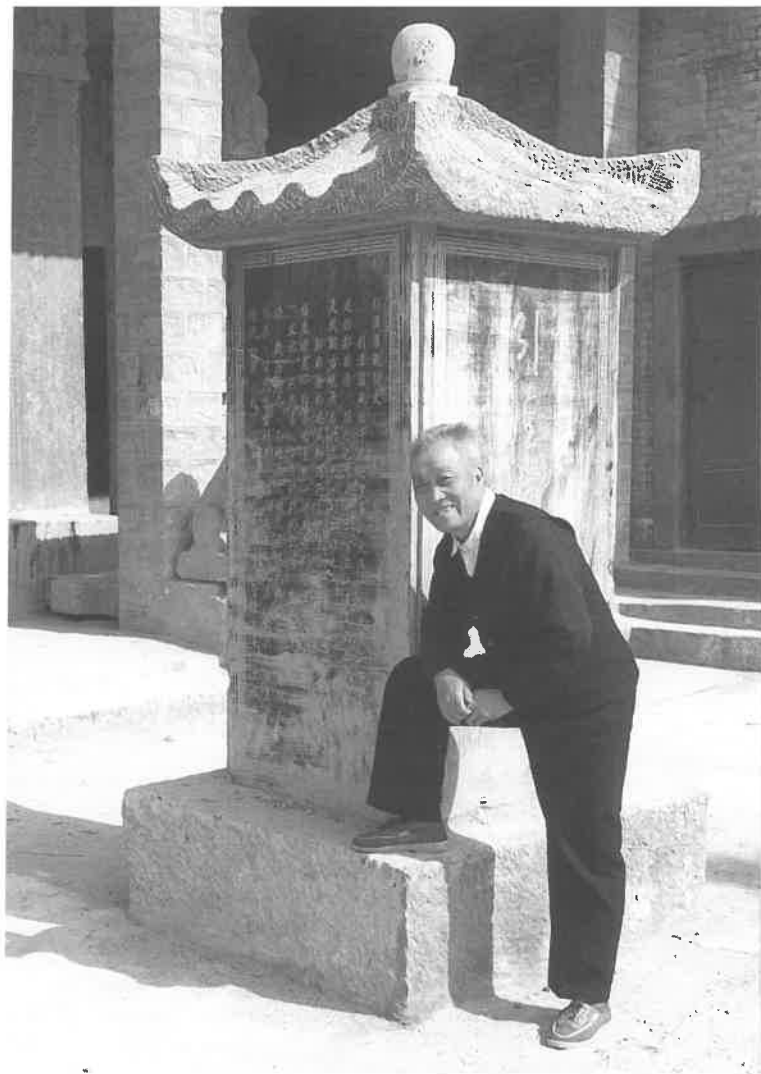
Il s'agit maintenant d'exploiter l'ensemble des informations acquises. Le lever, outre des éléments altimétriques, fournit les localisations des différentes prises d'eau, et pour certaines, nombre de détails sur les équipements qui y étaient rattachés.

Associé à d'autres sources cartographiques, et en relation avec les renseignements obtenus tout au long du séjour par P. Gentelle et S. Pasquet auprès de nos interlocuteurs chinois, cet ensemble de documents et d'informations pourrait être l'amorce d'une publication relative à ce site, mais nécessitant auparavant une étude pluridisciplinaire telle qu'elle est décrite en début de cet article.

Cette étude portera, entre autre, et probablement cette année, sur une exploitation des vestiges archéologiques déjà trouvés lors de notre visite du site.

Nombre de questions sont sans réponses, et pour le géomètre, il reste encore un travail important à réaliser, à savoir le lever des différentes traces des parcours des canaux successifs, tout particulièrement en leurs parties terminales.

Quant aux conditions de travail, les Chinois ne parlant pas un mot d'anglais, nous ne pouvions communiquer que par l'intermédiaire de l'interprète, ou par signes et quelques mots de chinois sur le chantier. L'entente était cordiale, et les repas, pris en commun, nous donnaient le temps de découvrir leur culture à travers de longues dis-



2 - La "mémoire du canal" en la personne d'un des responsables locaux du site, la stèle décrivant une partie de l'histoire du site.

cussions où la curiosité était réciproque. À noter la richesse et la diversité de la cuisine chinoise que nous avons beaucoup appréciées.

Nous avons quitté un pays en totale reconstruction, la moindre ville, quelle que soit sa taille, se mettant à l'heure occidentale en reconstruisant ses quartiers principaux en buildings et en larges avenues. La mutation semble se faire à une telle vitesse qu'il est probable que les vues de Pékin, ou d'ailleurs, représentant des maisons basses et grises dans un enchevêtrement de ruelles seront d'ici 2 à 3 ans à ranger dans les images du passé.

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)

Depuis 1993, la société Terra novA s'est donnée pour but de développer et promouvoir l'utilisation des méthodes non-destructives (photographies aériennes,

Le site gallo-romain du Vieil-Evreux

4 ans de prospections géophysiques

Laurent Aubry
Ing. géophysicien
Christian David
Archéologue
Michel Dabas

Chargé de recherche au CNRS

géologie, géomorphologie, pédologie, géophysique, topographie) pour la détection et l'études des sites archéologiques enfouis ou en élévation. Elle est la seule structure de ce type en France. Terra novA créée par l'un des auteurs (MD, Chercheur au CNRS mais aussi directeur scientifique consultant de Terra NovA) se veut une structure de transfert des connaissances et du savoir-faire de la recherche. Structure atypique où la recherche garde une place prépondérante, elle s'est développée à partir du constat suivant :

1- On ne peut résoudre un problème de détection et/ou de cartographie archéologique en n'utilisant qu'une seule méthode, en particulier géophysique ou topographique. Une véritable synergie doit exister entre un ensemble de spécialistes (Archéologues, pédologues, géologues, géophysiciens, photo-interpréteurs, topographes). Cette intégration va se traduire au niveau humain mais aussi au niveau matériel,

2- L'instrumentation géophysique existante, mal ou peu adaptée aux détections archéologiques, limite le champ des applications possibles. Elle aboutit à un protocole expérimental donné qu'il est difficile de transgresser et donc limite le champ des applications possibles. L'auteur (MD) a développé par exemple des centrales d'acquisition autour de capteurs dits "intelligents". Ces centrales s'adaptent à différents instruments et permettent par exemple d'enregistrer des données tout en garantissant un niveau d'erreur fixé à l'avance quelles que soient les conditions de terrain,

3- Acheter ou louer un appareil (de géophysique ou de topographie), aussi simple soit-il, ne permet pas de "faire" de la détection géophysique ou de la topographie. La phase de pré-étude : "La prospection est-elle possible ?", les traitements et l'interprétation des données "Quelle est l'origine de ce que nous mesurons ?", nécessitent là aussi un travail d'un ensemble de spécialistes. Le projet Vieil-Évreux initié et soutenu par le Conseil Général de l'Eure Chermieux et Guyard) concerne la réhabilitation du site des thermes gallo-romains de Vieil-Évreux (Eure).

Capitale de la cité des Aulerques Eburovices, Vieil-Évreux est unique à la fois historiquement et comme terrain d'expérience. En effet, ce complexe gallo-romain important a été abandonné il y a 1 500 ans et le village actuel n'occupe qu'une faible superficie de la ville antique. Nous avons donc la chance d'avoir en cet endroit facilement accessible à 90 %, sous les champs, une cité antique entière. Les fouilles archéologiques déclenchées très tôt au siècle dernier ont montré la qualité des objets et des structures présentes et n'ont détruit qu'une faible partie de la ville.

Depuis maintenant quatre ans, Terra NovA est intervenue sur ce site et a déclenché un ensemble d'études géophysiques (prospection électrique et magnétique) autour de l'édifice thermal (Eureka, N° 26, Déc. 97, p. 12-13, reportage télévisuel (5e, 5/5)). Ces études ont permis de détecter et cartographier un ensemble remarquable de structures liées aux thermes (mur d'enceinte, délimitation de la palestra, tracé des égouts souterrains, découverte d'un temple de l'eau et d'un temple païen). Les fouilles se sont largement appuyées sur ces études et ont permis d'affiner encore plus les diagnostics géophysiques. Les prospections ont couvert une surface de l'ordre de 10 hectares.

Pour étendre nos connaissances à une zone plus importante, nous avons été amenés à utiliser les photographies aériennes et plus exactement les anomalies phytologiques pour dresser un plan des structures les plus superficielles (cf. XYZ, N° 72, pp. 47-51). Le redressement des clichés obliques amateurs dans un paysage d'openfield avait posé des problèmes ardues de recalage que nous n'avions pu résoudre qu'en prenant un nouveau type de point de contrôle : celui associé à une anomalie géophysique identifiable comme une anomalie de couleur sur une photographie aérienne. La surface ainsi couverte a permis de cartographier l'ensemble des structures archéologiques dans un rayon de 300 mètres autour des thermes. Il était alors tentant d'étendre nos connaissances non plus à la périphérie d'un édifice public comme les thermes, aussi prestigieux soit-il, mais au contexte urbain antique dans lequel il s'est inséré. Ce changement d'échelle passe par un changement de méthodologie à utiliser, tout en gardant une précision telle que les structures infra-métriques soient encore parfaitement identifiées.

Grâce à un financement pluriannuel de l'ANRT et du C.G. de l'Eure, une nouvelle approche que nous nous proposons d'ébaucher dans cet article a pu être mise en œuvre par Terra NovA depuis novembre 1998. Elle repose sur deux axes dont nous ne développerons pour l'instant que le second aspect :



1-Développer des capteurs géophysiques capables de mesurer en continu les grandeurs électriques et magnétiques caractéristiques du proche sous-sol. La mesure en continu permet alors de couvrir de grandes surfaces plus rapidement, compatibles avec une archéologie du paysage.

2- Intégrer sous un SIG les documents existants (données pédologiques, données des photographies aériennes obliques et satellitaires, prospections au sol) autour d'un noyau constitué par un Modèle Numérique de Terrain dont la précision doit être meilleure que 30 cm en planimétrie. Ce type de fond est encore relativement peu utilisé en archéologie et de toute façon trop onéreux dans le cadre des chantiers archéologiques. Il constitue néanmoins la base de tout travail « stable » et sérieux à long terme. Atteindre un tel objectif nécessite des collaborations avec des groupes de recherche, des Universités ou encore des Écoles. Une collaboration a été créée par exemple avec l'IGN (Egels) pour les problèmes liés à la création du MNT. Le CNRS (Dabas) intervient comme conseil sur les problèmes géophysiques. Enfin, l'ORSTOM (Gabalda et Bonvalot) nous a apporté son soutien dans les techniques de positionnement par GPS cinématique.

Michel DABAS

Dans le cadre du projet de valorisation de l'édifice thermal gallo-romain du Vieil-Evreux (situé à 7 km à l'est d'Evreux), le Conseil général de l'Eure a fait appel, en 1996, au savoir-faire et à l'expérience de Terra NovA en terme d'évaluation de risques archéologiques et de diagnostics par méthodes non destructives, afin de cartographier l'édifice et son environnement proche.

Depuis cette date, une collaboration scientifique à long terme s'est mise en place entre Terra NovA et le Conseil général de l'Eure. Terra NovA a utilisé régulièrement diverses méthodes complémentaires d'investigation (photographies aériennes, prospections géophysiques par méthodes électriques, magnétique et électromagnétique) sur diverses parties du site, dont la plupart sont enfouis sous des labours ou des prairies.

Cette collaboration scientifique à long terme se concrétise actuellement par un travail de recherche spécifique (L. Aubry, étudiant en thèse à l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI) ayant pour objectif l'étude de l'ensemble de la ville antique et de son environnement (limites, faubourgs, voies d'accès,...), par des méthodes de prospections non destructives. Cette démarche originale en France - étude d'une ville antique entière par méthodes non destructives - ne peut se concevoir sans l'utilisation d'un Système d'Information Géographique, permettant l'intégration et l'exploitation des diverses sources d'informations.

QUELQUES RÉSULTATS...

Prospection de la zone des thermes

En 1996, à la demande du Conseil général, Terra NovA a prospecté les parties situées immédiatement au Nord et au Sud des thermes sur une surface de 2 hectares. La méthode électrique (dispositif pôle-pôle, résolution 1 m x 1 m) a été choisie pour prospecter cette surface. Elle a permis de cartographier les différentes structures connues par photographies aériennes obliques (R. Agache, Sous Direction de l'Archéologie, 1976), telles que les piles de l'aqueduc, un nymphée (fontaine monumentale) associé à celui-ci, un fanum (temple indigène), l'enceinte et la palestra (cour intérieure) des thermes ainsi qu'une partie du réseau d'égouts.

Elle a aussi permis la détection et la cartographie de structures plus profondes inédites (invisibles sur les photographies aériennes) ; à titre d'exemple, le second aqueduc reliant le nymphée directement aux thermes, un ensemble de fossés, un bâtiment de forme carrée de petite taille (8 m de côté) et une structuration interne du fanum.

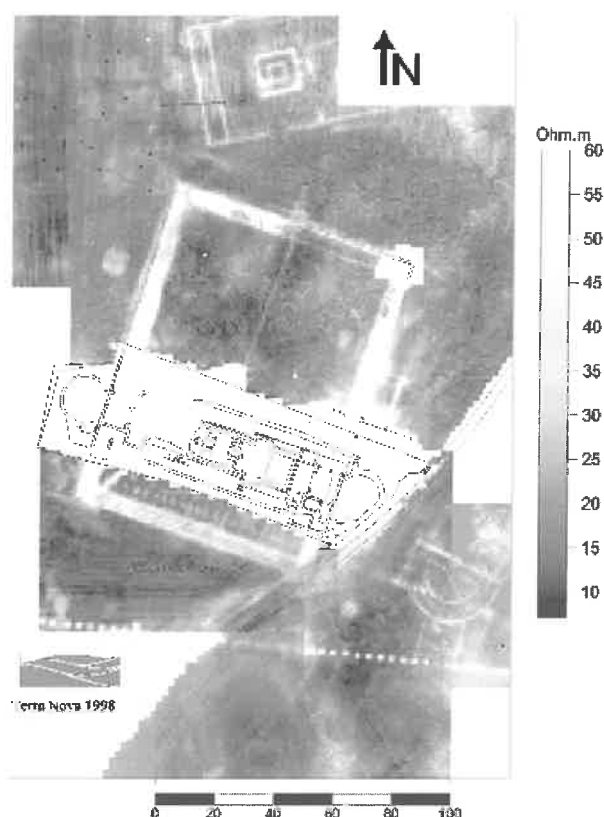


Fig. 1 Prospection électrique : détection et cartographie de structures archéologiques enfouies.

La figure 1 présente une compilation des données acquises en 1996 et 1997 sur les abords des thermes par la méthode électrique. Le levé de géomètre a été superposé (tracé noir) aux données.

Étude de photographies aériennes obliques

Le site du Vieil-Evreux bénéficie d'un nombre important de clichés aériens obliques d'une richesse exceptionnelle (R. Agache, SDA, 1976 ; fonds Archeo 27) en terme d'anomalies phytologiques témoins de la présence de vestiges archéologiques enfouis.

L'absence de points de calage en nombre suffisant sur les photographies interdisait toute rectification permettant une localisation précise des indices.

Dans le cadre d'une étude photogrammétrique de ce fonds documentaire, les données géophysiques ont été géoréférencées pour être utilisées comme points de ca-

lage supplémentaires (une partie de cette étude a été publiée dans XYZ, Dabas et Chazaly ; 1997). Ce redressement a permis le report des indices phytologiques visibles sur les clichés, sur un plan orthonormé en coordonnées Lambert.

La connaissance des vestiges autour des thermes a ainsi été élargie à une région d'à peu près 500 sur 350 mètres. La qualité des clichés aériens ainsi que les conditions climatiques favorables de 1976 apportent une connaissance importante à cet espace au-delà de la zone même de l'édifice thermal en terme d'axes d'urbanisme, de zone construite/non construite ainsi que les éléments hydrauliques.

Le redressement des prises de vue aériennes a fourni rapidement des données riches et précises. Les moyens employés ici ont permis d'atteindre une précision importante (1,5 m d'erreur maximale) dans le positionnement des anomalies phytologiques, ce qui autorise une interprétation et une exploitation relativement précise de celles-ci.

La précision importante dans le positionnement des détails ne saurait toutefois atteindre celle fournie par une prospection géophysique (20 cm d'erreur maximum). De plus, la prospection géophysique est en général, moins sensible au "bruit" provoqué par le sens des cultures, et donc assure une meilleure cartographie des structures enfouies.

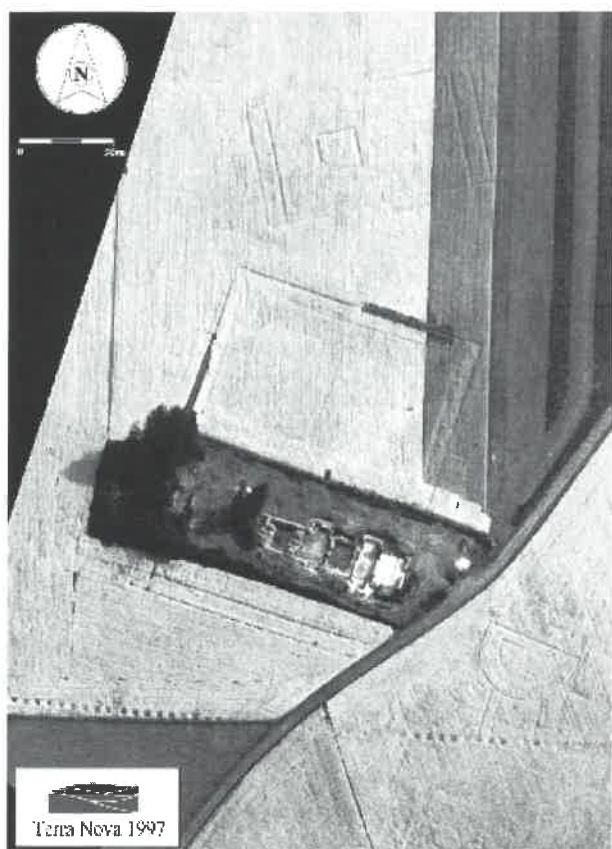


Fig. 2 Ortho rectification (R. Agache, SDA, 1976). Zones des thermes du Vieil-Evreux.

Prospections multi-méthodes sur l'agglomération du Vieil-Evreux

Dans un troisième temps, Terra NovA est intervenu sur des zones d'habitat en utilisant, cette fois-ci, deux métho-

des distinctes dans le but de détecter et de cartographier précisément ces secteurs de l'agglomération :

- la prospection électrique de 1996 a été poursuivie sur une surface de 4 hectares située au nord et au sud des thermes ;
- la méthode magnétique (magnétomètre à pompage optique utilisé en mode gradiomètre et acquisition de mesures en continu) a été utilisée sur les mêmes zones.

Ces deux approches ont permis d'établir une "double" cartographie des zones prospectées selon les paramètres physiques concernés par chacune des méthodes de prospection.

En plus de cet aspect cartographique, l'emploi du SIG a permis la comparaison des données acquises avec le report des indices phytologiques décelés par les photographies aériennes, permettant ainsi une vérification de la précision des rectifications des photographies. Cette intégration de diverses couches de données souligne l'aspect complémentaire des méthodes non destructives mises en œuvre.

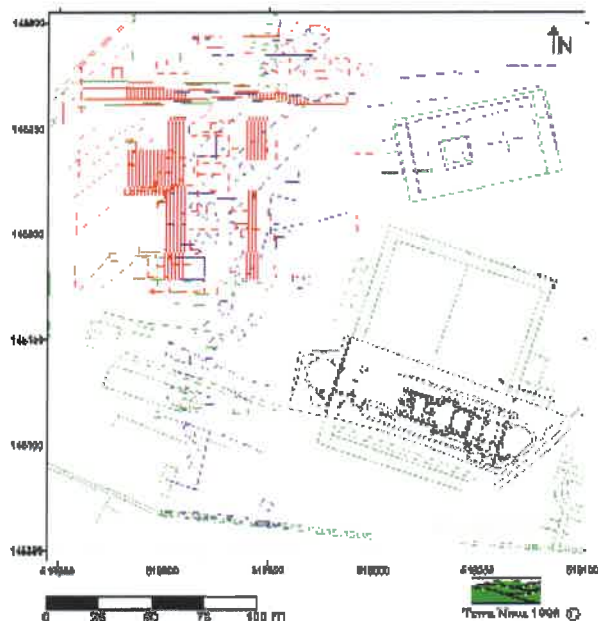


Fig. 3 Report des indices géophysiques (anomalies : électrique en rouge et magnétique en bleu), indices phytologiques en vert et levé de géomètre en noir).

Elle permet aussi, à chaque apport de couches d'informations, une nouvelle lecture des données acquises antérieurement.

La confrontation des indices d'une occupation anthropique du sol, issus des clichés aériens et des images obtenues par prospections géophysiques, à la connaissance du terrain archéologique a abouti à l'élaboration d'un véritable diagnostic archéologique des zones prospectées.

Prospections multi-méthodes du théâtre

Dans l'optique d'élargir la connaissance du sous-sol de l'agglomération antique, il a été demandé à Terra NovA de prospecter l'édifice de spectacle du Vieil-Evreux (propriété départementale). Cet édifice présente une topographie bien marquée (6 m d'amplitude).

Le but de l'intervention était de mettre en évidence la structuration profonde et les aménagements internes du

théâtre. La prospection devait de plus lever l'ambiguïté et les contradictions des deux fouilles ayant eu lieu au XIX^e siècle. Dans cette double optique, Terra Nova a utilisé une prospection électrique dite "multi-profondeur". Cette technique a été couplée à une prospection électromagnétique à deux profondeurs différentes (3 m et 6 m).

L'utilisation de ces deux méthodes permet d'accéder à une information concernant les structures du monument à 5 profondeurs différentes (0,5, 1, 2, 3 et 6 mètres).

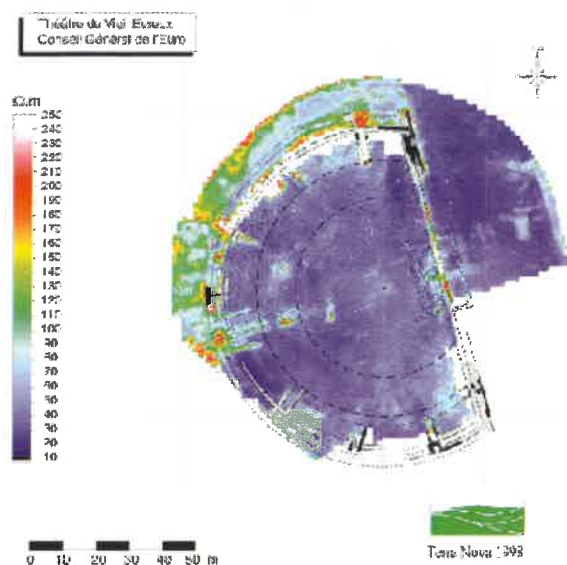


Fig. 4 Carte de la prospection électrique et report du plan XIX^e.

La prospection électrique a permis de cartographier le théâtre antique et de localiser les anomalies dans le système de coordonnées Lambert II.

Certaines hypothèses de restitution de l'édifice émises au XIX^e siècle ont ainsi pu être infirmées et/ou confirmées :

- le plan général du théâtre n'est pas un demi-cercle prolongé de murs droits comme il avait été publié 1845. La géométrie du théâtre présente un aspect d'hémicycle outrepassé.
- la prospection montre l'entrée principale axiale de l'édifice et 6 vomitoires (accès aux gradins).
- le bâtiment de scène représenté au siècle passé correspond à une anomalie mal définie par la prospection. Celle-ci a montré qu'une partie du bâtiment d'arrière scène est bien définie et possède une structuration interne plus complexe que celle dessinée au XIX^e siècle. De plus, une série de bâtiments de petites tailles se développe sur l'axe du théâtre en direction de l'Est.
- l'absence d'anomalie délimitant l'orchestra peut être liée à un fort colluvionnement ou à la disparition de la structure.
- la méthode électromagnétique n'a pas repéré d'anomalie de grande longueur d'onde témoignant d'un aménagement maçonné ou empierré de la structure interne du théâtre. L'absence de telles anomalies semble venir confirmer l'hypothèse, "de gradins installés sur des massifs de terre rapportée et d'argile pure".

Ces travaux apportent une base de réflexion sérieuse sur le monument qui permet de mieux appréhender les découvertes anciennes, sans avoir eu besoin de porter atteinte au sous sol par des sondages complémentaires.

CONCLUSION – PERSPECTIVES

Jusqu'à présent, le travail de Terra Nova sur le site du Vieil-Evreux se situait à l'échelle locale du "site" archéologique par ses interventions ponctuelles (étude des thermes et de ses abords, étude du théâtre). La coopération scientifique entre le Conseil général de l'Eure, Terra Nova et l'Université Paris VI permettant un travail à long terme (thèse de 3^e cycle) apporte une dimension globale, à l'échelle de l'agglomération antique (250 ha), à notre approche scientifique.

L'étude de la ville du Vieil-Evreux devrait se développer selon plusieurs axes de recherche intégrant de manière encore plus active et dynamique l'emploi du SIG.

La ville antique ne pouvant être prospectée dans son intégralité par méthodes géophysiques, l'emploi du SIG apportera une aide à la décision considérable quant à la mise en place de problématiques archéologiques et par conséquent au choix des zones à étudier en priorité. Dans cette optique un Modèle Numérique de Terrain (MNT), actuellement en cours de réalisation avec l'appui de l'IGN et de l'IRD (ex ORSTOM), permettra à cours terme une étude photogrammétrique extensive des indices phytologiques de la couverture aérienne existant sur la ville, ainsi que l'intégration des documents cadastraux (moderne et napoléonien). Les prochains résultats feront l'objet d'une publication dans cette revue.

(Article écrit en collaboration avec Laurent Guyard du Conseil général de l'Eure).

OUVRAGES GÉNÉRAUX ET COMMUNICATIONS

"Le Vieil Evreux, un vaste site gallo-romain", D. Cliquet, P. Eudier, A. Etienne, P. Blaszkiewicz, V. Brunet, J. Moesgaard et E. Poirel. (1996). Édité sous la direction d'ARCHEO 27. Publication du Conseil général de l'Eure.

"Les Sciences à la Recherche du Passé", Collectif GMPCA, Presse Universitaire de Lyon, 1990, 287 p.

"Prospections Géophysiques à faible Profondeur. Applications à l'archéologie", Albert Hesse, DUNOD, 1965, 149 p.

"Near Surface, High Resolution Geophysical Methods", D.H. Heimmer et S.L. de Vore, National Park Service, 1995, 170 p.

"La Prospection", M. Dabas, H. Deletang, A. Ferdière, C. Jung et W. H. Zimmermann, Errance, 1998, 224 p.

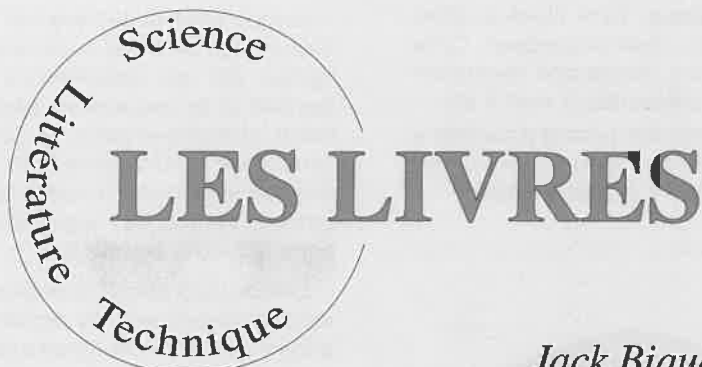
XYZ ("SIG et Détection archéologique", N° 72, 1997, pp47-51). Archéologie médiévale, VOL XXVIII, La Bâtie d'Urfé, sous presse

"Des ruines sous haute surveillance" reportage télévisuel, diffusé en 1998, "Les écrans du savoir", La Cinquième.

CONTACTS

Conseil général de l'Eure : Direction de l'Action Culturelle, Hôtel du département, Bd G. Chauvin, 27021 Evreux CEDEX - Tél. 02 32 31 50 12

Terra Nova : 7 place de la Nation, 75011 Paris
Tél. 01 43 73 66 35 - Fax 01 44 75 03 55
Par Internet : e-mail : terra-nova@wanadoo.fr
http://pro.wanadoo.fr/terra-nova



LES LIVRES

Jack Biquand

■ Diplôme d'Étude Doctorale pour André Fontaine

Notre collaborateur André Fontaine, ingénieur général géographe, a obtenu le diplôme d'étude Doctorale, option Préhistoire, le 5 novembre 1998. L'étude portait sur le site des Vachons (commune de Voulgézac en Charente), données historiques, étude typologique de la couche de l'abri 2.

Le jury était présidé par Henry de Lumley, président du muséum d'histoire naturelle.

Résumé : Cette étude porte sur une partie des collections inédites de l'Institut de Paléontologie Humaine, relatives au site des Vachons. Elle comprend trois parties.

La première récapitule le déroulement des fouilles de 1914 à 1940 menées par l'inventeur du site J. Coiffard et parfois, temporairement, par P. David et le chanoine J. Bouyssonie. On y résume les études des collections, autres que celles de l'I.P.H., effectuées depuis 1950 par de prestigieux préhistoriens ; à travers leurs décomptes publiés, on cherche à suivre le processus de dégradation de ces collections ; seules celles issues des fouilles de J. Coiffard subsistent aujourd'hui.

Dans la deuxième, on s'efforce de dégager les méthodes principales de la typologie en insistant sur leurs difficultés. Les dénombrements sur "liste type" sont examinés sous tous leurs aspects depuis leur création, en mettant en lumière leurs faiblesses originelles comme leurs applications dans des conditions parfois contestables. La typologie analytique est analysée à partir de ses résultats dans l'étude des pièces de l'abri Pataud.

La troisième partie commence avec la description des traits principaux de la base de données informatisées, élaborée pour la couche 5 de l'abri 2. Puis, on passe en revue le débitage et les outils de cette couche. À ce propos, on montre que les mesures précises sur les biseaux des burins (angle ou longueur) sont inutiles puisqu'une simple appréciation visuelle aboutit à des conclusions tout aussi significatives.

Partant de la base de données informatisées, on souligne les problèmes que soulève le passage d'une codification des différents éléments des pièces à un dénombrement sur "liste type" ; on met en valeur les pertes d'information incluses dans le principe même de la mé-

thode "Bordes" qui impose de faire correspondre un seul type à chaque pièce examinée.

L'analyse factorielle du Gravettien publiée par F. Bosc Selin et P. Djindjian a permis d'orienter l'étude vers les couches proches de la couche 5 de l'abri 2 des Vachons et de s'apercevoir que des préhistoriens comme F. Bordes et B. Bosselin la situent comme intermédiaire entre le Périgordien VI et le Protomagdalénien.

En conclusion, on revoit les hypothèses des fouilleurs. Aujourd'hui, au regard de leurs conclusions comme des dénombrements de l'abri Pataud et des rapports grattoirs-burins donnés par P.Y. Demars pour les différentes périodes du Paléolithique supérieur, il est difficile de trancher. L'hypothèse la plus probable reste la charnière Périgordien VI - Protomagdalénien

Mots Clés : LES VACHONS, AURIGNACIEN, GRAVETTIEN, PÉRIGORDIEN VI, PROTOMAGDALENIEN, LES VACHONS, LISTE TYPE, DÉNOMBREMENT, TYPOLOGIE ANALYTIQUE, BANQUE DE DONNÉES INFORMATISÉES, ANALYSE FACTORIELLE.

■ Les rencontres "espace et société" du MENRT

Les rencontres "espace et société" organisées par la direction de la technologie du MENRT (Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie) font suite aux réunions organisées par Claude Allègre en 98 avec les représentants de l'industrie et des grands organismes de recherche sur l'intérêt de l'utilisation des systèmes spatiaux dans leurs secteurs d'activité. Chaque journée est préparée par un comité d'organisation composé des représentants de la direction de la Technologie, des principaux organismes intéressés par la thématique et de représentant du CNES.

Une "rencontre" "métrique des sols" a eu lieu à Paris le 18 janvier dernier au ministère de l'éducation nationale. Participaient les utilisateurs publics : IGN, Équipement, BRGM, CNIG, INRA, EDF... et privés : géomètres, photogrammètres, organismes professionnels, sociétés de services...

La "méthode des sols" a pour objet de fournir une description objective d'un territoire, à l'aide de mesures dont la précision peut être évaluée. Elle s'appuie sur des techniques de localisation de points fixes et de modélisation numérique de terrain en deux ou trois dimensions. Plusieurs techniques spatiales peuvent être utilisées : télémétrie laser, altimétrie radar ou laser, Imagerie optique ou

radar et surtout systèmes radio électriques de positionnement/dation (GPS, GLONASS, DORIS ou GNSS).

Ce marché a un fort potentiel d'évolution (9 milliards de francs par an en France, et de 60 à 70 milliards en Europe) mais celui-ci reste très éclaté, entre les nombreuses applications et les acteurs concernés. Il s'agit d'un marché de consommation, dont la demande est en croissance constante, plus sensible à la diminution des prix et des délais que sur une amélioration des techniques, ces dernières étant actuellement maîtrisées. Les nouveaux services souhaités sont ceux offerts en temps réel. Les techniques spatiales apparaissent compétitives dans un tel marché en regard des besoins exprimés.

L'amélioration de la résolution des images spatiales est souhaitée par une large majorité de participants. Mais il est constaté que les moyens nécessaires au traitement des données et le coût de ces dernières évoluent de façon exponentielle avec l'accroissement de la résolution. Il faut donc rechercher le bon compromis.

Localisation de points fixes

PRÉCISION	APPLICATIONS
Centimètre	Réseaux géodésiques, topographie, génie civil, agriculture de précision, (peut être obtenue en temps différé).
Millimètre	Suivi des déformations du terrain (précision relative : différentielle dans l'espace et le temps).

M.N.T.

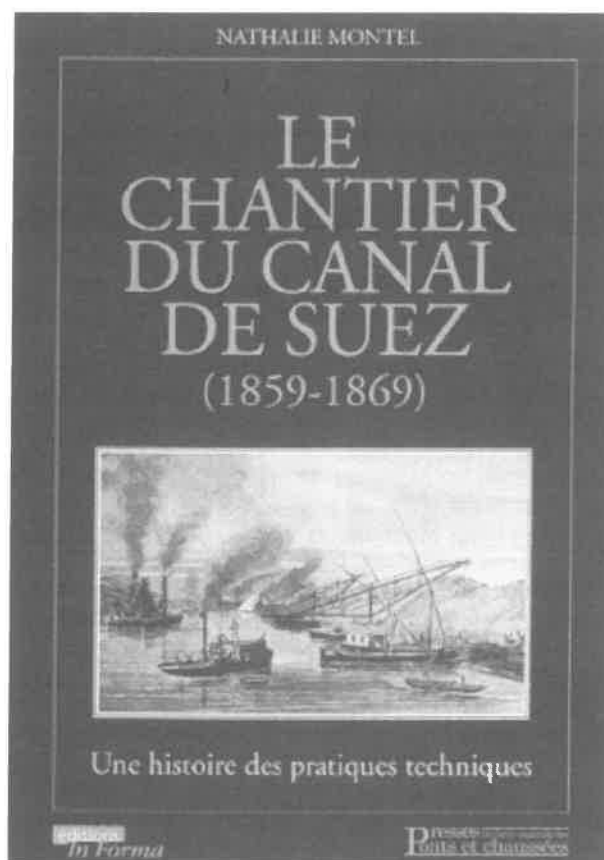
PRÉCISION	PRODUIT	APPLICATIONS
30-40 m	MNE	Télécommunications (zones rurales), cartographie.
Décamétrique	MNE	Télécommunications (péri urbain).
Décamétrique	MNT3	Géologie régionale, travaux publics (études préliminaires), cartographie.
5 m	MNT4	Travaux publics (APS).
Métrique	MNT	Déformations, hydrologie, inondations, cartographie.
Métrique	3D	Travaux publics (études d'exécution), déformations, télécommunications (intra urbain).
50 cm	3D	Géotechnique, prospection géologique.
Décimétrique	MNT	Agriculture de précision (modèles de flux d'eau et de matières).
Centimétrique	MNT	Déformations du terrain (par interférométrie radar).

D'autres questions méritent un approfondissement et une réflexion plus élaborée : la politique des données satellitaires (tarification, moyens d'accès...) pour que le marché se développe tout en offrant un juste retour aux

investissements publics et privés effectués en amont, pour l'organisation du secteur de la valeur ajoutée, enfin pour l'évolution du système DORIS vers un système opérationnel mondial.

Le chantier du canal de Suez

Nathalie Montel



L'ouverture du canal de Suez à la navigation concrétisait le projet séculaire d'unir les deux mers, la Rouge et la Méditerranée, pour éviter aux navires le détour par le Cap de Bonne Espérance et rapprocher ainsi l'Orient et l'Occident. C'était la fin du lac Méditerranée selon l'expression de Fernand Braudel. On allait assister à un bouleversement de la géographie des flux du commerce international. La réalisation fut un temps fort de l'histoire qui marqua aussi bien l'histoire égyptienne que la diplomatie internationale, l'économie, la finance et aussi l'histoire des techniques et des chantiers qui sont principalement le sujet de ce livre.

L'intérêt pour la réalisation de cette voie d'eau était très ancien. En novembre 1848 déjà, une société d'études pour le canal faisait réaliser un nivellement de l'isthme sous la direction de Paul Adrien Bourdaloüe (une étude de notre collaborateur Robert Vincent est consacrée à Bourdaloüe dans le N° 76 de XYZ). Les relations internationales, la diplomatie, les rapports France/Angleterre, l'aventure financière qui fit de la Compagnie universelle du canal de Suez une des plus importantes et des plus riches du Moyen-Orient, sont abordés dans ce livre, mais priorité est donné à ce qui fut un événement de l'histoire des techniques et des Chantiers dans leur organisation. C'est l'un des mérites et l'intérêt de l'ouvrage que ce point de vue rarement abordé habituellement. En faisant porter l'attention sur le chantier lui-même, le livre change l'angle

des analyses historiques faites jusqu'ici sur le monde des travaux publics, ses objets, ses techniques et ses acteurs. En faisant du chantier un objet d'histoire les auteurs amènent à se poser des questions sur les matériaux, les techniques, les ingénieurs, les entreprises, les organisations, les savoirs et les savoir-faire, aussi à explorer les rapports qui les lient. Le chantier devient ainsi un point d'observation pertinent de ce secteur technique et professionnel.

L'analyse qui est faite des modalités pratiques et des conditions matérielles de réalisation démontre que l'achèvement de ces travaux colossaux a été rendu possible par la combinaison de multiples innovations dont la gestion et la mise en œuvre sont au cœur du propos de ce livre.

(Éditions "in Forma"
aux Presses des Ponts et Chaussées)

■ Les médecins et les rues de Paris

J. Dejeumont

Un curieux ouvrage de l'Ingénieur Général Géographe J. Dejeumont. Il recense les noms des médecins attribués aux rues de la capitale, 166 médecins dont 8 étrangers. Le choix d'un personnage pour baptiser une rue constitue bien entendu un jugement de valeur, puisqu'il vise à en perpétuer la mémoire, on peut considérer les motifs suivants en ce qui concerne les médecins : la valeur médicale, les travaux réalisés, l'activité politique pratiquée par beaucoup des hommes de l'Art (Paul Brousse, Émile Dubois, Étienne Goujon, Lemerrier, Auguste Métivier, Louis Navarre, Poirier de Nargais...), le dévouement (Henri Feulard pour l'incendie du Bazar de la Charité, Adolphe Leray, l'interne Loeb, André Mazet). Une annexe est consacrée à la répartition chronologique des désignations et à leur liaison avec les gouvernements, et une autre à la répartition des désignations par arrondissement. Le 13^e est en tête de loin avec 36 désignations, puis le 20^e avec 19 et le 15^e avec 18, alors qu'aucune désignation n'existe pour les 2, 3 et 4^{es}, de là à tirer des conclusions...

(Société d'Édition de l'Association d'Enseignement
Médical des Hôpitaux de Paris – 1999)

■ Daniel Tardy à la présidence de la FNTF



La FNTF qui regroupe à travers ses instances 5500 entreprises et 220 000 salariés a réélu à l'unanimité Daniel Tardy à sa présidence dans son assemblée générale du 23 mars 1999.

Daniel Tardy âgé de 65 ans est le PDG de la Compagnie Industrielle et Financière d'Entreprises (CIFE), société holding contrôlant ETPO et des entreprises de travaux publics, bâti-

ment et promotion immobilière en France métropolitaine, dans les DOM TOM et en Californie.

Daniel Tardy continue donc sa présidence alors que les Travaux Publics semblent être les oubliés de la croissance. Dans sa conférence de presse tenue à la veille de son élection la FNTF révélait que 1998 s'était terminée en baisse de 1,5 % et que l'année 1999 ne s'annonçait pas meilleure. Alors que le secteur privé, qui concourt à hauteur de 22,5 %, prévoit une croissance de 4 % dans

l'année, que l'effort des collectivités locales semble en accroissement avec une hausse prévue de 3 %, l'état maître d'ouvrage diminue ses investissements de 15 % alors que ses commandes directes ne représentent plus aujourd'hui que 6 % de l'activité des entreprises de TP. C'est pourquoi la FNTF a signé avec le Crédit Local de France un protocole pour l'année. Il s'agit de dynamiser l'investissement TP en mettant à disposition des collectivités 5 milliards de Francs de prêts au taux fixe de 5 % et à long terme (30-40ans). La profession s'implique fortement dans le débat sur l'aménagement du territoire et la préparation de la génération 2000 des contrats de plan État-Régions, cependant que la commission européenne publie une communication mettant l'accent sur la baisse tendancielle et dangereuse de l'investissement public.

À la clôture de cette assemblée générale, **les prix de l'innovation** du Syndicat Professionnel des Entrepreneurs de Travaux Publics de France et d'Outre-mer ont été remis aux lauréats : Marie-Pierre Mochard, Philippe Buton, Stéphane Carayol, Paul da Fonseca et Jean-Pierre Hamelin pour le premier prix obtenu pour le "procédé ContACTS". Le deuxième prix, obtenu pour le "procédé de renforcement des structures en béton par des tissus de fibres en carbone TFC" a été attribué à Alain Chabert, Khélil Doghri, Alain Delbos, Jean Luyckx et Christian Tournier. Ces prix récompensent les auteurs d'innovations susceptibles de contribuer à l'amélioration de la performance des ouvrages, à la productivité des travaux, à la réduction de leurs coûts et à la compétitivité des entreprises sur les marchés mondiaux.

■ Congrès OGE de juin 98 : actes du congrès

La loi sur l'eau du 3 janvier 1992 était à la base du thème du congrès : "L'eau et le foncier, enjeux et perspectives pour un développement durable". En effet, son article premier stipulait que "l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation, sa protection et sa mise en valeur, le développement de la ressource dans le respect des équilibres naturels, sont d'intérêt général". Cette notion de "patrimoine commun" est lourde de sens, elle entraîne des idées de protection, de gestion et d'aménagement, l'eau n'est plus seulement un "bien naturel", et la grande ligne de partage de notre droit public/privé va être progressivement gommée et va céder la place à une notion "d'espace d'intérêt commun" négocié et accepté. La superposition du "patrimoine eau" au "patrimoine foncier" va générer la définition de nouvelles frontières, de nouvelles obligations. Le foncier est le fondement de l'exercice de la profession de géomètre, le support de toutes les procédures et de tous les aménagements, qu'il appartienne à des particuliers ou à des collectivités. Si l'eau douce fait aujourd'hui partie du patrimoine commun de la nation, "sous l'eau", il y a toujours du foncier et donc une terre appartenant à un propriétaire.

(Supplément à la revue "Géomètre" de février 99.
Éditions PubliTopex, 40 av. Noche 75008 Paris.)

■ Pour ne pas perdre le Nord

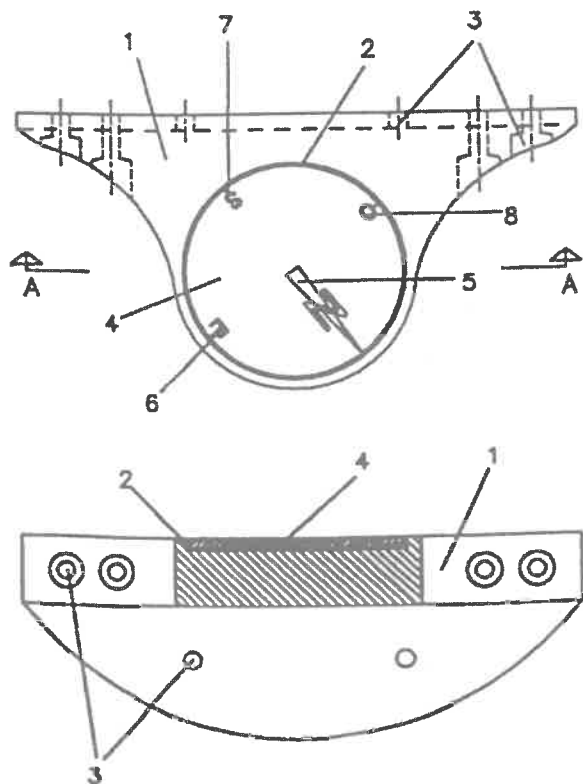
Le plan de ville traditionnel avec sa fameuse pastille collée dessus qui porte les mots : "VOUS ÊTES ICI", constitue le moyen bien pratique mis à la disposition du public pour rechercher son orientation.

Cependant, il ne donne pas le moyen à l'usager de s'orienter, le Nord du plan en face de lui ne correspond pas au Nord réel. Il est donc amené à faire une gymnastique intellectuelle pour réorienter le plan en utilisant les rues alentour. Malheureusement pour les personnes non habituées aux lieux telles que les touristes par exemple, ce petit travail est source d'erreurs et un peu désagréable.

Cela provient du fait que le plan de ville, toujours implanté à la verticale, représentant les rues et les constructions, n'est pas orienté avec les lieux géographiques locaux.

Le dispositif de l'invention permet de remédier à ces inconvénients et offre un système complet d'orientation. Il se présente sous forme d'une applique (1) horizontale comportant un cadran (4) de forme ronde pouvant être orienté puis verrouillé, muni d'une flèche dont la pointe indique exactement le nord géographique (5). L'orientation de la flèche du cadran est définie sur place en utilisant une simple boussole. Le réglage est donc spécifique à chaque emplacement particulier du plan de ville. Une fois orienté le cadran est verrouillé. Les indications supplémentaires données par le cadran fournissent les orientations, en plus du Nord des trois autres points cardinaux réels représentés par E (pour l'Est) (6), S (pour le Sud) (7), O (pour l'Ouest) (8).

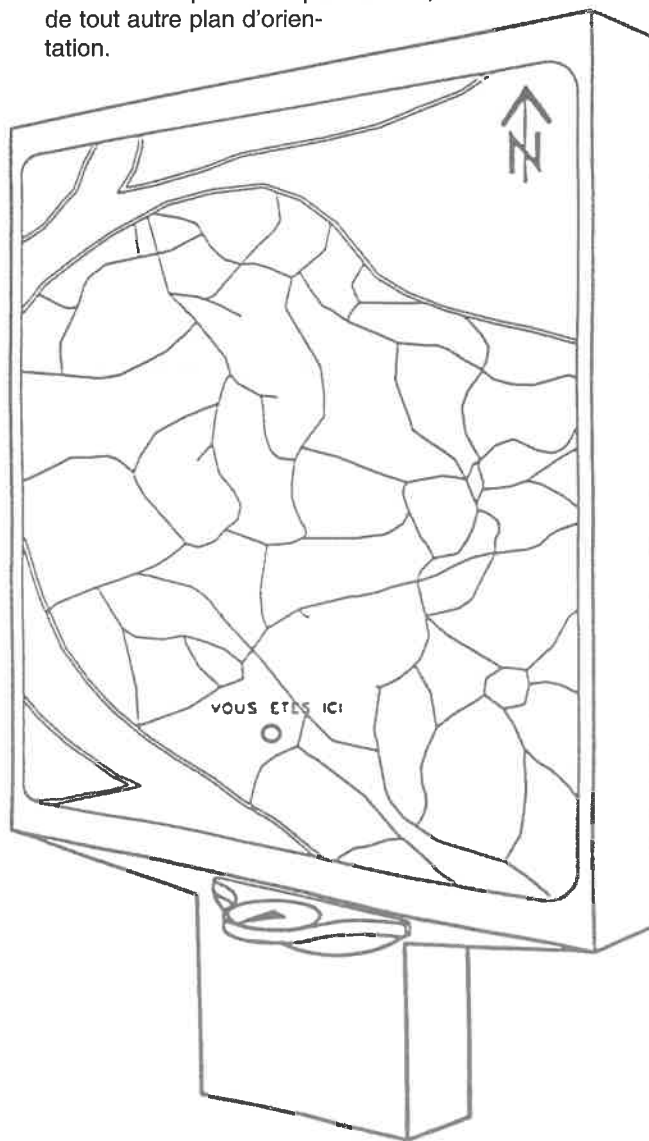
Le dispositif qui donne la lecture de lieux géographiques réels, dans son ensemble est fixé par vissage (3) de



façon permanente au milieu du support de chaque plan de ville, à la hauteur qui convient le mieux à l'usager et parallèlement au sol. Ce même dispositif peut être utilisé sur des plans publics ou privés, autres que les plans de ville, tels que plans de zones industrielles, de réseaux de transports urbains, de parcs d'attraction ou d'exposition, de sentiers de grande randonnée, etc.

Le cadran ainsi fixé constitue pour l'usager un véritable moyen d'orientation, celui-ci peut localiser immédiatement la direction à prendre et peut, sans difficulté, trouver son lieu de destination avec précision et rapidité.

Le dispositif selon l'inventeur est particulièrement destiné à indiquer le Nord géographique réel pour faciliter l'orientation à prendre pour aller vers une destination déterminée à partir d'un plan de ville, ou de tout autre plan d'orientation.



(Nguyen Van Dung – 155 rue de Buzenval
92380 GARCHES – Tél. 01 47 41 19 29)

■ Éclipses totales

Pierre Guillermier et Serge Koutchmy

Histoire, découvertes et observations, avec une préface de Jean-Claude Pecker. Avec la participation de la SAF.

Chez MASSON éditeur – 158 F.

Construisez vous-même votre télescope

Michel Lyonnet du Moutier, préface de Patrick Baudry
Éditions Eyrolles. Prix : 145 F

Raymond D'Hollander

L'Astrolabe

Histoire, théorie et pratique

■ L'Astrolabe, histoire, théorie & pratique (Raymond d'Hollander)

Raymond d'Hollander, ingénieur général géographe à l'IGN, ancien directeur de l'ENSG, signe ici un ouvrage qui est une véritable encyclopédie de tous les problèmes que l'on peut résoudre à l'astrolabe, à condition de bien assimiler les notions fondamentales de cosmographie auxquelles tout un chapitre est consacré.

Spécialisé dans l'histoire des sciences géographiques, l'auteur a publié plusieurs ouvrages sur le sujet, en particulier sur "l'astrolabe, les astrolabes du Musée Paul Dupuy" (1993) édité par le musée de Toulouse et l'AFT. Le présent ouvrage n'en est pas une réédition, et son ambition est beaucoup plus exhaustive. Après l'historique où l'auteur excelle, sont exposés les principes de fonctionnement de tous les astrolabes, y compris l'astrolabe nautique pour lequel on montre le rôle important qu'il a joué lors des grandes découvertes.

Il existe beaucoup d'ouvrages sur l'astrolabe, ce livre n'est pas un catalogue décrivant l'art et l'esthétique des astrolabes ou contant leur histoire, bien que celle-ci soit loin d'être oubliée puisqu'elle fait l'objet de tout le premier chapitre, mais ce livre étudie en détail la théorie et la technique de l'instrument, ce qui est assez rare. Les questions théoriques relatives à certaines particularités sont traitées à fond, ce qui nécessite une bonne connaissance, disons de classe ter-

minale scientifique de Lycée (notions de géométrie plane et dans l'espace, trigonométrie sphérique et notions de cosmographie). La pratique n'est pas négligée pour autant, notamment par les nombreuses applications numériques et la possibilité de résoudre celles qui concernent l'astrolabe planisphérique classique au moyen de la rotation de l'araignée transparente glissée en troisième de couverture.

C'est le livre le plus complet depuis le classique "Traité de l'astrolabe" d'Henri Michel paru en 1947 et dont les deux éditions sont épuisées. Le vide est ainsi comblé dans l'édition française concernant l'astrolabe. Par sa conception cet ouvrage devrait concerner au plus haut point ceux qui s'intéressent à l'astrolabe et à son histoire, mais aussi les collectionneurs d'instruments anciens qui trouveront là une mine de renseignements, d'explications et de descriptions, sans compter qu'il constitue un outil pédagogique pour les astronomes amateurs.

La préface est écrite par Bernard Guinot, membre du Bureau des Longitudes et correspondant de l'Académie des Sciences, qui la conclut ainsi : *"En appliquant à l'étude des astrolabes sa compétence scientifique de polytechnicien et la rigueur métrologique d'un ingénieur géographe, monsieur d'Hollander nous apporte sur ce sujet un ouvrage du plus grand sérieux, LE livre de référence qu'apprécieront les spécialistes. Je pense toutefois que ce précis trouvera un lectorat beaucoup plus large... Raymond d'Hollander sait décidément nous transmettre sa passion."*

BON DE COMMANDE À RETOURNER À L'AFT

136 bis, rue de Grenelle - 75700 Paris 07SP - Tél. : 01 43 98 84 80 - Fax : 01 47 53 07 10

Nom, prénom :

Adresse :

Veuillez m'envoyer exemplaire(s) de l'*Astrolabe*,
au prix de 320 F TTC l'exemplaire (+ 45 F de port - 75 F étranger)

Ci-joint un chèque de F

RETRAIT DIRECT POSSIBLE
À L'AFT TOUS LES JOURS
9H/12H • 14H/17H