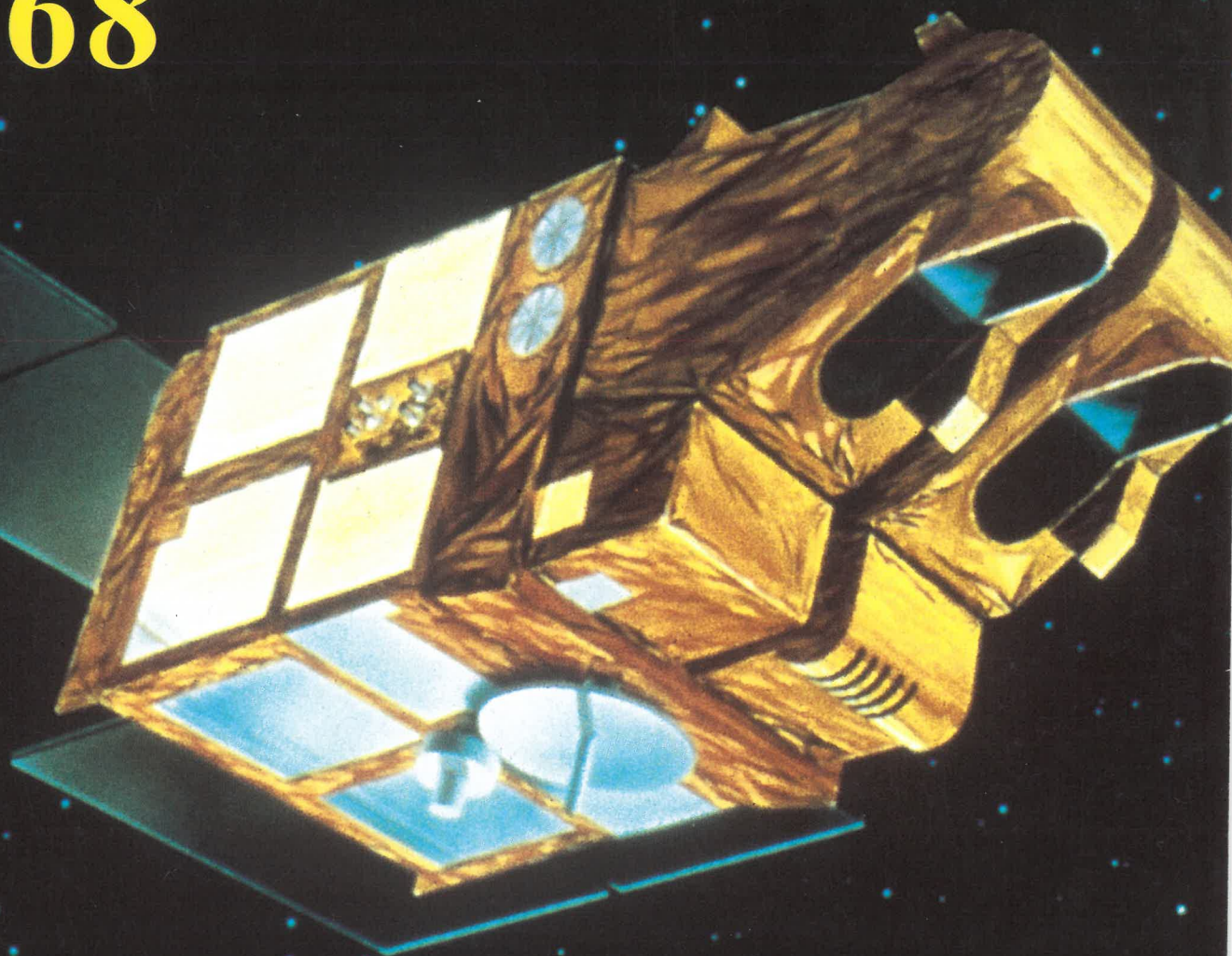
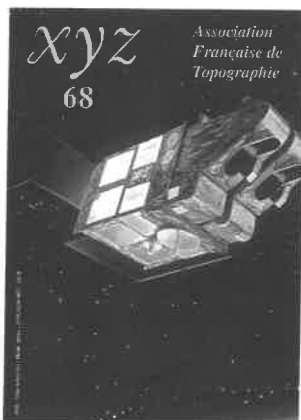


xyz

68

*Association
Française de
Topographie*





SPOT 4 dans l'espace - Vue d'artiste - photo CNES - Voir page 13

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

• André BAILLY

DIRECTEUR DE LA REDACTION ET DE LA PUBLICITE

• Robert CHEVALIER

COMITE DE REDACTION

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

COMITE DE LECTURE

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

MAQUETTE ET MONTAGE

• Jack BIQUAND

CORRECTEUR

• Jean-Marie THIRIET

ABONNEMENTS

• Mme CABANETTES

COMPOSITION

AC² Communication
15, rue Berthelot
ISSY-LES-MOULINEAUX 92130

IMPRIMERIE MODERNE USHA

AURILLAC 15001
Tél. 71.63.44.60 - Fax 71.64.09.09

Revue de l'Association Française de Topographie

136 bis, rue de Grenelle
75700 PARIS 07 SP

Tél. : 43.98.84.80

Fax : 47.53.07.10

PERMANENCE :

10 h - 12 h : MARDI
VENREDI

ISSN 0290 - 9057

Trimestriel - le numéro : 130 F.

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

Etranger (avion, frais compris) : 500 F.
Les règlements payés par chèques
payables sur une banque située hors
de France doivent être majorés de 40 F.
L'AFT n'est pas responsable des opi-
nions émises dans les conférences
qu'elle organise ou les articles qu'elle
publie.

Tous droits de reproduction ou d'adap-
tation strictement réservés.

1996

3^e trimestre

N° 68 SOMMAIRE

- EDITORIAL

- Questions pour un non-champion
par Michel MAYOUD 5

- INFO-TOPO

- L'actualité topographique du trimestre, informations 7

- DANS LA PROFESSION

- Grotte Cosquer (3^e partie) - Restitution photogrammétrique
par Maurice BLAUSTEIN 17
- Les mesures dans le sport - l'optoélectronique de Leica 21
- Groupe de Travail Permanent du CNIG
"Positionnement statique et dynamique"
par Pascal WILLIS 23
- Mission de formation à l'Institut de Technologie du Cambodge
par Christian MEYER 27
- FIG - Comité Français de Représentation à la FIG
par Michel MAYOUD 31
- FIG - Le dictionnaire technique multilingue
par Roger SCHAFFNER 34
- Cinquantième anniversaire de l'OGE 35
- La vie des régions AFT - Alsace-Moselle
par Pierre GRUSSENMEYER 77
- La page de Géomètres Sans Frontières 79

- SIG

- Le SIG de la Communauté Urbaine de Strasbourg (2^e partie)
Les données de base du SIG
par Henri HUGEL 81

- GPS

- Le terroir d'Abbaretz en Loire-Atlantique - Réhabilitation d'un site industriel
par Franck BERNARD, Yann EVEN, Sébastien RABAUD
et Christophe PICHOT 89

- SCIENCE ET TECHNIQUE

- Cartographie de l'évolution du lit de la Loire 1994-1995
par Véronique POUJADE, Sandrine DELMEIRE, Guy ROUAS
et Elisabeth LAURIOL 93
- Calcul d'un point GPS approché
par Claude MILLION 99
- Photogrammétrie multi-images (3^e partie)
par Claude DAGUILLON 103

- L'HISTOIRE

- Paul-Adrien Bourdalouë
par Robert VINCENT 37
(au milieu de ce numéro et détachable en fascicule)

- Sciences géographiques, connaissance du monde et conception
de l'univers dans l'antiquité. Chapitre 15, "les fondements de l'astronomie
mathématique et les tables de l'Almageste de Ptolémée" (en encarté)
par Raymond d'HOLLANDER

- L'ART - LES LIVRES 105

NOUVEAU V*

Des Systèmes qui vous laissent de la Marge pour Vos Propres Solutions : Stations totales Rec Elta® C sous DOS

Les stations totales Rec Elta® 13 C et Rec Elta® 14 C sous DOS vous donnent sur le terrain des réponses immédiates à vos problèmes de mesure.

Un ordinateur MS-DOS intégré et des cartes PCMCIA transforment votre Rec Elta® C en une «station totale personnelle». Très vite, vous travaillerez avec elle tout aussi sûrement qu'avec votre PC.

Introduisez la carte. Mesurer, calculer, mettre en mémoire se fait sur simple pression d'une touche. L'utilisation des programmes additionnels est tout aussi simple et même vos propres programmes sont acceptés ! La programmation en langage expert ne pose aucun problème, puisque c'est à vous de configurer l'interface utilisateur, en fonction de vos besoins.

Nous avons conservé bien évidemment ce qui fait le succès des instruments Zeiss depuis des années : la technique des menus et du dialogue, pour une utilisation simple, rapide et sûre.

Nous nous ferions un plaisir de vous parler des Rec Elta® 13 C et Rec Elta® 14 C, de la souplesse et de la polyvalence de leur système. N'hésitez pas à nous contacter. Nous sommes à votre écoute.



- I. Rec Elta® RL
- II. DiNi® 10, DiNi® 20
- III. Elta® 50, Eth 50
- IV. GePoS® RS 12

Instruments Zeiss

Qualité certifiée

suivant

DIN ISO 9001/EN 29001



Carl Zeiss
150
ans
d'innovation en optique

...pour aller de l'avant.

Questions pour un non-champion...

Ces questions viennent d'un double constat : on ne voit quasiment aucun géomètre français dans les manifestations professionnelles internationales (conférences, colloques) et on en voit tout aussi peu sur les marchés européens et internationaux. Néanmoins, ces affirmations ne valent pas pour ce qui concerne la géodésie, l'hydrographie, la cartographie et la photogrammétrie : d'excellents spécialistes nationaux sont actifs au sein des associations internationales qui en traitent, et ils contribuent à divers travaux. Les absents sont plutôt les géomètres de la topométrie, des études de grands projets, des mises en œuvre de systèmes d'information géographique dans diverses applications, etc. Ce géomètre-là n'est pas un champion de la présence française à l'étranger, en des lieux où bon nombre de collègues bataves, britanniques, germaniques, helvétiques ou scandinaves - mais bien peu de latins - échangent allègrement idées, projets et cartes de visite avec d'éventuels associés ou clients potentiels... Pourquoi ?

Il est vrai que la France est un grand et beau pays, et il y avait largement de quoi faire -et de quoi voir- pour celui qui voulait bouger un peu, sans sortir pour autant de l'hexagone. Hors frontières, le handicap majeur était que notre enseignement des langues était beaucoup plus littéraire que pratique, et que des générations connaissaient par cœur des tirades de Shakespeare ou des poèmes de Wordsworth tout en étant à peine capables de suivre un exposé en anglais et totalement inaptes à tenir une conversation courante... Mais on trouvait encore, de part le monde, beaucoup de gens parlant français -ce qui tend à régresser-. Les méthodes d'enseignement ont fort heureusement changé, et les jeunes générations maîtrisent vite un anglais suffisant pour voyager, communiquer efficacement, bavarder agréablement, se faire des amis ou de simples connaissances.

Il faut être réalistes, et admettre que l'intérêt vital est à l'ouverture imaginative vers de nouvelles dimensions, polyvalences ou spécialisations plus adéquates aux conditions de survie économique dans un contexte élargi. C'est un lieu commun que d'affirmer que nos structures professionnelles doivent non seulement s'adapter à la concurrence européenne sur le territoire, mais se préparer à rechercher ailleurs d'autres marchés, se demander pourquoi certaines entreprises étrangères réussissent mieux à exporter leurs services, etc. Mais qui s'y prépare vraiment, et comment ?

Alors même que nous avons en outre un déficit en formation continue, la fréquentation de quelques conférences internationales peut avoir, en tout cela, quelques vertus -pour peu que l'on apparaisse davantage dans les amphis et les salles de réunion que dans les excursions touristiques destinées aux accompagnant(e)s. Outre les bénéfices intellectuels que l'on peut tirer des exposés suivis, des rapports publiés ou de conversations instructives, c'est aussi une occasion de se faire connaître par des contributions bien choisies et surtout par les multiples contacts que l'on peut y avoir. Car c'est aussi là que se tissent des réseaux relationnels internationaux, que s'établissent des réputations et des références, que se constituent des «a priori» utiles de professionnalisme, que se fonde la confiance possible en la personne connue...

Par l'ouverture internationale déjà donnée à certains de ses colloques et surtout à ses «CITOPs», l'AFT contribue à inciter les professionnels français à échanger davantage avec leurs collègues étrangers. Notre co-adhésion à la FIG, via le Comité qui représente la France, se doit de dynamiser encore davantage cette démarche. Une occasion proche est donnée à tous : le prochain congrès de la FIG aura lieu à Brighton en 1998. Inscrivez-vous, osez proposer une communication, venez y représenter le savoir-faire de la France, et commencez à y faire votre «lobbying» pour ceux qui en ressentent la nécessité. Mais le tout en anglais, c'est la loi du genre, ici comme ailleurs...

Michel Mayoud
Vice-Président AFT

OLYMPIADES DU TEMPS REEL



Distributeur exclusif pour la France :

Société COLLINET

Siège social : Parc Atlantis
222-224 av. du Saint-Laurent • 44811 SAINT HERBLAIN Cédex
Tél. 40.92.04.51 • Fax 40.92.05.38

**KART est intégralement
construit en France par**



POSITIONNEMENT

INFO

TOPO

*actualités
bloc-notes
flashes*

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

Deux écoles en mouvement



L'ENPC et l'ENSG, l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques, vont se réunir au sein des mêmes installations à Marne la Vallée, l'une venant de la rue des Saint Pères à Paris et l'autre de Saint Mandé.

Les travaux ont débuté en juin 1994 et les Ecoles devraient ouvrir leurs portes à la rentrée sur le site de la Cité Descartes.

A l'issue d'un concours en 1989, le projet des architectes Chaix et Morel avait été retenu sur la base d'un programme qui tenait compte du caractère et des particularités de chaque établissement et de la qualité des

espaces communs.

Le regroupement sous un même toit des deux écoles n'était pas simple, chacune devant conserver son identité dans la fusion. Dans sa définition le projet exprime les deux cultures en présence, mais surtout c'est la première fois au cours de sa longue histoire que l'ENPC s'installe dans des locaux conçus pour elle, donc il n'était pas question de s'installer dans une architecture indifférente !

Résultat, une prouesse structurelle, une voûte de verre suspendue dans l'intervalle de 17 m entre les bâtiments linéaires. Nous en reparlerons.

Laser T460D de Leica

Le T460D de Leica est une station de mesure électronique pour le bâtiment, fonctionnant sans prisme et sans contact, à l'aide d'un laser visible. Combinant le théodolite T460 au laser DISTO, il offre une solution à la fois simple et économique.

Les objets mesurés peuvent être déterminés point par point et leurs mesures lues directement sur l'écran numérique. Il suffit à l'utilisateur de viser le point initial de la mesure avec le laser visible et le logiciel du T460D règle automatiquement le cercle horizontal sur zéro. Aucun calcul des coordonnées n'est nécessaire. Le guidage opérateur intégré rend son principe d'utilisation encore plus simple, permettant à quiconque de s'y retrouver très vite, sans formation préalable.

En plus de son prix avantageux, le T460D est rentable puisqu'il permet un gain de temps par rapport aux

méthodes de mesure traditionnelles.

Il permet de mesurer indifféremment des bâtiments, des pièces, des façades ou autres édifices et se révèle d'une grande utilité dans :

- la construction immobilière et l'entretien de monuments : il permet d'effectuer des mesures de façades fiables et efficaces. Le détecteur de point laser BPF1/BFT1 pour travaux en lumière du jour est quant à lui particulièrement utile pour les mesures à l'extérieur.

- les travaux en intérieur : les dimensions pour la construction d'une fenêtre peuvent se déterminer très simplement, à distance, à partir d'un seul point. Les marquages ainsi que les contrôles des cloisons, coffrages ou fixations peuvent être mesurés très facilement, conformément au plan.



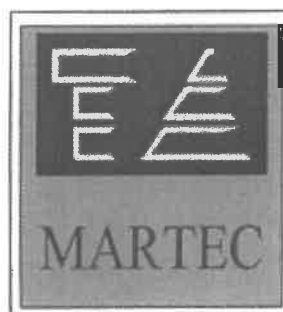
- la construction de rues, ponts et voies ferrées : les contrôles de hauteur ainsi que les mesures de distances peuvent être effectués sans danger sur les bords des routes grâce au système de mesure sans prisme. La détermination de volumes et la projection directe sur le plan sont d'autres exemples d'application du T460D.

- l'industrie lourde, la construction navale et la construction d'installations technologiques : l'appareil se montre très opérationnel lors de déplacements d'éléments de construction ou de mesures d'objets dangereux.

Le T460D trouve d'autres applications dans de nombreuses professions : chefs de chantier, agents de contrôle, métallurgistes, architectes, archéologues, mineurs, armateurs, conservateurs de monuments...

(Leica SARL - 86, avenue du 18 juin 1940 - F - 92563 Rueil Malmaison Cedex - Tél : 33 (1) 47 32 85 42 - Fax : 33 (1) 47 32 85 95)

Martec distribue ASHTECH



La société Californienne ASHTECH, Leader dans le domaine du positionnement de haute précision (Décimétrique et Submétrique) vient de confier la distribution exclusive de ses produits GPS et DGPS à la société MARTEC (Filiale du Groupe Tekelec). Les récepteurs GPS et DGPS d'ASHTECH sont destinés particulière-

ment aux applications topographiques, géodésiques, trajectographiques et industrielles. MARTEC, spécialiste dans la distribution d'appareils de haute technologie, commercialise donc toute la gamme des produits ASHTECH qui viennent ainsi compléter la gamme des récepteurs OEM GPS et DGPS de MOTOROLA destinés au marché de la localisation (Transport) de l'heure et de la synchronisation d'horloges (Pulse 1pps).

Les Produits ASHTECH peuvent fonctionner en mode différentiel avec des vitesses de calcul pouvant aller jusqu'à 20 Hz et pouvant fonctionner en bi-fréquence (L1 et L2). La précision submétrique est fournie en temps réel ou différé. Des logiciels de posttraitement sont aussi disponibles.

Pour toute information sur le GPS, contactez Mr. Houet au tél : 1 46 23 79 52

(Martec, 5 rue Carle Vernet, 92310 Sèvres - Tél. : 46 23 79 09 - Fax : 46 26 55 55)

Le SIG sur tous les fronts

Une demande en pleine explosion

Les besoins du marché qui ne cesse de s'étendre : les aménageurs - collectivités locales, urbanistes, architectes, spécialistes de l'environnement, sociétés de transport...- sont de plus en plus nombreux à rechercher des solutions abordables soit pour accéder aux SIG soit pour répondre à l'augmentation des besoins dans ce domaine. Une démarche encouragée par l'apparition d'informations géographiques de plus en plus fines mixables à une foule d'informations statistiques.

Ils viennent d'être rejoints par les spécialistes du marketing qui se sont engouffrés dans une nouvelle technique d'informations commerciales : le géomarketing. La géographie associée à des informations statistiques a toujours été utilisée par le marketing. Mais avec le géomarketing, les spécialistes peuvent visualiser sur un écran (et imprimer grâce à un traceur) des données géographiques interactives très précises enrichies de bases de données socio-démographiques. Il est possible ainsi de visualiser un réseau de ventes, avec sa clientèle actuelle, les réseaux concurrents et la clientèle potentielle. Les applications commerciales sont innombrables.

Restait le problème de l'investissement.

Dans ce nouveau contexte de prix (où des solutions complètes logiciels et traceur jet d'encre sont désormais

accessibles au plus grand nombre), de facilité d'utilisation et de qualité du rendu, de nouveaux marchés devraient émerger dans le domaine commercial mais aussi celui de la santé, des transports, des loisirs, partout où la représentation géographique apporte une information supplémentaire d'aide à la décision.

Les deux produits ci-dessous en sont un exemple.

TechJET GT et GT/PS

La gamme TechJET Color GT est une famille de traceurs couleur jet d'encre couleur grand format. C'est une version avancée de la célèbre TechJET Color. Le TechJET GT/PS, version PostScript du modèle A0, dispose en plus du TechJET GT, en standard, d'un «interpréter» interne compatible PostScript niveau 2 et de 16 Mo de RAM pour gérer les fichiers PostScript.



Nombreuses applications (dont la cartographie) et multitude de supports possibles. Résolution 360 dpi pour toutes les couleurs et 720 dpi monochrome. Mémoire de 6 Mo, extensible à 64 Mo, le GT/PS est doté d'une mémoire de 16 Mo.

Avec l'adaptateur standard de rouleaux largeur variable, les traceurs acceptent les rouleaux A3 à A1 (modèles 5324 GT) ou A3 à A0 (modèles 5336 GT et 5336 GT/PS). La longueur maximale du tracé est de 19,2 m. Les nouveaux traceurs travaillent sur des supports feuille à feuille du format A4 à A1 sur des longueurs de 2,5 m. Capacité cartouche d'encre, 25 ml, et débit élevé du tracé. Silencieux, faciles à utiliser et à entretenir.

Le nouveau TechJET Color GT fonctionne avec tous les ordinateurs, postes de travail et systèmes de CAO courants. Une large connectivité est attachée à ce produit (de 31 800 à 37 800 F HT).

Solus : traceur laser Calcomp

Les traceurs Solus4 peuvent maintenant générer des tracés continus pouvant atteindre 8 mètres de long. Cette nouvelle fonction fait partie des nombreuses améliorations apportées au traceur LED. Cette nouvelle capacité de tracé sur 8 mètres des modèles Solus4 triplera la longueur de tracé disponible jusqu'alors.



Avec une nouvelle fonction de tri électronique, les utilisateurs de Solus4 peuvent gérer jusqu'à 99 tracés différents en un seul jeu et générer ces tracés dans l'ordre choisi. Les tracés triés sont ensuite mémorisés dans une file de tracé distincte. Pour exploiter pleinement le tri électronique, le disque dur est à présent disponible, en option, avec des capacités de 2 Go et 4 Go, ce qui porte la capacité actuelle de 23 fichiers de tracés vecteurs à plus de 100.

La fonction d'auto-rotation, qui auparavant fonctionnait uniquement avec des données vecteurs, accepte désormais les données raster. Le Solus4 est capable de récupérer et d'analyser des fichiers vecteurs et raster avant de choisir le rouleau de support approprié pour sortir le tracé au bon format. Le tout sans intervention ni programmation extérieures. Cette fonction est particulièrement utile pour les applications de gestion documentaire devant gérer plusieurs formats de tracés.

La gestion améliorée des files de tracé est une fonction de sécurité qui permet de sauvegarder les fichiers de tracés stockés sur le disque dur même en cas de coupure de courant : tout fichier placé dans la file d'attente reste donc prêt à être tracé dans l'état de préparation où l'interruption d'alimentation l'a laissé. Une fonction précieuse -jusqu'alors réservée aux machines beaucoup plus coûteuses- qui offre une sécurité absolue notamment dans un environnement réseau.

Le Solus4 utilise la technologie LED. Il génère des images sur divers supports et offre une très grande connectivité avec les logiciels et les équipements graphiques les plus courants du marché.

Prix public recommandé : 134 000 F HT.

(Pour les deux produits ci dessus : Calcomp - Le Clémenceau 1 - 205 avenue Georges Clémenceau - 92024 Nanterre Cedex - Tél. : 47 29 55 00 - Fax : 47 29 13 72)

Deux produits pour la géodésie



Diffusée en France par la société METLAND, la société américaine CHICAGO STEEL TAPE vient de sortir deux produits dans le domaine de la géodésie.

La canne TRU-LOCK :

La canne TRU-LOCK présente un système de serrage unique. Ce nouveau procédé permet un blocage très sûr et une mise en station très rapide. Le mécanisme de blocage de la pince, sans ressort, offre de grandes garanties de fiabilité dans le temps. Ajustable en hauteur, la TRU-LOCK peut s'adapter avec n'importe quel type de prisme (préciser alors le filetage du prisme). La graduation est ineffaçable.

Existe en 2.5 m, 3.66 m ou 4.57 m. Prix tarif conseillé 96 variant de 1200 à 1800 FHT. Diffusée par ARTOPO / TOPO 2000 / ACTION TOPO.

Le prisme type LEICA GPR1 :



Toujours dans le souci d'offrir le meilleur rapport qualité/prix, CST vient de sortir pour tous les utilisateurs d'instruments type WILD/LEICA le prisme type GPR1 seul ou en monture. La qualité de fabrication reste exceptionnelle pour un coût modique.

Prisme seul en étui : Px Tarif conseillé : 1 230 FHT
Prisme en étui + monture : Px Tarif conseillé : 1 530 FHT

(METLAND - Olivier Ressay - 72 rue Domer - 69007 Lyon - Tél. : 72 71 75 82 - Fax : 72 71 76 08)

TOPO CENTER dans l'Ouest Parisien

TOPO CENTER OUEST PARISIEN

86 AV. DU 18 JUIN 1940
92563

RUEIL MALMAISON CEDEX

Tél. : 47 32 85 61

Fax : 47 32 85 97

Un nouveau magasin installé dans l'Ouest Parisien porte à trois les surfaces parisiennes ou évolue cette société bien complète en vente, location et réparation d'instruments de topographie, GPS, informatique, niveaux, théodolites, systèmes laser, guidages d'engins, accessoires de chantier.

Cette nouvelle implantation complète celle de Paris (25 Bld Richard Lenoir, 75011 Paris - Tél. : 43 38 31 75 - Fax : 43 55 37 48 - Michel Olivier) et celle de Marne la Vallée (6 allée Lorentz - Cité Descartes - 77420 Champs sur Marne - Tél. : 64 68 02 56 - Fax : 64 68 02 57 - Georges Pichet). Et vous y serez accueilli par Joëlle Le Noc.

IETI : le contrôle des données

IETI met en place une nouvelle activité susceptible d'intéresser les Géomètres Experts et leurs clients : l'Association Professionnelle des Consultants Indépendants en Géomatique.

L'APCIG a été créée pour répondre à la demande des organismes qui, faisant appel à des spécialistes de la géomatique pour des prestations de conseil, souhaitent disposer de garanties sur l'indépendance et la qualification des consultants.

L'adhésion à cette association est conditionnée par le respect d'un code d'éthique et d'un certain nombre de critères, relatifs à l'expérience de conseil dans le domaine géomatique et à l'indépendance vis-à-vis des fournisseurs de données et de solutions informatiques.

Elle comprend aujourd'hui six membres :

• Jean-Louis BERNARD Consultants	5 allée de la Pommeraie 91570 Bièvres
• IETI Consultants	17 Bld des Etats-Unis 71000 Mâcon
• SIAGE Conseil	2 rue Edmond Lautard 34184 Montpellier
• Claudie PANCHETTI	12 rue Robert Planquette 75018 Paris
• REALIA	22 rue Emile Baudot 91120 Palaiseau
• MIDIVALEUR	42 av Général Decrouste 31000 Toulouse

Les consultants qui souhaitent rejoindre l'A.P.C.I.G. doivent adresser une demande au siège de l'Association (5 allée de la Pommeraie, 91570 Bièvres). Les statuts et le code d'éthique professionnelle leur seront adressés et leur demande sera examinée par le bureau composé de Jean-Louis Bernard - Président, Henri Pornon - Secrétaire, Michel Bernard - Trésorier.

L'A.P.C.I.G. communiquera la liste de ses adhérents à tout organisme qui en fera la demande.

L'ECOLE CHEZ SOI : la formation professionnelle à distance

Léon Eyrolles, qui a créé l'ESTP, a également, à la fin du XIXème siècle, fondée cette école de formation et d'enseignement à distance. A son initiative, les principaux acteurs de la formation professionnelle du BTP et le ministère de l'éducation se sont réunis en mai dernier pour débattre de l'intérêt de la formation professionnelle à distance pour le secteur du bâtiment.

Celui-ci est très touché par la crise et l'on prévoit

encore une baisse des mises en chantier cette année (-13,5 %). Les entreprises demandent donc une formation qui coûte moins cher. Or la formation à distance présente des coûts 70 % moins élevés que les stages classiques, et permet de toucher des individus à leur domicile ou sur le lieu de travail -en isolés si besoin est. Cette forme d'enseignement s'adapte bien au rythme des stagiaires, et permet d'individualiser les formations, ce qui permet de tenir compte des pointes d'activité et des creux des entreprises et d'y adapter les cours. On peut donc prévoir un développement de cette formation, d'autant plus qu'elle s'intègre dans une évolution culturelle réceptive aux différents outils nés de l'évolution technologique (micro-ordinateur, multimédia...) et que déjà elle connaît un essor important dans plusieurs pays : Québec, Italie, Espagne, Australie...

«L'Ecole chez Soi» est née avec la création de l'enseignement à distance et fonctionne suivant des principes généraux :

- Le stagiaire a 3 ans pour réaliser son programme, mais peut le mener à bien en 2 ou 3 mois s'il le veut. Une équipe est à sa disposition.

- Un module de formation comprend plusieurs exercices d'auto-contrôle et une épreuve de synthèse sur le cours qui donne lieu à une correction personnalisée.

- Des regroupements d'une journée permettent l'échange entre les élèves.

Quarante enseignants constituent l'équipe pédagogique de l'Ecole. Ils occupent tous des postes à responsabilité dans leur secteur. L'école peut également établir des formations adaptées aux réalités d'une entreprise.

Notons, dans la préparation aux examens d'état et aux concours de la fonction publique : Opérateur et technicien géomètre, technicien supérieur, ingénieur DPE, technicien géomètre IGN, du cadastre, de la météo...

(L'Ecole chez Soi - 38 rue Vauthier - 92774 Boulogne Cedex - 3615 Ecole chez Soi - Tél. : 46 03 66 83 - Fax : 46 03 46 00)

Nouveaux produits PENTAX



- Un grand pas en avant avec une nouvelle série (AFL) composée de 4 niveaux autofocus. On presse un bouton, on lit sur le niveau = 3 secondes, et sans effort

pour l'œil de l'opérateur. Lunette étanche contre la pluie et gaz nitrogène contre la condensation sur la lentille. Autofocus par pile au lithium (6000 opérations), mais possibilité du manuel. Trois grossissements disponibles : 24X, 28X, 30X. Trépied à tête plate ou à dôme, grâce à un système standard à trois vis calantes.

- Le Pentax PLP5-H, l'un des niveaux lasers motorisés les plus rapides du marché, 20 secondes pour se mettre automatiquement à niveau. Ce nouveau laser rotatif à diode a une portée de 0,5 m à 200 m, avec 2 choix de vitesses (300 rpm ou 600). Etanchéité contre la pluie. Batteries rechargeables. Un nouveau détecteur, le LS-20 et son support sont livrés avec.



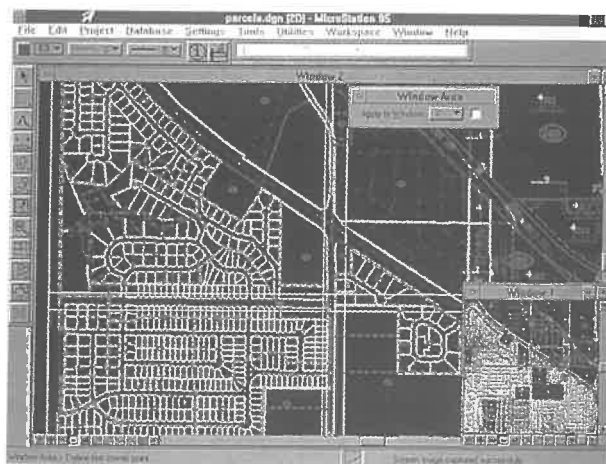
- Stations totales série ATS équipées d'un système à carte. Leur programme compatible avec MS-DOS permet d'enregistrer directement les données dans l'instrument. Elles sont stockées sur une carte PCMCIA interne à l'appareil, permettant ainsi le transfert directement de l'instrument à n'importe quel système MS-DOS ou PC Windows. Trois

modèles : 101, 102 et 105 proposant des précisions respectives de 1", 2" et 5". Un clavier alphanumérique qui est également utilisable par le biais de la télécommande MU-72, opérationnelle dans un rayon de 2 m.

(12/14 rue Jean Poulmarch - BP 204 - 95106 Argenteuil Cedex - Tél. : 30 25 75 75 - Fax : 30 25 75 78)

MicroStation Descartes™ (Bentley)

Fondé en 1984, Bentley est un éditeur de logiciels. La gamme des produits MicroStation s'adresse aux ingénieurs, aux dessinateurs et aux concepteurs dont le succès repose sur la qualité de leur outil CAO. Plus de 1 000 logiciels applicatifs sont associés à MicroStation.



Totalement intégré à MicroStation 95®, MicroStation Descartes offre un ensemble de fonctionnalités nécessaires à l'affichage graphique, au tracé, à la transformation et à la déformation d'images rasters, au calage de plans, à la composition de mosaïques, au géoréférencement et à l'édition.

Elle importe sans difficultés des fichiers de grandes tailles au format TIFF mais aussi des fichiers COT et CIT issus de produits I/RAS d'Intergraph.

Le but de la firme est d'offrir un outil performant et simple d'emploi disponible sur PC. MicroStation Descartes est disponible sur les plates-formes Windows, Windows NT, Windows 95, PC Intel sous DOS et sur toute station supportée par MicroStation. Prix public conseillé : 24 780 F HT.

(Bentley Systems France - CNIT, BP424 - 92053 Paris La Défense - Tél. : 46 92 40 92 - Fax : 46 92 40 93)

HP - pour tous besoins, pour tous budgets

HP : Hewlett-Packard, dont nous avons souvent l'occasion de nous entretenir dans ces pages, est une société internationale fabriquant des systèmes informatiques, des équipements de communication et des instruments de mesure. Elle emploie 102 300 personnes et enregistre pour 1995 un chiffre d'affaires de 31,5 milliards de \$.



Elle est un leader mondial de l'impression et ses imprimantes LaserJet et HP DeskJet sont parmi les plus vendues au monde, offrant une gamme très étendue de solutions tous besoins, tous budgets. Parmi elles, le MOPy, Multiple Original Printings, est un procédé pratique, fiable et économique. Le document est créé sur PC, envoyé sur l'imprimante réseau HP LaserJet en spécifiant le nombre de copies désirées, le travail s'accomplit seul et un message sur le PC avertit de la fin des opérations. Le slogan de HP est «pourquoi se contenter d'une copie quand on peut avoir l'original», avec MOPy chaque copie est un original.

Coté micro-ordinateur HP a apporté un certain nombre d'améliorations à son PC HP Vectra de la série 500 pour en rendre les solutions plus complètes pour les petites entreprises qui ne disposent pas de ressources informatiques internes.

Des prestations de service et d'assistance «sur mesure» ont été spécialement conçues pour perdre un minimum de temps en cas d'incident.

Notons aussi le HP Vectra VA (notre photo) et le HP Vectra XA, qui utilisent tous deux la même conception de carte-système, mais qui ont chacun été configurés pour des catégories différentes d'utilisateurs (performances et budget).

Des informations sur Hewlett-Packard et ses produits sont disponibles sur Internet à l'adresse : <http://www.hp.com>. Les informations spécifiques sur les

micro-ordinateurs HP Vectra sont disponibles à l'adresse <http://www.hp.com/go/vectra>.

Il est également possible de consulter sur Minitel le 3616 HPMICRO.

(Hewlett-Packard - Micro-informatique - 42 quai du Point du Jour - 92659 Boulogne Cedex - Tél. : 69 82 60 60 - Fax : 46 10 17 05)

Trimble : 4 nouveautés GPS

La société est incontournable sur le marché des produits GPS de navigation, de positionnement et de communication.

Quatre nouveaux produits améliorent les solutions pour la topographie et la cartographie SIG par GPS :

• Station totale GPS4400



Système bi-fréquence pour les applications cinématiques temps réel (RTK) : le temps d'initialisation est ramené à 30 secondes (fiabilité > 99,9%) et le temps de latence à 0,4 sec. En plus réduction du poids, de la consommation et du prix.

• 4000 SI-récepteurs monofréquence



Nouvelle famille pour les applications topo post-traitées et cinématique en temps réel pour des lignes de base de courtes et moyennes distances. Elle utilise la technique de Trimble «Super Track®» pour une poursuite optimale des satellites.

• Géo Explorer II

Dernière génération des portables Trimble, elle permet l'utilisation d'une antenne déportée idéale pour les mesures à partir d'une voiture ou d'une canne. Livré en

standard avec le logiciel PFINDER. Boîtier ergonomique de petite taille et légèreté (400 gr).



• 4600LS en application SIG



Utilisant la dernière technologie Trimble, il permet d'investir dans un seul système polyvalent pour exécuter aussi bien les travaux de haute précision que les projets carto SIG nécessitant une précision submétrique. Disponible en 8 et 12 canaux.

(Trimble - ZAC du Moulin - 9 rue de l'Arpajonnais - 91160 Saulx-les-Chartreux - Tél. : 64 54 83 90 - Fax : 69 34 49 73)

Ils étaient jeunes. Tout juste avaient-ils abordé leur avenir. Ils y manifestaient une compétence et un enthousiasme qui vont nous manquer.

Le lundi 3 juin, l'avion privé que pilotait Pascal Brion, avec pour seul passager, Ivan Aubin, s'est écrasé au nord de Carcassonne, alors qu'il faisait route vers Aix-en-Provence.

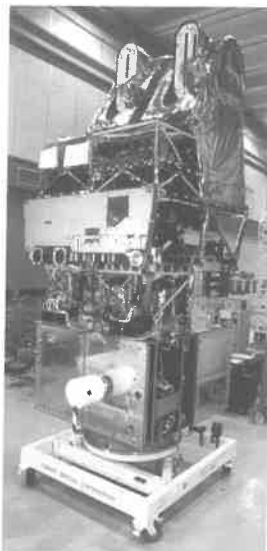
Ivan Aubin avait 39 ans et était directeur commercial de la société Collinet, Pascal Brion était Géomètre Expert et directeur de la société Altitudes, il avait 31 ans.

Tous deux collaboraient avec l'AFT et s'exprimaient souvent dans nos colonnes XYZ, ainsi que leur société. Nous exprimons notre tristesse devant ces décès tragiques et nous présentons à leurs familles et à leurs sociétés nos condoléances.

Tristesse sans paroles.

SPOT4 : notre couverture

Nous sommes en 1996 au 10ème anniversaire du lancement du premier satellite SPOT. Décidé en juillet 89 et prévu actuellement pour un lancement vers la fin de 1998, SPOT4 assurera la continuité du système jusqu'à vers l'an 2005.



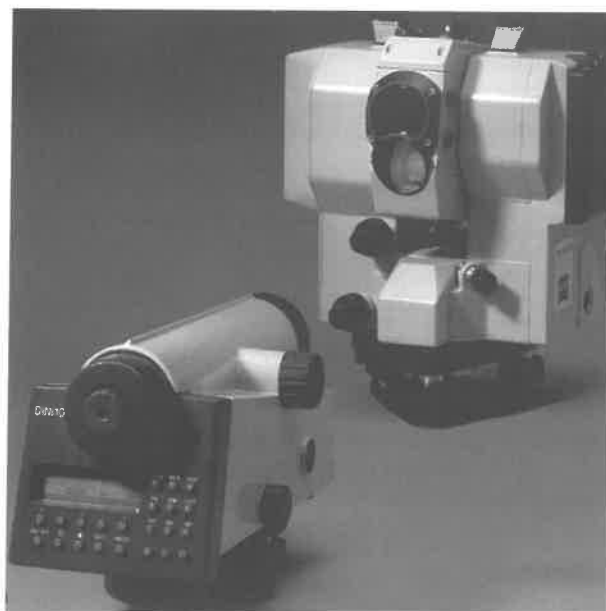
Comme ses prédécesseurs SPOT1, 2 et 3, SPOT4 a pour mission de fournir des images de la Terre dont la résolution géométrique est soit de 10 mètres, mode utilisé pour la cartographie et la reconnaissance, soit de 20 mètres dans plusieurs bandes spectrales simultanément, mode utilisé pour les études de couvert végétal.

Avec SPOT4, la mission du système est significativement améliorée grâce aux innovations suivantes :

- introduction d'une bande spectrale dans le moyen infra-rouge, qui permet de mieux suivre la croissance des plantes,
- augmentation de la durée de vie du satellite,
- emport d'un instrument VEGETATION, complémentaire des instruments HRVIR, avec une résolution de 1 km, et une couverture totale de la Terre chaque jour,
- adjonction d'une mémoire de masse à semi-conducteurs, qui offre une redondance significative en cas de perte des enregistreurs.
- réalisation de segments sol de nouvelle génération qui permettent d'accroître significativement la productivité du système.

Instruments «Carl Zeiss» sélectionnés par l'IGN et la Turquie

Nivellement digital :



L'IGN sélectionne le niveau digital DiNi de Carl Zeiss. Les 6 DiNi 10T (aussi dénommé «station totale de nivellement» d'une précision de 0.3 mm sur 1 km de cheminement double qui intègrent un cercle électronique d'une précision de 1.0 mgr sont destinés au Programme de nivellement routier (5000 km cette année) et aux besoins de la Division des Travaux Spéciaux.

D'autre part, Carl Zeiss remporte un important contrat en Turquie : fourniture de 100 stations totales à enregistreur intégré type Elta 50R et 5 systèmes GPS bi-fréquence GePoS RD24.

TC600 - Nouvelle station totale Leica

La station totale TC600 de Leica intègre dans sa nouvelle version deux nouveaux programmes d'application et des fonctions de codification personnelle.

Le TC600 est un tachéomètre électronique pour applications cadastrales, topographiques et génie civil. Conçu pour les environnements extrêmes, il se caractérise par une facilité d'emploi et de nombreux programmes d'application. Capable de stocker environ 4 000 points, sa mémoire interne procure de grands avantages. Le TC600 peut également s'utiliser avec une unité d'enregistrement



externe connectée à l'interface standard RS 232. Il mesure angles et distances avec une précision de respectivement 5" (1,5 mgon) et 3 mm + 3 ppm. La plage de mesure de distance est supérieure à 1 100 mètres avec un seul prisme.

Les nouveaux programmes d'application «station Libre» et «Surface» augmentent les fonctionnalités du TC600. Ils complètent les logiciels intégrés dont fait partie l'implantation 3D.

Doté de fonctions de codes alphanumériques étendues, le TC600 offre de nouvelles possibilités en matière de gestion de données et de codification. Les données alphanumériques peuvent être entrées directement au clavier ou recherchées très rapidement dans une application au moyen des options «wildcard». L'utilisateur a la possibilité de définir ses listes de codes sur un PC et de les charger ensuite dans la station totale.

ANNONCES

- Cabinet Guadeloupe cherche un tech-géo confirmé 5 ans d'expérience minimum pour poste à responsabilité - Connaissance DAO (Microstation) et bonne maîtrise des calculs topo. Envoyer CV par Fax au 19 590 26 91 93
- JH 22 ans - Brevet de Technicien Topographe - Une année en BTS travaux publics - Une année de stage et une année de contrats opérateur géomètre - Langue anglaise étudiée - Cherche rencontre avec un employeur - Tél. : 40 78 96 52 ou écrire à la revue.

ESRI acquiert ATLAS GIS

La société ESRI annonce l'acquisition du logiciel de cartographie AtlasGIS. Elle en assure le support technique, la formation et la commercialisation.

Avec Atlas GIS, ESRI complète sa gamme de systèmes d'information géographique et devient le numéro un des SIG sur PC. En effet, sur un marché évalué à 176 millions de dollars en 1995 (Source Daratech), ESRI est désormais créditée d'une part de marché de 34,8 %, contre 21,4 % pour son principal concurrent sur le marché de la cartographie bureautique.

Dès les 21 et 23 juillet 1996, ESRI organisait une conférence Utilisateurs Atlas GIS à Riverside, Californie. Cette première rencontre a été l'occasion pour l'éditeur d'entendre les attentes et préoccupations des utilisateurs Atlas GIS et de se familiariser avec leurs applications.

Bien connu dans le géomarketing, rappelons qu'Atlas GIS est un système de cartographie qui permet de réaliser très facilement des cartes à partir de données statistiques et géographiques : création de cartes et d'outils de présentation, gestionnaire de base de données, outils d'analyse géographique, et outil d'impression. Atlas GIS est disponible actuellement en version 3.0 sous Windows, et dès septembre 1996 ESRI annoncera la version 3.03 avec ses nouvelles fonctionnalités, telles que la gestion de fichiers raster et des diagrammes à secteurs (camembert).

Sur le marché européen, ESRI réorganise aujourd'hui le réseau de distribution d'Atlas GIS avec l'aide des anciens distributeurs de Strategic Mapping afin d'éviter toute rupture dans le suivi commercial et technique des utilisateurs. A ce titre, des discussions sont en cours entre ESRI France et DigiMap, importateur d'Atlas GIS sur le territoire national.

(ESRI France - 21 rue des Capucins - 92190 Meudon - Tél. : 46 23 60 60 - Fax : 45 07 05 60)

Géotronics on line

Découvrez la page Web «géoOnline» de Géotronics sur Internet. Elle est destinée aux informations sur la société, les produits et les services. Elle aide les clients à situer l'organisation des filiales, des distributeurs et des services techniques. Tout cela «in the world».

<http://www.géotronics> vous ouvre l'entrée de la page Géotronics.

Note d'information sur les SIG

La commission européenne nous informe que de nouveaux services utilisant la technologie des Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont maintenant disponibles grâce au programme IMPACT.

Huit projets ont ainsi été définis, utilisant des CD-ROM ou l'accès à INTERNET :

ENVIDUCA : SIG multimedia pour l'éducation concernant l'environnement.

ERGIS : concerne les ressources marines.

EURIPIDES : fournit des informations démographiques (100 000) en Europe.

EXPLORER : voyages et tourisme.

MAGIS : information sur les propriétés foncières.

OMEGA : analyse des cartes et données disponibles en Europe.

TITAN : information sur les restaurants, les lieux de vacances...

VITAL : décrit les possibilités de transport, principalement dans les villes.

Ces huit projets démontrent le potentiel de l'information géographique dans les produits commerciaux.

La Commission encourage toute personne à chercher plus d'information pour créer d'autres projets.

Pour avoir plus d'informations : contacter IMPAC/INFO 2000 Central Office, European Commission DG XIII/E, L-2920 Luxembourg - Tél. : +352 40 116 2222 - Fax : +352 4301 32847 - e-mail:info2000@echo.iu.

Centre de Formation Professionnelle



• Topographie - implantation - traçage

Chef de chantier, conducteur de travaux, commis d'entreprise.

3 semaines (117 heures, non consécutives) du 7 au 11 octobre 96, du 4 au 8 novembre 96, du 2 au 6 décembre 96.

Financé dans le cadre du plan régional de l'AREF Région Parisienne.

• Technologie du laser appliquée à la topographie des TP

Chef de chantier, contremaître de chantier, conducteur de travaux - 2 jours (16 heures), les 2 et 3 octobre 96 - 2 155 F HT.

• Topographie des travaux de canalisation

Chef de chantier, chef d'équipe, dessinateur, surveillant de travaux - une semaine (39 heures), du 14 au 18 octobre 96 - 4 200 F HT

• Topographie de chantier pour sondeur-foreur

Tout collaborateur des entreprises de sondage, forage qui utilise ou est susceptible d'utiliser rapidement les techniques de la topographie - 2 semaines (78 heures), du 18 au 29 novembre 96 - 7 320 F HT

• Topographie de chantier niveau 1

Compagnon traceur, Maître ouvrier, chef d'équipe assurant des opérations d'implantation et de traçage - une semaine (39 heures), du 9 au 13 décembre 96 - 3 565 F HT

• Topographie de niveau 2

Chef de chantier, conducteur de travaux, toute per-

sonne ayant suivi et assimilé le programme de niveau 1 - une semaine (39 heures), du 21 au 25 octobre 96 et du 16 au 20 décembre 96 - 3 660 F HT

(Renseignements et inscriptions : Josianne Rinaldi - SNBATI Formation - 66 rue Guy Mocquet - 94814 Villejuif Cedex - tél. : 47 26 08 44 - Fax : 47 26 06 67)

Le 901 IGN sur CD-Rom

Pour 1 800 F HT, une cartographie complète de la France au 1:1 000 000 qui n'est autre que la fameuse 901 de l'IGN, au format Illustrator 5.0. Ce CD-Rom contient un fichier par département, un fichier par région administrative, un fichier France. Chaque fichier est en format vectoriel multicouche directement utilisable avec Illustrator pour Macintosh. Egalement disponible pour AutoCad, Corel Draw, Designer, Excel, Power Point, Winword, ... en version PC pour 1 650 F HT.

(CARTOGRAPHIX - Visual Grafix - 205 Les Chênes Bruns - Cergy - Tél. : 30 75 04 75 - Fax : 34 25 96 95 - BBS : 30 32 52 92)

Calendrier

18-20/09/96	SISQUAL (Assurance Qualité) - Paris
18-21/09/96	REPRO EXPO (Salon de la reprographie) - Paris
23-24-25/09/96	Hommage à Laplace - «Systèmes de référence spatio-temporels» sur le thème : trois siècles d'évolution du système du monde - Observatoire de Paris
24-25/09/96	Aménager et ménager les territoires - Palais des Congrès Lyon
24-26/09/96	Hydro 96 - Rotterdam
26-28/09/96	Salon de la Copropriété - CNIT La Défense - Paris
25-28/09/96	Geodätentag - Dresde
01/10/96	Présentation des projets de normes européennes sur l'information géographique. AFNOR - Paris La Défense - Contact : Marie-Claire FRANON - Tél. : 42 91 57 06 (avant le 20/09/96)
12/10/96	Observatoire de Paris - Ouverture spéciale à l'occasion de la Science en Fête - De 13 h à 18 heures
14-18/10/96	Congrès National de Topographie et Cartographie - Madrid
16-19/10/96	Geoinformatics 96 (progrès en GPS, SIG...) - Wuhan (Chine)
28-30/10/96	GIS LIS - Copenhague
13-14/11/96	FIG Application Lasers GPS et SIG en Géodésie - Sofia - Bulgarie
16-22/11/96	GIS/LIS 96 (Sustainable Development Seminar) - Denver - USA
19-21/11/96	Congrès des maires de France - Paris
11-16/05/97	FIG Symposium et 64ème comité permanent - Singapour
13-16/05/96	Geotechnica - Cologne
2-6/06/97	FIG Topographie des grands ponts et tunnels - Copenhague
25-26/06/97	Congrès International de Cartographie - Stockholm
24-29/08/97	IKUSASP (Topographie du futur) - Durban
22/09/97	Semaine photogrammétrique - Stuttgart
29/09/97	Mesures optiques en 3D - Zürich
20-23/10/97	Congrès International de Métrologie - Besançon

Pour tous renseignements complémentaires : s'adresser à l'AFT

PIERRE DE FONTGUYON (1905-1996) - AFT189



Pierre de Fontguyon vient de nous quitter à 90 ans.

Fils d'un médecin d'Angoulême, il fait dans cette ville de solides études et entre à 19 ans à l'École Centrale des Arts et Manufactures dont il sort diplômé en 1927. Un ingénieur charentais, Armand Mauselin, administrateur de la Société Française de Stéréotopographie, fondée par Paul Corbin* en 1920, l'engage dans cette entreprise où il fera toute sa carrière.

Après des années de levers par photogrammétrie terrestre en France sous la direction d'Alfred Schlumberger, et un intermède sur la Ligne Maginot, il réalisait un canevas de triangulation en Algérie pour un important aménagement hydroélectrique en Petite Kabylie, quand le débarquement américain de 1942 en Afrique du Nord l'isole de la métropole occupée. Pris en charge par Électricité et Gaz d'Algérie jusqu'à la Libération, où il se lie d'amitié avec Sibillat**, il couvre de bornes et d'observations une zone s'étendant des hauts plateaux de Sétif jusqu'à la mer. Il est assiégé

dans le petit bureau de poste de Kerrata lors du soulèvement kabyle du 8 mai 1945 et en restera assez marqué pour se considérer en sursis depuis cette date.

Rentré en France, ses qualités de rigueur et de persévérance lui permettent de mettre en œuvre dès 1947, des méthodes de contrôle topométrique de stabilité des grands ouvrages d'art, tels les barrages de Génissiat sur le Rhône et Castillon sur le Verdon, pour lesquels il met au point des équipements particuliers et forme les personnels nécessaires.

C'est en 1952 que Georges Poivilliers, lui demande de prendre sa suite dans les conférences de topographie et photogrammétrie faites aux élèves de l'École Centrale.

En 1955, pour une étude de route côtière dans l'île de la Réunion, entre la capitale Saint-Denis et son port, il résout par stéréophotogrammétrie le problème du lever de la falaise de basalte haute de 300 mètres sur une dizaine de kilomètres, tombant à-pic sur la mer. Il utilise deux chambres photos terrestres fixées à bord d'un cargo, sur le gaillard d'avant et à l'arrière, et en synchronise les déclenchements. Pour la navigation parallèle à la côte, il déploie une force de persuasion peu commune pour convaincre le commandant de ne pas s'en éloigner à plus de 600 mètres.

De 1956 à 1961, il a dirigé de nombreuses missions de prises de vues aériennes au dessus de toute l'Algérie, pour des levers de rubans d'études routières.

Il s'est fortement intéressé aux relevés photogrammétriques des monuments historiques. Pour des relevés de fouilles dans le sol de certaines églises, comme à Beauvais, il a fait réaliser des échafaudages mobiles, des poutrelles solidarissant deux chambres de prise de vues, élevées dans la nef pour un lever quasi aérien dans divers états d'avancement. Ses travaux de prise de vue des peintures murales sur les voûtes romanes de l'église de Saint-Savin sur Gartempe ont forcé l'admiration. Pour photographier les parties hautes des grandes cathédrales, comme à Reims, Chartres et Bourges, il adapta sur un hélicoptère, une caméra de prise de vue aérienne à axe sensiblement horizontal et doté d'un flash très puissant, auto-déclenché lors du fonctionnement de l'obturateur, grâce à une cellule placée dans la chambre noire elle-même.

L'auscultation topométrique des grands équipements de génie civil l'a toujours passionné. Pour certains, il a étudié et fait réaliser des équipements spéciaux. Citons par exemple, l'auscultation depuis la surface, de repères situés dans des zones irradiées des fondations du réacteur nucléaire expérimental Rapsodie à Cadarache. Le nivellement est obtenu par des empilements verticaux de piges en silice fondue, choisie pour son très faible coefficient de dilatation. La position planimétrique est déterminée grâce à la réalisation de son fameux fil à flotteur, démontable et transportable comme tout instrument topographique. A la demande de l'architecte de la Tour Fiat à La Défense, un de ces fils à flotteur a été utilisé pour contrôler le transfert du canevas de base du radier vers plusieurs niveaux en construction.

Resté célibataire, il revient en Charente à son départ en retraite en 1970, où il continue de consacrer à ce fil à flotteur, une partie de son temps pour le perfectionner sans cesse.

Pierre de Fontguyon avait des qualités de cœur exceptionnelles, faisant de lui une personnalité très attachante. Tous ceux qui ont travaillé avec lui, peuvent en témoigner.

Sa foi inébranlable dans une topographie de grande qualité, lui avait valu d'être nommé Membre d'honneur de l'AFT.

Jean-Jacques Schlumberger

* Bulletin de la Société Française de photogrammétrie et de télédétection n°103.

** Revue XYZ n°16

grotte cosquer

(3ème partie)

restitution photogrammétrique

Maurice Blaustein (SETP Salon de Provence)

HISTORIQUE

En 1994, le Ministère de la culture et la Ville de Marseille décident d'organiser une mission dans la Grotte Cosquer -grotte ornée découverte quelques années plus tôt- dans le but d'y effectuer toutes les mesures géométriques nécessaires à une reconstitution virtuelle propre à satisfaire tant des besoins scientifiques que des besoins muséologiques.

Une telle reconstitution permettra en effet, d'une part, pour les Archéologues, de situer avec précision, en 3D, toutes les œuvres pariétales dans leur environnement reconstitué, et d'autre part, pour le public, de pouvoir accéder, grâce aux techniques les plus modernes, à un espace patrimonial du plus grand intérêt mais, hélas, inaccessible directement.

Une grotte ornée, du plus grand intérêt, reconstituée en XYZ ne pouvait laisser notre revue indifférente ! C'est pourquoi nous présentons le troisième volet d'une série d'articles parus déjà dans nos numéros précédents : 66 et 67

Ce présent article traitera des interventions topographique et photogrammétrique.

Préalablement, il n'est pas superflu de retracer l'historique de cette mission complexe afin de bien préciser pourquoi, hormis la topographie, deux techniques de saisie ont été utilisées conjointement : la télémétrie LASER et la photogrammétrie.

Le temps imparti à la mission était court ; il avait été fixé à une dizaine de jours. L'accès à la grotte, comme on le sait est sous-marin et le long siphon qui permet d'y accéder implique que les plongeurs qui s'y engagent soient très confirmés. Dans l'impossibilité de former aussi vite des topographes et des photogramètres à ce type de plongée, il fallut se résoudre à une démarche inverse : former des plongeurs à la topographie et à la photogrammétrie. Ainsi furent formés 4 plongeurs de DRASSM dont le photographe du Service. Formation rapide de quelques jours, mais qui, grâce à la présence constante d'un Assistant technique hors de la grotte, depuis la surface, permettra tout de même, lors de la mission, d'atteindre les buts fixés.

Deux autres opérateurs photogramètres furent encore formés par la suite lorsqu'il s'avéra que le travail était plus complexe que prévu.



La chambre métrique et les photographes

Malgré tout, il sembla vite évident que la totalité de la saisie photogrammétrique avait peu de chance d'être atteinte en un temps aussi court.

Connaissant les performances du télémètre LASER SOISIC (voir XYZ n°67) le Ministère de la Culture et la Ville de Marseille demandèrent au Mécénat technologique de EDF de bien vouloir apporter son aide et son savoir-faire en participant à cette mission. De cette façon, en doublant les capacités de saisie on pouvait penser mieux réussir le défi. Il semblait, de plus, pertinent de conjuguer les performances de ces deux types de capteur. Aussi fut-il décidé que le télémètre LASER serait réservé en priorité dans les zones de la grotte les plus accessibles et que la photogrammétrie, elle, serait d'abord utilisée pour les zones peintes et les parties de la grotte les moins accessibles (zones inondée ou à plafond très bas).

En cours de mission, une heureuse complémentarité entre les deux capteurs fut constatée et ce qui avait été sollicité pour combler un manque de temps s'avéra être une solution fructueuse également sur le plan technique (énorme quantité de points saisis par le SOISIC et sa possibilité d'enregistrer des images vidéo parfaitement superposables à la géométrie des parois).

La photogrammétrie, par contre restait plus souple pour résoudre les difficultés créées par les zones très étroites ou inondées mais encore permettait d'effectuer un archivage tridimensionnel fidèle et précis qui représentera pour les Archéologues l'état distance à laquelle sont prises les photographies et permettra toujours une définition maximum propre à satisfaire les exigences scientifiques.



L'entrée de la Grotte (- 30 mètres)

L'entrée du matériel dans la grotte nécessita des caissons spéciaux. Le matériel entré fut le suivant :

- Deux chambres métriques UMK ZEISS de focales respectives 100 et 65 m.m pour des formats 13*18.
- Un ROLLEI métrique 6006 de focale 40 m.m pour un format 6*6.
- Un appareil 24*36 calibré PENTAX avec focale de 15 m.m.
- Deux théodolites LEICA TC2002 avec carnets électroniques.
- Trépieds règles et accessoires.
- Cibles et ciment pour le Canevas topographique.

CANEVAS TOPOGRAPHIQUE

La première tâche, dans la grotte, fut tout d'abord d'implanter le matériel propre à matérialiser le canevas topographique de base. Ce canevas était composé de 6 cibles rétro réfléchissantes collées sur des axes pivotants montés sur socles eux-mêmes scellés sur les rochers. Les socles devaient être disposés de manière que de toute station future on puisse viser au moins deux d'entre eux afin de pouvoir s'y rattacher par rayonnement. En réalité, compte tenu de l'environnement, il fallu étendre à 50 le nombre des cibles. Ces cibles supplémentaires ne purent être scellées et ne furent donc pas pivotantes, d'où leur nombre élevé. Pour les fixer sans attenter à la détérioration, même minime, des parois, des moyens de fortunes furent utilisés mais, malgré tout, avec succès.

Les mesures de ce canevas ont été réalisées avec les TC2002 par deux équipes composée chacune de deux personnes : un opérateur-chef de brigade et un aide. Le Responsable de la mission archéologique, Luc Long Conservateur au DRASSM et plongeur, occupait lui-même l'un des postes de chef de brigade et, en coordination avec Maurice Blaustein, le Responsable-photogrammétrie resté en surface sur l'Archéonaute, assurait la gestion des travaux sur site. Pendant toute la durée de la mission, en effet, ce navire qui soutenait toute la

logistique de plongée, restait amarré aux rochers des Calanques, à l'aplomb de l'entrée de la grotte et en contacts radio et vidéo constants.

Les calculs étaient effectués à bord de l'Archéonaute par le responsable de la mission photogrammétrique.

La cohérence du canevas s'est avérée inférieure au centimètre, ce qui, compte tenu des conditions particulières qui ont été énumérées, a été estimé suffisant (visées maximum de 30 mètres).

Ce canevas de base aura deux buts :

1 - Servir de rattachement aux centaines de points de calage qui seront nécessaires à l'équipement des couples stéréoscopiques.

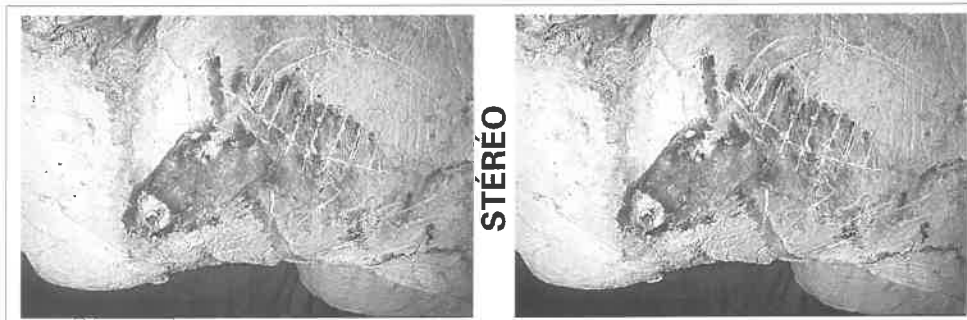
2 - Servir à exprimer les saisies du télémètre LASER dans un référentiel commun avec la photogrammétrie (voir article s'y rapportant dans le n° 66 de XYZ).

PRISE DE VUES PHOTOGRAMMÉTRIQUE

Toutes les prises de vues furent réalisées en stéréoscopie avec un recouvrement de 80% environ. Les grandes différences d'éloignement dans un même couple obligèrent en effet à adopter ce recouvrement important qui permettra à l'opérateur photogrammètre une observation stéréoscopique plus aisée.

Pour des raisons de commodité le support photographique employé fut le plan-film. Les châssis qui contiennent les plan-films sont en effet d'un emploi plus commode que les films en rouleau qui entraînent la manipulation d'un dos film encombrant. Par contre ce choix impliquait de remonter à la surface, à l'issue de chaque plongée les châssis des vues exposées.

Les prises de vues ont été réalisées en bandes stéréoscopiques ; ceci dans un double but : d'abord, bien sûr, de minimiser le nombre des points de calage en exploitant les bandes en aérotriangulation et ensuite de s'assurer plus facilement de l'exhaustivité de la couverture.



Les prises de vues sont, autant que faire se peut, normales aux parois, afin de se placer dans les meilleures conditions d'observation des peintures et des traces anthropiques lors de la restitution. Cette contrainte a entraîné une multiplication des bandes ; souvent, un site est couvert par une bande horizontale, une bande azimutale et une bande oblique pour assurer le recouvrement.

Le Pentax avec une optique de 15 m.m (environ : 120 degrés) a été utilisé dans les zones les plus étroites, là où le photographe ne pouvait que s'allonger sur le dos. Dans les cas les plus extrêmes, les couples stéréoscopiques étaient réalisés ainsi :

Le photographe tenait son appareil entre les mains, l'œil au viseur et un aide le tirait par les pieds de façon à assurer une translation des plus correctes possibles pour satisfaire à un quasi parallélisme des axes optiques (+ ou - 5 degrés) ; Cette procédure a été couronnée de succès !

Quant aux prises de vues à l'aide des chambres métriques UMK, elles étaient réalisées sur pied quand cela était possible. Sinon le photographe prenait la chambre également dans les bras ; une bonne capacité d'orientation dans l'espace est alors requise de la part de l'opérateur pour assurer la parallélisme des axes entre les vues successives d'une même bande.



SUIVI DE LA MISSION ORGANISATION DE LA SIMULTANÉITÉ DES PRISES DE VUES ET DE LA STÉRÉOPRÉPARATION

La stéréopréparation d'une prise de vue photogramétrique consiste à déterminer les points de calage des couples stéréoscopiques afin de rendre possible leur restitution dans un référentiel unique. Ce sont les deux équipes de topographes qui se chargèrent de ce travail.

Les points de calage ne pouvaient être que de trois sortes :

- point du canevas se situant opportunément dans un couple,
- détails formés par les aspérités naturelles de la grotte,
- détails formés par des taches ou des lignes caractéristiques des parois.

En aucun cas il n'était question de relever des détails de peintures rupestres, puisque, par le mode de relevé topographique choisi : le rayonnement avec distance-mètre, on ne peut effectuer les mesures de distance qu'en superposant une cible rétro réfléchissante sur le détail à relever ; toucher aux peintures était bien sûr, formellement proscrit. De même qu'il était proscrit de fixer tout repère dans les parois.

Ces contraintes rajoutaient aux difficultés de l'environnement. Il fallait donc d'abord effectuer les photographies puis déterminer sous stéréoscope les emplacements possibles des points de calage et les marquer sur

des tirages avant de les confier aux opérateurs topographes. Ce qui avait été préparé de la sorte n'était pas toujours exécutable par suite des difficultés du site. Dans ce cas l'opérateur décidait sur place de la modification à apporter et devait faire un croquis identifiant le point retenu. La gestion de toutes ces opérations fut la tâche essentielle du Responsable de mission restant en surface.

Le processus adopté fut celui-ci :

1 - Prise de vues réalisée selon le choix de l'opérateur photogrammètre.

2 - Remontée des châssis contenant les films à l'issue de la plongée.

3 - Retour à terre, développement des films et tirages de contacts pendant la nuit.

4 - Le lendemain, pendant le trajet qui mène par mer sur le site (une heure et demi), analyse des photographies, choix des points de calage et leur marquage sur les tirages contacts.

5 - Réunion de coordination avant la plongée :

- remise des photographies stéréopréparées aux topographes,

- analyse du retour d'expérience pour les photographes : reprises éventuelles et définition des nouvelles prises de vues.

6 - Pendant la durée des opérations dans la grotte, à partir du soutien logistique en surface, l'Archéonaute, assisté radio du Responsable de mission afin de conseiller les équipes pour tenter de résoudre leurs difficultés.

7 - A la remontée de plongée, le soir, et pendant le trajet de retour à terre, dépouillement des carnets électroniques des théodolites, calculs, analyse et conseils aux topographes.

Puis de nouveau : séquences de 3 à 5

Il a été réalisé ainsi 1 115 photographies et 464 points de calage en 15 journées de travail effectif dans la grotte.

Nombre d'Opérateurs et Aides : 4

Chef de mission et Assistant de surface : 1

Assistant laboratoire photo : 1

Le mauvais temps, mer trop forte pour que l'Archéonaute puisse se maintenir en position au dessus de l'entrée de la grotte, amarré au rocher, vint alourdir le planning prévu et par deux fois, il fut décidé de prolonger la mission.

LA RESTITUTION DES COUPLES STÉRÉOSCOPIQUES

La réalisation de la restitution s'effectue actuellement au siège de la SETP à Salon de Provence, donc à proximité à la fois du donneur d'ordre : l'IIRIAM, mandaté par la Mairie de Marseille et Maître-d'Œuvre de la

navigation virtuelle du futur produit muséologique, et des Archéologues dont Jean Courtin, Responsable scientifique de la grotte. Des contacts indispensables avec le Service de la Direction des Études et Recherches de l'EDF qui traite les données SOISIC permet de délimiter les zones limitrophes entre cette saisie et la photogrammétrie.

Préalablement à la restitution, des calculs d'aérotriangulation créent des points de calage supplémentaires pour permettre l'orientation de tous les couples. A cette occasion sont décelées les erreurs d'identification qui ne pouvaient pas ne pas manquer dans les conditions si exceptionnelles où furent réalisées les mesures terrains.

Une autre source de points de calage des couples stéréoscopiques, dans les zones qui se recoupent avec la saisie SOISIC, consiste en la recherche de points remarquables dans cette saisie et identifiables également sur les photographies. La grande densité de points de la saisie SOISIC permet en effet d'identifier avec une extrapolation acceptable des détails tels que des extrémités de stalactite par exemple.

La restitution est réalisée sur un stéréorestituteur analytique INTERMAP.

Les couples équipés de points de calage issus de l'aérotriangulation bénéficient d'orientations automatiques. Les orientations une fois réalisées, il est procédé d'abord à une restitution de points selon des plans parallèles avec une densité fixée à 400 par mètre carré. Les fractures et brusques changements morphologiques bénéficient d'un surcroît de point afin de mieux les défi-

nir. Ce modèle numérique de terrain une fois enregistré, les périmètres des dessins et traces anthropiques sont numérisés à leur tour avec une densité suffisante pour permettre plus tard le placage précis des vues en couleur.

On pourra s'étonner de constater que la restitution numérique n'a pas été employée dans cette application qui pourtant pouvait la laisser envisager. La raison en est que les algorithmes de reconnaissance de formes sur lesquels cette restitution est fondée se seraient montrés impuissants à résoudre les problèmes posés par les ruptures de plans si nombreux dans une grotte de ce type.

L'observation stéréoscopique humaine est dans ce cas parfois elle-même bien difficile.

D'autre part, il est évident que seul la stéréophotogrammétrie est utilisable pour la restitution en continue qu'impose un tel environnement ; La méthode photogrammétrique dite : «convergente», employée communément pour la métrologie, est bien sûr exclue pour ce type d'application.

MODÉLISATION ET PLACAGE DES PEINTURES

Ces travaux sont exécutés parallèlement par L'IIRIAM (Institut International de Robotique et d'Intelligence Artificielle de Marseille) pour la Mairie de Marseille et par le Service IMA de la Direction des Études et Recherches pour EDF. Ces deux organismes ayant chacun leurs spécificités et leurs buts propres.

Série d'articles publiée avec l'aimable autorisation du Ministère de la Culture, de la Ville de Marseille et d'Electricité de France.

TOUS LES SERVICES POUR LA PHOTO AÉRIENNE COULEUR

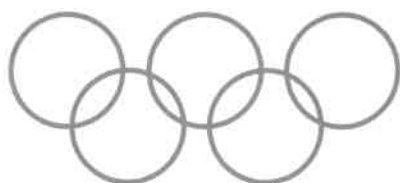
- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Développement films négatif et diapositive AGFA/KODAK | <input checked="" type="checkbox"/> Tirage sur film positif pour restituteur |
| <input checked="" type="checkbox"/> Contact papier couleur avec dodging | <input checked="" type="checkbox"/> Mosaïque papier |
| <input checked="" type="checkbox"/> Agrandissement papier couleur avec correction densité et mise à l'échelle | <input checked="" type="checkbox"/> Des références - clients européennes |
- Pour informations
n'hésitez pas à nous contacter*

diaprint

THE EUROPEAN AERIAL COLOR PHOTO LAB

73, rue des Javaux - 38320 Eybens / Grenoble - France - Tél. (33) 04 76 25 13 41 - Fax (33) 04 76 25 76 44

les mesures dans le sport



l'opto-électronique de Leica

**athlétisme
stade
charléty
paris
juin 1996**

Notre dernier numéro d'XYZ, 67 de nom, publiait une interview de Stefan Süss et Harald Barnekow de l'usine Carl Zeiss de Jena. C'est l'excellente exposition « mesure et démesure », à la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette, qui nous avait suggéré l'idée de faire un tour du côté des mesures des performances sportives dont nous supposons que le niveau était pointu, et donc propre à exciter les neurones topographiques des spécialistes, aussi bien de la distance que du temps.

Aujourd'hui nous continuons notre incursion dans ce domaine avec le savoir faire de la société Leica, centré dans cet article sur le meeting d'athlétisme du 28 juin dernier au stade Charlety de Paris.

En cette année olympique les jeux d'Atlanta braquent un projecteur puissant sur ces coulisses où trônent les juges des exploits accomplis.



Les performances athlétiques mesurées par les systèmes infrarouge opto-électroniques de Leica

Précise, rapide et fiable, la méthode de mesure opto-électronique a aujourd'hui définitivement détrôné celle du ruban de mesure classique, tant dans le domaine de la topographie que dans les épreuves sportives de très haut niveau où records et médailles se jouent parfois sur un seul centimètre ! Le meeting d'athlétisme du 28 juin 1996, qui se déroulait au stade Charlety à Paris, fait justement partie de ces épreuves qui requièrent une grande précision et une fiabilité irréprochable. Or, les résultats déterminés au ruban de mesure étant trop sou-

vent imprécis du fait d'erreurs de mesure, de lecture ou encore de transfert (sans compter le temps nécessaire à l'acquisition de ces résultats), la Fédération Internationale d'Athlétisme a donc décidé de faire appel au procédé opto-électronique pour mesurer les résultats des épreuves sportives du meeting.

Comment fonctionne le système utilisé ?

La mesure opto-électronique est réalisée avec le tachéomètre vidéo asservi à recherche automatique de prisme TCA1100 qui mesure la distance au moyen d'un faisceau infrarouge et détermine les angles horizontal et vertical. Pour ce faire, l'opérateur vise une cible que le juge a préalablement placée à l'endroit précis où l'athlète (ou l'objet) a touché le sol. Déclenchées sur simple pression de touche, les mesures sont traitées par un logiciel intégré dans l'instrument qui livre le résultat final en quelques fractions de seconde. Contrairement au ruban classique dont l'imprécision peut atteindre 2 à 3 centimètres sur de grandes distances, la précision des mesures réalisées par les instruments opto-électroniques est de l'ordre du demi-centimètre. En outre, le transfert électronique des données rend cette méthode particulièrement fiable.

Un procédé déjà éprouvé sur le mont Everest et pour Eurotunnel

Le groupe Leica a participé aux projets de mesure les plus ambitieux de cette fin de millénaire, dont notamment : la construction du Tunnel sous la Manche et du Pont de Normandie, la redétermination de la hauteur du mont Everest, la surveillance de la plate-forme de forage « Troll » en Norvège ou encore l'assemblage du nouveau Boeing 777. En matière de compétition

sportive, ces équipements se sont distingués par leur vitesse et leur précision au cours d'épreuves éliminatoires aux Etats-Unis.



De nombreuses mesures de distance en trois secondes

Le tachéomètre TCA1100 effectue les mesures sur une cible dont l'extrémité est positionnée sur le point d'impact du sauteur (saut en longueur, triple saut) ou de l'objet lancé (javelot). Pour mesurer de grandes distances, cette cible est munie d'un prisme en verre renvoyant le faisceau infrarouge à l'instrument. Afin de garantir la précision maximale, la distance est déterminée par l'instrument à l'aide de nombreuses mesures et calibrations internes en seulement 3 secondes.

Des compétitions sans obstacle avec une précision millimétrique

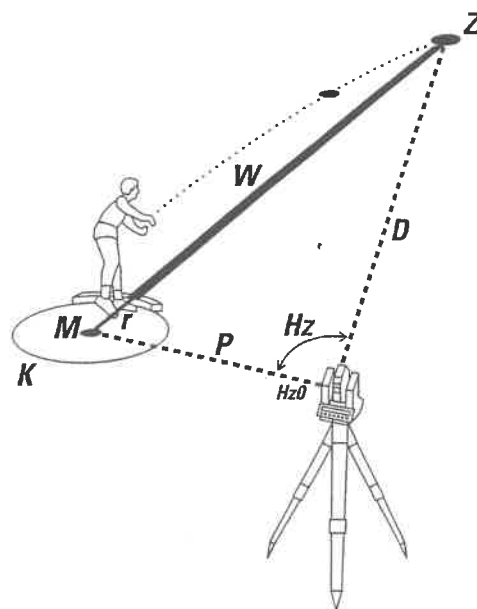
La station de mesure est placée à proximité du cercle de lancer ou de la planche d'appel. L'écart angulaire et l'excentrement de l'instrument par rapport aux points de repère sont déterminés avant le début de l'épreuve. Après chaque visée, l'instrument mesure la distance et les angles, transformés par méthode trigonométrique, et affiche la distance du saut ou du lancer. Les mesures angulaires, effectuées à 10 secondes centésimales près, garantissent une précision millimétrique à 60 mètres.

La qualité totale au stade Charlety

Sur l'écran de l'instrument est affichée la distance, arrondie au centimètre comme le stipulent les réglementations des disciplines. Ces résultats sont simultanément communiqués au juge qui, sur simple pression de touche, peut les transférer à l'affichage du stade, aux moniteurs de télévision et à la liste de classement officielle. De la mesure à l'affichage des résultats, la procédure est entièrement électronique et automatique, offrant ainsi une très haute précision et excluant pratiquement toute erreur de mesure et de transfert. Chaque étape est parfaitement certifiée : la qualité totale est donc aujourd'hui complètement intégrée dans le domaine de la mesure des performances sportives.

Un principe de mesure régi par des lois simples

La détermination de distances au moyen de mesures



opto-électroniques s'appuie sur des lois géométriques simples ainsi que sur la technologie des stations totales. En pressant sur une touche, la station totale mesure une distance et des angles (qui sont alors traités par un logiciel intégré) et assure une transmission électronique des résultats aux listes officielles ou à l'affichage du stade.

Dans les disciplines de lancer (javelot), le tachéomètre TCA1100 est installé sur un point à proximité du cercle (K). A partir de cet emplacement sont déterminés, par des mesures de distance horizontale et d'angles, le centre du cercle (point M) et sa position relative (P) par rapport au centre de l'instrument. L'épreuve peut alors commencer : l'objet lancé atterrit dans la zone de délimitation.

Le juge se rend au point d'impact pour y implanter la cible (point Z). L'opérateur du tachéomètre vise cette cible (Z), puis presse la touche «Mesure». Au bout de trois secondes, par le biais d'un faisceau infrarouge, l'instrument a accompli la mesure de la distance horizontale (D) entre sa position et celle de la cible (Z). Il détermine aussi l'angle horizontal (Hz) entre le centre du cercle (M, HzO) et le point d'impact (Z).

Le tachéomètre Leica est programmé de manière à calculer automatiquement la distance du lancer (W) au moyen de la formule mathématique suivante :

$$W = \sqrt{P^2 + D^2 - 2PD \cos Hz} - r$$

W = Résultat final

P = Distance horizontale du centre du cercle (M) au centre de l'instrument, déterminée avec l'angle HzO avant le début de l'épreuve

HzO = Direction horizontale du centre de l'instrument au centre du cercle (M)

D = Distance horizontale entre l'instrument et la cible (Z), mesurée par faisceau infrarouge

Hz = Angle entre HzO et Z

r = Rayon du cercle

Groupe de Travail Permanent

CNIG

positionnement statique et dynamique

Pascal Willis

IGN (Laboratoire de recherches en géodésie)

Président du GTP

«Positionnement statique et dynamique»

Résumé : Le Groupe de Travail Permanent du CNIG (Conseil National de l'Information Géographique) est un groupe d'experts et d'utilisateurs français des techniques de positionnement terrestre, maritime et aérien. Cet article présente les activités de ce groupe : rédaction de documents techniques (par l'intermédiaire de sous-groupes plus restreints), veille technologique sur les problèmes de positionnement et présentations scientifiques.

INTRODUCTION

Le CNIG (Conseil National de l'Information Géographique) est une instance consultative interministérielle créée par décret du 26 Juillet 1985, modifié le 21 Juillet 1992, placée auprès du Ministre de l'Équipement. Cet organisme contribue par ses études, avis, ou propositions, à promouvoir le développement de l'information géographique et à améliorer les techniques correspondantes, en tenant compte des besoins exprimés par les utilisateurs publics ou privés.

Le but de cet article est de présenter plus particulièrement les activités du Groupe de Travail Permanent du CNIG «Positionnement Statique et Dynamique»

COMPOSITION ET MISSIONS DU GROUPE DE TRAVAIL

Les missions auprès du CNIG du **Groupe de Travail Permanent «Positionnement Statique et Dynamique»** sont les suivantes :

- favoriser les échanges d'informations, de résultats et de produits entre les intéressés dans le domaine de la localisation maritime et terrestre, et plus spécialement d'inventorier les besoins des différentes parties dans ce domaine.
- rechercher auprès des intéressés, ou à l'extérieur, toute information sur les problèmes du présent et du futur, les solutions existantes et les axes de recherche dans ce même domaine.
- susciter et promouvoir, lorsque cela paraît souhaitable, des actions communes à entreprendre pour l'ensemble ou certains intéressés.

Le Groupe de Travail Permanent du CNIG «Positionnement Statique et Dynamique» comporte actuellement 82 membres dont les organismes sont largement répartis parmi les multiples groupes français (privés ou publics). En particulier, des représentants d'associations y siègent (AFT, OGE, IFN, SEE,...). Le groupe se réunit régulièrement environ trois fois par an.

Tenant compte de la taille relativement importante de ce groupe de travail, plusieurs sous-groupes de travail ont été créés pour une durée limitée dans le temps avec un mandat comportant des actions bien spécifiques. Il faut mentionner en particulier les sous-groupes suivants :

LES SOUS-GROUPES DE TRAVAIL

Guide de l'utilisateur du GPS : F. Duquenne (IGN)

Prenant en compte les possibles difficultés des utilisateurs GPS pour le positionnement, un sous-groupe a été créé dès 1991 sous la direction de J.-P. Sparfel pour rédiger un document d'aide aux utilisateurs. Lors du départ à l'étranger de J.-P. Sparfel (pour raisons professionnelles), la direction de ce sous-groupe a été confiée à Mme F. Duquenne qui a mené à bien la réalisation de ce projet puisque la rédaction de ce document est désormais terminée.

Pour des raisons d'efficacité, ce document d'aides aux utilisateurs GPS a été découpé en quatre chapitres distincts qui ont été rédigés par les auteurs suivants :

- | | |
|-------------|---|
| Chap. I : | Notions fondamentales
F. Duquenne (IGN) |
| Chap. II : | Positionnement statique
S. Botton (IGN) |
| Chap. III : | Positionnement dynamique
F. Duquenne (IGN)
Y. Egels (IGN)
M. Even (EPSHOM) |
| Chap. IV : | Glossaire GPS
P. Willis (IGN) |

De plus, ce travail n'a pu être possible que grâce à la relecture attentive d'un certain nombre de membres du groupe de travail permanent qu'il me faut remercier ici : MM. J.-P. Barboux (Dassault/SERCEL), J. Berterreche

(SCP Lassalle - Delpech et Berterreche, OGE), C. Boucher (IGN), F. Clerfayts (IGN), J.-M. Doizi (CGG), M. Dutot (LRBA), A. Kanschine (STNTME), M. Le Pape (IGN), C. Lebegue (IGN), J.-G. Mathé (CNIG), J.-J. Riou (Elf Aquitaine). En plus de ces lecteurs, d'autres lecteurs ont aussi participé activement à la rédaction et à la finalisation du glossaire GPS à titre d'experts dans leur domaine. Il s'agit de MM. G. Bessero (SHOM), O. Carel (DGAC), M. Granveaud (LPTF), J.-L. Issler (CNES)

Le document complet est maintenant finalisé et devrait être publié d'ici la fin de l'année par un éditeur grand public (une prochaine annonce sera faite à cette occasion dans la revue XYZ).

Inventaire des matériels et logiciels GPS :

C. Boucher (IGN)

Un inventaire des matériels et logiciels disponibles en France a été initié par ce groupe et réalisé par S. Botton (IGN) avec l'aide des constructeurs et revendeurs français de matériels et logiciels GPS. Ce document est désormais disponible au CNIG depuis le début de l'année 1996. Il est de plus remis à jour régulièrement sur le serveur internet du CNIG et consultable par World Wide Web à l'adresse suivante :

<http://www.cnig.fr>

Ce sous-groupe a accompli ses objectifs et terminé son mandat.

Evaluation des matériels et logiciels GPS :

C. Boucher (IGN)

Ce sous-groupe a été créé en Juillet 1995 et devra rendre ses conclusions pour l'automne 1996. Il est chargé d'évaluer la demande des utilisateurs (par l'intermédiaire d'un questionnaire spécialisé) concernant l'évaluation des matériels et logiciels GPS et de proposer des solutions techniques pour cette évaluation : Valorisation des tests déjà existants, mise en place éventuelle d'un cahier des charges de certification, réalisation de tests de certifications, intérêt français ou européen de polygones de tests en France pour les techniques de localisation (actuelles et futures).

Stations GPS permanentes ou actives en France :

J. Berterreche (OGE)

Ce sous-groupe a été créé en Juillet 1996. Il est chargé dans un délai d'un an d'évaluer les expériences faites à l'étranger (ou en France) dans le domaine du positionnement terrestre réalisé à l'aide de stations GPS permanentes ou actives, d'évaluer l'intérêt pour la communauté française de se doter d'un réseau permanent national et de proposer des solutions techniques (en recherchant en particulier des participants éventuels en France); voire de mettre en place des expériences pilotes pour étudier l'intérêt et les méthodes d'utilisation d'une telle infrastructure.

LES PRÉSENTATIONS SCIENTIFIQUES

En plus des résultats des sous-groupes de travail (recommandations, documents techniques à large diffusion, informations sur le serveur du CNIG), le GTP invite

à ses réunions des experts pour faire le point régulièrement sur les avancées récentes réalisées dans le domaine du positionnement.

A titre d'information, voici les différents sujets présentés depuis 1994 :

réunion du 19/1/94

L. Daniel (IGN) : Le Centre de Données IGS - International GPS Service- à l'IGN.

A. Fourgassié (SHOM) : Missions photo aériennes réalisées par le SHOM.

A. Fourgassié (SHOM) : Les systèmes GPS de navigation différentielle.

J.P. Dufour (IGN) : Résultats DORIS récents pour la localisation statique de précision.

réunion du 14/6/94

B. Panefieu (LRBA) : Activités de navigation au LRBA.

D. Burtin (IGN) : Couplage GPS et techniques inertielles pour la topographie de précision.

J.P. Barboux (SERCEL) : Applications cinématiques temps-réel du GPS : Le système KART de la SERCEL.

O. Carel (DGAC) : Navigation aérienne, panorama des besoins de localisation et présentation des systèmes actuels.

réunion du 25/10/94

C. Allemand (LRBA) : Le système GLONASS

J.-P. Cauzac (CLS/ARGOS) : Présentation des activités CLS/ARGOS.

L. Stephane (TOTAL) : Techniques de positionnement pour la sismique 3-D.

réunion du 13/6/95

M. Betaille (LCPC) : SESSYL - banc d'essai des systèmes de localisation.

W. Lewandowsky (LPTF) : Transfert de temps par vue simultanée des satellites GLONASS.

réunion du 27/11/95

M. Prunieras (IFN) : Politique française des aides à la navigation; contribution au Plan Européen de Radionavigation.

R. Moussa (Renault) : Le besoin en positionnement pour la navigation routière.

C. Oblin (IREX) : L'étude de l'IREX sur les possibilités d'utiliser le GPS pour les Travaux Publics.

réunion du 24/6/96

F. Peyret (LCPC), Banc d'essai SESSYL - Résultats de tests de récepteurs GPS.

A. Haudebourg : Problématique Européenne du GNSS (GNSS-1 et GNSS-2).

... dans la profession - dans la profession - dans la profession -

On peut donc constater la grande diversité des problèmes de positionnement et l'activité importante des membres du groupe ainsi que la part naturellement importante donnée au positionnement par GPS.

CONCLUSIONS

En conclusion, le groupe de travail du CNIG «Positionnement Statique et Dynamique» est un forum d'experts et d'utilisateurs de positionnement terrestre, maritime et aérien. Un certain nombre de problèmes

techniques y sont discutés lors des présentations scientifiques. Enfin, conformément à l'esprit du CNIG, le GTP «Positionnement Statique et Dynamique» essaye de lancer des initiatives françaises communes sur un certain nombre de sujets d'intérêt général et de rédiger pour une large communauté d'utilisateurs des documents d'aide ou de spécifications qui pourraient leur être utiles pour résoudre leurs problèmes pratiques de positionnement. Dans ce cadre, le document «Guide de l'utilisateur GPS» sera amené à avoir une large diffusion auprès de la communauté des utilisateurs du GPS et certainement au-delà.

La topographie sans compromis pour MicroStation®

- Interface avec les carnets électroniques du marché
- Géocodage étendu
- Résolution rigoureuse des réseaux polygonaux par la méthode des moindres carrés.
- Qualification des résultats
- Intégration dans le DGN avec cellules et types de ligne associés automatiquement à partir des codes terrain
- Préprocesseur pour SIG (via MSLink)

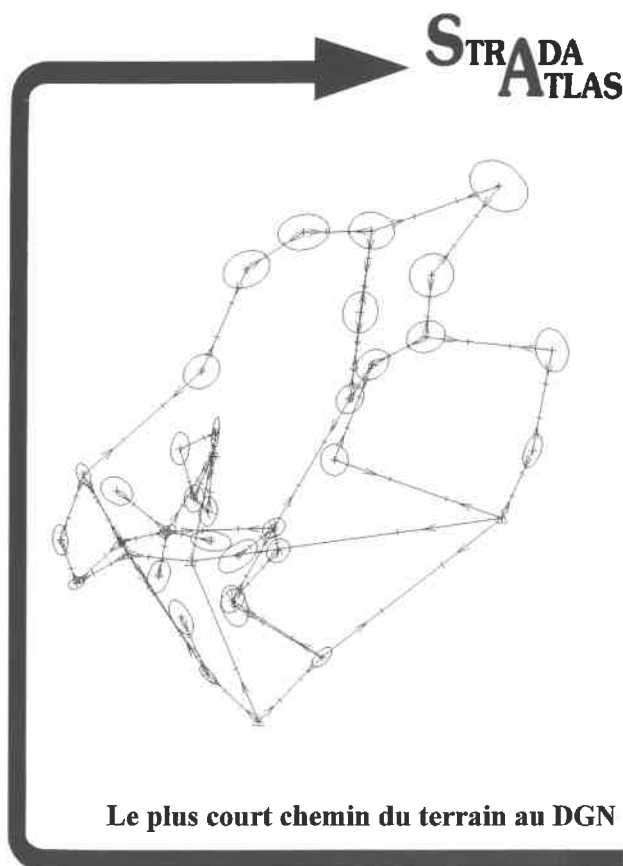
Plates-formes : WINDOWS NT et 95 -
MicroStation version 5.0 / 95

STRADA ATLAS est le fruit d'un développement à l'échelle européenne :
Soft Construct, Liège - Institut Géodésique de Karlsruhe



SOFT CONSTRUCT SA

Rue des Ecoliers, 26 - 4020 LIEGE - BELGIQUE
Tél : 32-(0)41-44.20.21 - Fax : 32-(0)41-44.20.27



Vous qui aimez présenter votre meilleur profil...



Profils, modèles de surfaces, calculs de cubatures, perspectives **JISCAD®** sait tout faire... et il le fait bien !

Pourquoi vous compliquer la vie ?

Plus de vingt années passées à vos côtés permettent à **JSInfo** d'être au coeur de vos préoccupations et de vous proposer les solutions informatiques en totale adéquation à vos besoins.

JISCAD a plusieurs cordes à son arc :

- lotissement,
- conception de voies,
- aménagement,
- projet 3D,
- CAO / DAO...

mais un seul but : répondre à vos attentes dans les domaines de la topographie, cartographie et études V.R.D.



Exploitable sur station de travail Unix® et sur plateforme PC Windows® (2ème semestre 1996)

JISCAD® retenez bien ce nom, il n'a pas fini de vous simplifier la vie !

jsinfo
La Géo-informatique

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

Je souhaite recevoir la brochure d'information JISCAD

Nom _____ Prénom _____

Société _____

Adresse _____

Code Postal _____ Ville _____



dans la profession - dans la profes **mission de formation à l'institut de technologie du Cambodge**

**Christian
Meyer**
AFT
*Ingénieur
honoraire
de
l'IGN
consultant
de
l'ECTI*

INTRODUCTION

Au début de l'année 1996, l'organisme de consultants «seniors» ECTI (Echanges et Consultations Techniques Internationaux) recherchait pour le Cambodge un ingénieur topographe pour assurer des cours de topographie et de géodésie dans un institut de formation technique.

Il s'agissait d'intervenir à l'Institut de Technologie du Cambodge, l'ITC, pour donner les notions de topographie indispensables pour exercer le métier d'ingénieur civil et d'ingénieur du génie rural.

Cette mission, prévue pour deux mois, dépassait largement un cours traditionnel et recouvrait en fait plusieurs aspects : formation de base, utilisation du matériel topographique rénové, évaluation des potentialités matérielles et humaines de l'ITC (professeurs cambodgiens et équipement topo), conseils pour le développement du secteur de topographie de cet Institut : c'était en fait une expertise doublée d'une formation adaptée d'ingénieurs

Ayant posé ma candidature, j'ai été retenu et suis parti à Phnom-Penh du 20 avril au 26 juin 1996.

QU'EST-CE QUE L'«ITC» ?

En 1960, un Institut de technologie, nommé ITC, a été créé par les russes pour former les cadres de l'industrie cambodgienne. Son fonctionnement s'est poursuivi normalement jusqu'en 1972 ; néanmoins à cette date les événements politiques dramatiques que l'on connaît, ont fortement perturbé la vie du pays et la formation a été complètement arrêtée.

Au début des années 1980 les russes ont repris leur coopération (en langue russe) jusqu'en 1991, date où l'URSS a «éclaté». Les russes n'ayant pas formé de successeurs, la formation des élèves s'est complètement dégradée et est devenue très chaotique.

En 1992-93, le Ministère des Affaires Étrangères

français a commencé à réhabiliter cet institut financière-ment, et en 1993-94, la Coopération française (FAC) a repris en main cet établissement. L'AUFELF-UREF(Agence Francophone pour l'Enseignement Supérieur et la Recherche: 49 pays francophone) a été désignée comme opérateur de la mise en œuvre du développement de l'ITC; l'Université de Créteil a été choisie pour la gestion administrative,

L'ITC AUJOURD'HUI : SA MISSION LA RENAISSANCE 1993-96

En application des textes signés entre le Cambodge et la France le 10 septembre 1993, l'AUFELF-UREF a pour mission de conduire la rénovation de l'Institut en

assurant la gestion administrative, pédagogique et financière de l'établissement.

Les objectifs sont de :

- Former en langue khmère et française des cadres moyens (techniciens supérieurs) nécessaires à la reconstruction et au développement du Cambodge.
- Former en langue française des ingénieurs pour contribuer au développement du Cambodge.
- Former en langue française au niveau de la recherche des spécialistes cambodgiens ou étrangers
- Former les nouvelles générations d'ingénieurs à la pratique de la langue anglaise.

Quelques chiffres :

- Terrain de 10 ha, 40 salles de classe, 20 laboratoires, 5 ateliers, 2 amphithéâtres, 1 salle de conférence...
- Enseignants : 124
- Étudiants : situation actuelle : 750 environ - objectif 1999 : 450 en cycle technicien supérieur et 210 en cycle ingénieur.

Financement :

- Mise à disposition des locaux et des enseignants par le Ministère de l'Éducation du Royaume du Cambodge
- Aide du Ministère français de la Coopération
- Contributions du PNUD, de l'UNESCO, de la Belgique et de la Nouvelle-Zélande

Types d'enseignement :

- Recrutement sur concours (rigoureusement contrôlé) à partir de 1994, d'étudiants dans les cycles d'ingénieur (5ans) et de technicien supérieur (3 ans).
- Orientation dans les cinq départements de spécialisations avec les nouveaux programmes : Génie civil, Génie chimique et alimentaire, Génie électrique et Energétique, Génie industriel et Minier, Génie Rural.
- Renforcement de la professionnalisation des études par un partenariat avec les entreprises, assorti



de stages et de mémoires, en vue d'une intégration progressive des diplômés dans le secteur privé et non plus administratif.

Les nouvelles générations de premiers techniciens supérieurs sortiront en juillet 1997.

Les nouveaux ingénieurs en juillet 1999.

Ce projet ITC, lancé depuis trois ans est un énorme «challenge» : former, dans un environnement de langue française, une telle masse de cadres alors que la situation politique et économique est très instable est un défi qui conduit à constituer une équipe d'enseignants non traditionnels, qui s'est révélée très motivée et très soudée autour du Directeur.

INTÉRÊT DE LA TOPOGRAPHIE POUR LES ÉLÈVES DE CET INSTITUT

Dans les cinq spécialisations de l'ITC, seules les sections du génie civil, rural, industriel et minier ont dans leur programme une formation en topographie

Cette année, les ingénieurs des sections du génie civil et rural de deuxième année des nouveaux programmes étaient concernés par cette formation.

Il s'agissait en deux mois (à raison de 9h/semaine) d'introduire les principes de base du levé topographique (appliqué principalement à des constructions : routes, ponts, aérodromes... et à des aménagements ruraux), à des étudiants n'ayant aucune connaissance préalable dans ce domaine et pour qui la topographie n'est qu'un aspect de leur formation d'ingénieur.

Le nombre d'heures étant limité, il a fallu cibler de façon précise, d'une part les connaissances préalables des élèves et leur niveau de compréhension, d'autre part les notions nécessaires à la pratique de leur futur métier.

Pour atteindre ces objectifs, j'ai entrepris plusieurs actions :

- Sonder dès le début le niveau des élèves par des interrogations écrites et orales, ainsi que par des exercices sur le terrain.
- Établir un polygone de travail sur le Campus d'environ 50 points matérialisés par des bornes, repères et cibles murales afin de pouvoir contrôler la qualité des mesures faites par les élèves et de travailler principalement en numérique.
- N'introduire de notions théoriques qu'avec l'appui d'exemples concrets et de travaux pratiques.
- Organiser suffisamment de TP pour que la manipulation des instruments devienne une routine.
- Laisser une certaine initiative aux élèves pour stimuler leur imagination.
- Insister continuellement sur les notions de précision (instruments et méthodes), d'évaluation des ordres de grandeur et de contrôle des mesures.
- Effectuer un panorama sur l'ensemble des nouvelles technologies : enregistrement des données sur



carnet électronique, traitement sur ordinateur pour les calculs et les sorties sur tables traçantes, positionnement par satellites (GPS), images satellitaires ...etc

Quel en aura été le bilan ?

- La principale difficulté réside dans la communication ; La difficulté de pratique de la langue française n'est pas seule en cause ; un

transfert de technologie comporte des messages culturels implicites paraissant évidents pour celui qui enseigne, et qui posent parfois des problèmes difficilement compréhensibles pour le formateur !

- Trop souvent, il a fallu expliquer jusqu'au moindre détail pour que l'exercice demandé soit exécuté correctement. Néanmoins, sur 12 élèves-ingénieurs, 3 ou 4 sont capables de prendre des initiatives et d'amorcer des réflexions de fond ; les autres sont plus enclins à n'être aptes qu'à appliquer un processus bien défini.

- D'une façon générale, les élèves ont été très appliqués et motivés ; ils se sont révélés intéressés, consciencieux et ouverts.

INTÉRÊT DE LA TOPOGRAPHIE POUR UN PAYS EN DÉVELOPPEMENT COMME LE CAMBODGE

En établissant des contacts extérieurs à l'ITC, il s'avère que les spécialistes en topographie sont très recherchés actuellement, alors que se lancent de nombreux projets de développement.

En effet, on ne dispose au Cambodge que d'anciennes cartes américaines et des plans, s'ils n'ont pas été détruits, bien obsolètes !

Pour réaliser leurs projets, chaque pays donateur, chaque organisation internationale, chaque ONG effectue des travaux d'ordre topographique de façon tout à fait anarchique ! Les mesures par GPS, les interprétations d'images satellites, les prises de vues photographiques sont effectués sans aucune coordination !

L'ITC dans ce contexte peut jouer un rôle important par son souci de former des élites techniques cambodgiennes susceptibles dans un avenir que l'on souhaite proche, de gérer mieux leur pays.

CONCLUSION

Que déduire de cette expérience ?

Dans le climat politique et économique très ambigu du Cambodge actuel, où les rivalités de personnes, la corruption et la profusion anarchique des aides du monde entier empoisonnent le développement harmonieux du pays, l'ITC apparaît comme un espoir d'un avenir meilleur. Les jeunes promotions qui sont issues d'une histoire particulièrement dramatique sont désireuses de bien faire ; c'est dans cette optique que je souhaite que ce projet ITC réussisse de façon à ce que l'on puisse reconstituer une élite technique et humaine de qualité !

La mémoire de l'existant !



Un système polyvalent de métrologie 3D :

Des mesures photogrammétriques de l'existant, pour une restitution adéquate plane ou tridimensionnelle des données pour la CAO (précision jusqu'au 1/10ème de mm).
Bénéficiant de 75 ans d'expérience en Haute Précision, les appareils spéciaux Rollei associés à une station de travail PC et aux logiciels RolleiMetric, **c'est la solution** en photogrammétrie.

Demandez
notre documentation
technique

Rollei
Metric Service

7, rue Victor Hugo - 92323 Châtillon Cedex - Tél. (1) 47 35 08 93 - Fax (1) 47 35 64 70

PENTAX



Certificate No: 10660



Caractéristiques :

- Système DOS,
- Carte PC,
- Nivelles électroniques,
- Ecran graphique,
- Haute précision,
- Programmable par utilisateur,
- Programme standard,
- Capteurs automatiques de pression atmosphérique et température,
- Compensation trois axes.



STATION TOTALE SERIE ATS

PENTAX France

12/14, rue J.-Poulmarch
BP 204
95106 ARGENTEUIL Cedex
Tél. : 01.30.25.75.64 - Fax : 01.30.25.75.76

Agence :

Créativa Bât. E
BP 1225
84911 AVIGNON Cedex 9
Tél. : 04.90.84.05.63 - Fax : 04.90.84.05.64



Comité Français de représentation à la FIG
Michel Mayoud - AFT

**fédération
internationale
des
géomètres**

NOUVELLES DU COMITÉ FRANÇAIS DE REPRÉSENTATION À LA FIG

Le CFR-FIG s'est réuni le 2 avril 1996, pour préparer le 63ème Comité Permanent, finaliser ses statuts et traiter des diverses questions que se pose le Comité pour enrichir et densifier la représentation française à la FIG -en s'adaptant aux évolutions récentes et aux contraintes nouvelles. Les documents préparatoires des diverses réunions ont été analysés et discutés, pour convenir des positions à exprimer et des marges d'appréciation dans les motions soumises au vote. Les sujets essentiels en seront relatés ci-après, dans le compte-rendu de ce Comité Permanent.

Pour ce qui concerne le CFR-FIG, après approbation formelle des statuts par les instances de l'AFT et de l'Ordre des Géomètres, la constitution en Association légale est maintenant conclue. Avec AFIGEO en membre correspondant, avec d'autres organismes professionnels (CFC? SFPT?) que l'on souhaite voir rejoindre au même titre cette structure commune, c'est bien l'ensemble de la communauté professionnelle française qui peut trouver là une plate forme de représentation unitaire. C'était le souhait de ceux qui ont œuvré -tant à l'OGE qu'à l'AFT- pour cette démarche d'union, et il y a lieu de se réjouir d'une telle conclusion.

Dans le contexte linguistique nouveau, avec pour objectifs d'accroître la présence et l'influence de la France à la FIG, la tâche n'est pas mince, elle est responsablement partagée, et les bonnes volontés pouvant y avoir compétence y sont bienvenues. Mais il y a surtout un bénéfice intellectuel et relationnel à retirer des manifestations internationales, et cela concerne tous ceux qui ont non seulement goût mais aussi intérêt à cela. Nous les convions à participer aux divers colloques et symposiums annoncés dans notre revue, et nous les invitons surtout à présenter une communication au Congrès de Brighton en juillet 1998 (voir annonce et appel à contributions).

Signalons enfin que le CFR-FIG tente plus que jamais de favoriser la participation de nos collègues de la francophonie, et plus particulièrement ceux des pays qui en ont moins les moyens. Quelques rares aides financières officielles sont parfois accordées, et c'est ainsi que -grâce au Ministère de la Coopération pour la majeure partie du financement- Monsieur Gastaldi a pu inviter quatre géomètres venant d'Afrique de l'ouest à un symposium de la Commission 7 (cadastre et aménagement foncier) qui s'est tenu à Budapest.

COMITÉ PERMANENT ET «SEMAINE DE TRAVAIL» DE LA FIG

Le soixante-troisième Comité Permanent de la FIG et la conférence associée se sont tenus à Buenos Aires, Argentine, du 15 au 19 avril. Ce qui est désormais désigné sous le vocable «working week» regroupait en fait deux sessions plénières et une session en groupes de travail du Comité Permanent, quatre symposia avec des sessions simultanées, une table ronde, des réunions de chaque commission, des visites techniques, une exposition -auxquels s'ajoutaient un dîner de travail rassemblant les pays fondateurs et quelques invitations officielles. La délégation française était composée de Messieurs Picavet (Président du CFR-FIG), Bour, Lenoir et Mayoud. Pour la première fois, seul l'anglais pouvait être utilisé comme langue de travail du Comité Permanent (sans traductions en français et en allemand) - mais c'était déjà la seule langue communément pratiquée dans les autres réunions formelles ou informelles.

Outre les nominations honorifiques, les débats sur divers problèmes de gestion, les discussions sur les stratégies d'organisation et de développement ou les questions de cotisations et de budget, les décisions principales et faits majeurs de ce Comité Permanent sont les suivants :

- La fondation FIG pour la formation professionnelle, visant à aider divers pays à se pourvoir de moyens d'enseignement convenables pour les géomètres, est maintenant établie -et la France a décidé d'adhérer à cette fondation.

- La constitution d'une commission ad hoc traitant de «construction économies» a été votée à une très faible majorité, après un débat révélant bien des réticences pour cette orientation de la FIG vers la gestion globale des constructions (vote négatif de la délégation française).

- Une version révisée du protocole de constitution d'une liste ponctuelle d'experts pouvant être consultés à la demande des ONG a été discutée puis finalement approuvée, après assurances et garanties données par le Bureau sur divers points sensibles de la procédure.

- La publication (utile et importante) sur la formation continue a été différée jusqu'à fin juin pour ultimes commentaires ou corrections mais sera ensuite éditée au plus tôt.

dans la profession - dans la profession - dans la profession -

- L'évaluation des propositions pour l'établissement du Bureau Permanent de la FIG a été entreprise (la France est candidate) mais la décision se prendra au prochain Comité Permanent.

- Le choix du pays hôte pour la «semaine de travail» de 2001 s'est porté sur la Corée du Sud. La candidature de la France pour celle de 2003 (après le congrès d'Atlanta) a été annoncée et chaleureusement applaudie. La décision se prendra l'an prochain, ou en 1998 à Brighton.

- Les questions de contrôle qualité et de normalisation sont une préoccupation commune, les relations avec l'ISO ont été formalisées, et c'est notre collègue J.M. Becker, Vice-président de la Commission 5 au titre de la Suède (mais aussi membre du Conseil de l'AFT), qui en est chargé.

En d'autres sessions ou circonstances, la France a insisté sur le maintien des résumés multilingues (dont le français) pour les communications aux conférences et au congrès -qui pourraient ensuite entrer dans des bases de données documentaires, avec les noms et adresses des auteurs. Enfin, divers contacts ont été pris avec des associations professionnelles sud-américaines pour échanges d'information et de journaux.

Les quatre symposia traitaient respectivement de l'enseignement professionnel, des contributions du géomètre aux divers développements économiques et techniques, de la planification et de l'évaluation foncière au regard des problèmes d'environnement, du cadastre et de la gestion du patrimoine foncier. Les textes de ces conférences (en anglais ou en espagnol) sont consultables au siège de l'AFT.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DES GÉOMETRES XXIEME CONGRES - BRIGHTON (UK) - 19 AU 26 JUILLET 1998 APPEL À COMMUNICATIONS (TITRE ET RÉSUMÉ)

L'Angleterre accueille le vingt et unième Congrès de la FIG dans la ravissante station balnéaire de Brighton, et le Comité d'organisation souhaiterait avoir connaissance des titres et résumés des communications soumises à la sélection des commissions avant le 30 novembre 1996. Néanmoins, le choix définitif des contributions se fera -comme habituellement- durant le Comité Permanent qui précède la Congrès, soit en mai 1997 à Singapour. Les conférences se feront en principe en anglais, sans traduction simultanée en français ou en toute autre langue.

En raison de la proximité du lieu, il est espéré que la participation française sera forte et que de nombreuses communications seront proposées -et retenues- dans les domaines traités à la FIG. Au nom du Comité Français de Représentation à la FIG, j'invite donc tous les orateurs potentiels de l'AFT (ou simples lecteurs de cette revue) à se faire connaître et à nous transmettre le titre et le résumé (environ 120 mots) de la communication proposée. La rédaction de ce résumé doit en être faite obligatoirement en anglais, mais des traductions en français, allemand et accessoirement espagnol peuvent être utiles à l'extension du lectorat des communications publiées dans les actes du Congrès et à l'entrée future dans des bases de données de ces publications.

Ecrire ou faxer à l'AFT : 136bis rue de Grenelle, 75700 Paris 07 SP - Fax : (1) 47 53 07 10

*ou directement à : Michel Mayoud, CERN, site de Prévessin, 01631 CERN Cedex (France)
Fax : 19 41 22 767 3456 (Suisse)*

ENTREZ DANS LE 21^{ème} SIECLE AVEC TOPCON



 **TOPCON**

TOPCON S.A.R.L.
104 - 106, rue Rivay - 92300 LEVALLOIS PERRET
Tél. 01 41 06 94 90 - Fax 01 47 39 02 51

Lasers d'intérieur
Lasers de construction
Lasers à pentes
Lasers de canalisation
Théodolite laser
Guidage d'engin
Niveaux optiques
Niveaux à lecture digitale
Théodolites électroniques
Stations totales à mémoire interne
Stations totales à carte PCMCIA
Station motorisée autonome
GPS - Global Positioning System



dictionnaire technique multilingue

FEDERATION INTERNATIONALE DES GEOMETRES

Roger Schaffner
Président honoraire de l'AFT

LA CONTRIBUTION FRANÇAISE

Un Comité de traduction a été constitué spontanément par les authentiques bilingues Français-Allemand : MM. Louis TSCHAEN et Pierre GRUSSENMEYER, ancien et actuel professeur à l'ENSAIS, et MM. René KOECHER, Lucien FABER, Michel KLOPFENSTEIN, Victor KIEFFER et Roger SCHAFFNER.

Ils ont été rejoints par les collègues de la SMAF : P. GFELLER, R. FASEL, J.R. AMSTEIN et H. DUPRAZ pour les termes spécifiques utilisés en Suisse Romande.

Les Contrôles Techniques et Scientifiques sont et seront assurés par les spécialistes désignés par l'I.G.N., le S.H.O.M., le C.N.F.G.G., le C.F.C., le C.N.I.G. et la S.F.P.T., tels que par exemple, MM. BOUCHER, WILLIS, BOURGOIN, ROUBERTOU, PLANQUES... et tous ceux qui seront encore contactés en temps utile.

AVANCEMENT DES TRAVAUX

Les volumes 4 et 5 sont terminés et ont fait l'objet d'une première édition imprimée en juin 1995 (700 exemplaires).*

Les volumes 10, 13 et 14 sont à jour des termes français.

Les volumes 6, 11, 12 et 15 sont aux mains des traducteurs.

Il reste donc les volumes 1, 2, 3 et 8 qui sont encore en préparation à l'I.F.A.G. par les spécialistes allemands organisés en groupes de travail.

Considérations générales

Il convient de signaler que les définitions allemandes entrent souvent dans un contexte historique, coutumier ou juridique particuliers où l'appellation «équivalent» pour les français prend tout son sens que seul un bilingue peut saisir. De même, il faut être prudent si l'on veut se référer aux termes anglais indiqués dans les documents de travail, qui sont de la même veine que ceux, français, déjà proposés. Le gros du travail consiste surtout en lecture et relecture, par des personnes différentes, qui permettent de découvrir des non-sens et trouver les mots justes ou meilleurs que ceux déjà proposés, un peu rapidement.



Comité de traduction à Strasbourg
devant : MM. Grussenmeyer - Tschaen - Mme Baer - M. Faber
derrière : MM. Schaffner - Klopfenstein - Koecher - Fasel

Le Bureau Permanent du Dictionnaire Multilingue dirigé par M. le professeur H. SEEGER, Président de l'I.F.A.G. («Institut für Angewandte geodäsie») de Francfort est chargé de l'élaboration de ce document, présenté par ordre alphabétique des expressions et termes, avec leurs définitions en allemand.

Il doit être complété par les équivalents français et anglais. Le dictionnaire est composé de 14 volumes classés par spécialités ou disciplines.

- 1 - Calcul de compensation
- 2 - Géodésie
- 3 - Levers généraux
- 4 - Travaux cadastraux
- 5 - Instruments géodésiques et topographiques
- 6 - Topographie
- 7 - Photogrammétrie et télédétection
- 8 - Cartographie
- 10 - Topométrie industrielle et de génie civil
- 11 - Levers hydrographiques
- 12 - Topométrie souterraine
- 13 - Evaluation foncière
- 14 - Remembrement
- 15 - Planification urbaine et régionale

Les matières prévues aux volumes 9, 16 et 17 sont abandonnées soit la photographie, l'exploitation des données et les généralités.

La succursale de l'I.F.A.G. de LEIPZIG, dirigée par Madame le Dr Bärbel BAER, centralise, et exploite électroniquement toutes les données de base et fournit des éditions informatiques aux traducteurs qui y portent les termes équivalents et observations dans leur langue.

* Parus en 1995 : vol. 4 - cadastre parcellaire et levers cadastraux (29,50 DM + frais de port) ; vol. 5 - instruments géodésiques (34 DM + frais de port)
Adresser commande à : Institut Für Angewandte Geodäsie - Aussenstelle - Berlin - Stanffbergstrasse 13 D 10785 Berlin

dans la profession - dans la profession - dans la profession -

Ordre des Géomètres Experts

cinquantenaire 1946 1996



*Jean-Louis Marty,
président de l'OGE,
Robert Poujade,
député-maire de Dijon,
Jacques Breton,
président honoraire et
président de région.*

Régional de l'Ordre, quelques semaines auparavant. Le Président du Conseil Supérieur Jean-Louis MARTY et le Président du Conseil Régional et ancien Président de l'Ordre Jacques BRETON se voyaient remettre une médaille de la Ville de Dijon et un très bel ouvrage sur cette ville. La soirée s'est terminée dans la bonne humeur à l'occasion d'un pot sympathique.

La journée commémorative s'appuyait sur deux manifestations complémentaires :

- la première consistait en une importante **exposition de matériel professionnel ancien**, résumant l'évolution de la topographie depuis plus d'un siècle et magistralement présentée par MM. CHINAL et MARMONNIER, de la région de Lyon, représentant l'Association GEOMUSEE.

- la seconde symbolisant l'**ouverture sur l'avenir** puisque la région Bourgogne - Franche-Comté avait décidé de se brancher sur **INTERNET** et de créer ainsi un événement professionnel collectif original, sans doute le premier pour la structure ordinale. Avec le concours de la Société DIAL-INFORMATIQUE, la liaison était devenue effective dès la mi-avril.

L'après midi du 6 mai fut consacré à la **partie purement commémorative** avec les traditionnels discours. Le Conseil régional ayant convié un certain nombre de responsables, on vit successivement intervenir :

- Jacques BRETON, hôte d'accueil des participants
- René Charles DAVID, Président du Conseil Supérieur de l'Ordre de 1977 à 1981
- Albert VAN DER LINDEN, Président de l'Union Belge des Géomètres-Experts immobiliers
- Jean-Louis MARTY, Président de l'Ordre en exercice.

Le Président Jacques BRETON s'employa à dresser l'historique de la profession, depuis la création de la première chambre des Géomètres à Laon en 1839 jusqu'au vote décisif du 7 mai 1946. Il évoqua aussi le comportement du chanoine KIR et quelques épisodes de ses relations avec la profession.

Créé par une loi du 7 mai 1946, l'Ordre des Géomètres-Experts célèbre cette année son 50e anniversaire.

Le député, rapporteur de cette loi en 1946, étant le chanoine KIR, Maire de Dijon et figure universellement connue, il revenait tout naturellement à la région ordinaire Bourgogne - Franche-Comté, dont le siège est à Dijon, d'organiser la Commémoration du Cinquantenaire.

Par ailleurs, le Congrès National des Géomètres-Experts se déroulant cette année à Deauville, la région de Bourgogne - Franche-Comté était tout naturellement invitée à prolonger sa manifestation régionale par une présence nationale, au cœur du nouveau et magnifique Palais des Congrès de Deauville.

Le matin du 6 mai et non le 7 pour des raisons d'organisation, après la traditionnelle assemblée générale du Conseil Régional, Monsieur ROBERT POUJADE, Député-Maire de Dijon et ancien Ministre de l'Environnement, recevait l'ensemble des congressistes, c'est-à-dire les géomètres-experts de la région, les membres du Conseil Supérieur de l'Ordre et tous les invités de la profession, élus politiques et responsables administratifs et professionnels.

La réception, organisée dans le cadre de l'imposant Palais des Ducs de Bourgogne, permettait de constater que Monsieur POUJADE avait une connaissance approfondie des géomètres-experts et de leur rôle. Cette pertinence dans l'analyse prolongeait d'ailleurs la remise par M. POUJADE d'une croix de chevalier du Mérite National à Hubert MORNAND, membre du Conseil

Le Président DAVID enchaîna en décrivant la vie des géomètres à la sortie de la seconde guerre mondiale et après la promulgation de la loi par l'Assemblée Constituante, période marquée par les fortes personnalités que furent René DANGER, artisan de l'unité et Louis RAGEY, Commissaire du Gouvernement.

Le Président VAN DER LINDEN, ensuite, vint porter témoignage des immenses difficultés rencontrées en Belgique pour aboutir à une reconnaissance officielle du statut du géomètre-expert immobilier, consécutive à la définition précise du diplôme.

Il revenait enfin au Président MARTY de brosser le tableau de l'état actuel de la profession en France et d'apporter quelques éclairages sur ses perspectives d'avenir. Il constatait tout d'abord le bien-fondé, puis la modernité des ordres professionnels et précisait quelle était à ses yeux, l'utilité économique et morale des géomètres-experts. Il insistait notamment sur la déontologie et le respect des règles de l'art.

On signalera aussi que la région de Bourgogne - Franche-Comté a réalisé une plaquette souvenir du Cinquantenaire relatant les événements sérieux et quelques anecdotes qui caractérisent les géomètres et les topographes, ainsi qu'une cassette vidéo, tournée auprès des cabinets locaux et qui présente les divers aspects du métier. Conçue et réalisée sur une simple trame musicale, elle constitue un outil pratique de vulgarisation de la profession, chacun pouvant selon les situations la compléter par ses propres commentaires.

o o o o o



L'exposition du matériel, livres anciens et ouvrages. Stand du Conseil Régional Bourgogne - Franche-Comté de l'OGE

A Deauville, les participants au Congrès national, ainsi que les visiteurs et personnalités, retrouvaient la transposition de l'exposition de Dijon.

Agréablement installée au centre de l'exposition de matériel, la région Bourgogne - Franche-Comté avait installé un «super-cyber-café» où badauds et professionnels pouvaient successivement :

- s'asseoir pour regarder le film sur les activités du géomètre-expert (24 mn),
- consulter les ouvrages anciens et se remémorer leurs souvenirs de débutants en contemplant les vieux appareils de terrain,
- s'initier à la consultation d'INTERNET, voire lancer et échanger des messages et assaillir de questions les

étudiants serveurs du système et les responsables de DIAL-INFORMATIQUE, autour d'un stand circulaire de présentation attrayante,

- puis honorer la mémoire du regretté Chanoine, artisan actif de la loi sur l'Ordre en 1946, en venant déguster un KIR avec les «permanents» de Bourgogne - Franche-Comté (cf un KIR authentique, s'il vous plaît).

La fréquentation de ce quadruple pôle d'intérêt ne se désemplit pas durant les trois jours (12, 13 et 14 juin) du Congrès de Deauville, apportant ainsi beaucoup de satisfaction à ceux qui avaient initié cette manifestation en deux temps liée au Cinquantenaire de l'Ordre. Ainsi Madame BELLYNCK-DOISY, représentant le Ministre de la Culture, M. DOUSTE-BLAZY, qui assure désormais la tutelle ministérielle de l'Ordre, s'arrêta longuement au stand et se passionna vivement pour la démonstration INTERNET en posant de multiples questions.

Les outils et les moyens se transformant, la profession évolue rapidement dans son savoir-faire, ses méthodes et ses champs d'activité, la formation elle-même se réorganisant pour suivre ou précéder les nouvelles données technologiques.

Il est de ce fait indispensable que des gens de bon sens et responsables, constamment respectueux d'une déontologie, puissent humaniser cette évolution et en garantir les équilibres.

A l'occasion du cinquantenaire ont été éditées :

- une plaquette du cinquantenaire, par la région Bourgogne - Franche-Comté (60 F)
- une cassette. Vaste panorama sur la profession. Par la région Bourgogne - Franche-Comté - 25 mn - 100 F
- une cassette, éditée par l'OGE «Champs d'action» sur «le géomètre expert» - 10 mn

D'autre part, le compte rendu du 33ème congrès de Deauville sur le thème «les nouvelles frontières du foncier», est paru dans la revue Géomètre n°7 de 1996.



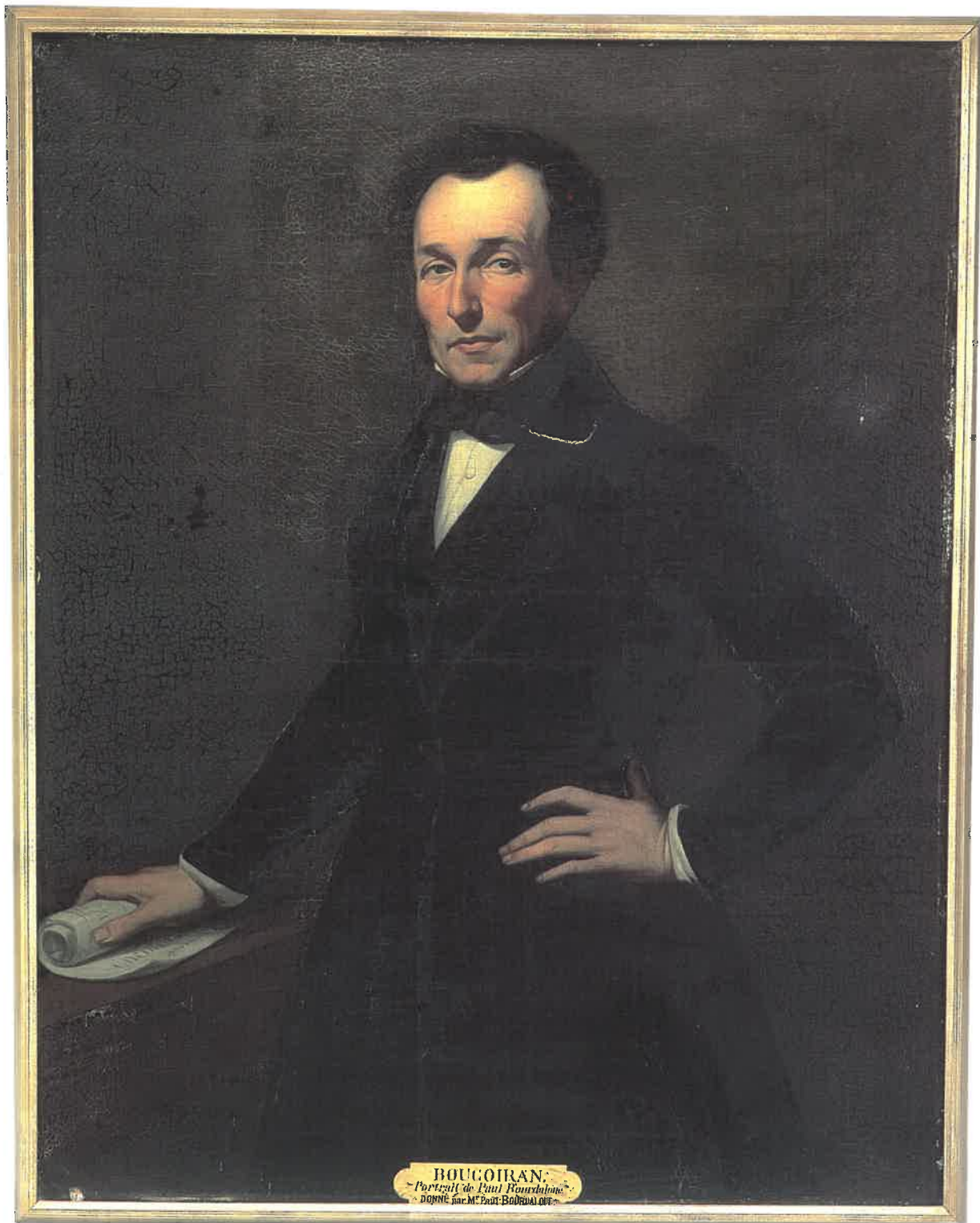
Ce plan de la Rome Antique du IVème siècle ap. JC est une maquette en bronze doré réalisée à l'échelle 1/400. Il est l'œuvre de Paul Bigot (1870-1942).

Propriété de l'Université de Paris-Sorbonne, il est resté inachevé et ne couvre que les quartiers du Champ de Mars et du Trastevere, soit 1/3 de la maquette du plâtre (expo de Deauville)

NB : les photos illustrant cet article ont été aimablement prêtées par le Conseil Régional Bourgogne - Franche-Comté de l'OGE

PAUL - ADRIEN BOURDALOUË

*Par Robert Vincent
Président honoraire de l'AFT*



*Au dos : portrait en buste
de Paul-Adrien Bourdalouë,
peint par Boucoiran
(Collection particulière) ;
photographie de Zoom Studio.
Bourges*



Paul-Adrien BOURDALOUË (1798 - 1868)

par Robert VINCENT
Président honoraire de l'Association Française de Topographie

Paul-Adrien BOURDALOUË est né le 15 nivose de l'an VI, soit le 4 janvier 1798 à Bourges, section d'Auron, au pied de la cathédrale Saint-Étienne édifée au point culminant de la ville, au 13^e siècle et dont on vient de célébrer le huitième centenaire, aujourd'hui classée au patrimoine mondial de l'humanité. Elle est bien en effet, l'une des plus belles de France avec sa quintuple nef ouvrant par cinq portails sur une façade occidentale magnifique.

Construite sur l'emplacement de l'antique Avaricum, Bourges connut son apogée lorsque Charles VII « le roi de Bourges » en fit au milieu du 15^e siècle, un centre économique et culturel important. Son fils Louis XI, né à Bourges en 1423, y fonda une célèbre université en 1463.

Plus modestement, les topographes d'aujourd'hui retiennent qu'un enfant du pays, Paul-Adrien Bourdalouë, parvint à la célébrité au 19^e siècle, pour avoir exécuté des travaux exemplaires de nivellement.

L'environnement familial

Son père, Jean-Joseph Bourdalouë, né à Bourges et baptisé le 1^{er} mars 1768, est le troisième des onze enfants de Nicolas Bourdalouë, marchand tanneur et corroyeur. Il se marie à Bourges le 7 frimaire an II (27 novembre 1793), avec Marie-Catherine-Adélaïde BOUTIN, fille de Jean BOUTIN, alors secrétaire-greffier au Tribunal criminel, et plus tard receveur de l'Enregistrement. Il est alors professeur de langue latine au collège de Bourges et de 1796 à 1800, il est professeur d'Histoire naturelle à l'École centrale du département du Cher à Bourges - établissement public pour le second degré d'instruction, institué à la Révolution dans chaque département - et qui devint plus tard le lycée.

Il fonde en l'an XII (1803-1804) un établissement particulier d'instruction, en son domicile, rue d'Auron n° 85. Il y enseigne les principes de : grammaire générale, langues latine et française, orthographe, premiers éléments de mathématiques, calcul décimal, géographie et histoire, éléments de botanique et de minéralogie, religion. L'établissement reçoit des pensionnaires, des demi-pensionnaires et des externes. Son épouse prodigue aux pensionnaires les mêmes soins, les mêmes attentions que pour ses propres enfants dit une notice sur l'établissement. En 1814, il est professeur au lycée de Bourges, plus tard collège royal.

Six enfants, tous nés à Bourges, sont issus de ce couple :

1 : Catherine-Émilie, née en 1795 (pas d'acte retrouvé), décédée sans alliance à Bourges le 14 juin 1858 ;

2 : Marie-Éléonore, née le 13 brumaire an V (3 novembre 1796), mariée à Bourges le 11 octobre 1824 avec Ferdinand ARNAUD, négociant né et demeurant à Nantes ;

3 : Paul-Adrien, dont nous allons relater la carrière ;

4 : Françoise-Adrienne, née le 7 ventose an VII (25 février 1799), décédée sans alliance à Bourges le 26 avril 1876 ;

5 : Paul-Joseph, né le 13 prairial an VIII (2 juin 1800), devient horloger, rue des Armuriers à Bourges, y épouse le 3 juin 1826 Marie-Anne CISSOIGNE et y meurt le 22 février 1864 ; ils eurent plusieurs enfants dont un seul garçon, Eugène Armand, né à Bourges le 26 avril 1830 ;

6 : François Jules, né le 14 novembre 1814, est Receveur de l'Enregistrement et des Domaines de Seignelay (Yonne) quand il épouse à Courson (Yonne) le 12 janvier 1842 Victorine Antoinette Léopoldine REGNAULDIN, dont il aura 3 filles. L'aînée, Camille-Berthe Bourdalouë, née à Courson le 4 juin 1843, se marie le 23 août 1860 à Paris, en l'église Saint-Paul - Saint-Louis. Nous y reviendrons.

Jean-Joseph Bourdalouë meurt à Bourges à 57 ans, le 31 juillet 1825. Il est alors membre de l'Académie de Bourges. Son épouse lui survivra jusqu'au 18 mars 1858.

Dans un tel environnement familial, le jeune Paul-Adrien a ainsi toute facilité pour faire de bonnes études.

En tant que simple aspirant-conducteur des Ponts-et-Chaussées, il est attaché en Août 1817 - il a 19 ans et demi - au Service du Canal du Berry.

Le Canal du Berry

Le réseau français des voies navigables est alors en plein essor - on ne soupçonne pas encore le futur développement du Chemin de fer - et chaque ville importante se doit d'être accessible par la voie d'eau.

C'est ainsi que pour desservir Bourges, qui se trouve à l'écart d'une grande rivière comme le Cher, le Canal du Berry est mis en chantier en 1811. Partant de Saint-Aignan-sur-Cher, il suit d'abord, en la remontant, la vallée du Cher, sur sa rive droite, sur 50 kilomètres environ jusqu'à Vierzon, puis emprunte sur 30 kilomètres la vallée de l'Yèvre sur sa rive gauche jusqu'à Bourges et celle de l'Auron sur 50 kilomètres par Dun-le-Roi, jusqu'à Bannegon où il atteint son sommet au bief de partage de la Fontblisse, et enfin par Sancoins et la vallée de l'Aubois, rejoint, après un parcours de 50 kilomètres, le Canal latéral à la Loire. Il permet aux

péniches d'aller de Nevers jusqu'en aval de Tours en évitant le cours même de la Loire et met aussi en connexion toute la région berrichonne avec le réseau des grands canaux qui assure la communication, par le Canal de Briare avec le bassin de la Seine, et par le Canal du centre de Digoin à Chalon, avec la Saône. De la Fontblisse, une deuxième branche du canal va retrouver la vallée du Cher à Saint-Amand - Mont Rond par une jonction de 20 kilomètres, traverse la rivière par un pont-canal, puis en remonte la vallée sur 45 kilomètres par la rive gauche, jusqu'à son terme Montluçon.

Le Canal du Berry, long de 250 kilomètres, avec 114 écluses et bien que de petit gabarit, dessert ainsi Bourges, préfecture du département du Cher, Saint-Amand, sous-préfecture, et Vierzon important chef-lieu de canton (aujourd'hui sous-préfecture), ainsi que Montluçon, sous-préfecture de l'Allier. Il doit favoriser le développement régional et son trafic annuel va atteindre 300 000 tonnes. Il passe aussi à proximité des mines de fer de Dun-le-Roi et de la magnifique forêt de Tronçais que Colbert avait fait planter de chênes quelque 150 ans auparavant, et va ainsi permettre de transporter directement par la voie d'eau leurs fûts remarquablement longs et rectilignes, jusqu'aux chantiers navals de Nantes.



Figure 1 : Carte du Berry avec le canal du Berry, la forêt de Tronçais,

Bourdalouë y est plus particulièrement chargé en 1818, de la construction des ponts sur le Cher de Magnette et de Vallon, à quinze et vingt-cinq kilomètres en aval de Montluçon, ainsi que des écluses voisines de Clavières et de la Métairie basse, puis de 1819 à 1821, de l'étude des terrains de la dérivation du Canal par les vallées de l'Yèvre et de l'Auron, et enfin en 1821 et 1822, des travaux de terrassement de la partie reliant Bourges à Vierzon.

Le canal est inauguré en 1822 pour la branche de Montluçon et en 1841 pour celle de Sancoins. Il restera en service jusqu'en 1955, date à laquelle, en raison d'un trafic devenu insuffisant, il sera déclassé.

De tous ces chantiers, Bourdalouë retient la nécessité de nivellements précis exécutés au niveau à lunette muni d'une nivelle à bulle d'air, instrument récent à l'époque, dont il acquiert la pratique et sans doute le goût. Il se convainc surtout de l'intérêt qu'il y aurait d'avoir un réseau de repères d'altitude, connus dans un système homogène et sur une certaine étendue. A n'en pas douter, ces premiers travaux de jeunesse déterminèrent sa vocation.

Paul-Adrien Bourdalouë épouse alors à Bourges, le 6 mai 1822, Marguerite Adélaïde Élisabeth MARTIN, née à Châtillon-sur-Indre, le 9 juillet 1799. Elle est la fille de Pierre François MARTIN, entrepreneur « des chauffages et convois militaires » à Bourges, et elle abrège d'ordinaire ses trois prénoms en Éliza. Ils n'eurent pas de postérité et cela explique certainement un aspect de leur vie.

Premier séjour hors du pays natal, à 24 ans

Sitôt marié, le jeune couple quitte Bourges. En effet, de Mai 1822 à 1825, Paul-Adrien Bourdalouë se trouve affecté comme aspirant-conducteur de travaux au service du département de la Drôme, plus spécialement chargé de la navigation sur le Rhône et sur l'Isère. Il construit le pont à sept arches sur l'Isère à La Roche-de-Glun, pour la route royale numéro 7 de Paris à Antibes.

Deux arches du pont ont été détruites lors des combats de 1944 puis réparées. Aujourd'hui, le pont est désaffecté et interdit à toute circulation. Il est remplacé par un pont moderne sur la commune voisine de Pont-de-l'Isère où la route nationale prend le nom d'avenue du 45^e parallèle, débouchant sur le pont par un monument marquant le passage de la ligne et que les touristes connaissent bien pour indiquer côté Nord : « Dauphiné - 45^e degré de latitude Nord - Ici commence le Midi ».

Le premier retour au pays

En 1825, Bourdalouë revient au pays pour l'étude de toutes les routes royales et départementales du Sud du département du Cher.

Il exécute de nombreux nivellements et travaux d'assèchement des marais d'Yèvre près de Bourges et de l'Auron près de Dun-le-Roi, plus au Sud.

A la fin du rigoureux hiver 1829-1830, lors de la débâcle des glaces, ses services sont requis pour la défense du pont sur le Cher, à Saint-Amand.

La pratique de tous les nivellements amène Bourdalouë à se pencher sur les méthodes et les instruments. Il utilise un niveau conçu par Pierre Marie Thomas ÉGAULT DES NOËS (1777-1839), de 20 ans son aîné, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Égault avait créé en 1806 un *niveau à nivelle fixe*, et institué, pour éliminer toutes les erreurs de réglage de son niveau, la *méthode du double retournement*. Bourdalouë ponctuera toute sa carrière d'innovations capitales.



Figure 2 : Le pont sur l'Isère à La Roche-de-Glun, construit par Bourdalouë. Situé juste avant le confluent avec le Rhône, le niveau de l'Isère est aujourd'hui artificiellement maintenu élevé par la retenue de la chute de Bourg-lès-Valence aménagée par la Compagnie Nationale du Rhône.

Les premiers nivellements de précision

En 1830, Bourdalouë quitte à nouveau son pays natal, pour le département du Gard cette fois. Il est affecté aux « Chemins de fer du Gard », compagnie qui venait d'être créée pour l'exploitation d'un transport commode du charbon des mines régionales. Il y recevra le titre d'Ingénieur-résident des Chemins de fer du Gard.

Dès son arrivée, il exécute un premier nivellement de précision, de 72 kilomètres entre Alais (orthographe d'époque) et Beaucaire. La fermeture aller-retour, de 2 centimètres, est très prometteuse. Ce brillant résultat est obtenu grâce à l'habileté de Bourdalouë, par un choix judicieux des meilleurs instruments existant à l'époque mais aussi par l'utilisation d'une mire de nivellement de son invention, la mire parlante.

La mire parlante

Bourdalouë invente la mire parlante en 1830, pour remplacer les mires coulissantes à voyants, longues à manœuvrer et cause d'erreurs et d'incertitudes : en effet, les mesures sont dorénavant ramenées dans la lunette de l'opérateur et deviennent de sa seule responsabilité au lieu d'être confiées aux porte-mires.

Bourdalouë adopte d'emblée les dimensions et divisions métriques. Cela peut aujourd'hui paraître aller de soi, mais il faut se rappeler que le système décimal métrique, paradoxalement assez malmené par des décrets napoléoniens de 1800 et 1812, fut long à s'imposer et ne fut rendu obligatoire qu'à partir du 1^{er} janvier 1840 par la loi du 4 juillet 1837.

Les mires sont de 4 mètres avec, sur la moitié de leur largeur, des plages de 2 centimètres rouges et blanches, alternativement à gauche ou à droite par tranche décimétrique, numérotée par une chiffresaison noire de 00 à 39 portée sur le côté libre

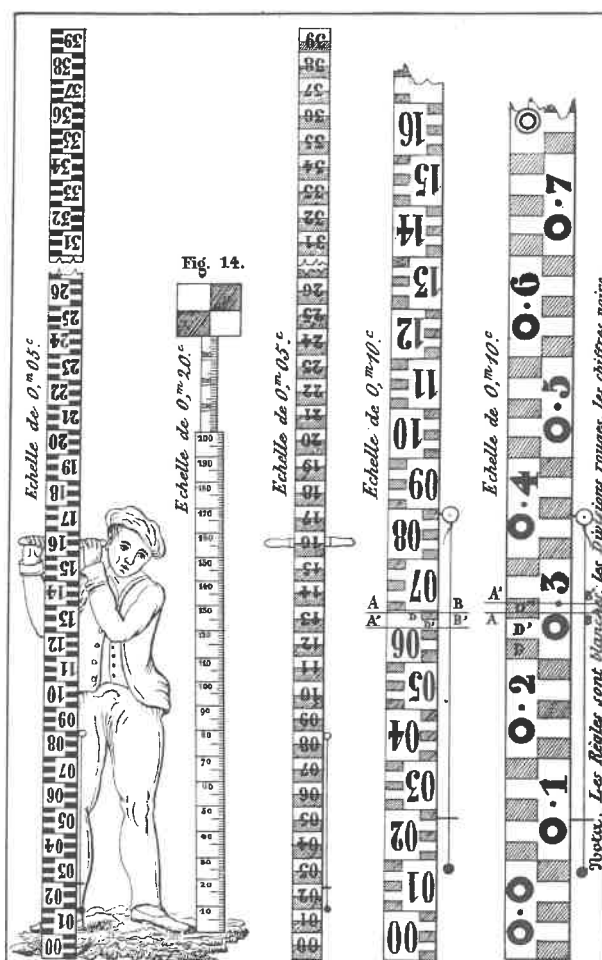


Figure 3 : Les premières mires parlantes.

de graduations. Les chiffres sont la tête en bas. La largeur est de 14 cm et un fil à plomb permet de s'assurer de la verticalité.

C'est en somme une disposition qui est restée très classique par la suite, avec toutefois plus tard, l'adoption de plages centimétriques rendue possible par un plus fort grossissement de la lunette du niveau.

La construction des chemins de fer et des canaux du midi

Pendant deux ans, il mènera les études nécessaires pour la construction des premiers chemins de fer : Alais - La Grand-Combe et Anduze - Saint-Jean-du-Gard.

De 1832 à 1846, Bourdalouë est employé au service du canal de Beaucaire, puis des chemins de fer du Midi. Il procède au nivellement :

- des voies de La Grand-Combe à Alais ouverte en 1836 et de Montpellier à Nîmes (orthographe d'époque),

- des canaux de Beaucaire et de Bouc,

- des voies des chemins de fer de Marseille à Beaucaire en 1843, avec un écart de fermeture de 10 cm pour 90 km, prolongé jusqu'à Avignon, puis de Marseille à Toulon, de Lyon à Avignon en 1846.

En 1843, il visite les nouveaux chemins de fer en Angleterre, en Irlande et en Belgique pour étudier l'exploitation des voies ferrées et, en 1846, il effectue des études pour canaux et chemins de fer en Afrique.

Le plan automoteur à double effet des mines de La Grand-Combe

En 1844, Bourdalouë invente et construit un dispositif pour la descente du charbon depuis les mines de Champclauzon jusque dans la vallée du Gardon d'Alais à La Grand-Combe [3]. Profitant de la dénivellation de 200 mètres, il imagine de récupérer l'énergie mécanique des wagons qui descendent chargés, pour faire remonter le même nombre de wagons à vide.

Compte tenu de la topographie des lieux, après avoir exécuté un lever du site à l'échelle de 1/2000 en courbes de niveaux, il aménage un chemin de fer et un « plan automoteur à double effet » :

- Un plan incliné inférieur, avec une pente de 30 % et 150 mètres de dénivellation, part de la voie ferrée d'Alais située dans la vallée, et monte jusqu'à un palier intermédiaire, ayant une altitude inférieure à celle de la mine, de telle sorte qu'une voie ferrée de 1500 mètres de longueur avec une pente de 3,5 %, tracée à flanc de versant depuis le carreau de la mine jusqu'à ce palier, permette d'acheminer par simple gravité, les rames de wagons chargés de charbon. Ce plan incliné est équipé de deux voies, l'une pour les rames chargées descendantes, l'autre pour les rames vides montantes.

- Un plan incliné supérieur, avec une pente de 40 % et 75 mètres de dénivellation, part du palier intermédiaire et atteint un niveau supérieur à celui de la mine, de telle sorte que de là, une autre voie de 1200 mètres de longueur avec une pente de 2 %, tracée à flanc de versant, permette d'acheminer par simple gravité, les rames vides jusqu'au carreau de la mine. Ce plan incliné ne comporte qu'une seule voie pour les rames vides montantes.

Par un jeu de câbles et de poulies et sans apport d'énergie extérieure - c'est tout le génie du projet -, trois rames de wagons se mettent en mouvement simultanément sur les plans inclinés : la descente d'une rame de wagons chargés sur le plan incliné inférieur, suffit en recueillant son « travail », au sens physique du terme (ici produit de son poids par la dénivellation), à assurer à la fois les remontées d'une première rame vide sur ce même plan incliné inférieur et d'une deuxième rame vide sur le plan incliné supérieur.

Comme il en avait l'habitude en présentant une réalisation, toujours pleine de sens pratique, Bourdalouë accompagne le dessin topographique en plan et en profil, à l'échelle de 1/2000, d'une étude économique, comptée en journées de chevaux, en heures de manœuvres et finalement en francs épargnés.

Bourdalouë est récompensé par une Médaille d'Or à l'Exposition nationale de 1849 et son invention est présentée à l'Exposition universelle de Londres en 1851.

Lors des troubles aux mines de La Grand-Combe en 1848, Bourdalouë, grâce à ses qualités humaines et à son contact avec le monde ouvrier, est envoyé pour ramener le calme.

Les premières notices sur le nivellement

Certes, Bourdalouë n'est pas le premier à écrire un traité sur le nivellement. Il convient de rappeler d'abord que chronologiquement, l'abbé Jean Picard (1620-1682), dont le nom est resté attaché à la mesure de l'arc de méridien entre Sourdon (près d'Amiens) et Malvoisine (près de la Ferté-Alais), avait été l'auteur d'un « Traité du nivellement » publié deux ans après sa mort, par les soins de son fidèle La Hire en 1684 [N1], puis qu'un traité de Bullet fut publié en 1689 [N2] et ensuite que le capitaine de Lespinasse, du Corps Royal d'Artillerie, fit paraître un « Traité sur la théorie et la pratique du nivellement » en 1768 [N3]. On peut citer encore un traité de Fabre en 1809 [N4] et un autre de Busson-Descars à Parme en 1813 [N5].

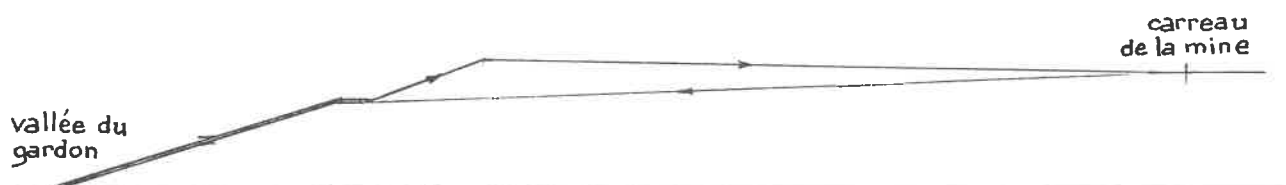


Figure 4 : Schéma du plan automoteur à double effet de Champclauzon.

Une première note sous le titre « Amélioration du niveau-cercle Égault et construction de nouvelles mires », est écrite - manuscrite - en 1844, par M. Bourdalouë, Ingénieur-résident des Chemins de fer du Gard, Conducteur des Ponts et Chaussées [1].

Bourdalouë publie ce texte le 25 Novembre 1844 sous le titre : « *Notice sur le Nivellement* » [2], en fait le premier du genre où les critères de précision et de rapidité sont mis en valeur : double retournement de la lunette, mire parlante. C'est la synthèse de 28 années d'expérience déjà.

Le niveau-cercle Égault, amélioré par Bourdalouë

Le tirage de ce document ayant été vite épuisé et de nouvelles améliorations ayant été apportées, Bourdalouë publie alors à Valence, le 7 Mars 1847, une « *Nouvelle notice sur les Nivellements* » [4] à la fin de laquelle sont consignés les résultats des nivellements des Chemins de fer du Midi, du canal de Beaucaire et des tracés et nivellements de Lyon à Avignon. (N.B. : avant 1850, les substantifs et adjectifs se terminant en « ment » et en « ant » perdaient leur finale « t » au pluriel . Exemple : des savans) :

Les grands nivellements qui nous ont été confiés depuis trente ans, pour études de canaux, routes, chemins de fer, dessèchemens de marais, nous ont mis à même de pouvoir créer, améliorer et simplifier les instrumens, afin d'économiser le temps et diminuer, par conséquent, les frais énormes que les grandes opérations entraînent, éviter surtout les erreurs, et obtenir en trois ou quatre fois moins de temps une plus grande précision.

Par les épreuves répétées depuis plus de quinze ans sur les grandes lignes, on peut assurer qu'au moyen de nos niveaux, mires et méthodes d'opérer, les opérations coûtent trois fois moins, et pré-

sentent bien certainement, pour la France entière, une économie annuelle de plus de 100 000 francs, soit environ 1000 francs par département.

Pour atteindre notre but, nous avons d'abord cherché à reconnaître quel était le niveau le plus prompt, le plus sûr, le moins sujet à se déranger. De l'avis même de M. Égault, c'est le niveau-cercle exécuté sur ses indications par Lenoir, opticien à Paris.

C'est donc celui que nous avons choisi et amélioré :

- 1°) en quadruplant la portée de sa lunette ;
- 2°) en augmentant ses dimensions ;
- 3°) en fixant plus convenablement la bulle sur sa règle, où elle peut être rectifiée très facilement ;
- 4°) en y ajoutant une fourchette, qui, donnant sur les collets de la lunette toujours la même position à la bulle, permet de faire plus promptement les divers réglemens de l'instrument ;
- 5°) en mettant à l'oculaire un pignon qui permet de faire jouer la lunette très promptement et exactement, suivant les besoins et distances des points observés ;
- 6°) en mettant, pour marquer le retournement de la lunette et de la bulle, de gros chiffres 1 1 et 2 2 qui, devant toujours se raccorder, évitent, par ce moyen bien simple, les erreurs qui avaient lieu si souvent dans le retournement de l'instrument ;
- 7°) en supprimant une des trois vis de pointage, qui est remplacée par un ressort, dont l'action constante ne laisse plus que deux vis placées sous la main de l'opérateur, qui se manœuvrent ainsi plus promptement et plus facilement ;
- 8°) en faisant des pieds plus élevés, plus rigides, plus fortement charpentés, pour éviter les oscillations.

Avec ces nouveaux instrumens, les rectifications sont rares, et des cotes qui n'étaient lues qu'à 120 mètres, peuvent aujourd'hui être prises jusqu'à 500 mètres, et même 700, lorsqu'il n'y a pas de soleil.

Pour les grands nivellements, les mires parlantes ont des divisions de 4 cm. Les plages de 5 de ces divisions, de 20 cm donc, ne sont chiffrées que pour un décimètre. De la sorte, au lieu de prendre la moyenne des lectures lors du double retournement de la lunette et de la nivelle, il suffit d'en faire la somme.

Dans sa conclusion, Bourdalouë écrit : *Malheureusement, aucun de ces nivellements ne se rapporte au même zéro de la basse mer ... Combien ne doit-on pas regretter que des frais trop élevés aient empêché jusqu'à ce jour d'établir sur toute la France des repères parfaitement vérifiés, et rapportés à la même basse mer, au même zéro ! ... Mais aujourd'hui que ce travail peut être fait si lestement, avec tant de précision, il est à espérer que bientôt nous aurons des tables de repères pour la France entière.*

On remarque que dans ce texte, Bourdalouë envisage, à l'instar des hydrographes, de fixer le zéro au niveau des basses mers et non au niveau moyen.

Quelques mois plus tard, il est appelé en Égypte pour une mission importante.

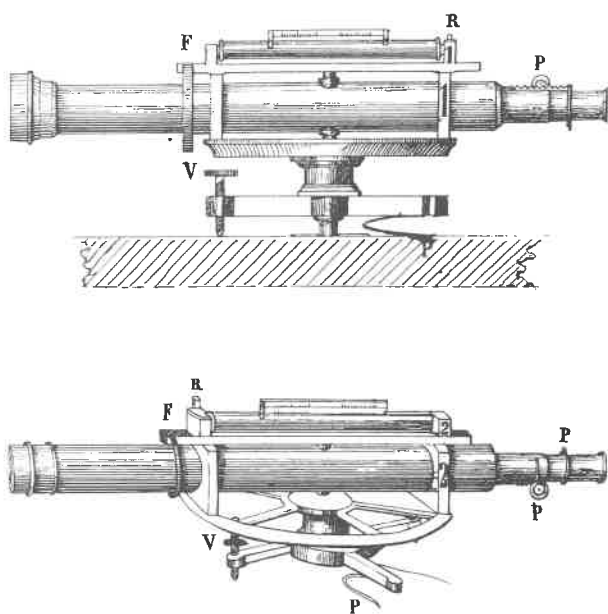


Figure 5 : le niveau-cercle d'Égault, amélioré par Bourdalouë et exécuté par Lenoir.

Étude de l'isthme de Suez

L'expédition d'Égypte de Bonaparte avait été l'occasion de l'envoi en mai 1798, d'un corps de savants souvent illustres qui ont fondé l'égyptologie moderne. La retombée la plus célèbre, à juste titre, fut le déchiffrement des hiéroglyphes par

Jean-François Champollion. Mais il faut bien reconnaître que, parmi les très nombreux et remarquables levés topographiques exécutés par les cartographes de l'expédition, un au moins laissa à désirer : le nivellement de l'isthme de Suez entre la mer Rouge en cette ville et la mer Méditerranée.

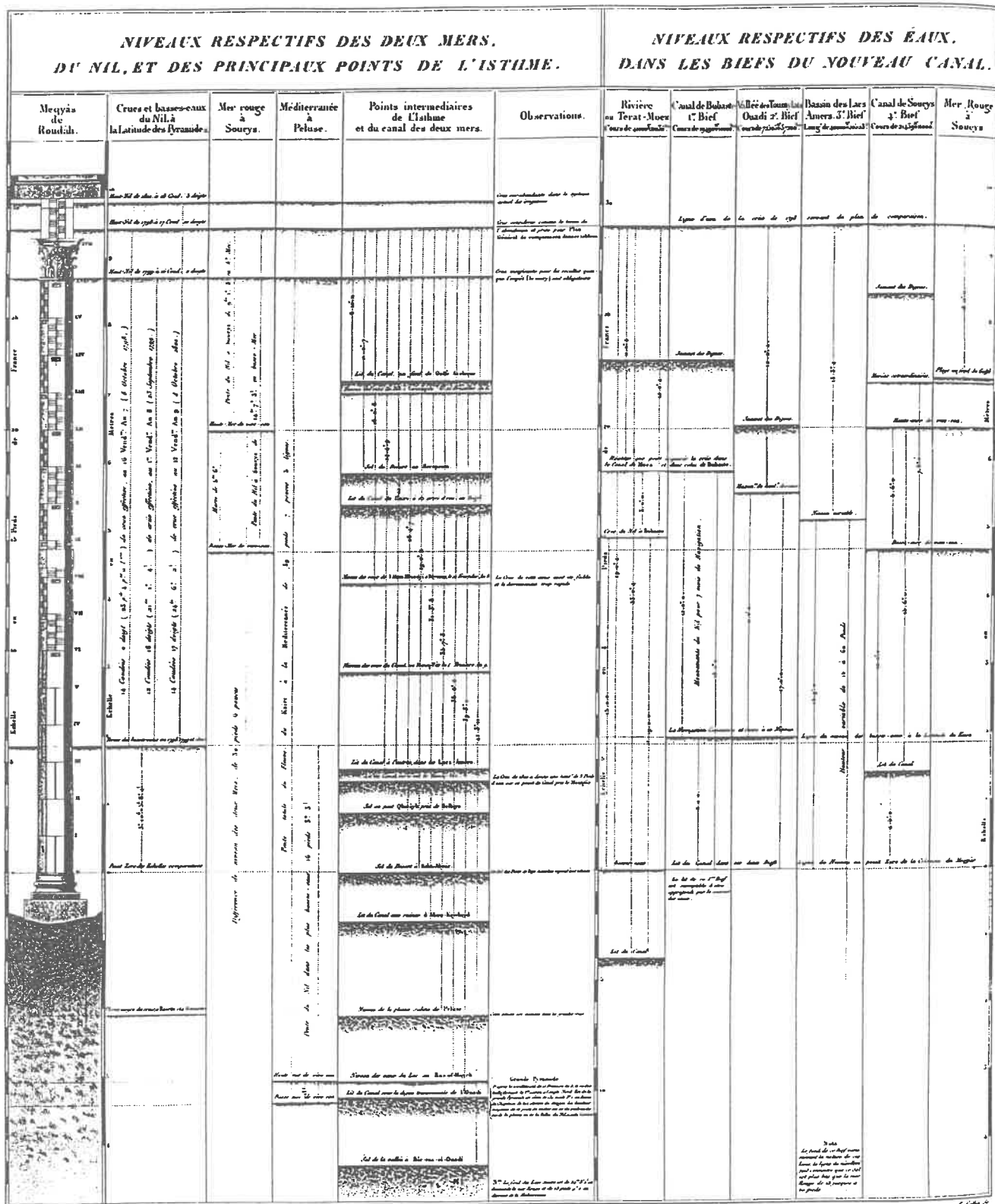


Figure 6 : Résultat du nivellement de l'expédition d'Égypte de 1799-1800 : Par rapport au niveau de la basse mer de vive eau en Méditerranée à Peluse, la haute mer en ce lieu est à 13 pouces, soit 35 cm plus haut, et le niveau de la mer Rouge à Suez est de 25 pieds pour la basse mer, soit 8,12 m, et de 5 pieds et demi plus haut pour la haute mer, soit 9,91 m.

La dénivelée trouvée alors, de 8 à 9 mètres, a longtemps obéré toute velléité de percement par un canal maritime sans écluse. Il est vrai que les opérations avaient été faites avec des instruments très médiocres, un simple niveau d'eau, des mires à coulisse en toises, pieds, pouces, lignes, dans la hâte (seize kilomètres par jour !), interrompues plusieurs fois par les hostilités, si bien que Kléber, général en chef de l'expédition après le retour de Bonaparte en France en Août 1799, et qui devait être assassiné au Caire quelques mois après, le 14 juin 1800, informé des attaques des avant-postes à El Arich (Sinaï) par l'armée du Grand Vizir, avait donné l'ordre de rappeler les ingénieurs.

Pour lever le doute qui pesait sur ce résultat, une étude approfondie de l'isthme est décidée. Une mission est envoyée sur place en Août 1847, sous la direction de Paulin Talabot, un des grands ingénieurs du siècle. Ayant apprécié Bourdalouë pour l'avoir eu sous ses ordres dans le Gard, il lui confie la responsabilité de la brigade topographique.

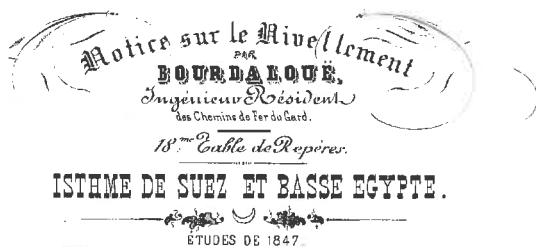


Figure 7 : Une brigade de nivellement en Égypte en 1847.

La brigade bénéficie d'un climat d'amitié et d'une logistique imposante : deux compagnies du Génie, une brigade de bédouins, 80 dromadaires et 32 tentes. Bien entendu, Bourdalouë fait merveille. Les opérateurs ont été choisis parmi les employés les plus exercés des Chemins de fer du Midi. Les instruments perfectionnés sont présents en grand nombre. Tous les nivellements sont observés quatre fois au moins et sont contrôlés par des nivellements de « grande vérification » à très grande portée. De plus, des nivellements relient Le Caire à Suez et au Lac Timsah. Les calculs sont faits au



Figure 8 : Tracé topographique des principaux nivellements de 1847, en Égypte.

bureau central établi au lac Timsah. Tout au long du parcours, des points de repères naturels sont répertoriés et nivelés « pour rendre toutes vérifications promptes et les opérations postérieures faciles à rattacher entre elles ».

Douze mille points d'altitudes sont levés et consignés dans 54 registres. Une carte des itinéraires de l'isthme de Suez et de basse Égypte est établie à l'échelle de 1/20 000 en 18 feuilles de format grand aigle [5].

Les résultats sont consignés dans une Notice sur le nivellement, relative au études de 1847 de l'isthme de Suez et basse Égypte, comportant une table de repères et un parallèle entre le nivellement de 1799 et celui de 1847 [6].

Une différence minime de 80 centimètres au maximum, est trouvée entre les niveaux moyens des deux mers, la mer Rouge à Suez étant un peu plus élevée que la mer Méditerranée devant l'ancienne Péluse, à l'embouchure du bras oriental du delta du Nil. On connaît la suite : la Compagnie Universelle du Canal de Suez est créée, et Ferdinand de Lesseps peut lancer les travaux de percement.

En 1850, Bourdalouë présente ses travaux de nivellement d'Égypte à l'Académie des Sciences.

Il est fait Chevalier de la Légion d'Honneur en 1852. Il est élu conseiller municipal de Bourges et conseiller d'arrondissement.

DÉSIGNATION DES LIGNES ET REPÈRES.		ALTITUDES rapportées à la Méditerranée.
LIGNE DES DEUX MERS.		
<i>Nivellement de la Méditerranée au point A de la base de triangulation, lac Tensah.</i>		
MM. JALABERT et GABOLDS (opérateurs).		
Mer Méditerranée. — Basse mer du 8 décembre 1847.....		0 ^m 00
— Pleine mer <i>id. id.</i>		0 38
Pyramide } des ingénieurs allemands, dessus de la pierre de taille qui couronne R. N° III } cette pyramide.....		1 74
Repère. Sur le socle en granit de la porte du fort, des ruines de Faramah ou Pelusium (porte de la mer).....		5 55
R. A. Niveau du point culminant d'un bloc de granit en saillie de 0 ^m 70 au-dessus des ruines de Pelusium, à 350 ^m environ au Sud de la porte du fort.....		5 03
R. B. Sur la clé de la voûte du puits de Bir-Déouitdar (côté Sud).....		4 45
R. C. Dessus d'une pièce de bois à la naissance de la voûte du puits de Bir-Déouitdar (côté Sud).....		2 62
R. Sur le tronc en pente d'un arbre connu sous le nom de bargath, au Nord des dattiers qui entourent le puits de Bir-Bourdje.....		4 10
R. 11. Sur l'appui d'une croisée d'une masure en ruines (ancien poste de Bir-el-Faouar, point de jonction avec le nivellement de MM. Petit et Delhom.....		12 74
Sol du lac Tensah.....		— 5 00
R. Sur un piquet point A de la base de triangulation du lac Tensah. Point de départ du nivellement se dirigeant sur Suez.....		7 43
Puits. Ligne des eaux des puits de la Méditerranée au lac Tensah.....		0 70
<i>Nivellement du point A de la base de triangulation du lac Tensah au point trigonométrique n° 31 sur le bord du bassin de l'Isthme.</i>		
MM. PETIT et DELHOM (opérateurs)		
R. Sur le piquet point A de la base de triangulation au lac Tensah....		7 43
R. 63. Sur une pierre de granit aux ruines de Sérapéum, (près le P. T. N° 6.).....		16 23
Sol du bassin des lacs amers ou de l'Isthme.....		— 8 00
R. Sur le piquet au point trigonométrique N° 31, point de départ de la continuation sur Suez.....		2 73
<i>Nivellement du point trigonométrique n° 31, à Suez.</i>		
MM. BOURDALOUE et FAUMONT.		
Repère. Point trigonométrique n° 31.....		2 ^m 73
R. Sur un gros bloc de concretion sablonneuse se trouvant le plus rapproché du contour Nord-Est de la berge, sur des bassins de l'Isthme, à 40 ^m Nord-Est du point T. n° 30.....		2 11
R. E. Au monument persepolitain, sur un cube de grès du Caire, au Sud des fouilles.....		11 37
R. I. Sur un gros bloc de pierre à 60 ^m au Nord-Est du point T. n° 43....		5 12
R. J. Sur une grosse pierre sortant du sable dans la direction de la ligne trigonométrique (44 et 47).....		1 08
R. D. Dessus du couronnement du quai de l'hôtel de Suez, à l'angle formé par le mur Ouest de l'escalier descendant à la mer.....		2 61
La plus basse mer donnée par les officiers de la marine anglaise....		— 0 56
La plus basse mer à Suez. — Cette basse mer n'est observée que très-rarement. Elle nous a été donnée par le chef du port.....		— 0 63
La plus haute mer à Suez.....		2 27
Pleine mer à Suez, observée le 25 novembre 1847.....		1 96
Basse mer, <i>Idem.</i>		0 03
LIGNE DE SUEZ AU CAIRE.		
<i>Nivellement ARNAUD et ENFANTIN.</i>		
R. D. Dessus du couronnement du quai de l'hôtel de Suez, à l'angle formé par le mur Ouest de l'escalier descendant à la mer.....		2 61
R. C. Dessus du socle de l'hôtel de Suez, à l'angle Nord-Est.....		2 66
R. B. Sur la pierre d'un couronnement du mur du quai côté Nord du petit escalier descendant à la mer, près le pavillon du surveillant du port de Suez.....		2 32
R. A. Sur la première marche de l'escalier Ouest de la mosquée el-Moazzet, contre le mur.....		2 83
R. X. Sur la pierre du milieu de la porte de ville de Suez servant d'arrêt aux deux vantaux.....		3 02
R. F. Sur le seuil en bois, côté gauche en entrant au Cheik-el-Arbain....		7 02
R. G. Sur le seuil de la petite porte ronde du puits de Suez, près la tour du puits.....		23 54

Figure 9 : Résultats du Nivellement de 1847, de l'isthme de Suez. Les altitudes sont rapportées au niveau de la basse mer en Méditerranée.

Le Nivellement général du Département du Cher

Le dépôt de la Guerre publiait feuille par feuille depuis quelque temps déjà, la nouvelle carte de France à l'échelle de 1/80 000, levée par le corps des officiers de l'État-major. La feuille de Bourges, n° 122, paraît en 1846. La rareté des cotes d'altitude, leur détermination par angles zénithaux et la représentation du relief par des hachures, ont peut-être provoqué chez Bourdaloue un sentiment de frustration, lui qui avait saisi par ses travaux passés toute l'importance d'une bonne et précise représentation de l'altimétrie en cartographie pour les besoins des travaux de génie civil. Mais après tout, la nouvelle carte était faite par des militaires, pour des besoins essentiellement militaires.

Est-ce en réaction ?, toujours est-il que de 1850 à 1854, Bourdaloue réalise à ses frais, le nivellement du département du Cher.

Ce travail nécessite 5 ans d'études, 10 000 journées d'opérateurs, de lecteurs, de porte-mires et de manœuvres, qui remplissent 125 volumes minutes. 8 000 points d'altitude sont mesurés. Les lignes de nivellement sont réparties en 1^{re} et 2^e classe et, entre les mailles, des points de cotes sont levés. L'ensemble est présenté le 15 Juillet 1854.

Le nivellement du département du Cher est rapporté à l'altitude du repère de l'État-major de la cathédrale de Bourges, matérialisé par la base d'un triangle tracé à 3 mètres environ au-dessus du dallage, sur la face verticale Est du pilier intérieur Sud-est de la tour Nord, point de 1^{er} ordre de la nouvelle méridienne de France. Cette altitude a été déterminée par les dénivelées calculées à partir des angles zénithaux des côtés de la chaîne entre Dunkerque et Perpignan. Le triangle est assorti de la date 1818. Son altitude, donnée par l'État-major, est 159,360.

Les résultats sont consignés dans quatre volumes de textes et de tables et dans un atlas. L'édition est tirée en 300 exemplaires [9] :

— un premier volume en date du 30 mars 1851, répertorie les altitudes sur les routes formant les grandes lignes du nivellement de ceinture du département et sur six routes rayonnantes depuis Bourges, et décrit les instruments utilisés, ceux déjà décrits dans la notice de 1847 ;

1818



Figure 10 : Repère géodésique gravé par les officiers de l'État-major, daté en 1818, dans la cathédrale de Bourges.

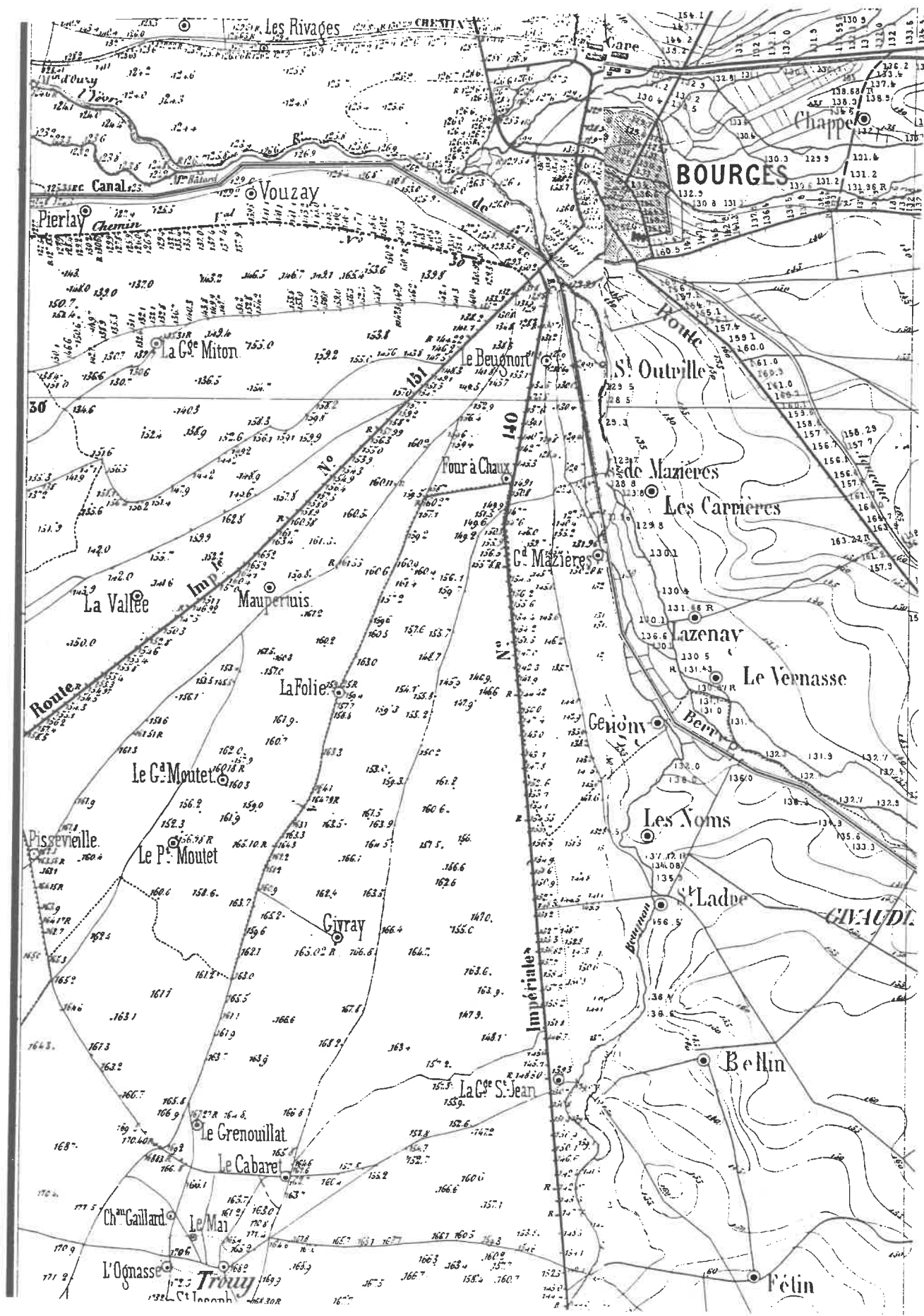


Figure 11 : Extrait de la planche de Bourges du nivellement du département du Cher (à l'échelle de 1/40 000), correspondant au quart nord-est de la feuille de la Carte d'État-major n° 122 : le bord de feuille est le méridien de Paris. La partie droite est présentée en courbes de niveau.

— un deuxième volume en Juin 1852, comprend les nivellements des routes nationales du département et donne la description d'un nouvel appareil utilisé par Bourdalouë, le niveau Brunner (voir ci-dessous) ; de plus, il décrit les découvertes archéologiques faites à l'occasion des travaux de nivellement, et ajoute une notice sur les aqueducs et les murailles de la cité antique d'Avaricum, ainsi que quelques mots du Préfet du Cher sur le projet d'amener les eaux à Bourges (voir ci-dessous) ;

— un troisième volume en Octobre 1852, comprend les nivellements des routes départementales, reprend le texte du premier volume épuisé, et donne la description d'un nouveau niveau à bulle d'air qui restera connu sous le nom de niveau Bourdalouë (voir ci-dessous) ;

— un quatrième volume en Avril 1855, donne la description succincte d'un nouvel instrument, le pantosymètre (voir ci-dessous), et comprend les nivellements sur les chemins vicinaux et le long des cours d'eau ;

— un atlas de 21 feuilles format grand aigle, plus un tableau d'assemblage. Les planches sont à l'échelle de 1/40 000 et ont un format utile de 800 mm par 500 mm, soit 32 km par 20 km. Elles sont ainsi à l'échelle des levés alors tout récents, de la carte d'État-major (1840-1846 pour la feuille de Bourges) - qui sera publiée au 1/80 000 - exactement au découpage des quarts de feuilles de cette carte.

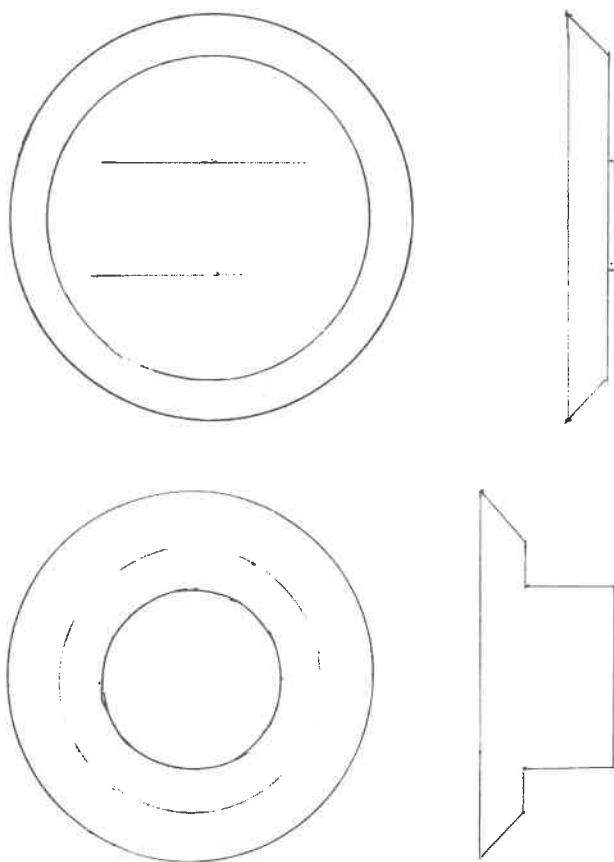


Figure 12 : Repère de nivellement du département du Cher et son indicateur (échelle 1/2).



Figure 13 : Un des repères posés à Bourges par Bourdalouë en 1850, toujours en place au pied du meneau du portail central de la cathédrale Saint-Étienne. Son altitude 156,347, portée par l'indicateur scellé au-dessus du repère, est directement déduite de l'altitude 159,360, du repère géodésique (tour nord de la cathédrale) de la méridienne de Paris du canevas de 1^{er} ordre de la carte d'État-major. Il est ainsi le repère fondamental du nivellement du département du Cher et de la ville de Bourges.

Les premiers repères de nivellement

De nombreux points de nivellement sont matérialisés pour la première fois, par des repères scellés, prototypes en quelque sorte des futurs repères Bourdalouë. Certains sont encore en place de nos jours.

Le repère proprement dit est un cylindre horizontal de 40 millimètres de diamètre, en saillie de 20 mm sur une platine de 80 mm de diamètre et de 10 mm d'épaisseur, portant l'inscription circulaire NIVELLEMENT G^L DE LA FRANCE. Le repère, scellé sur la face verticale d'une construction, est complété par un *indicateur* fixé au-dessus du repère, de 70 mm de diamètre et de 10 mm d'épaisseur, portant l'altitude en mètres et millimètres, en chiffres de 20 mm de hauteur.

Le niveau Brunner

Dans le deuxième volume de son « Nivellement général du département du Cher », paru en Octobre 1852 [9], Bourdalouë présente le niveau à bulle d'air qu'il a utilisé. Construit par Brunner, artiste adjoint du Bureau des longitudes, ce niveau fait l'objet d'une description par Brunner fils et de remarques par Breton de Champ. Ce niveau « à bulle et à lunette, pouvant servir de Niveau de pente ou de cercle » est utilisable pour lever des points de cote, hors de l'itinéraire du nivellement, pour peu que la pente soit faible. Il est une première réponse au souci de Bourdalouë de pouvoir décrire le relief du terrain à l'intérieur des mailles de nivellement.

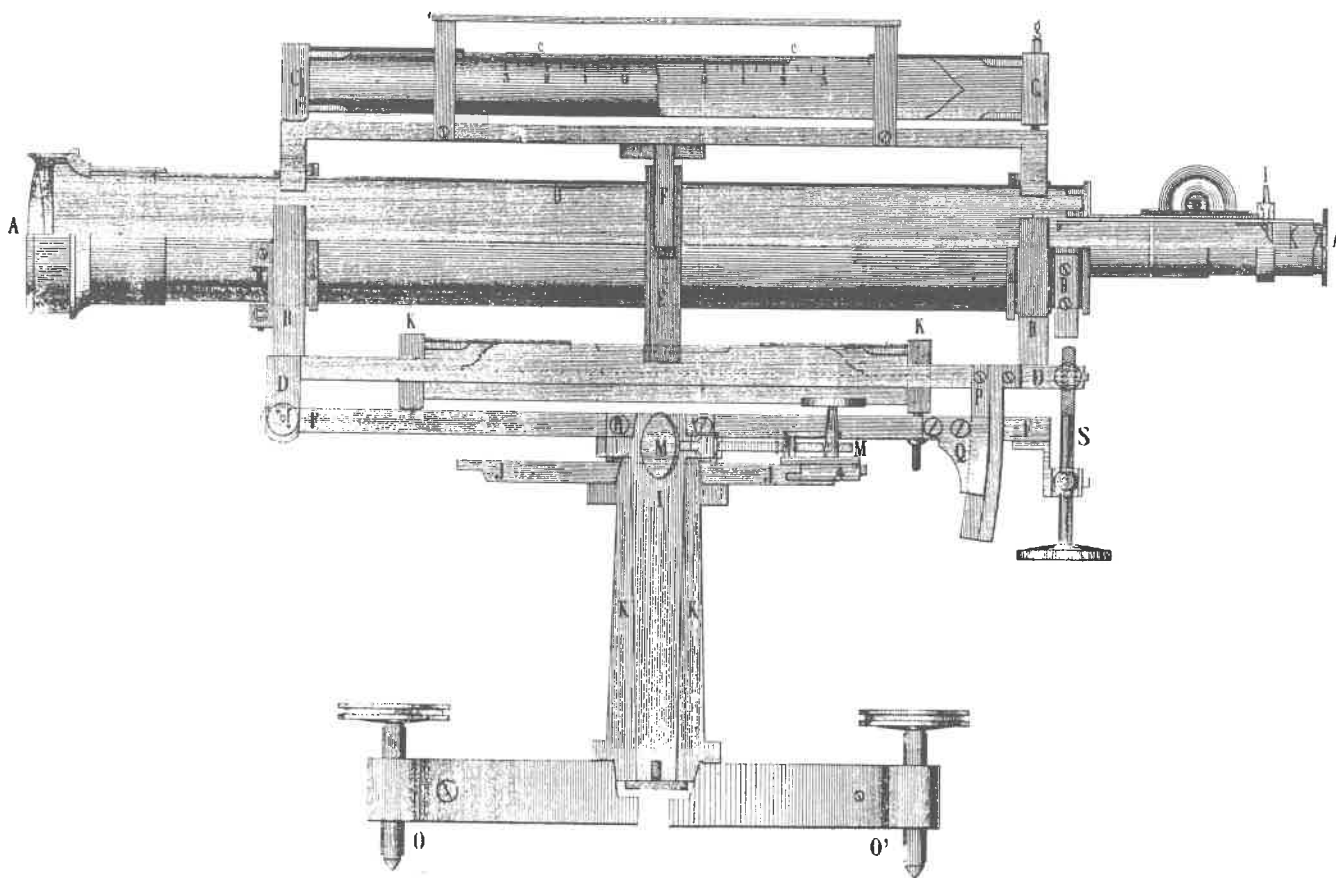


Figure 14 : Le niveau Brunner utilisé par Bourdalouë à partir de 1852.

Comme pour les niveaux de Ramsden, de Chézy et d'Égault, la lunette porte deux collets circulaires qui lui permettent de tourner sur elle-même ; mais ici, au contraire des niveaux cités, la nivelle repose sur les colliers de la lunette et non l'inverse, diminuant le risque d'interposition de poussière ou d'eau de pluie ;

Un cercle JJ permet de mesurer les angles horizontaux ;

Pour mesurer les pentes, une nivelle KK est fixée sur le plateau FF pour le rendre horizontal et la platine DD peut être inclinée par la vis S. Un arc de cercle P est divisé de 5 en 5 minutes et un vernier Q donne les 10 secondes.

Le niveau Bourdalouë

Dans le troisième volume de son « Nivellement général du département du Cher », paru en Octobre 1852 [9], Bourdalouë présente un nouveau niveau à bulle d'air, exécuté sur ses indications, par Gravet, successeur de Lenoir, opticien à Paris, 14 rue Cassette, instrument qui est resté connu sous le nom de « niveau Bourdalouë ».

Bourdalouë apporte encore quelques modifications essentielles au niveau d'Égault qu'il avait déjà amélioré en 1847, ainsi qu'aux méthodes, fruit de 35 ans de pratique.

Le mode opératoire consiste, pour une nivelée, à observer la mire dans deux positions de la lunette : retournement de l'alidade et de la lunette bout pour bout avec rotation de 180° suivant son axe. Pour cela, perfectionnement très goûté des opérateurs, de gros chiffres 1 et 2 sont gravés à la fois sur la lunette et sur les fourchettes, de telle sorte que pour toute mesure les paires de chiffres 1 et 1 ou 2 et 2 se trouvent en coïncidence, toujours côte à côte à l'endroit, côté oculaire, à gauche pour l'opérateur.

Le calage de la bulle de la nivelle se fait par les vis calantes. Pour ne pas changer la hauteur de l'instrument entre la visée arrière et la visée avant, il est nécessaire que l'axe principal soit rendu aussi vertical que possible avant le premier pointé. Le point faible est, comme pour tous les niveaux à nivelle fixe, le risque d'inégalité des colliers de la lunette qui se traduit par une visée en pente malgré le double retournement. Ce défaut ne peut être annulé que par l'égalité des portées arrière et avant.

La description en sera reprise par Bourdalouë lui-même dans la circulaire numéro 14 du Ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, datée de Bourges, le 25 Février 1862 [21].

Le Pantosymmètre

Dans le quatrième volume de son « Nivellement général du département du Cher » paru en Avril 1855 [9], Bourdalouë présente un nouvel instrument qu'il appelle d'un nouveau vocable : *Pantosymmètre*.

NIVEAU DIT BOURDALOUË.

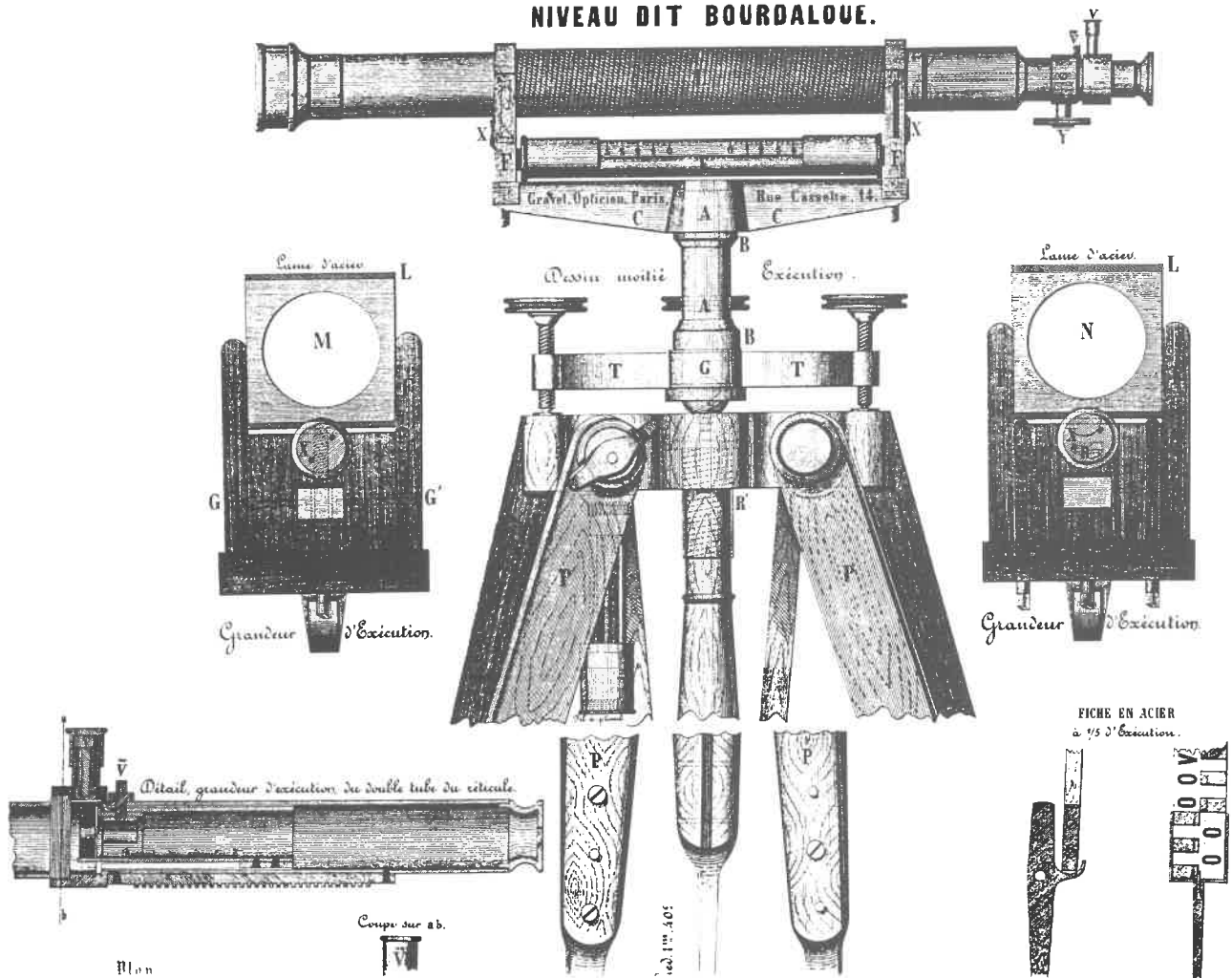
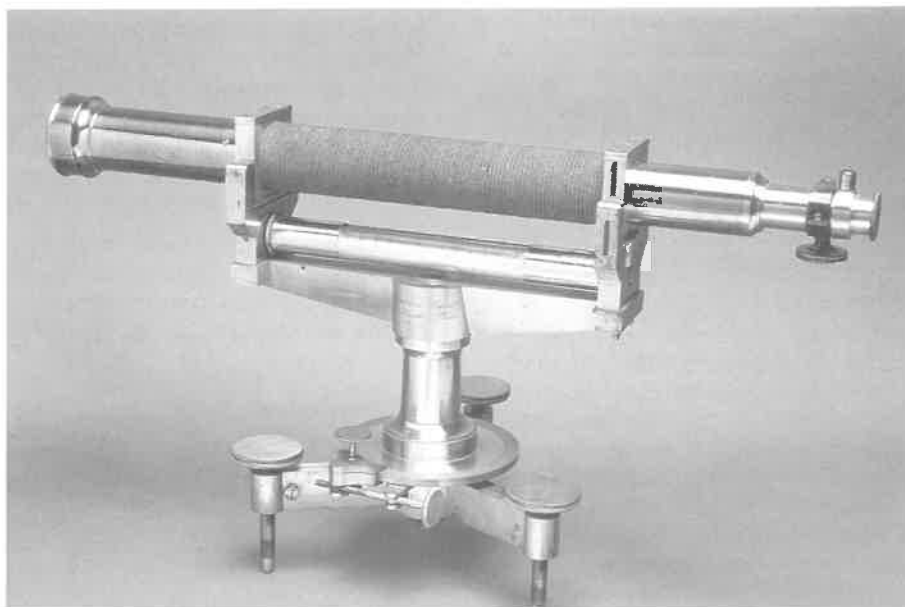


Figure 15 : Le niveau Bourdalouë (échelle 1/4 et, pour les détails, 1/2).

Un axe principal de rotation repose sur un support à trois vis calantes qui permettent de le rendre vertical. Cet axe porte une traverse horizontale — alidade — sur laquelle sont fixées :

- une nivelle dont la directrice peut, grâce à une vis de réglage, être rendue perpendiculaire à l'axe principal,
- deux fourchettes verticales, dont l'une est réglable en hauteur.

La lunette de visée, d'une longueur de 50 cm, est munie de deux colliers rigoureusement égaux par lesquels elle repose sur les deux fourchettes. La ligne de visée est réglable par une vis qui peut déplacer le réticule en hauteur. Le tube de la lunette est gainé entre les deux colliers afin d'éviter l'échauffement lors de la manipulation pour le retournement. La mise au point de l'oculaire est obtenue avec douceur par une crémaillère.



L'archéologue

En 1810, le général comte de Barral, alors Préfet du Cher, avait entrepris des recherches sur les vestiges de quatre aqueducs gaulois et romains qui fournissaient des eaux abondantes à Avaricum. Ces études avaient à l'époque, fait l'objet d'une notice restée manuscrite. En 1851, à l'occasion des travaux du nivellement du département du Cher, Bourdalouë découvre des restes de constructions gauloises et romaines et devient membre de la Commission historique du Cher. En 1852, le Préfet, Octave de Barral qui n'est autre que le fils du Préfet de 1810, décide alors de rendre publics les écrits de son père et souhaite promouvoir un projet moderne d'adduction d'eau pour la ville de Bourges [8]. Il crée une Commission d'une vingtaine de membres dans laquelle Bourdalouë trouve sa place, à côté du Maire M. Planchat et de quelques édiles et ingénieurs. Dans le deuxième volume de son « Nivellement général du département du Cher », paru en Octobre 1852 [9], Bourdalouë publie ces textes : Notices sur les aqueducs du Gros-Sourdun, de Menetou et d'Allogny et sur les anciennes murailles d'Avaricum. Pour la réalisation du projet d'amener et de distribuer les eaux à Bourges, un nivellement complémentaire sera exécuté en 1858 (voir ci-dessous).

Bourdaloù assure que son instrument, moins précis que celui de Porro, est en revanche plus rapide. Il juge qu'il *sera très utile pour les personnes qui voudront avoir simultanément la figure et les altitudes d'un polygone ne dépassant pas 800 à 900 hectares*. Ceci laisse penser que la portée pratique de l'instrument est de plusieurs centaines de mètres.

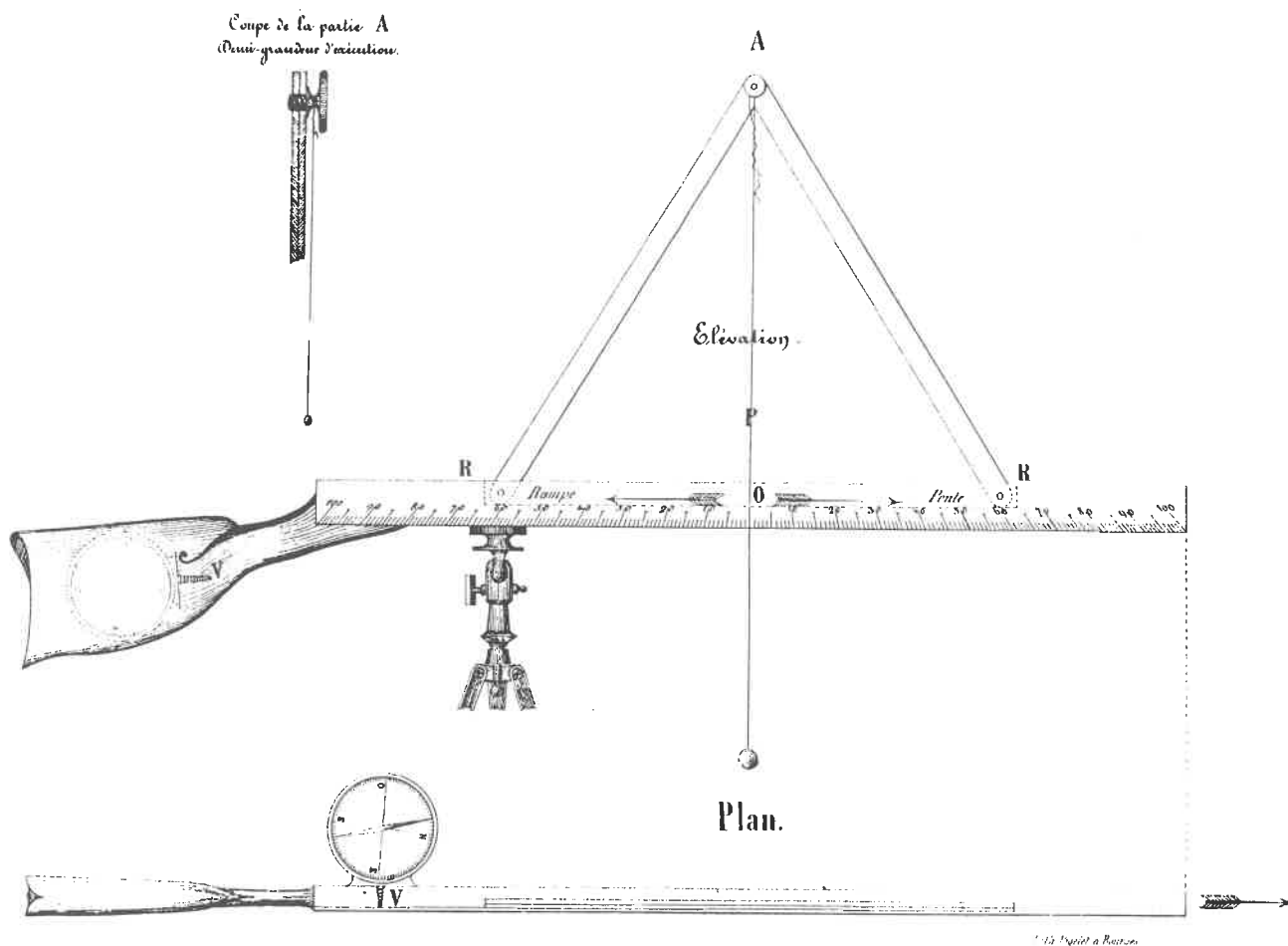


Figure 16 : Le premier pantosymmètre.

La mission du Mont-Cenis

En 1852, les chemins de fer sardes entreprennent la construction de la ligne de Culoz (sur le Rhône, alors frontière entre la France et le royaume de Sardaigne) à Turin par Aix-les-Bains, Chambéry, Saint-Jean de Maurienne, la traversée de la chaîne du Mont-Cenis et Suse. La ligne est ouverte en 1858 de Culoz à Saint-Jean.

La chaîne du Mont-Cenis est un obstacle considérable. Pour la traverser, Napoléon Ier avait fait construire en 1811, une belle route passant par le col du Mont-Cenis à plus de 2000 mètres d'altitude. En 1816, le baron de Prony en profita pour y faire un nivellement barométrique entre Suse en Piémont et Lans-le-Bourg en Maurienne, afin d'étudier de nouveaux moyens pour augmenter la précision des observations barométriques et il put en donner de nouvelles formules. Prony, (1755-1839), ingénieur des Ponts et Chaussées, avait été nommé en 1791, membre de la Commission du système métrique et chargé d'établir le cadastre général de la France. Il fit calculer dans ce but, de grandes tables de logarithmes à 19 décimales, pour les nombres et les fonctions trigonométriques dans la nouvelle division du cercle en 400 grades. Il fut élu à l'Académie des Sciences en 1795. Ses observations barométriques du Mont-Cenis ne pouvaient toutefois servir que pour une première approche.

La renommée de Bourdalouë est telle qu'il est appelé dès le début de la phase des études de la traversée ferroviaire, en 1852. Pour établir son projet, il lève un plan à l'échelle de 1/5000, en courbes de niveau à l'équidistance de 20 mètres, entre Lans-le-Bourg et Suse, appuyé sur un nivellement de précision entre les deux villes, par la route du col du Mont-Cenis. Ce plan est un chef-d'œuvre d'un format 490 par 82 cm. Un projet de tracé de voie ferrée passant par le col du Mont-Cenis est figuré en surcharge rouge sur le plan : il fait appel à une suite de plans inclinés présentant une pente de 10 %, avec des points de rebroussement et un certain nombre de tunnels. Côté Savoie la dénivelée n'est que de 680 mètres, mais côté Piémont, elle est de 1580 mètres [7].

Bourdalouë accompagne son projet par une étude des coûts, du mouvement annuel escompté de voyageurs et de marchandises, du temps de trajet estimé à 4 heures. Mais finalement ce projet, peu réaliste il faut bien en convenir, fut abandonné et il lui fut préféré un tunnel de grande longueur.

Le tunnel est néanmoins une entreprise ambitieuse. Il est le premier en date des grandes percées alpines et il est prévu d'emblée à double voie. Il fut placé à 25 kilomètres à l'ouest du col du Mont-Cenis, entre Fourneaux, près de Modane, et Bardonnèche, dans un site qui présente l'avantage d'offrir des altitudes comparables pour les deux extrémités. Grâce au nivellement de Bourdalouë par le col du Mont-Cenis, ces altitudes vont être commodément précisées : respectivement 1 202,82 et 1 335,38 mètres pour les fausses têtes du percement rectiligne de 12 220 mètres. Les galeries des deux côtés sont prévues en pente montante respec-

tivement de 22,2 et 0,5 mm par mètre, pour se rencontrer exactement au milieu à l'altitude 1 338,45.

Les travaux de percement commencent en 1857 et, avec les techniques de l'époque, il doivent durer au moins 25 ans ! Heureusement, l'ingénieur savoyard Germain Sommeiller (1815-1871), qui participe activement à la réalisation du réseau des chemins de fer sardes, invente en 1862 la perforatrice à air comprimé, ce qui permet de faire passer la vitesse d'avancement de 75 centimètres à plus de 2 mètres par jour pour chaque front de taille. Les travaux du tunnel ne dureront ainsi que 14 années. La jonction des deux galeries aura lieu le 26 décembre 1870 avec une précision remarquable pour l'époque, de 40 cm en planimétrie et 60 cm en altimétrie. La France et l'Italie seront ainsi reliées par le rail pour la première fois le 17 septembre 1871, l'année même de la mort de Sommeiller, et cinq mois avant la liaison Menton - Vintimille. Les villes de Chambéry et d'Annecy honorèrent Germain Sommeiller en donnant son nom à des rues menant à leur gare. L'étonnant est que le tunnel fut achevé avant la jonction de la voie ferrée dans la vallée de la Maurienne entre Saint-Jean et Modane, si bien que le train inaugural vint de Turin jusqu'à Modane puis repassa le tunnel dans l'autre sens ! Cet ouvrage est appelé tunnel du Fréjus, du nom de la Pointe du Fréjus (2934 m) à l'aplomb de laquelle il passe. Il est parfois appelé improprement tunnel du Mont-Cenis et est aujourd'hui doublé d'un tunnel routier, construit de 1980 à 1986.

À l'Exposition universelle de Paris en 1855

Bourdalouë prend une part de plus en plus active à la vie de sa ville natale. Conseiller municipal, premier adjoint au Maire en 1854, il est inspecteur du travail des enfants dans les fabriques de Bourges et est membre du comité départemental du Cher pour la première Exposition universelle de Paris, en 1855. Son « Nivellement général du département du Cher » va y être exposé dans un meuble - sorte d'imposante bibliothèque de 4,50 mètres de hauteur - spécialement conçu et aménagé à cet effet.

— la face principale présente le département du Cher d'un seul tenant à l'échelle de 1/40 000, par l'assemblage des 21 planches de l'atlas,

— la face opposée, fermée par deux portes vitrées, comporte :

- en partie haute, des rayonnages permettant le rangement des 150 volumes des minutes, des 4 volumes de texte, 7 de correspondance, 5 de quittances et d'un volume-journal,
- à hauteur des yeux, les différents niveaux d'Égault, de Brunner, de Bourdalouë et le pantosymètre utilisés,
- en partie basse, l'atlas des 21 planches du département du Cher, et ceux des travaux de 1844 sur les plans inclinés automoteurs de Champclauzon, de 1847 sur l'isthme de Suez, et de 1852 sur le Mont-Cenis.

— la tranche est ornée d'une mire de nivellement,

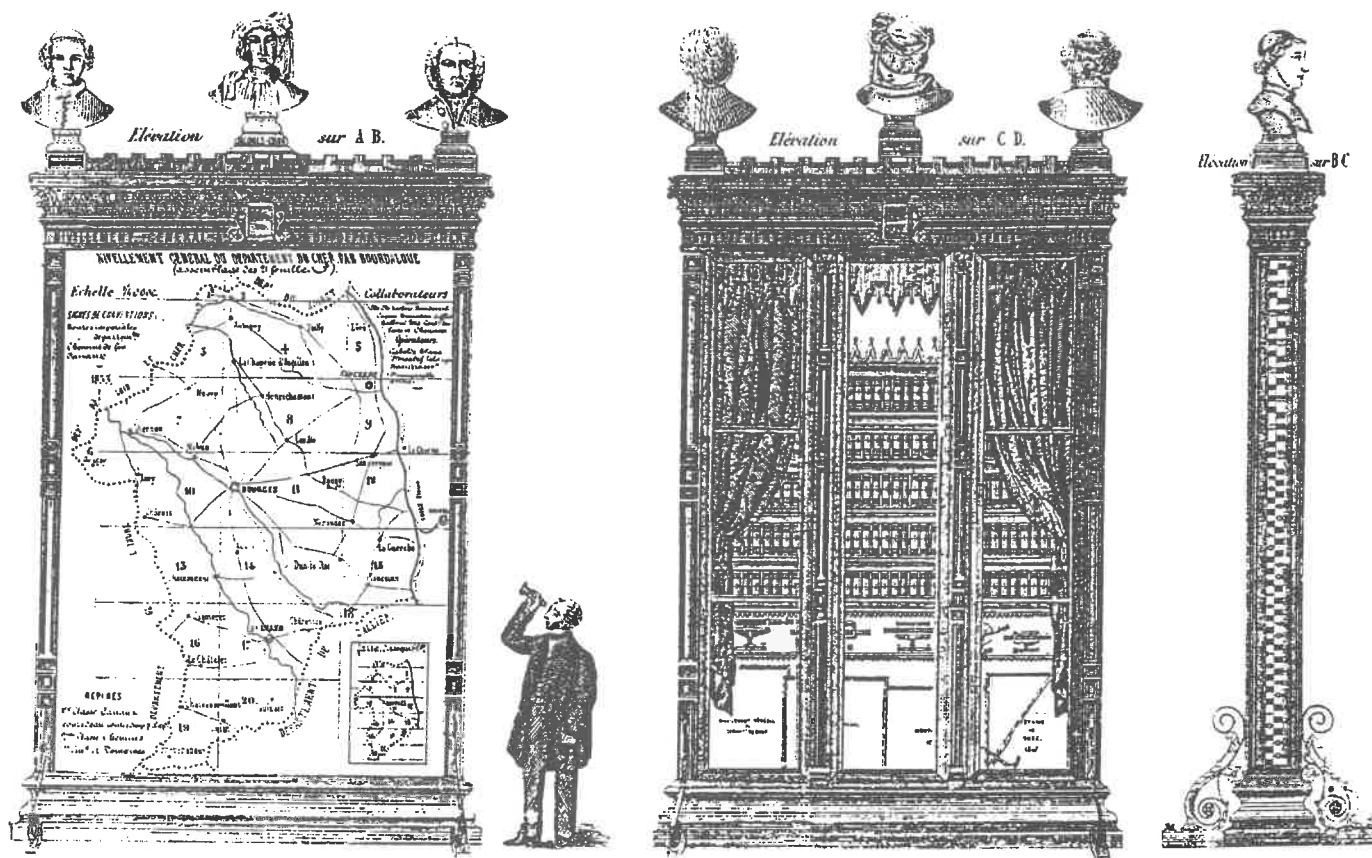


Figure 17 : Le meuble « Bourdalouë » à l'Exposition de 1855 (échelle 2 cm par m. La dimension est donnée par la taille d'un homme de 1,65 m).



Figure 18 : Médaille à l'effigie de P.A. Bourdalouë, frappée par la Monnaie de Paris en 1856, à la demande du Conseil général du département du Cher (vote du 2 septembre 1855). On remarque sur l'avvers comme sur le revers que le nom de Bourdalouë est écrit avec le tréma sur le « u » et non sur le « e » final.

— le dessus porte trois bustes :

- au centre, celui de Jacques Cœur (1395-1456), le grand argentier de Charles VII.
- à droite, celui de Joseph-Aignan Sigaud Lafond (né à Bourges le 5 janvier 1730, mort le 26 janvier 1810), chirurgien et physicien qui laissa des travaux célèbres « sur l'art de l'accouchement » et devint le premier proviseur du premier lycée de Bourges dans lequel enseigna le père de Paul-Adrien Bourdalouë. Il étudia l'hydrogène en 1776, en reconnaissant sept ans avant les travaux de Lavoisier, que sa combustion donnait de l'eau. Son nom a été donné à une rue de Bourges.
- à gauche, celui du célèbre prédicateur Louis Bourdaloue (sans tréma) de l'ordre des Jésuites, né à Bourges en 1632, avec lequel notre Paul-Adrien laissait volontiers entendre qu'il était apparenté. Nous allons y revenir.

Ces deux derniers bustes, commandes de la ville de Bourges, œuvres du sculpteur Jules Dumoutet, né à Bourges et ayant son atelier à Dun-sur-Auron (anciennement Dun-le-Roi), ornent aujourd'hui les jardins de l'archevêché à Bourges.

Mais revenons au travail exposé. La notice précise :

Les avantages que doit procurer cet ouvrage ont déterminé M. Bourdalouë, à s'imposer la lourde charge de son exécution. Désormais, dans le département du Cher, tous les projets de grande utilité publique, tels que routes, chemins de fer, dérivations des cours d'eau, canaux, irrigations, assainissements, dessèchements, drainages, etc., etc., pour-

ront être étudiés, du cabinet même, sans frais, sans difficultés, et d'une manière certaine.

L'auteur fait don de ce travail à son département, à ses concitoyens, comme témoignage de son dévouement.

M. Bourdalouë, en le présentant à l'Exposition universelle, espère que les autres départements, excités par son exemple, feront dresser de semblables cartes dans l'exécution desquelles il leur sera facile, par l'étude et l'examen de son travail, d'introduire de grandes améliorations et d'opérer des économies.

Pour ce travail exemplaire, Bourdalouë obtient la Médaille d'Honneur de l'Exposition universelle, ainsi que deux autres médailles décernées l'une par le Département du Cher, l'autre par la ville de Bourges.

Bourdaloue et Bourdalouë

Nous venons d'évoquer Louis Bourdaloue, le prédicateur. Il prêcha à Versailles devant la Cour de 1670 à 1693 et dans quelques églises parisiennes ainsi qu'à Montpellier en 1685-86, envoyé là par Louis XIV pour rétablir l'unité de religion dans le royaume après la révocation de l'Édit de Nantes (18 octobre 1685). Il mourut à Paris en 1704 et fut inhumé dans la crypte de l'église Saint-Paul à Paris, aujourd'hui Saint-Paul - Saint-Louis, dans la quartier du Marais.

Son nom est passé à la postérité pour désigner soit un ruban attaché par une boucle, entourant la forme d'un chapeau comme en portaient les ecclésiastiques, soit aussi un type de pot-de-chambre de forme oblongue, allusion à l'objet que les fidèles amenaient, paraît-il, à l'office pour la satisfaction de besoins bien naturels, tellement étaient longs les sermons du prédicateur, soit encore une tarte aux poires pochées sur fond de crème d'amande, spécialité d'un pâtissier installé à l'époque devant l'église parisienne Notre-Dame-de-Lorette. Cette église fut démolie en 1800 et remplacée à une centaine de mètres plus à l'ouest, par une autre construite de 1823 à 1826. Le nom de Bourdaloue fut alors attribué à la rue nouvelle bordant l'édifice par l'ouest où, bien entendu, une pâtisserie s'ouvrit aussitôt à l'enseigne de Bourdaloue ; mais on peut s'interroger si ce n'est pas plutôt pour rappeler le lieu de naissance de cette gourmandise qu'en souvenir du prédicateur.

En 1846, le nom du prédicateur a également été donné à une rue de Bourges, mais en 1902, par un anticléricalisme alors de mode, il fut remplacé par celui d'Émile Zola qui venait de décéder, et cela en bonne compagnie d'ailleurs, avec Saint-Étienne lui-même qui dut céder sa place devant sa cathédrale, à Étienne Dolet (remarquons toutefois que les édiles d'alors ont eu la délicatesse de choisir une personne de même prénom !).

Un essai sur Paul-Adrien Bourdalouë, ses ascendants et ses collatéraux, a été écrit en 1903 par le Vicomte de LAUGARDIERE [E 1]. En fait, il semble que le document ait été écrit pour montrer qu'il n'y

a pas de lien de parenté prouvé entre le prédicateur et l'ingénieur. Pour cela, l'auteur remonte les généalogies, uniquement par les ascendants mâles puisqu'il y a conservation du patronyme. Il donne :

— Paul-Adrien Bourdalouë descend au neuvième degré de Raymond Bourdalouë qui devait être né au plus tôt dans les dernières années du XV^{ème} siècle.

— Le prédicateur était lui-même issu au huitième degré de Macé Bourdalouë.

Il ne trouve pas d'aïeul commun et n'y voit qu'une homonymie.

La conclusion est peut-être un peu hâtive, car le religieux né à Bourges en 1632, n'ayant eu qu'une sœur, il fallait de toute façon remonter à son grand-père paternel, né vraisemblablement vers 1570. Or la généalogie de Paul-Adrien ne remonte que vers 1500. Le recouvrement n'est que de deux générations en-deçà du grand-père du prédicateur. On peut seulement affirmer que s'il y a un ancêtre commun, il faut remonter à au moins cinq degrés à partir du religieux. Paul-Adrien ne peut donc au mieux, que se prévaloir d'un cousinage très éloigné.

Mais avec le même nom, originaire d'une même ville, il reste vraisemblable qu'ils aient un ancêtre commun. Il n'est toutefois pas raisonnable de parler de parenté au-delà d'un nombre aussi élevé de degrés. C'est ce qu'a démontré le Vicomte.

Un autre aspect du document de Laugardière est de montrer l'insistance de Paul-Adrien de faire état de sa parenté avec le religieux. En effet, à propos du mariage de Berthe BOURDALOUE-REGNAULDIN, le 23 août 1860, le Vicomte Charles de Laugardière fait état de l'intervention de son oncle Paul-Adrien pour que ce mariage ait lieu à Paris en l'église Saint-Paul - Saint-Louis, là-même où dans la crypte, repose depuis 1704 le prédicateur, et y voit une intention délibérée de faire entériner sa parenté avec lui d'autant, rapporte-t-il, qu'il en profita pour apposer une plaque dans cette église.

La plaque, toujours visible de nos jours sur la face sud du pilier nord-est de la croisée du transept, porte l'inscription suivante :

HIC JACET - BOURDALOUE
1632 - 1704 - Pos. 1843



Figure 19 : Plaque à la mémoire du Prédicateur Louis Bourdaloue (Ci-gît ...), posée en 1843 par P.A. Bourdalouë en l'église Saint-Paul - Saint-Louis à Paris.

Cette plaque, offerte par Paul-Adrien Bourdalouë est donc datée de 1843. Or cette date ne correspond pas à celle du mariage, mais à celle de la naissance de sa nièce Berthe, à Courson (Yonne). La plaque aurait peut-être été apposée à l'occasion du baptême, ce qui indiquerait que cette église parisienne aurait déjà été choisie une première fois pour cette cérémonie.

Laugardière conclut, en parlant de Paul-Adrien : « Par sa manière d'agir, par les anecdotes qu'il se plaisait à raconter dans l'intimité, il n'avait pas peu contribué à créer la fallacieuse légende de sa parenté, assez proche, avec le maître de la chaire du XVII^e siècle ».

Nivellement général de la Loire

Après la grande crue de la Loire d'octobre 1846, un programme officiel d'études du fleuve est arrêté par une commission d'Inspecteurs-généraux des Ponts et Chaussées, et un Service spécial de la Loire est créé sous la direction de Monsieur Coumes, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

A son initiative, des bornes repères sont implantées en 1848 et 1849, sur les deux rives du fleuve et sur les levées de terre, et des échelles de crues sont scellées près des ponts. Les bornes repères sont de section quadrangulaire 40 x 40 cm et de hauteur apparente 55 cm et autant dans le sol. Une arête est tournée en direction du fleuve et les faces adjacentes de chaque côté, sont refouillées par des évidements de deux centimètres de profondeur, destinés à recevoir des plaques en zinc portant le numéro et les distances à la mer et au méridien de Paris qui coupe la Loire entre Sully et Saint-Benoît-sur-Loire. Sur les deux rives, à partir d'une borne de numéro zéro située sur le méridien, la numérotation est continue, assortie de la lettre M pour « Montant » vers l'amont jusqu'à la limite des départements de la Loire et de la Haute Loire, ou de la lettre D pour « Descendant » vers l'aval jusqu'à Saint-Nazaire.

Des bornes kilométriques, de forme cylindrique de 30 cm de diamètre sur embase carrée de 35 x 35 cm, avaient été implantées sur les deux rives entre 1841 et 1844, conséquence de l'adoption obligatoire du système métrique à partir du 1^{er} janvier 1840. Sur la rive gauche, leur numérotation est continue de Iguerande, limite des départements de la Loire et de la Saône-et-Loire, à 25 kilomètres en aval de Roanne, jusqu'en face de Saint-Nazaire (km 698). Sur la rive droite, la numérotation est continue à partir de la limite amont de chaque département.

Une triangulation est exécutée le long du fleuve de 1846 à 1850 par Auguste Grenier, triangulateur du Cadastre. Elle « est rattachée aux opérations géodésiques du 1^{er} ordre servant de base au canevas de la nouvelle carte de France du Dépôt de la Guerre et les coordonnées rectangulaires de chaque point sont déterminées sur des parallèles à la Méridienne de Paris ». En fait, la projection utilisée pour le canevas de la nouvelle carte, la projection

de Bonne, est non conforme et ne convient pas pour le calcul direct des triangles dans le plan. Une triangulation principale est alors rattachée aux seules données de la flèche de la Cathédrale Sainte-Croix d'Orléans, point de 1^{er} ordre de la méridienne, dont les distances au méridien (31 859,50 m) et à sa perpendiculaire passant par l'Observatoire de Paris (103 804,97 m), ont été déduites de sa latitude et de sa longitude d'après les formules de la géodésie de Puissant et dont la convergence de son méridien avec celui de Paris (0°18'58''63) a été déduite au moyen des azimuts sur Beaugency et sur Château-neuf. Les résultats sont consignés dans un registre qui donne pour chaque triangle fermé à 180°, la valeur arrondie des angles à 10'' et, au centimètre, la longueur des côtés et les distances des sommets au méridien et à sa perpendiculaire passant par l'Observatoire de Paris. Une triangulation de détail permet alors de donner au centimètre, la position planimétrique des bornes repères et des bornes kilométriques. Les plans topographiques de la Loire portent, sans doute pour la première fois en cartographie, un quadrillage kilométrique.

Monsieur Collin, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, remplace Monsieur Coumes en mars 1852, comme chef du Service spécial de la Loire. Il propose le 13 juillet 1854, d'exécuter des nivellements le long du fleuve en se référant au niveau moyen de la mer à Saint-Nazaire. Au vu de ce rapport, le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, décide le 5 septembre 1854 que : *le niveau moyen de la mer, qui doit servir de plan de comparaison aux Nivellements et profils relatifs aux études de la Loire, sera fixé à la cote 3 mètres de l'échelle de Saint-Nazaire*. On remarque que, pour la première fois, la référence au niveau moyen de la mer est adoptée.

Le 13 janvier 1855, M. Collin propose de niveler, entre Saint-Nazaire et Briare dans un premier temps, soit sur un parcours d'environ 450 kilomètres, le sommet de toutes les bornes repères et bornes kilométriques du fleuve ainsi que les échelles de crues. La proposition est approuvée par le Ministre le 7 mars. Bourdalouë propose ses services dès le 20 mars, par un traité ainsi libellé :

Je, soussigné, Paul-Adrien Bourdalouë, me charge de faire exécuter le Nivellement de précision de la Loire (Partie comprise entre la mer et Briare.)

La précision sera telle qu'une différence dépassant 5 centimètres ne pourra exister d'un point extrême à l'autre.

La tolérance pour chaque kilomètre ne pourra excéder cinq millimètres sans qu'ils viennent s'ajouter.

Trois lignes se vérifiant entre elles seront faites avec les plus grands soins : deux remonteront le fleuve en partant de Saint-Nazaire et bifurqueront à Nantes pour suivre chaque rive ; une troisième, servant de contrôle aux deux autres, sera faite en sens inverse, c'est-à-dire de Briare à Saint-Nazaire.

Les deux lignes remontant le fleuve auront pour but principal le Nivellement des bornes-repères de chaque rive ; la troisième ligne relèvera les bornes kilométriques d'une rive.



NIVELLEMENT GÉNÉRAL DE LA FRANCE

RÉSEAU DES LIGNES DE BASE

suyant lesquelles les opérations de nivellement ont été effectuées
et dont le tracé est marqué sur les lieux par des repères métalliques
invariables, établis à raison d'un repère par Kilomètre

Chacune de ces lignes a été l'objet de six nivellements au moins.

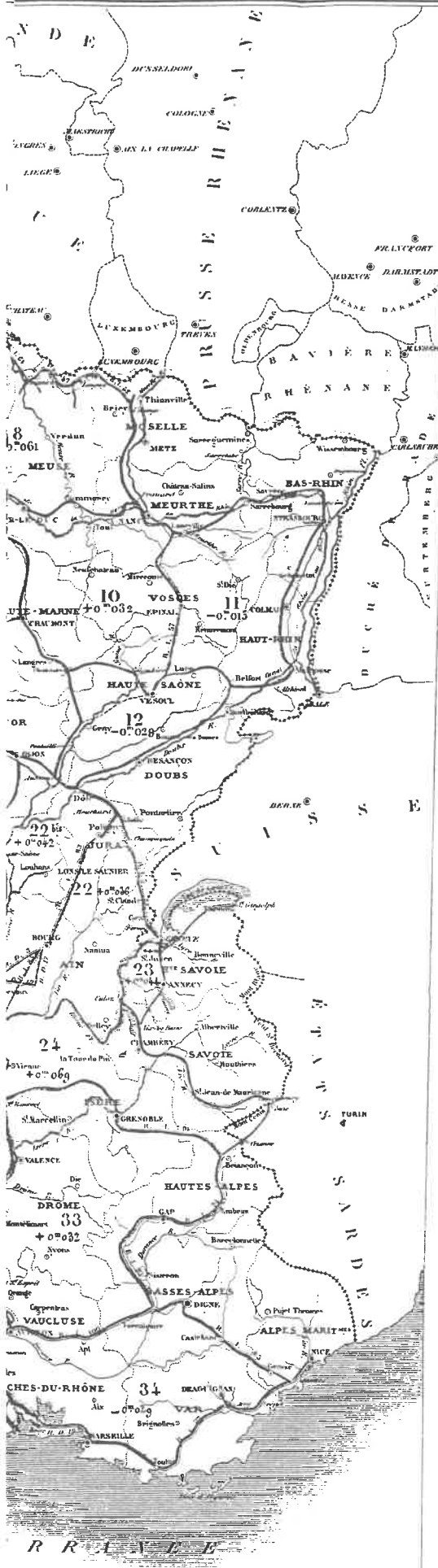
Les éléments détaillés sont contenus dans mille volumes in 8°

ECHELLE DE $\frac{1}{4,000,000}$ soit un millimètre pour 4 Kilomètres.

LÉGENDE

Les gros numéros écrits sur la Carte indiquent le classement des Polygones

Lignes indiquant les Polygones	—————
Limite de la France	+++++
— id. — des Départements	-----
Chemins de Fer	<div> <div>exécutés.....</div> <div>en exécution ou concédés.....</div> </div>
Routes	<div> <div>Impériales.....</div> <div>Départementales.....</div> </div>
Fleuves et Rivières.....	~~~~~
Canaux.....	=====
Chefs Lieux de Départements.....	●
— id. — d'Arrondissements.....	○
— id. — de Communes.....	•



Echelle de 1,000,000 ou de 1 Millimètre pour 1000 Mètres

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Kilomètres

Ces trois lignes de Nivellement se croiseront aux principaux travaux d'art pour y prendre les échelles et les points remarquables.

Dans tous les cas, elles devront, comme vérification, avoir un point commun tous les vingt kilomètres ...

Les opérations commenceront le 1^{er} avril 1855 et devront être terminées, à moins de pluies extraordinaires, le 1^{er} août suivant.

Tous les frais occasionnés pour les opérateurs de terrain, la fourniture des instruments et des carnets, la reliure des volumes, l'impression et la brochure des tables, seront à la charge de M. Bourdalouë.

L'unité, pour le paiement des opérations, sera le kilomètre de Nivellement de chaque ligne, lequel sera payé neuf francs (9 fr.). ...

Le traité est approuvé par le Ministre le 12 avril 1855. La campagne commence aussitôt le 14 avril. Début août, dans le délai prévu, toutes les lignes sont nivelées mais de nombreuses reprises s'avèrent nécessaires. En raison de conditions météorologiques très défavorables, la campagne ne sera close que le 3 décembre. Pour la vérification, les trois lignes sont reliées entre elles aux 28 ponts sur la Loire. Les opérations sont exécutées avec des appareils fabriqués sur le modèle du Niveau Bourdalouë, décrit dans le 3^e volume du Nivellement du département du Cher, mais plus rigides et avec des grossissements de la lunette de 75 à 80 fois. En fait, les bornes kilométriques des deux rives sont nivelées. Toutefois, il n'a été scellé et nivelé aucun repère de nivellement, contrairement à ceux que Bourdalouë avait établis à Bourges en 1850 et encore moins d'indicateur, ce qui rendra l'identification ultérieure des points naturels nivelés, autres que les bornes, tels que seuils de porte ou angle de maçonnerie, souvent aléatoire.



Figure 20 : Les bornes de la Loire, nivelées par P.A. Bourdalouë en 1855. Ici entre Meung-sur-Loire et Saint-Ay (Loiret) sur la rive droite, en aval d'Orléans, la borne repère 66 D et la borne kilométrique 113.

Bourdalouë apporte un soin extrême aux opérations et les réitère si besoin est jusqu'à ce que les résultats n'aient plus laissé de doute quant à la précision désirable pour une aussi grande ligne qui doit être une des bases du Nivellement général de la France. Pour lui en effet, ce nivellement est un spécimen sur une grande échelle, exécuté avec les instruments et les méthodes les plus perfectionnés, qui doit éclairer l'administration des Ponts et Chaussées sur la valeur d'une opération qui doit servir de base et de point de départ au Nivellement général de la France.

Mais comme pour les nivellements exécutés dans les départements du Gard et du Cher, faute d'un nivellement d'ensemble du territoire, les altitudes originelles sont sinon arbitraires, tout au moins indépendantes. Bourdalouë fait remarquer à ce sujet, que l'adoption d'un plan de comparaison coïncidant avec le niveau moyen de la mer à l'embouchure de tel ou tel fleuve, conduira toujours à des contradictions, eu égard à la variation de ce niveau en passant d'un fleuve à un autre et d'une mer à l'autre. Pour remédier à cet inconvénient capital et assurer au Nivellement de la France, une exactitude digne d'un si important objet, M. Collin propose de rattacher toutes les opérations d'altitude à un plan unique de comparaison qui passerait à 100,00 mètres au-dessous d'un repère central à établir dans la cour de l'Observatoire de Paris.

Les altitudes, données au millimètre, sont publiées dans le « Nivellement général de la Loire » - 1^{er} volume - de Saint-Nazaire à Briare en 1855 et rééditées en 1856 [10] après quelques retouches dues aux dégâts occasionnés par une nouvelle grande crue de la Loire, début juin 1856, aussi forte que celle de 1846. Le nivellement ne sera pas poursuivi en amont de Briare et il n'y aura pas de deuxième volume.

Nous verrons que ces résultats seront plus tard modifiés d'une constante, après l'incorporation du nivellement de la Loire dans le réseau des lignes de base du Nivellement général de la France et que, de ce fait, de nouvelles altitudes seront publiées en 1862, ce qui a parfois fait dater le nivellement de la Loire : 1854-1862.

Nivellement du Rhône

Le Service spécial de la navigation du Rhône, analogue à celui de la Loire, dirigé par M. Kleitz, ingénieur en chef, confie à Bourdalouë en 1856, le nivellement du fleuve entre la Méditerranée et Genève.

Des plaques-repères sont scellées et sont désignées dans les répertoires par une série de numéros commençant au n° 1 à la mer et finissant au n° 571 à Genève. Les altitudes de la tablette supérieure des plaques, sont rapportées au zéro de l'échelle du port de Marseille, placée près de l'Intendance sanitaire, origine déjà adoptée pour un nivellement municipal de la ville, sur plaques-repères. Contrairement au nivellement général de la Loire, la référence au niveau moyen de la mer n'est pas adoptée.



Figure 21 et 22 : Cathédrale Saint-Maurice à Vienne (Isère) et son repère « Nivellement du Rhône » n° 360. On remarque la date 1857 inscrite à la partie inférieure de ce type de repère. L'indicateur circulaire est du modèle adopté en 1858 pour les repères du Nivellement général de la France (voir ci-dessous), ce qui montre qu'il a été rapporté quelques années plus tard et d'ailleurs l'altitude 160,371 est bien dans la référence de ce nivellement, alors que l'altitude dans la référence « Nivellement du Rhône » est 160,830.

Le parcours a été divisé en deux parties :

- le bas-Rhône : de la mer à Arles par la rive gauche et d'Arles à Lyon par la rive droite,
- le haut-Rhône de Lyon à Genève, généralement par la rive droite, en se tenant à proximité du chemin de fer.

Les nivellements dans la Camargue et ceux d'Avignon à Valence ont été peu satisfaisants comme l'ont mis en évidence les discordances entre les trois doubles opérations qui atteignent 88 centimètres de la mer à Lyon, et ont exigé des reprises partielles ou même totales.

En revanche les résultats de la partie de Lyon à Genève ont été très satisfaisants.

Les répertoires sont publiés à Bourges en 1858 [11]. Ils indiquent les altitudes dans la référence « Nivellement du Rhône ».

Après la compensation du Nivellement général de la France en 1862, les repères reçoivent un indicateur portant leur nouvelle altitude dans la référence de ce Nivellement.

En même temps, sont exécutés les nivellements des villes de Lyon et Genève.

Nivellement de la Ville de Lyon

Lors de l'exécution du nivellement du Rhône, il existait déjà dans quelques rues de Lyon, des repères en fonte portant un numéro d'ordre, avec l'indication d'altitude. Le plan de comparaison pour ce premier travail était celui du chemin de fer de Lyon à Genève, à 163,000 m au-dessous du zéro de l'échelle fixée au mur de soutènement aval et près de la culée rive gauche du pont Tilsitt, sur la Saône, cote déterminée lors des levés de la carte d'État-major.



Figure 23 : Repère « Nivellement du Rhône » de la ville de Lyon, sur la prison Saint-Joseph, 12 quai Perrache, avec son indicateur portant l'altitude 167,356. En fait, cette indication est, comme à Vienne, dans la référence du Nivellement général de la France qui ne sera arrêtée qu'en 1862. L'altitude initiale de ce repère, portée dans les répertoires de 1858 est de 167,820, référence Nivellement du Rhône. L'écart de 464 mm est expliqué ci-après dans le paragraphe « Compensation du Nivellement général de la France ».

M. Bonnet, ingénieur en chef du Service municipal, décide de confier le nivellement de Lyon à Paul-Adrien Bourdalouë et de substituer à ce plan de comparaison, celui adopté pour le nivellement du Rhône, c'est-à-dire celui passant par le zéro de l'échelle des marées du port de Marseille. Le zéro du pont Tilsitt se voit ainsi attribuer la cote 160,783, soit de 2,217 mètres inférieure à celle adoptée précédemment.

Le nivellement est exécuté en 1857 sur les mêmes principes que celui du Rhône et sur de mêmes plaques métalliques. De petits polygones sont fermés au moyen d'opérations multiples avec précision, même dans les hauts quartiers de la ville, et reliés entre eux de manière à établir une complète solidarité entre les différentes parties du travail, et à prévenir ainsi tout motif d'erreur.

Sont ainsi posés et nivelés :

288 repères entre Rhône et Saône,
107 repères sur la rive droite de la Saône,
222 repères sur la rive gauche du Rhône.

Les répertoires sont publiés en 1858 [12]. Ils indiquent les altitudes dans la référence « Nivellement du Rhône ».

Après la compensation du Nivellement général de la France en 1862, les repères reçoivent un indicateur portant leur nouvelle altitude dans la référence de ce Nivellement.

Autres grands nivellements

D'autres grands nivellements sont entrepris : En 1856, sous la direction de M. Bazaine, Ingénieur en chef, un nivellement est effectué entre Paris (Observatoire) et Nevers, par Montargis et Briare, pour servir de base au nivellement du chemin de fer du Bourbonnais [13]. Puis un nivellement est effectué de Nevers à Moulins, Lapalisse, Roanne, Saint-Étienne et Givors, rejoignant ainsi le nivellement du Rhône. Le pont de Guetin sur l'Allier, juste en amont du confluent avec la Loire, à quelques kilomètres au sud de Nevers, devient un moment le nœud de jonc-

tion et de comparaison des altitudes données par les nivellements venant de la Loire, du Rhône, de Paris et du Berry. Elles sont disparates. Sûr de la précision de ses nivellements, Bourdalouë attribue ces écarts aux discordances entre le niveau moyen de la mer à Saint-Nazaire, le zéro de l'échelle à Marseille, l'altitude attribuée à l'Observatoire de Paris et la cote de l'État-major de la cathédrale de Bourges. Il prône un nivellement général du pays.

Nivellement de la Ville de Bourges, pour l'adduction d'eau

Bourdalouë présente en 1857, une notice sur les eaux de la ville de Bourges [14]. Dans sa conclusion, paraphrasant les paroles d'un ministre qui disait que pour faire la guerre, il fallait trois choses : de l'argent, encore de l'argent et toujours de l'argent ! Bourdalouë énonce que pour faire les grandes cités, pour augmenter le bien-être des populations, il faut aussi trois choses : de l'eau ! encore de l'eau ! et toujours de l'eau !

Il aurait pu aller jusqu'au fond de sa pensée et dire que, pour faire de bonnes études et de bonnes réalisations des équipements publics, il fallait également trois choses : des nivellements, encore des nivellements et toujours des nivellements !

Le projet d'amener et de distribuer les eaux à Bourges est adopté. Sur le désir de M. Planchat, Maire de Bourges, par les soins de MM. les Ingénieurs des Ponts et Chaussées, Bourdalouë est chargé d'exécuter en 1858, un nouveau nivellement de la Ville, afin de densifier les repères posés en 1850-54 lors du nivellement du département du Cher.

Bourdalouë pose et nivelle un grand nombre de repères, d'un type nouveau qui va être adopté pour le Nivellement général de la France et qui restera connu sous le nom de repère Bourdalouë. Toutefois, pour des raisons d'homogénéité et parce que le Nivellement général de la France n'était pas encore assez avancé, les altitudes portées par les indicateurs restent dans la référence du Nivellement du département du Cher.

Le Nivellement général de la France

En 1857, Bourdalouë est reçu par l'Empereur Napoléon III et lui présente ses travaux de nivellement de Suez et du département du Cher. Les travaux exécutés dans ce département lui ont en quelque sorte servi de terrain d'expérience, et surtout permis de prouver son savoir-faire. Il fait valoir tout l'intérêt d'un réseau de repères de nivellement « invariables » sur l'étendue de la France entière, rapportés à une même origine, utilisables par tous pour les travaux publics et autres. L'Empereur demande alors au Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, d'étudier la réalisation d'un réseau national de nivellement.

Par décision du 15 juin 1857, le Ministre charge Bourdalouë de l'exécution du Nivellement général de la France, qui comprendra deux opérations distinctes :

1° l'une, de haute précision, s'appliquant seulement aux lignes de bases destinées à servir de repères pour le nivellement de détail et, en même temps, à fixer le niveau moyen de la mer auquel toutes les altitudes seront rapportées ;

2° l'autre, de détail, au moyen de laquelle on rapportera, au plan de comparaison ainsi déterminé, autant de points de la surface du sol qu'il sera nécessaire pour en faire connaître le relief.

Cette deuxième opération, appelée aussi nivellement général des départements, ne sera entreprise que dans la mesure où il sera possible de rassembler un personnel assez nombreux et capable.

Le « traité » est assorti de quelques clauses qui en disent long sur le scepticisme que Bourdalouë

voyait poindre chez ses interlocuteurs et qu'il essaye de vaincre, tel un magicien qui pour mieux étonner son entourage explicite les difficultés :

Comme garantie de la vérité des opérations, tous les registres de terrain seront écrits à l'encre sans qu'aucune rature ni surcharge y puisse exister. Les opérateurs, en cas d'erreur d'inscription, devront de suite en faire mention en regard, en passant un simple trait sur l'écriture infidèle, et inscriront à la suite l'observation vraie.

Chaque carnet du registre sera remis journellement à la poste à l'adresse du Ministère, afin de recevoir, comme premier enregistrement, le timbre postal ; à cet effet, ils seront sans enveloppe, la couverture portant l'adresse ; ...

Ces registres seront aussitôt visés au Ministère, pour être expédiés, sans retard, au bureau central de Bourdalouë (les bureaux ne peuvent être établis à Paris : la dépense pour les loyers, chauffage et calculateurs triplerait) où ils seront calculés, et leurs résultats portés immédiatement sur des feuilles de balance ... qui seront adressées au Ministère pour y être visées.

Le Conseil Général des Ponts et Chaussées fait attribuer à Bourdalouë la réalisation du « réseau des bases » sur l'ensemble de la France continentale, pour un coût estimé de 460 000 Francs, aux frais de l'État avec le concours des compagnies de Chemin de Fer.

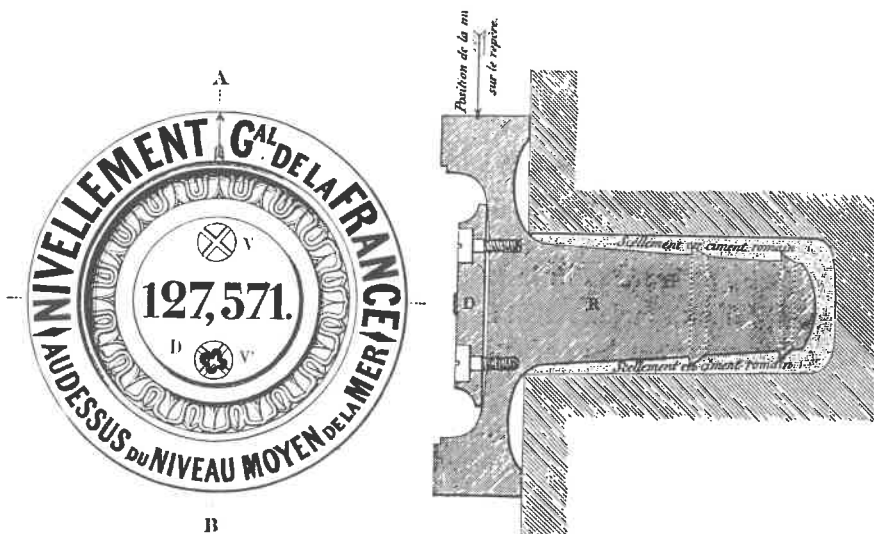
Bourdalouë reçoit le titre de Directeur des Travaux du Nivellement général de la France. Il a presque 60 ans. C'est le couronnement de sa carrière.

Il se met de suite à la tâche et conçoit un nouveau repère de nivellement.

Le repère de nivellement Bourdalouë

Bourdalouë présente ainsi son célèbre repère, décrit dans une circulaire ministérielle du 15 Novem-

Figure 24 : Le repère Bourdalouë du Nivellement général de la France (échelle 1/2).



bre 1858 [21] : en fer fondu, il se compose de deux pièces :

— le *repère* proprement dit, destiné à être scellé dans une maçonnerie au moyen de ciment romain, avant les opérations de nivellement. Il offre l'apparence d'un cylindre à axe horizontal de 127 millimètres de diamètre et de 30 mm d'épaisseur, avec un R gravé à la partie supérieure, là où doit être posée la mire, et portant sur la face verticale de la couronne l'inscription sur la moitié supérieure : « NIVELLEMENT G^{AL} DE LA FRANCE », et sur la moitié inférieure : « AU-DESSUS DU NIVEAU MOYEN DE LA MER ».

— l'*indicateur*, disque de 69 millimètres de diamètre, qui sera fixé ultérieurement par deux vis dans le creux ménagé au centre du repère, destiné à le recevoir après les opérations et les calculs du nivellement, et sur lequel l'altitude du repère sera inscrite, en mètres et millimètres par des chiffres en relief de 12 mm de hauteur. Il est donc sensiblement de même taille que celui accompagnant les premiers repères du nivellement du département du Cher. Après la pose de l'indicateur, un coup de burin est donné sur chaque tête de vis pour rendre la fixation définitive.

On note qu'il est précisé sur le repère lui-même, pour éviter toute ambiguïté, que l'altitude indiquée est au-dessus du niveau moyen de la mer.

Réseau des lignes de base

Le travail est exécuté de 1857 à 1864.

Les lignes de base du réseau sont prévues sur :

— les principaux fleuves : la Seine de Marcilly, près de Romilly-sur-Seine, à son estuaire Le Havre au nord et Trouville au sud, par incorporation des nivellements exécutés pour le Service spécial de la Seine entre Paris et la mer en 1858 [16] et la Marne de Vitry-le-François au confluent avec la Seine, la Loire de Briare à Saint-Nazaire par incorporation du nivellement de 1855, bien que non équipé de repères scellés, le Rhône de Genève à Lyon et d'Avignon à la mer, par incorporation d'une partie des nivellements exécutés pour le Service spécial du Rhône en 1856-57 [11] ;

— les canaux : canal du Loing et de Briare, d'Orléans, latéral à la Loire de Nevers à Digoïn par Decize, du Nivernais de Decize à Auxerre, du Centre de Digoïn à Chagny, de Nantes à Brest et du Blavet, latéral à la Garonne de Langon à Toulouse, et d'Arles à Bouc par incorporation d'un nivellement antérieur ;

— le fameux canal du Midi construit de 1666 à 1681 par Pierre-Paul de Riquet, joignant Toulouse à l'étang de Thau, par le seuil de Naurouze, Béziers et Agde ;

— les chemins de fer dont les grands itinéraires viennent juste d'être achevés, tels Paris - Strasbourg, via Châlons-sur-Marne et Nancy en 1854, et Paris - Méditerranée en 1855, nivelé de Montereau à Lyon via Dijon et Chagny, ainsi que Moret - Nevers - Saint-Étienne - Lyon, Romilly-sur-Seine - Troyes - Belfort - Mulhouse, Paris - Cherbourg, Paris - Le Mans - Rennes, Orléans - Limoges, Tours - Poitiers - Bordeaux - Bayonne ;

— les chemins de fer déjà empruntés lors de nivellements antérieurs dans le Midi, par incorporation de Marseille - Toulon, Tarascon - Nîmes - Alais - la Grand-Combe, et Nîmes - Montpellier - Cette - Agde ;

— de nombreuses routes, notamment celle de la vallée du Rhône par la rive droite : Lyon - Bagnols-sur-Cèze (R.I.86) et de là jusqu'à Avignon, ainsi que celle de Toulon à Antibes et Nice (la voie ferrée ne sera achevée qu'en 1864).

Le réseau des lignes de base forme 38 polygones fondamentaux (n° 1 à 38), dont un ouvert (n° 4), représentant 13 085 km de développement. Il passe, c'est de bonne cour, par Napoléon-Vendée, alias La-Roche-sur-Yon, et Napoléon-ville, alias Pontivy, créé en 1805 par Napoléon 1^{er} à côté de la cité médiévale. Quelques traverses supplémentaires totalisant 1 895 km, sont ajoutées, formant ainsi dix polygones supplémentaires (n° bis), afin de niveler les chefs-lieux de département qui ne se trouvent pas sur un polygone fondamental. Sont ainsi nivelés : Beauvais, Arras, Auxerre, Vannes, Quimper, Bourg-en-Bresse, Lons-le-Saunier, Cahors, Privas, Alby et Auch.

Les nivellements sont tracés de préférence le long des rivières, des canaux et des voies ferrées, en raison de la faible pente qui permet des portées régulières. Les repères sont espacés d'un kilomètre environ. 15 000 sont nivelés. Les portées entre station de niveau et mires sont de 125 à 130 mètres. Les divisions des mires parlantes sont de deux centimètres et il est fait usage de fiches d'acier plantées à coup de masse, comme points intermédiaires. La lunette du niveau a 48 cm de longueur focale, le diamètre de l'objectif est de 4 cm et l'amplification angulaire est de 36 fois.

Chacune des lignes principales est parcourue et nivelée trois fois par deux opérateurs observant indépendamment l'un de l'autre, soit six déterminations. En cas de désaccord notable, on procède à de nouvelles observations. La tolérance, pour les plus grandes lignes, c'est-à-dire le maximum d'écart

entre les six opérations qui au minimum sont faites, ne doit pas dépasser cinq centimètres et, pour le périmètre de la France, dix centimètres. L'écart moyen quadratique du résultat est estimé par Bourdalouë à un millimètre par kilomètre. Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

Nivellement de la Seine

Dans le cadre du Nivellement général de la France, le Service spécial de la Navigation de la Seine, analogue à ceux de la Loire et du Rhône, sous la direction de M. Chanoine, ingénieur en chef, confie à Bourdalouë en 1858, le nivellement du fleuve. Ce travail va en constituer une des lignes de base mais cette fois, des repères en fonte du type officiel, vont être scellés.

Le nivellement est divisé en quatre parties :

- 1^{re} section, en amont de Paris, de Marcilly-sur-Seine situé au confluent de l'Aube, jusqu'à l'entrée du fleuve dans Paris, alors au pont de Bercy :

Le fleuve et ses canaux de dérivation sont balisés par des bornes de navigation implantées sur les berges, tous les demi-kilomètres de Marcilly (km 193) à Montereau-fault-Yonne (km 101,5), indiquant la distance depuis Paris (pont de la Tournelle), et tous les 400 mètres de Montereau à Paris, numérotées d'amont en aval de 1 (aval du confluent de l'Yonne) à 247 (amont du pont de Bercy).

Les repères de nivellement sont scellés sur les ouvrages, sur un certain nombre de bornes kilométriques et pratiquement sur une borne de navigation sur trois. En outre, des points de repère naturels ainsi que le sommet de toutes les bornes kilométriques ou de navigation sont nivelés.

La ligne de nivellement emprunte :

- la rive droite, de Marcilly à Nogent-sur-Seine et à Bray-sur-Seine,
- la rive gauche, de Bray à Montereau,
- la rive droite, de Montereau à Saint-Mamès et à Valvins (près Fontainebleau),
- la rive gauche, de Valvins à Paris, par Melun et Corbeil.

Le nivellement est exécuté en 1859.

Cette même année, les canaux du Loing, de Briare et d'Orléans sont nivelés et constituent les lignes de base reliant à Saint-Mamès, le nivellement de la Seine à celui de la Loire.

- 2^e section, dans Paris, du pont de Bercy à Auteuil (aval du pont de Grenelle) :

De nombreux repères de nivellement sont scellés sur les quais des rives gauche et droite du fleuve, sans oublier celles des îles Saint-Louis et de la Cité, au droit notamment des culées amont et aval de tous les ponts.

À Paris, il existait depuis un certain temps, des petites plaques de nivellement de la ville de Paris, de format rectangulaire 10 x 15 cm, agrémentées de la nef, armoiries de la ville, portant simplement

Figure 25 : Carte du réseau des lignes de base
(voir double page centrale).

un numéro et sans indication d'altitude. Le 21 janvier 1839, le Préfet de la Seine avait chargé une commission présidée par François Arago, de fixer « la différence du zéro de l'échelle du pont de la Tournelle au niveau moyen de la mer ». Le 26 février 1842, cette commission donnait le résultat : 26,25 m, en fait la moyenne arithmétique entre quatre cotes assez disparates, fournies par quatre membres de la commission, dont pour trois d'entre eux, par des dénivelées trigonométriques depuis le niveau moyen de la mer à Cancale, Brest et Cherbourg, et pour le quatrième par un nivellement direct soigné depuis celui du Havre.

Puis, conformément à des arrêtés du 14 juillet 1847 du Comte de Rambuteau, et du 31 mai 1856 du Baron Haussmann, des plaques-repères en fonte étaient scellées et nivelées. Elles sont de deux types :

- des plaques dans Paris, de format rectangulaire 24 x 20 cm, « aux armes de la ville, placées aux carrefours, aux angles des rues, sur les soubassements des monuments, sur les murs des quais et sur les autres points jugés nécessaires ». Elles portent une triple indication : l'altitude au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle, l'altitude au-dessus du niveau moyen de la mer obtenue en ajoutant la cote 26,25 de l'étiage, et la dénivellation dite « nivellement de Paris », au-dessous ou au-dessus d'un plan de référence situé à 50 mètres au-dessus d'un point situé à proximité du bassin de la Villette, lui-même à 1,50 mètre au-dessus du plan d'eau, et coté 25,24 mètres au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle, soit au total à 75,24 mètres au-dessus de l'étiage ;

- des plaques du nivellement général du département de la Seine, sur les bornes kilométriques en fonte des routes nationales dans et hors Paris et sur un certain nombre d'édifices en dehors de Paris, portant une triple indication : l'altitude au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle, l'altitude au-dessus du niveau moyen de la mer obtenue en ajoutant la cote 26,25 de l'étiage, et la dénivellation dite « nivel-

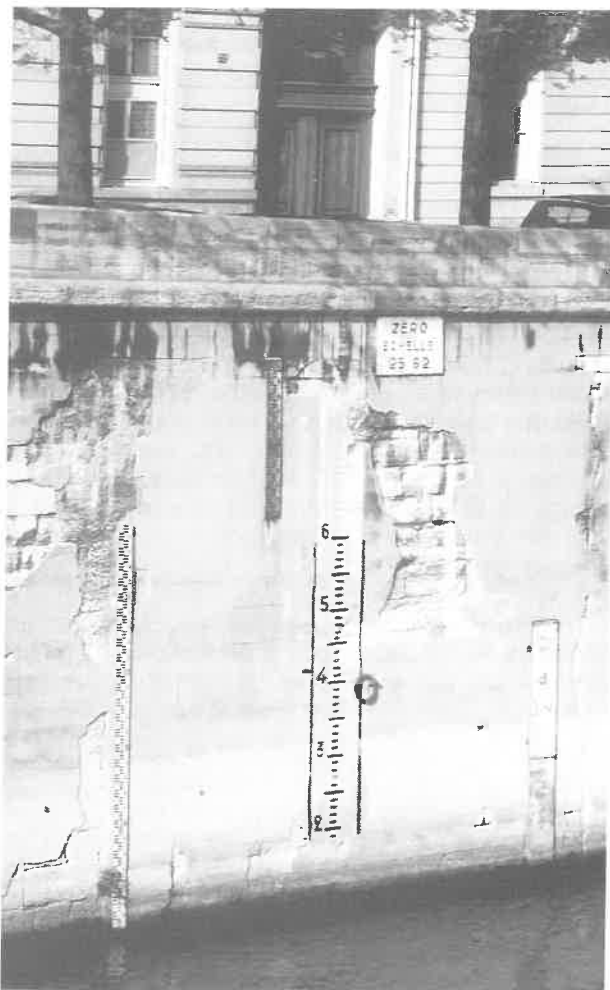


Figure 27 : Échelles du pont de la Tournelle. Le zéro de l'échelle a d'abord été fixé en 1842 par la commission Arago à 26,25 au-dessus du niveau moyen de la mer. Bourdalouë lui affecte l'altitude 26,285. L'altitude 25,62 indiquée actuellement pour le zéro de l'échelle, a été inscrite plus tard dans la référence du Nivellement Lallemand. La grande crue du 28 janvier 1910 a atteint 8,25 au-dessus du zéro.



Figure 26 : Repère de la ville de Paris situé sur le parapet du quai de la Tournelle, à l'angle amont de l'entrée rive gauche du pont de l'Archevêché. Nivelé par Bourdalouë en 1858, il lui attribue l'altitude 35,515.



Figure 28 : Repère du nivellement de la Seine, situé à Paris sur la culée rive gauche aval du pont de l'Archevêché, port de Montebello. posé et nivelé dans le cadre du Nivellement général de la France, par Bourdalouë en 1858, avec l'altitude 30,844. Le service du nivellement de Paris ajouta ensuite une plaque indiquant la dénivellation 70,681, dite « nivellement de Paris ».

lement général » au-dessous d'un plan de référence situé à 200 mètres au-dessus du point de référence du bassin de la Villette, soit au total à 225,24 mètres au-dessus de l'étiage.

Bourdalouë exécute en 1858-59, le nivellement des repères qu'il venait de sceller et en même temps, il nivelle un certain nombre de plaques de nivellement de la ville de Paris et du département de la Seine, ainsi que l'échelle gravée sur l'île Saint-Louis, à l'amont de la culée rive droite du pont de la Tournelle.

De son côté, et réciproquement si l'on peut dire, la Ville appose à côté de certains repères Bourdalouë, des plaques portant en relief la dénivellation dite « nivellement de Paris » qui, comme nous l'avons vu, est la distance verticale sous le plan horizontal situé à 75,24 m au-dessus du zéro de l'échelle du pont de la Tournelle.

- 3^e section, en aval de Paris, d'Auteuil à Rouen.

Le fleuve est balisé par des bornes kilométriques implantées sur les berges, indiquant la distance depuis Paris (pont de la Tournelle) jusqu'à Rouen (km 242). Le nivellement est exécuté en 1858-59.

La ligne de nivellement emprunte :

- la rive gauche, de Paris à Asnières.
- la rive droite, d'Asnières à Triel par Conflans fin d'Oise,
- la rive gauche, de Triel à l'écluse d'Amfreville (en amont de Pont-de-l'Arche), par Mantes et Vernon.
- la rive droite, de l'écluse d'Amfreville à Rouen.

- 4^e section, de Rouen à la mer.

La ligne de nivellement, exécutée en 1860, emprunte de Rouen à Quillebeuf :

- la rive gauche, de Rouen à Grand-Couronne (km 254)
- la rive droite jusqu'au km 263
- la rive gauche jusqu'à Duclair (km 278)
- la rive droite jusqu'au km 288
- la rive gauche par Caudebec (km 309) jusqu'au km 314
- la rive droite jusqu'à Quillebeuf (km 332)

de Quillebeuf au Havre : la rive droite de l'estuaire, de Quillebeuf à Trouville : la rive gauche de l'estuaire.

Les résultats entre Paris et Le Havre, sont publiés en 1859 sans attendre l'achèvement du réseau national, en altitudes « nivellement de Paris », avec référence à 75,24 m au-dessus de l'étiage du pont de la Tournelle.

L'ensemble est publié à Bourges en 1861 [16].

En même temps, un nivellement de précision est exécuté en 1860, dans la Ville de Rouen.

Le Zéro des altitudes

Fin 1859, le réseau des bases est suffisamment avancé pour pouvoir comparer les niveaux moyens de la mer en différents ports. Des antennes sont

poussées jusqu'aux échelles marémétriques de Marseille, Cette (orthographe d'époque, devenu Sète en 1927), Bayonne, Arcachon, Bordeaux, La Rochelle, Les Sables d'Olonne, Saint-Nazaire, Saint-Malo, Cancale, Granville, Cherbourg, Carentan, Le Havre, Dieppe, Boulogne, Calais et Dunkerque où le niveau de la mer est observé.

1 ^{re} MÉDITERRANÉE.	
Marseille (mer moyenne) 0 ^m ,40 en contre-haut du zéro de l'échelle, en marbre, des marées placée à l'entrée du bassin de radoub, dans l'ancien port et près de l'Intendance sanitaire.	0,000
Toulon	0,057
Cette	0,114
Agde	
2 ^e Océan.	
Bayonne	0,856
Arcachon	0,600
Bordeaux	1,435
Roche fort	0,993
La Rochelle	0,277
Les Sables-d'Olonne	0,389
Saint-Nazaire	0,717
Lorient	
Brest	
Saint-Malo	0,945
Cancale	1,097
Granville	0,890
Cherbourg	0,895
Carentan	0,857
Le Havre	0,211
Dieppe	0,579
Boulogne	0,856
Calais	0,755
Dunkerque	0,776

Figure 29 : Niveaux des mers moyennes en différents ports, rapportés à celui de Marseille.

Une commission est chargée par le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics d'étudier ces résultats. Elle fait observer que le niveau moyen de la mer ne paraît pas être le même dans les différents ports, soit de la Manche, soit de l'Océan, où il semble nettement plus élevé qu'en Méditerranée. Déjà lors de l'étude de l'isthme de Suez, le niveau moyen de la Méditerranée avait été trouvé plus bas que celui de la Mer Rouge et cela pouvait bien être la conséquence d'une différence de salinité.

Considérant également les incertitudes que présente la question des marées et remarquant que le niveau moyen de la mer à Cette concorde à 37 mm près avec celui de Marseille, la commission propose de décider que le niveau moyen auquel les altitudes du Nivellement général de la France devront être rapportées, sera celui de la Méditerranée, tel qu'il est établi à Cette et à Marseille ; c'est-à-dire, dans la première ville, à 37 cm au-dessus de l'échelle du môle Saint-Louis, et, dans la seconde, à 40 cm au-dessus du zéro de l'échelle des marées. C'est donc par une heureuse circonstance, pour ne pas avoir d'altitudes négatives en d'autres points des côtes françaises, que le point fondamental est ainsi proposé sur le rivage d'une mer dont les marées sont très faibles.

Le Conseil général des Ponts et Chaussées consulté, est d'avis que pour éviter toute cause d'erreur et de confusion, le niveau moyen de la mer doit être fixé par un repère unique, et qu'il y a lieu de placer à Marseille ce repère qui consistera en un ouvrage stable, apparent et à l'abri de toute cause de perturbation.

Par une décision du 13 Janvier 1860, le Ministre approuve l'avis du Conseil général des Ponts et Chaussées, et demande à M. Breton de Champ, ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé du contrôle du Nivellement général, de se concerter avec M. Bourdalouë pour la pose du repère qui doit être établi à Marseille. Ainsi est déterminé *le point d'où partira le plan horizontal de comparaison pour toute la France, c'est-à-dire la mer moyenne la plus basse de toutes nos côtes, celle de Marseille.*

En fait à Marseille, quelque temps auparavant, le service topographique de la ville avait scellé sur un certain nombre d'édifices, des repères en forme de plaques murales présentant une face supérieure horizontale, et les avait nivelés en prenant pour origine des altitudes, le trait zéro de l'échelle des marées du port. L'un de ces repères, portant le n° 801, était situé à proximité de cette échelle, *sur le port, au bas à droite des degrés donnant accès dans la rue de la Fontaine-Rouvière, près du fort Saint-Jean.* La cote inscrite sur cette plaque est de 3,060 m.

Le point unique d'altitude Zéro, que Bourdalouë appelait de ses vœux depuis de nombreuses années, devenait enfin réalité. Il est ainsi fixé à 0,40 mètre en contre-haut du zéro de l'échelle en marbre des marées, placée à l'entrée du bassin de radoub, dans l'ancien port et près de l'Intendance sanitaire, non loin du Fort Saint-Jean. Cette échelle, très ancienne, a son zéro au niveau des *plus basses mers observées* à cet endroit, suivant les règles adoptées pour les cartes marines. Suivant cette définition, Bourdalouë nivelle ce repère n° 801 et lui attribue l'altitude 2,658 m. Tel est le point fondamental du Nivellement général de la France.



Figure 30 : Le bâtiment de l'Intendance sanitaire, quai du Port. Au fond le fort Saint-Jean. L'échelle des marées et le repère n° 801 de la ville de Marseille se trouvaient à proximité.

On peut s'étonner de la différence de 40 centimètres entre le zéro de l'échelle des marées, réputé être le niveau des plus basses mers, et le niveau moyen des eaux au bord d'une mer dont l'amplitude des marées à Marseille les jours de vives-eaux, n'est que de l'ordre du décimètre. Au-delà, pour expliquer cette différence, il faut compter avec d'autres facteurs, telle que la direction des vents ou la variation de la pression barométrique qui, pour une valeur non exceptionnelle de 780 mm de mercure alors que la normale est de 758, provoque théoriquement un abaissement du niveau de la mer de 30 cm.

Le polygone n° 24

Pendant l'exécution du réseau des lignes de base, la France s'agrandit en 1860. Le réseau va suivre :

En 1858, Napoléon III et Cavour, au nom du roi de Sardaigne Victor-Emmanuel II, conviennent à Plombières, où le couple impérial « prenait les eaux », que la France aidera les Sardes à chasser les Autrichiens d'Italie. En échange, la France recevra Nice, ainsi que la Savoie qui avait déjà été une première fois française de 1792 à 1814 sous le nom du département du Mont-Blanc. En Avril 1860, par plébiscite, les Savoyards approuvent par 130 533 voix contre 235, leur rattachement à la France, et deux nouveaux départements sont créés, la Savoie et la Haute-Savoie.

Bourdalouë salue l'événement à sa façon, en réalisant le nivellement du polygone n° 23 pour niveler Annecy, et du polygone n° 24 qui va passer par Chambéry et repasser sur le nivellement du col du Mont-Cenis, avec un itinéraire empruntant :

- le Rhône, de Lyon à Culoz,
- la ligne des chemins de fer sardes, dite voie Victor-Emmanuel II par la rive Est du lac du Bourget, de Culoz à Saint-Jean de Maurienne,
- la route impériale n° 6, de Saint-Jean au Col du Mont-Cenis où le bâtiment près de la borne frontière porte le repère le plus haut du réseau (2 082,65),
- la descente jusqu'à Suse en Italie en repassant sur un certain nombre de repères naturels des premières études du chemin de fer du Mont-Cenis (500,138 pour le repère n° 82 à Suse),
- la remontée au Col de Mont-Genèvre en nivelant des repères naturels pour retrouver en France des repères scellés, sur la borne frontière (1 813,21) et sur l'hospice (1 849,52),
- la descente par la route impériale n° 94 jusqu'à Briançon (repère scellé sur la porte de Pignerol : 1 326,51),
- la route impériale n° 91 de Briançon à Grenoble, passant par le Col du Lautaret où l'hospice porte toujours aujourd'hui, sur le bâtiment devenu maison des Ponts et Chaussées, le deuxième repère le plus haut du réseau (2 057,91),
- la ligne de chemin de fer, de Grenoble à Saint-Rambert sur le Rhône,
- et enfin le Rhône de Saint-Rambert à Lyon.



Figure 31 : La maison des Ponts et Chaussées, au Col du Lautaret, et le repère du Lautaret.

Avec 600 kilomètres de périmètre et surtout trois grands cols alpins et 8000 mètres de dénivellation, la fermeture du polygone n° 24 n'est que de 69 millimètres ! C'est la plus forte du réseau des lignes de base, mais est tout de même admirable. On remarque que les altitudes des repères au-dessus de 1000 mètres, sont arrondies au centimètre. Ce n'est pas en raison d'une moindre précision, mais tout simplement parce que les *indicateurs* des repères, étant donné la taille des chiffres, ne peuvent en comporter que six. Ces altitudes, dans les répertoires, sont données également au centimètre, reproduisant fidèlement les altitudes indiquées sur le terrain.

La compensation du réseau des lignes de base

Début 1862, le réseau des lignes de base est très avancé, mais le polygone de Bretagne (n° 1), celui de Normandie au sud de l'estuaire de la Seine (n° 4), ceux des Alpes à l'est de la vallée du Rhône (n° 23, 24, 33 et 34), et celui du Jura à l'est de la ligne de Lyon à Dijon (n° 22), ainsi que ceux situés au sud de la Garonne et du canal du midi (n° 36, 37 et 38), ne sont pas terminés. Bourdaloué va néanmoins procéder à la compensation des polygones déjà fermés pour arrêter des altitudes définitives : on ne peut pas faire attendre plus longtemps la publication du travail exécuté.

La plupart des polygones comportant des itinéraires montagneux sont ainsi exclus de la compensation. De plus, les lignes de La Souterraine à Clermont et de Figeac à Béziers ne sont pas arrêtées et, de ce fait, les deux polygones contigus à chacune de ces lignes, respectivement les polygones n° 26 et 29 et les polygones n° 31 et 35, sont

RÉSULTATS DES POLYGONES

(20 MARS 1862

N° DES POLYGONES.		DIFFERENCES.	
		+	-
POLYgone N°	1	"	"
—	2	"	0 026
—	3	0 036	"
—	4	"	"
—	5	"	0 032
—	6	0 025	"
—	7	0 013	"
—	8	0 061	"
—	9	0 024	"
—	10	0 032	"
—	11	"	0 015
—	12	"	0 029
—	13	0 034	"
—	14	0 018	"
—	15	0 007	"
—	16	"	0 048
—	17	"	0 055
—	18	0 052	"
—	19	"	0 020
—	20	0 013	"
—	21	0 040	"
—	22	"	"
—	23	"	"
—	24	"	"
—	25	"	0 024
—	26 et 29	0 040	"
—	27	"	0 026
—	28	0 018	"
—	30	"	0 013
—	31 et 35	0 033	"
—	32	0 015	"
—	33	"	"
—	34	"	"
—	36	"	"
—	37	"	"
—	38	"	"
Totaux.		0 ^m 461	0 ^m 288
Écart total des 26 Polygones.		+ 0 ^m 173	
Soit pour écart moyen de chaque Polygone de 357 kilomètres de développement.		0 ^m 007	

Figure 32 : Tableau des fermetures des 26 polygones, bouclés au 20 mars 1862.

considérés comme ne formant qu'un seul polygone total. Ce n'est pas une mauvaise chose pour la compensation finale.

Sur les trente-huit polygones initialement prévus, vingt-six sont alors fermés. Pour les quelques itinéraires en altitude qui sont pris en compte, surtout pour ceux dont l'orientation générale est nord-sud, tel Clermont-Ferrand - Le Puy - Mende - Nîmes, Bourdalouë n'a appliqué aucune correction orthométrique ou dynamique, pour tenir compte du défaut de parallélisme des surfaces de niveau terrestres.

Bourdalouë est resté très discret sur la façon probablement empirique, utilisée pour compenser les écarts de fermeture des polygones de son réseau. Il fut plus tard critiqué pour cette phase discutable de son œuvre. Il faut toutefois considérer que plus d'un siècle après son travail, il est aujourd'hui facile de proposer une compensation des fermetures de ses polygones par la méthode des moindres carrés, en oubliant de remarquer que la dite méthode n'était pas encore en France à l'époque, appliquée en géodésie.

Bourdalouë ne fait subir aucune compensation au nivellement de la Loire entre Saint-Nazaire et Briare. En fait, le nivellement de la Loire est triple, avec une ligne sur chaque rive de Nantes à Briare, et une ligne de contrôle en sens contraire et de nombreux points de jonction. Il est considéré de ce fait comme plus précis que les autres. Bourdalouë l'incorpore tel quel au réseau des lignes de base, et les altitudes de 1855 ne seront modifiées que d'une constante, celle qui sera attribuée à l'altitude du trait 3 mètres de l'échelle de Saint-Nazaire. Il en est de même pour le nivellement du Rhône, exécuté en 1857 entre Lyon et Genève et celui de la Seine, exécuté en 1858 entre Paris et Le Havre, qui sont incorporés sans subir de compensation.

Par contre, Bourdalouë ne prend pas en considération le polygone n° 8 dont la fermeture de +61 mm, la plus forte de toutes - elle dépasse la tolérance admise de 5 centimètres - lui semble sujette à caution en raison d'un itinéraire accidenté dans les Ardennes : *les 6 centimètres d'écart proviennent d'une ligne de 133 kilomètres, très accidentée, ... , passant par Uckange, Longwy, Montmédy et Sedan. Cet écart ne pouvant altérer les autres résultats, on a passé outre en ramenant les altitudes d'après les points extrêmes qui ne laissent aucun doute sur leur exactitude.* Pour le reste, il considère sans doute que les écarts à répartir sont si faibles que, quelle que soit la méthode choisie, le résultat n'en serait pas modifié de façon significative.

Bourdalouë arrête ainsi et publie le 20 mars 1862 [18], le résultat des altitudes définitives pour les lignes des 26 polygones fermés.

Pour la Loire, le trait 3 mètres de l'échelle des marées du port de Saint-Nazaire, qui servit en 1855, de zéro au nivellement du fleuve jusqu'à Briare, est à la cote 0,747 m. Toutes les altitudes attribuées alors aux repères de la Loire, sont majorées de 747 mm. Cela est d'autant plus facile que, sur le terrain, il n'y a pas de repères scellés avec indicateurs. Il suffit de publier les nouvelles altitudes des bornes et des points naturels des rives de la Loire.

Pour le Rhône, les altitudes attribuées en 1857 aux repères du fleuve entre Lyon et Genève et à ceux de ces deux villes, sont à minorer de 464 mm, dont 400 sont imputables au fait que la référence était au zéro de l'échelle du port de Marseille et non comme adoptée ensuite pour le nivellement général à 40 cm au-dessus, et le reste à la différence d'Avignon et Lyon, entre le nouveau nivellement par la route de la rive droite du Rhône après compensation, et celui initial du fleuve. Tous les repères de nivellement du fleuve et ceux des villes de Lyon et Genève, reçoivent alors des indicateurs dans la référence du Nivellement général de la France.

Pour la Seine, le zéro de l'échelle du pont de la Tournelle à Paris est trouvé à l'altitude 26,285 et non à la cote 26,25 adoptée par la commission Arago, si bien que les altitudes au-dessus du niveau moyen de la mer, portées par les repères du service municipal, doivent être majorées de 35 millimètres pour être en accord avec les altitudes compensées du Nivellement général de la France. Cela est confirmé à peu de chose près, sur tous ceux de ces repères situés dans le voisinage du pont de la Tournelle, nivelés à nouveau par Bourdalouë en 1858 et 1859.

La précision du réseau des lignes de base

L'analyse critique des 26 écarts de fermeture des polygones bouclés au 20 mars 1862, indiqués dans le tableau récapitulatif et sur la carte du réseau des lignes de base, donne 16 polygones ayant une fermeture positive, dont le total est de +461 mm et 10 polygones ayant une fermeture négative, dont le total est de -288 mm. Dans les deux groupes, la moyenne arithmétique est de 28,8 mm par polygone. Mais après en avoir déduit, avec juste raison, que le polygone enveloppe présente un écart de fermeture positif de +173 mm, Bourdalouë divise à tort ce résultat par 26 pour annoncer un écart moyen de chaque polygone de 7 mm (!), pour un périmètre moyen de 357 km. En fait l'écart moyen quadratique de fermeture d'un des 26 polygones est de 32 mm, ce qui permet d'afficher une erreur moyenne quadratique de 1,7 mm par km. Si l'on considère le polygone enveloppe seul, compte tenu de son périmètre, l'erreur quadratique est alors de 3 mm par km.

La suite des opérations ne permet toutefois pas d'être aussi optimiste. Sur treize polygones bouclés après le 20 mars 1862 (polygones n° 1, 17bis, 17ter, 22, 22bis, 23, 24, 33, 34, 36, 37, 37bis et 38), neuf ont une fermeture positive pour un total de +319 mm et quatre ont une fermeture négative pour un total de -106 mm. L'écart moyen quadratique des fermetures est de 36 mm. Il est à peine supérieur à celui des 26 polygones ayant participé à la compensation du réseau, mais la fermeture du polygone enveloppe a plus que doublé et atteint tout de même 386 millimètres, valeur nettement supérieure aux espérances de Bourdalouë et qui, compte tenu de la longueur du périmètre, correspondrait plutôt à une erreur quadratique de 5 millimètres par kilomètre.

La différence entre les estimations de l'erreur moyenne quadratique par kilomètre pour un polygone isolé et pour le polygone enveloppe, semble bien montrer, ce qui fut constaté plus tard sur d'autres canevas importants, que les grands nivellements sont entachés d'erreurs systématiques.

L'achèvement du réseau des bases

Les opérations du réseau des lignes de base sont terminées en 1864, et le résultat des opérations est alors publié en 1865 par département, en trois tomes [19]. Les indications sont très soigneusement vérifiées et les quelques erreurs sont consignées dans les errata et, de plus, corrigées à la main sur chacun des 400 exemplaires.

Ce réseau des bases est l'un des tout premiers de grande envergure qui aient été réalisés dans le monde, et sa précision est remarquable pour l'époque. D'ailleurs, toutes les sections du réseau ont été par la suite incorporées au nouveau réseau qui sera entrepris en France, à partir de 1884, avec réitération pour le réseau de 1^{er} ordre, et généralement sans réitération pour les autres ordres.

Les nivellements municipaux

En même temps que le réseau des bases, outre Lyon et Genève, Bourdaloué exécute des nivellements dans certaines grandes villes à la demande des municipalités, comme :

- Rouen en 1860 en vue d'une distribution d'eau, sur des plaques métalliques [17]
- Orléans en 1862.

À Bourges, le rattachement au réseau des lignes de base, du canevas des anciens repères de 1850-54 et de ceux de 1858 posés en vue de la distribution d'eau [14] [15], montre que les altitudes portées par les indicateurs dans le système du Nivellement du département du Cher sont trop élevées de 2,487 mètres, et dans les répertoires du réseau des lignes de base, les altitudes des repères sont données dans le système national avec rappel des altitudes portées par les indicateurs.

À Lyon et à Genève, les altitudes de 1858 sont à minorer de 464 millimètres, comme pour le Rhône entre ces deux villes. Le zéro de l'échelle du pont Tilsitt à Lyon, est alors à l'altitude 160,319.

D'autres villes s'étaient déjà dotées d'un nivellement exécuté par leur service municipal :

À Marseille, nous l'avons vu, des plaques repères avaient été nivelées avec comme référence le zéro de l'échelle du vieux-port ; pour ramener les altitudes indiquées sur les plaques à celles du réseau des bases, il faudra les diminuer de 402 millimètres.

En province, de nombreuses villes établissent un réseau de repères de nivellement rattaché au réseau des lignes de base. Les repères sont copiés sur les repères Bourdaloué du type de 1858, seule l'expression « Nivellement général de la France » est rem-

placée par la mention « Ville de ... ». Telles sont pourvues par exemple, les villes de Clermont-Ferrand, Versailles, Lille, Reims, Châlons-sur-Marne, Nancy ou Dijon. Dans cette dernière ville, un gros repère central, d'un diamètre exceptionnel de 200 mm, est scellé sur la façade du Palais des Ducs et des États de Bourgogne, et porte la cote 246,000.

D'autres villes de moindre importance, qui ne se trouvent pas à proximité d'une des lignes de base, adoptent une altitude de référence approchée, comme cela avait été le cas à Bourges en 1850. C'est le cas de Pithiviers dans le département du Loiret en 1877, dotée de repères copiés sur le type de 1858, mais portant pour inscription : Nivellement de Pithiviers, au-dessus du niveau de la mer (on ne fait plus référence au niveau *moyen* de la mer).

Le réseau de détail, ou nivellement départemental

Tout en réalisant le réseau des lignes de base, Bourdaloué souhaite l'exécution d'un réseau de détail. Il se comporte à nouveau comme un entrepreneur privé et propose d'effectuer, pour la France continentale entière, des travaux de nivellement dans une « soumission » où il évalue la dépense à 80 000 Francs pour chaque département, montant que lui a coûté le nivellement du département du Cher.

C'est ainsi que le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics adresse à tous les Préfets une circulaire n° 18 le 15 Juillet 1857 et une autre n° 31 le 16 Août 1858 dans lesquelles, après avoir montré tout l'intérêt d'un nivellement général de détail de la France, il leur demande d'inciter les Conseils généraux de chaque département à prévoir des crédits de 40 000 Francs, l'État s'engageant à prendre la moitié de la dépense à sa charge. De plus, cette dépense pourra être étalée sur sept années, durée prévue pour chaque nivellement départemental.

Les avantages que l'on doit attendre d'un nivellement général, sont ainsi explicités dans ces circulaires :

Le nivellement général de la France serait destiné :

1° A fixer, pour les divers services, un seul plan horizontal de comparaison qui sera le niveau moyen de la mer ;

2° A procurer de nombreux points de repère pour prévenir toute erreur dans les opérations si multipliées que nécessitent journellement le règlement des cours d'eau, l'établissement des lignes de navigation, les projets de drainage, d'assainissement, d'irrigation, de routes, de chemins de fer, etc. ;

3° A accuser sur les copies si précieuses des cartes d'État-major (échelle de 1/40 000) le relief exact du terrain, de manière à rendre certaines et rapides les études des avant-projets que l'ingénieur

peut être appelé à présenter dans l'intérêt de la France, à éviter désormais les dépenses énormes faites chaque année, en pure perte, pour toutes les études particulières, pour tous les nivellements partiels que l'on ne peut relier entre eux en l'absence d'un plan horizontal de comparaison.

On retrouve le découpage des minutes au 1/40 000 de la carte d'État-major, découpage que Bourdalouë avait déjà utilisé pour le département du Cher.

On note que du fait de l'existence du réseau des bases qui dessert chaque chef-lieu de département, le nivellement de détail financé par un département, n'est pas tributaire des décisions des départements voisins, et que les départements pourront ainsi être équipés au fur et à mesure des crédits votés par leurs Conseils généraux. Bel exemple de décentralisation !

Un des premiers départements à s'équiper est le Nord, D'autres suivent, tels la Seine-et-Marne, l'Aube, etc.

Les circulaires Bourdalouë

À l'intention des opérateurs du Nivellement général de la France, Bourdalouë fait paraître à Bourges, à partir de 1859, des « Instructions » sous couvert du Ministère de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics, Direction générale des Ponts et Chaussées, Établissement des Bases du Nivellement général de la France. Ces textes, tous ensemble, constituent un véritable traité de nivellement. Les 18 premiers ont été réunis dans le 4^e volume « notes diverses » du Nivellement général de la France [21] :

- Circulaire n° 1 (5 novembre 1859) : Les opérateurs du Nivellement général de la France, qui ont tous reçu le traité du nivellement de Breton de Champ [N 9], sont informés qu'ils vont être attributaires de circulaires d'instructions.
- Circulaire n° 2 (14 Décembre 1859) : « Mission de l'opérateur et du lecteur ».
- Circulaire n° 3 (28 Novembre 1859) : « Mires n° 1 à 5 ».
- Circulaire n° 4 (20 Février 1860) : « Mire n° 6 ».
- Circulaire n° 5 (21 Février 1860) : « Repères », qui reprend la circulaire ministérielle du 15 Novembre 1858.
- Circulaire n° 6 (28 Février 1860) : « But du Nivellement général de la France ».
- Circulaire n° 7 (7 Mai 1860) : « Fiches d'acier pour les nivellements de précision » où il est précisé que *l'espacement moyen des repères étant d'un kilomètre environ, il en résulte que l'opération a besoin, pour franchir cette distance, d'emprunter au moins trois points intermédiaires*. Ces points auxiliaires sont matérialisés par des fiches d'acier.
- Circulaire n° 8 (15 Novembre 1860) « Repère unique auquel les altitudes du Nivellement général de la France doivent être rapportées ».
- Circulaire n° 9 (15 Décembre 1860) « Hauteur du niveau apparent au-dessus du niveau vrai et élévation causée par la réfraction ».
- Circulaire n° 9 bis (12 Janvier 1861) « Moyen facile de déterminer la distance du niveau à la mire ».
- Circulaire n° 10 (17 Décembre 1860) « Définition à but des nivellements. Moyens d'opérer ».

- Circulaire n° 11 (30 Décembre 1860) « Niveau des charpentiers et des maçons ».
- Circulaire n° 12 (2 Février 1861) « Niveau d'eau ».
- Circulaire n° 13 (20 Mars 1861) « Niveau à bulle d'air, dit bulle des ouvriers ».
- Circulaire n° 14 (25 Février 1862) « Description du Niveau Bourdalouë ».
- Circulaire n° 15 (1^{er} Septembre 1862) « Pantosymmètre n° 1 ».
- Circulaire n° 16 (1^{er} Juin 1863) « Pantosymmètre à détente ».
- Circulaire n° 17 (1^{er} Juin 1863) « Baromètre anéroïde ».
- Circulaire n° 18 (1^{er} Juillet 1863) « Conservation du Cadastre ».
- Circulaire n° 19 (1^{er} Mai 1867) « Pantosymmètre fil à plomb » [22] : Bourdalouë présente un nouveau modèle de son pantosymmètre, muni d'un dispositif pendulaire, en fait un des premiers appareils topographiques à verticale automatique.

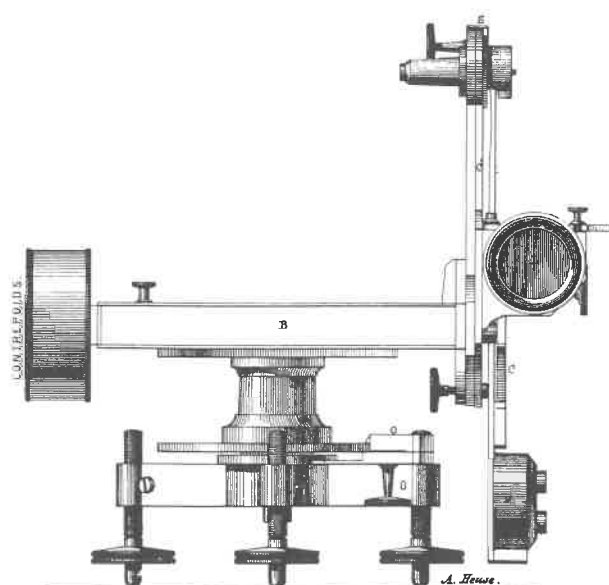
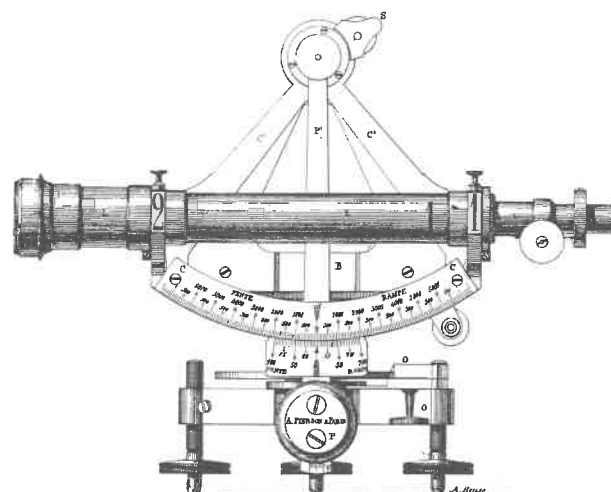


Figure 33 : Le Pantosymmètre fil à plomb.

Les honneurs et les remerciements

Le temps des honneurs est venu. Bourdalouë est élu premier adjoint au Maire de Bourges, et en 1863 est fait Officier de la Légion d'Honneur.

En remerciement, alors qu'il avait déjà pris une part importante à l'aménagement de la ville de Bourges, Bourdalouë fait édifier à ses frais, devant la Préfecture, place de l'Arsenal près de laquelle il habitait, aujourd'hui place de la Préfecture, une belle fontaine maintenant classée à l'Inventaire des Monuments Historiques, encore connue de nos jours sous le nom de « Fontaine Bourdalouë ».

Il se charge également à Bourges de la direction des travaux de construction de la Clinique des Sœurs de Marie Immaculée, place du Château, et participe à son financement.

Ses travaux lui valent également de nombreuses distinctions étrangères :

— en 1864, Chevalier de l'Ordre du Lion Néerlandais,

— en 1865, Commandeur de l'Ordre des Saints Maurice et Lazare d'Italie, et décoration de l'Ordre de l'Aigle Rouge du Roi de Prusse,

— en 1866, Officier de l'Ordre de Guadalupe de l'Empereur du Mexique.

Au début de 1868, du fait de sa santé, il se retire du Conseil Municipal.



Figure 34 : La Fontaine Bourdalouë, place de la Préfecture, à Bourges.



Figure 35 : La tombe de la famille Bourdalouë au cimetière des Capucins à Bourges et son repère de nivellement.

Le souvenir

Bourdalouë nous laisse des milliers de repères de nivellement, répartis dans toute la France, comme autant de témoignages de son œuvre.

Il s'éteint à 70 ans, le 21 Juin 1868 à 10 heures du soir, dans sa maison de Bourges, au n° 16 de la rue des Armuriers, après une vie bien remplie. Il repose depuis dans le caveau familial du cimetière des Capucins à Bourges et, comme il l'avait souhaité, sous un repère qu'il avait scellé sur le tombeau lors du nivellement de la Ville de Bourges en 1858 pour l'adduction d'eau, et portant l'altitude 150,083.

Lors de l'établissement du réseau des lignes de base du Nivellement général de la France, Bourdalouë s'était rendu compte que les altitudes du département du Cher, dont l'origine avait été fixée à partir de la cote du repère de l'État-major de la cathédrale de Bourges, étaient trop élevées de 2,487 mètres. Cet écart ramenait la cote du repère de la sépulture à la valeur 147,596, comme indiquée dans les répertoires de 1864.

Une satisfaction posthume devait lui être donnée. En 1878, M. de Freycinet, Ministre des Travaux publics, institue sous sa présidence, une commission centrale des travaux à effectuer pour compléter l'œuvre de Bourdalouë. En suivant ses

méthodes, sont prévus en premier lieu, 25 000 km de nivellement de précision le long des voies de communication et des cours d'eau, et 840 000 km de nivellement intercalaires, qui doivent permettre en second lieu, de tracer les courbes de niveau sur des cartes à 1/10 000, établies à partir des plans cadastraux, sur lesquelles « chaque repère de nivellement serait indiqué à sa place ». Pour réaliser la première partie qui seule fut financée, le Service du Nivellement Général de la France est créé en 1884, sous la direction de Charles Lallemant.

C'est ainsi que, quelques dizaines d'années plus tard, ses niveleurs n'ont pas manqué de venir rendre hommage à leur « Ancien », au cimetière des Capucins à Bourges, en posant à leur tour leur mire sur le repère d'altitude 150,083 qui depuis, et encore aujourd'hui, est assorti d'une pastille émaillée portant le matricule G'a k₃ 75^a et l'altitude 147,12. L'écart de 2,963 mètres est imputable pour 2,487 m, comme on vient de le dire, au nivellement du département du Cher, et le reste, soit 0,476 m, à la discordance entre les deux nivellements fondamentaux depuis Marseille. On constate d'ailleurs ce même écart de près de 3 mètres, entre les altitudes portées sur la carte d'État major ou sur celles des planches du Nivellement général du département du Cher d'une part, et sur celles de la carte moderne d'autre part.

Un autre hommage devait lui être rendu un peu plus tard. On se souvient qu'à Bourges, la rue portant le nom du prédicateur Louis Bourdaloue, avait été débaptisée en 1902. Le nom étant en quelque sorte disponible, un nouveau Conseil municipal, par une délibération en date du 5 mars 1909, décide de donner le nom de Paul-Adrien Bourdalouë à la rue bordant la façade de la clinique qu'il avait aidée financièrement à construire, et longeant la place du Château.

BIBLIOGRAPHIE

N.B. : Les lettres placées à la fin de la citation d'un ouvrage, indiquent les lieux où il peut être consulté :

- A : Bibliothèque municipale des 4 piliers, Bourges.
- B : Bibliothèque de l'Institut Géographique National, Saint-Mandé.
- C : Bibliothèque de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.
- D : Bibliothèque de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- E : Bibliothèque de l'École Nationale Supérieure des Techniques industrielles et des Mines d'Alès.
- F : Bibliothèque du Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.
- G : Archives de la Société Nationale des Chemins de fer Français, Direction de l'Équipement, Service topographique, Paris.
- H : Bibliothèque de l'Association Française de Topographie, Paris.



Figure 36 : La rue Bourdalouë, à Bourges. Au fond, la clinique des sœurs de Marie-Immaculée, toujours en activité aujourd'hui.

A - OUVRAGES de BOURDALOUË

[1] Manuscrit de BOURDALOUË, Notice - Amélioration du niveau-cercle Égault et construction de nouvelles mires, par M BOURDALOUË, Ingénieur-résident des chemins de fer du Gard, conducteur des Ponts et Chaussées, 1844.(C)

Fac-similé dans la revue XYZ n° 23 de Septembre 1985 et dans « Mesurer la Terre, 300 ans de Géodésie française », par J.-J. LEVALLOIS (chapitre IX, pages 124 et 125). (H)

[2] Notice sur le Nivellement, édition du manuscrit ci-dessus, 1844.

[3] Mine de la Grand-Combe. Chemin de fer et plan automoteur « à double effet » construit en 1844 à Champclauzon, 1 atlas in-folio. (A)

[4] Nouvelle notice sur les Nivellemens, Valence 1847, 1 volume in-8°, 256 pages.(A)(F)

[5] Études de l'isthme de Suez et de basse Égypte faites en 1847 sous la direction de Paulin TALABOT : Carte à l'échelle de 1/20 000 en 18 feuilles de format grand aigle.(A)

[6] Notice sur le nivellement de l'isthme de Suez. Études faites en 1847, Bourges 1855 : 2 cahiers in-4°, 14 pages et atlas. (A)(C)

[7] Mission Bourdalouë exécutée en 1852 : Traversée du Mont-Cenis par chemin de fer, 1 atlas in-folio. (A)

[8] Projet d'amener les Eaux à Bourges, 1852. 1 cahier in-8°, 14 pages. (A)

[9] Nivellement général du Département du Cher, Bourges 1852-1855, 4 volumes in-8° et un atlas in-folio.(C) et, à l'exception du premier volume, (A)(D)(F)

[10] Nivellement général de la Loire, 1^{er} volume de Saint-Nazaire à Briare, exécuté en 1855, Bourges 1855 : 1 volume in-8°, 11 pages.(A)(C) 2^e édition 1856. (C)

[11] Nivellement général du Rhône, entre la Méditerranée et Genève, exécuté en 1856 et 1857, Bourges 1858 : 1 volume in-8°. (A)(C)

[12] Nivellement général de la Ville de Lyon, exécuté en 1857. Bourges 1857-1858 : 1 volume in-8°, 21 pages, 4 tables. (A)(C)

[13] Nivellement général entre Paris (l'Observatoire) et Nevers pour servir de base au nivellement du chemin de fer du Bourbonnais, exécuté en 1856. Bourges 1859 : 1 volume in-8°, 5 pages. (A)

[14] Première notice sur les Eaux de la Ville de Bourges. 1857 : 1 volume in-8°, 23 pages. (A)

[15] Deuxième notice sur les Eaux de la Ville de Bourges. Février 1859 : 1 volume in-8°, 22 pages. (A)

[16] Nivellement général de la France. Lignes de base. Navigation de la Seine :

— 1^{re} section de Marcilly au Pont de Bercy exécuté en 1859,

— 2^e section du Pont de Bercy au Pont d'Auteuil, exécuté en 1858-59,

— 3^e section du Pont d'Auteuil à Rouen, exécuté en 1858-59,

— 4^e section de Rouen à Quillebeuf, de Quillebeuf au Havre et de Quillebeuf à Trouville, exécuté en 1860

Imprimerie Jollet, Bourges, 1861 : 1 volume in-8°. (A)

[17] Ville de Rouen. Nivellement de précision exécuté en 1860. Bourges 1861 : 1 volume in-8°, 99 pages. (A)

[18] Nivellement général de la France. Réseau des lignes de Bases, 20 mars 1862. Bourges, Jollet, imprimeur du Nivellement général de la France, de la Préfecture, de la Mairie, etc. : 1 atlas in-folio. (B)(G)

[19] Nivellement général de la France, Résultats des opérations exécutées pour l'établissement du réseau des lignes de Bases, Bourges, Pigelet, 1862-65 : 3 volumes in-8° et un atlas in-folio. (A)(B)(C)(D)

1 - Départements Ain - Finistère,

2 - Départements Gard - Moselle

3 - Départements Nièvre - Yonne

[20] Nivellement général de la France. Propositions relatives aux travaux restant à faire pour terminer le Nivellement général, Bourges, Pigelet 1863 : 1 volume broché in-8° avec planches. (C)(D)

[21] Nivellement général de la France, Notes diverses, Bourges, Pigelet 1864 : 1 volume in-8°. (B)

[22] Circulaire n° 19. Pantosymètre fil à plomb, Bourges, Pigelet, 1867 : 1 vol. in-8°, 100 pages. (A)(C)(F)

[23] Nivellement général de la France. Carte des lignes de base. Ministère des Travaux publics. Paris 1868. (C)

[24] Nivellement général du département du Nord. Résultat des opérations de 1869 à 1875, opérations confiées à M. Leclère. Pigelet 1877 : 1 volume in-8°, 610 pages. (A)

B - LES PREMIERS OUVRAGES SUR LE NIVELLEMENT

[N 1] Traité du Nivellement, par l'abbé Jean PICARD de l'Académie royale des sciences, avec une relation de quelques Nivellemens faits par ordre du Roy, mis en lumière par les soins de M. de la HIRE, de l'Académie Royale des Sciences et Professeur Royal en Mathématique, Paris, chez Estienne Michallet, 1684, 1 vol. in-12°. (C)(H)

[N 2] Traité de nivellement contenant la théorie et la pratique de cet art, par BULLET, Paris, Nicolas Langlois 1689 : 1 vol. in-12°. (C)

[N 3] Traité sur la théorie et la pratique du nivellement, par le Chevalier de LESPINASSE, Avignon 1768 : 1 vol. in-4°. (C)

[N 4] Traité complet sur la théorie et la pratique du nivellement, par J.A. FABRE, Draguignan 1809 : 1 vol. in-4°. (C)(F)

[N 5] Traité du nivellement, par P. BUSSON-DESCARS, Parme, Bodoni 1813 : 1 vol. in-4°. (C)

[N 6] Mémoire sur le Nivellement général de la France et les moyens de l'exécuter, par GIRARD (P.S). Paris 1825 : 1 volume broché in-8°. (C)

[N 7] Mémoire sur les niveaux-cercles et autres instruments, par LENOIR fils. Paris - Boucher 1825 : 1 volume in-8° oblong. (C)

[N 8] Art du Nivellement et applications de cet art à la construction des routes, chemins de fer ... , par E. DUBREUIL, Ingénieur architecte, Paris - librairie L. Mathias 1842. (C)(F)

[N 9] Traité du Nivellement comprenant la théorie et la pratique du nivellement ordinaire et des nivellements expéditifs, par Paul Émile BRETON (DE CHAMP), Ingénieur du corps des Ponts et Chaussées, ancien élève de l'École Polytechnique, Paris :
— Première édition : 1848. (F)
— Seconde édition, revue, corrigée et augmentée : 1861. (F)

C - ESSAIS sur Paul-Adrien BOURDALOUË

[E 1] Paul-Adrien BOURDALOUË, ses ascendants et ses collatéraux, par le Vicomte Charles de LAUGARDIERE, ancien conseiller à la Cour de Bourges, Président de la Société des Antiquaires du Centre : Bourges, chez Louis Renaud, éditeur, 12 rue Moyenne - 1903. Une plaquette in-8°, 19 pages. (Bibliothèque Nationale, cote 8 Lm²⁷ 50298)

[E 2] Sur les traces de P.-A. BOURDALOUË : Plaquette (bande dessinée) par J. et François BODIN, publiée par la Chambre départementale des Géomètres-Experts du Cher, à l'occasion de l'Assemblée Générale des Géomètres-Experts de la Région Centre, le 15 Mai 1992. (H)

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

— Portrait en buste de Paul-Adrien Bourdalouë, peint par Numa Boucoiran (né et mort à Nîmes. 1805-1869). Collection particulière. Photo « ZOOM-Studio ». Bourges.

— Bornes de la Loire : Gérard ROBINEAU, Fleury-lès-Aubrais.

— Niveau Bourdalouë et Médaille Bourdalouë : Daniel MENET / IGN, Département Communication, Saint-Mandé.

— Tombe de la famille Bourdalouë : André BAILLY, AFT Paris.

— Autres : par l'Auteur.



Figure 37 : Paul-Adrien Bourdalouë, médaillon conservé au Service du Nivellement Général de la France (Institut Géographique National, Saint-Mandé) et fac-similé de sa signature.

Traité

PRÉSENTÉ PAR M. BOURDALOUE

ET APPROUVÉ

PAR S. EXC. M. LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DES TRAVAUX PUBLICS.

EN CE QUI CONCERNE LES LIGNES DE BASE.



Par décision du 15 juillet 1857, Son Excellence M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics a chargé M. PAUL-ADRIEN BOURDALOUE de l'exécution du Nivellement général de la France, qui comprendra deux opérations distinctes :

1° L'une, de haute précision, s'appliquant seulement aux lignes de bases destinées à servir de repères pour le nivellement de détail et, en même temps, à fixer le niveau moyen de la mer auquel toutes les altitudes seront rapportées;

2° L'autre, de détail, au moyen de laquelle on rapportera, au plan de comparaison ainsi déterminé, autant de points de la surface du sol qu'il sera nécessaire pour en faire connaître le relief, suivant ce qui sera indiqué ci-après :

1° BASES DU NIVELLEMENT GÉNÉRAL.

ARTICLE 1^{er}.

Le développement total des lignes de bases du nivellement de haute précision est évalué à dix mille kilomètres; ces lignes traverseront la France et l'envelopperont suivant les directions qui seront successivement déterminées.

ARTICLE II.

Chacune de ces lignes sera l'objet d'un triple nivellement dont les résultats seront consignés pour chacun de ces nivellements sur deux registres tenus, l'un par l'Opérateur, l'autre par le Lecteur. Ces registres devront présenter la plus grande précision.

En cas de discordance entre les résultats des trois doubles nivellements, de nouvelles opérations auront lieu jusqu'à ce qu'il n'y ait plus rien à désirer sous le rapport de l'exactitude, ainsi que cela vient d'être pratiqué pour le nivellement de précision du Rhône (M. Kleitz, Ingénieur en chef).

ARTICLE III.

Sur ces grandes lignes de bases, on déterminera au moins un repère par 2 kilomètres. A défaut de repères spéciaux sur ces lignes, on prendra des points de repère sur les bornes kilométriques, sur les points les plus saillants des ouvrages d'art et des édifices, sur les échelles des fleuves, rivières et ports de mer.

La fourniture et le placement des repères spéciaux qui pourraient être reconnus nécessaires ne font point partie du présent Traité.

ARTICLE IV.

La tolérance pour les lignes de ceinture est de 10 centimètres, et, pour chacune des autres lignes, de 5 centimètres.

ARTICLE V.

Comme garantie de la vérité des opérations, tous les registres de terrain seront écrits à l'encre sans qu'aucune rature ni surcharge y puisse exister. Les Opérateurs, en cas d'erreur d'inscription, devront de suite en faire mention en regard, en passant un simple trait sur l'écriture infidèle, et inscriront à la suite l'observation vraie.

ARTICLE VI.

Chaque carnet du registre sera remis journellement à la poste à l'adresse du Ministère, afin de recevoir, comme premier enregistrement, le timbre postal; à cet effet, ils seront sans enveloppe, la couverture portant par impression l'adresse, conformément d'ailleurs au modèle joint aux présentes conventions.

ARTICLE VII.

Ces registres seront aussitôt visés au Ministère, pour être expédiés, sans retard, au bureau central de Bourges (les bureaux ne peuvent être établis à Paris : la dépense pour loyers, chauffage et calculateurs triplerait) où ils seront calculés, et leurs résultats portés immédiatement sur les feuilles de balance dont le modèle, adopté pour le Rhône, est ci-joint. Ces feuilles de balance seront également adressées au Ministère pour y être visées.

ARTICLE VIII.

Afin de prévenir la perte d'un Carnet, ils seront immédiatement reliés, par nature de ligne, ainsi que les feuilles de balance, pour être ensuite, à la fin des travaux, déposés aux Archives.

ARTICLE IX.

Au fur et à mesure de l'avancement des opérations, les résultats seront adressés au Ministère et à tous les Ingénieurs dont les services seront traversés par les lignes de bases, afin qu'on puisse les utiliser et, par conséquent, les vérifier.

ARTICLE X.

Enfin, aussitôt que le plan de comparaison aura été fixé par l'Administration, au moyen du nivellement qui reliera tous les ports de mer, les résultats obtenus seront imprimés à 400 exemplaires en fonction de ce plan unique de comparaison.

2° NIVELLEMENT GÉNÉRAL DES DÉPARTEMENTS.

ARTICLE XI.

Les opérations de haute précision des bases terminées, on pourra immédiatement commencer le Nivellement général. Le type est celui du département du Cher, dont M. Bourdaloue a fait hommage à ses concitoyens.

NIVELLEMENT GÉNÉRAL DE LA FRANCE.

ARTICLE XII.

Les altitudes seront hectométriques, pour les routes, d'après le piquetage fait par les soins de l'Administration des ponts et chaussées; des repères seront pris sur les bornes kilométriques et sur les points les plus saillants des principaux travaux d'art, ainsi qu'au zéro des échelles des fleuves et rivières.

ARTICLE XIII.

Pour chaque département, le travail se composera :

- 1° D'environ 120 volumes-minutes;
- 2° De 3 volumes de tables de repères, pour les routes impériales, départementales, de grande communication et d'intérêt commun, canaux et cours d'eau;
- 3° D'une carte générale du département, échelle $\frac{1}{200,000}$, avec courbes horizontales, servant en outre de tableau d'assemblage;
- 4° D'environ 20 cartes, copie des minutes de l'État-major, échelle $\frac{1}{40,000}$.

ARTICLE XIV.

Ces volumes de tables et cartes seront tirés à 400 exemplaires, dont moitié pour le Ministère, et le surplus pour les départements à qui incombera la moitié de la dépense.

ARTICLE XV.

Les départements du Cher et de la Seine, pour lesquels le Nivellement général est exécuté, sont exceptés, ainsi que la Corse pour laquelle il sera statué ultérieurement.

ARTICLE XVI.

La tolérance dans les altitudes par département sera :

- 1° Pour les routes impériales et les cours d'eau, de *cinq centimètres*, quelle que soit leur longueur;
- 2° Pour toutes les autres voies de communication, de *dix centimètres*;
- 3° Et, pour les altitudes de remplissage des polygones, de *trente centimètres*.

ARTICLE XVII.

La franchise postale, dans l'intérêt surtout d'un prompt service, sera accordée pour les papiers et Carnets du Nivellement général, à l'exception toutefois du transport des cartes, des volumes des tables et des 10,000 volumes-minutes qui, après les travaux, seront déposés soit aux Archives départementales, soit au Ministère.

ARTICLE XVIII.

Tous les frais généralement quelconques seront à la charge de M. Bourdaloué, tant pour les bases que pour le Nivellement général, y compris la fourniture de tous les instruments qu'il fait construire. Il sera maître du choix des lignes de base et de tous les moyens qu'il jugera convenables, afin d'arriver aux meilleurs résultats et à la précision voulue.

3° PAYEMENTS.

ARTICLE XIX.

Le kilomètre des lignes de bases sera payé *cinquante francs l'un*, compris la publication des tables des repères à 400 exemplaires (1). Les résultats définitifs du nivellement de chaque département seront consignés dans 3 volumes de texte et sur 20 ou 25 cartes qui seront tirées à 400 exemplaires, moitié à la charge du département, moitié à la charge de l'État.

ARTICLE XX.

Les paiements auront lieu au fur et à mesure de l'avancement des travaux et des achats d'instruments, sous la réserve d'un dixième de garantie, qui sera payé par département, immédiatement après la remise de toutes les pièces du Nivellement.

4° ÉPOQUE DE LA LIVRAISON DES TRAVAUX.

ARTICLE XXI.

Les 400 volumes de repères des bases devront être livrés au Ministère, au plus tard dans le délai de deux ans et demi, à dater du jour où l'ordre aura été donné de commencer.

ARTICLE XXII.

Tous les atlas et tables du Nivellement général des départements devront être livrés huit années après.

ARTICLE XXIII.

Les travaux seront conduits de sorte qu'en moyenne dix départements puissent être nivelés et livrés par année.

ARTICLE XXIV.

Dans le cas où l'Administration ordonnerait la cessation absolue ou l'ajournement indéfini des opérations qui font l'objet du présent Traité, il serait procédé conformément à ce qui est prescrit par les art. 36 et 40 des clauses et conditions générales, jointes à la circulaire du Directeur général des ponts et chaussées, en date du 25 août 1833.

ARTICLE XXV.

Le présent traité ne deviendra définitif, en ce qui concerne le Nivellement général des départements, qu'après que l'expérience aura fait reconnaître s'il est possible de rassembler, pour cette entreprise, un personnel assez nombreux et capable.

Dans le cas où les prévisions de M. Bourdaloué, à ce sujet, viendraient à ne pas se réaliser, il ne sera point tenu de pousser l'opération au delà des lignes de bases.

Il devra faire connaître son intention à l'égard du Nivellement général des départements, au plus tard, en recevant le solde de la partie de l'opération relative aux bases. Faute par lui de s'être expliqué avant ce temps, il sera présumé avoir opté pour la continuation de l'entreprise; il devra commencer cette seconde série d'opérations, aussitôt après la notification qui lui sera faite de la décision par laquelle le Traité sera rendu définitif.

Bourges, le 30 juillet 1857.

Présenté par le soussigné.

BOURDALOUÉ.

(1) Néanmoins, seront déduites du compte toutes les sommes perçues pour les nombreuses lignes de chemins de fer qui feront partie des bases; car les Compagnies qui y ont intérêt offriront, sans doute, de payer le prix entier, ou au moins moitié.



la vie des régions

Autour des tartes flambées

**Retenez cette date :
vendredi 4 octobre 1996 - 14 h**

AFT

Section régionale «Alsace-Moselle» Pierre Grussenmeyer - président de la section

Je vous invite, à l'AFT, pour faire le bilan des actions en cours (régionales, nationales et internationales) impliquant l'association.

Devant le poste de garde de la société STRACEL, 4 rue Charles Friedel, Port du Rhin, Strasbourg.

Nous visiterons les installations techniques de la société, notamment la chaîne de fabrication de papier journal qui défile à 90 km/h sur des rouleaux larges de 8 mètres !

Notre collègue Jean-Claude Legorgeu, géomètre expert à Strasbourg, fera un exposé sur les méthodes

de contrôle d'alignement mis en œuvre et Patrick Metz, ingénieur responsable de la maintenance nous fera découvrir la société et le fonctionnement des chaînes de production du papier.

Vers 16h, après cette visite, je vous invite et vous attend à la Maison de l'Ingénieur, 54 boulevard d'Anvers pour notre **Assemblée Générale**, avec André Bailly, président de l'AFT, Roger Schaffner, président d'honneur, et j'aurais le plaisir de vous entretenir sur notre activité au plan international.

Rassurez-vous, nous finirons la journée autour de quelques tarte flambées ! (à 18h 30 - frais partagés).

Mais prévenez-nous de votre présence (Grussenmeyer, 24 boulevard de la Victoire, 67084 Strasbourg Cedex - Tél. : 88 14 47 33 - Fax : 88 24 14 90).

Du nouveau dans la Télémétrie Laser

- **ENRICHISSEMENT SIG**
- **MORPHOLOGIE, PROFIL DE TERRAIN**
- **MESURE DE SURFACE, VOLUME ...**

RÉFLEXION DIRECTE SUR LA CIBLE

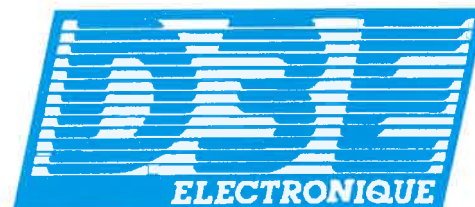


Un seul opérateur, sans réflecteur = Gain de temps

DISTANCE - AZIMUT - INCLINAISON

Le CRITERION, télémètre laser portable, représente une avancée certaine par rapport aux équipements de mesure traditionnels. Très facile d'emploi, il offre un gain de productivité important. Le CRITERION permet aussi d'étendre le domaine d'utilisation des récepteurs GPS.

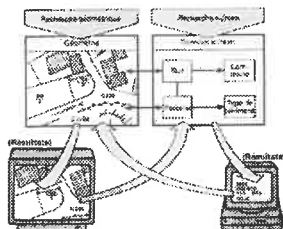
**LASER
TECHNOLOGY**



GPS & Télémétrie Laser
Parc d'activités SAVIPOL BP 55
10302 Ste Savine Cedex
Tél. 25 71 31 54 Fax 25 79 95 76



INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL
ÉCOLE NATIONALE
DES SCIENCES
GÉOGRAPHIQUES



PROCHAINE SESSION

- 5 jours
- du 16 au 20 juin 1997 à Marne-la-Vallée
- 6 stagiaires maximum par session
- 6 700 F TTC

SIG

UTILISATION EN CARTOGRAPHIE

(stage CAI)

- Comprendre et utiliser les fonctions d'un SIG (ARC-INFO), pour l'exploitation cartographique d'une base de données.
- Pouvoir développer des applications simples

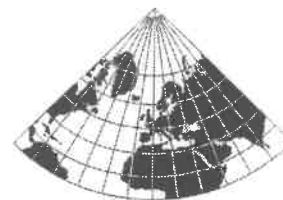
SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE ET DE COORDONNÉES

(stage RC)

- Maîtriser les concepts servant à la définition des coordonnées
- Savoir utiliser un logiciel de transformations de coordonnées
- Savoir évaluer la qualité d'une transformation de coordonnées

PROCHAINE SESSION

- 3 jours
- du 20 au 22 Novembre 1996 à St-Mandé
- de 6 à 12 stagiaires par session
- 5 500 F TTC
- et du 24 au 26 Février 1997 à Marne-la-Vallée



PROCHAINE SESSION

- 5 jours
- du 24 au 28 Mars 1997 à Marne-la-Vallée
- de 6 à 12 stagiaires par session
- 9 200 F TTC

PRATIQUE DU GPS EN GÉODESIE ET TOPOMÉTRIE

(stage RI)

- Connaître les notions fondamentales du système GPS
- Être capable de mener à bien les opérations GPS, depuis la planification des observations jusqu'à la compensation de réseau et l'insertion dans un réseau préexistant

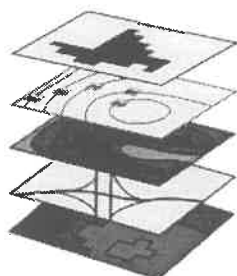
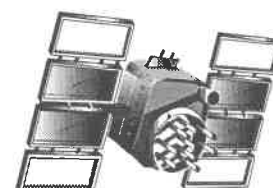
PRÉSENTATION DU SYSTÈME GPS

(stage RIF)

- Connaître les différentes possibilités d'utilisation du GPS
- Savoir choisir le type d'utilisation selon l'application

PROCHAINE SESSION

- 1 jour
- Le 12 Décembre 1996 à St-Mandé
- de 6 à 15 stagiaires par session
- 1 000 F TTC
- et le 11 Mars 1997 à Marne-la-Vallée



PROCHAINE SESSION

- 5 jours
- du 7 au 11 Octobre 1996 à St-Mandé
- 20 stagiaires maximum par session
- 9 800 F TTC
- et du 26 au 30 Mai 1997 à Marne-la-Vallée

SIG

LA MISE EN PLACE D'UN PROJET

Système d'Information Géographique (stage SIG2)

- Maîtriser l'ensemble des concepts associés aux systèmes d'information géographique.
- Définir les besoins, choisir un type de logiciel



GÉOMETRES SANS FRONTIERES SUR INTERNET

Géomètres Sans Frontières dont les objectifs humanitaires sont de rassembler, d'aider, de rapprocher, et de former, avait besoin d'un véhicule d'information puissant et universel pour y parvenir.

Pourquoi avoir choisi Internet ?

Parce qu'Internet répond point par point à ses objectifs.

Rassembler implique une unité de lieu ponctuelle : Internet la fournit puisque, sur le réseau, un ensemble d'interlocuteurs répartis géographiquement échange textes, images, fichiers de données et de programmes sans avoir à se déplacer systématiquement.

Aider implique une assistance et une capacité de communication de tous les instants : Internet grâce au courrier électronique et au forum de discussion apporte cette disponibilité quelles que soient les distances.

Former implique un transfert de connaissance sous forme de documents, mais aussi par communication directe : Internet, et en particulier la visio-conférence qu'elle permet, apporte cette capacité de former à distance, rapprocher les demandeurs de missions humanitaires de GSF en créant un lien direct, rapide et efficace.

GÉOMETRES SANS FRONTIERES a fait confiance à DIAL INTERNET pour créer son dossier Web.

Où peut-on la trouver ?

A l'adresse du serveur «geometre» créé par DIAL INTERNET depuis trois mois :

<http://www.geometre.iplus.fr/gsf>

Comment est-il présenté ?

En trois parties interactives : organisation de GSF, ses actions et ses sponsors.

L'organisation de GSF, c'est tout d'abord sa charte qui

indique en neuf points ses objectifs. Puis, les noms des membres du bureau, du Président et des contacts permettent de joindre GSF dans les meilleures conditions.

Les actions de GSF sont réparties entre les missions (en cours, en préparation et compte-rendus) et les actions de relations publiques et de motivation des sponsors.

Les sponsors sont présents pour leur aide à GSF, et dans le cadre très large de leurs activités : en effet, DIAL INTERNET a créé des hyperliens.

Qu'est-ce qu'un hyperlien et quel avantage prépondérant confère-t-il ? Un hyperlien permet de rattacher un mot ou une image à une autre page ou à un autre dossier, qui deviennent donc associés, par un simple clic-souris. Les instruments ou techniques du sponsor utilisés lors d'une mission, et mentionnés dans le compte-rendu, renvoient directement au dossier de ce sponsor. Les sponsors disposent, en outre, d'une adresse Email qui permet un échange de messages en temps réel sur toute la planète.

L'ensemble du dossier bénéficie des compétences de DIAL INTERNET qui a créé le dossier, qui le maintient, qui assure le référencement auprès des principaux moteurs de recherche francophones et anglophones, et qui se félicite des 2 800 connexions enregistrées sur le serveur «geometre» depuis sa création il y a un peu plus de deux mois.

Vous pouvez aider GSF, tout en vous assurant une présence active sur Internet grâce à DIAL INTERNET qui crée votre dossier à partir d'une disquette de texte sous Word et d'images en format BMP, GIF ou JPEG, et qui réalise, si vous le souhaitez, les hyperliens avec les serveurs existants.

Vous pouvez joindre GSF et/ou DIAL INTERNET pour en savoir plus sur l'opération «GSF sur Internet».

J.P. FERRIER

GSF - Géomètres Sans Frontières
Ferrier Jean-Pierre - Secrétaire
138 rue Pierre Ciffre 66000 PERPIGNAN
Tél. : 68 66 96 02 - Fax : 68 66 98 11 - Email : lcv@infonie.fr

DIAL INTERNET
Chemin de Tuyère - 83440 FAYENCE
Tél. : 94 76 05 80 - Fax : 94 84 14 79 - Email : dial@iplus.fr

Avec **Hitachi Software**

quelles que soient

les **exigences**

de votre **métier,**

vous serez **performant**

sur **tous les plans.**



SIG - Cadastre

Tracer-Cadastral est un module complémentaire à Tracer pour AutoCAD. Il permet :

- la saisie et l'édition des données graphiques et alphanumériques des planches cadastrales.

- l'export de ces données vers des SIG ou des logiciels de CAO (MapInfo, SIRT, CGCCT, DXF, etc...).

Les données alphanumériques sont sauvegardées dans une base de données externe supportée par AutoCAD telle que DBASE, Informix, Oracle, etc.



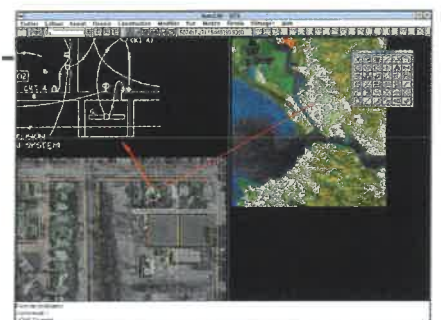
Génie Civil - Cartographie

Tracer-MDT permet :

- la saisie 2D ou 3D de données topographiques en partant d'un plan raster ou d'un fichier de semis de points.
- la réalisation rapide de modèles numériques de terrain.

- le calcul de profils en long et en travers.

Ce logiciel puissant et ergonomique offre une grande flexibilité et grande rapidité dans la création et l'analyse des modèles de terrains et ceci dans AutoCAD.



AEC - Projet métier

Tracer ou V/Image Plus pour AutoCAD, ou TracerStation hors AutoCAD répondront à toutes vos exigences et à vos besoins pour la réalisation de vos études à partir d'un plan papier, d'une image couleur ou monochrome, d'une vue aérienne, d'une image SPOT, des orthophotoplans. Les algorithmes brevetés par Hitachi Software vous aideront à manipuler vos images, à les convertir en vecteur d'une manière manuelle, interactive ou 100% automatique puis d'imprimer raster et vecteur simultanément sur votre traceur.



Registered Application Developer

HITACHI Software
Quality Software Solutions

HITACHI Software Europe

Parc de Limère, Zone Industrielle d'Ardon
BP 629 - 45166 - Olivet Cedex FRANCE
Tél.: (16) 38 69 86 96 - Fax: (16) 38 69 86 99

Pour connaître le revendeur agréé le plus proche ou pour recevoir votre version de démonstration, contactez dès aujourd'hui HITACHI Software Europe au (16) 38 69 86 96.

le SIG de la Communauté Urbaine de Strasbourg

(2ème partie)

Les données de base du SIG

Henri Hugel - Chef de service de l'information géographique -
Ing. en chef H.C.

Avec la collaboration de :

Gilles CARABIN, responsable des données dérivées

Philippe DELASSUS, responsable des données de base
topographiques

Philippe TARDY, responsable des données de base foncières



La longue recherche d'un outil informatique a été accompagnée, entre 1985 et 1990, par une étude approfondie de la saisie des données. Plusieurs scénaris ont été analysés et testés. Ils ont conduit la CUS à proposer à ses partenaires une démarche progressive visant à prioriser les données générales et intermédiaires, le fond de plan VRD ne devant être saisi qu'ultérieurement. Cette démarche visait à procéder du général au particulier et surtout à acquérir un savoir-faire avant d'aborder la complexité et les volumes des données détaillées.

La décision du Gaz de Strasbourg de s'équiper en 1990 d'un véritable SIG (le premier au niveau du partenariat) allait remettre en question cette orientation. Ce partenaire avait fixé fin 1993 comme échéance de saisie du fond de plan. A défaut d'une informatisation commune, il avait envisagé de procéder à une saisie indépendante limitée à ses seuls besoins. De manière à préserver les acquis, la CUS a décidé, en 1990, de s'équiper d'un SIG et de préfinancer la saisie à la condition que le partenariat soit contractualisé.

A partir de ce moment, la Commission de coordination du plan VRD s'est trouvée dans l'obligation de procéder rapidement à l'informatisation du fond de plan au 1/200e. Parallèlement à ces travaux techniques, elle s'est appliquée à mettre au point une convention portant création de la CIGAS ou Commission de l'Information Géographique de l'Agglomération de Strasbourg qui fonctionne depuis février 1993.

La Convention définit les conditions d'informatisation, d'élaboration, de mise à jour, d'exploitation, de diffusion et de financement non seulement des données de base mais également des données simplifiées des réseaux souterrains. Elle fixe aussi un programme de travaux et de prestations pour la période 1992-1999 d'un coût total de 56 MF. Cette dépense se répartit en 24 MF de dépenses de fonctionnement à la charge de la CUS, pour la Maîtrise d'Œuvre et les prestations assurées aux partenaires et 32 MF de travaux réalisés à l'entreprise. Pour l'ensemble de ces dépenses, 19 MF sont pris en charge par les partenaires.

DIX MOIS AU PAS DE CHARGE

Pour rester crédible au niveau des utilisateurs, les délais de saisie devaient être réduits au minimum. Il a donc été prévu de consacrer un an à la préparation suivi de trois années de saisie. Au bout de la deuxième année, les données contrôlées devaient être fournies régulièrement aux utilisateurs. En réalité, le délai de préparation a pu être réduit à dix mois, grâce à d'importants efforts consentis par l'ensemble des agents associés au projet.

Le 22 février 1991, le Conseil de Communauté a décidé d'acquérir le système GéoCity de Clemessy.

Quatre mois ont été consacrés aux formations, à la prise en main du système, à la rédaction du schéma de données (120 pages), aux maquettes puis aux tests de saisie, à la mise au point des procédures d'échange et finalement à la rédaction du DCE avec échantillon (240 pages).

Le 27 juin 1991 a été publié l'appel d'offres européen dont la tranche ferme était estimée à 10 MF, cent dix-neuf dossiers ont été diffusés, ce qui a conduit à renseigner une centaine d'entreprises pendant deux mois. A l'ouverture des offres, trente-huit dossiers complets ont été enregistrés. Après un mois d'analyse, seule une entreprise française satisfaisait aux critères de qualité et de coût.

Un deuxième marché a été immédiatement publié, sous la forme négociée, afin de trouver environ six entreprises supplémentaires. Une quarantaine d'entreprises ont été admises à participer à cette nouvelle démarche. Après deux mois d'efforts, seules deux autres entreprises françaises ont pu être retenues. Cette première étape s'est terminée le 20 décembre 1992 par l'attribution des travaux par le Conseil de Communauté.

Cette première phase a permis de comparer deux méthodes de saisie. Deux entreprises se sont particulièrement investies dans la mise au point d'une réponse par scannerisation. Bien que les résultats fussent très intéressants, le coût final dépassait celui de la digitalisation, pour des délais qui restaient sensiblement les mêmes. Finalement, au bout de ces deux consultations, seules trois entreprises françaises mettant en œuvre la digitalisation ont pu être retenues.

LA SAISIE INITIALE DES DONNÉES DÉTAILLÉES DE BASE

Après une période de trois mois de mise en route, la saisie s'est déroulée, comme prévu entre avril 1992 et décembre 1994. Dès fin 92, des données contrôlées ont été livrées au Gaz de Strasbourg pour la saisie de son réseau. En tout, ce sont 9 227 plans A0 qui ont été traités, dont seulement 3 627 pour la saisie de la géométrie. L'ensemble de l'opération a nécessité le transport de colis d'un poids total de 3 400 kg !

Trois millions d'objets répartis en 127 classes, ont été saisis, treize opérations successives de contrôles, 8 automatiques, 3 à l'écran et 2 analogiques sur tracé ont permis de valider les données. Les statistiques ont fait apparaître une qualité supérieure à celle attendue :

- 3 ‰ d'erreurs et d'oublis constatés contre 3 % prévus
- 2 644 objets non identifiés sur 3 millions

• 45 mm d'erreur moyenne quadratique sur 3 000 points de canevas.

Les 45 mm ont été obtenus en comparant les coordonnées réelles non fournies aux entreprises à celles issues de la digitalisation de plans au 1/200e.

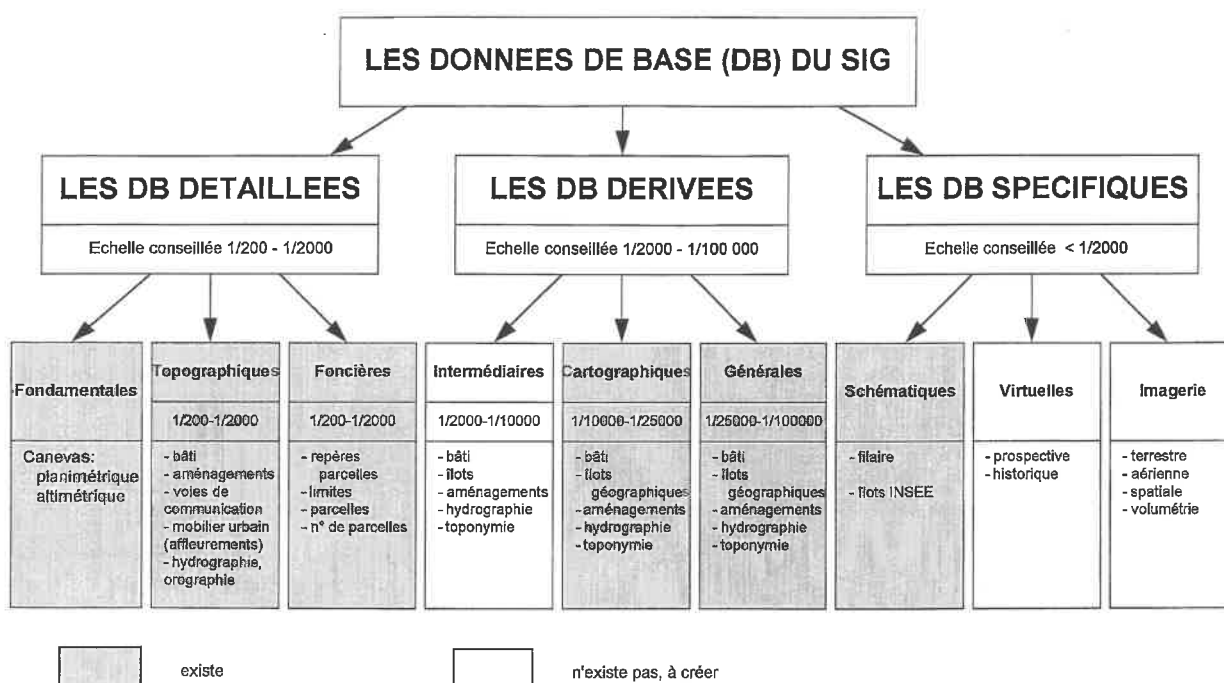
La tranche ferme a permis la saisie des 3 200 fonds de plans VRD au 1/200e des dix communes de la zone urbaine pour un montant actualisé légèrement inférieur à 10 MF. Les plans restants des 17 communes de la zone périurbaine ont été traités dans le cadre de la tranche conditionnelle pour un montant de 6 MF. L'ensemble des travaux a été réalisé avec trois semaines d'avance sur le planning initial. Les ressources affectées en régie pour réaliser les travaux de conception, de préparation, de contrôle et de liquidation ont représenté 44 hommes/an. De ce fait, le coût total de la saisie d'un objet a été de 9 F, y compris les travaux en régie.

Cette importante opération de saisie a permis de disposer d'une base de données unique, continue et homogène, dont la qualité est celle du 1/200e pour 11 000 ha de parties bâties et celle du 1/1000e pour les 20 000 ha de zones naturelles.

L'ORGANISATION DES DONNÉES DE BASE

La saisie initiale a permis de numériser les données de base détaillées topographiques ainsi que le parcellaire cadastral qui représente une partie des données foncières. Elles ont été complétées depuis lors par certaines données de base dérivées et par des données schématiques.

Les données fondamentales concernent les canevas altimétriques et planimétriques : 1933 repères de nivellement et 4 613 points polygonaux. Pour l'instant, sont saisis les numéros des points, les coordonnées ou les altitudes. Les croquis de repérage sont en cours de



scannerisation. Ils seront accessibles dans GéoCity sous forme d'attribut image de chaque point. Ces points de canevas permettent de rattacher les opérations de levés dans l'absolu et assurent une homogénéité des localisations dans le temps. Leur présence, leur matérialisation et leur repérage font l'objet d'une vérification triennale.

LES DONNÉES DE BASE INITIALES TOPOGRAPHIQUES

Ces données sont la propriété collective des partenaires de la CIGAS et constituent la base de toutes les autres données du SIG. Elles sont composées d'environ 1,2 million d'objets, réparties en 98 classes et 5 niveaux.

Les informations graphiques sont de type vecteur spaghetti et les informations alphanumériques qui s'y rapportent, se limitent pour le moment principalement aux dates de saisie, de mise à jour et au code précision.

Niveaux	Nbre de Classes	Nbre d'objets
AMENAGEMENTS (Aménagements)	23	363 353
BATI	13	315 796
HYDRO_ORO (Hydrographie-Orographie)	8	30 374
MOBILIER URBAIN (Mobilier urbain-Affleurements)	37	303 125
VOIE_COMM_TER (Voies de communication terrestres)	17	185 332
TOTAL	98	1 197 980

Pour les parties bâties des 20 communes les plus importantes, elles représentent le bâti, la voirie, les aménagements, les arbres d'alignement, le mobilier urbain, les affleurements de réseaux, l'hydrographie et l'orographie avec la qualité du 1/200e, soit une précision relative de 5 cm. Les sept plus petites communes sont équipées au 1/1000e et font l'objet d'un enrichissement de type 1/200e qui sera achevé en 1998.

Les parties naturelles sont décrites par les voies de communication, les principaux aménagements, l'hydrographie et l'orographie avec la qualité du 1/1000e, soit une précision relative d'environ 30 cm. Dans ces zones, la continuité et l'exhaustivité ne sont pas toujours garanties. Une opération de complètement photogramétrique est prévue en 1997.

Leur mise à jour est assurée dans le cadre de trois procédures distinctes. La mise à jour permanente permet d'intégrer tous les changements au fur et à mesure qu'ils sont transmis au Service par le Cadastre, les géomètres ou les communes. La mise à jour à la demande qui est destinée à satisfaire les besoins urgents des utilisateurs et enfin la mise à jour triennale qui permet d'appliquer, chaque année, une actualisation systématique sur un tiers du territoire. Cette dernière procédure est la plus importante car elle conduit à traiter environ 100 000 changements par an sur 3 800 ha ; cette surface passera à 4 233 ha/an à partir de 1999, soit la moitié de la surface bâtie de la Ville de Paris. La mise à jour sera enrichie en 1997 par l'incorporation des projets (bâti, voirie et aménagements).

Pour le moment, les données de base détaillées ne sont connues qu'en planimétrie. Un complètement altimétrique est prévu en 1997-98 (semis de point Modèle Numérique de Terrain).

LES DONNÉES DE BASE DÉTAILLÉES FONCIÈRES

Les données de base détaillées foncières décrivent les propriétés privées et le domaine public. Elles comprennent le parcellaire cadastral ainsi que les alignements et sont complétées par des informations attributives à la parcelle, issues des documents d'urbanisme. Les alignements et les POS seront présentés dans le prochain article, dans le cadre des applications.

Le parcellaire cadastral

Les objets actuellement dans la base sont essentiellement des données graphiques définissant la géométrie des 27 communes, 1 161 sections, 190 000 parcelles et charges composant le territoire de la CUS. Ces parcelles y sont représentées par 700 000 repères de parcelle et 700 000 brins de parcelles. Ils sont complétés par des objets servant à la représentation graphique sur plan ou à l'écran : les numéros de parcelle et les numéros de charge.

Les objets sont également complétés par des attributs alphanumériques qui permettent de les identifier à partir des références cadastrales (commune, numéro de section, numéro de parcelle ou de charge), ainsi que de distinguer leur origine et donc leur précision (plan 1/200e, 1/1000e ou calcul). A ces attributs, se rajouteront les données issues des fichiers alphanumériques de la Direction Générale des Impôts (propriétaire, surface cadastrale) lorsque l'avis favorable de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés aura été obtenu.

Les sections, parcelles et charges sont organisées dans GéoCity selon un modèle topologique de partition, ce qui assure l'impossibilité de recouvrement de deux faces, et selon un modèle hiérarchique, les parcelles s'appuyant sur les charges, et les sections sur les parcelles. Ce modèle a permis, entre autre, de ne pas saisir les sections par digitalisation, mais de les créer par agrégation des parcelles.

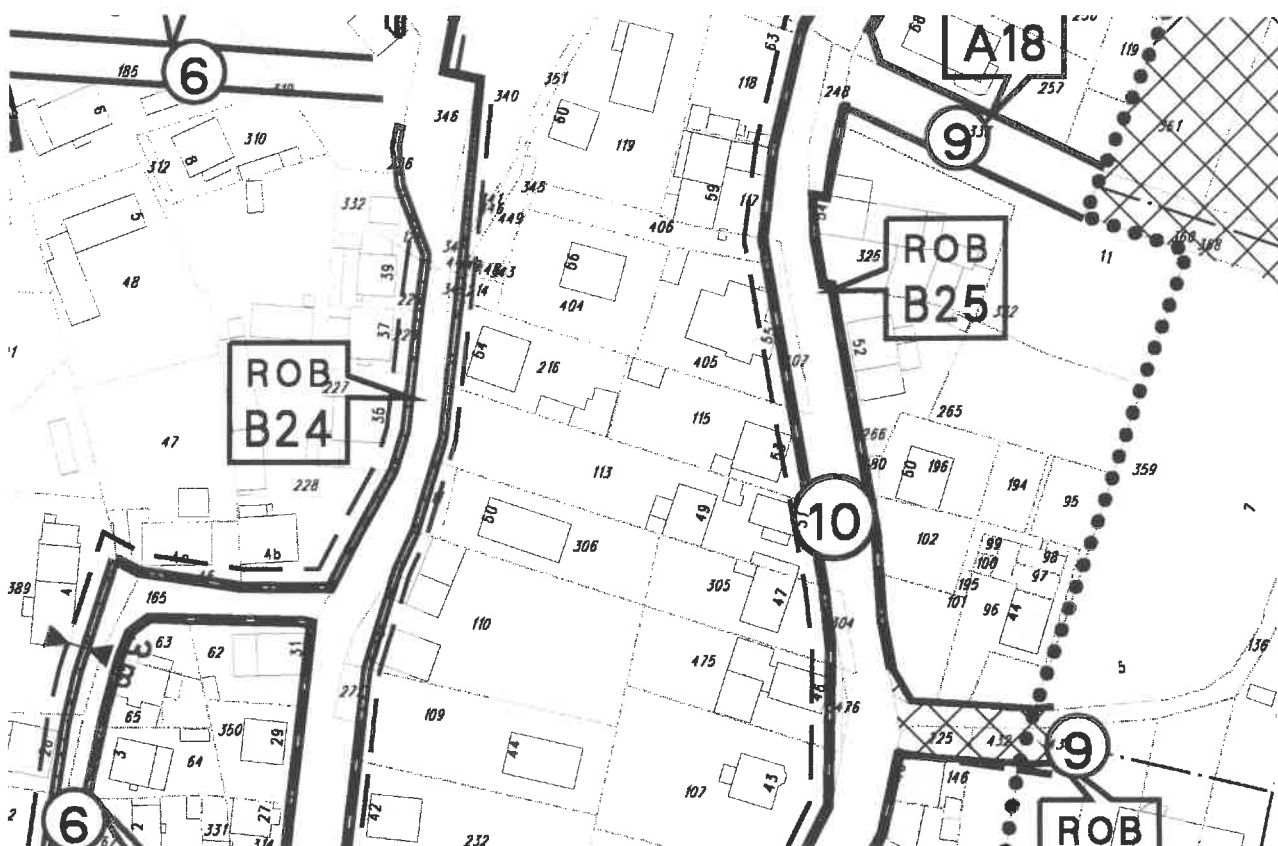
Ces données ont été obtenues par :

- calcul à partir des croquis cadastraux, d'origine et de conservation, pour sept communes entières,
- digitalisation des fonds de plans VRD au 1/200e pour les parties bâties et du plan parcellaire descriptif au 1/1000e pour les zones naturelles,
- récupération par corrélation d'environ 50 % des points de limite du domaine public qui étaient calculés lors de la création du fond de plan VRD.

La mise à jour des données graphiques est effectuée annuellement et comporte une phase de comparaison de la base avec le plan cadastral, qui est à la source de toute modification du parcellaire, et une phase de mise à jour à partir des croquis cadastraux. Ces travaux sont confiés par un marché annuel à des géomètres privés. Ils sont effectués en collaboration avec les services du Cadastre sur la base d'un échange de croquis de bâtiment et de croquis de conservation cadastraux, ce qui permet d'éviter la redondance des levés.



Les données de base détaillées topographiques et parcellaires



Extrait du P.O.S.

LES DONNÉES DE BASE DÉRIVÉES ET SPÉCIFIQUES

Les données de base dérivées sont celles élaborées à partir des données de base détaillées. Il s'agit des données de base intermédiaires, cartographiques et générales. Lors de la création d'un SIG, ce sont généralement les premières données mises à disposition des utilisateurs, ces données étant acquises soit par une numérisation de plans cartographiques existants ou récupération de données numériques (exemple : BDTOPO ou BDCARTO de l'IGN). Dans le cas du SIG de la CUS, la saisie au départ des données de base détaillées, qui était certes assez lourde, a permis de générer dans de bonnes conditions techniques et à des coûts intéressants des données dérivées cohérentes avec les données de base détaillées.

Les données de base spécifiques sont composées des données schématiques, des données virtuelles (prospective et historique), de l'imagerie et de la volumétrie.

Les données de base dérivées

Les données de base cartographiques existantes sont destinées à couvrir les besoins cartographiques pour des échelles comprises entre le 1/10000e et le 1/25000e. Elles ont été obtenues pour la zone urbaine à partir des données de base détaillées topographiques par généralisation, anamorphose, agrégation et fusion. Pour la zone périurbaine, ces données ont été obtenues par digitalisation de plans au 1/2000e. Ces données sont actuellement utilisées pour des représentations cartographiques de l'ensemble de la Communauté Urbaine, des plans communaux d'ensemble, des plans de quartier, etc...

Les données de base générales existantes ont été créées afin de pouvoir mettre à disposition des services une cartographie à petite échelle. Elles sont destinées à représenter l'ensemble de la Communauté Urbaine ou une commune entière au format A4 ou A3 (échelle : 1/50000e au 1/100000e).

Les données de base intermédiaires (reste à réaliser) seront destinées à traiter des surfaces de la taille d'un quartier ou d'un ensemble d'îlots à des échelles intermédiaires (1/2000 à 1/10000e). Elles seront utilisées en matière d'avant-projets, d'études générales, de cartographie thématique détaillée, et faciliteront également les échanges de données vers des utilisateurs dont les équipements sont limités en capacité. Elles seront constituées de données détaillées limitées à un nombre réduit de classes d'objets, dont la géométrie sera dégradée, mais restera régulière pour ces échelles d'utilisation.

LES DONNÉES DE BASE SPÉCIFIQUES EXISTANTES

Le Filiaire de Voies est une représentation schématique des voies par leur axe. Les voies prises en compte sont les voies terrestres accessibles à au moins un véhicule léger, soit 6000 voies représentant environ 1 500 km. Le filiaire de voies est constitué des informations suivantes :

- la voie dénommée,
- le tronçon : section de voie, dénommée ou non, ne pouvant être interrompue par une autre voie et ayant une largeur constante. Chaque tronçon est de plus renseigné des adresses postales paires et impaires du début et de la fin du tronçon et de sa largeur moyenne,
- le carrefour : intersection de voies, places,
- l'ouvrage d'art : ponts, tunnels.

Ces différentes entités sont organisées sous forme de topologie de réseau.

Le filiaire est utilisé pour la gestion de l'état des chaussées, pour la gestion globale du réseau, pour la consultation de l'ensemble des services. Il est également la référence-source des données du fichier RUES, sur lequel s'appuient un grand nombre d'applications des services (gestion des secteurs d'intervention des services, gestion des plaintes et appels d'urgences, etc..).

Les îlots INSEE du recensement de 1992 existent sous forme typologique dans le SIG, chaque îlot étant identifié par son numéro INSEE. Ces données sont utilisées pour des cartes thématiques représentant des données statistiques de l'INSEE.

Les projets en cours d'études concernent la mise en place de l'historique, la prospective, l'introduction d'images aériennes, et la volumétrie urbaine.

LES PRINCIPAUX GAINS DE L'INFORMATISATION DES DONNÉES DE BASE

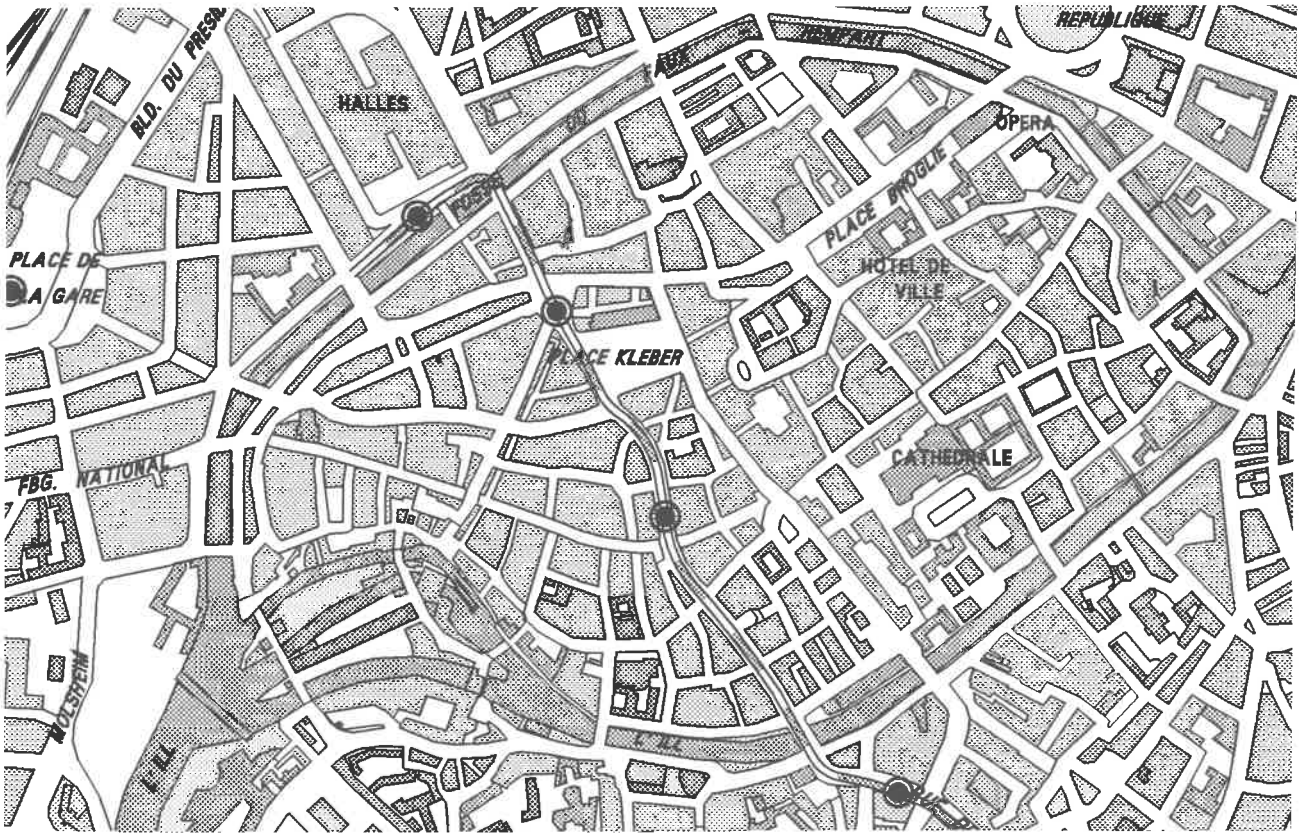
Pour l'instant, aucune étude approfondie permettant d'évaluer les gains induits par cette opération n'a été réalisée. Néanmoins, il est possible d'indiquer certains aspects connus avec certitude aujourd'hui.

Le gain le plus important est certainement celui dû à l'unicité de la mise à jour. Avant le SIG, la mise à jour était redondante. Chaque changement était reporté, selon le cas, sur 6 à 8 plans différents gérés par le seul Service de l'Arpentage. Aujourd'hui, le SIG est organisé de telle sorte que la mise à jour d'un objet est unique.

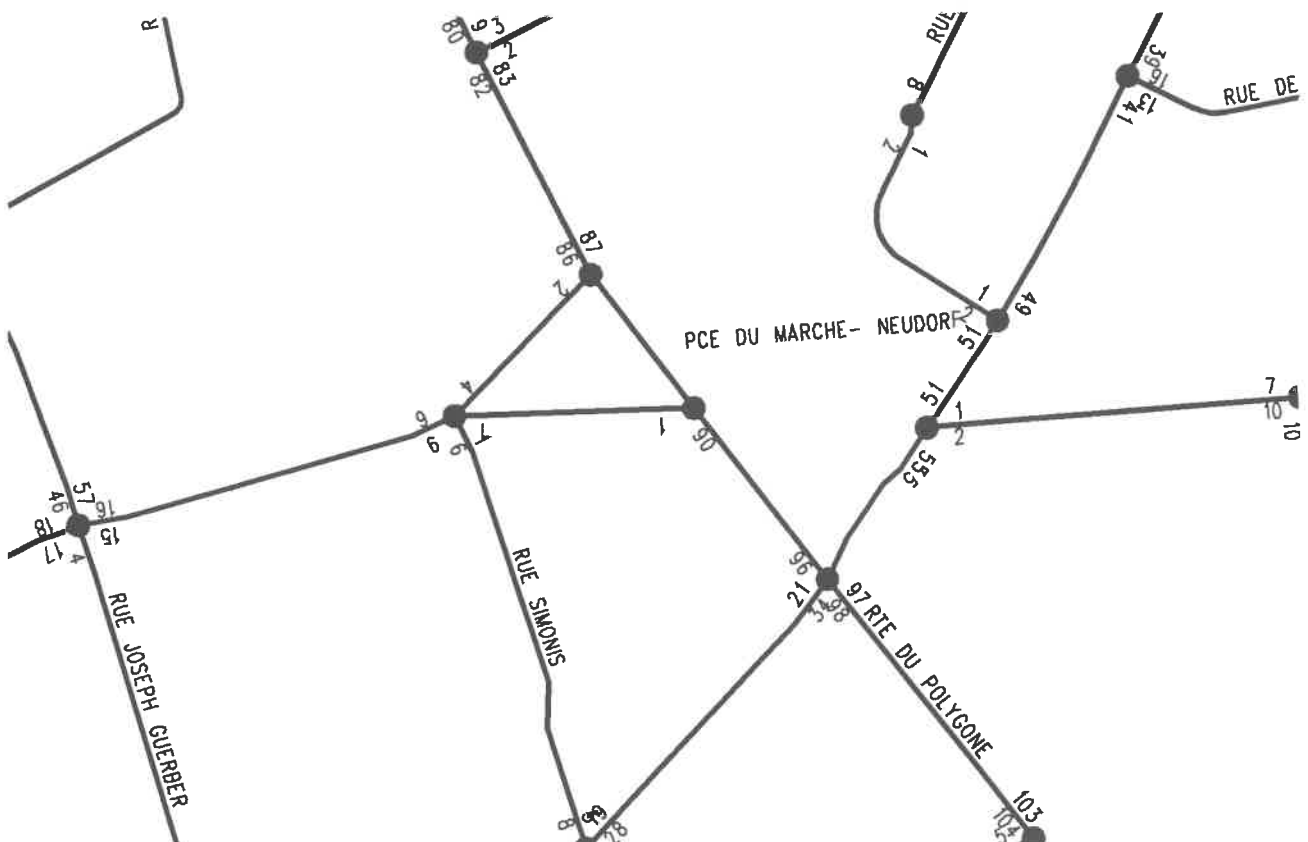
La priorisation de la saisie des données de base détaillées a permis de produire et de gérer, pour un coût marginal, les données dérivées. Difficile à comprendre par les utilisateurs toujours impatients, ce choix a permis de réaliser d'importantes économies.

Ces deux progrès ont permis de redéployer à ce jour huit agents dans d'autres services.

Pour les utilisateurs internes à la CUS, le SIG a également supprimé la nécessité de maintenir la partie fond de plan de leurs ouvrages de gestion. Ils peuvent accéder aujourd'hui, à travers le réseau, à l'information qui, auparavant, était stockée dans 9 227 plans. L'information est immédiatement disponible sur la table du dessinateur : environ une minute pour 10 Ha au 1/200e. Finie la recherche de plans dans différents bureaux, le passage par l'atelier de reprographie, le collage de coupures contigües, etc... Aujourd'hui, l'imprimante A3 est à côté de l'écran et le traceur A0 à proximité, avec la couleur en plus ! Ici, le gain n'est pas encore chiffré. Il a surtout permis aux agents de se consacrer à d'autres tâches et d'augmenter la productivité.



La cartographie



Extrait du filaire de voie

Chez les partenaires, la mise à jour du fond de plans se faisait essentiellement par substitution (système bimatriciel). Le coût de communication des 100 000 m² de film était de 300 KF par an et par partenaire. A cette dépense s'ajoutaient les frais de manipulation : perforation et classement. Aujourd'hui, grâce au SIG, le coût de la transmission des mises à jour aux partenaires est devenu négligeable.

Les gains résultant des grandes possibilités de traitement du système n'ont pas non plus été chiffrés. Ils sont cependant très importants. En 1993, un recours en annulation du POS de Strasbourg a obligé le service à décompter le nombre de bâtiments existants ainsi que leur surface au sol, à l'intérieur d'une couronne de 800 Ha. Les 37,62 Ha occupés par les 2 392 bâtiments ont pu être déterminés après une journée de préparation, 20 minutes de calcul et 20 minutes de tracé. Une fois termi-

né, le même travail a dû être réalisé pour chaque zone POS concernée. Le temps de réalisation en mode manuel a été estimé à 6 mois/homme.

Un autre exemple concerne la fourniture de données aux bureaux d'étude du TRAM. Avec le SIG, les données couvrant les 15 km de projet ont été fournies sous vingt quatre heures selon les spécifications du demandeur. Auparavant, pour produire les mêmes données, sous forme de plans, il fallait plusieurs semaines de travail à un dessinateur et mettre en œuvre des procédures de reproduction lourdes.

Cet important aspect du SIG reste encore à approfondir. Une étude économique détaillée montrerait certainement que cet investissement est beaucoup plus rentable qu'on ne le pense.

Système d'Information Graphique (S.I.G.) performant

- modulaire, en architecture client/serveur
- convivial et multilingue
- prêt à l'emploi (en attente de vos données)
- avec une base de données de grande capacité (vecteur, image et alphanumérique)
- ouvert à l'environnement existant

DES SERVICES ADAPTES A VOS BESOINS

- intégration matériel, logiciel et données
- formation et assistance
- développement des applications spécifiques
- support technique
- maintenance

DES PARTENAIRES COMPETENTS

- en France
- au Bénélux
- en Allemagne



CLEMESSY

18, rue de Thann - BP 2499
68057 MULHOUSE CEDEX
CONTACT : (33) 89 32 32 38

POUR LES UTILISATEURS SATISFAITS

- sur toute architecture :
 - de la plus grande (35 stations, 3 serveurs et 4 millions d'objets)
 - jusqu'à la plus petite (1 station et 100 mille objets)
- couvrant tout territoire :
 - d'une ville
 - à une région
- exploitant les données avec :
 - le produit standard
 - des applicatifs métiers
- dans tous les domaines :
 - topographie
 - urbanisme et voirie
 - réseaux
 - transport
 - cartographie thématique
 - prévention des risques
 - etc...

NOS REFERENCES

- en France et en Allemagne
- plus de 120 utilisateurs
- plus de 25 sites



LA PHOTOGRAMMETRIE NUMERIQUE

Le logiciel PHOTOMOD a été conçu pour exploiter des clichés stéréoscopiques numérisés.

D'un emploi très facile, il ouvre l'accès à toutes les fonctions de la photogrammétrie terrestre et aérienne :

- Importation de fichiers BMP 8 bits ou 24 bits.
- Observation monoscopique des clichés en N/B ou en couleurs.
- Orientation et modélisation des couples stéréoscopiques, à partir de distances ou de points connus.
- Observation stéréoscopique en N/B ou en couleurs par procédé anaglyphe.
- Mesure de coordonnées X, Y, Z.
- Calcul de Modèles Numériques par corrélation automatique.
- Correction interactive des Modèles Numériques.
- Vues 3D du Modèle Numérique filaire ou ombré.
- Calcul de profils et de surfaces.
- Calcul et lissage de courbes de niveaux.
- Calcul d'orthophotos N/B et couleurs.
- Saisie interactive de points, lignes et polygones sur l'orthophoto.
- Vues des images en perspective.
- Exportation des résultats BMP ou DXF vers les applications et les SIG.

CONTINENTAL HIGHTECH
SERVICES

370 av. Napoléon Bonaparte
92500 RUEIL - MALMAISON
Tél.: 33-1 47 51 57 47
Fax.: 33-1 47 49 37 21

Version WINDOWS 3.1 et WINDOWS 95 : 38 700 francs H.T.
Option Mosaïquage et traitement d'images : 3 800 francs H.T.

LES AUTEURS DÉDIENT

CET ARTICLE À

YVAN AUBIN

ET PASCAL BRION

DISPARUS

TRAGIQUEMENT

LE 3 JUIN DERNIER

réhabilitation d'un site industriel

le terril d'abbaretz en loire-atlantique

Franck Bernard, Yann Even, Sébastien Rabaud

collège Livet de Nantes, étudiants en 2ème année BTS Géomètre-Topographe

Christophe Pichot, DSNP



Créer une base de loisirs spécialisée à partir d'une friche industrielle, le projet n'est pas forcément original. Pourtant celui qui est envisagé à quelques 40 km au Nord de Nantes est atypique à plusieurs égards : c'est peut-être ce qui a suscité l'enthousiasme de tous les partenaires qui se sont lancés dans cette réalisation.

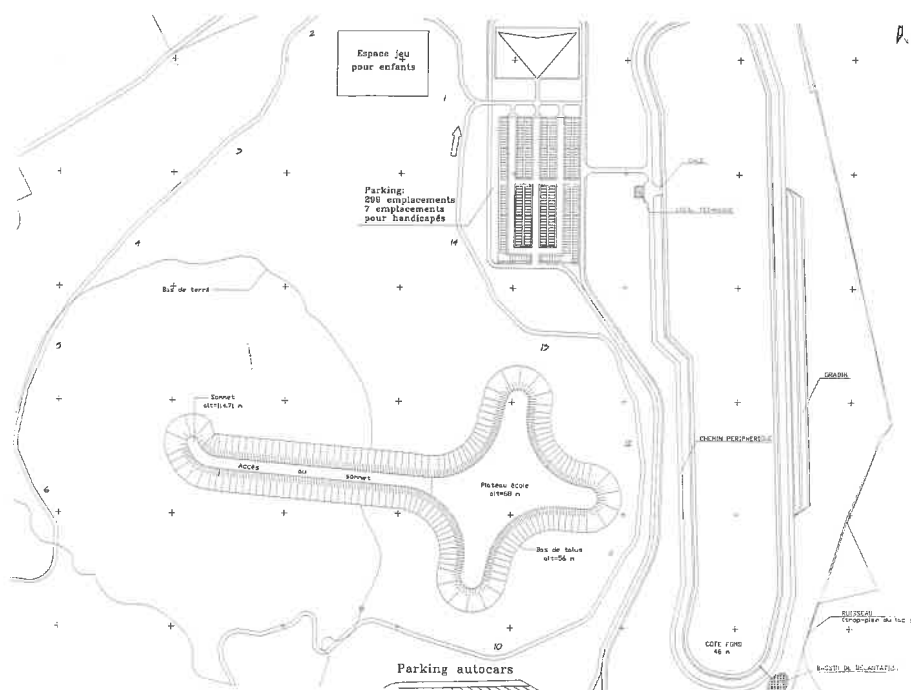
C'est à partir de 1949 que la Société Nantaise des Minerais de l'Ouest, filiale des Établissements J.J. CARNAUD, décide à Abbaretz aujourd'hui petite commune rurale de 1 570 habitants, l'extraction à ciel ouvert de minerai d'étain, la cassitérite, dont les cours permettent à cette époque de réutiliser une concession obtenue après la première guerre mondiale. L'exploitation, souterraine jusqu'en 1923, reprend donc un peu plus de 25 ans après, avec l'achat d'une pelle mécanique américaine aux dimensions impressionnantes puisque chaque godet possède une capacité de plus de 10 mètres cube. Le minerai extrait est alors traité sur place grâce à des infrastructures mises en place spécialement (des détails intéressants sont fournis à cet égard par un article, publié par le quotidien Ouest-France, en date des 1 & 2 octobre 1949). L'extraction durera

6 ans pour s'arrêter en 1957, laissant une zone de quelques 50 hectares qui, malgré les rares bouleaux rachitiques qui ont pu aujourd'hui s'implanter sur ce sol stérile peut être qualifiée de lunaire : une montagne grise (ancien terril) d'une douzaine d'hectares, quelques plateaux intermédiaires, des vallées encaissées y concourent (voir photo ci-contre).

Le point le plus haut se situe à une soixantaine de mètres par rapport au terrain d'origine et c'est ce qui a donné l'idée à quelques amateurs de parapente et de vol libre, soutenus par la ligue régionale, d'utiliser ce promontoire unique dans la région, comme piste d'envol.

A noter que l'existence de deux bassins en eau, assez proches, pourra éventuellement, avec la participation du comité départemental de ski nautique, permettre la mise en place dans le futur des installations nécessaires à cette activité. Dans l'état actuel du projet, il est prévu d'aménager les abords du terril pour rendre l'aérologie locale favorable au vol et faciliter l'accès au sommet.

Plan n°1



Une vue globale du projet est donnée par le plan n°1 où l'on a représenté le contour du terri, la rampe d'accès au sommet ainsi qu'un plateau d'entraînement, le plan d'eau et les installations annexes.

Un levé assez précis était donc nécessaire pour définir avec précision les terrassements ultérieurs : s'agissant de dépôts assez stériles et donc avec une faible couverture de feuillus, le GPS pouvait être envisagé. Par rapport aux méthodes traditionnelles, ce choix apporte une souplesse d'utilisation et une productivité importante dans ce type d'environnement où la modélisation correcte d'un volume aussi tourmenté nécessite la détermination de plusieurs milliers de points.

Tout naturellement, tant pour les élèves du Collège LIVET à Nantes occupés par ce projet de fin d'études que pour le géomètre en charge de cette réalisation, M. MAHOT, il a été décidé d'utiliser le seul matériel GPS de topographie précise, développé et fabriqué en France : le KART de DASSAULT-SERCEL N.P. L'équipement complet se compose de deux parties distinctes : une station fixe placée sur un point de coordonnées connues, dans ce cas préalablement déterminé à partir de repères existants et assez proches pour garantir la cohérence des résultats, et d'autre part une unité mobile qui comprend un récepteur GPS, un récepteur UHF, une perche supportant l'antenne GPS et un carnet électronique étanche, le tout alimenté par une batterie unique placée dans le bas du sac à dos de l'opérateur. Cet équipement fournit, en temps réel, des coordonnées centimétriques qui peuvent être stockées dans ce carnet : pour ces levés, c'est le mode «Trajectographie» qui a été sélectionné. Il consiste en un enregistrement continu, avec un pas défini par l'opérateur, des coordonnées calculées qui sont traitées ultérieurement pour une restitution en 3 dimensions (pour plus de détails se référer à l'article paru dans le dernier numéro de cette revue).

Après l'installation d'une station de référence (Récepteur GPS couplé à un émetteur UHF) sur le sommet de cette colline artificielle, les travaux ont été réalisés en trois phases :

Dans un premier temps, un levé général du site avec un pas de 2 mètres entre chaque point a été décidé afin d'obtenir une vue d'ensemble du terrain. Pour ménager

les opérateurs, l'enregistrement s'est effectué en spirale comme le montre la figure n°1. On notera sur cette dernière une zone restée inexplorée et bordée par une ligne presque droite qui délimite en fait une partie fortement boisée modélisée par la suite avec des moyens plus conventionnels. Le nombre de points ainsi levés en 3 heures a été de 1 850 dans des conditions difficiles. Une restitution grossière de ces enregistrements, réalisée en moins de 15 minutes, fut suffisante pour repérer les «points sensibles» où la configuration par trop tourmentée du terri nécessitait une passe supplémentaire pour affiner certains détails : crêtes, talwegs, limites précises des fortes pentes etc...(Voir figure n°2 ci-dessous)).



La seconde opération, plus fatigante que la première pour les opérateurs (les enregistrements se faisant alternativement en descente et en ascension sur des éboulis à plus de 45°) a pu commencer : d'une durée totale de 5 heures, elle a permis de déterminer 5 000 jeux de coordonnées dont la juxtaposition avec les 1 850 premiers a conduit à la modélisation telle que décrite par la figure n°3 ci-dessous.

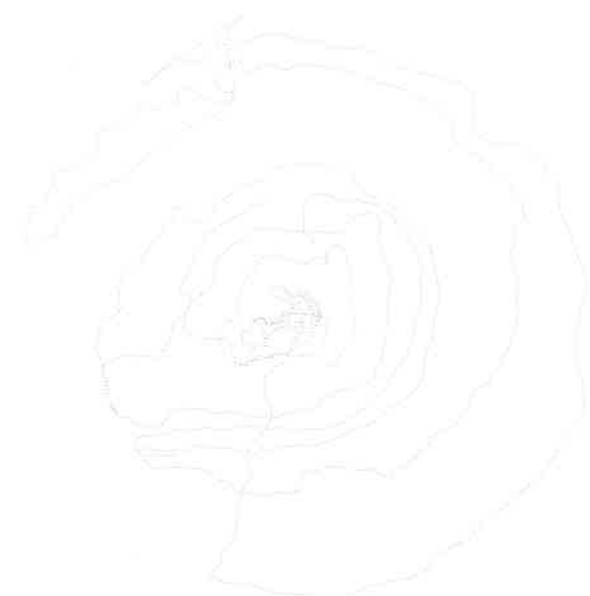
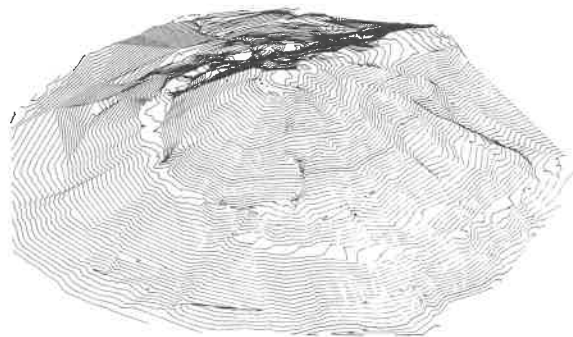
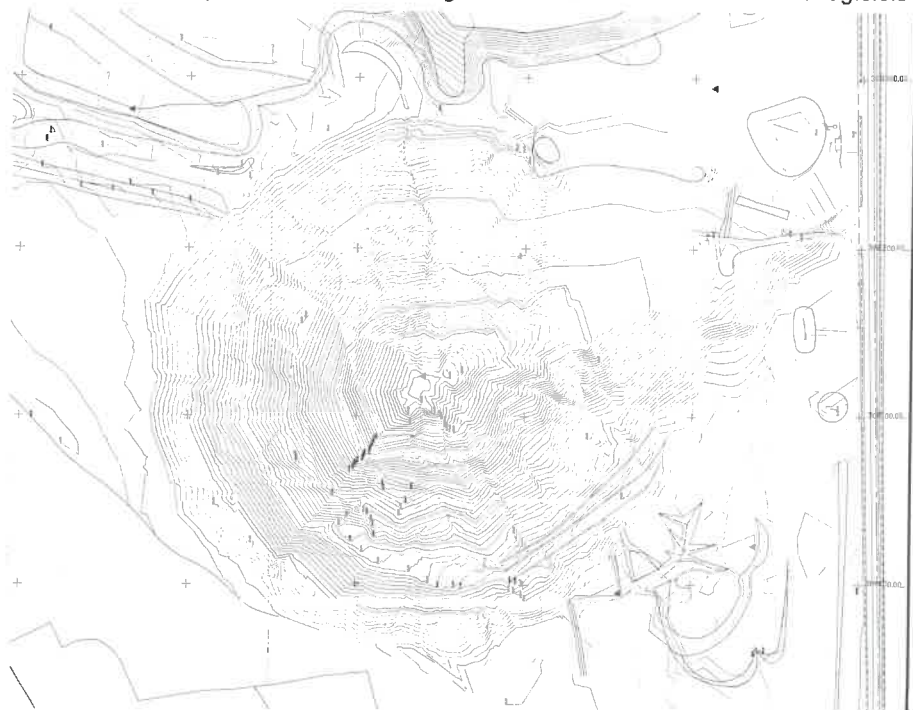


Figure n°1



Puis, disposant de l'équipement, il aurait été dommage de ne pas en profiter pour lever un réseau d'appui qui a servi, avec des méthodes traditionnelles, à évaluer les plateaux inférieurs, aux formes beaucoup plus simples. Nombre de points levés : 21 ; durée : 1 heure.

La restitution complète est donnée par le plan n°2 qui représente les courbes de niveaux et les stations utilisées obtenues par l'utilisation du logiciel WIN.MNT.



fiabilité et la qualité des mesures effectuées qui conduisent en général les opérateurs à «en faire un peu plus» que nécessaire. Par ailleurs ces travaux ont également mis en évidence quelques difficultés inhérentes à la taille du chantier et donc au nombre de points :

- Logiciels en limite de capacité de traitement (temps de calcul démesuré dans le cas du traitement de l'intégralité du projet).
- Moyens informatiques initialement trop faibles (l'adjonction de 8 Mo de RAM a été nécessaire).
- Léger manque de rigueur au démarrage des enregistrements (numérotation des points au delà des champs acceptés par les logiciels).

Plan n°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.

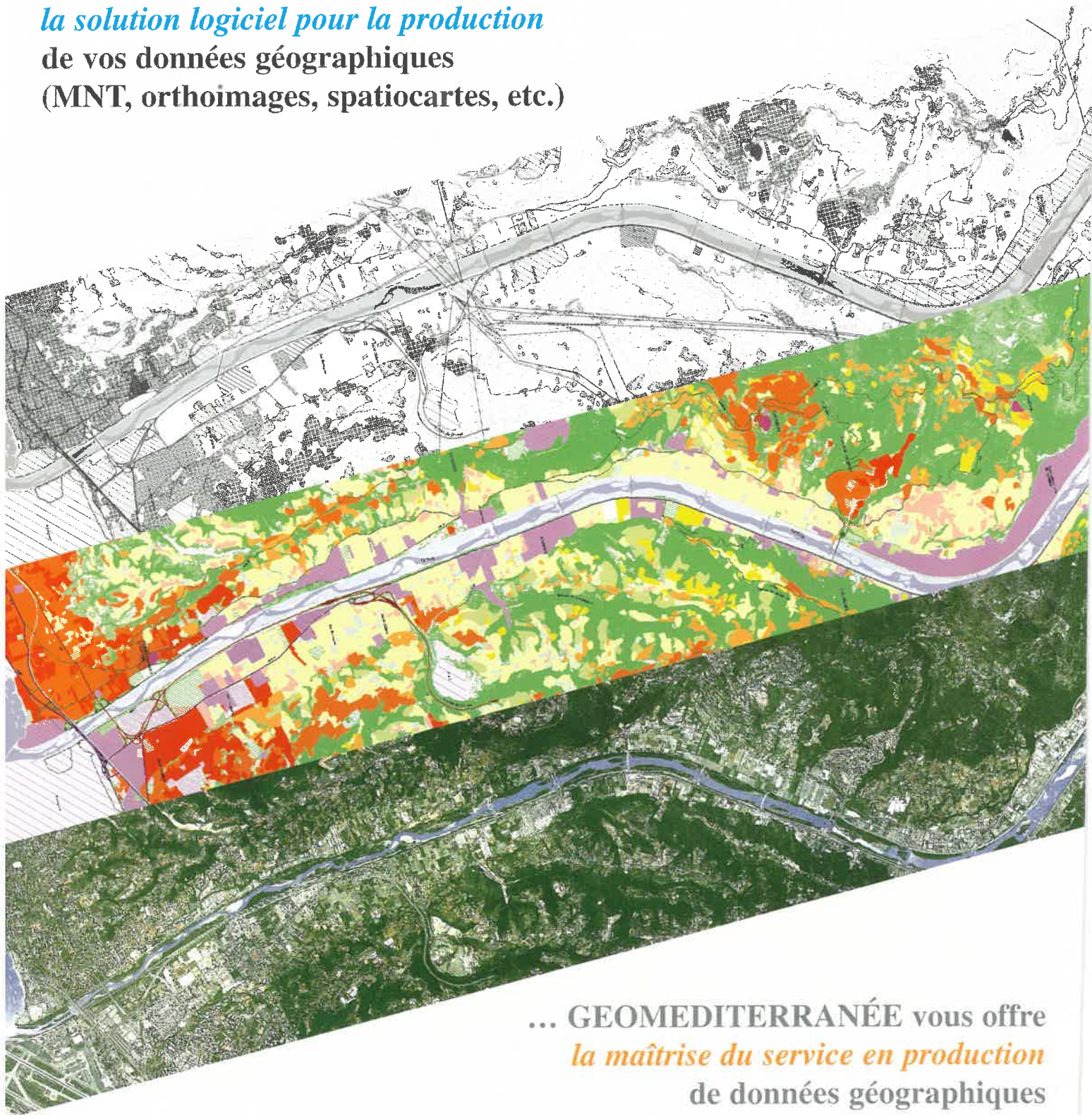
EUROBORNES
L'imagination-service

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

Apache

**Que vous soyez aménageur ou cartographe,
chercheur ou industriel, que vos images soient
satellites ou aériennes, optique ou radar...**

**... GEOIMAGE vous offre
la solution logiciel pour la production
de vos données géographiques
(MNT, orthoimages, spatiocartes, etc.)**



**... GEOMEDITERRANÉE vous offre
la maîtrise du service en production
de données géographiques
(très haute résolution, grands chantiers, etc.)**



GEOIMAGE & GEOMEDITERRANÉE
Les Espaces de Sophia - Bât. M9 - 80, Route des Lucioles - 06560 VALBONNE - FRANCE

Tél. : (33) 93 00 40 00 - Fax : (33) 93 00 40 01

Et à partir du 18 octobre 1996 :

Tél. : (33) 04 93 00 40 00 - Fax : (33) 04 93 00 40 01



cartographie de l'évolution du lit de la Loire

entre
1994
et
1995

à
partir
d'images
vidéo-
aériennes

Véronique POUJADE : GEOIMAGE - **Sandrine DELMEIRE** : GEOMEDITERRANEE - **Guy ROUAS** : Service de Bassin DIREN
Centre - **Elisabeth LAURIOL** : Equipe Pluridisciplinaire Plan Loire Grandeur Nature

I - INTRODUCTION

Le travail présenté se situe dans le cadre d'un projet d'étude des évolutions du lit de la Loire à partir d'images vidéo-aériennes en couleurs à haute résolution.

Sur un site test (de 4 km linéaires, près de la ville de Bréhémont), nous disposons de deux jeux de données images vidéo-aériennes, l'un enregistré en 1994, l'autre en 1995.

L'objectif du travail étant de montrer l'évolution du lit de la Loire entre ces deux années, et par là même d'effectuer une comparaison entre les données des deux dates, il est souhaitable de passer, tout d'abord, par une étape de rectification géométrique qui amène les images dans un référentiel commun afin de pouvoir les superposer, le référentiel choisi étant un référentiel cartographique.

La mise en conformité géométrique des images nécessite la prise d'un ensemble de points d'appuis avec une référence cartographique. La probable non disponibilité de cartes topographiques d'une précision conforme à la résolution des images (compatible au 1/5000), et la difficulté de saisie de points d'appuis cartographiques sur une zone restreinte aux bords de Loire, nous amènent à considérer l'avantage d'utiliser un plan de référence image. Celui-ci peut être constitué de photographies aériennes numérisées puis orthorectifiées à partir de cartes topographiques au 1/25000. Les images vidéo-aériennes sont donc à leur tour orthorectifiées par rapport à cette orthophoto de référence.

Une technique de mosaïquage permet d'assembler les images de même date, ainsi géoréférencées, pour constituer, deux mosaïques d'ortho-images qui sont alors superposées puis analysées afin de mettre en évidence les différences survenues entre les deux années.

Les différents plans d'informations sont enfin habillés pour générer des cartes au 1/25000.

En résumé, les différentes étapes de la procédure de traitements sont les suivantes :

- génération du modèle numérique de terrain,

- orthorectification de l'image aérienne pour constituer le plan de référence,

- orthorectification de l'ensemble des images vidéo-aériennes de 1995,

- mosaïquage des images orthorectifiées de 1995,

- orthorectification de l'ensemble des images vidéo-aériennes de 1994,

- mosaïquage des images orthorectifiées de 1994,

- superposition des données et analyse des différences,

- génération de documents cartographiques au 1/25000.

Tous les traitements nécessaires à la réalisation de ces différentes étapes sont effectués à partir de différents modules du logiciel GEOimage.

II - GÉNÉRATION DU MNT

Pour être parfaitement conforme à une référence cartographique, la rectification géométrique doit s'affranchir, entre autre, des distorsions induites par le relief. Pour ce faire, la constitution d'un modèle numérique de terrain donnant l'altitude sur toute la surface de la zone d'étude est nécessaire.

Ce MNT est obtenu à partir de cartes topographiques suivant deux étapes :

- numérisation des courbes de niveau,

- interpolation des valeurs altimétriques entre les courbes.

Les courbes de niveau présentes sur les cartes au 1/25000 sont, en standard, équidistantes de 5 mètres, ce qui permet d'obtenir, après interpolation, une précision altimétrique de 2,5 mètres. Le MNT est généré avec une résolution planimétrique de 2 mètres.

Les caractéristiques de précision altimétrique et de résolution planimétrique sont choisies de façon à être compatibles avec les spécifications techniques requises.

III - CONSTITUTION DE L'ORTHOPHOTO DE RÉFÉRENCE

L'image aérienne fournie est tout d'abord numérisée à l'aide d'un scanner. L'échelle des photos est environ au 1/25000, par conséquent un scannage à 300 dpi permet d'obtenir des images numériques de résolution planimétrique meilleure que 2 mètres.

Pour améliorer la qualité radiométrique de l'image numérisée, on effectue un étalement gaussien de l'histogramme qui a pour effet d'optimiser la dynamique globale de l'image.

Pour orthorectifier l'image aérienne, il s'agit de saisir un ensemble de points d'appuis (par rapport à la carte au 1/25000) à partir duquel on calcule le modèle de déformation de l'image. Ce modèle, qui reflète les conditions géométriques de prise de vue de l'image, est utilisé pour effectuer la rectification géométrique permettant de produire l'orthophoto géoréférencée.

L'image ci-dessous représente l'orthophoto aérienne constituant le nouveau plan de référence.

IV - ORTHORECTIFICATION ET MOSAÏQUE DES IMAGES VIDÉO-AÉRIENNES DE 1995

Le calcul des modèles (de type aérien) des images vidéo-aériennes est effectué à partir d'un ensemble de points d'appuis. L'orthophoto aérienne sert de référence, mais le modèle de chaque image prend en compte les images voisines.

Les trois canaux de chaque image sont alors rectifiés géométriquement, par application du modèle préalablement calculé, en utilisant un rééchantillonnage de type bicubique.

Lors de la rectification géométrique, les images sont automatiquement géoréférencées. C'est-à-dire que les images contiennent, dans leur entête, l'information de positionnement dans le référentiel cartographique. On peut par conséquent déduire automatiquement de cette information les positions relatives des images pour les mosaïquer.

L'algorithme de mosaïquage consiste à assembler des images, ayant une partie commune, en passant pro-

ORTHO-PHOTO AERIENNE SITE DE BREHEMONT



gressivement d'une image à l'autre de façon à rendre les frontières invisibles.

Lorsque deux images adjacentes présentent des dynamiques radiométriques différentes, une étape d'égalisation d'histogramme est appliquée afin d'y remédier.

L'image ci-dessous représente le canal rouge de la mosaïque d'orthophotos vidéo-aériennes de 1995.

V - ORTHORECTIFICATION ET MOSAÏQUE DES IMAGES VIDÉO-AÉRIENNES DE 1994

La modélisation et la rectification des images de 1994, est effectuée suivant la procédure utilisée pour les images de 1995. Cependant, la sélection des points d'appuis peut être facilitée et complétée par l'utilisation d'une seconde référence : la mosaïque de 1995.

La procédure de mosaïque est identique à celle appliquée aux images de 1995.

L'image ci-dessous représente le canal rouge de la mosaïque d'orthophotos vidéo-aériennes de 1994.

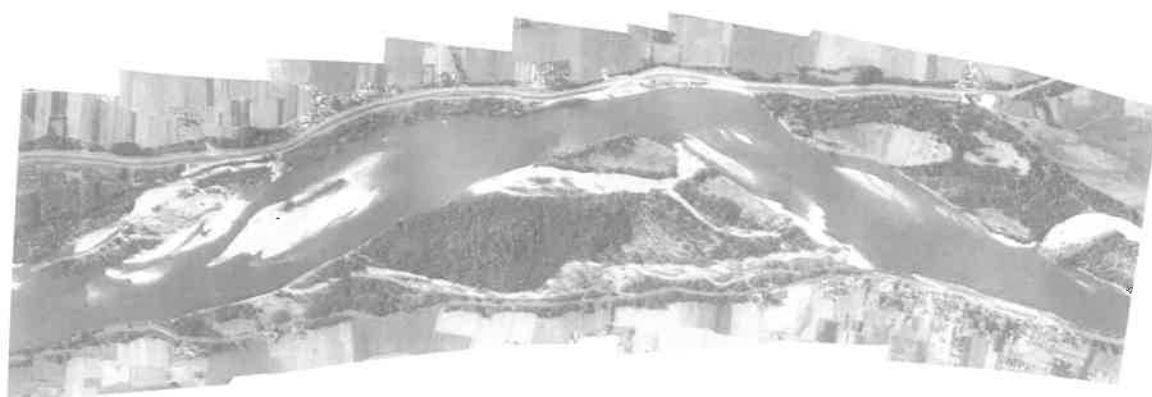
VI - SUPERPOSITION DES DONNÉES ET ANALYSE DES DIFFÉRENCES

A ce stade, tous les plans d'informations (orthophotos aériennes et mosaïque d'images vidéo-aériennes de 1994 et 1995) sont superposables. Il suffit, avant de pouvoir effectuer des comparaisons, d'extraire, la zone commune aux mosaïques des deux dates, et de masquer les zones non informées dans l'une ou l'autre des deux mosaïques.

On dispose alors, en chaque point de la zone d'étude, de six valeurs radiométriques : les valeurs dans les canaux rouge, vert et bleu en 1994 et en 1995.

Afin de regrouper dans un seul fichier le plus possible d'information concernant chaque date, on effectue une Analyse en Composantes Principales (ACP).

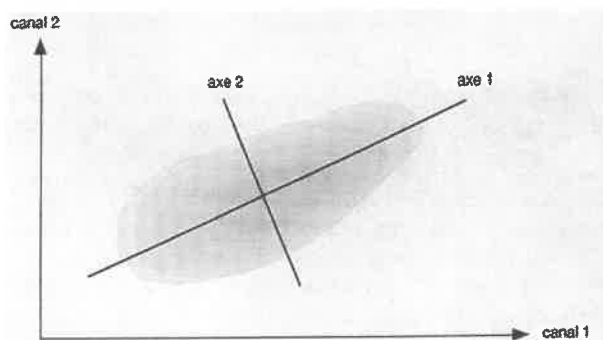
Le principe d'une ACP est de déterminer, à partir du nuage de points formé par la représentation des pixels (R,V,B) dans l'espace des canaux, les axes de maximum d'inertie. Ceux-ci représentent les directions principales décorrélées du nuage. On projette, alors, le nuage sur ces axes, créant ainsi trois nouveaux canaux complémentaires. Le premier canal, correspondant à la direc-



tion principale du nuage, contient un maximum d'information.

Le schéma ci-contre illustre les axes de maximum d'inertie dans le cas d'une image à deux canaux :

Dans le cas de notre étude, on cherche à mettre en évidence les différences survenues dans le lit de la Loire entre les deux dates. Ce que l'on veut donc détecter, ce sont les zones en eau qui ont été asséchées et les zones sèches qui ont été submergées.



Les caractéristiques radiométriques des zones sèches (très réfléchantes) et en eau (peu réfléchantes) sont très distinctes dans le canal principal résultant de l'ACP.

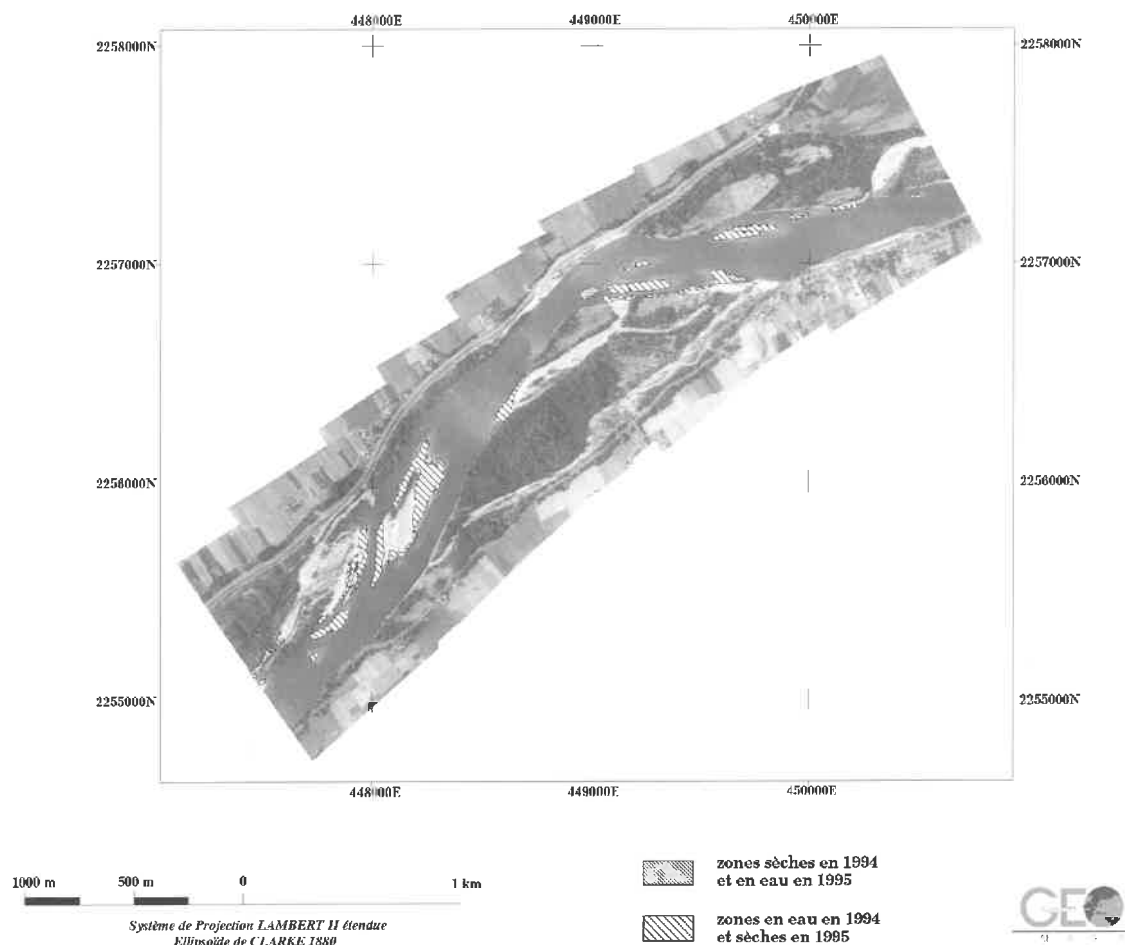
Une différence entre les canaux principaux des ACP aux deux dates fait ressortir les changements survenus dans le lit du fleuve.

Un seuillage à double seuil (ou seuillage par hystérésis, qui possède l'avantage de privilégier une certaine connexité), à partir de la différence d'ACP, permet d'extraire d'une part les zones sèches en 1994 submergées en 1995 et d'autre part les zones en eau en 1994 asséchées en 1995.

Après seuillage, des zones, indépendantes des phénomènes d'assèchement et de submersion, sont cependant extraites. Ces confusions viennent principalement des écarts d'angle de prise de vue au niveau des éléments de sur-sol non pris en compte dans le MNT (végétation arbustive et arborée, infrastructures, ...), et des ombres portées dues à un éclairage rasant sur les images de 1994.

Une intervention manuelle par un photo-interprète

EVOLUTION DU LIT DE LA LOIRE ENTRE 1994 ET 1995 SITE DE BREHEMONT



permet d'éliminer ces zones de confusion.

L'image ci-dessous représente le résultat obtenu. Les zones hachurées montrent les évolutions au sein du lit de la Loire.

Au travers d'une interface dédiée à l'habillage d'images et à la composition de cartes, on génère, à partir des différents plans d'informations, des documents cartographiques à l'échelle du 1/25000.

VII - CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation des images vidéo-aériennes peut permettre de répondre à l'objectif de mise en évidence des évolutions au sein du lit de la Loire.

La procédure de traitement établie permet d'aboutir à des résultats satisfaisants.

Cependant, dans le but de minimiser l'intervention manuelle, et ainsi de rendre la chaîne de traitement la plus automatique possible, il serait souhaitable de réduire au maximum les sources de confusion au niveau de la détection des différences. Principalement, le phénomène d'ombre portée peut être annihilé en choisissant une heure de prise de vue correspondant à une position haute du soleil. De même, il est préférable de choisir, pour l'acquisition des images, des périodes identiques de l'année, afin de s'affranchir des différences liées à la phénologie des espèces.

Au regard des résultats obtenus, une prochaine étape se propose d'appliquer la procédure de traitement élaborée à une zone d'étude plus conséquente ; c'est à dire d'assurer le suivi de l'évolution du lit d'un fleuve sur la totalité des secteurs à risque, ceci dans le cadre d'opérations préventives de protection en cas d'inondations majeures.

La station totale la plus productive au monde a encore amélioré son rendement...



Les stations totales ne sont plus ce qu'elles étaient. Elles doivent être évolutives dès maintenant ... pour être rentables plus tard.

C'est pourquoi le Geodimeter System 600 est le choix intelligent pour les topographes du monde entier.

Le nouveau Geodimeter a été enrichi de modules System complémentaires que vous pouvez facilement ajouter à votre système

selon vos besoins. Ainsi, vous pouvez commencer par acheter une version de base du Geodimeter System 600, une puissante station totale servocommandée dont les caractéristiques d'enregistrement ou de stockage de données, la mémoire, les logiciels intégrés, la précision et la portée peuvent être modifiés en fonction de vos besoins particuliers.

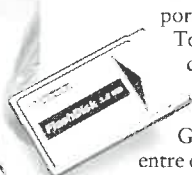
Par la suite, vous pourrez décider d'ajouter la fonction AUTOLOCK™, qui vous permet de verrouiller votre instrument sur un réflecteur et de suivre tous ses mouvements, ou de passer à la puissance de ROBOTIC pour convertir votre Geodimeter en un système à opérateur unique ultra efficace.

En ajoutant une carte-mémoire, Geodimeter Card Memory, vous pouvez enregistrer et stocker toutes vos données sur une carte-mémoire de type PCMCIA. Et ce n'est pas tout ! Cette carte-mémoire vous ouvre les portes du monde de la Topographie Intégrée, dans lequel les stations totales et les systèmes GPS communiquent entre eux.



Lorsque vous faites l'acquisition d'un Geodimeter System 600, vous faites plus qu'acheter une simple station totale, vous vous assurez une productivité qui vous permettra de conserver une longueur d'avance sur la concurrence

grâce à une gamme de perfectionnements de pointe adaptés à tous vos besoins. Bienvenue dans l'univers de la Topographie Intégrée.



Geotronics S.A.
Groupe Spectra-Physics
Z A de Courtaboeuf - BP 28
2 av. de Scandinavie,
91941 LES ULIS CEDEX
Téléphone (1) 69 18 63 63
Télécopie (1) 69 18 63 60
Internet: <http://www.geotronics.se>

nashua

**Photocopieurs, Télécopieurs, Duplicopieurs, Imprimantes
Produits multifonctionnels noir et couleur**

Papiers et Supports reprographiques

L'engagement performance

NRG France s.a. 70 avenue du Général de Gaulle - 94046 CRETEIL
Tél. : (1) 48 98 20 00 - Télécopie : (1) 43 79 02 89

I - INTRODUCTION

Le calcul de la position des points relevés par le procédé GPS correspond à une multilatération par laquelle on mesure les distances d'un point de position inconnue à n points de positions connues qui sont les satellites.

La position des points connus est calculée à partir des messages d'éphémérides que transmettent chacun des satellites reçus. Ces positions sont donc nécessairement extrapolées.

Les éphémérides diffusées sont fournies aux satellites par les stations de poursuite militaires du système GPS ainsi que la correction d'horloge de chaque satellite donnée au moment de la mise à jour du message, ainsi que les paramètres permettant d'extrapoler ces données instantanées.

Les calculs de «multilatération» fournissent les trois coordonnées du point de réception inconnu et la correction de l'horloge du récepteur qui exprimée en mètres peut être assimilée à une quatrième coordonnée B . Les inconnues du point seront donc X, Y, Z , et B .

Le problème est que les relations d'observation reliant les mesures aux inconnues ne sont pas linéaires.

Pour compenser les multiples mesures qui sont généralement surabondantes on doit réaliser une linéarisation des observations ce qui est bien connu mais, aussi, disposer d'une valeur approchée de la position du point inconnu.

Au début de l'utilisation un tant soit peu courante des récepteurs GPS, on demandait à l'opérateur d'entrer manuellement une valeur approchée de la position du nouveau point, car, en itérant, le logiciel pouvait calculer des points approchés de plus en plus proches de la réalité ; puis on s'est aperçu que la position du point approché pouvait être «très approchée à quelques milliers de km près» quand on s'était avisé qu'un appareil utilisé précédemment aux Etats-Unis puis transporté en Allemagne, avec pour point approché le dernier point relevé, pouvait ne pas être initialisé de nouveau.

Par la suite, chacun a travaillé dans son coin à l'abri des logiciels de calcul pour lesquels les utilisateurs ne connaissent pas les «sources», c'est un de ces bricolages qu'on voudrait décrire ici, ce n'est donc pas, et sans doute de très loin, la seule solution, mais c'est probablement la meilleure.

II - LA TRANSFORMATION LINÉAIRE DIRECTE

Pour simplement faciliter la lecture des équations on prend un satellite particulier pour origine des coordonnées pour ce satellite on peut écrire l'équation d'observation suivante :

$$X^2 + Y^2 + Z^2 = (P - B)^2 \quad (1)$$

Avec X, Y, Z , coordonnées du point inconnu et P pseudodistance mesurée, enfin B biais d'horloge, le tout exprimés en mètres, c'est-à-dire y compris le biais d'horloge B .

Avec $P = p.C$, et $B = b.c$, où p est la mesure du récepteur qui est exprimée en temps, et c vitesse de la lumière dans le vide. De même, b est le biais d'horloge inconnu exprimé en temps.

Si on écrit la même relation pour tout autre satellite s on aura :

$$(X - X_s)^2 + (Y - Y_s)^2 + (Z - Z_s)^2 = (P_s - B)^2 \quad (2)$$

Avec les mêmes notations sinon que l'indice s se rapporte à chaque satellite s autre que celui pris pour origine des coordonnées.

En développant et en soustrayant 1 de 2 les termes carrés des inconnues disparaissent et on tombe sur une relation linéaire, les doubles produits entre les inconnues et les coordonnées connues, la résolution est donc possible.

$$2.X_s.X + 2.Y_s.Y + 2.Z_s.Z - 2.(P_s - P).B = P_s^2 - P^2 + X_s^2 + Y_s^2 + Z_s^2 \quad (3)$$

Comme on a quatre inconnues, on doit donc disposer des observations sur, au moins, cinq satellites pour établir quatre différences du type de (3).

III - RÉOLUTION

Il s'agit de résoudre un système de relations linéaires 4×4 non-symétrique. On dispose, très couramment, de sous-programmes de résolution matricielle pour les compensations par les moindres carrés ; seule-

ment, dans ce cas, les relations à résoudre sont symétriques, c'est-à-dire que les termes $a_{ij} = a_{ji}$. On a contourné cette difficulté en normalisant notre système qui, dès lors, devient symétrique. Ceci est d'autant plus facile que les programmes de compensation par les moindres carrés comportent, aussi, des «modules» de normalisation (1).

On doit, pour rester concret, entrer dans des détails pratiques : Dans les récepteurs SERCEL de la série NR 10X, X étant un chiffre de 0 à 9, les sorties brutes des mesures se présentent comme suit :

```
%R 588 3924750
*1 68964247844      85884552      2 36 189 3
*2 68951919585      60070879      6 43 221 0
*3 68807354416      540696      12 52 72 0
*4 68863913324      2266724      13 49 78 0
*5 68917151229      99958660969      20 46 104 0
*6 68905374444      99995991506      21 47 74 0
*7 68872600291      58234961      23 48 120 0
```

Sur la première ligne %R indique qu'il s'agit d'une série de mesures de distances, le nombre qui suit est la semaine GPS qui est suivie, elle aussi, de l'heure satellite de départ du signal en dixièmes de seconde, chaque ligne suivante précédée d'une étoile (*) correspond au signal reçu par un satellite, dont l'identification se trouve dans la quatrième colonne de nombres, la première colonne n'indique que le numéro du canal de réception, la seconde l'heure d'arrivée du signal, le premier chiffre étant celui des secondes, en heure du récepteur, évidemment ; enfin la troisième à la mesure de la phase du signal.

Pour traduire les temps en distances il faut remarquer que l'unité du premier chiffre de la seconde colonne représente exactement 299.792.458 m, par conséquent le dernier représente environ 3 cm. Le décalage entre l'heure du récepteur et celle du satellite est trop grand

pour que, converti en mètres, on l'introduise dans les calculs ; on prend le parti d'ignorer les secondes et les dixièmes de secondes de l'heure du récepteur, il n'y a aucun inconvénient à prendre les dixièmes de seconde indiqués par l'heure satellite de départ du signal, d'autant que le temps de parcours du signal est toujours inférieur au dixième de seconde : Il est compris entre 20.200 et 25.800 km. Mais ceci n'est pas sans poser quelque problème comme va le montrer le lot de mesures suivant, faites à l'autre terme de la base, au même instant :

```
%R 588 3924750
*1 94223638697      922286106      6 45 164 0
*2 94079066642      99884395201      12 54 81 0
*3 94135631944      99493176885      13 49 126 0
*4 94188862406      99059353964      20 48 105 0
*5 94177083831      99677049256      21 47 70 0
*6 94144309932      397535728      23 52 90 0
```

(1) Ces sous-programmes sont dus à Y. EGELS.

En effet, si on abandonne les deux premiers chiffres de la mesure (les secondes et les dixièmes de secondes du récepteur) et si on ne calcule des pseudodistances qu'avec les chiffres suivants, on n'obtient pas des valeurs réalistes (2.400 km), c'est-à-dire voisines des valeurs des distances géométriques (20.200, 25.800 km), en sorte que, selon le cas, on ajoute, ou on retranche, un dixième de seconde soit 29.979.245,80 m.

IV - UN EXEMPLE

On va donner un exemple de calcul, mais, pour simplifier le travail et le réduire à la partie qu'on vient de traiter, on a, au préalable, calculé les données qui ne sont pas, dans la pratique aussi facilement accessibles.

Ces données sont les positions des satellites au moment du départ du signal ; elles sont calculables à partir des messages des satellites : les éphémérides, l'état de l'horloge du satellite, c'est-à-dire son décalage par rapport au temps GPS, donnée absolument nécessaire pour calculer la position réelle du satellite au moment du départ du signal, les messages relatifs aux corrections ionosphériques et troposphériques ne sont pas utilisés, car ils supposent connue la position du point de réception, alors que c'est cette position que nous cherchons à calculer. Les résultats seront entachés de toutes les erreurs de réfraction.

Ces données sont X, Y, Z les positions du satellite de base et des satellites courants en coordonnées géocentriques, T le décalage, exprimé en mètres, de l'horloge du satellite par rapport au temps GPS, et P la pseudodistance mesurée entre le récepteur et le satellite.

	satellite de base		satellites courants		
	0	1	2	3	4
X :	-6.448.540,98	2.751.436,63	12.143.659,04	14.058.197,19	20.440.353,60
Y :	19.669.923,17	24.139.377,57	-6.394.983,53	18.190.177,59	-16.936.828,89
Z :	16.399.518,79	10.380.267,36	22.793.115,73	13.167.308,26	-1.228.530,10
T :	-9.781,84	-77.426,20	8.460,82	160.091,68	21.447,95
P :	28.907.423,13	28.537.831,12	24.203.876,49	25.899.469,89	27.495.502,13

Les résultats :

X : 4.334.135,27

Y : -112.767,21

Z : 4.661.787,99

B : 3.494.945,70 (décalage de l'horloge du récepteur par rapport au temps GPS, noter qu'on fait déjà une première correction, avant calcul, voir immédiatement plus haut).

Ce qui se traduit, en termes de coordonnées géographiques, par :

Latitude : 47°05'30"03

Longitude : 358°30'34"44

Altitude : -348,57 m (L'altitude est trop faible car les distances sont trop longues du fait de la réfraction).

Pour contrôle, après compensation on a obtenu :

Latitude : 47°16'06"6442

Longitude : 358°30'32"5887

Altitude : 119,34 m

V - CONCLUSIONS

Bien qu'on détourne de leur objet des outils logiciels des moindres carrés, ce n'est pas pour cela qu'on obtient un résultat correct du point de vue stochastique.

En effet, comme on fait intervenir quatre fois le satellite de base pour une seule fois les satellites courants, on lui donne donc un poids correspondant au nombre d'utilisations. Cela nous a mené à rechercher le meilleur satellite de base : Ce serait celui qui serait le moins entaché des erreurs de réfraction, donc le plus haut au-dessus de l'horizon, donc celui dont la distance au récepteur est la plus courte ; ce qui est très facile, mais n'avait pas été fait dans l'exemple donné.

Le programme utilisé est très simple, on va donner la liste des sous-programmes dont les noms suffisent à expliquer ce qu'ils font :

Programme CalculPointInitial ;

CreeMatriceNormale; (matrice 4X4)

RemiseaZero; (les termes de la matrice sont mis à 0)

Faire cinq fois :

LectureDesDonnees ;

Si i différent de 0 Faire :

Relations; (calcule les relations d'observation (3))

Normalisation; (normalise les relations et place les termes en les sommant dans la matrice normale)

Resolution ;

AfficheCoordonneesGeographiques ;

Fin.



Algade (groupe Cogema)

met à votre service cinq
années d'expérience en G.P.S..

Aujourd'hui sa maîtrise du
système lui permet de
proposer de nombreuses
applications qui répondent
nécessairement à votre besoin.

Sur un simple appel,
un technicien G.P.S.
vous ouvre de nouveaux
horizons . . .



ALGADE

Topographie / Aménagement de site

RN 20 - B.P. 46

87250 Bessines-sur- Gartempe

Tél. 55 60 50 46 / Fax 55 60 50 59

ALGADE :

55 60 50 46

CANEVAS & POLYGONATION

TRAVAUX CADASTRAUX & S.I.G.

GÉOPHYSIQUE

RADIO NAVIGATION & BALISAGE

MICRO TRIANGULATION

REVUE XYZ - N° 68 - 3° TRIMESTRE 1996

101

Dorel



**LE FUTUR
AVEC
L'EXPERIENCE
DU PASSE**



*Dorel 6620 C A1/A0
un traceur jet d'encre couleur haute résolution*

SERVICE COMMERCIAL FRANCE ET EXPORT

34-36, rue Etienne DOLET - 93146 BONDY CEDEX - Tél: 48 48 24 24 - Fax 48 47 39 99

Photogrammétrie multi-images

(3ème partie)

Claude Daguillon (Rollei-Metric Services)

Cet article fait suite à deux autres textes du même sujet et du même auteur parus dans les deux derniers numéros 66 et 67 d'XYZ. Un prochain article traitera de la précision des monocomparateurs.

précision planification prises de vues

Les critères essentiels intervenant dans la précision d'une prise de vue photogrammétrique sont :

- l'échelle de la photo,
- la précision de mesure des points photos,
- la configuration géométrique de l'ensemble des photos.

Pour estimer la précision à atteindre, on considère que :

La précision de mesure d'une photo à l'aide du curseur-loupe d'un digitalisateur est de 0,05 à 0,10 mm. Ceci est largement supérieur à la résolution d'un digitalisateur de 0,025 mm. Le facteur d'agrandissement d'une photo intervient de façon linéaire. La précision au cliché moyen-format, agrandi 4 fois est de l'ordre de 0,020 mm.

Lorsqu'on observe une mesure dans une photo, dans un plan Z-X de l'objet (par exemple façade de bâtiment) parallèlement au plan image, il s'ensuit une précision de l'objet (s_x , s_z) égale au produit du facteur d'échelle de l'image (m_b) par la précision de mesure sur la photo (s_x' , s_y')

$$[\text{éq} - 1] s_x = s_x' * m_b = s_z = s_y' * m_b$$

Pour déterminer la profondeur d'un point de l'objet (y) on doit utiliser une 2ème photo. C'est ici qu'intervient le rapport de la distance de la caméra (b) à l'éloignement de l'objet (d). Ce facteur est désigné comme relation de base :

$$[\text{éq} - 2] s_y = s_x' * m_b * d/b$$

On n'obtient pas un facteur d'échelle d'image homogène dans une même zone en raison de l'éloignement différent de l'objet par rapport à la station de prise de vue. Un facteur d'échelle local s'applique rigoureusement pour chaque point de la photo.

Pour l'estimation de la précision, le facteur d'échelle de l'image peut être déterminé par le rapport d'une dimension de l'objet (objet) à la dimension de l'élément homologue dans la photo soit :

$$[\text{éq} - 3] m_b = \text{objet}/\text{photo}$$



L'analyse du projet doit définir les conditions techniques de prises de vues qui assureront la précision requise.

La localisation des stations de prises de vues est fonction du facteur d'échelle de la photo (couple format-objectif), mais doit aussi tenir compte des directions, couvertures et convergences des vues et de l'accessibilité de l'objet.

Voici un exemple de calcul. Un bâtiment doit être mesuré selon une précision objet de ± 1 cm. La précision de la mesure cliché est estimée à 0,020 mm. Il en résulte un facteur d'échelle maximal d'après [éq - 1] de :

$$s_x = s_z = \pm 10 \text{ mm et } s_x' = s_y' = \pm 0,020 \text{ mm}$$

$$m_b = 10 / 0,020 = 500$$

Si on utilise pour les prises de vue un Rolleiflex 6006 métrique, moyen format, avec un objectif de 40 mm ($C = 40$ mm), la distance de prise de vue peut être calculée par :

$$[\text{éq} - 4] d = m_b * C$$

$$\text{cela donne pour l'exemple : } S = 40 \text{ mm} * 500 = 20 \text{ m}$$

Le format utile de l'image de 50 mm, implique une dimension maximale de l'objet dans la photo d'après [éq - 3] de :

$$\text{objet} = \text{image} * m_b = 50 \text{ mm} * 500 = 25 \text{ m}$$

Une photo devrait contenir alors une vue de l'objet de 25 m. Si on prend la même estimation pour une précision exigée objet de ± 3 cm, on obtient une dimension d'objet de 75 m.

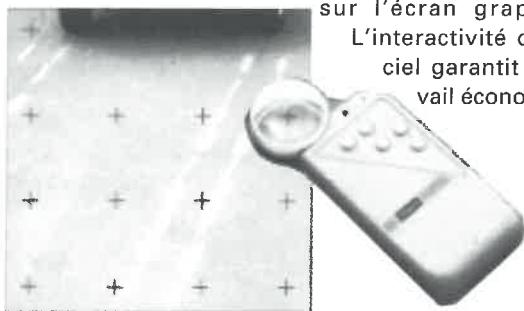
Cette méthode de calcul n'est qu'une approche grossière, mais elle permet aisément d'établir un projet de relevé.

Pour une planification plus détaillée, on peut également s'appuyer sur des procédés graphiques.

Pour cela, on dresse un plan approché de l'objet avec les conditions de recouvrement et les reports des faisceaux des visées, ces derniers dépendants des couples format-objectif.

Le poste de travail RolleiMetric est une station de travail graphique avec PC dans un environnement habituel de bureau. Les mesures sont effectuées avec un convertisseur analogique-numérique sur des agrandissements des images photogrammétriques. La loupe lumineuse à fils croisés garantit des résultats fiables des mesures.

La sortie simultanée des résultats de calculs a lieu sur l'écran graphique. L'interactivité du logiciel garantit un travail économique.



Le scanneur à réseau Rollei RS1-C permet, grâce à la numérisation partielle des images photogrammétriques, la mesure automatique des points d'image avec une précision de l'ordre du micromètre. Cet appareil peut numériser des originaux en donnant la plus haute résolution.



VUES AERIENNES METRIQUES

Toutes échelles - Toutes émulsions : Pour toutes applications

Missions sur mesure ou photothèque

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



AU SERVICE DES AMENAGEURS

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

Téléphone : 42.60.05.45 - Télécopie : 42.24.26.04

L'ART-LES LIVRES

■ COLLECTION ARCHIVES
EDITIONS MICHELE TRINCKVEL
(JACQUES BORGÉ - NICOLAS VIASNOFF)

La collection Archives est unique en son genre. Cette belle et captivante collection réalisée par Jacques Borgé et Nicolas Viasnoff nous fait retrouver nos racines à travers nos régions, nos colonies, nos métiers, nos passions.

33 albums grand public, passionnants et émouvants qui ne retracent pas l'histoire mais qui présentent des documents instructifs de la fin du XIXe à l'avant-guerre de 39-45 qui sont le reflet de toute une génération. Les clichés anciens et les textes sont pour la plupart méconnus ou jamais publiés.

Chaque livre est divisé en chapitres thématiques pour pouvoir se replacer dans le contexte et mieux comprendre la vie des anciens. Aujourd'hui, les éditions Michèle Trinckvel nous proposent quatre nouvelles «Archives».

Archives de L'Aviation



Il est difficile d'imaginer aujourd'hui la popularité des premiers aviateurs. Dans les *Archives de L'Aviation*, les photos et les témoignages nous font mieux connaître les héros de l'air et leurs délires et revivre les débuts de cette merveilleuse aventure humaine et scientifique.

Archives du Cheval

Les chevaux ont leur place dans chaque événement de notre vie. *Archives du Cheval* permet de retrouver la noble conquête de l'homme : sur les champs de bataille, à la ville, à la campagne... Ce compagnon de nos loisirs, de nos plaisirs, dont l'existence est liée à celle de l'homme.

Archives des Mineurs

Avec les documents du centre historique minier de Lewarde, Jacques Borgé et Nicolas Viasnoff nous présentent *Archives des Mineurs*. Un hommage émouvant

et bien mérité qui montre le courage, le sens de la solidarité et les pénibles conditions de travail de tous ceux qui ont vécu pour et par la Mine.

Archives de la Voile

On peut difficilement dissocier la voile et la pêche, cette tâche épuisante qui s'effectuait par tous les temps face à des dangers continuels et surtout sans aucun confort. Si aujourd'hui on tente l'aventure à la voile, avec *Archives de la Voile* on s'aperçoit qu'hier, la voile c'était tous les jours un défi.

■ PRISONNIERS DES GLACES
LES EXPÉDITIONS DE WILLEM BARENTSZ
(1594-1597) PAR XAVIER DE CASTRO



Dans la deuxième moitié du 16ème siècle, les deux grandes puissances maritimes de la mer du Nord, l'Angleterre et la Hollande, cherchent à concurrencer l'Espagne et le Portugal qui ont acquis le monopole sur la route des Indes par le Sud. La route maritime par le nord-est, reliant la mer Blanche au détroit de Bering, le long de la côte de Sibérie, supposée libre de glace et deux fois plus courte,

sur l'atlas de Mercator, qu'en réalité, devient un objectif économique. C'est un pilote hollandais, Willem Barentsz qui va être le premier européen à passer à l'est de la Nouvelle-Zemble. Financées par les villes d'Amsterdam, Middelburg, Enkhuysen, trois expéditions, en 1594, 1595 et 1596-1597 sont lancées à l'assaut de la route du nord-est. Au cours de la troisième expédition, Barentsz découvre le Spitzberg et l'île aux Ours avant de longer la côte nord de la Nouvelle-Zemble. Son navire est pris dans les glaces et il doit se résigner à hiverner dans une «maison de survie» (retrouvée en 1871 par le Commandant d'un phoquier norvégien) pendant neuf mois, dans des conditions misérables. La nuit polaire, l'extrême froidure, l'agressivité des ours, le scorbut viennent à bout du tiers de l'équipage. Barentsz et ses hommes quittent leur base le 14 Juin 1597 sur deux chaloupes de fortune pour effectuer un périple périlleux de 2 800 kilomètres qui les amènera à

Amsterdam le 1er novembre 1597. Barentsz était mort en cours de route. L'intérêt d'une nouvelle route maritime par le nord-est n'aura pas de suite. La très célèbre Compagnie des Indes Néerlandaises (V.O.C.) est créée en 1602.

L'ouvrage analysé est une présentation par Xavier de Castro des relations de Gerrit de Veer, membre de l'équipage de Barentsz, et qui a participé aux deux derniers voyages. Son ouvrage, publié en 1598 et mal traduit en français, n'a pas été retenu par X. de Castro, qui lui a préféré la version d'Isace Commelin, publié en 1646.

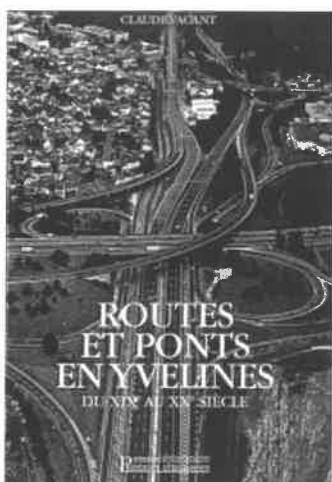
Le récit de la première grande aventure de l'histoire de l'exploration du Grand Nord, tombé dans l'oubli, méritait une réédition. Cette initiative était d'autant plus justifiée que la présentation de X. de Castro est un modèle du genre ; dans une préface d'une trentaine de pages, sont largement évoqués le contexte historique et politique de passage du Nord-Ouest et du Nord-Est, les précieuses découvertes d'objets dans la « maison de survie », les précautions prises dans l'établissement du texte.

Plus de 184 notes détaillées émaillent le texte en éclairant sa compréhension. Les sources, une bibliographie complémentaire, un index onomastique, un index géographique, un index idéographique sont rassemblés à la fin de l'ouvrage. Les itinéraires des trois campagnes, des illustrations d'époque, des photographies d'objets trouvés en Nouvelle-Zemble, sont judicieusement choisis et présentés.

(Editions Chandeigne/Unesco - 256 pages - 150 F) - Collection Magellane (Les grands voyages du XVe au XVIIe siècle : récits des témoins de l'époque, édition illustrée, annotée et présentée par les meilleurs connaisseurs)

Jean Bourgoin

■ ROUTES ET PONTS EN YVELINES, DU XIX^{ème} AU XX^{ème} SIÈCLE (CLAUDE VACANT)



Dans un premier volume « *Routes et Ponts en Yvelines, du XVII^e au XIX^e siècle* », l'auteur, depuis Sully jusqu'à la restauration, avait retracé la naissance et le développement du service public en charge des routes et des ponts du département à travers ses acteurs, son organisation, ses missions quotidiennes et ses réalisations.

Dans ce second volume « *Routes et Ponts en Yvelines, du XIX^e au XX^e siècle* », Claude Vacant poursuit aujourd'hui cette étude en examinant, au fil des décennies, l'importance réciproque du service ordinaire des ponts et chaussées et du service vicinal de 1836 à

1940. Puis, dès l'après guerre, les circonstances qui conduisirent successivement, en 1964 à l'éclatement du département de Seine-et-Oise et à la fusion, en 1967, des services départementaux des Ponts et Chaussées avec ceux de la construction, pour donner le jour à la direction départementale de l'Équipement des Yvelines. Enfin, la période de la décentralisation qui, au plan routier, aboutit à la création de la Direction des infrastructures Départementales en 1988 et à l'évolution actuelle des deux services, de l'État et du département.

L'ouvrage restitue l'évolution des routes et des ponts des Yvelines, rendue nécessaire par l'invasion de l'automobile, à laquelle les ingénieurs purent faire face grâce aux progrès technologiques et scientifiques réalisés dans le domaine des chaussées, des accessoires de la route et de la construction des ouvrages d'art, mais dont malheureusement la réalisation fut souvent freinée par les difficultés de financement et d'environnement.

Après deux siècles de stabilité organisationnelle, les services routiers connaissent ainsi depuis une trentaine d'années de nombreuses remises en question dont l'issue n'apparaît pas encore bien définie à ce jour.

Fourmillant d'anecdotes, émaillée de nombreux documents d'archives, abondamment illustrée, cette promenade érudite captivera tous les amateurs et curieux de l'histoire du développement des techniques et des services chargés de les mettre en œuvre au service de la collectivité.

(Cartonné - couleurs - 300 pages - 77 photos - 350 F - Presses de l'ENPC, 49 rue de l'Université - 75007 Paris - Dans toutes les librairies)

■ FOI DE PHYSICIEN. TESTAMENT D'UN SCIENTIFIQUE (LOUIS LEPRINCE-RINGUET)



Louis Leprince-Ringuet
de l'Académie française

"Foi de physicien!" Testament d'un scientifique

BAYARD ÉDITIONS / CENTURION

L'académie des sciences et l'académie française en un seul nom. Cher Leprince-Ringuet, qui nous accompagne sur terre depuis des décennies, toujours mêlant la science, la philosophie et la poésie, en homme véritable à qui aucune facette de l'humain n'échappe. A 95 ans il est pour nous l'histoire, mais paradoxalement il dynamise la jeunesse parce qu'il n'a pas peur, parce qu'il rejette le catastrophisme, parce qu'il croit en l'homme et dans ce qu'il fera de sa science, parce qu'il est un incorrigible optimiste.

Alors il nous raconte ce qu'il a vu, ce qu'il sait, ce qu'il a vécu. Ce n'était pas toujours rose mais il a tou-

jours regardé avec son prisme personnel et surtout sa foi chrétienne qui est en filigrane toujours présente dans sa vie. Il en parle calmement, justifiant sa croyance auprès de sa science qui, dit-il, n'englobe pas toute la connaissance et ne nous donnera jamais le sens de la vie. Il ajoute qu'entre science et religion, les affinités sont plus nombreuses qu'il ne semble. Et nous aimerions sur ce problème (on peut rêver) un dialogue avec un autre savant de trempe égale, Stéphen Hawking l'astronome. Il en sortirait des trous noirs de philosophie !

Il ne tarit pas sur sa chance de vivre et d'être ce qu'il est. Il commence son livre en disant la soudaine illumination que fut pour lui, alors qu'il était étudiant, une séance des cinq académies où Pierre Termier, géologue-paléontologue, se leva pour dire sa passion de la connaissance et la joie de « connaître », comme source inépuisable d'émerveillement.

On connaît la passion de cet académicien pour la peinture, il voulait d'ailleurs être peintre et c'est son père qui le fit polytechnicien. Quand on sait le scientifique qu'il fut, quel peintre eut-il été ?

Cet homme aime les hommes. Il est plein d'indulgence pour eux. Il en comprend les peines et les misères, mais se sait trop sensible pour s'y attarder et en faire un pessimisme, une loi. Il préfère s'émerveiller sur le miracle humain et la capacité de l'homme à se porter vers la hauteur. Il ne partage pas la vision désespérante de ceux qui jouent battus d'avance devant le monde actuel déshumanisé, avec ses guerres, ses famines, le terrorisme, le racisme, le gigantisme industriel. Il y a toujours une part d'espoir qu'il faut saisir, préserver et faire grandir. « Qui dit que nous ne pouvons rien contre la misère humaine », s'écrie-t-il !

La science nous montre que l'homme est bien peu de chose au sein de l'univers, mais c'est parce qu'il le sait qu'il est grand, et notre académicien de fustiger ceux qu'il appelle « les intellectuels, ces « mal-voyants », ceux qui se croient supérieurs mais ne sont que clos sur eux-mêmes, et de fustiger ces grandes écoles qui ouvrent les portes des ministères sans expérience du terrain, et de crier aussi que l'église doit avoir son mai 68. Quelle jeunesse chez cet homme qui nous dit qu'il approche d'un siècle d'âge.

« En tant que scientifique j'ai toujours eu le sentiment de participer à la création et, dit-il dans le même chapitre, la science, la poésie et la création sont indéniablement parallèles. Ainsi, conclut-il, l'univers a un sens dont l'homme est la clé. »

De page en page, cet homme crie son bonheur d'être scientifique, d'être mêlé à la poésie et à l'art, d'accéder au sacré. Il dit sa foi en l'homme, en l'avenir, ce qu'attestent les combats qu'il a mené et qu'il mène (l'Europe etc...). Au passage il écorne le sport actuel, ce « marché aux esclaves », la télé qui porte la responsabilité écrasante d'ôter aux individus le besoin de contacts humains, et la mort de la « fête » qui est devenue une affaire commerciale.

Il dit de lui qu'il est un homme de métier, sa modestie rejette le mot savant qu'il est pourtant. En tout cas il est heureux d'avoir réussi sa vie, d'être un exemple du

bonheur humain. En plus il est un bon fumeur de pipe.

(Bayard - Editions / Centurion - 110 F)

Jack Biquand

■ ASTRONOMIE. LES NOMS DES ÉTOILES PAR ANDRÉ LE BOEUFFLE - EDITIONS BURILLIER

Cet ouvrage de 111 pages relate l'histoire de la dénomination des étoiles des constellations, des planètes, des astéroïdes... des origines à nos jours.

Les sociétés primitives, qui scrutaient assidûment le ciel, ont éprouvé le besoin de désigner les constellations d'après la disposition des étoiles, qui leur suggérait, avec une certaine imagination, un animal ou un objet qui leur était familier. On estime que la plupart des appellations encore utilisées de nos jours sont antérieures à l'invention de l'écriture.

C'est dans la première partie de l'Astronomie intitulée « **Des origines à la fin de l'Antiquité classique** » que sont développées les différentes étapes de la découverte du ciel avec : les Summériens, les Chaldéens, les Phéniciens, les Egyptiens, les Grecs. On y apprend que les Latins nommaient les sept étoiles de la Grande Ourse « septem triones » les sept bœufs, tournant en cercle autour du pôle assimilé à une aire à broyer le blé. Puis « septem triones » est devenu un mot unique, « septentriones », puis au singulier « septentrio » qui sert à désigner la direction du Nord.

Avant **Pythagore** on avait observé une « étoile » du soir brillant d'un vif éclat à l'ouest et une étoile du matin visible à l'Est avant l'Aurore. **Pythagore** découvrit qu'il s'agissait de la planète **Vénus**.

La fin de cette première partie est consacrée aux catalogues d'étoiles d'**Hipparque** et de **Ptolémée**.

La deuxième partie s'intitule « **Du moyen-âge à l'époque contemporaine** ». L'auteur y montre l'influence arabe non seulement sur le vocabulaire astronomique courant : exemples zénith, nadir, azimuth..., mais aussi sur les noms d'étoiles.

C'est ainsi qu'**Aldébaran** (α Tauri), située dans les Pléiades, vient de **ad dabarau**, la suivante,

qu'**Algol** (β Perseï) vient de **ras al gul**, tête du diable, équivalent de la tête de la Gorgone méduse dans la mythologie antique,

qu'**Altaïr** (α Aquilae) vient de **an nasr at taïr**, l'aigle volant etc... etc...

Ces noms d'étoiles portés sur les araignées des astrolabes parviennent dans l'occident médiéval chrétien et sont encore utilisés de nos jours.

L'auteur cite quelques survivances helléniques et des tentatives chrétiennes pour une astronomie nouvelle.

Dans le premier tiers du 17^e siècle des jésuites allemands tentent -sans succès- de changer l'appellation des signes du zodiaque et des constellations. C'est ainsi que les 12 signes du zodiaque prennent les noms des 12 apôtres : Le **Belier** devient **St Pierre**, le **Taureau** devient **St André**, les **Gémeaux** deviennent **St Jacques le majeur**, etc...

La **grande ourse** devient la **Barque de St Pierre**, la **petite ourse** devient **St Michel**, **Cassiopée** devient **Marie** etc...

En 1603 paraît l'atlas de **Bayer**, d'Augsburg, qui est le premier à désigner les étoiles de chaque constellation à l'aide des lettres de l'alphabet grec. Si les 24 lettres de cet alphabet ne suffisent pas, **Bayer** continue par l'alphabet latin. La plupart des appellations de Bayer subsistent de nos jours.

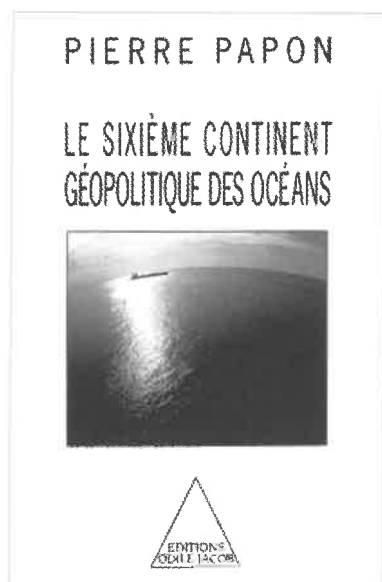
Au 18^e siècle paraît l'**Atlas coelestis** de **Flansteed**, premier directeur de l'Observatoire de Greenwich, qui comporte près de 3 000 étoiles et qui introduit le numérotage des étoiles les plus faibles.

Au 19^e siècle apparaissent les premiers astéroïdes auxquels on décerne soit des noms mythologiques, soit des noms d'astronomes.

L'auteur de cet ouvrage **André Le Boëuffe**, professeur émérite à l'université d'Amiens, helléniste et latiniste distingué, s'est spécialisé dans la traduction des principaux textes romains traitant d'astronomie ; la lecture de l'Astronomie est attrayante voire captivante.

Raymond d'Hollander

■ LE SIXIEME CONTINENT - GÉOPOLITIQUE DES OCÉANS PAR PIERRE PAPON (EDITIONS ODILE JACOB)



Quelques observations après une lecture attentive : l'ouvrage de Pierre Papon est d'une grande richesse et très intéressant. Pour un sujet de cette nature, il est d'une lecture facile. L'abondance des problèmes abordés pourrait laisser croire à un travail d'équipe, mais le style simple et agréable de l'écriture paraît montrer qu'il s'agit d'un auteur unique : Pierre Papon. Pour

une part importante de l'ouvrage, Pierre Papon a bénéficié des meilleurs sources documentaires lorsqu'il était Président d'IFREMER. Il les a exploitées à bon escient et avec objectivité. On ne lui fera pas grief d'être le premier PDG d'IFREMER à avoir largement livré un testament-diagnostic à l'issue de son mandat ! Il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'ouvrage synthétique sur le même sujet en France.

Le caractère encyclopédique de l'ouvrage et la relative austérité des thèmes abordés font regretter le manque d'aération dans la présentation et la mise en page (2 cartes seulement pour un ouvrage de géopolitique, aucune illustration). La richesse du contenu impli-

quait une indexation beaucoup plus développée, car l'ouvrage constitue une véritable mine d'informations qu'il est difficile de retrouver par ailleurs.

La bibliographie (livres, rapports, articles) est très pertinente et en grande partie basée sur des documents récents*. La table des matières est très insuffisante pour rechercher rapidement une information. Quelques tableaux et graphiques auraient été bienvenus. La place importante faite aux problèmes européens est judicieuse.

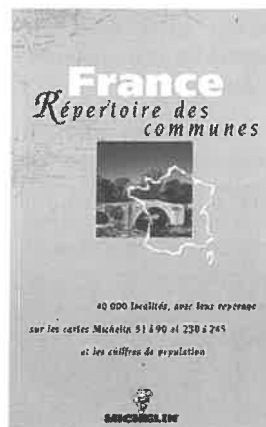
Les grandes faiblesses de la France, dues à un corporatisme exacerbé des professions maritimes et à une forte démagogie des pouvoirs publics sont analysées sans parti pris.

Cet ouvrage qui, par nature, ne pourrait pas avoir une durée de vie supérieure à la décennie sans mise à jour, constitue une somme précieuse, sur les problèmes maritimes à tous égards. Basé le plus souvent sur une documentation fiable et objective puisée aux meilleurs sources, rédigé dans un style clair et agréable, il sera pour la dizaine d'années à venir, une bible de réflexions et d'informations pour une vaste gamme de «lecteurs maritimes». Son originalité tient à la mise en forme d'un ensemble de problèmes très divers, mais liés entre eux, ainsi qu'aux avis judicieux tendant à les résoudre.

Jean Bourgoïn

* malheureusement non indexée au fil des chapitres

■ FRANCE RÉPERTOIRE DES COMMUNES



Venez donc chez moi, à St Martin, vous savez, près de Villiers...»

Invitation précise en apparence... mais que vous ne pourrez peut-être jamais honorer, tant ces noms, qui fleurent bon le terroir français, se retrouvent fréquemment au hasard de chaque région !

Avec la nouvelle édition de leur publication «FRANCE-Répertoire des Communes», les Services de Tourisme Michelin répondent aujourd'hui à un besoin de leurs lecteurs et proposent une clé originale pour la connaissance de notre pays.

Un complément logique aux cartes routières

Traditionnellement, les Guides Rouges hôteliers et les Guides Verts touristiques Michelin localisent avec précision les villes qu'ils citent par référence aux plis des cartes routières qui peuvent les compléter. Mais il ne s'agit encore que de quelques milliers de noms...

Pour prendre en compte les 36 578 communes de France ainsi qu'une foule de lieux-dits, hameaux et sites touristiques, soit la quasi-totalité des écritures qui couvrent les cartes jaunes à l'échelle 1/200 000, il fallait envisager un volume particulier, complément logique et bientôt inséparable de ces cartes.

Un outil simple

Ni fourre-tout administratif, ni casse-tête pratique, ce répertoire va à l'essentiel : chacune des 40 931 localités, présentées par ordre alphabétique, est accompagnée des références des cartes sur lesquelles elle figure.

Un compagnon efficace

Le Répertoire des Communes Michelin constitue désormais un outil de référence dans maintes occasions de la vie quotidienne : dans quel département se trouve tel nom entendu à la radio, tel village d'où je reçois du courrier ? Sur quelle carte vais-je le localiser ? Quel est son code postal ?

Disponible en librairie - prix public : 48 Francs.

■ MICHELIN - A TRAVERS L'EUROPE AVEC LES GUIDES VERTS

Qu'elle soit artistique ou multinationale, à Six ou à Quinze, l'Europe, rêve de Charlemagne et des Habsbourg, se concrétise de jour en jour...

Mais quel voyageur connaît véritablement cette mosaïque de peuples et de cultures qui s'harmonise sous nos yeux ?

Trois nouveaux Guides Verts Michelin proposent au touriste une approche actuelle et pratique de notre continent.

Guide Vert Europe

De l'Islande à Moscou et à Gibraltar, c'est un guide d'histoire et de culture, de paysages et de traditions, complément indispensable de la collection des Guides Verts, dont il est désormais le titre le plus cosmopolite et le plus développé.

Guide Vert Venise

Par son cadre et ses richesses, par son charme et ses secrets, la Sérénissime passe pour l'une des capitales occultes de notre Europe, l'un des lieux magiques de notre civilisation. Et c'est peu dire qu'elle «vaut le voyage» !

Guide Vert Bruxelles

Européenne par l'esprit qui y souffle comme par les institutions qu'elle abrite depuis 1958, la capitale belge mérite d'être visitée et «respirée» à loisir. Ce guide y est une invitation agréable et pratique.

■ L'APPAREIL D'INFORMATION SUR LA SCIENCE ET LA TECHNIQUE RAPPORT COMMUN N°6

Ce rapport examine les mécanismes de transmission du savoir scientifique et technique dans la société. Il met en lumière le contraste qui existe entre la relative qualité de l'appareil d'information scientifique et technique par la presse écrite, la radio, la télévision, et la méconnaissance que continuent d'avoir nos concitoyens de la place qu'occupent désormais la science et la technique dans le développement économique et social de la Nation.



Ce rapport comporte en première partie une analyse historique des modes de diffusion du savoir dans la société. Si la communauté scientifique est la source primaire des connaissances, celles-ci font l'objet de messages transmis par des émetteurs variés. Aux savants s'ajoutent les pédagogues, mais aussi les intermédiaires qui exploitent le contenu des sciences pour son intérêt à exciter la

curiosité, que ce soit sur le plan de l'information ou sur celui de la mise en scène spectaculaire. La science passe plutôt dans la culture par les différentes formes du spectacle. Mais il y a aussi des détracteurs de la science et la fantaisie des parasciences qui séduisent le public. Celui-ci réagit très différemment à la diffusion d'informations scientifiques, s'il se sent concerné dans sa chair ou pour l'avenir de ses enfants, ou s'il est simplement intéressé par le merveilleux associé aux résultats de la recherche. En face des réactions émotionnelles, les raisonnements scientifiques sont parfois difficiles à faire admettre.

La seconde partie du rapport présente l'état des lieux en France. D'abord les résultats de la mesure du savoir scientifique du citoyen et l'analyse de ses attitudes vis à vis des sciences et des techniques. Puis sont successivement étudiés journaux, magazines, radios, photos, films, télévisions. Les nouveaux outils multimédias et les banques de données font l'objet d'un examen détaillé.

Pour pallier la carence de la «culture scientifique et technique» de la population française, les auteurs recommandent :

1) d'assurer, dès l'école, une meilleure éducation scientifique et technique

- le développement de l'éducation scientifique et technique à l'école implique que soit organisée d'urgence une formation des maîtres, tant en ce qui concerne leur formation scientifique et technique proprement dite que leur familiarité avec l'usage des moyens électroniques et informatiques de communication ;

2) de favoriser la participation des chercheurs et des ingénieurs à la communication scientifique et technique

- en favorisant l'engagement des chercheurs et des ingénieurs dans la médiatisation des savoirs
- cet objectif ne pourra être atteint que si leur participation aux activités de communication constitue un facteur de promotion dans leur carrière ;

3) de veiller à conserver le patrimoine scientifique hérité soit physiquement soit dans des mémoires virtuelles

4) de favoriser le financement de l'innovation par le capital-risque

5) de mieux exploiter les ressources de la modélisation

6) de mieux exploiter les ressources de l'image scientifique et technique

- il est souhaitable d'aider à la création, par des professionnels du film scientifique et technique, de produits cinématographiques susceptibles d'être diffusés par la télévision et les multimédias ;

- la numérisation systématique des images fixes et animées s'impose ;

- les auteurs proposent que soit créé un Institut fédératif qui puisse regrouper l'ensemble des producteurs européens d'images de sciences.

7) de s'engager hardiment vers l'utilisation des multimédias

- l'avènement des multimédias ouvre aux sciences

et aux techniques des possibilités de diffusion jusqu'alors inimaginables

- concrètement, l'exploitation des ressources des multimédias revient à :

- équiper les écoles de moyens électroniques et informatiques capables d'utiliser des CD-Rom et d'entrer en contact avec les réseaux informatiques de communication,

- de créer dans chaque discipline scientifique des banques de données et de connaissances reliées entre elles par un réseau,

- de nourrir en langue française le contenu scientifique et technique de ces banques et de ces disques,

- là encore, une structure de coordination devrait être mise en place.

Editions TEC & DOC Lavoisier - 128 pages - Format 15,5 x 24 - 150 F



ÉCOLE CHEZ SOI

AU SERVICE DU BTP POUR FORMER AUTREMENT

Un corps professoral prestigieux dont certains membres sont des experts internationaux

L'ÉCOLE CHEZ SOI est un institut privé d'enseignement technique professionnel pour les métiers du Bâtiment et des Travaux Publics.

Ecole centenaire, fondée en 1891, par L. Eyrolles, l'ÉCOLE CHEZ SOI est fière d'avoir formé plusieurs générations de professionnels du BTP.

Parfaire ses compétences

Quand on choisit de suivre une formation technique et professionnelle pour obtenir une qualification reconnue, il est important de s'adresser à un spécialiste reconnu par la profession.

Ne pas être seul

A l'ÉCOLE CHEZ SOI, quelle que soit la formation que vous choisissez, vous êtes formé(e) et suivi(e) par des professeurs qui répondent à vos questions et vous épaulent en cas de difficultés.

En outre, des journées pédagogiques sont organisées, qui vous permettent de rencontrer d'autres stagiaires et de dynamiser vos qualifications.

Plans d'études personnalisés à la demande des entreprises et des particuliers.
Stages inter et intra-entreprises

Progresser à son rythme

Avec l'ÉCOLE CHEZ SOI, vous travaillez à votre rythme, selon votre emploi du temps. C'est vous qui décidez de votre progression.

Avec l'enseignement à distance vous prenez en main votre réussite...

Préparation aux concours de la Fonction Publique :

- Technicien de l'Institut Géographique National
- Technicien du Cadastre
- Technicien de la Météorologie
- Travaux Publics de l'Etat

Formations spécifiques :

- Sécurité
- Marchés Publics
- Environnement / Espaces verts

Préparation aux examens d'Etat :

- CAP Opérateur Géomètre
- BP Technicien Géomètre
- BTS Géomètre Topographe

Formations qualifiantes :

- Ingénieur
- Dessinateur bâtiment
- Projeteur en bâtiment
- Calculateur projeteur en béton armé
- Métreur
- Commis d'architecture
- Commis d'entreprise
- Chef de chantier
- Conducteur de travaux
- Technicien V.R.D.
- Jardinier qualifié
- Chef d'équipe paysagiste
- Dessinateur paysagiste
- Architecte paysagiste

Informations et conseils ☎ (1) 46 03 66 83
3615 ÉCOLE CHEZ SOI 1,29 F la minute

Pour recevoir notre documentation, retournez ce coupon à l'adresse suivante :

ÉCOLE CHEZ SOI

38 rue Vauthier
92774 BOULOGNE Cedex

Nom :

Prénom :

Adresse :

Code Postal :

Ville :

Sans engagement de ma part, je désire une documentation dans le secteur suivant :