

xyz

59

Association
Française de
Topographie



XIX^{ème} COLLOQUE AFT
CACHAN
1^{re} partie

contrôle
et
assurance
de
la
qualité
en
topographie
et
photogrammétrie



Le pont de Normandie, état des travaux en mars 94. Longueur : 2 141 m. Portée centrale : 856 m. Hauteur du tablier : 59 m. Hauteur des pylônes : 215 m (voir page 17).
Photo SETRA, G. Forquet.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

• André BAILLY

REDACTEUR EN CHEF

• Michel SAUTREAU

COMITE DE LA REVUE

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

COMITE DE LECTURE

MM. BAILLY, BIENVENU, COMBES, d'HOLLANDER, DUCHER, FONTAINE, LEVALLOIS, PUYCOUYOUL, SAUTREAU, SCHAFFNER, SCHRUMPF, VINCENT.

MAQUETTE ET MONTAGE

• Jack BIQUAND

PUBLICITE

• Robert CHEVALIER

ABONNEMENTS

• Mme CABANETTES

CORRECTEUR

• Jean-Marie THIRIET

**IMPRIMERIE MODERNE
USHA**
AURILLAC 15001
Tél. : 71.63.44.60

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 : 125 F.
Abonnement d'un an : France Europe
(voie terrestre) : 470 F.
Etranger (avion, frais compris) : 490 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.*

1994 2^e trimestre

N° 59 SOMMAIRE

- EDITORIAL par Jean-René FOURTOU.....	3
- INFO-TOPO.....	7
- XIX ^e COLLOQUE AFT Contrôle et assurance de la qualité en topographie et photogrammétrie (1 ^{re} partie)	
• Ouverture du colloque Accueil de Serge EYROLLES.....	13
• Impression de colloque et proposition d'action par Guy DUCHER.....	14
• Les normes ISO 9000 et la certification par M. LACROZE.....	19
• Les contrôles de qualité pour les travaux topographiques en Suisse par H. DUPRAZ.....	24
• Analyse de la qualité des réseaux géométriques. Applications aux réseaux du CERN par C. LASSEUR.....	29
• Une démarche qualité de l'IGN : application à la réalisation de la BD TOPO par I. VEILLET.....	35
• Le contrôle topographique d'une carte ou d'une base de données constituées par voie photogramétrique par P. GRUSSENMEYER, Ph. HOTTIER, I. ABBAS.....	39
• Pour une rénovation de l'arrêté du 21 janvier 1980 relatif aux tolérances applicables aux levés à grandes échelles par M. KASSER.....	46
• Qualité des opérations GPS par J.-P. SPARFEL.....	50
• L'assurance et le contrôle de la qualité des résultats GPS par R. JAGER.....	55
• Les recommandations pour les vérifications de routine des appareils électroniques de mesure de distances (AEMD) par J.-M. BECKER.....	62
- XIX ^e COLLOQUE AFT (2 ^e partie à paraître n° 60 - Sept. 94)	
• Avec les interventions de : MM. Laroche (EDF), Blaustein (SETP), Joly (G.- E.), Perzo, Dechamps (Campenon-Bernard), Soudan (Aérospatiale), Vail- leau (LNE), Roux (ESRF), Dumont (ESIC), Bize (Peugeot), Carrez et Martin- Rabaud (Métride).	
- DANS LA PROFESSION • Géomètres Sans Frontières : un bornage au village.....	65
- GPS • Une démonstration du système MIDAS (EST) par Bruno WAITZMANN.....	67
- SIG • Les journées du SIG de l'ESGT et de IETI par Henri PORNON.....	72
- HISTOIRE • La "Siensa de destraz" (traduction de l'occitan, M. Motte).....	75
• Sciences géographiques, connaissance du monde et conception de l'univers dans l'antiquité - Chapitre 9 (en encarté) par Raymond d'HOLLANDER	
- REPERTOIRE DES ANNONCEURS.....	73
- L'ART - LES LIVRES.....	78
- L'ART DE VIVRE.....	84
- LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE - Chapitre 10 : calculs (en encarté, voir page 64)	

POUR VOUS, NIKON A CRÉÉ KHÉOPS.



KHÉOPS. Hommage de Nikon à la plus grande pyramide d'Egypte, considérée encore aujourd'hui comme une référence en matière d'architecture et de calculs géométriques.

Aboutissement d'années de recherches, la station Khéops de Nikon est construite autour d'un concept révolutionnaire : une station totale et un micro-ordinateur personnel intégrés dans un appareil unique et compact. Simplicité et souplesse, avec Khéops vous effectuez un retour aux sources de la topographie. Par son infailibilité, c'est une fantastique assurance dans un contexte concurrentiel difficile.

GRAND ÉCRAN GRAPHIQUE.

Large écran d'ordinateur, menu déroulant concis et clair, icônes parfaitement compréhensibles. Plus aucun risque d'erreur.

ENVIRONNEMENT MS-DOS.

Première station totale à disposer d'un système d'exploitation compatible MS-DOS. La garantie d'une ouverture sur un puissant environnement de programmation.

STATION PROGRAMMABLE.

Khéops est réellement programmable (et pas seulement paramétrable !). Grâce à ses deux cartes séparées : une pour le stockage des données, l'autre pour les programmes topographiques évolutifs.

CARTES PCMCIA.

Pour stocker les données et les programmes, Nikon a choisi le futur : les nouvelles cartes à mémoire PCMCIA, le format des cartes de crédit, des performances étonnantes (rapidité, fiabilité, universalité).

Trois modèles, Trois niveaux de précision.

Renseignez-vous vite. Écrivez à Nikon France s.a.
Département Topographie
191, rue du marché Rollay - 94504 Champigny Cedex
ou téléphonez au 1. 45 16 46 60.



La topographie, c'est aussi notre métier.

EDITORIAL



On assiste aujourd'hui, en France, à un regain d'intérêt, et même une mobilisation plus large, en faveur de la qualité. L'enjeu ne concerne pas que les industries manufacturières. Il touche aussi les services, qu'ils soient publics ou privés. Certes, il y a longtemps que l'on s'occupe en France de qualité : des associations comme l'AFCIQ, l'AFQ, ou les AFCERQ sont actives depuis une vingtaine d'années.

Mais dans la compétition mondiale actuelle, qui devient de plus en plus rude, on prend conscience que fabriquer de bons produits ne suffit plus. On sait désormais fabriquer des voitures qui roulent, des produits chimiques et pharmaceutiques performants, des fromages qui ont un saveur, des cartes de géographie exactes et lisibles. Mais le succès dépend maintenant de quelque chose en plus, difficile à définir. Ce "plus" c'est la qualité.

La qualité ce n'est pas seulement le produit de qualité. C'est l'ensemble des facteurs qui répondent à ce que j'appelle "l'obsession du client". On s'appuie volontiers, et il en a été beaucoup question récemment, sur la certification et l'assurance-qualité. Mais cette démarche, si elle est né-

cessaire, est loin d'être suffisante. Pour qu'il y ait progrès, pour qu'il y ait remise en question, toute entreprise, tout service doit prendre conscience du rôle vital et permanent du client. Il faut, en premier lieu, connaître son client, supprimer le décalage, souvent considérable, qui existe entre l'idée que l'on se fait de lui, et sa réalité propre. Il faut, de même, susciter chez tous les collaborateurs de l'entreprise une attitude entrepreneuriale et responsable, s'exerçant dans une organisation tournée vers le client. La formation reçue par nos ingénieurs ne les oriente pas spontanément vers des attitudes commerciales, ou des relations de partenariat avec le client. C'est donc le plus souvent une reconversion intellectuelle et psychologique qui est demandée.

Enfin, l'optimisation de la démarche qualité ne saurait aller sans une comparaison permanente, et active, avec les concurrents, et particulièrement celui qui fait référence dans le métier où l'on se situe.

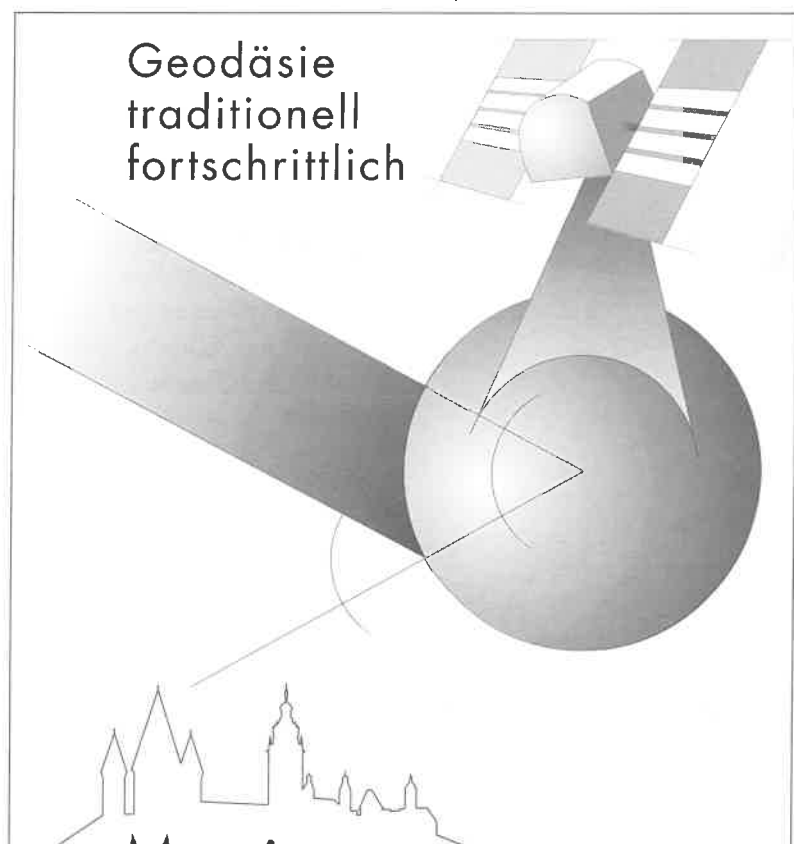
Développer en France cet ensemble de démarches, grâce à des outils techniques, par un effort solidaire entre les entreprises d'une même filière ou branche professionnelle, comme entre différentes branches, défendre l'image de la qualité de nos produits et services, tels sont les principaux objectifs du Mouvement Français pour la Qualité.

Je suis heureux que l'Association Française de Topographie, en plaçant son Colloque sous l'égide de notre Mouvement, se soit rendue solidaire des objectifs que nous poursuivons.

Jean-René FOURTOU
Président de Rhône-Poulenc
Président du Mouvement Français pour la Qualité

78. Deutscher Geodätentag

21. - 24. September 1994



Mainz



Rheingoldhalle · Kurfürstl. Schloß

Deutscher Verein für Vermessungswesen e.V.

INVITATION

The Deutscher Verein für Vermessungswesen
cordially invites you to the

Le Deutscher Verein für Vermessungswesen
vous invite cordialement au

78. DEUTSCHER GEODÄTENTAG

at Mainz

à Mainz

from the 21st to the 24th of September 1994

du 21 au 24 septembre 1994

Under the motto

Sous la devise

Geodesy, traditionally progressive

Géodésie, traditionnellement progressiste

the Geodätentag offers you the following program:

le Geodätentag vous offre le programme suivant:

Technical Lectures

conférences techniques

Geo-Fair

géo-foire

Technical Exhibition

exposition technique

Technical Excursions

excursions et visites techniques

Social Events

programme de cadre

Further information and registration documents available at:

D'autres informations et les documents d'inscription à commander à :

Örtlicher Vorbereitender Ausschuß (ÖVA) für den
78. Deutschen Geodätentag 1994

Örtlicher Vorbereitender Ausschuß (ÖVA) für den
78. Deutschen Geodätentag 1994

Katasteramt Mainz, Kaiser-Wilhelm-Ring 4, 55118 Mainz
Phone: ***49/61 31/63 06 64, Fax: ***49/61 31/63 06 12

Katasteramt Mainz, Kaiser-Wilhelm-Ring 4, 55118 Mainz
téléphone: ***49/61 31/63 06 64, fax: ***49/61 31/63 06 12

Price reduction on admission ticket if registered before the
1st of July 1994!

Prix d'entrée réduit à condition d'inscription avant le
1er Juillet 1994!

We are looking forward to your visit in Mainz

Nous nous réjouissons d'avance de votre visite à Mainz



Mettez un turbo avec **Descartes**, il transformera votre simple PC en véritable "Station Image". Descartes permet de charger et de manipuler avec une grande rapidité (vous connaissez le temps réel ?) des fichiers Rasters de plusieurs dizaine de MégaOctets. C'est cela la simplicité.

Descartes visualise une ou plusieurs images simultanément ou séparément dans la même session **MicroStation**, fait un scrolling immédiat, mélange des images binaires, couleurs ou dégradés de gris, fait du "Copier-Coller", etc ... voilà encore ce qu'est la simplicité.

Mais **Descartes** n'est pas seulement le plus rapide. Il intègre des outils d'analyse d'histogramme, de découpage suivant la densité, de réglage du contraste, de la transparence, de création de polygones ainsi que la gestion complète du tracé. Il permet également la manipulation des éléments superposés à l'image par l'intermédiaire de requêtes en base de données. C'est un véritable outil d'analyse spatiale.

DECOUVREZ
NOS SOLUTIONS
POUR LA
CARTOGRAPHIE
(1) 48.13.10.20

Pour Plus d'Information sur Descartes
Retournez nous ce coupon : **Bspline Marketing**
69 Rue Gabriel PERI - 93200 Saint-Denis
Tél : 48.13.10.20 - Fax : 48.13.10.29

Société:

Interlocuteur:

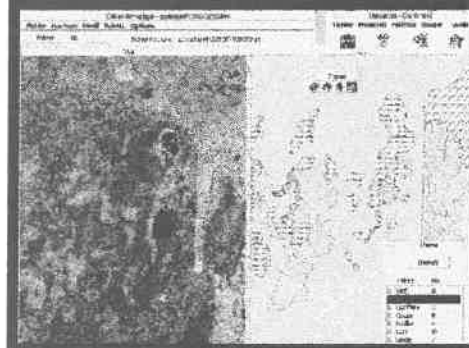
Fonction:

Activité:

Adresse:

Téléphone :

Télécopie:



DISTO™ – Mesurer mieux que jamais



*La précision
du laser au
bout des doigts*



• 48.975m

• 35.279m

• 20.185m

• 10.638m

Avec DISTO, premier lasermètre au monde, Leica a entièrement repensé les mesures de courte portée pour rationaliser vos travaux.

A l'appui de la technologie laser la plus avancée, vous déterminerez rapidement et avec précision les longueurs, largeurs et hauteurs en voyant toujours le point de mesure.

- Mesures précises, sans contact
- Résultats fiables
- Localisation exacte de l'endroit mesuré
- Travail rapide et productif

DISTO, la nouvelle qualité de mesure. Demandez dès aujourd'hui notre documentation.

INFO TOPO

*actualités
bloc-notes
flashes*

OCTOPUS : des prestations de services dans le domaine informatique, mais aussi OCTO-DXF...

Cette société toute jeune (fondée en avril 93), se fixe comme vocation la réponse aux attentes de possesseurs de micro-informatique et stations de travail, en fournissant un certain nombre de prestations : contact d'assistance téléphonique, d'intervention sur site (même sans contrat), montage de plate-forme et cahier des charges, formation des utilisations et des responsables informatique, gestion de parc informatique, développement d'application.

Octopus a créé récemment OCTO-DXF, résultat d'une collaboration efficace avec des cabinets de géomètres et les topographes. Cet outil de productivité bien adapté à nos professions est simple et convivial pour les utilisateurs d'AUTOCAD, de MICROSTATION ou autre produit de DAO. Sans codification terrain il permet de récupérer le semis de points conformément aux habitudes, et avec codification terrain il insère, en plus, automatiquement les symboles (talus, arbres, etc...). Et surtout, son prix est attractif : 990 FHT !

(OCTOPUS - 390 avenue Claude Nicolas Ledoux
BP 262000 - 13797 Aix en Provence Cedex
Tél. : 42 39 45 33 - Fax : 42 39 79 39).

LEICA renforce sa position sur le marché du GPS

Depuis une dizaine d'années le groupe "mesure et photogrammétrie" de LEICA occupe une position forte dans le domaine du GPS, sa collaboration avec la société californienne "Magnavox", l'un des pionniers de la technologie de réception des signaux satellite, remonte à 1983. Cette année LEICA a repris des parts substantielles des activités de cette société et elle contrôle désormais le développement et la fabrication des unités de réception satellite intégrées dans ses systèmes GPS. Les 40 spécialistes Magnavox sont intégrés au person-

nel de la nouvelle société "Leica Torrance" et Leica dispose maintenant d'un site de développement et de production de systèmes topographiques dans la zone de l'Aléna.



Photo LEICA

Rappelons que le plus performant des équipements Leica relevant de la technologie GPS, le système Wild GPS 200 a été l'instrument de l'établissement de la nouvelle altitudes du mont Everest (8846 m) ainsi que nous le relations dans un reportage paru dans notre numéro 55 d'XYZ en mai 93.

C'est ce système que l'on voit également sur la photo ci-dessus, installé sur la muraille de Chine.

Mais LEICA ne s'en tient pas là et vient de présenter un nouveau capteur mono-fréquence, le Wild GPS SR261, muni d'une très petite antenne, Wild AT201 (notre photo). Il se connecte aux contrôleurs GPS CR233 et CR244 et utilise tous les accessoires standard du Wild GPS System 200. L'équipement complet (capteur, antenne, contrôleur, batterie, embase, porteur, crochet porte ruban et câbles) est regroupé dans une petite mal-

lette robuste, idéale pour le transport, Leica introduit également sur le marché le logiciel SKI-L1, une version L1 du programme général SKI, rapide et performant. Le capteur SR261, le contrôleur et le logiciel SKI-L1, apportent une solution très rentable pour de nombreuses applications GPS. Les modes de mesures autorisées par cet équipement polyvalent vont du statique (dont la réoccupation) au cinématique en passant par le Stop and Go. Sa précision est de 10 mm + 2 ppm EMQ.



Photo LEICA l'antenne WILD-AT 201

Le grand avantage de ce nouvel équipement mono-fréquence est qu'il peut compléter un parc d'instruments Wild GPS System 200 (bi-fréquence) afin d'améliorer la productivité sur le terrain au moindre coût.

LEICA : le T100, nouveau théodolite de chantier avec dispositif de centrage



Photo LEICA

Avec la mise sur le marché du T100, Leica complète sa gamme de théodolites électroniques (T2000, T1610, T1010) et propose aux entrepreneurs de bâtiment un théodolite électronique de chantier précis et économique.

Grâce à un nouveau dispositif de centrage, unique sur le marché, le théodolite T100 de Leica peut en quelques instants être stationné sur le point de mesure au sol, rendant ainsi à la fois plus simple et plus rapide la détermination de point dans le cadre de travaux d'implantation ou de contrôle d'aplombs et d'alignements.

Le calage approximatif est réalisé au moyen du plomb optique et l'embase coulissante autorise un centrage millimétrique. Celle-ci permet aussi de déplacer le théodolite au-dessus du point de mesure sans qu'il soit nécessaire de procéder à un nouveau calage à l'horizontale.

Le T100 offre, sur simple pression de touche, diverses options telles que, notamment, la pente en pourcent. Les valeurs angulaires, mesurées dans les plans vertical et horizontal, sont indiquées sur l'écran LCD avec une précision de 10" répondant à la norme DIN 18723, et l'affichage numérique réduit au maximum le risque d'une lecture incorrecte.

Enfin, signalons que le 29 mars, la société a officiellement remis son 100ème WILD GPS System 200 à Mme Claire Galpin, présidente de la Chambre Départementale des Géomètres Experts des Vosges.

Cet événement, qui s'est tenu à Paris sous le haut patronage de M. Robert Bergès, Président du Comité Directeur de la Fédération Nationale des Géomètres-Experts, en présence de M. Jean Lamaison, Président du Conseil Supérieur de l'Ordre des Géomètres-Experts, a permis à Michel Gouinguéné, Directeur de la division LSG (Leica Surveying Group), de réaffirmer l'engagement de Leica, ex-Wild, dans la géodésie par satellite.

(LEICA - Division LSG - 86 avenue du 18 Juin 1940 92563 Rueil-Malmaison Cedex
Tél. : 47 32 85 85 - Fax : 47 32 85 95).

OTS : une entreprise de travail temporaire pour la topographie

Cette entreprise, la seule à notre connaissance pour la spécialité, recrute et fournit du personnel d'études dans les domaines des Travaux Publics, du Génie Civil, de VRD et de la Topographie.

(19 boulevard Montmartre - 75002 Paris
Tél. : 42 97 50 17 - Fax : 42 86 04 42).

E.S.T. : attention, changement d'adresse

La société Equipements Services Techniques (E.S.T.), dont nous publions dans ce numéro un article relatif au GPS, nous signale son changement d'adresse : 44 bis rue François Pinson - 92320 Châtillon
Tel. : 47 36 40 00 - Fax : 47 36 15 85.

STAR-INFORMATIQUE-FRANCE

Avec près de 2 000 clients dans le monde cette société est un leader dans le domaine des solutions informatiques pour la conception architecturale, les applications SIG, la gestion du patrimoine et les études topographiques.

Les filiales de STAR-INFORMATIC viennent de boucler une année 93 par un chiffre d'affaires consolidé de 68,3 millions de francs, dégagant un résultat hors impôts de 5 MF.

La solution de gestion de patrimoine STAR-TECHNO a été choisie par les PTT italiennes pour gérer l'intégralité de leurs 6 millions de m² de bâtiments et la société reprend à son compte la projet Eligio en équipant le site franco-suisse du CERN avec ses produits STAR-CARTO et STAR-INFRA.

Enfin, et surtout, le Service Technique de la Documentation Foncière de la Ville de Paris exploite une solution mise en place par STAR -INFORMATIC autour du SIG STAR-CARTO pour mener à bien son activité de gestion cadastrale. Cette solution est particulièrement originale puisque mettant en œuvre une base de données matricielles continue de 65 milliards de points, un applicatif sophistiqué de gestion cadastrale et des techniques de brûlage d'informations vectorielles dans le fond de plan continu.

(STAR-INFORMATIC - 21 rue Leblanc - Le Ponant II 75513 Paris Cedex 15 - Tél. : 40 60 11 11 - Fax : 40 60 11 66).

PROGISTIK : la topographie avec TOPAO

Les points levés au théodolite sont tracés par TOPAO sous Auto CAD.

La planimétrie, les talus, les surfaces, le carroyage, l'implantation ou l'exportation des points sont autant de fonction automatique de TOPAO, que le levé soit codifié ou non.

La modélisation de terrain, les courbes de niveaux et la gestion de multiples projets permettent d'obtenir automatiquement les profils, les cubatures, les perspectives et les visions réalistes...

Créée en 1989, cette entreprise est une société de services et de conseil en CAO. Sa compétence s'étend en trois volets : le support technique (conseil, formation et assistance), les logiciels pour les bureaux d'études béton armé (coffrage, ferrailage et topographie) et les logiciels en version CLASSE pour l'Education Nationale.

(PROGISTIK - 41 rue Emile Zola - 93100 Montreuil Tél. : 49 88 13 68 - Fax : 49 88 13 67).

Les professionnels de la géomatique s'organisent

Le Syndicat Professionnel de la Géomatique (SPDG), association créée le 21 Juin 1993, qui regroupe l'ensemble de la profession des utilisateurs et des fournisseurs de systèmes d'information à références spatiales, a tenu sa première réunion des membres de bureau.

Après avoir rappelé que la Géomatique concerne la gestion des données à référence spatiale, leur acquisition, stockage, traitement et diffusion, le Président, Monsieur Richard Carnohan, a rappelé les objectifs du S.P.D.G. :

- faciliter le développement et l'utilisation de l'information géographique et des techniques associées,
- représenter les intérêts de la communauté des créateurs et utilisateurs de systèmes à référence spatiale, sociétés privées, collectivités locales et territoriales, administrations et services publics,

• rechercher une démarche "qualité" au bénéfice de tous ses membres,

• identifier les domaines d'intérêts primordiaux pour ses membres,

• représenter ses membres sur les plans sociaux, économiques et juridiques.

Afin de démultiplier l'action, 3 commissions ont été créées :

1- **Information et communication** présidée par M. Benaïche.

2- **Relations extérieures** présidée par M. Seligmann.

3- **Formation et recherche** présidée par M. Laget.

(S.P.D.G. - 8, rue de l'Arcade- 75008 Paris - Secrétariat - tél. : 47.09.11.88 - Renseignements Presse : M. SELIGMANN : 49.24.30.36).

La cartographie et son Histoire

Le Séminaire "Histoire de la Perspective de la Géométrie et des Modes de représentation", (C.N.R.S., Centre KOYRE de l'E.H.E.S.S., Université de Paris XII, Inst. de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques de Lille et Caen) consacre sa séance du 20 mai à :

LA CARTOGRAPHIE ET SON HISTOIRE

Responsable : M.T. GAMBIN, de l'Université Paris VII

Programme :

1ère partie :

Christian JACOB (du Centre L. GERNET Recherches comparatives sur les Sociétés Anciennes) parlera de son livre : "l'Empire des Cartes".

2ème partie :

M. BENEDETTINI (Université de Paris VIII) : "l'Evolution des aspects géométrique et analytique des projections cartographiques".

M.T. GAMBIN : "de MERCATOR à WRIGHT : l'histoire d'une formule".

Vendredi 20 mai 1994 à 14h, salle du rez de Chaussée de l'Institut Henri Poincaré, 11 rue Pierre et Marie CURIE - 75005 Paris.

SOISIC : un scanner tridimensionnel longues distances

L'ensemble capteur-logiciel SOISIC-IPSOS est un "système de vision tridimensionnelle métrologique" ; il permet la saisie sans contact et la modélisation 3D précise d'objets ou d'installations.

Le capteur SOISIC effectue un balayage laser ligne par ligne de scène à relever et enregistre par triangulation les coordonnées de chaque position discrète du spot (point relevé sur la surface) ; le maillage est à l'initiative de l'opérateur.

La priorité a été donnée à la précision (1 mm à 5 m, 4 mm à 10 m, ...) au détriment de la vitesse de saisie (100 pts/sec).

Une très grande profondeur de champ (2 m - 50 m) et un champ angulaire important (40° x 230°) permettent l'acquisition de scènes très complexes et variées, d'où des applications en métrologie (contrôle de déformations

de grandes pièces, ...), en modélisation d'environnements (déplacements de robots, simulations diverses, ...), en imagerie de synthèse appuyée sur des objets ou scènes réels (moulage optiques, effets spéciaux...).

Le capteur SOISIC (complété par un PC portable) est un équipement mobile facile à mettre en œuvre sur site et permet plusieurs points de vue de la même scène (qui seront fusionnés lors du traitement).

Le logiciel IPSOS, développé spécialement, permet l'utilisation des grands "nuages" de points 3D relevés (1.000.000 et plus) : les principales fonctions sont les suivantes :

- consolidation de plusieurs points de vue dans un référentiel unique (éventuellement un référentiel absolu),
- segmentation du "nuage" de points global pour isoler les formes élémentaires,
- calcul des primitives géométriques correspondant à chaque forme élémentaire sélectionnée (calcul aux moindres carrés),
- reconstitution de la scène relevée dans un format permettant l'utilisation par un système CAO.

Le traitement est interactif et s'effectue sur station de travail SILICON GRAPHICS.

L'ensemble SOISIC-IPSOS, développé initialement pour les besoins d'EDF (maintenance nucléaire), est commercialisé depuis avril 1994.

(Société MENSİ, 4 rue Edmond Michelet - 93360 Neuilly Plaisance - Tél. : 43 09 84 84).

*CNIG : 6ème journée Nationale de la Recherche
Géographique*

Thème : "Qualité et données géographiques"

La commission permanente de la Recherche Géographique (CPRG) organise cette 6ème journée accueillie par la Région Languedoc-Roussillon, **le mardi 31 mai 1994**, de 9 heures à 17h30, Espace République, 20 rue de la République, 34000 Montpellier (salle Tramontane). Renseignements :

136 bis rue de Grenelle 75700 Paris - CNIG

Tél. : 43 98 83 12 - fax : 43 98 85 66.

Frais de participation : 150 frs à l'ordre de AFIGEO.

Carl-Zeiss vu à MELBOURNE au congrès de la FIG



Les niveaux digitaux DiNi 10 et DiNi 20 (représentés sur la photo de face et de dos) posent de nouveaux jalons dans le domaine de la géodésie. Ils offrent des précisions de l'ordre de 0,3 mm et de 0,7 mm pour

un nivellement double à une distance de 1 km.

Symbole traditionnel de la géodésie, la mire de nivellement classique est remplacée dans l'ère digitale par une mire portant un code à barres. Plus besoin alors

de relever les chiffres de la mire à l'aide de l'instrument de nivellement et de procéder à une estimation des intervalles.

Un détecteur électronique intégré à ce niveau digital inédit facilite en effet grandement les mesures, les valeurs relevées sur le code à barres étant saisies avec une haute précision, analysées par un calculateur intégré, puis stockées dans une mémoire interne.

(60, route de Sartrouville - 78230 Le Pecq
Tél. : 34 80 20 00 - Fax : 34 80 20 01).

PECSystems annonce DesingMOSS

Depuis 1984, le groupe PEC met à la disposition de ses clients ses connaissances et son expérience dans les domaines aussi variés que le DAO, la CAO, la FAO, les systèmes de gestion de bases de données relationnelles, les systèmes de gestion de données techniques. Il propose également un service complet de conseil, de formation et de développement d'applications.

Le 13 avril PECSYSTEMS a annoncé la commercialisation de DesignMOSS, un nouveau logiciel de conception de réseaux routiers issu de la technologie MOSS.

Pour rendre les capacités de MOSS accessibles à un plus grand nombre de bureaux d'études spécialisés dans le domaine des réseaux routiers, PECSYSTEMS propose DesignMOSS.

Parfaitement adapté à la gestion des carrefours giratoires et des bretelles, à la conception d'autoroutes, aux projets urbains et à la requalification de traversée d'agglomération, à l'élargissement des voiries existantes ou aux problèmes de revêtement, DesignMOSS est un produit sur lequel a été mis en avant la SIMPLICITE d'utilisation et la QUALITE de l'environnement de travail. Le logiciel est commercialisé sur plate-forme PC ou station de travail.

Le système DesignMOSS offre les mêmes fonctionnalités que le logiciel MOSS et bénéficie, au stade de la conception, d'une grande automatisation des procédures et d'une simplification des méthodes. Les utilisateurs sont assurés d'un confort absolu dans la conception des projets routiers.

Le logiciel DesignMOSS est constitué d'un ensemble de modules offrant toutes les fonctionnalités nécessaires à l'analyse du terrain et à la réalisation d'un projet depuis son élaboration jusqu'à sa visualisation :

- un module de topographie,
- un module puissant de conception 3D et de modélisation de surfaces,
- un module performant et de haute précision de calculs simples ou complexes,
- l'enrichissement du dessin grâce à de nombreuses fonctions d'habillage de plans,
- Des vues en coupes et perspectives.

(119/121 grande Rue - 92318 Sèvres Cedex - Tél. :
(1) 46 26 27 28 - Fax : (1) 46 26 11 31, ou encore :
Doriana Chevrier, (1) 46 26 22 22 ou bien Martine
Monvoisin, Touch and Go - RP (1) 40 33 79 64).

32ème Congrès de l'Ordre des Géomètres Experts

A Clermont-Ferrand, du 14 au 17 juin 94, à la Maison des Congrès. Le thème en sera "Hommes et Territoires" qui sera débattu au cours de trois tables rondes animées par messieurs Berge, Coudert, Ragy, Boissonnat et Zeller.

Monsieur Patrick Pimpaud, président du Conseil Régional Auvergne-Limousin accueillera les délégués avec, à leur tête, le Président du Conseil Supérieur de l'Ordre Jean Lamaison qui dira le discours inaugural, monsieur Maurice Cros étant le rapporteur général du Congrès.

Une exposition se tiendra parallèlement au Congrès.

IGN : deux bourses de thèses de doctorat proposées

Sur des sujets s'inscrivant dans le programme de recherche de l'IGN. Les conditions générales et les sujets sont disponibles auprès de Serge Motet, service de la recherche - IGN BP 68 - 94160 St. Mandé Tél. : 43 98 83 24 - fax : 43 98 81 71.

Les 200 ans de Polytechnique

Célébrés solennellement sous la coupole de l'Institut de France le 22 mars dernier. A cette occasion une série de colloques était organisée quai Conti, à l'école, à la Défense, au Palais des Congrès etc... Des expositions et des manifestations internationales (Tokyo, Tel-Aviv, Bonn, Washington, Londres, Bruxelles, São-Paulo, Montréal). Depuis sa création en 1794, l'Ecole a fourni 164 Académiciens et 2 prix Nobel !

Bon anniversaire à notre prestigieuse Ecole.

EMD² annonce la création de sa division EMD-SAT

Spécialisée dans la diffusion et l'intégration de systèmes de localisation par satellites (GPS).

EMD² a signé le 31 janvier 1994 un accord exclusif de représentation et de distribution avec le constructeur américain **Allen Osborne Associates** (fabricant du TurboLogue).

EMDSAT apporte le soutien logistique, technique et commercial à la clientèle de **Allen Osborne** et développera la pénétration de ce constructeur en France, spécifiquement dans les applications de topographie et photogrammétrie.

En particulier **EMDSAT** annonce le nouveau logiciel de topographie **TURBOSURVEY** de **Allen Osborne**, spécifiquement développé pour le TurboLogue.

EMDSAT une division de **EMD²**.

Votre contact Frédéric Esbert, Directeur Commercial.

Parc Club Université - 2, rue Jean Rostand - 91893 Orsay Cedex - Tél. : (1) 69 85 24 04 - Fax : (1) 69 41 81 15.

LEICA à l'exposition de Cachan au XIXème colloque AFT

Outre sa gamme de stations "sur mesure" (**T. TC. 1010/1610**), le niveau numérique **WILD NA2002/3000** et **WILD GPS System 200**, célèbre pour son rôle-clé dans

la mission de remesurage du Mont Everest, Leica a présenté sa toute dernière nouveauté : le laser-mètre **DISTO**.

DISTO est le premier appareil de mesure électro-optique de distance, portable, utilisant un rayon laser visible. Répondant à l'ensemble des acteurs du bâtiment, **DISTO** révolutionne les mesures de courte portée. A la différence de la technologie par ultrason, **DISTO** mesure le temps de vol d'impulsions émises par une diode laser visible qui matérialise le point visé.

Cette caractéristique unique permet des mesures précises sur des objets cylindriques ou inclinés comme les tuyaux, conduites ou colonnes. La finesse du laser permet de plus de pointer des angles divers (arêtes...). De 20 cm à 30 m sans réflecteur et jusqu'à 100 m avec une simple cible réfléchissante, **DISTO** mesure longueurs, largeurs et hauteurs avec une précision millimétrique et peut calculer, par simple pression de touche, les surfaces et volumes correspondants. Enfin, était également présenté sur le stand Leica/Topo Center, le logiciel **AUTOMAP**, applicatif de cartographie construit autour d'AutoCAD, et son tout dernier module AutoSQL, premier SIG sous AutoCAD exploitant les possibilités de la nouvelle technologie ADE d'Autodesk. Sans oublier les 4 autres modules d'AUTOMAP (AutoSurf, modèle numérique de terrain, AutoCode, module de géocodification, AutoRem, module de remembrement technique, AutoPiste, module de projet routier).

(Leica SARL - Division LSG - Delphine David - 86, avenue du 18 juin 1940 - 92563 Rueil-Malmaison Cedex - Tél. : (1) 47 32 85 42 - Fax : (1) 47 32 85 95).

AFI EXPO ANNECY : WINCAD, module topographique

A l'occasion d'une importante réunion de plus de 150 utilisateurs, AFI a procédé au lancement de sa nouvelle gamme de produit sous environnement WINDOWS, le 12 avril dernier, dans le cadre prestigieux de l'Impérial Palace sur les bords du lac d'Annecy.

Spécialisée en informatique communale depuis sa création en 1981, AFI a intégré en mars 93 la société CEGI spécialiste des SIG (voir le dernier numéro de XYZ). De 1988 à 1993 son chiffre d'affaires est passé de 11 MF à 24 MF, par une progression constante et bien maîtrisée.

Parmi toutes ses activités liées au développement communal et de l'urbanisme, le département CEGI de l'AFI lance un nouveau module de topographie-cartographie assisté par ordinateur, le concept WINCAD, qui offre trois avantages :

- productivité accrue,
- grande simplicité d'utilisation,
- sécurité maximum sur la qualité des données.

Ce concept unique s'appuie sur une triple démarche :

1) Une approche "objet" qui permet de modéliser les données.

Tous les symboles (poteaux, mobilier urbain...), tous les objets linéaires (bordure, murs,...), tous les objets

surfaciques (bâti, zones boisées,...), et tous les objets complexes (escaliers, portails d'entrée,...) sont déjà recensés et prédéfinis.

2) Des fonctions étendues de macro-commandes.

Chacun des objets est pourvu de macro-commandes qui lui associent automatiquement tous les paramètres nécessaires à son exploitation (type d'objet, couleur, priorité,...). Ces macro-commandes sont facilement accessibles par une tablette à digitaliser et peuvent être modifiées par l'utilisateur selon ses propres besoins.

3) L'optimisation des ressources informatiques.

WINDCAD prend en compte toutes les capacités offertes par l'environnement Windows et tire pleinement parti des nouvelles technologies (486, Pentium, VLB, PCI, écrans et traceurs haute définition).

Carl Zeiss

Remporte un marché de fournitures de 80 stations totales destinées au Ministère Roumain de l'Agriculture

dans le cadre du programme PHARE financé par la Communauté Européenne pour les pays du centre de l'est de l'Europe. Les stations totales informatiques **ZEISS Rec Elta** seront utilisées par les géomètres roumains au cours de leur mission de privatisations et redistributions des terrains fonciers. **160 Rec Elta** avaient déjà été livrés l'année dernière.

(Carl Zeiss Division Géodésie-Instruments Topographiques - 60 route de Sartrouville - 78230 Le Pecq Tél. : 34 80 20 00 - Fax : 34 80 20 01).

Les 4 x 4 DANGEL : 200 véhicules sanitaires pour l'Armée

Le choix de la défense nationale s'est porté sur les 4 x 4 Dangel pour une nouvelle tranche de 200 véhicules d'un marché de 800.

Outre l'équipement de 4 roues motrices, 25% seront équipés d'une boîte à 2 gammes de rapports, spécialement développé par Dangel et procurant au châssis une mobilité accrue.

ANNONCES

• Ingénieur - Géomètre ENSAIS (1977) - foncier - SIG - infrastructures, cherche poste responsable de projet France, pays francophones et anglophones.

Ecrire : Alain FAVERJON - 86 boul. de Port Royal - 75005 Paris - Tél. : (1) 42.40.32.34.

• J-F. 22 ans - Formation AFPA de Technicien Géomètre Topographe - Cherche emploi en région parisienne, terrain et bureau. Ecrire AFT N° 591.

• Technicien géomètre-topographe (stagiaire AFPA), 27 ans cherche emploi, France ou Etranger. Ecrire AFT N° 592.

• Société ALGADE (filiale COGEMA) recherche un stagiaire géomètre-topographe. Durée de contrat 1 an. Expérience souhaitée en CAO-DAO (logiciel Micro Station) et aux techniques GPS (Système 200). Bessines sur Gartempe (87200) - Tél. : 55 60 50 00.



L'ÉCOLE CHEZ SOI

BTS GEOMETRE TOPOGRAPHE

Niveau conseillé : Terminale Scientifique.

Quand Commencer ? A tous moments de l'année.

Comment s'inscrire ? Demander le formulaire d'inscription.

Durée formation : 16 à 18 mois.

Fin d'études : Certificat fin d'études "Ecole chez Soi".



CAP OPERATEUR GEOMETRE BP TECHNICIEN GEOMETRE

Niveau conseillé : 3ème et expérience professionnelle.

Quand Commencer ? A tous moments de l'année.

Comment s'inscrire ? Demander le formulaire d'inscription.

Durée formation : 16 à 18 mois.

Fin d'études : Certificat fin d'études "Ecole chez Soi".

ÉCOLE CHEZ SOI - 107, Rue du Château - 92100 BOULOGNE - Tél. : (1) 46 03 66 83

OUVERTURE DU COLLOQUE

*Accueil
par Serge Eyrolles*

Bienvenue dans nos nouveaux bâtiments de l'ESTP qui préfigurent la rénovation de notre campus de Cachan. L'ESTP qui vient de fêter son centenaire a entrepris un vaste programme de développement qui passe par une modification du cursus des Écoles d'Ingénieurs actuelles et par la création de nouvelles Écoles d'Ingénieurs des Travaux de la Construction, qui forment des ingénieurs de terrain en 5 ans après le baccalauréat. Trois écoles ont ainsi été autorisées à ouvrir par la commission du titre d'ingénieurs à Metz, Cachan (sur ce campus) et à Caen.

Photo F. PROUST



naux. L'objectif à terme étant d'envoyer une centaine d'élèves ingénieurs faire leur 3ème année à l'étranger. Plus de 15 conventions ont été passées avec des universités prestigieuses dont les dernières en 1993 avec UCLA (USA) et Melbourne (Australie),

- enfin, le troisième c'est d'introduire dans nos différentes formations un esprit de recherche. La présence dans notre équipe d'un nouveau Président du Conseil Perfectionnement, en la personne de Jean Chapon, devrait nous permettre de mettre en place dans nos différents cursus de véritables programmes de recherche.

Dans la conjoncture actuelle, il faut être prudent, c'est pourquoi les flux de ces nouveaux établissements, qui participent ainsi au réseau des écoles dédiées aux métiers de la construction, restent limités à une cinquantaine d'élèves par année.

Au total, l'École dispense un enseignement à près de 2 400 étudiants, ce qui en fait une mini-université. Parmi les spécificités de l'ESTP, ou plutôt du Groupe ESTP, il est à noter trois points particuliers :

- tout d'abord l'enseignement reste très professionnel, très en relation avec le monde de l'entreprise en ce qui concerne les élèves géomètres (une vingtaine chaque année) nous essayons de leur apprendre ce qu'ils connaîtront sur le terrain et de les inciter à faire une carrière comme profession libérale. L'ordre des Géomètres et son dynamique Président nous y encourage. Notons d'ailleurs que l'ESTP est sur les rangs, pour créer, sur le même principe que nos écoles régionales une École Supérieure des Géomètres Experts, qui pourrait être basée à Metz. Il va de soi qu'elle viendrait en complément de l'École des Ingénieurs Géomètres-Topographes de Paris,

- le deuxième point note le souci de l'École de continuer à augmenter ses accords d'échanges internatio-

Je voudrais en conclusion vous dire quelques mots sur la qualité qui est le thème de votre colloque. Ancien administrateur de l'AFCIQ, j'ai pu mesurer toute l'importance d'une démarche qualité dans l'enseignement des Grandes Ecoles.

A l'ESTP, nous avons vraiment mis en place un enseignement de la qualité en formation initiale qui se termine par un master en management de la qualité en partenariat avec Centrale et Sup Co Paris. La qualité, dans le monde du BTP, est une science exacte dont la méconnaissance peut avoir des conséquences dramatiques.

Je vais maintenant être obligé de vous quitter car mes occupations comme Président des Éditeurs m'amènent à rencontrer le cabinet du Ministre de la Culture pour trouver un point de chute au prochain salon du livre qui devait se tenir au Grand Palais. Or comme vous avez pu l'entendre, la verrière de ce magnifique monument s'effondre par manque d'entretien. Là aussi, la qualité à un rôle à jouer.

Chers amis, je vous souhaite le meilleur colloque possible. Sachez que vous êtes ici chez vous. Encore merci, mon cher Président André Bailly d'avoir choisi notre ancienne école pour organiser un tel débat.

Serge Eyrolles

Du lycée Henri IV à l'Université de Paris IX Dauphine, Serge Eyrolles est ensuite diplômé de l'Ecole Spéciale des TP comme ingénieur, puis docteur ès-sciences. Il est directeur de l'ESTP depuis 1981, date depuis laquelle il est également PDG des Editions Eyrolles et des Editions d'organisation. Depuis 1991 il est président du Syndicat National de l'Edition et membre de l'Union Internationale des Editeurs. Son activité éclectique (président, vice-président et membre de nombreuses sociétés et associations) ne l'empêche pas d'être un fanatique des "inventions" (c'est son violon d'Ingres et, à ce titre, il est président d'honneur de l'AIFF, organisateur du concours Lépine) et de pratiquer le pilotage d'avions, l'équitation et le squash.

L'AFT et son président tiennent à remercier tous ceux qui ont permis que se déroulent dans d'excellentes conditions et à haut niveau les travaux et l'exposition de ce XIXème colloque de l'association. En particulier son organisateur Gérard Bienvenu, Serge Eyrolles qui a accueilli les participants dans cet ESTP dont il est directeur, messieurs Giraud, Chevalier, Meyer et tous les membres du conseil d'administration de l'AFT, ceux qui ont présidé et dirigé les quatre séances : messieurs Barbacanne, Bourgoïn, Mayoud et Reposeur, les conférenciers et les participants au débat qui a clôturé le colloque sur la création d'un observatoire de la qualité en topographie : messieurs Reposeur, Barnier, Bruniquel, Baudrin, Lacroze, Perzo et Roux et sous le patronage de : Mouvement Français pour la Qualité (MFQ-Collège de Métrologie), Fédération Internationale des Géomètres (FIG, Commission V), Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection (SFPT).

L'assurance qualité peut-elle se contenter d'un strapontin dans les préoccupations de chacun ? (G. Ducher)



IMPRESSIONS DE COLLOQUE ET PROPOSITIONS D'ACTION

*Par Guy Ducher
Ingénieur Général Géographe*



présenté pour l'ensemble de la profession.

Né d'un besoin ressenti objectivement par des Associations-sœurs comme la FIG (1), le MFQ (2) et la SFPT (3), ce Colloque, d'une conception tout à fait originale, parvint à maintenir un équilibre satisfaisant dans la dualité des intervenants, au nombre de 21, issus

Le 19ème Colloque de l'A.F.T. fut une manifestation parfaitement réussie tant dans son organisation générale, son déroulement, la participation très nombreuse, attentive et jeune qui le suivit au cours de deux journées, que par l'intérêt qu'il a pré-

d'horizons divers, et scindés en deux groupes, un tiers n'appartenant pas à la profession des topographes et photogrammètres, contre deux tiers issus du sérail.

Chacun a ainsi pu apprendre beaucoup de l'autre et l'on a pu saisir la signification réelle et l'importance du concept d'assurance-qualité et mieux cerner l'état actuel de son développement dans tous les milieux, et surtout auprès de ceux extérieurs à la profession, comme EDF, le BTP ou l'automobile. Concernant cette dernière, si l'on peut être rassuré de voir l'abondance des contrôles décisifs effectués au théodolite sur les machines-outils en usine, il resterait à trouver les moyens d'un contrôle-qualité efficace des automobilistes car si ceux-ci ne manquent pas d'assurance, on voudrait bien qu'ils aient toujours zéro défaut de conduite !

DES RETARDS DANS LA PROFESSION ?

La qualité c'est la satisfaction des besoins des clients et des usagers, c'est répondre aux spécifications qu'ils émettent. A écouter certains, il y aurait retard dans la profession des topographes et photogrammètres par rapport aux autres, au moins en France, dans la formalisation et la certification des entreprises. Mais est-ce sûr,

(1) FIG : Fédération Internationale des Géomètres

(2) MFQ : Mouvement Français pour la Qualité

(3) SFPT : Société Française de Photogrammétrie et Télédétection

car si d'autres pays voisins peuvent aligner de meilleurs chiffres que la France, en particulier le Royaume-Uni avec 12 000 entreprises de toutes sortes déjà certifiées, combien y-a-t-il de topographes parmi celles-ci ? Quant à la Suisse qui fait état de 500 entreprises certifiées par la SQS (Société suisse de qualification), actuellement aucune ne relève du domaine de la topographie ou de la photogrammétrie.

Et pourtant, c'est un domaine où l'on a une longue tradition de précision, née des habitudes et exigences de la métrologie.

C'est de plus un souci qui est à l'ordre du jour des associations comme l'A.F.T. et d'autres comme la S.F.P.T. qui avait en Novembre 1990 placé sous cette bannière son Colloque sur "l'Intégration de la photogrammétrie et de la télédétection dans les SIG : utilisation et qualité" et qui fera de même pour son prochain séminaire mené conjointement avec la "Remote Sensing Society" britannique, les 1-3 Septembre 1994, sur la "Qualité de l'interprétation des images de télédétection pour la cartographie".

Mais ces retards à la certification tiennent notamment à ce que le mouvement d'assurance-qualité est lui-même récent. Il remonte à une dizaine d'années et n'a pas encore atteint partout sa formulation définitive ; des normes datant de six ans sont déjà en cours de révision. Ces normes s'appliqueront-elles d'emblée aux produits topographiques et photogrammétriques par nature différents les uns des autres, renouvelés à chaque fois devant un terrain ou un objet spécifique à représenter, dont il faut respecter la morphologie par un mélange de rigueur métrique et de touche artisanale, voire artistique ? Cela tient aussi au caractère nouveau, non-standard des informations géographiques et des systèmes qui les gèrent, domaine en plein développement et en pleine mutation.

Aussi peut-on comprendre qu'à ce jour aucune entreprise française de topographie-photogrammétrie ne soit officiellement certifiée dans son système d'assurance-qualité. Mais cela peut-il perdurer alors qu'il s'agit d'un phénomène de société qui va entraîner progressivement l'ensemble des activités ?

DES RAISONS POUR S'INSÉRER DANS LA DÉMARCHE QUALITÉ ACTUELLE !

Pour que la profession s'inscrive profondément dans cette démarche sans qu'il s'agisse d'une mode passagère, encore faut-il essayer de dégager quelques motivations propres qui puissent objectivement l'y inciter. A la réflexion, on peut y voir notamment les raisons suivantes :

I)- L'informatique a introduit dans la profession des exigences nouvelles avec les possibilités qu'offrent les SIG auprès des usagers : exigences de fraîcheur, de plénitude, de fiabilité, de compatibilité, d'exactitude, d'accès facile aux informations géographiques mises sur le marché et de connaissance de leur validité. Rien ne doit freiner les échanges de données, ni leur utilisation à distance.

II)- L'accélération des progrès technologiques oblige à formaliser d'avantage les processus de production et à ne plus se contenter du savoir-faire antérieur d'un atelier.

Il faut gérer les évolutions et intégrer les données nouvelles dans celles qui existent. En géodésie par exemple, il faut juxtaposer les réseaux anciens et les méthodes nouvelles GPS.

III)- la mobilité accrue des personnels perturbe la transmission des savoir-faire. Il faut rédiger davantage, documenter les logiciels et les phases des traitements avant que ne se perde la tradition orale ou que l'expert compétent ne quitte l'entreprise.

IV)- les tendances aux sous-traitances, voire aux privatisations, qui, même controversées, gagnent toujours plus de terrain, peuvent entraîner une exécution accrue de missions de service public par le secteur privé, nécessitant la formalisation précise des prestations demandées, la définition de critère de qualité à l'intention des entreprises, la mise en œuvre de contrôles externes et une surveillance périodique de la part des commanditaires.

V)- enfin l'ouverture des frontières qui permet l'accès à un marché élargi mais crée en réaction de nouvelles barrières protectionnistes par le biais des normes de qualité, des standards d'échange et des certifications nationales. La certification ISO, si elle n'est pas la clé magique qui ouvrira à elle seule ces barrières, n'en constitue pas moins un outil important permettant de s'inscrire dans ces nouvelles démarches européennes, qu'il s'agisse de se placer par rapport à la concurrence, de se construire une image de qualité auprès de nouveaux clients ou de rechercher des formes plus porteuses à long terme de coopérations mutuellement avantageuses. L'enjeu est bien à moyen et long terme.

Pour une entreprise, l'assurance-qualité est un investissement initial qui a un coût estimé par certains à 10 ou 15%, avec la perspective de n'entraîner ensuite aucune répercussion sur le coût des produits mais de gagner 1 à 2% sur les parts de marché.

A l'inverse, la non-qualité a-t-on dit, peut se payer par des sur-coûts allant de 5% à 30%. Comme le dit un slogan publicitaire projeté dans les salles de cinéma, "la qualité c'est la vie" !

QUELLE ASSURANCE-QUALITÉ EN TOPOGRAPHIE ET PHOTOGRAMMÉTRIE ?

Pour résorber le retard apparent qui est constaté dans la profession, tout un réseau d'aide et de services est disponible, prêt à fonctionner.

On peut même dire qu'on assiste à la naissance d'une véritable "industrie" de l'assurance-qualité, avec son vocabulaire et ses spécialistes, qu'ils soient qualitatifs, inspecteurs, contrôleurs, responsables-système, formateurs, auditeurs, certificateurs, ou consultants, les uns et les autres se faisant peu à peu certifiés par les mêmes normes qu'ils sont chargés d'appliquer puisque toute activité est traitable par la certification-qualité. Des structures se construisent également : apparaissent des Associations, des Clubs régionaux de certifiés, des prix de la qualité, des semaines de la qualité et des revues trimestrielles spécialisées. D'autres revues s'emparent du thème : le numéro 490 de Décembre 1993 de la Revue "La Jaune et la Rouge" est exclusivement consa-

cré à la qualité ; le numéro 18 de Décembre 1993 du "Forum-Kodak" se flatte d'avoir obtenu la certification de son Centre de Formation-Marketing, achevant ainsi la certification de KODAK-PATHE.

Devant ce bouillonnement, il faut éviter deux attitudes négatives : l'une consisterait à croire qu'il est urgent de se lancer sans réflexion préalable dans la course à la certification, voie miraculeuse, et l'autre à refuser de s'engager dans un parcours jugé inutile, trop long ou trop difficile. La vérité consistera à trouver le juste milieu, à ne pas s'auto-satisfaire en disant que "la qualité, on sait faire depuis toujours", et ce Colloque est de nature à faire franchir une étape importante à chacun pour progresser en matière d'assurance qualité et pour en pousser la formalisation.

Toute démarche-qualité nécessite d'abord de disposer des outils de contrôle correspondants, tant internes qu'externes au producteur. Ces outils doivent répondre aux textes généraux qu'il faudra donc adapter pour satisfaire aux spécificités propres aux informations géographiques et pour les appliquer à toutes les phases des processus de saisie, traitement et diffusion des données. La certification devra de plus intégrer tous les aspects concernant la qualité des produits : leurs précisions géométrique et sémantique, relative et absolue, leur origine et leur durée de vie, cela tant pour les points isolés, les lignes que pour les objets et les thèmes d'occupation du sol, qu'il s'agit de produits de base, réguliers, répétitifs ou de travaux uniques, non-standards, sous formats analogiques ou numériques.

Mais, la démarche-qualité dépasse la simple notion de contrôle pour viser à un système plus complet, cohérent, à plusieurs niveaux, et bien identifié dans l'entreprise, qu'elle soit publique ou privée.

C'est une structure horizontale qui concerne tous les services et intervient dès la préparation des travaux, prévoit des simulations éventuelles, passe par l'instrumentation, stipule les vérifications et les étalonnages nécessaires, intègre le déroulement des mesures, essaie de prévoir les aléas possibles, météorologiques par exemple, et ne s'achève qu'une fois les produits livrés, documentés et utilisés par les clients, dans les délais prévus et à leur satisfaction générale.

Il s'agit de prouver que l'on maîtrise parfaitement tout ce que l'on fait, et de faire tout ce que l'on dit, sans chercher nécessairement dans chaque phase la précision maximale techniquement réalisable. Qualité n'est pas synonyme de perfectionnisme.

L'assurance-qualité se développe autour des trois normes ISO 9000 qui en constituent les bases. Pour une entreprise de topographie on a estimé à ce Colloque que la certification 9002 relative à la production et à l'installation devait suffire, la phase de conception à laquelle s'adressent les normes 9001 n'ayant pas la même acception dans l'industrie que chez les topographes, sauf peut-être si l'on avait affaire à un bureau d'études méthodologiques.

Il faudra également être attentif à la tendance actuelle à l'élargissement de la notion d'assurance-qualité et à la tentation de certains de tout mettre dans ces normes comme par exemple le service après-vente, la protection

de l'environnement ou la prévention des risques et, pour-quoi pas, la satisfaction des actionnaires, lorsqu'il y en a !

On voit le risque de développement d'un bureaucratisme allant à l'encontre du but visé et le danger d'une trop grande formalisation paperassière prenant le dessus sur le fond, et générant à la limite des dysfonctionnements ainsi que le Colloque a pu en soupçonner à la NASA avec les déboires à répétition qu'a connus récemment cette agence avec la perte de LANDSAT 6 et d'autres sondes interplanétaires.

Lors de ce Colloque une P.M.E. de photogrammétrie d'un effectif de 10 personnes a montré comment s'était développée en son sein une démarche-qualité partant des réalités de l'entreprise, créant un esprit d'assurance-qualité animé par un responsable, et faisant régner un climat de confiance interne et externe. Rien ne peut se faire en effet sans s'appuyer sur le personnel qui n'est d'ailleurs pas long à en percevoir les enjeux. Celui-ci sait se mobiliser pour renforcer la solidité de l'entreprise face à la crise, et accroître son efficacité et son utilité économique et sociale. Mais comme il est probable qu'il s'agit là d'une condition nécessaire mais non suffisante face à l'ampleur de cette crise, on ne voit pas comment cette démarche d'association du personnel s'en tiendrait là, sans s'étendre aussi à la gestion même de l'entreprise qui deviendrait alors davantage l'affaire de tous, sans qu'aucun domaine n'échappe à personne ?

L'assurance-qualité peut-elle se contenter d'un strapping dans les préoccupations de chacun ?

Poussé dans sa logique extrême, on voit donc que le système-qualité pourrait être un facteur de démocratisation, souhaité ou non, de la gestion de l'entreprise, voire de la Société, pour peu que le personnel le ressente ainsi, soit prêt aux efforts que ces exigences entraînent et que les conditions de l'entreprise le permettent.

Est-ce le début d'une démarche planétaire dynamique vers plus de qualification, de responsabilité et de solidarité, ou ne faut-il pas rêver ?

Devant une telle situation il est probable que la réponse qu'apporteront topographes et photogramètres ne sera pas unique. La démarche qualité devra s'adapter à la position de chacun et partir des réalités de l'entreprise, sans oublier que la certification, si elle est recherchée, constituera un outil très important mais ne pourra garantir à elle seule la qualité finale des produits ou leur succès durable auprès des clients.

D'ailleurs les clients, à l'instar de certains Grands Acheteurs, ont leur mot à dire dans cette démarche, et par des regroupements, peuvent accorder eux-mêmes les certifications correspondantes, voire les sous-entendre.

QUELQUES PROPOSITIONS D'ACTION

Si la table ronde finale du Colloque, animée par des représentants de grands acheteurs et de grandes entreprises externes au secteur topographie-photogrammétrie comme la RATP, le B.T.P., E.D.F., Renault, Peugeot ... a été fort utile et intéressante, il resterait à la prolonger par un débat interne à notre profession.

A cet effet il a déjà été décidé de créer un groupe de travail au sein de l'A.F.T., pour faire fonction d'observatoire de la qualité en topographie et photogrammétrie.

Mais n'y a-t-il pas place aussi pour activer d'autres groupes de travail, rattachés à d'autres structures existantes, à durée de vie limitée, œuvrant à l'achèvement d'objectifs bien définis ?

Par exemple l'adaptation de la certification à la profession ou réciproquement, de la profession à la certification, avec les concertations chercheurs-producteurs-clients-services publics-entreprises privées qui en résulteront, devrait questionner le CNIG.

Par ailleurs, des besoins très concrets sont apparus au cours du Colloque. Par exemple des textes officiels, comme l'arrêté de 1980 sur les levés à grande échelle, sont à réviser. Il convient d'y intégrer les nouvelles procédures d'observation qui, comme le GPS, se généralisent, et tenir compte de l'apparition de nouveaux moyens de contrôle. Un groupe de travail pourrait fonctionner rapidement sur ce thème, qui a motivé plusieurs intervenants lors du Colloque, d'autant que l'on pourrait trouver sans délai son animateur.

D'autres actions, notamment en matière de formation et d'information sont souhaitées ; c'est le cas pour le bon emploi général des instruments comme le GPS ou les télémètres électroniques, en les accompagnant de recommandations détaillées sur leur étalonnage par exemple.

Dans le domaine de la BD-TOPO de l'I.G.N., on a signalé quelques étapes à franchir pour arriver à une maîtrise totale des quelques problèmes restants sur le contrôle de la qualité ; ceux-ci n'intéressent pas que le producteur mais également l'utilisateur. Soyons rassurés, les premiers résultats montrent que la précision géométrique de la BD-TOPO en des points bien définis se situe dans le mètre, comme prévu, mais il reste à formaliser les processus d'échantillonnage des points et des objets dont on vérifie l'exactitude, à préciser les références dans les contrôles, à clarifier la notion de précision

sémantique, et à généraliser la cohérence logique des données ; c'est-à-dire qu'il convient d'arrêter une définition et une norme sur la notion de qualité d'un produit numérique et plus généralement d'un S.I.G. Là encore le CNIG qui coordonne les travaux de normalisation des données géographiques en France ne saurait être tenu à l'écart de cet approfondissement. D'ailleurs le dernier numéro de la "Lettre du CNIG", de Décembre 1993, nous apprend que l'un des axes du programme national de recherche en sciences de l'information géographique (PNSIG) est justement consacré à l'enrichissement des bases de données avec la "prise en compte de la qualité".

Enfin pour ne pas rester seulement Hexagonal, il faudra développer des protocoles européens d'échanges d'expériences sur le contrôle et l'assurance-qualité.

Une coopération entre spécialistes européens est à établir de façon à progresser ensemble dans la voie de la qualité globale et réduire ainsi les effets des barrières protectionnistes. A quelle structure européenne convient-il de se rattacher ? N'est-ce pas vers la structure EUROGI (1) qu'il faut se tourner, cet organisme qui cherche à mettre en place la DG XIII de la Communauté européenne et qui doit coordonner les activités d'AM/FM (2), du CERCO (3) ou de l'OEEPE (4) dans ce domaine ?

Ce Colloque a donc mis en évidence tout un ensemble de pistes à explorer. On peut conclure qu'il est intervenu à point nommé et certifier que sa qualité et ses résultats sont assurément conformes aux normes que l'on ne manquera pas un jour d'établir pour ce genre de manifestation, d'autant que cette dernière, une première dans la profession axée sur ce thème précis et ouverte sur l'extérieur, n'était pas un pari gagné d'avance.

(1) EUROGI : European Organisation for Geographic Information

(2) AM/FM : Automated Mapping, Facilities Management

(3) CERCO : Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle

(4) OEEPE : Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales

LE PONT DE NORMANDIE : notre photo de couverture

Le projet du pont de Normandie, reliant les deux rives de l'estuaire de la Seine en amont du Havre et de Honfleur, a été établi de septembre 1986 à février 1988 par une équipe constituée du SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes, du ministère de l'Equipement) qui en assurait le pilotage, et de plusieurs bureaux d'études privés, dont les principaux étaient la Sofresid, la Sogelerg, Quadric et la SEEE. Cette équipe bénéficiait en outre de l'appui de l'ONERA et du CSTB de Nantes, spécialistes de l'effet du vent et de l'aérostabilité.

Le pont détiendra le record du monde de la travée centrale (856 m). La maîtrise d'ouvrage a été confiée à la Chambre de Commerce et d'Industrie du Havre. Le montant des dépenses se chiffre à 2 milliards de francs (valeur courante), financé par les conseils généraux et régional concernés (Seine Maritime (40%), Haute Normandie (25%), Calvados (25%) et Eure (10%)). De grandes entreprises participent à la construction : Bouygues, Campenon-Bernard, Dumez, GTM Quillery, Spie, SOGEA, MONBERG et THORSEN. Une étude détaillée figurera dans notre prochain numéro.



**La station
Nikon Khéops 750
a été choisie par
le Groupement
d'Entreprises DUMEZ
et Chantiers Modernes
pour réaliser
les descentes de puits,
le canevas planimétrique
et les différents travaux
d'auscultation
du Chantier EOLE.**

*Nikon France s.a.remercie le
Groupement d'Entreprises DUMEZ
et Chantiers Modernes, ainsi que la
Société COLLINET,
pour leur aimable collaboration*

LES NORMES ISO 9000 ET LA CERTIFICATION

Par M. Lacroze
Délégué à la Certification

1. HISTORIQUE DES NORMES

1.1. Le Contrôle Qualité

Dans une entreprise, lorsqu'on parle du service appelé Contrôle-Qualité, on prend le terme "Contrôle" dans son sens français et non dans son sens anglo-saxon qui veut dire "Pilotage".

Le travail de ce service est de tester les pièces, de trier les bonnes et les mauvaises.

Cette organisation a donné de bons résultats jusqu'à la fin de la dernière guerre, car nous étions dans une période de crise avec une offre inférieure à la demande.

Puis, nous avons assisté à l'inversion que vous connaissez : la demande devenant progressivement mais fortement inférieure à l'offre, l'attitude des clients s'est transformée pour devenir plus exigeante.

1.2. L'Assurance de la Qualité

La notion de Contrôle Qualité n'étant plus suffisante, c'est l'Assurance de la Qualité qui est apparue pour répondre aux exigences de Qualité.

D'abord chez les grands donneurs d'ordre, dans des grands projets, par exemple Ariane dans le début des années 1960, EDF pour son programme électro-nucléaire français. Il s'agissait d'entreprises responsables de projet où était en jeu soit la sécurité des personnes et des biens soit des sommes considérables.

Ces organismes ont créé leur propre référentiel et l'ont imposé à leur fournisseurs.

De même, au début des années 80, le SIAR, organisme chargé de la Qualité de l'approvisionnement des équipements militaires, a mis en route avec les pays de l'OTAN un système appelé "Règlement de l'Assurance Qualité" (RAQ).

Ceci a eu pour conséquence la très grande diversité des systèmes d'Assurance de la Qualité, et une difficulté pour les fournisseurs, ceux-ci devant satisfaire à des exigences de leurs différents clients souvent proches, mais parfois dans certains cas contradictoires au niveau des moyens.

1.3. Naissance des normes ISO 9000

Il est apparu plus judicieux et plus économique de faire une fois l'évaluation du système Qualité des fournisseurs selon un référentiel donné par un organisme reconnu, compétent et sérieux, cette évaluation pouvant servir pour tout le monde, d'où la notion de certification par tierce partie.

Cette notion est d'abord apparue en Angleterre où un système a été mis en service avec des normes



anglaises au tout début des années 80. Cette initiative est très nettement en avance sur les normes ISO 9000, qui ne sont apparues qu'en 1987.

Les normes ISO 9000 se sont largement inspirées de ces normes anglaises.

C'est l'International Standard Organisation (ISO), organisme de normalisation au niveau mondial, qui a édité les cinq normes de la famille 9000 : 9000 à 9004.

Elles ont donné naissance à des normes Européennes : EN 29000 à 29004, et françaises par l'AFNOR : NF EN 29000 à 29004, toutes strictement identiques.

1.4. Naissance de l'AFAQ

En 1986, le Ministère de l'Industrie lance une mission pour la mise en place d'un organisme de certification par tierce partie en France.

Auparavant des tentatives avaient déjà été faites. L'AFNOR avait notamment mis en place un système appelé 3 AQ.

Trois organismes s'étaient organisés :

- CERTIMECA, pour l'industrie mécanique faisait de la certification de produit, et a commencé à faire de la certification de système.

- CERTIFOND, pour la fonderie.

- CERTIMELEC, pour l'électricité.

En juin 1988, naît l'AFAQ l'ensemble de l'industrie française assurant le parrainage.

Les membres de l'AFAQ sont regroupés en trois collèges :

- les fournisseurs représentés par les grandes fédérations professionnelles,

- les acheteurs représentés par les grands donneurs d'ordre,

- des organismes neutres tels que le MFQ, des organismes de contrôle technique.

C'est une association loi 1901, non subventionnée, il n'existe pas d'organisme français équivalent, quelques organismes étrangers ont certifié des entreprises françaises.

1.5. Les normes ISO 9000

Ces normes sont mises en application dans au mois une cinquantaine de pays de toutes les parties du monde, dans les pays développés mais aussi dans des pays en voie de développement.

Il y a cinq normes :

9000 : c'est un Guide pour le choix des trois normes servant de référentiel à la certification (9001, 9002, 9003).

9004 : dont l'ambition est plus large, elle est dite de Qualité Totale, il vaut mieux préférer l'expression *Maîtrise totale de la Qualité*. Elle couvre le domaine de la Gestion et de l'Assurance Qualité.

les normes 9001 et 9003 sont un système de poupées russes, imbriquées les unes dans les autres :

9003 : son domaine d'application est le plus réduit. Elle couvre le domaine du contrôle et des essais finals. Elle s'adresse aux entreprises de sous-traitance, ou de fabrication de produits contrôlables, et là elle peut-être tout à fait suffisante pour la Certification.

Elle représente actuellement 5% des certifications.

9002 : son domaine couvre celui de la 9003, plus celui de la production et des achats.

Elle représente actuellement 75% des certifications.

9001 : son domaine comprend celui de la 9002, plus celui de la conception et actuellement du Soutien après Vente.

Elle représente actuellement 20% des certifications. La tendance actuelle est de voir certaines entreprises certifiées suivant la 9002, entreprendre ensuite la démarche pour une certification 9001.

Ces normes sont conçues pour être utilisées pour toutes les activités, par exemple pour les entreprises de Service, mais la transposition est parfois difficile pour ce genre d'activités.

1.6. L'évolution des normes en 1994

Au cours du premier semestre 1994, une révision des normes verra le jour :

Pour les normes 9001 et 9002, il n'y aura pas de changements importants, l'accent sera mis sur :

- L'importance de la satisfaction des besoins du client.
- Une clarification.
- Des exigences en documentation, avec une meilleure formalisation pour apporter la force de la preuve.
- L'aspect réglementaire sera pris en compte dans les données d'entrée de la conception alors qu'actuellement il ne l'est que dans les données de sortie.
- Les actions correctives seront confirmées comme outil essentiel de la Qualité : recherche des causes des non-conformités et mise en place des actions pour éviter que cela se reproduise.
- Les actions préventives seront définies comme outil également important (éviter les non-conformités potentielles).
- Les revues de Direction, les revues de Contrat, les audits internes, les traitements de non-conformités, seront confirmés comme étant des outils conduisant l'entreprise à progresser dans le domaine de la Qualité.

Pour la norme ISO 9003, l'évolution est nettement plus importante, en effet, y seront ajoutées des exi-

gences comme la revue des contrats, la maîtrise du produit fourni par l'acheteur, le traitement des non-conformités, les audits internes, qui figurent déjà dans les ISO 9001 et 9002.

1.7. Aperçu sur les évolutions ultérieures

Une révision beaucoup plus importante verra le jour, les avis sont partagés sur les évolutions à apporter.

Une première position anglo-américaine va vers la Sécurité, l'Environnement, la Satisfaction de tous les partenaires de l'entreprise : actionnaires, fournisseurs, clients etc...

Une deuxième position plus européenne, soutenue par la France, refuse de prendre en compte toutes ces contraintes jugées trop diverses et traitées différemment dans chaque partie du monde.

2. LA CERTIFICATION

2.1. Organisation

Douze comités sectoriels, dont on peut nommer les comités suivants :

- Electricité,
- Chimie,
- Mécanique,
- Bâtiments,
- Travaux-publics,
- Transports,
- Services Intellectuels : SSII, Conseils, Formation, Professions libérales,
- Services Opérationnels : Prestation de services, en cours de création.

Un comité plurisectoriel : pour les entreprises qui n'ont pas de comité sectoriel et pour celles qui le demandent en recours.

Les organismes de certification sont régis par les normes Européennes EN 45011, EN 45012, EN 45013. (produits, systèmes, personnels).

L'AFAQ comprend aussi :

- le Comité d'accréditation et d'appel : son but est d'accréditer les comités sectoriels, en attente de la création d'un organisme indépendant de l'AFAQ en 1994 : le COFRAC (Comité Français pour l'Accréditation). Il s'occupe également de l'appel des entreprises.
- la commission d'accréditation des auditeurs : son but est de qualifier les auditeurs. Ils sont actuellement environ deux cents cinquante et leur nombre doit doubler rapidement.

Nommons aussi l'Institut de Certification des Auditeurs, à l'origine créé par l'AFAQ. Il est maintenant indépendant de l'AFAQ. Il a pour rôle de certifier des auditeurs pour toute activité :

Tierce partie, seconde partie (audits des fournisseurs de l'entreprise), ou première partie (audits internes à l'entreprise).

La certification des auditeurs est effectuée suivant la norme ISO 10011.

2.2. La pratique

Les premiers certificats ont été délivrés en 1989,

fin 1992 : nombre cumulé de certificats : 800,

fin 1993 : nombre cumulé de certificats : 1700, soit plus du double,

dossiers en cours d'instruction : 2000,

On voit que le nombre a augmenté très rapidement.

2.3. Les motivations pour entreprendre une démarche de certification

Les effets de la certification peuvent être de *réduire le nombre d'audits*. Cela se traduit souvent par un allègement des audits des clients, l'évaluation de la partie système n'étant généralement pas reprise.

Une enquête européenne a pu évaluer l'économie réalisée pour une PME, pour les activités d'audits eux-mêmes (préparation des audits, accompagnement des auditeurs, rédaction des réponses) à 70 Hommes. Jour/an.

Motivation commerciale : certains donneurs d'ordre font une obligation de la certification, ou, au moins, en tiennent compte dans le choix de leurs fournisseurs.

Motivation interne : l'évaluation du système par un organisme tiers est un facteur de motivation du personnel et de progrès internes par la réduction des coûts de non-qualité.

Il est difficile de mesurer exactement cette réduction car peu d'entreprises ont mis en œuvre un système d'évaluation des coûts de non-Qualité, avant d'entamer la démarche. Pour une entreprise qui fabrique des produits, les chiffres de non-Qualité sont de l'ordre de 10 à 15% du Chiffre d'Affaire.

Il faut inclure dans les coûts se rapportant à l'amélioration de la Qualité, ceux induits par la mise en œuvre du Système qualité ou de sa mise à niveau.

Le coût de la certification proprement dite pour une entreprise de 30 à 40 personnes sur un même site pour la certification à l'ISO 9002 est de 50KF environ.

2.4. Description des Démarches à faire

- Lire les normes,
- Choisir le domaine d'activité à faire certifier,
- Choisir le référentiel : 9001, 9002, 9003,
- Mettre en place un système Qualité en faisant appel à un consultant compétent, si l'entreprise n'a pas de ressources internes suffisantes,
- Dans le cas où il est fait appel à un consultant, il est indispensable de ne pas le laisser agir seul, le système mis en place doit correspondre à la réalité de l'organisation de l'entreprise et non pas à celle d'une autre...
- Les actions relatives à la certification sont alors les suivantes :
 - Réponse à un questionnaire d'identification,
 - Désignation par l'AFAQ du Comité Sectoriel,
 - Envoi à l'AFAQ des documents de l'entreprise : Manuel Qualité, si besoin certaines procédures, questionnaire d'évaluation.

Réalisation d'un audit par une équipe qui se rend sur place, et vérifie la mise en application du système Qualité.

Les non-conformités détectées par l'équipe d'audit sont examinées par une commission indépendante.

On distingue deux types de non-conformités :

Insuffisance dans la formalisation du système, procédure insuffisante. Il s'agit de corriger les documents. Le délai de mise en œuvre est généralement court.

Application du système non satisfaisante. Il s'agit alors de mettre en œuvre des actions correctives induisant des changements de comportements, les délais sont donc un peu longs. Le responsable d'audit retourne sur place pour assurer que les actions correctives ont été mises en place sur le terrain.

Une fois délivré, le certificat est valable pour trois ans.

La première année a lieu un audit de suivi qui représente environ le tiers de l'audit initial.

La troisième année, il faut recommencer le processus.

C'est bien un progrès continu, il ne s'agit pas de se reposer sur ses lauriers.

QUESTIONS ET RÉPONSES APRES L'INTERVENTION DE M. LACROZE.

E. Barbacanne : y a-t'il un contrôle sur les consultants en Assurance de la Qualité ?

M. Lacroze : certains sont certifiés, d'autres sont en cours de démarche. L'AFAQ n'a pas d'autorité pour effectuer ce contrôle. Il y a eu profusion d'organismes, et tous ne sont pas compétents, voire pas sérieux dans certains cas extrêmes.

M. X : on dit que sur 20 000 certifications accordées par des organismes de certification européens, 15 000 seraient au bénéfice d'entreprises anglaises. On dit également qu'en Angleterre les entreprises étrangères doivent être certifiées. La certification est-elle une forme de protectionnisme ?

M. Lacroze : les anglais ont démarré avant les autres, ils en ont fait une forme de protectionnisme, par exemple pour les travaux du tunnel de la Manche.

En Grande-Bretagne, il existe au moins une trentaine d'organismes certificateurs, pas tous de niveau satisfaisant. Certains organismes anglais ne sont pas reconnus par les grands donneurs d'ordre français.

Il existe un organisme d'accréditation des organismes de Certification. Les certificats peuvent être accrédités ou non, les accrédités portent une "couronne". Les certificats accrédités sont d'environ 3 000, c'est ce chiffre qu'il faut prendre en compte. Il reste supérieur au nôtre, mais l'écart est nettement plus réduit.

Au niveau international, il existe un système de reconnaissance mutuel entre organismes (200 organismes existent de par le monde et les niveaux sont très différents).

Actuellement l'AFAQ a signé des accords avec :

SQS : Suisse

DQS : Allemagne

Danish Standard : Danemark

QMI : Canada

AENOR : Espagne (quelques problèmes en cours de résolution).

Des pourparlers sont en cours avec d'autres organismes, et en particulier avec un grand organisme anglais. De plus il existe un organisme appelé EQNET qui est un réseau européen regroupant 16 organismes de certification.

G. Bienvenu : ne faut-il pas recommander la certification à une entreprise après qu'elle se soit organisée en profondeur suivant les règles de la Qualité ?

M. Lacroze : oui, tout à fait, la certification n'est pas l'objectif essentiel d'une entreprise, sauf dans les cas où le principal client oblige l'entreprise à être certifiée. Ce qui est important c'est que l'entreprise effectue une démarche qualité pour progresser.

Une condition nécessaire est que le chef de l'entreprise soit convaincu de l'intérêt de la démarche, et qu'il manifeste son intérêt en permanence. Sans cela, ça n'aboutit pas.

C'est également un facteur de motivation du personnel. Il m'arrive de remettre des certificats dans l'entreprise, cela est considéré comme une fête par tout le personnel.



*multipliez
vos
performances
par
Dangel*



En créant le C15 4x4 DANGEL, Automobiles DANGEL, propose une nouvelle génération de véhicules utilitaires légers, capables de performances jusqu'ici inégalées.

Robuste, économique et fiable, spécialiste de la neige et des terrains boueux, le C15 4x4 DANGEL, est un véhicule idéal pour la desserte des zones rurales.

Utilisable en 4x2 comme en 4x4, le C15 4x4 DANGEL adapte ses performances à vos besoins.

l'Adhérence au sol diminue ? Une commande pneumatique, située sur la planche de bord, permet le passage, en marche, au système 4x4. Il se fait par enclenchement du pont arrière, équipé d'un différentiel central à glissement limité.

Pour augmenter encore vos capacités de franchissement, vous pouvez utiliser le verrouillage du pont arrière -en option-. Un seul geste et vos roues se dégagent !

Professionnel du bâtiment ou des travaux publics, de l'agriculture ou de la montagne, vous avez des besoins particuliers. Version fourgon simple ou double cabine, le système 4x4 DANGEL s'adapte à tous vos besoins.

Véhicules distribués par le Réseau Citroën

Pour tous renseignements : Automobiles DANGEL SA - 5, rue du Canal - 68780 SENTHEIM - Tél. : 89 38 57 00 - Fax : 89 82 59 13

PENTAX®

TOPOMETRIE

STATION TOTALE PCS-1 / PCS-2

**LA STATION
TOUT
TERRAIN**

TOUS TEMPS

Votre station totale PENTAX est votre associée de tous les jours. Fiable et maniable en toutes circonstances, elle est l'outil de travail complet sur tous les terrains, sous tous les climats.

TOUS RISQUES

Votre station totale PENTAX c'est la sécurité au quotidien par toutes les garanties qu'elle vous offre.

LA STATION TOUT PENTAX 1200 frs / MOIS

Votre station totale PENTAX c'est un contrat de location-vente sur 4 ans* pour 1200 francs par mois. C'est aussi une garantie constructeur de 4 ans, pièces et main-d'œuvre (prêt d'un matériel équivalent en cas de panne, pour cette durée). C'est également une assurance contre le vol et bris/dégâts.

**En cas d'acceptation du dossier.*

SPECIFICATIONS :

Précision angulaire.....20 cc.

Portée sur un prisme.....700 m.

Fonctions de calcul :

- Implantation.
- Coordonnées xyz.
- RDM (distance entre deux points).
- REM (hauteur points inaccessibles).

PENTAX FRANCE S.A.

12 Rue Amboise Croizat
95100 Argenteuil
Tél : (1) 39 82 50 24
Fax : (1) 39 82 57 96

AGENCE DE LYON

Parc du Chater
33 Rue de Bellisen
69340 Francheville
Tél : 78 34 26 91
Fax : 78 34 27 24



LES CONTROLES DE QUALITÉ POUR LES TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES EN SUISSE

Par H. Dupraz, adjoint scientifique Ecole Polytechnique
Fédérale de Lausanne

Résumé

La qualité d'une réalisation topographique s'est longtemps résumée à **sa précision**. Des travaux plus récents ont introduit la notion de **fiabilité**. Mais à côté de ces deux critères de qualité facilement quantifiables, le développement des systèmes d'information à référence spatiale a fait apparaître d'autres critères, surtout pour les données topographiques officielles sur lesquelles s'appuie le cadastre foncier : **accessibilité, actualité, cohérence, sécurité**, etc.

Une rapide analyse montrerait que, à travers ces multiples critères, **la qualité passe par la maîtrise complète du processus**, de la conception initiale du "produit" jusqu'aux mesures prises pour sa mise à jour permanente, y compris les contrôles et la qualification de tous les intervenants. C'est la philosophie qui sous-tend la série des normes ISO 9000/EN29000.

Dans la mensuration officielle suisse, on retrouve des standards de qualité pour la plupart de ces critères, hélas disséminés dans un grand nombre de textes relevant des législations fédérale et cantonales. Etant donné la complexité de nos structures politiques et professionnelles, leur réunion est très improbable. C'est évidemment l'esprit qu'il s'agit d'en préserver.

Hors de la mensuration officielle, la certification de la qualité dans les prestations de l'ingénieur géomètre n'est pas encore une réalité. Les associations professionnelles ont commencé de s'en préoccuper, et les meilleures entreprises ont mis en place depuis longtemps des procédures internes de contrôle. Mais, pour le plus grand nombre, l'essentiel du travail reste à faire.

1. INTRODUCTION :

STRUCTURE POLITIQUE, ORGANISATION PROFESSIONNELLE ET BASES LÉGALES DE LA MENSURATION OFFICIELLE

La structure politique de la Suisse s'appuie sur trois niveaux, dotés chacun de pouvoirs législatifs et exécutifs réels: la Confédération, les cantons, les communes.

Les cantons sont des États souverains, qui ont délégué certaines tâches à la Confédération. D'un canton à l'autre, l'autonomie des communes est très variable. Ceci explique la grande disparité des situations cantonales et communales et la nécessité de prescriptions adaptées à la diversité des situations.

Pour l'essentiel, les tâches de la Confédération sont remplies par la Direction fédérale des mensurations cadastrales, rattachée au Département fédéral de justice et police! Elle a la haute surveillance sur toute l'œuvre cadastrale. Elle promulgue les textes légaux et techniques concernant l'exécution des mensurations et la formation du personnel.

L'Office fédéral de topographie, outre ses tâches de géodésie nationale incluant les réseaux supérieurs de points fixes (niveau 1), exécute la vérification des réseaux de niveau 2 et 3 (anciennement la triangulation de 4e ordre).

L'exécution des travaux de mensuration officielle incombe aux cantons et aux communes, qui adjugent



normalement ce travail à un ingénieur géomètre indépendant, titulaire du brevet fédéral.

Pendant et après son exécution, mais avant sa mise en vigueur juridique, chaque mensuration officielle doit subir un ensemble de contrôles appelés "vérification". Il s'agit, globalement, de vérifier le respect des prescriptions officielles et des clauses du contrat d'adjudication. Le poids principal de la vérification porte sur les éléments qui ont un caractère juridique. Car le Cadastre suisse est un **cadastre juridique** : le **Code civil suisse** de 1912, se basant sur la Constitution fédérale, qui garantit le droit à la propriété foncière privée, instaure deux principes :

- la description des biens-fonds s'opère d'après un plan dressé sur la base d'une mensuration officielle; en cas de divergence entre le terrain et le plan, l'exactitude de ce dernier est présumée ;
- le droit de propriété n'est opposable à tout tiers que s'il a fait l'objet d'une inscription au Registre foncier faisant référence au plan cadastral :

"...c'est l'inscription qui crée le droit..."

Dès 1980, les administrations et les associations professionnelles ont lancé un projet de réforme de la mensuration officielle (projet REMO) pour pallier à un certain nombre de défauts :

- précision insuffisante dans certaines régions ;

- vétusté de certains plans originaux et de leurs copies ;
- obsolescence des bases techniques ;
- insuffisance du rapport entre les services rendus et le coût global de l'oeuvre cadastrale.

Les principaux objectifs du projet REMO peuvent se résumer ainsi :

- la mensuration officielle doit être le noyau central de systèmes d'information du territoire à la disposition du plus grand nombre d'utilisateurs, publics et privés ;
- elle est organisée sous la forme d'une banque de données avec couches thématiques indépendantes ; certaines obligatoires, d'autres voulues par les cantons, mais à leurs frais ;
- afin de garantir son accès à long terme et sa compatibilité avec d'autres systèmes d'information, la Confédération fixe l'interface de la mensuration officielle.

Le modèle technique et les nouvelles bases légales issues du projet sont entrés en vigueur le 1er janvier 1993. Les cantons ont quelques années pour adapter leurs propres prescriptions.

Ce projet amène deux nouveautés importantes pour le géomètre indépendant :

- la **liberté du choix de la méthode**, laissée à l'adjudicataire, sous réserve d'apporter la preuve de qualité du produit fini ;
- la **mise en soumission des travaux**, où l'adjudication s'appuiera autant sur les prestations proposées que sur les prix.

Ces nouveautés font évoluer le statut de fait de l'ingénieur breveté d'un exercice purement libéral vers celui de chef d'entreprise.

2. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA NOTION DE "QUALITÉ" EN TOPOGRAPHIE

Quel que soit votre dictionnaire préféré, la définition qu'il vous proposera pour le mot "qualité" fera probablement apparaître deux acceptions : l'une subjective, l'autre objective.

L'approche **subjective** fait appel à des appréciations personnelles, un jugement individuel, de type sentimental ou émotionnel. L'approche **objective** s'appuie sur des caractéristiques autorisant une quantification, une paramétrisation.

Il en va bien ainsi dans le monde de la topographie et de la topométrie: on peut caractériser par des chiffres la **précision** ou la **fiabilité** des coordonnées d'un réseau. Mais ces chiffres n'ont de sens que si la totalité du processus est maîtrisée; et là, il reste énormément d'aspects que nous ne savons pas quantifier !

A y regarder de plus près, et en se basant sur le cas de la mensuration officielle suisse à l'issue de sa réforme récente, on retrouve un grand nombre des préoccupations formalisées par les organisations internationales se préoccupant de la certification de systèmes d'assurance qualité. Celles-ci s'appuient sur un certain nombre de principes :

- la gestion de la qualité est une tâche incombant au niveau le plus élevé de la direction de l'entreprise;
- l'assurance de la qualité englobe toutes les étapes de la vie du "produit" ;
- la gestion et l'assurance de la qualité concernent tous les intervenants, de l'ingénieur en chef à l'aide de terrain;
- la qualité s'appuie sur la transparence :
 - attribution claire des responsabilités ;
 - documentation claire et complète de toutes les procédures ;
 - système cohérent de détection des erreurs, et des procédures pour leur correction ou leur suppression ;
 - le responsable de la qualité n'est jamais le responsable de la production !

Or, que disent les textes techniques et légaux concernant la mensuration officielle? On trouve par exemple dans l'**Ordonnance sur la mensuration officielle (OMO)** :

- Art. 6** Le DFJP détermine les données à saisir, leur degré de **précision** et de **fiabilité** ainsi que les autres exigences y relatives.
- Art. 8** Afin de garantir l'**accès à long terme** aux données de la mensuration officielle....le DFJP fixe l'**interface de la mensuration officielle**.
- Art. 26** Tous les éléments de la mensuration officielle sont examinés quant à leur **qualité** et leur **intégralité**...
- Art. 31** Le DFJP édicte des instructions sur les exigences d'ordre technique et organisationnel concernant l'entretien de la mensuration officielle et notamment sur la **sécurité des données**.
- Art. 32** Le DFJP arrête [...] les mesures qui s'imposent pour assurer la **mise à l'abri** des éléments de la mensuration officielle en cas de guerre ou d'autres situations de catastrophe.
- Art. 37** Les personnes autorisées à remettre des extraits du plan du registre foncier [...] en attestent l'**exactitude** par leur signature.
- Art. 44** Les cantons règlent l'exécution des travaux par des **ingénieurs brevetés et d'autres spécialistes** en mensuration.

Voilà, réunie dans un seul texte, une série de notions ayant toutes trait à la qualité du "produit topographique" :

Précision / Fiabilité / Echangeabilité / Intégrité-Sécurité / Documentation / Formation professionnelle

Dans les mêmes textes, ou dans d'autres, on trouvera encore des concepts équivalents ou complémentaires concernant la **cohérence**, la **documentation**, l'**archivage**, la **protection**, la **validité**, ...

Tous ces concepts font bien apparaître que la **qualité passe par la maîtrise du processus complet**, y compris la qualification des intervenants, l'organisation des contrôles et la **gestion des données dans la durée**.

3. QUELQUES CRITERES DE QUALITÉ...

3.1 La précision

La précision, caractérisée par un **écart-type**, ou une **erreur moyenne quadratique**, est sans doute le critère le mieux connu des géomètres: l'ellipse d'erreur moyenne (selon Helmert) en est l'extension bi-dimensionnelle. On sait, grâce à la statistique mathématique, étendre ces indicateurs, par des dilatations appropriées, à des intervalles de confiance au niveau de probabilité 90%, 95%, 99%.

Ces indicateurs - issus d'une compensation par les moindres carrés - servent souvent à quantifier la **précision a posteriori** d'un travail topographique. Mais ils peuvent aussi, comme outil de simulation, être calculés a priori en vue d'optimiser techniquement et économiquement le schéma d'un réseau géodésique avant sa matérialisation.

Les indicateurs de précision n'ont toutefois de sens que sous l'hypothèse très restrictive qu'ils ont été obtenus en l'absence de toute faute grossière ou systématique entachant les observations, car en règle générale, ce type d'erreurs n'est pas pris en compte par les modèles de compensation usuels, qui ne sont pas capables de le détecter.

La vérification nécessaire de cette hypothèse relève des indicateurs de fiabilité.

3.2 La fiabilité

Une réalisation topométrique (par exemple un réseau) est considérée comme fiable si elle permet la détection de fautes éventuelles avec une probabilité suffisante ; ou, en d'autres termes, si les fautes grossières non détectées sont assez petites pour n'avoir aucune influence préjudiciable.

Le géomètre a adopté depuis longtemps des règles de l'art (répétition des mesures, contrôles indépendants, etc.) le protégeant contre les fautes grossières. Les travaux de W. Baarda, basés sur la statistique mathématique, ont ouvert la voie à une quantification de la fiabilité, grâce à un certain nombre d'indicateurs programmés dans la plupart des logiciels topométriques modernes.

La **fiabilité interne**, qui concerne les observations proprement dites, s'analyse à l'aide de quelques indicateurs faciles à calculer:

- l'**indicateur de fiabilité locale** z_i ,
- l'**erreur résiduelle normée** w_i ,
- la **faute probable** g_i ,
- la **faute-limite** Δ_i

La **fiabilité externe** concerne l'**impact sur les coordonnées résultant d'une faute-limite** Δ_i non détectée sur l'observation i . Les impacts extrêmes, pour chaque point, sont appelés indicateurs de fiabilité externe et sont représentés graphiquement par les "**rectangles de fiabilité**".

Les prescriptions techniques de la mensuration officielle suisse fixent les **exigences de précision et de**

fiabilité sous la forme de valeurs-limites pour les **ellipses d'erreur moyenne** et pour les rectangles de fiabilité.

3.3 L'échangeabilité

La mensuration officielle n'est pas une fin en soi : **son objectif est de fournir des données à jour et répondant à l'attente des utilisateurs**. L'échange des données entre fournisseurs et utilisateurs doit être garanti à long terme, ainsi que leur **compatibilité** avec d'autres systèmes d'information.

D'autre part, les données de la mensuration officielle ont une **durée de vie quasi illimitée** par rapport aux logiciels qui vivent 10 à 20 ans, et aux matériels qui vivent environ 5 ans. Le capital qu'elles représentent est aussi beaucoup plus important. Elles doivent donc pouvoir migrer entre les matériels et les logiciels.

C'est pourquoi les prescriptions officielles imposent une **interface de la mensuration officielle (IMO) et un langage de description des données INTERLIS**.

L'IMO est une description du catalogue des données de base de la mensuration officielle à l'aide du langage *interlis*, en vue de leur échange. Cette description est contrôlée par un compilateur associé à *interlis*, mis à disposition par la Direction fédérale des mensurations et détectant toutes les "erreurs de syntaxe". Ce compilateur a force obligatoire. (Il reste évidemment aux fournisseurs de logiciels à prévoir des fichiers d'entrée-sortie compatibles avec ce langage, ce qui n'est pas une mince affaire !).

3.4 L'intégrité

L'intégrité recouvre l'ensemble des mesures assurant la sauvegarde et l'emploi judicieux des données. On entend par là :

- **LA SÉCURITÉ** (intégrité physique)

La sécurité des données doit éviter leur perte, leur altération accidentelle ou frauduleuse, leur accès impossible par défaillance du matériel ou du logiciel.

Ces mesures de sécurité font l'objet d'une Norme suisse SN 612010 qui contient un inventaire détaillé des dangers potentiels, les mesures de protection et l'organisation des responsabilités. Une annexe fixe avec rigueur les rapports entre les mesures à prendre et les fonctions : "Qui est responsable de quoi" ?

Un procès-verbal de sécurité des données est exigé.

- **LA VALIDITÉ** (intégrité logique et sémantique)

Les contrôles de validité assurent la cohérence sémantique de la base de données. Il s'agit par exemple d'éviter les âges ou les surfaces négatives! En allemand, on parle volontiers de "consistance des données".

- **LA PROTECTION ET LA CONFIDENTIALITÉ** (intégrité éthique et juridique)

Il faut limiter l'accès des données aux seules personnes qualifiées et autorisées, qu'il s'agisse de les modifier ou de les exploiter.

Sont notamment déterminants les articles de la loi sur la protection des données qui répondent aux questions du type :

- "Qui récolte quelles données, et dans quels buts?"
- "Les droits fondamentaux de protection de la sphère privée sont-ils garantis?"

• L'ACTUALITÉ, LA MISE À JOUR

Les prescriptions techniques rendent obligatoire la **mise à jour** de tous les éléments de la mensuration officielle :

Art. 22 OMO *Tous les éléments de la mensuration officielle sont sujets à la mise à jour...*

Art. 23 OMO *Les cantons... fixent les délais de mise à jour.*

3.5 La transparence, la documentation

De nombreuses prescriptions fédérales et cantonales rappellent, comme la norme ISO 9000, la nécessité de "suivre à la trace", de "documenter" toutes les étapes du processus :

Art. 68 OTEMO *"... des procès-verbaux de contrôle et d'étalonnage des instruments et des logiciels... doivent être dressés."*

Art. 84 OTEMO *"... après une modification des données, le responsable doit en contrôler le caractère exhaustif... et consigner cela dans un procès-verbal".*

Art. 88 OTEMO *"... l'archivage des documents techniques doit permettre de reconstituer à long terme toutes les modifications..."*

3.6 La qualification du personnel

Art. 44 OMO *"Les cantons règlent l'exécution des travaux par des ingénieurs géomètres brevetés et d'autres spécialistes en mensuration".*

Cet article renvoie à des ordonnances et règlements fédéraux sur la formation des différentes catégories de personnel engagées dans les travaux de mensuration officielle: ingénieurs brevetés, techniciens-géomètres, dessinateurs-géomètres.

4. CONCLUSIONS

1. une mauvaise information n'est pas seulement une information de mauvaise qualité ; c'est aussi une information dont la qualité n'est pas connue.

2. Comme Monsieur Jourdain, les géomètres suisses font depuis longtemps de l'assurance qualité sans le savoir, du moins dans leurs activités de mensuration officielle.

3. Et dans le secteur privé ?

Si un contrôle de qualité efficace a pu s'organiser avant la lettre, en mensuration officielle, c'est probablement parce qu'il s'agit d'un **"produit" très standardi-**

sé, de qualité constante et dont la production est garantie à long terme.

Il en va autrement dans les autres secteurs de la topographie, comme la topométrie pour le génie civil et l'industrie, où les prestations de l'ingénieur s'apparentent plus souvent à des **"prototypes"**, dont le cahier des charges ne cesse d'évoluer au gré des circonstances et de l'humeur du client.

Mais n'est-ce pas précisément dans ces cas qu'il faudrait garantir :

- le bon fonctionnement de l'entreprise ?
- le déroulement correct des processus ?
- l'indépendance des responsabilités de la production et du contrôle de qualité ?
- des procédures efficaces de correction ?
- l'existence d'une documentation exhaustive ?
- la formation continue du personnel ?

Comme dans les pays qui nous entourent, les géomètres suisses y songent. Beaucoup redoutent encore l'investissement nécessaire, mais les plus dynamiques sont sur le point de se lancer dans la grande aventure de l'obtention d'un certificat d'assurance qualité. Ils devraient pouvoir en escompter **deux résultats très positifs** :

- sur le plan interne, une nouvelle motivation de tous les collaborateurs ;
- sur le plan extérieur, une source de clarté et de confiance pour les clients.

5. RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

Législation fédérale (extraits)

- Code civil suisse
- Ordonnance sur la mensuration officielle (OMO) du 18.11.1992

• Ordonnance technique sur la mensuration officielle (OTEMO) (Projet août 1993)

et Annexe A : Catalogue des données
Annexe B : Modèle des données
Annexe C : Description des données en *interlis*
Annexe D : Extraits pour la tenue du registre foncier et documents techniques

• Ordonnance concernant le brevet fédéral d'ingénieur géomètre du 12.12.1983

• Règlement des examens pour l'obtention du certificat de technicien-géomètre du 30.06.1967

• Règlement concernant l'apprentissage et l'examen de fin d'apprentissage de dessinateur-géomètre du 30.11.1976

• Prescription sur la vérification de la mensuration officielle (Projet automne 1993)

Législation cantonale vaudoise (extraits)

• Droit vaudois de la construction (Ed. Payot Lausanne, 1987)

• Codification de la qualité des mensurations (Projet du Service vaudois du Cadastre et du Registre Foncier, 1993).

Divers

- Sécurité des données dans la mensuration officielle; Norme suisse SN 612 010, SNV Zürich, 1987

- Le modèle de précision et de fiabilité de la mensuration officielle. Commentaires aux prescriptions sur la précision et la fiabilité. Direction fédérale des mensurations, Berne, 1993

- L'avenir de notre sol: réforme de la mensuration officielle, Direction fédérale des mensurations, Berne, 1987

- Règlement pour l'exécution d'Audits de Systèmes Qualité et l'Attribution de Certificats SQS; Association suisse pour Certificats d'assurance-qualité, Zollikofen, 1992

- Une approche systémique des systèmes d'information du territoire et de leur intégrité, par J.-J. Chevallier, Thèse n° 502, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 1983

- Die Zuverlässigkeit in der Schweizerischen Landesvermessung, par A. Carosio, XI. Int. Kurs für Ingenieurvermessung, Zürich, Sept. 1992, Dümmler Verlag, Bonn

- Sécurité des données dans la mensuration; journée d'étude du 15 mars 1990, Rapport n° 168f, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

- Transfert de données; journée d'étude du 5 septembre 1991, Mitteilung n° 48f, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

- Mise en oeuvre et exploitation de systèmes d'information à référence spatiale; journées d'étude des 9 et 10 septembre 1993, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich, dont :

- Contrôle de qualité dans la Mensuration officielle, par H. Schoeneich, pp. 14/1 à 14/7

- Systèmes d'information du territoire I; cours poly-copié J.-P. Miserez, Lausanne, 1993

- INTERLIS als Basis für die Amtliche Vermessungsschnittstelle (AVS), par J. Dorfschmid, dans Mensuration, Photogrammétrie, Génie rural, septembre 1990, pp. 477/479.

A l'occasion du colloque, sur l'exposition de CACHAN : CARL ZEISS

Carl ZEISS, avec la représentation des deux départements "PHOTOGRAMMETRIE" et "INSTRUMENTS TOPOGRAPHIQUES" en la présence de Messieurs Didier KOPF et Jean-François CABANEL, a souhaité manifester son attachement et son vif intérêt à l'AFT et ses nombreux adhérents avec en plus la présence de Monsieur KOLLER et Madame ROTH venus spécialement d'Oberkochen, pour répondre aux questions des nombreux visiteurs avec une exposition conséquente de matériels innovants : Photogrammétrie :

- Station d'orthophoto numérique **PHODIS OP**,

- Station de restitution numérique **PHODIS ST** sur SILICON GRAPHICS.

(Carl ZEISS Photogrammétrie Didier KOPF - 1, impasse des Saules - 67118 GEISPOLSHEIM - Tél. / Télécopie : 88 68 82 07).

Instruments Topographiques :

Précurseur de la station totale coaxiale et en complément des configurations **Elta + Rec 500**, **Carl Zeiss** propose une gamme complète de stations informatiques intégrées connues sous le nom **Rec Elta** : à ce jour, 6 instruments composent cette gamme dont le **Rec Elta 15** et la toute récente **station totale universelle Rec Elta RL** : nouveau concept avec un distancemètre coaxial lui permettant de mesurer des distances **sans réflecteur** (jusqu'à 200 m), de mesurer jusqu'à 6 km avec un réflecteur, avec une très grande rapidité (1/10ème de seconde) ; par ailleurs, ce dernier développement bénéficie de toutes les fonctions communes aux **Rec Elta** : Grand écran graphique, touches à fonction unique, menus clairs et concis en français, programmes d'applications intégrés et enregistrements des valeurs mesurées et calculées, transferts sélectifs, mise à jour du logiciel, etc..., de véritables atouts supplémentaires pour une meilleure rentabilité sur le terrain.

Quelques exemples d'applications : profils en tunnels, carrières, bathymétrie, levés de façades et d'intérieurs, etc...

(Carl ZEISS Instruments Topographiques - 60, route de Sartrouville - 78230 LE PECQ

Contact : J-F Cabanel - Tél. : 34 80 20 00 - Télécopie : 34 80 20 01)

ANALYSE DE LA QUALITE DES RESEAUX GEOMETRIQUES APPLICATIONS AUX RESEAUX DU CERN

C. Lasseur
CERN - Genève

1. INTRODUCTION

Les déterminations de formes et de dimensions d'un objet soit directement soit à partir de points auxiliaires disposés suivant un réseau, doivent être liées à des critères caractérisant la qualité du modèle mesuré : les résultats attendus sont les coordonnées des points de l'objet et les paramètres fixant les points "fixes" (le datum) mais aussi les précisions des coordonnées qui sont corrélées avec les précisions des observations : ces paramètres doivent être également traités en tenant compte de leur fiabilité c'est à dire des contrôles mutuels des observations.

Les ordinateurs actuels permettent de développer des modèles mathématiques et statistiques qui sont des compléments obligatoires à tout calcul normal d'ajustement.

Les travaux géométriques nécessitant, en général, de telles analyses se ramènent à 2 types principaux :

- ceux se référant à la qualité de l'objet : ce dernier est connu géométriquement et on cherche à déterminer le "tel que construit" ("as built") par rapport au "tel que conçu" ("as designed").
- ceux se référant aux caractéristiques géométriques de l'objet : ce dernier n'est pas connu géométriquement et les mesures sont à la base de calculs de droites, de plans, de surfaces, de volumes ("best - fit") afin d'en restituer une image fidèle ("reverse engineering").

Les concepts et les définitions d'indicateurs de fiabilité ont été développés dès 1967 par Baarda : un système sera jugé fiable s'il peut détecter les erreurs grossières d'un ordre de grandeur donné avec un coefficient statistique de sécurité choisi à l'avance ... un système dit précis pouvant, en fait, ne pas être fiable du tout. Le programme L.G.C (Logiciel Général de Compensation) utilisé au CERN présente certaines facilités permettant l'analyse de la précision et de la fiabilité des résultats.

2. ANALYSE DES RESULTATS ET DES MESURES

2.1 analyse de la précision et intégration dans L.G.C

Les éléments de la matrice des covariances C_x , produit de la matrice des cofacteurs Q_x par le facteur de variance a posteriori S_0^2 issu des résidus après compen-



sation, sont à la base du calcul des erreurs standard des coordonnées, des ellipses et ellipsoïdes d'erreur pour chaque point calculé ; la précision des résultats dépend donc de la configuration des mesures, de la position des points par rapport au datum, et des observations.

La direction des demi-axes des ellipses absolues peut montrer certaines faiblesses globales du réseau : une direction du demi grand axe pointant vers les points fixes indique une possible faute de l'échelle alors qu'une direction du demi petit axe pointant vers les points fixes indique

une possible faute en azimut. Les grandeurs des demi-axes des ellipses sont les erreurs standard s maximum et s minimum, la situation idéale (cercle) étant obtenue pour des valeurs équivalentes et petites : l'ellipse d'erreur décrit en fait une région de confiance dans laquelle les coordonnées estimées du point sont contenues suivant une probabilité connue de 39.4 % pour une erreur standard de $1 S_0$. Pour l'ellipsoïde, la situation idéale est la sphère et la probabilité est de 19.9% pour une erreur standard de $1 S_0$.

Les valeurs propres standard maximum et minimum sont les carrés des erreurs standard maximum et minimum pour une ellipse, pour un ellipsoïde ce sont les carrés des axes ; la moyenne géométrique des valeurs propres pour un point indique une valeur relative de la précision de ce dernier, permettant ainsi des comparaisons entre tous les points calculés d'un même réseau et, par exemple, de dresser des courbes d'égale précision. Pour l'ellipsoïde, les orientations spatiales de chaque axe - en fait son orientation dans chaque plan - sont représentées par les vecteurs propres.

La variance S_0^2 est un multiplicateur et sa valeur doit être testée afin d'estimer si elle est significativement différente de l'unité. La statistique F de $K = S_0^2 / s_0^2$ (s_0^2 variance unité) suit une loi de Fisher réduite à une distribution en χ^2 ; pour un seuil de signification α , on calculera $F(m) = S_0^2$ si $S_0 > 1$ ou $F(m) = 1 / S_0^2$ si $S_0 < 1$ (m est le degré de liberté ou redondance).

Dans LGC (voir tableau 'Analyse des Précisions') les erreurs standard S_X, S_Y, S_Z suivant les axes de coordonnées sont systématiquement données ce qui permet une estimation plus directe de la précision des points. Les éléments de l'ellipse et de l'ellipsoïde (axes et vecteurs propres), les valeurs propres et la moyenne géométrique associée, sont fournis à la demande, certains paramètres tels que les orientations des axes de l'ellipsoïde n'étant pas interprétables facilement (ex : les

valeurs -0.510, -0.151 et 0.847 correspondant respectivement au plan XY, YZ et XZ montrent que l'axe est orienté plutôt vers les Z+, incliné vers les Y+ et plus légèrement vers les X- ...).

Le point de pourcentage F de la répartition en χ^2 est calculé pour le niveau de confiance de 95% : si $S_0 < \sqrt{F}$ (valeur critique), S_0 n'est pas significativement différent de 1. Dans le cas contraire, la matrice des cofacteurs Q_x sera multipliée par la variance calculée et, dans l'hypothèse d'absence de fautes importantes, on pourrait conclure que le modèle calculé n'est pas correct ou incomplet (erreur d'échelle non corrigée) ou que les mesures n'ont pas la précision attendue.

Pour chaque type d'observation et en fonction du degré de libertés et du niveau de certitude $1-\alpha$, une estimation de l'intervalle de certitude de la moyenne des résidus après compensation (valeur théorique nulle) permet de qualifier un systématisme éventuel ; de même une estimation de l'intervalle de certitude de la variance propre au type d'observation considéré permet de qualifier la présence de résidus importants. La largeur de ces intervalles peut fluctuer assez largement suivant la taille de l'échantillon et le résultat du test peut ne pas être assez significatif pour accepter ou rejeter l'hypothèse initiale (présence de fautes).

Les intervalles de certitude permettent de situer le type d'observations comportant des écarts importants : un examen plus fin des résidus (grandeur et répartition) et du quotient par l'erreur standard a priori (RES/SIG) pour chaque observation peut aider à la recherche de fautes.

L'examen, à la demande, des ellipses (et ellipsoïdes) d'erreurs relatives permet d'estimer l'homogénéité de la configuration : des valeurs importantes peuvent traduire soit des précisions moindres sur les points considérés soit des faiblesses locales.

Ces critères, basés sur la redondance générale, constituent des facteurs d'évaluation de la précision pour chaque point mesuré et pour chaque type d'observation sans pour cela caractériser la précision du modèle proposé, réseau ou objet. Trop globaux, ils ne permettent pas d'estimer l'influence de chaque observation sur la précision des points et doivent être complétés, sinon remplacés, par d'autres caractérisant chaque observation.

2.2 définition et analyse de la fiabilité

La fiabilité permet de tester, à partir de paramètres statistiques, la signification de l'évaluation de la précision et décrit la sensibilité, sa résistance, d'un réseau face à sa propre structure et face aux grosses fautes de mesures.

Baarda (1968) identifie 2 sortes de fiabilité :

- fiabilité interne : elle caractérise la possibilité de détection d'une faute pour chaque observation d'erreur standard a priori si ; elle s'exprime par le facteur $T_i = s_i / s_{vi}$ (s_{vi} : erreur standard du résidu estimée à partir de la matrice des covariances des résidus C_v) et par la probabilité que l'observation correspondante ne contienne pas à un niveau de confiance donné une erreur supé-

rieure à une limite fixée à l'avance, par exemple 4 fois S_i .

- fiabilité externe : elle caractérise pour chaque observation l'influence d'une faute non détectée sur la position relative de 2 points ; elle s'exprime par le facteur $Y_i = s_{li} / s_{vi}$ (s_{li} : erreur standard de l'observation estimée à partir de la matrice des covariances des observations C_l). La relation $Y_i^2 = T_i^2 - 1$ (Cross 1983) permet de calculer facilement Y_i et montre bien qu'une bonne fiabilité interne reflète une bonne fiabilité externe ; la relation établie par Pelzer (1979) $T^2_{\min} = 1 / n \sum (i, n) Y_i^2$ (n : nombre d'observations) caractérise la fiabilité globale d'un réseau par un terme unique et permet de comparer la fiabilité de plusieurs réseaux entre eux.

2.3 principe de la détection d'erreurs et intégration dans L.G.C

Les tests d'analyse de fiabilité s'accompagnent de procédures de détection des grosses erreurs ("data snooping") ; elles reposent sur les méthodes statistiques permettant de tester si l'hypothèse H_0 suivant laquelle l'observation l_i ne contient pas de grosse erreur G_i est vraie avec une certaine probabilité ; cette dernière est composée en fait de 2 types de probabilités correspondant à 2 types de "fautes" du test :

- α est la probabilité de rejeter H_0 quand elle est juste ; $\alpha = 5\%$ signifie que l'on peut accepter H_0 à un niveau de confiance de 95%.

- β est la probabilité d'accepter H_0 quand elle est fautive ; $\beta = 10\%$ signifie que la puissance du test de détecter une grosse erreur est de 90%.

Appliquer les tests de détection d'erreurs en utilisant ces valeurs de α et β signifie que, à une probabilité de 95%, 90% des observations contenant une grosse erreur seront détectées.

Baarda, Pope et Cross ont démontré que la statistique $w_i = v_i / s_{vi}$ suivait une distribution en tau (pour une variance unité) définie à partir d'une distribution de Student ; w_i est comparé à la valeur critique de tau calculée pour un taux de rejet de 99% : quand $w_i >$ valeur critique, l_i l'observation correspondante est susceptible d'une faute et la probabilité qu'elle n'en contienne en fait pas est 1%.

Dans LGC, les tests de fiabilité sont introduits sous forme de plusieurs indicateurs :

- ZI : indicateur de la fiabilité locale de l'observation ou redondance partielle, on a $ZI = (s_{vi} / s_i)^2 * 100\% = 100\% / T_i^2$ et $\sum ZI =$ redondance totale. Ainsi $ZI = 0\%$ indique que l'observation n'est pas du tout contrôlée et une faute ne pourra pas être détectée quelque soit sa grandeur, $ZI = 100\%$ correspond à une mesure totalement contrôlée et superflue (cas d'une mesure entre 2 points fixes), $ZI = 50\%$ correspond à une mesure double. La valeur de ZI dépend de la géométrie du réseau (ex : chaque direction d'un triangle mesurée avec une égale précision a un ZI de 1/6 soit 16.6%) et de la précision des mesures (ex : une mesure très précise sera plus difficilement contrôlable et aura un ZI petit). Dans un bon réseau, les ZI doivent se situer entre 25% et 60% ; un grand nombre de ZI plus grands indique que les mesu-

res surabondantes sont trop nombreuses et que le réseau peut être optimisé et coûter moins cher! Dans le cas contraire, il faut compléter par des mesures complémentaires de même nature ou autre (distances, écarts).

- **WI** : erreur résiduelle normée calculée pour chaque observation, la valeur critique W_{lmax} est calculée suivant α (5% ou 1%).

- **GI** : grandeur probable d'une erreur grossière calculée ($GI = -v_i / Z_i$) quand $WI > W_{lmax}$; GI est d'autant plus "précis" que l'observation est mieux contrôlée (Z_i grand).

- **NABLA** : plus petite faute que le test WI peut détecter à $(1-\beta)\%$ avec un seuil de signification de $\alpha\%$, $NABLA = (s_{vi} / Z_i) * \delta$ avec $\delta = \text{centile de } \alpha + \text{centile de } \beta$. Cette valeur sert de base dans le calcul des indicateurs de fiabilité externe.

- **T** : indicateur de fiabilité interne, 1 est la valeur maximum (voir plus haut).

- **DELTY** : utilisé dans le calcul de l'influence d'une faute; $DELTY = \delta * Y_i$ (Y_i facteur de fiabilité externe) et $\Delta_i = DELTY * S_{\Delta i}$ est l'influence maximale d'une faute égale à NABLA sur la quantité dérivée ($S_{\Delta i}$ erreur standard de cette quantité dérivée).

- **OVERALL NETWORK RELIABILITY FACTOR** : valeur numérique de la formule de Pelzer (voir plus haut); si un seul des indicateurs est indéterminé, cette valeur n'est pas donnée.

Voir les tableaux "Contrôle fiabilité réseau et fiabilité externe" et "Détection de fautes dans un réseau bien contrôlé".

3. UTILISATION DES INDICATEURS DE FIABILITE

Les méthodes statistiques de détection se basent sur l'hypothèse qu'il n'existe qu'une seule grosse faute mais elles sont indispensables lorsque, en particulier, les techniques automatiques de prise de données et de calcul en ligne rendent difficiles le contrôle et la recherche de fautes grossières sur le terrain.

Les indicateurs Z_i , NABLA, T, DELTY et le facteur global ne se rapportent pas directement à de vraies observations et peuvent être utilisés comme facteurs de pré-analyse et d'optimisation d'un réseau. WI et GI se rapportent uniquement aux mesures, souvent déformées par les contraintes entre les points de rattachement : l'analyse

de ces indicateurs, en particulier la recherche de fautes, doit être effectuée sur un réseau libre ou à contrainte minimale ou encore dans un réseau où les coordonnées de rattachement sont introduites comme observations.

Ils ne donnent des valeurs correctes que si le choix des erreurs moyennes a priori est réaliste et que la redondance est suffisante : les tests statistiques ne peuvent qu'identifier les fautes provenant soit d'une erreur importante dans les mesures, soit d'un mauvais modèle mathématique (datum incorrect) sans pouvoir séparer l'une ou l'autre raison. Il est prudent de rechercher la cause des erreurs avant d'envisager le rejet total des observations fausses, le risque, dans ce cas, étant de manquer d'autres sources éventuelles de fautes : déformation du datum, facteur d'échelle incorrect etc ... Neptune a été découverte grâce à des observations a priori fausses de la trajectoire d'Uranus! La principale difficulté est lorsque plusieurs fautes s'annulent ou se compensent mutuellement : des procédures difficiles à mettre en oeuvre ont été proposées mais pas introduites jusque là (Stefanovic et Kok).

4. CONCLUSION

L'étude de la fiabilité d'un réseau s'établit donc à partir de ses éléments constitutifs, du modèle stochastique retenu (définition du datum et des poids moyens), de l'hypothèse alternative (fautes éventuelles du modèle) et du test statistique, complété par le niveau de confiance choisi, avec lequel le modèle sera testé après les mesures et les calculs.

BINGO (Kruck), CAP (Kotowsky), LOKAL (Gruendig), PANDA (Niemeier) sont d'autres programmes d'ajustement tridimensionnel permettant le calcul des indicateurs de fiabilité et la recherche d'erreurs.

L'enseignement et la vulgarisation de ces notions permettraient de développer l'utilisation systématique et raisonnée de ces indicateurs sans qu'ils aient à faire l'objet d'une normalisation.

BIBLIOGRAPHIE

P.A Cross Advanced least squares applied to position-fixing Polytechnic of East London

E.T.H Zurich Fiabilité dans la mensuration Journée d'étude du 16 mars 1990 rapport 169

C.Lasseur / C.MacCain Reliability testing and LGC note interne CERN/SU/EXP Mai 1991

ANALYSE DES PRECISIONS (mm et cc)

S_0 A POSTERIORI = 0.71359 (VAL. CRIT = 0.8168) ECARTS-TYPES CALCULES / S_0 A POSTERIORI

ELLIPSOIDES ABSOLUS (XY XZ YZ)

	<u>SX</u>	<u>SY</u>	<u>SZ</u>	<u>AXES</u>	<u>VAL.PROPRES</u>	<u>VECTEURS PROPRES</u>		
				0.16	0.0257	0.229	-0.973	-0.035
R1733	0.08	0.16	0.08	0.08	0.0057	-0.510	-0.151	0.847
MOY. GEO. = 0.010				0.08	0.0058	-0.829	-0.176	-0.531

ANGLES HORIZONTAUX

		<u>OBS</u>	<u>SIGMA</u>	<u>DIR.CALC</u>	<u>RESIDU</u>	<u>RES/SIG</u>
L12	L1733	238.8000	10.00	199.367	0.4	0.0
L120	R173	187.0897	10.00	147.6566	0.8	0.1

RESIDU MOYEN = 0.0 CC : LIMITES DE CONFIANCE A 95.0 = (-1.3, 1.3)

ECART-TYPE = 3.2 CC : LIMITES DE CONFIANCE A 95.0 = (2.5, 4.4)

DISTANCES ZENITHALES

		<u>OBS</u>	<u>SIGMA</u>	<u>CALCULE</u>	<u>RESIDU</u>	<u>RES/SIG</u>
L120	60Z151	100.9541	10.00	100.9526	14.5	1.4
L120	L173	102.6921	10.00	102.6925	-4.7	-0.5

RESIDU MOYEN = -1.3 CC : LIMITES DE CONFIANCE A 95.0 = (-2.5, 2.5)

ECART-TYPE = 6.7 CC : LIMITES DE CONFIANCE A 95.0 = (5.3, 9.0)

DISTANCES THEODOLITE

		<u>OBS</u>	<u>SIGMA</u>	<u>CALCULE</u>	<u>RESIDU</u>	<u>RES/SIG</u>
L120	40Z151	11.3208	0.26	11.3211	-0.34	-1.33
L120	L1733	4.9998	0.22	4.9998	0.00	0.00

RESIDU MOYEN = 0.00 MM : LIMITES DE CONFIANCE A 95.0 = (-0.08, 0.08)

ECART-TYPE = 0.21 MM : LIMITES DE CONFIANCE A 95.0 = (0.16, 0.28)

ERREURS RELATIVES

		<u>SIGMA L</u>	<u>SIGMA G</u>	<u>SIGMA R</u>	<u>SIGMA Z</u>	<u>SIGMA V</u>
R173	R120	0.06	7.8	0.06	0.08	10.0
R173	L173	0.0	6.5	0.05	0.08	9.4

ELLIPSOIDES RELATIFS

		<u>AXIS</u>	<u>VECTEURS PROPRES (XY XZ YZ)</u>		
		0.0633	-0.025	-0.001	1.000
R173	R120	0.0491	0.994	0.108	0.025
		0.0503	0.10	-0.994	0.002

CONTROLE FIABILITE RESEAU ET FIABILITE EXTERNE

SEUIL DE SIGNIFICATION TEST WI, ALPHA = 1.0 %

PUISSANCE DU TEST POUR NABLA ET DELTY, (1-BETA) = 90.0 %

ZI PARTOUT BIEN CONTROLES ... S0 A POSTERIORI = 0.7136 (VAL.CRIT. = 0.8168)

*** OVERALL NETWORK RELIABILITY FACTOR = 0.5137 ***

R1733 et L1733 'SIMPLEMENT' DETERMINES RISQUES DE FAUTES

OBSERVATIONS ANGL

		<u>OBS</u>	<u>SIGMA</u>	<u>RESIDU</u>	<u>ZI</u>	<u>WI</u>	<u>GI</u>	<u>NABLA</u>	<u>I</u>	<u>DELTY</u>
R120	R1733	130.1000	10.00	-0.43	6.4 **	-0.24		215.5	3.95	14.75
L120	L1733	238.8000	10.00	0.40	5.6 *	0.24		230.5	4.23	15.85

OBSERVATIONS ZENI

		<u>OBS</u>	<u>SIGMA</u>	<u>RESIDU</u>	<u>ZI</u>	<u>WI</u>	<u>GI</u>	<u>NABLA</u>	<u>I</u>	<u>DELTY</u>
R120	R1733	101.8700	10.00	0.00	0.0 **			INDETERMINEE	I N F I N I	
L120	L1733	102.6500	10.00	0.00	0.0 **			INDETERMINEE	I N F I N I	

OBSERVATIONS DTHE

		<u>OBS</u>	<u>SIGMA</u>	<u>RESIDU</u>	<u>ZI</u>	<u>WI</u>	<u>GI</u>	<u>NABLA</u>	<u>I</u>	<u>DELTY</u>
L120	L1733	4.99980	0.22	0.00	0.2 **	-0.24		41.9	25.61	98.71

**** INDETERMINATE OVERALL NETWORK RELIABILITY ****

INFLUENCE SUR LES QUANTITES DERIVEES

DIRECTIONS CALCULEES APRES COMPENSATION

			<u>L173</u>	<u>R120</u>	<u>51.2632</u>					
			<u>R173</u>	<u>R120</u>	<u>399.9014</u>					
<u>POINT 1</u>	<u>POINT 2</u>	<u>SIGMA L</u>	<u>SIGMA G</u>	<u>SIGMA R</u>	<u>SIGMA Z</u>	<u>SIGMA V</u>				
L173	R120	0.07	6.19	0.07	0.07	6.40				
R173	R120	0.06	7.84	0.06	0.08	10.10				



GEOMETRI
Informatique

LA PERFORMANCE
pour AUTOCAD

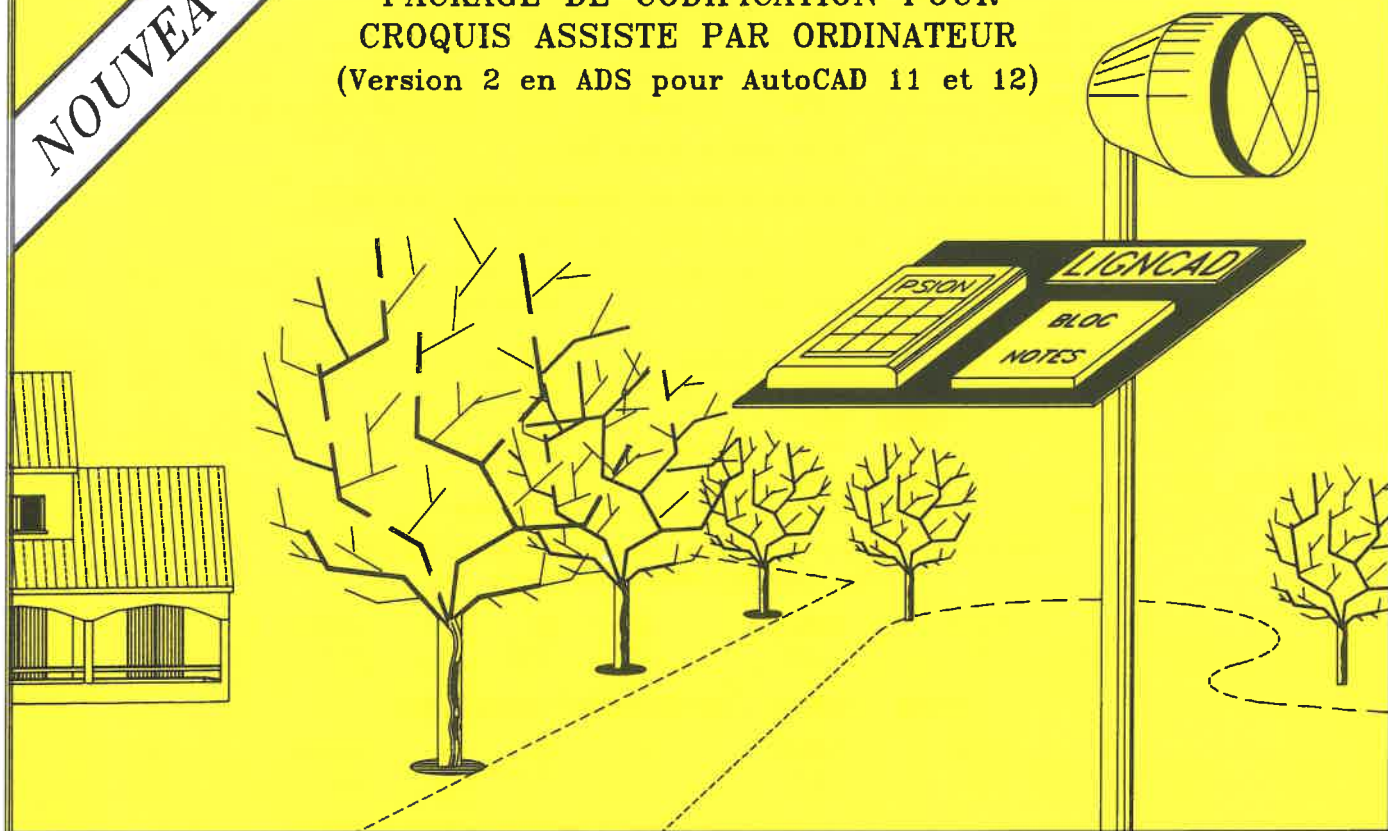


"Le Genève B" rue Bon - 26102 ROMANS Cedex - Téléphone 75 05 22 30 / Télécopie 75 02 84 39

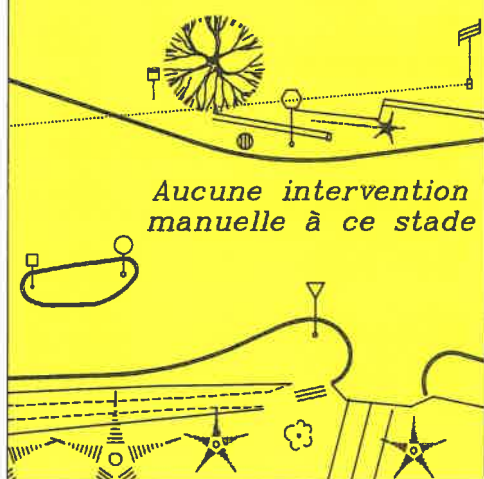
LIGNCAD

NOUVEAU

**PACKAGE DE CODIFICATION POUR
CROQUIS ASSISTE PAR ORDINATEUR**
(Version 2 en ADS pour AutoCAD 11 et 12)



en direct de LIGNCAD ...



*Aucune intervention
manuelle à ce stade*

DU TERRAIN -->

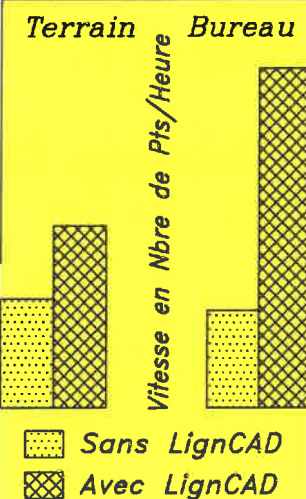
*Système indépendant de l'appareil
Suppression du croquis traditionnel
Méthodes de levé inchangées
Codification très facile à mémoriser
Planchette terrain spécialement conçue*

A L'ORDINATEUR -->

*Nombreux contrôles de cohérence
Corrections et exécution depuis AutoCAD
Affectation automatique des entités
codées dans les couches prédéfinies*

**TEMPS DE FORMATION
de 1 à 2 heures !!**

Etude comparative



Notre passion pour AutoCAD
à votre service

Demande de renseignements :

Société
Adresse Nom
Téléphone
☐ Je désire recevoir une documentation sans engagement de ma part
☐ Je désire assister à une démonstration gratuite dans vos locaux

OBSERVATIONS ANGL

POINT 1	POINT 2	RES	ZI	WI	NABLA	I	DELTY	INFLUENCE DE NABLA
L173	R120	0.75	61.9 !	0.12	63.7	1.27	3.03	$\Delta NABLA = 6.19 * 3.03 = 19CC$
R173	R120	5.61	47.6	1.06	72.6	1.45	4.05	$\Delta NABLA = 7.84 * 4.05 = 32CC$

CALCUL APRES COMPENSATION AVEC FAUTE = NABLA SUR OBSERVATIONS

L173	R120	51.2657	"EFFET"	25 C	19 CC CALCULE
R173	R120	399.9053	"EFFET"	39 CC	32 CC CALCULE

EFFETS SUR LES COORDONNEES

	COORD.COMPENS		COORD.COMPENS.AVEC FAUTE			
R120	2.82071	-12.37513	2.82106	-12.37523	Dx = 0.25 mm	Dy = 0.10 mm
L173	-2.7111	-17.69166	-2.71105	-17.69164	Dx = 0.05 mm	Dy = 0.02mm
R173	2.82877	-17.55613	2.82877	-17.55609	Dx = 0.00 mm	Dy = 0.04mm

R120 MOINS RESISTANT ...

DETECTION DE FAUTES DANS UN RESEAU BIEN CONTROLE

SEUIL DE SIGNIFICATION TEST WI, ALPHA = 1.0 %
 PUISSANCE DU TEST POUR NABLA ET DELTY, (1-BETA) = 90.0 %

MESURES VRAIES			MESURES FAUSSES			"FAUTES"
*ANGL	10.		*ANGL	10.		
R120	40Z151	59.9438	R120	40Z151	59.9408	- 30 cc
R173	40Z151	82.4375	R173	40Z151	82.4305	- 70 cc
*ZENI	10		*ZENI	10.		
R173	R120	102.7441	R173	R120	102.7501	+ 60 cc
*DTHEO	0.2	5.	*DTHEO	0.2	5.	
R173	R120	5.1858	R173	R120	5.1868	+ 1.0 mm

SO A POSTERIORI = 1.23661 > VALEUR CRITIQUE FAUTES ?
GI ... CORRECTIONS A APPORTER

		OBS	SIGMA	RESIDU	ZI	WI	GI	NABLA	I	DELTY
R120	40Z151	59.9408	0.00	-12.28	44.5	-1.46		45.9	1.50	4.31

FAUTE < NABLA ... DIFFICILEMENT DETECTABLE

		OB	SIGMA	RESIDU	ZI	WI	GI	NABLA	I	DELTY
R173	40Z151	82.43050	10.00	-22.00	33.8	-3.06 **	65.1	53.7	1.72	5.40

FAUTE DETECTEE - 65 CC POUR - 70 CC (RESIDU -22.00 FAUTE ?)

OBSERVATIONS ZENI

		OBS	SIGMA	RESIDU	ZI	W	G	NABLA	I	DELTY
R173	R120	102.75010	10.00	28.30	42.0	3.53 **	-67.3	48.1	1.54	4.53

FAUTE DETECTEE + 67 CC POUR + 60 CC (RESIDU 28.3 FAUTE ?)

OBSERVATIONS DISTHE

		OBS	SIGMA	RESIDU	ZI	WI	GI	NABLA	I	DELTY
R173	R120	5.18688	0.23	0.80	91.6 !	2.98 **	-0.9	0.7	1.04	1.17

FAUTE DETECTEE + 0.9 MM POUR + 1.0 MM (RESIDU 0.80 FAUTE ...)

UNE DÉMARCHE QUALITÉ À L'IGN : APPLICATION À LA RÉALISATION DE LA BDTopo

Par Isabelle Veillet
Ingénieur Géographe, Chef produit BDTopo
IGN



"La qualité ? Ce qui rend une chose ou un être bon, voire meilleur, ce qui fait qu'il est plus ou moins recommandable, ce qui en fait la valeur ou, pour reprendre les termes de la norme qui le définit (AFNOR NF X 50120) : ensemble de propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites".

1- UNE DÉMARCHE QUALITÉ À L'IGN

Avoir une démarche qualité est devenu une absolue nécessité pour toute entreprise.

Une démarche qualité s'inscrit dans la logique globale de fonctionnement de l'entreprise, et doit être présente partout. C'est une logique de qualité totale qui a été retenue par l'IGN.

Une démarche qualité a été formalisée à l'IGN depuis 1988. A cette date une unité de trois personnes, rattachée à la Direction Technique, a été créée avec pour mission d'animer la démarche qualité à l'IGN. Cette unité est appelée Groupe Organisation Méthodes.

L'effectif de cette unité a été, est et restera volontairement restreint, afin que la qualité soit l'affaire de tous.

Ceci ralentit peut-être certaines actions, mais permet de passer le relais à tout le personnel.

La diffusion de la démarche a été progressive, à la fois en ce qui concerne les domaines d'activité touchés, et en ce qui concerne les outils mis en place.

Le domaine d'action de la qualité s'est élargi progressivement. Centré principalement au début sur les activités parisiennes de production, il s'est étendu en 1990 aux services supports, puis en 1991 aux services commerciaux, avant d'atteindre en 1992 les implantations provinciales de l'IGN.

La démarche IGN, dont le but est l'amélioration de nos prestations, pour une meilleure satisfaction de nos clients, s'est portée plus sur l'amélioration de l'organisation que sur l'amélioration technique des produits. En d'autres termes, nous avons privilégié l'assurance qualité sur le contrôle qualité des produits, seul moyen d'impliquer le plus possible chacun dans la démarche.

Ainsi les activités principales de la démarche qualité ont été, et sont toujours, la sensibilisation aux concepts de qualité, l'utilisation d'une méthode de résolution de problèmes, la formation à la qualité totale, le travail par projets, l'accompagnement de projets, la spécification des produits, la normalisation des formats d'échange de données, et la normalisation des concepts de qualité des données géographiques échangées.

Actuellement, c'est la question de la certification que nous nous posons.

Pour toutes ces activités, priorité a toujours été donnée aux actions qui débouchaient sur des résultats concrets et tangibles pour les personnes touchées, quitte à ce que tous ne bénéficient pas de telle ou telle action. De même, le caractère nouveau d'une activité permet d'introduire de nouvelles méthodes de travail qu'il est plus difficile de mettre en œuvre ailleurs. C'est le choix de diffusion interne que nous avons fait.

C'est pas à pas qu'une démarche qualité se construit, même s'il ne s'agit que de petits pas.

Ceci étant, cette démarche qualité formalisée depuis peu n'est pas partie de rien. Beaucoup d'actions que l'on peut qualifier maintenant d'actions qualité se pratiquaient ici ou là.

2- LES CONSÉQUENCES DE L'ARRIVÉE DES PRODUITS NUMÉRIQUES

L'arrivée de produits nouveaux, en particulier de produits numériques, de Bases de Données (telle la BDTopo) nous conduit à formaliser leur qualité. En particulier, certains critères de qualité, comme la précision

Simple à l'utilisation, rapide dans les mesures: productivité garantie.



Nouveau
Rec Elta® 15

La durée des mesures, si brève soit-elle, ne fait pas à elle seule la productivité d'une station totale. La simplicité et la fiabilité de son utilisation y contribuent en premier. C'est pourquoi le clavier de la **Rec Elta® 15** de Carl Zeiss n'a pas de touche à double fonction. C'est aussi pour cela que les fonctions de ces touches sont affichées sur l'écran graphique, largement dimensionné de la **Rec Elta® 15**. Des instructions en texte clair vous conduisent à travers le programme. Ce que vous avez à faire? Ce que vous devez mesurer? La **Rec Elta® 15** vous le dira avec ses programmes intégrés, spécifiques aux différentes applications.

Station totale, comme son nom l'indique, la **Rec Elta® 15** se fait un devoir de mémoriser automatiquement les résultats, sans que vous soyez obligé de le lui rappeler. Testez-la et vous serez convaincu que la simplicité et la fiabilité de son utilisation sont encore les meilleurs atouts de productivité. Vous constaterez aussi que la performance, ça peut s'acquérir à un prix tout à fait raisonnable. Nous aurions encore tant de choses à dire sur les avantages dont vous pouvez bénéficier avec la **Rec Elta® 15**. Si vous voulez en savoir plus, téléphonez-nous ou passez-nous un fax.

Contact : Jean-François CABANEL

**Arpenter tous azimuts
avec Carl Zeiss.
Satisfaction de la précision.**



Carl Zeiss S.A.
60, Route de Sartrouville
78230 Le Pecq
Tel.: 1 3480 2000
Fax: 1 3480 2001

géométrique, ou l'exhaustivité, ou la cohérence logique, qui s'appliquaient tout aussi bien aux produits graphiques, n'étaient pas mis en cause par les utilisateurs, et le sont maintenant.

Cette préoccupation de l'IGN se retrouve au niveau national et européen. Ainsi, nous avons mené en 1991 à l'IGN une réflexion sur la qualité des données géographiques numériques. La norme expérimentale EDIGEO fait une place à la qualité des données. Le CNIG a réuni un groupe de travail sur la qualité des données géographiques échangées, dont le rapport final a été remis en septembre 1993. Les mêmes sujets occupent actuellement le sous groupe 2.2 du comité européen de normalisation auquel nous participons. L'IGN a participé ou participe à ces actions de définition de la qualité de ce type de produits.

Pratiquement, aujourd'hui, il nous reste à expliquer ces notions de qualité et surtout à évaluer, ou tenter d'évaluer, la qualité de nos données.

L'évaluation des critères de qualité soulève plusieurs questions. Quelle procédure d'échantillonnage adopter ? Comment lier le moins possible la définition des paramètres de qualité au modèle de données ? Comment séparer les problèmes d'identification de l'évaluation des différents critères ? Quelle référence prendre pour les contrôles qualité ? Au delà de ces difficultés théoriques, cette évaluation nécessite la mise en œuvre de moyens adaptés.

Pour donner un exemple concret de démarche qualité sur un produit, nous nous centrerons sur la BDTopo.

3- LA QUALITÉ DU PRODUIT BDTopo : QUELS PROBLÈMES ?

La BDTopo, Base de Données Topographiques, de précision métrique, dont la gamme d'utilisation s'étend du 1:5000 au 1:25000, est produite principalement à partir de levés photogrammétriques, complétés sur le terrain par quelques levés topographiques.

Quels sont les problèmes qualité qui se posent aujourd'hui pour ce produit ?

3.1. précision géométrique

Concernant la précision géométrique, nous savons comment évaluer ce critère, mais nous ne savons pas aujourd'hui quels chiffres nous pouvons annoncer.

Ce critère s'évalue actuellement en estimant l'exactitude de position ponctuelle. Des contrôles qualité sont effectués. Les coordonnées des points sélectionnés sont déterminées sur le terrain par méthodes topométriques, puis comparées aux coordonnées des mêmes points (sous réserve de difficulté d'identification) dans la base. Les moyennes quadratiques des écarts nous donnent une estimation des exactitudes de position planimétrique et altimétrique. Il s'agit là d'un contrôle topométrique d'une base de données photogrammétriques.

Nous avons classé les points contrôlés en différentes catégories, correspondant à des classes de précision, basées essentiellement sur la précision d'identification de ces détails ponctuels. Parmi ces classes, nous avons :

angles de bâtiments, angles de terrain de sport, carrefours de routes ou de chemins, pylônes électriques, intersections de cours d'eau et autre linéaire... extrémités de parapets de ponts, extrémités de talus,... points cotés.

Aujourd'hui, une quinzaine de feuilles ont été contrôlées de cette façon. Toutes ne sont pas encore totalement exploitées. Nous pensons pouvoir estimer la précision géométrique d'une feuille BDTopo dans quelques mois. Mais, comme il n'y a pas deux feuilles semblables, quelle est la part de la particularité du paysage ?

Des essais sont effectués en recherche pour déterminer la précision de la représentation de la forme des objets (linéaires, voire surfaciques), afin de ne pas restreindre la précision géométrique à une précision de position ponctuelle.

3.2. précision sémantique et exhaustivité

Ces deux critères, l'un décrivant la pertinence et l'exactitude des informations présentes dans la BD l'autre la présence effective de ces informations, sont très liés. En effet, lors d'un contrôle qualité, on regarde d'abord si l'information est présente avant d'en examiner la pertinence.

Le problème est qu'il n'est pas envisageable de contrôler l'exhaustivité et la précision sémantique de toutes les informations de la base. Lesquelles retenir ?

Aujourd'hui, nous avons mené des contrôles d'exhaustivité et de précision sémantique sur quatre feuilles, dont une seule est totalement exploitée.

Nous avons procédé par analyse exhaustive de carreaux de 1,5 km², et par investigation générale, sur l'ensemble de la feuille.

Dès que nous pourrions mettre en parallèle des résultats de ces quatre chantiers contrôlés, nous verrons si nous pouvons conclure, et ce que nous pouvons conclure quant à la précision sémantique et à l'exhaustivité d'une feuille BDTopo.

3.3. Cohérence logique

C'est là que l'assurance qualité est la plus formalisée. En effet, l'incohérence logique d'un jeu de données peut en empêcher l'utilisation. Tout au long du processus de production des contrôles de cohérence des données sont effectués. Ces contrôles conduisent à corriger les erreurs et garantissent que telle ou telle règle de cohérence est respectée dans le jeu de données.

Le problème qui se pose est ici le suivant : parmi les règles de cohérence auxquelles le jeu de données devrait satisfaire, lesquelles doivent être respectées à 100% et donc vérifiées, et lesquelles peuvent tolérer certains écarts ?

Le mot de contrôle est ici peut être employé à tort, car ces contrôles systématiques, et exhaustifs (car une vérification concerne l'ensemble du jeu de données) sont en fait des phases supplémentaires du processus de production, et non des contrôles a posteriori de la qualité des données.

3.4. Peut-on parler de "la qualité de la BDTopo" ?

La question de fond est de savoir si on peut réellement parler de qualité de la base de données, ou bien s'il ne faut pas se restreindre à parler de la qualité de telle feuille BDTopo. Y a-t-il des critères de qualité qui ne dépendent pas des particularités du paysage de chaque feuille ?

4- LA QUALITÉ EN PRODUCTION BDTopo

Pratiquement, tout au long du processus de définition, de conception, puis de fabrication de la BDTopo, des procédures d'assurance qualité ont été mises en place. Ces procédures sont très diverses, elles vont du travail par projet à l'organisation en unités de production autonomes, de l'écriture de spécifications du produit et du processus à l'ergonomie des matériels et logiciels.

La démarche qualité est constituée d'une quantité d'actions très diverses, certaines "petites" d'autres "grandes", mais toutes très importantes.

5- EN CONCLUSION

L'arrivée du numérique nous a donné à tous plus de moyens de comparaison. Les erreurs nuisent à l'exploitation globale d'un lot de données (ce qui n'était pas le cas pour les produits graphiques). Cela rend fort logiquement nos clients plus exigeants.

Cela nous oblige à formaliser la qualité de nos produits.

Cette démarche qualité n'est pas partie de rien, la qualité se pratiquait déjà. En effet très souvent, nous avons simplement formalisé certains éléments qui ne l'étaient pas, ou qui parfois même, l'avaient été, et ne l'étaient plus.

La qualité dans la pratique...

CHEZ 3M FRANCE, L'ENSEMBLE DES UNITES DE PRODUCTION CERTIFIE ISO 9000

Depuis toujours la société 3M s'efforce de déployer une philosophie de la qualité. Cette entreprise internationale dont le CA 1993 dépasse les 14 milliards de dollars fabrique et commercialise plus de 60 000 produits : industrie, grand public et santé. Elle emploie 86 000 personnes dans le monde dont 21 000 en Europe (3 600 en France pour un CA dépassant 5 milliards de francs).

La topographie connaît bien cette entreprise : de la micrographie au tracé laser ou à la reproduction de plans, quels que soient les volumes, les formats et les applications, une gamme étendue de matériels est offert par 3M. L'un des derniers numéros d'XYZ (57) se faisait d'ailleurs l'écho, fin 93, du dernier né de ses reproducteurs multifonctions, le "1636".

Commencé en 1980, le processus qualité a été officialisé en 1982 par la création du poste de directeur de la qualité, relié à la Direction Générale. Depuis cette date c'est Jean-Pierre Hamès qui en assure la responsabilité. Fin 90, six unités du groupe en France obtenaient les certificats ISO 9002, et une septième l'obtenait début 91.

Les normes ISO 9000 ont, dès l'origine, été adoptées par le groupe en France qui décide d'utiliser ce référentiel dès 1988. Cette certification par tierce partie est retenue, par l'ensemble des filiales européennes, et l'objectif est fixé en 1991 d'obtenir la certification de toutes les usines d'Europe dont le programme qualité est coordonné par le siège européen de Bruxelles.

L'étape qu'ont franchi les sept sites de production en France est un jalon sur la voie d'une qualité sans cesse améliorée, car c'est en effet une des caractéristiques des normes de la série ISO 9000 que d'exiger une amélioration permanente du système qualité. 3M poursuit aujourd'hui une démarche qui, dépasse les seules préoccupations qualité "produits" : cette stratégie qualité de la décennie 90 vise à mettre toutes les ressources de l'entreprise au service de la satisfaction des clients. Dans ce cadre chacun des collaborateurs de 3M se voit attribué un objectif qualité spécifique.

(3M France - Boulevard de l'Oise - 95006 Cergy-Pontoise - Cedex - Tél. : 30 31 75 48 - Fax : 30 31 75 69).

LE CONTRÔLE TOPOGRAPHIQUE D'UNE CARTE OU D'UNE BASE DE DONNÉES CONSTITUÉES PAR VOIE PHOTOGRAMMÉTRIQUE

P. Grussenmeyer (ENSAIS, Strasbourg),
P. Hottier (IGN), I. Abbas (ENSG).



Résumé

A partir de concepts mathématiques et statistiques, on peut définir la qualité géométrique d'une restitution par voie photogrammétrique.

En comparant des échantillons saisis par voie photogrammétrique sur des prises de vues (par exemple à l'échelle 1:30000) à des échantillons de référence (observations géodésiques ou saisis sur prises de vues à l'échelle 1:2500), on estime l'exactitude (EMQ) de la restitution et la précision des données. L'homme, la machine (station de travail photogrammétrique), les modes opératoires sont des éléments susceptibles d'influencer le résultat final.

Pour le contrôle ponctuel, qui repose sur l'existence de points homologues, nous proposons des techniques statistiques conduisant au calcul de l'erreur moyenne quadratique planimétrique et altimétrique standard d'un échantillon d'erreurs de mesures.



Pour le contrôle linéaire, où l'élément contrôlé est le contour d'un objet, nous appliquons la notion de distance de Hausdorff.

Nous proposons une méthodologie pour surveiller la production d'une base de données topographiques. Un programme en Turbo-Pascal intégrant ces méthodes de calculs permet concrètement d'analyser tout échantillon de points ou de contours d'objets.

1. GÉNÉRALITÉS

Pour de nombreux projets, comme par exemple la saisie de la base de données topographiques à l'I.G.N., l'acquisition des données est réalisée par voie photogrammétrique.

Notre objectif est d'aboutir à une méthodologie de contrôle de la saisie.

Nous n'avons pas la possibilité dans cet article d'aborder en détail les principes de l'acquisition des données par voie photogrammétrique. Disons simplement que les stations de travail photogrammétriques permettent en l'espace de quelques minutes de mettre en place et de calculer les données d'orientation d'un couple de prises de vues. Les résultats de ces opérations méritent d'être sérieusement analysés et contrôlés avant d'aborder la restitution.

Nous nous sommes intéressés au problème de l'évaluation de l'exactitude (erreur moyenne quadratique) planimétrique et altimétrique d'une restitution photogrammétrique pour différentes échelles de prises de vues. Dans un système d'information, l'objet est caractérisé par un modèle géométrique et des propriétés sémantiques. Nous avons étudié l'aspect *géométrique* à partir d'échantillons de points (aspect ponctuel) et de contours d'objets (aspect linéaire) issus d'une restitution.

2. CONTRÔLE SYSTÉMATIQUE OU STATISTIQUE ?

Nous rappelons la distinction entre "contrôle systématique" et "contrôle statistique".

- Un contrôle de pièces en usine est un "contrôle systématique" : chaque pièce doit satisfaire à certaines "tolérances" ; dans les techniques topographiques on peut de même vérifier que les écarts relevés sur un nombre fini et petit de points sont en deçà d'une tolérance : c'est l'objet des contrôles de stabilité par exemple.

- Le "contrôle statistique" est de nature toute différente : il s'agit par sondage d'évaluer les caractéristiques d'une population quasi-infinie (par exemple celle de points relatifs à telle classe de détails de la BD Topo), et non plus d'un ou d'un petit nombre d'individus. Or la confusion est vite faite entre ces deux sortes de contrôles, et conduit à des erreurs graves.

Lorsqu'on recherche des "fautes" dans un échantillon de n erreurs censées obéir par exemple à la loi normale $N(0, \sigma)$, on dit souvent qu'étant donné un seuil α de probabilité négligeable (par exemple $\alpha = 1\%$) il faut éliminer toutes les erreurs supérieures à 2.57σ .

Mais il y a une erreur de principe : plus un échantillon est grand plus la probabilité de grandes erreurs même en l'absence de faute est grande : la tolérance T doit donc dépendre non seulement de α , mais aussi de la taille n de l'échantillon des erreurs. Cela conduit à des valeurs de T bien plus fortes que 2.57σ .

Mais les conséquences sont beaucoup plus graves sur les échantillons réels, à cause de la présence d'un taux important d'erreurs hors tolérance : l'emploi de la méthode du contrôle systématique a alors l'effet de réduire considérablement (parfois de 30%) l'estimation de l'emq, et souvent de doubler le taux de rejet.



TrimbleNavigation

LEADER
MONDIAL
de la
TECHNIQUE
GPS

Vous offre son très "grand"



GEO - EXPLORER met dans VOTRE MAIN

- 6 canaux parallèles / séquentiels
- 9000 positions d'enregistrement
- Différentiel en temps **Réel**
- Différentiel en temps **Différé**
- L'accès au logiciel "Décimeter Processor" pour l'obtention d'une précision de quelques **décimètres**, seulement.

TrimbleNavigation • France S.A.

ZAC du Moulin - 9 bis, rue de l'Arpajonnais 91160 Saulx-les-Chartreux

Tél : (33) 1 64 54 83 90 • Fax : (33) 1 69 34 49 73

TrimbleNavigation • Europe Ltd

Trimble House - Meridian Office Park - Osborn Way, Hook

Hampshire RG27 9HX - ENGLAND

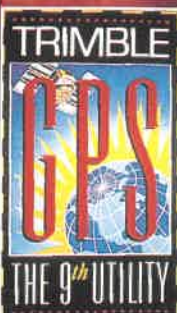
Tél : (44) 256 760 150 • Fax : (44) 256 760 148

TrimbleNavigation • Corporate Headquarters

645 North Mary Ave., P.O. box 3642

Sunnyvale, CA 94088-3642 - UNITED STATES

Tél : (1) 408 481 8000 • Fax : (1) 408 481 6005



On présente souvent le problème du contrôle d'une saisie (sur une zone et pour une classe donnée de détails par exemple) en disant que la saisie est valide si 90% des erreurs sont inférieures à la tolérance T (on donne T).

Cet énoncé est particulièrement ambigu et à notre avis dangereux :

- il n'a d'abord de sens que pour une population *infinitie* d'erreur s ; il est évidemment faux, en principe, de vérifier sur un échantillon de 100 points que la tolérance est satisfaite et de déclarer le travail valide,

- à tout esprit non prévenu il laisse croire que les 10% d'erreurs qui excèdent T sont distribuées (il s'agit d'erreurs simples) selon la loi normale, autrement dit que l'écart-type σ de celle-ci est $T/1.64$.

Or ceci, dans la pratique, est absolument faux : les erreurs aberrantes -par définition même- n'obéissent pas à la loi normale.

La méthode saine consiste à notre avis :

- à détecter selon une méthodologie rigoureuse les erreurs hors tolérance (fautes),
- à estimer l'emq sans les fautes, et à fournir simultanément, cette emq, la taille de l'échantillon et le taux de rejet.

3. LE CONTRÔLE PONCTUEL

3.1. Introduction

Pour une catégorie bien définie de la base de données (coins de constructions, points d'une limite de culture, intersections de chemins...), nous considérons un ensemble de "points" pris dans la base de données et les "points homologues" pris sur une référence. On peut tout aussi bien envisager de saisir un seul point d'un objet (un point par construction par exemple) ou saisir le contour d'un objet (un point par brisure sur le contour de la construction).

L'estimation de l'exactitude métrique du contrôle ponctuel repose sur le principe suivant :

- On choisit au hasard *sur la carte ou dans la base de données*, mais non pas sur la référence et sur une surface assez étendue pour être représentative de la zone à contrôler, n points-carte $m_{i1} (x_{i1}, y_{i1}, z_{i1})$ de la classe de détails dont on désire estimer l'exactitude. En faisant le contraire, on peut accroître considérablement l'emq (la raison en étant que les objets-terrain ou référence sont plus compliqués que les objets saisis).

- On identifie leurs homologues sur la référence (qui peut être le terrain par observations géodésiques, ou bien une carte plus précise ou bien une saisie photogrammétrique sur des clichés à grande échelle); cette référence doit être si possible "exacte" autrement dit les erreurs des points-référence $m_{i2} (x_{i2}, y_{i2}, z_{i2})$ négligeables par rapport à celles des points-carte, sinon ce n'est pas l'exactitude de la carte qui sera chiffrée mais son écart à la référence.

L'objectif poursuivi est l'appréciation de l'exactitude ponctuelle. Comme il n'y a pas de rapport évident entre les emq planimétriques et altimétriques, nous pouvons étudier la planimétrie et l'altimétrie séparément.

On veillera aussi à l'homogénéité des échantillons (au moins 100 points) : on ne peut sans précautions regrouper plusieurs catégories de points sous prétexte d'obtenir des effectifs intéressants.

3.2. Principe du calcul

Il s'agit de calculer les emq planimétrique et altimétrique (tableau 1 page suivante).

Pour la planimétrie, le critère choisi est pour un "point" l'écart entre la détermination-base (x, y) (base de données) et la détermination nominale (\hat{x}, \hat{y}) , c'est-à-dire son erreur planimétrique :

$$e = \sqrt{(x - \hat{x})^2 + (y - \hat{y})^2} \quad (3-1)$$

L'exactitude planimétrique est alors la moyenne quadratique des écarts, estimée après rejet des points aberrants par

$$emq_{plani} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum e_i^2} \quad (3-2)$$

où n est le nombre de points de contrôle retenus.

A cette estimation il faut impérativement joindre :

1. la taille de l'échantillon n_0 , initial, ainsi que le nombre de points rejetés n_1 (ou bien le taux de rejet $\tau = n_1/n_0$)

2. les biais en x , y et z , s'ils sont significatifs

3. les précisions des estimations des emq

4. les grilles des systématismes (planimétrique et altimétrique) circonscrites au chantier

Nous traitons le cas de l'altimétrie dans le paragraphe 3.4.

3.3. Détection des valeurs aberrantes

Avant de calculer l'estimation finale de l'emq planimétrique, on applique à l'échantillon d'effectif n un processus de détermination des valeurs aberrantes (c'est-à-dire excédant la tolérance au seuil de $\alpha\%$) :

$$T_{n,\alpha} = \sqrt{-\ln [1 - (1 - \alpha)^{1/n}]} emq_{plani} \quad (3-3)$$

Dans cette formule, emq_{plani} doit être estimée par un estimateur robuste : on classe l'échantillon par valeurs croissantes, on détermine sa médiane empirique M et on prend :

$$emq_{plani} = (1/\sqrt{1.2}) \tilde{M} \approx 1.201 \tilde{M} \quad (3-4)$$

et non pas à partir d'une valeur standard de l'emq. En effet la pratique montre qu'à l'heure actuelle, les divers chantiers donnent des résultats hétérogènes, et qu'il n'existe donc pas de valeur standard.

Dans le cas de grands échantillons de contours d'objets (100 objets au 1:30000 donnent lieu environ à 1000 points) on peut préconiser l'algorithme du double-filtre :

1. A chaque couple d'objet carte-référence on applique d'abord la formule (3-3), avec cette fois une valeur à partir de emq_{plani} largement par excès. Cette première étape a pour but d'éliminer les fautes très grossières.

CONTRÔLE PONCTUEL (Ilots urbains ou bâtiments) Chantiers 1 à 3: points homologues Chantiers 4 et 5: contours homologues				Résultats bruts: Mise en évidence des systématismes globaux: biais en x(Moy x), en y(Moy y), en z (Moy z) HT: hors tolérances τ : taux de rejet						Résultats après élimination des systématismes régionaux			
Chantier	Echelle saisie	référence	n	τ %	emq plani	Moy x	Moy y	emq alti	Moy z	emq plani	HT	emq alti	HT
1	1:30000	1:2500	113	-	0.74 ₇	-0.15	-0.08	0.90 ₉	-0.03	0.68 ₆	1	0.88 ₈	2
2	1:30000	1:2500	92	-	1.37 ₁₄	-0.50	+0.26	0.95 ₁₀	+0.21	1.25 ₁₃	1	0.86 ₉	0
3	1:30000	terrain	72	-	1.40 ₁₆	+0.42	+0.05	0.89 ₁₀	+0.33	1.07 ₁₃	1	0.72 ₉	0
4	1:30000	1:17000	2132	10%	2.12 ₅	+0.74	+0.06	On obtient le fichier purgé en supprimant interactivement les désaccords locaux graves entre le contour-objet carte et le contour objet référence		1.66 ₄	76	Le chiffre en indice est un écart-type unité: cm exemple: 1.66 ₄ : 4 cm d'écart-type	
4 "purgé"	1:30000	1:17000	-	10.9%	1.92 ₅	+0.70	+0.07			1.61 ₄	60		
5	1:30000	1:17000	1889	11%	1.29 ₃	+0.38	+0.09			1.17 ₃	45		
5 "purgé"	1:30000	1:17000	-	12%	1.25 ₃	+0.37	+0.10			1.11 ₃	20		

Tableau 1: Comparaison des emq brutes (en planimétrie et en altimétrie) et des emq après correction du systématisme régionalisé (unité: m)

2. On réunit tous les sommets-carte, en un unique échantillon, et on applique alors la tolérance (3-3), avec une valeur de emq_{plani} estimée alors par la médiane (3-4).

Il faut alors posséder un algorithme de reconnaissance de sommets homologues carte-référence ; bien entendu ce sont les points-carte dont il faut rechercher les homologues, et non pas l'inverse.

3.4. Biais

3.4.1. Systématisme global

Sur certains chantiers, on obtient des systématismes globaux en x, en y, en z (biais différent significativement de zéro) très prononcés.

Pour détecter un biais en x, β_x par exemple, on peut procéder de la façon suivante :

- on commence par chercher une estimation "robuste" de β_x , la médiane des erreurs en x, m_x

- on estime alors l'écart-type en x par (estimation robuste) :

$$\tilde{\sigma}_x = 1.484 m_x \quad (3-5)$$

où m'_x est la médiane des valeurs absolues

$$|e_{xi} - m_x|$$

- il y a alors biais global en x, si

$$\left| \frac{1}{n} \sum e_{xi} \right| > 2.57 \tilde{\sigma}_x \quad (3-6)$$

(pour le risque de 1ère espèce de 1%), et le biais est

$$\frac{1}{n} \sum e_{xi}$$

3.4.2. Systématismes régionaux (figure 1)

Une majorité d'échantillons étudiés font apparaître, même en l'absence de systématisme global, un systématisme régionalisé important (absence de systématismes dans certaines zones, systématisme important dans d'autres).

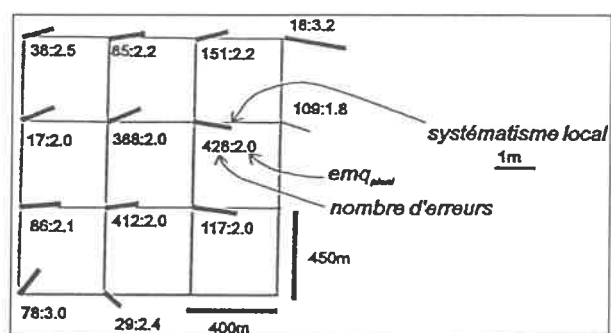


Figure 1: systématisme de la saisie chantier 4 (carte 1:30000; référence 1:17000)

Pour le mettre en évidence, on considère une grille (par exemple 3x3) circonscrite au chantier, chaque rectangle ayant pour côtés a et b :

1. On prend la moyenne algébrique des erreurs en x, y ou z aux noeuds de la grille. Par exemple au noeud 22, on prend la moyenne des erreurs des points situés dans le rectangle (a,b) centré en ce noeud.

2. Avant d'évaluer le systématisme il est rationnel d'éliminer par une méthode "robuste" les points aberrants en estimant l'emq planimétrique et altimétrique par la méthode de la médiane.

3. Si on désire constater ce qu'on aurait obtenu sans le systématisme (ou si on désire le corriger), il suffit de retrancher à chaque erreur la valeur du systématisme local.

3.5. Ajustement des histogrammes d'erreurs à la loi normale

Pour les grands échantillons (taille > 400), cet ajustement ne se fait jamais : il y a toujours une proportion trop forte de petites erreurs. Heureusement ce fait, comme nous avons pu le vérifier ne semble jouer qu'un rôle négligeable dans la détection des valeurs aberrantes.

3.6. Précision de l'estimation de l'emq

Si les erreurs en x, y, ou z sont supposées normales, centrées, non corrélées et de même écart-type, on peut calculer la précision de l'estimation par :

$$\sigma_{emq_{plani}} \approx \frac{emq_{plani}}{2\sqrt{n}} ; \sigma_{emq_{alti}} \approx \frac{emq_{alti}}{\sqrt{2n}} \quad (3-7)$$

Avec un niveau de confiance de 95% on a :

$$emq_{plani} = \tilde{emq}_{plani} \pm \frac{1.96 \times emq_{plani}}{2\sqrt{n}} \quad (3-8)$$

3.7. Conclusion

La méthode du contrôle ponctuel paraît simple mais nous avons été surpris par la fréquence des systématismes tant en planimétrie qu'en altimétrie sur de nombreux chantiers (tableau 1). On peut suspecter l'aéro-triangulation analytique qui reste un maillon amont fragile ou des déformations irréversibles des clichés, mais rien n'a été formellement prouvé.

Dans la pratique, il faut joindre à l'estimation de l'exactitude planimétrique ou altimétrique, la taille de l'échantillon, le taux de rejet, le calcul des biais (systématismes), la précision des estimations.

4. LE CONTROLE LINÉAIRE

4.1 Introduction

La méthode du contrôle ponctuel repose sur l'existence de "couples de points homologues".

Mais le contrôle ponctuel présente certaines limites :

- la notion de points homologues devient floue quand la différence d'échelle entre carte et référence est trop grande
- on imagine les difficultés de mise en œuvre sur des objets sinueux et linéaires : routes, cours d'eau car les points "bien identifiables" n'existent plus (figure 2)
- l'interprétation du pourcentage de points rejetés par le contrôle est difficile. Le pourcentage de points rejetés ne signifie pas forcément que le même pourcentage de la carte est "fausse".

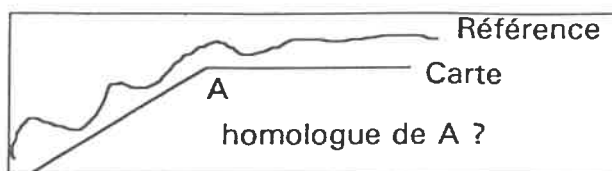


Figure 2: le problème des couples de points homologues

Une autre solution qu'il est possible de mettre en œuvre pour apprécier l'exactitude métrique consiste à étudier le problème de l'accord entre le trait-carte (ou vecteur de la base de données) et le trait-référence. L'élément contrôlé est le contour d'un objet.

L'idée de départ a été d'utiliser une notion mathématique (la distance de Hausdorff de 2 ensembles), et de l'appliquer à la mesure de l'écart entre un contour-carte et son contour-référence, c'est-à-dire pratiquement à des suites de segments.

4.2. Définition de la distance de Hausdorff de deux contours

Soit **K1** qui désigne le contour-carte (ou contour issu de la base de données) de l'objet, c'est-à-dire une suite de segments (le contour n'est pas nécessairement fermé ; les segments ne sont pas nécessairement consé-

cutifs) et **K2** qui désigne le contour "nominal" (une autre suite de segments) :

La distance de Hausdorff dH de 2 contours **K1** et **K2** est définie par :

$$dH = \max \{d_{12}, d_{21}\} \quad (4-1)$$

d_{12} = max des plus courtes distances des points de **K1** à **K2**

d_{21} = max des plus courtes distances des points de **K2** à **K1**

La distance de Hausdorff chiffre l'écart entre les deux contours ; pour le calcul de ces quantités (exemple figure 3), on fait circuler sur **K1** une boule centrée à rayon variable qui touche **K2** (de même pour **K2** par rapport à **K1**).

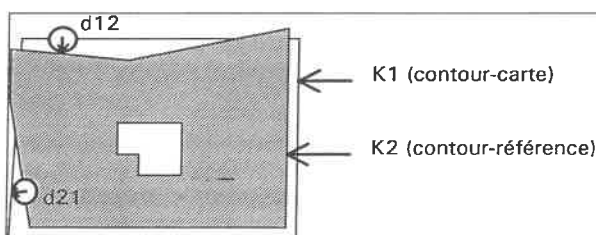


Figure 3: distance de Hausdorff entre deux contours **K1** et **K2**

Quand $d_{12} = 0$, cela signifie que le contour **K1** est dans **K2** (tout le contour saisi est correct), mais il peut être incomplet : il y a eu généralisation "positive" (détails significatifs omis) ; si $d_{21} = 0$, inversement, **K2** est dans **K1** : il y a généralisation "négative" (détails non pertinents ajoutés).

4.3. Finalité

L'objectif est d'estimer l'erreur moyenne quadratique planimétrique emq_{plani} à partir de cette notion.

Nous cherchons à définir des outils statistiques crédibles. Pour cela il faut :

- fournir une procédure de définition des objets nominaux
- pouvoir distinguer entre l'aberration ("fautes" de généralisation positive : détails oubliés ; "fautes" de généralisation négative : détails ajoutés) et la normalité
- chiffrer, pour une classe donnée d'objets, la normalité par des indices si possible indépendants de la forme, de la taille et du nombre de segments qui définissent un objet (ou à défaut variant peu, pas plus de 10%)
- chiffrer les aberrations par des indices analogues

4.4. Détection de l'aberration au niveau de l'objet

On calcule d_{12} et d_{21} , composantes de la distance de Hausdorff et l'indice de généralisation :

$$i = \frac{d_{21} - d_{12}}{(d_{12} + d_{21})/2} \in [-2, +2] \quad (4-2)$$

il prend une valeur voisine de 2 en cas de généralisation positive (détails oubliés), -2 en cas de généralisation négative (détails ajoutés) ; il reste très faible en l'absence de généralisation.

Dans la pratique, la moyenne de cette quantité sur un grand nombre (>100) d'objets, est systématiquement positive, bien que faible (et difficile à calculer avec précision).

L'inégalité :

$$\text{moy } \bar{d}_{12} < \text{moy } \bar{d}_{21} \quad (4-3)$$

apparue d'abord lors de simulations puis confirmée sur des échantillons réels a une explication triviale (figure 4), et permet de dire

- qu'un bon modèle (la carte) est proche de la réalité (le terrain) !

- la réalité par contre peut rester loin du modèle.

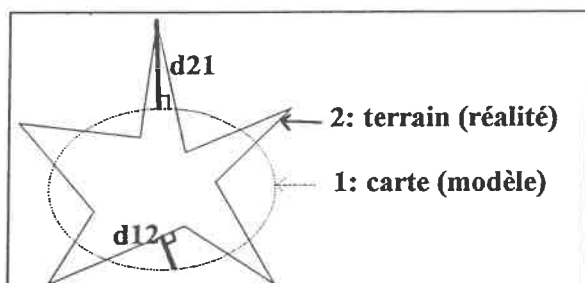


Figure 4: la réalité (le terrain) est loin du modèle (la carte)

4.5. Estimation de l'exactitude de la saisie

4.5.1. Critères

La distance de Hausdorff varie très nettement en fonction de la complexité (taille, nombre de segments) de l'objet (tableau 2 voir page suivante). On résout cette difficulté de la façon suivante :

Pour tout contour d'objet (K1 carte, K2 référence), on définit les 3 écarts standards :

$$e_{12} = \frac{d_{12}}{d_{120}} \text{ emq}_0 ; e_{21} = \frac{d_{21}}{d_{210}} \text{ emq}_0 ; e_H = \frac{d_H}{d_{H0}} \text{ emq}_0$$

$$\text{avec } \text{emq}_0 = \sqrt{\text{emq}_{10}^2 + \text{emq}_{20}^2} \quad (4-4)$$

où \bar{d}_{120} , \bar{d}_{210} , \bar{d}_{H0} sont les moyennes de distances d_{12} , d_{21} , d_H , calculées par simulation à partir d'emq a priori grossières : emq_{10} pour la carte, emq_{20} pour la référence.

Nous avons pu montrer, par simulation et par raisonnements théoriques simples que les "écarts moyens standards" calculés pour n couples d'objets (K1, K2) :

$$\text{ems}_{12} = \frac{1}{n} \sum e_{12_i} ; \text{ems}_{21} = \frac{1}{n} \sum e_{21_i} ; \text{ems}_H = \frac{1}{n} \sum e_{H_i} \quad (4-5)$$

étaient des estimations sans biais de l'emq planimétrique à condition que les emq a priori emq_{10} et emq_{20} ne soient pas trop éloignées de la réalité ; sinon il faut

réitérer ; on s'arrête quand les trois écarts-moyens standards ne diffèrent pas significativement et quand l'indice moyen réel de généralisation I ne diffère pas trop de l'indice I_0 simulé.

On adopte comme estimation finale

$$\tilde{\text{emq}} = \frac{1}{3} (\text{ems}_{12} + \text{ems}_{21} + \text{ems}_H) \quad (4-6)$$

4.5.2. Solution proposée

Les essais - ceux portant en particulier sur les îlots urbains, ont permis de constater des désaccords locaux fréquents et graves (figure 5) ; il est dès lors impossible de chiffrer la qualité d'une saisie en donnant par exemple le pourcentage des objets correctement restitués.

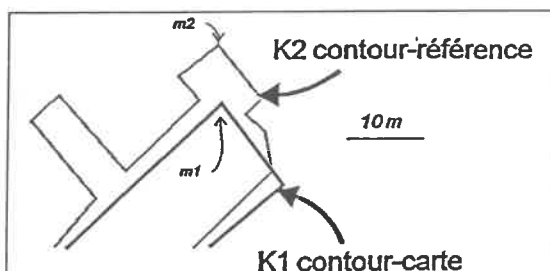


Figure 5: le désaccord entre le contour-carte et le contour-référence: le point saisi m1 "résume" une partie du contour-référence d'où une erreur planimétrique aberrante entre m1 et m2.

La seule solution est de procéder à une "purge" des contours homologues avant calcul, opération absolument analogue à celle de la détection des erreurs aberrantes dans le contrôle ponctuel, et de renoncer à la notion d'objets dans l'énoncé des résultats.

L'exactitude de la saisie s'évalue alors en donnant les trois éléments suivants :

1. L'estimation $\tilde{\text{emq}}$ de l'emq planimétrique carte-référence

2. Le pourcentage p_1 de trait-carte en accord avec le trait-référence, ainsi que $(1 - p_1 = p_{11} + p_{12})$ les pourcentages :

- p_{11} : ajouté ou hors tolérances (fautes)
- p_{12} : généralisation (spécifications de saisie), désaccords divers

3. Le pourcentage p_2 de trait-référence en accord avec le trait-carte, ainsi que $(1 - p_2 = p_{21} + p_{22})$:

- p_{21} : omis, ou restitué hors tolérances (fautes)
- p_{22} : généralisé-désaccords divers

Remarque :

La "purge" permet de déterminer les parties bien identifiables des 2 contours : tous les détails incongrus sont coupés mais **conservés** ; chaque fois qu'un détail est coupé, une **décision** est à prendre compte tenu des informations disponibles (fautes, généralisation inévitable, ombres...)

Dans les essais de validation, la purge a été essentiellement interactive ; il n'est peut être pas souhaitable de l'automatiser totalement. La méthode paraît assez

CONTRÔLE LINEAIRE: Chantier 4 à 6: îlots urbains ou bâtiments Chantier 7 et 8: axes de routes				emq_P : emq plani contrôle ponctuel τ : taux de rejet		emq_L : emq plani (contrôle linéaire) I: indice de généralisation p11, p12: désaccords carte-référence I ₀ : indice simulé p21, p22: désaccords référence-carte						
Chantier	Echelle saisie	Echelle référence	nombre objets	emq_P	τ	emq_L	p11	p12	p21	p22	I	I ₀
4 "purgé"	1:30000	1:17000	180	1.92 ₅	10.9%	1.63 ₅	3.5%	12.1%	5.4%	15.4%	-0.017 ₁₈	0.012 ₇
5 "purgé" 156 objets	1:30000	1:17000	156	1.25 ₃	12%	1.26 ₃	4.4%	3.2%	2.7%	5.3%	0.042 ₁₂	0.048 ₁₂
5 "purgé" 80 objets	1:30000	1:17000	80	1.25 ₃	11.5%	1.26 ₅	4.6%	2.7%	2.6%	5.8%	-0.012 ₃₁	0.044 ₉
6: reprise chantier 5	1:30000	1:17000	80	1.20 ₃	11.7%	1.25 ₅	2.9%	3.5%	3.6%	3.1%	0.025 ₃	0.053 ₁₅
7: axes routes	1:30000	1:8000	47	-	-	1.00 ₅	5.3%	0.4%	5.3%	0.5%	-0.014 ₁₉	0.041 ₆
8: axes routes	1:30000	1:8000	66	-	-	1.05 ₄	2.0%	0.3%	2.1%	0.3%	0.009 ₂₃	0.055 ₁₀

Tableau 2: Calcul de l'emq planimétrique par la méthode du contrôle linéaire (unité:m)
 En indice on lit la précision des estimations pour emq_P et emq_L (unité:cm)

robuste et ne semble pas entraîner une part de subjectivité à condition de toujours "couper un peu plus", ce qui améliore emq sans modifier substantiellement les pourcentages p_1 et p_2 .

4.6.Conclusion

Le contrôle linéaire est une alternative valable au contrôle ponctuel à condition de satisfaire à une méthodologie assez rigoureuse.

Il n'exclut nullement le contrôle ponctuel qui doit être simultanément pratiqué quand les points homologues existent en nombre suffisant. Il est plus général :

- il ne suppose pas l'existence de points homologues mais seulement celle de contours homologues,
- il oblige à préciser et à quantifier les causes de désaccord référence-carte (le pourcentage d'accord représentant certainement une façon plus pertinente de chiffrer les manques que le taux de rejet du contrôle ponctuel),
- il inclut la dissymétrie carte-référence,
- il ne nécessite que des travaux d'atelier : si on dispose d'une référence (une autre saisie à grande échelle,

une carte, une base de données) suffisamment exacte. Le moyen de disposer d'une telle référence pourrait être prévu dès la prise de vues,

- mais nécessite des logiciels plus délicats à mettre au point.

Deux thèses (I. ABBAS, ENSG-IGN et P. GRUSSEN-MEYER, ENSAIS) concernant ces problèmes de contrôle seront soutenues en 1994.

Bibliographie :

HOTTIER Philippe (1992).Techniques statistiques pour l'estimation de l'exactitude et de la précision à partir d'un échantillon d'erreurs de mesures, rapport interne IGN-ENSG.

Adresses des auteurs :

Philippe HOTTIER, Ingénieur Général Géographe (ENSG-IGN) et ABBAS I. (ENSG), 2, Avenue Pasteur 94160 Saint Mandé, et Pierre GRUSSEN-MEYER, Professeur à l'ENSAIS, Filière Topographie, 24, Bd de la Victoire 67084 Strasbourg Cedex

POUR UNE RÉNOVATION DE L'ARRÊTÉ DU 21 JANVIER 1980 RELATIF AUX TOLÉRANCES APPLICABLES AUX LEVÉS À GRANDES ÉCHELLES

Par Michel Kasser
Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes - CNAM



tant en matière d'observations que de calculs, allaient rester immuables encore pour longtemps. Néanmoins ce document est aujourd'hui périmé. Nous proposons quelques axes de réflexion pour définir un nouveau texte.

II- CRITIQUES SUR L'ARRÊTÉ DE 1980

Le groupe de travail constitué au début des années 70 comportait des représentants de toutes les composantes des milieux professionnels concernés par la topographie et la géométrie. A cette époque, les outils de base du topographe n'avaient guère évolué depuis fort longtemps : l'informatique était encore inemployée (les compensations par moindres carrés par exemple étaient l'apanage des grands organismes techniques). Et jusque là les évolutions technologiques qui avaient totalement modifié de nombreux secteurs techniques avaient largement épargné la topographie. Le théodolite compact date de l'après guerre, et il n'y avait alors pratiquement eu comme unique nouveauté (mais tout de même fort importante) que l'apparition des appareils électroniques de mesure de distances, alors en cours de miniaturisation (mais combien de cabinets de géomètres employaient encore des tachéomètres de type Moinot ou Sanguet, compte-tenu de leur caractère inusable !). Les instruments existants étaient d'une extraordinaire longévité, les techniciens très respectueux de leur matériel (sans doute encore plus que maintenant), ce qui n'incitait guère à envisager l'éventualité de l'irruption prochaine de nouvelles technologies.

Mais très rapidement les défauts de cette conception de la rédaction du texte sont apparus essentiellement parce que les spécifications du texte étaient *des spécifications de moyens* et non pas de *résultats*. Et une formidable vague de progrès technologiques a enfin déferlé sur ce milieu professionnel particulièrement stationnaire jusque là. Il y eut deux grandes évolutions : tout d'abord informatisation progressive de *tous* les processus de mesure, avec une accélération parfois considérable des rendements et de la précision. Ensuite apparition de la méthode GPS de géodésie spatiale, d'abord réservée aux grands laboratoires de géodésie, puis (grâce à une excellente industrialisation) qui s'est répandue depuis quelques années pour observer des canevases, et cette méthodologie est en passe de servir sous peu pour effectuer des levés topographiques directs.

Or, lorsqu'on compense par moindres carrés des observations terrestres, qu'il s'agisse de réseaux ou de simples polygonales, toutes les règles traditionnelles d'analyse des erreurs sont à revoir. Combien de techniciens ne se sont-ils pas imprégnés de l'idée par exemple qu'un cheminement *devait être "tendu"*, sous peine d'être imprécis ? Ou encore que le réseau d'appui (IGN)

I- INTRODUCTION

L'arrêté de 1980 ⁽¹⁾ a été publié après de longs travaux préliminaires (près de dix ans, dont environ deux uniquement pour promulguer l'arrêté). Son but était de définir les normes à respecter dans diverses catégories de travaux intervenant dans les levés divers :

- Canevas d'ensemble, de précision ou ordinaire,
- Canevas polygonal, de précision ou ordinaire,
- Canevas altimétrique, direct ou indirect,
- Travaux photogrammétriques,
- Levés de détail.

Cet Arrêté est suivi d'une Instruction (28 Janvier 1980) qui détaille les formules à appliquer pour effectuer les calculs à partir des observations disponibles à l'époque (angles et longueurs) .

Ces différents textes ont été écrits avec comme idée de fond probable que les techniques employées alors,

⁽¹⁾ Le texte intégral de l'Arrêté du 21 janvier 1980 complété par l'instruction du 28 janvier 1980 figure dans la revue XYZ N° 6 de mars 1986, page 42 et suivantes.

valait "le centimètre" ? Ces idées, plus de nombreuses autres (l'origine des altitudes en France est le marégraphe de Marseille, etc...), sont erronées et ont parfois induit des comportements techniques fort discutables, mais ce n'est pas l'objectif de cet article de critiquer les formations techniques anciennes et actuelles de ce secteur d'activités...

Ou encore, lorsqu'on emploie des récepteurs GPS pour observer un canevas, comment se servir de l'arrêté de 80 qui stipule le nombre de mesures angulaires à effectuer pour tomber dans telle ou telle classe de précision ?

Il est donc urgent de reprendre cette rédaction sous une nouvelle forme qui soit à l'abri des évolutions techniques futures, en bref qui s'intéresse aux **résultats** et non pas aux **moyens**. Ceci est d'autant plus important qu'en France existe une désastreuse tradition dans ce secteur d'activités d'incompétence technique des donneurs d'ordre (quelle est la précision qui est nécessaire ? Il ne le sait généralement pas, et c'est au technicien d'interpréter au mieux ce que veut le client, lequel a rédigé presque toujours en s'inspirant d'autres CCTP techniquement tout aussi mal adaptés et discutables), qui se combine avec cette absence de spécifications légales pour saper à la base toute tentative sérieuse de faire de la **qualité**. Et cette absence de spécifications crée un risque encore aggravé par l'existence de normes (respectées...) chez plusieurs de nos voisins européens, qui ont de plus en plus tendance à travailler en France, alors que notre absence (en pratique sinon en théorie) de normes donne de nous une fâcheuse image technique chez eux...

III- AXES DE RÉFLEXION POUR ÉLABORER UN NOUVEAU TEXTE

A ce stade de cette communication, je listerai quelques éléments qui pourront paraître disparates, mais qui ont tous quelque importance pour une nouvelle rédaction. Ils ne sont en rien exhaustifs, et il me semble indispensable qu'un groupe de travail se réunisse dans l'objectif d'un approfondissement de ces problèmes.

1/ C'est dans le cadre du CNIG, dont le caractère transversal à tous les secteurs professionnels est avéré, et qui a réussi la mise au point de la norme EDIGÉO pour les bases de données géoréférencées, qu'une telle démarche devrait être initiée.

2/ Il n'est pas forcément indispensable d'en faire un texte de loi comme cela a été le cas auparavant. Une telle approche peut faire perdre beaucoup de temps (2 ans en 1980), et une norme AFNOR serait sans doute tout aussi efficace.

3/ Un nouveau texte doit tout d'abord spécifier la précision des résultats à obtenir pour pouvoir atteindre différents niveaux de qualité, puis **alors seulement** doit proposer d'explicitier comment, avec une technologie donnée, on peut espérer atteindre cette qualité avec les méthodes pratiquées lors de la rédaction du document ; mais en aucun cas il ne faut qu'on en revienne à des spécifications de moyens : pour ce complément, il

doit s'agir d'une note expliquant ce qui est connu en matière technique à une date donnée, sans plus. En particulier, il n'y a aucune raison d'isoler et de séparer le processus photogrammétrique des autres procédés. On doit spécifier les objets qui doivent être levés, un gabarit d'erreurs d'identification, ou encore la précision à obtenir, mais le texte de la norme ne doit pas spécifier de méthodologie. C'est tout à fait indispensable pour que des techniques obsolètes soient rapidement remplacées par d'autres plus efficaces.

4/ Les problèmes de précision de détermination sont assez bien connus pour des points parfaitement identifiés (géodésie, canevas). Le plus adéquat est en général de composer quadratiquement un écart-type fixe : **a** avec un écart-type proportionnel à la distance **D** entre les points : **b**. **D** ; **a** représente les erreurs de centrage, de stabilité à long terme du repère, etc... tandis que **b** est lié au processus de mesure, et très souvent aux effets limitants de l'atmosphère. Mais il convient de spécifier avec beaucoup de soin la notion de *référentiel* considéré. En particulier jusqu'ici le réseau géodésique de l'IGN présente dans ses coordonnées publiées des inhomogénéités dont le niveau actuel (lié à l'historique de la triangulation française) est très au-delà de ce que les techniques topographiques (mesures de distances, GPS) permettent maintenant. Dans ces conditions, et compte tenu de l'aspect *positionnement relatif* de toutes les méthodes courantes, il est clair que les coordonnées ne peuvent généralement pas avoir un caractère absolu.

5/ La précision est beaucoup plus délicate à déterminer en ce qui concerne des objets levés, qu'ils soient linéaires ou surfaciques. Ph. HOTTIER a montré qu'une approche assez efficace pour qualifier la précision consiste en l'emploi de la "distance de Hausdorff" entre les contours de l'objet levé et du même objet mesuré avec beaucoup plus de précision. Néanmoins il semble certain que pour ces objets, il convient aussi de spécifier *quelle est la méthode de mesure* à employer.

6/ Dans les spécifications des levés, certaines notions statistiques doivent être précisées. Si l'écart-type est parfaitement déterminé en termes mathématiques, la tolérance doit faire l'objet d'une définition. Et surtout, il serait judicieux de populariser la notion de "gabarit d'erreur" dans un levé, que ce soit pour des objets oubliés, pour des objets mal identifiés, ou pour des objets mal positionnés. Cette notion est une généralisation de celle de "tolérance", et offre une souplesse bien plus importante pour le rédacteur du CCTP.

IV- CONCLUSION

Il semble donc très important de mettre au point un texte normalisant pour longtemps les spécifications des levés topographiques. Ce ne sera pas un travail facile, mais l'essor des bases de données géoréférencées, liées à l'explosion des moyens informatiques disponibles et des logiciels accessibles (dont les SIG), rendent celui-ci incontournable.

QUESTIONS-RÉPONSES APRÈS L'EXPOSÉ DE M. KASSER

M. Mayoud : Dans l'annonce des résultats de réseaux, ne pourrait-on pas utiliser les valeurs de la matrice Variance-Covariance ?

M. Kasser : Les résultats de compensation par moindres carrés font implicitement l'hypothèse que les modèles d'erreur employés sont des erreurs gaussiennes.

Les résultats que l'on annonce sont fréquemment assez optimistes par rapport à la réalité. Cette appréciation au sens qualité du terme est probablement très discutable.

M. Dupraz : Je voudrais mettre l'accent sur les outils de fiabilité qui font le partage entre les fautes grossières et les erreurs aléatoires, et qui permettent après tri de réaliser un calcul acceptable.

L'avantage de ces outils est qu'ils permettent la simulation, ce qui permet d'optimiser économiquement et techniquement le réseau.

M. Hottier : Sur l'aspect gaussien on a trop tendance à croire que toutes les conséquences des moindres carrés sont exactes et dignes de confiance. Il y a un cas évident où c'est faux, c'est quand vous multipliez les mesures d'une grandeur donnée, il est évident qu'à ce moment-là d'après la théorie des moindres carrés on devrait accroître considérablement l'exactitude des résultats. Or on s'aperçoit que c'est faux.

M. Lasseur a raison mais il s'occupe de petits réseaux, où il utilise toujours le même appareil, avec des mesures très homogènes, peu nombreuses pour chaque point. Je pense que c'est la raison qui fait que les résultats des calculs de compensation le satisfont pleinement.

En faisant la même chose en photogrammétrie, en aérotriangulation analytique c'est très différent : les définitions des points sur le terrain sont très variables, un point sur le terrain ce n'est pas le point sur la photo, il y a des points artificiels créés au moment du marquage. Les conséquences de la théorie de moindres carrés sont assez douteuses.

M. Dupraz : Je désire préciser que les méthodes que nous préconisons sont plus puissantes que ce que vous décrivez. Par exemple, l'Office fédéral de Topographie a analysé la triangulation de la Suisse par reprise des calculs du 1er au 3ème ordre d'un seul jet, en intégrant les observations archivées depuis 1864, les distances électroniques mesurées depuis 1960, les azimuts, les mesures de Laplace.

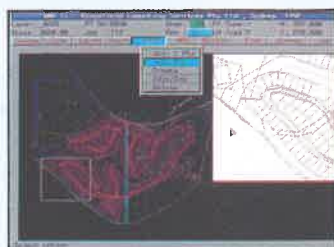
Ce calcul a permis de détecter et d'enlever les fautes. Et nous sommes passés d'incertitudes de l'ordre d'1,5 m à moins de 20 cm.

Comparés au nouveau réseau GPS (100 points, maille de 25 km, précision 1 à 2 cm), les ellipses d'erreur de ces deux réseaux combinés par notre méthode sont restés de l'ordre de 1 à 2 cm.

C'est bien une méthode très puissante.

M. Sautreau : En ce qui concerne l'arrêté de 1980, lorsque nous avons commencé à travailler en 1972, le précédent arrêté datait de 1951. Nous avons rapidement travaillé mais ensuite il fallu convaincre les différents ministères et ce sont des démarches qui ont pris beaucoup de temps.

M. Becker : J'apprécie que la proposition de M. Kasser porte sur des obligations de résultats, je pense que ce n'est pas suffisant, il faut aussi faire des recommandations sur les moyens.



La solution complète
système informatique TOPCON



Série GTS-6
Système unique à carte TOPCON

TOPCON : La différence

Comprendre que la richesse des hommes naît de leur différence, c'est comprendre que sans le Savoir de l'Homme, le monde ne serait rien.

Cette différence, TOPCON l'a comprise et a développé la gamme la plus complète de stations totales.

Quelle que soit votre activité, TOPCON a l'instrument qui s'y rapporte :

- Série GTS-6... Pour les géomètres et les ingénieurs TP
- Série GTS-300... Pour tous les travaux de topographie
- Série CTS-2... Pour tous les travaux de chantier

Tout ce dont vous avez besoin... c'est une station totale TOPCON.

QUALITÉ DES OPÉRATIONS GPS

Par Jean-Pierre Sparfel
Ingénieur Géographe IGN

1. INTRODUCTION

Le système GPS est supposé permettre à tout utilisateur de déterminer rapidement et précisément la position de points à la surface de la Terre. Malgré cette apparente (et néanmoins incontestable) facilité d'utilisation, il faut, pour obtenir à coup sûr les résultats escomptés tout en optimisant les moyens mis en œuvre, adopter une méthodologie respectant strictement certaines spécifications.

Constatant les erreurs les plus communément commises et les illusions les plus largement répandues au sujet notamment des précisions atteintes, il convient d'établir un certain nombre de contrôles principalement sous forme d'indicateurs qualificatifs ou quantitatifs aux différents niveaux de réalisation d'un réseau.

Cet article sera limité aux applications du GPS en mode statique ou statique rapide qui sont utilisés en géodésie et en topographie.

2. LES PRINCIPES DE LA QUALITÉ TOTALE, APPLIQUÉS AUX OPÉRATIONS GPS

Le terme "**Qualité Totale**" est une mauvaise traduction du concept américain "**Total Quality Control**"; la qualité de la réalisation d'un levé topographique ou d'un réseau géodésique a été longtemps restreinte à sa **précision**. Or la qualité dans la conception actuelle du terme passe par la **maîtrise complète du processus**, de la conception du "produit" jusqu'à sa diffusion.

Dans la démarche de Qualité Totale qui est mise en place à l'IGN cinq principes définis par les qualitiens français ont été retenus :

- *la mesure*, c'est à-dire l'évaluation de la qualité d'un produit ou d'une organisation par des **indicateurs** si possible quantitatifs,

- *la prévention* : c'est prévoir la possibilité d'agir, si possible avant que quelque chose de fâcheux n'arrive, ou prévoir des **solutions alternatives** dès que cet événement survient de façon à ne pas compromettre la suite du processus,

- *l'excellence* : c'est bien faire du premier coup ; c'est également le principe global du "**zéro défaut**" qui dans la plupart des cas concrets se traduit par défaut, tendant vers zéro,

- *la responsabilité* : chaque intervenant dans une chaîne de production est responsable de la qualité de



l'ensemble. Ce principe se traduit par des processus incluant l'auto-contrôle,

- *la conformité* : aux spécifications des produits finaux, c'est-à-dire en général l'adéquation aux exigences des clients.

Le tableau n° 1 récapitule les actions qualité qui sont menées lors des phases successives de la réalisation d'un réseau par GPS, au crible des quatre premiers principes de la qualité totale définis ci-dessus. On admettra que le cinquième principe, la conformité,

sera respecté si les quatre autres l'auront été auparavant.

3. CONCEPTION DE LA MISSION

L'aspect primordial de la qualité de la conception réside dans la **qualité des spécifications** de processus. Ces spécifications devront être exhaustives, c'est-à-dire qu'elles décriront tous les aspects de toutes les étapes des opérations.

3.1. Prévention

Les spécifications devront prévoir des solutions de secours en cas d'événements non prévus qui peuvent être :

- soit une dégradation volontaire des éphémérides par le DoD américain (dans ce cas doit-on continuer à observer dans ces conditions ou arrêter les mesures ?), si le matériel utilisé n'est pas conçu pour résoudre ce problème,

- soit une panne (de récepteur ou autre) qui ferait que l'une des stations n'aurait pas de mesures :

- prévoir du matériel de secours (en particulier un ou des récepteurs),

- prévoir dans la stratégie d'observation un facteur de redondance et facteur de réoccupation supérieurs aux valeurs théoriquement nécessaires pour pallier ces pannes ou dégradations éventuelles et ne pas avoir à retourner sur le terrain pour respecter les spécifications de détermination.

3.2. Mesure

Lors de l'élaboration de la stratégie d'observation, deux indicateurs permettent de mesurer la qualité du réseau de lignes de bases mesurées :

- le facteur de redondance,
- le facteur de réoccupation.

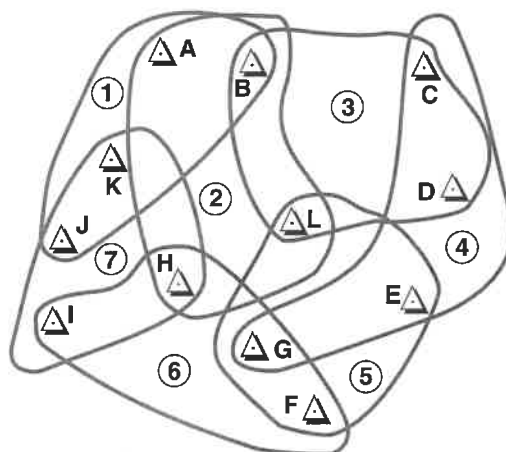
Qualité des opérations GPS

PRINCIPES PHASES	PREVENTION	MESURE	EXCELLENCE	RESPONSABILITE
CONCEPTION - Préparation - Stratégie d'observation	- Spécifications de processus - Alternatives en cas de : - Dégradations (A/S) - Pannes . Matériel de secours . Redondance : +10% . Durées obs. : +20% à 50%	- Facteur de redondance - Facteur de réoccupation - Homogénéité	- Optimisation des moyens - Fiabilité des spécifications (reliability) → Excentrements → Facteur d'échelle	- Autocontrôle . Check-list matériel - Calibrations
OBSERVATIONS	- (télé) communications	- Comparaison de doubles mesures indépendantes de l'excentrement = . Centrage . Hauteur antenne - Taille des fichiers = Taille prévue	- Application des préventions	- Peu de latitude de décision - Fiche de station . Incidents . Check -list des opérations - Communication
CALCULS - Lignes de base - Compensation - Intégration dans un référentiel	- Sous estimer indicateurs des logiciels constructeurs	- Indicateurs statistiques de précision : . RMS . Ecart type sur vecteur . Ecart type sur ambiguïtés entières - Répétabilité - Fermetures externes - Résidus . . . - Indicateurs statistiques du logiciel d'estimation	- Optimisation des moyens de calcul - Rapidité de validation - Comparaison de : . Précisions finales . Précisions spécifiées	

SCHEMA D'OBSERVATIONS GPS

NOMBRE DE RÉCEPTEURS : $r = 4$
 NOMBRE DE POINTS : $n = 12$

NOMBRE DE FIGURES : $k = 7$
 NOMBRE DE SESSIONS PAR FIGURE : $s = 2$

NOMBRE D'OCCUPATIONS (o_i)

Point A : 2 fois
 Point B : 3 fois
 Point C : 2 fois
 Point D : 2 fois
 Point E : 2 fois
 Point F : 2 fois

Point G : 3 fois
 Point H : 3 fois
 Point I : 2 fois
 Point J : 2 fois
 Point K : 2 fois
 Point L : 3 fois

facteur de redondance

$$f_r = \frac{(r-1) \cdot s \cdot k}{n-1} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 7}{11} = 3,8$$

facteur de réoccupation

$$f = \frac{r \cdot k}{n} = \frac{4 \cdot 7}{12} = 2,33$$

$$|o_i - f| < 1$$



GEODIMETER SYSTEM 600
Fully upgradable...

Pouvez-vous faire évoluer votre instrument de topographie vers un "système à une seule personne"?

A l'intérieur de chaque instrument Geodimeter System 600 se trouve une station totale entièrement robotisée. En faire votre assistant est aussi simple que de compter 1-2-3.

1 L'élément essentiel du système est une station totale motorisée pour la topographie conventionnelle. Les claviers sont totalement amovibles et peuvent être équipés d'une mé-moire suffisante pour enregistrer jusqu'à 10.000 points en plus de tous les progiciels de topographie Geodimeter.

Il vous faut plus? Procédez à une extension...

2 Ajoutez une radio et vous obtenez instantanément un système de topographie télécommandé. Vous pourrez rester au point à relever et exécuter la totalité des entrées, des mesures et des contrôles. Et vous pouvez emporter le clavier.

Vous voulez plus? Procédez à une extension...

3 Si vous ajoutez un système de recherche, votre Geodimeter sera à l'avant-garde de la technologie de la topographie. Une station totale pour topographie robotisée, un "système à une seule personne" capable de suivre automatiquement le prisme



Les possibilités sont particulièrement illimités lorsqu'il s'agit de la technologie Geodimeter. N'oubliez pas que nous ne nous sommes pas contentés de fixer les normes de la topographie moderne, nous les avons inventées. Profitez de cette possibilité de nous contacter pour voir par vous-même la différence qu'un Geodimeter System 600 peut apporter dans votre travail. Vous serez surpris non seulement par notre démonstration, mais aussi par le prix.

Envoyez un courrier ou un fax à: ... Voir adresse ci-dessous.

- ☐ Venez me rendre visite! Je désire voir un Geodimeter System 600.
☒ Envoyez-moi immédiatement une affiche Geodimeter System 600.

Nom _____ Société _____
 Adresse _____
 Code postal _____ Ville/Pays _____
 Téléphone _____ Fax _____

Geodimeter®

Geotronics S.A.
 2-4 rue du Suffrage universel
 77185 LOGNES
 Tél: (1) 60.37.50.60, Fax: (1) 60.37.50.70

La figure n° 2 montre un exemple concret de stratégie optimale d'observation d'un réseau de 12 points avec 4 récepteurs formant 7 figures consécutives d'occupation des points.

Le **facteur de redondance** est le rapport entre le nombre total de mesures de lignes de bases indépendantes et le nombre $(n - 1)$ de lignes de bases à déterminer.

En géodésie, ce facteur f_r est spécifié en fonction des longueurs moyennes des bases du réseau et de la précision recherchée ; il peut prendre des valeurs de 2 à 5.

Pour atteindre cette valeur imposée, à moyens bloqués (c'est-à-dire r fixé), on peut soit augmenter le nombre S de sessions de mesure par figure, soit augmenter le nombre k de figures.

Il est évidemment plus facile de choisir la première option qui est plus économique car elle évite des déplacements entre points.

Dans presque tous les cas (sauf si $r = n$), ce n'est malheureusement pas la bonne solution pour des raisons de fiabilité qui sont développées dans le paragraphe suivant (excellence).

C'est pourquoi l'on a défini un deuxième indicateur : le **facteur de réoccupation** f , qui est directement proportionnel au nombre de figures et indique le nombre moyen de fois que chaque point est occupé.

Il est significatif de la redondance géométrique du réseau de mesures.

Mais cela ne suffit encore pas : cette redondance géométrique doit être **homogène** en tout point du réseau, de sorte que celui-ci n'ait pas de point de faiblesse.

Il faut donc que le nombre O_i d'occupations de chaque point du réseau soit le plus constant possible, c'est-à-dire que l'écart à la moyenne $(O_i - f)$ soit le plus petit possible.

Dans ce cas on a $(O_i - f) < 1$ quel que soit i .

3.3. Excellence

Pour les opérateurs GPS l'excellence se traduit essentiellement par **l'absence de faute**. Quelle que soit la précision des mesures GPS elles-mêmes, les coordonnées finales n'auront pas de valeur si des fautes sont commises dans des opérations aussi élémentaires que la mesure de la hauteur de l'antenne GPS au-dessus du repère, ou son centrage sur ce repère.

Il est donc primordial que la stratégie d'observation spécifiée permette de mettre en évidence ces fautes.

C'est l'exigence de la **fiabilité** des processus (terme anglais, **reliability**).

Apparaît donc ici l'intérêt d'imposer le facteur de réoccupation en plus du facteur de redondance, de sorte que chaque point soit stationné au moins dans deux figures différentes ce qui impose deux **mises en station indépendantes**.

Si l'une est entachée de faute, cela sera forcément mis en évidence au moment des calculs.

Sur l'exemple proposé, deux figures consécutives et adjacentes ont deux points en commun.

Deux mesures indépendantes de la ligne de base définie par ces deux points peuvent mettre en évidence une variation du facteur d'échelle de la figure due à la ionosphère, ce qui permettra de la traiter au moment des calculs.

Au moins pour les applications précises en géodésie, cet autre aspect de la fiabilité de processus devra être pris en compte dans les spécifications.

Une autre exigence du critère d'excellence est de produire au meilleur coût.

En effet du point de vue économique, un coût excessif est considéré comme un défaut rédhibitoire.

L'organisation de la mission GPS devra tenir compte de cette exigence en **optimisant les moyens** mis en œuvre.

Dans l'idéal, les spécifications des processus et des moyens devraient permettre d'atteindre les spécifications des produits ni plus ni moins.

En particulier la stratégie d'observation devra prévoir un nombre optimum de récepteurs mis en œuvre, des déplacements minimum des opérateurs entre les figures et des durées optimales d'observation, etc...

3.4. Responsabilité

La responsabilité du concepteur et des opérateurs est évidemment de s'assurer de l'existence des moyens et de donner les instructions permettant d'assurer le succès de la mission.

Celle de l'opérateur, lors de la préparation de la mission, est de contrôler les matériels :

- leur présence dans son lot personnel par des check-lists
- leur conformité : essais de fonctionnement avant le départ, calibrations d'antennes, etc...

4. OBSERVATIONS

Une fois lancées les opérations de terrain, le chef de mission et les opérateurs sont responsables de la qualité.

4.1. Prévention

Pour pouvoir appliquer les consignes de prévention prévues lors de la conception de la mission, les opérateurs doivent informer rapidement et clairement le chef de mission ou les autres opérateurs des incidents qui se produisent (pannes, retards, dégradations des signaux).

Cela suppose des moyens de communication efficaces.

4.2. Mesure

A chaque station, les excentrement d'antenne (centrage et hauteur doivent être mesurés par les opérateurs de deux façons indépendantes ; différentes techniques existent : mesures verticales et obliques des hauteurs, mesures en début et fin de session, remise en station entre deux sessions...

De plus les opérateurs pourront relever la taille des fichiers de mesure à la fin de chaque session, et s'assurer qu'elle correspond à la taille prévue compte tenu du nombre de satellites captés, de la cadence et de la durée d'observation.

On aura ainsi la quasi-certitude que les enregistrements se sont déroulés normalement.

4.3. Excellence et responsabilité

Elles seront assurées par le strict respect des instructions techniques et en particulier par l'application des mesures de prévention.

Il faut remarquer que la phase d'observations GPS laisse très peu de latitude de décision à l'opérateur et exige peu de qualification du moins en comparaison des mesures terrestres classiques.

Cette nouvelle donnée n'est pas sans poser des problèmes de **responsabilisation** et de **motivation** des opérateurs.

Néanmoins il faut obtenir que les plannings soient strictement respectés, les excentrement mesurés avec soin et les fiches de station correctement et intégralement renseignées.

5. CALCULS

5.1. Calcul des lignes de base, validation

Prévention : Ces calculs sont en général réalisés avec le logiciel fourni par le constructeur du récepteur.

Il est conseillé de sous-estimer la validité des indicateurs donnés par ces logiciels qui sont en général très optimistes, au minimum de les recouper avec d'autres indicateurs.

Mesure : Les indicateurs utilisés sont des indicateurs statistiques de précision : RMS, écart-type sur le vecteur, écart-type sur les ambiguïtés entières...

De plus les spécifications de calcul devront prévoir des écarts maximum de **répétabilité** entre sessions d'une même ligne de base.

Cet indicateur est nécessaire mais non suffisant pour juger de la qualité des mesures, en effet il ne permet pas de mettre en évidence des fautes d'excentre-

ment d'antenne (s'il n'y a pas eu remise en station entre les sessions) ou des erreurs systématiques comme le facteur d'échelle dû à la propagation atmosphérique.

Un meilleur indicateur est réalisé par la **fermeture externe** de polygones constitués par des vecteurs indépendants, c'est à-dire observés dans des figures différentes.

Sur notre exemple la somme de vecteurs $AB(1) + BL(2) + LC(3) + CD(4) + DE(4) + EF(5) + FG(5) + GH(6) + HI(6) + IJ(7) + KA(1)$ constitue la fermeture d'un polygone constitué par 11 lignes de bases observées dans 7 figures différentes (chiffres entre parenthèses).

Si cette fermeture est anormale (hors tolérances), des fermetures de polygones plus petits (4 points environ) permettront par recoupements de déceler la ligne de base ou la station dont les mesures sont douteuses.

Contrairement à la répétabilité, ce contrôle permet de mettre en évidence des fautes d'excentrement d'antenne.

Excellence : Une ligne de base sera validée par son calcul et les contrôles décrits ci-dessus.

Lorsque le chantier est éloigné du centre de traitement, il est donc primordial que cette validation puisse intervenir très rapidement, de sorte que pour éviter des surcoûts importants, en cas de nécessité de reprise de mesure, les opérateurs n'aient pas déjà quitté la zone de travail.

Cela suppose une **transmission rapide** des données de terrain au centre de calcul et une **optimisation des moyens** de calcul.

5.2. Calcul de compensation

Le calcul de compensation d'un réseau mesuré par GPS n'est pas foncièrement différent d'un calcul de compensation d'un réseau de mesures géométriques quelles qu'elles soient et ce sujet continue d'être l'objet d'une abondante littérature.

Cette partie n'est donc pas traitée ici. On peut cependant souligner que la précision finale peut être sensiblement dépendante de la pondération des résultats des mesures des lignes de bases selon les conditions d'observation et selon leurs estimateurs de précision interne.

L'ASSURANCE ET LE CONTROLE DE LA QUALITÉ DES RÉSULTATS GPS

Reiner Jäger

Geodätisches Institut, Universität Karlsruhe
Englerstraße 7, D-76128 Karlsruhe

Résumé

L'évolution récente de la technologie des récepteurs GPS, le développement des modèles mathématiques pour traiter les observations, ainsi que des modes rapides pour la mesure et le traitement, ont amené des applications de plus en plus nombreuses du GPS dans tous les domaines géodésiques. Le but de cette présentation est de préciser les caractéristiques fonctionnelles et statistiques d'un concept d'Assurance et Contrôle de la Qualité des résultats GPS en topographie, avec l'intention de produire des normes objectives et générales de la qualité ("AQ" et "CQ"). La qualité est décrite par des facteurs de **précision** et de **fiabilité** en rapport avec la **géométrie** d'une **configuration GPS** ou celle du résultat d'une **intégration GPS**. Bien que le principe soit valable pour un système tridimensionnel, l'AQ et le CQ sont gérés et traités séparément en planimétrie et en altimétrie. Les données utilisées pour la mise en œuvre des concepts de l'AQ et du CQ sont les résultats du traitement des observations - les coordonnées x_i et matrices de covariances C_{x_i} des sessions. Les concepts théoriques AQ et CQ sont exposés et argumentés par des exemples pratiques.



1. INTRODUCTION ET DÉFINITION

D'après la figure 1, les concepts d'assurance de la qualité des résultats GPS ("AQ") et du contrôle de la qualité des résultats ("CQ") doivent être en permanence mis en œuvre lors des mesures et de l'intégration dans les réseaux existants.

Fig. 1 : Le GPS et les éléments classiques font l'objet d'une assurance de qualité géométrique exprimée par la précision et la fiabilité. L'assurance de qualité peut concerner les résultats GPS seuls, ou aussi les autres composantes d'une intégration de GPS dans un réseau existant.

A partir de la fig. 1 nous démontrons les notions d'AQ et du CQ. Mais il faut d'abord définir la notion et les composantes de **qualité** relatives à un réseau géodésique. La **qualité** est définie à partir de la **précision** et de la **fiabilité** fonction de la **géométrie** d'une **configuration GPS** ou du résultat d'une **intégration GPS**.

AQ et CQ sont fondées sur des traitements à base de compensation par la méthode des moindres carrés et des concepts statistiques s'y rapportant.

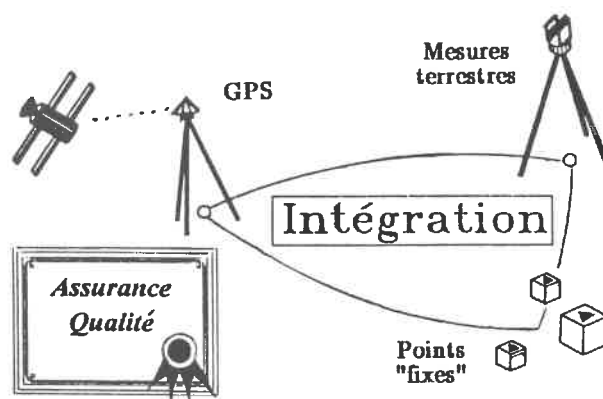


Figure 1

L'**AQ** - à garantir envers le maître d'ouvrage d'un réseau géodésique- est à faire par une **analyse préalable** à la réalisation. Seuls la configuration et le modèle stochastique des observations (trois types selon fig. 1) sont utilisés, sans les observations. Le facteur de **précision** est à quantifier -ou à comparer par rapport aux différentes configurations- par une analyse spectrale de la matrice de covariances des coordonnées [11] ou au moins par l'erreur moyenne des points escomptée pour le réseau. La redondance n'est en principe pas nécessaire pour assurer une certaine précision, alors que l'assurance de la **fiabilité** exige toujours la redondance. La **fiabilité interne** quantifie -vis-à-vis de chaque observation- la présence d'une erreur grossière ∇ vectorielle ou scalaire. Celle-ci est à localiser par un test statistique de niveau de confiance $(1-\alpha)$ avec un risque de deuxième espèce $(1-\beta)$ lors de la compensation des observations. Les mesures pour la fiabilité **externe** sont plus importantes dans l'assurance de qualité, car elles décrivent le dommage d'une erreur grossière $\nabla(\alpha, \beta)$ sur le réseau ; elles ne sont, en général, pas proportionnelles à la valeur $\nabla(\alpha, \beta)$. En pratique, $\beta = 80\%$ est usuel pour quan-

Ashtech means GPS... receivers, software and training for precision geodetic surveying

and global



navigation, real-time differential positioning on land or sea, aerial



photogrammetry, advanced dual P-Code surveying, attribute



tagging for GIS, precision



GPS avionics and 3-dimensional direction finding.



Du terrain jusqu'au plan, Ashtech couvre les besoins actuels et futurs !

La constellation des satellites GPS Navstar étant officiellement complète, tous les domaines d'applications GPS nous projettent dans le 21^e siècle. Ashtech, leader mondial en matière de technologie GPS, offre dorénavant les meilleures solutions pour la topographie/géodésie et également pour la navigation différentielle. Le récepteur Z-12 d'Ashtech est devenu la révélation de l'année 94 après l'établissement définitif de l'"A/S" (Anti-Spoofing = anti-brouillage). Grâce à son convertisseur A/D RF "Dual/Bit" et à sa technologie "Z-Tracking", le Z-12 offre la meilleure immunisation contre les effets de l'"A/S". Il assure ainsi la pleine précision pour les applications civiles. Le nouveau logiciel



"PRISM II" intègre un extraordinaire programme "PNAV" qui traite tout mode d'acquisition de mesures GPS différentielles en un seul module. Il permet de lever les ambiguïtés à-la-volée au centimètre. Cette caractéristique est particulièrement cruciale pour mesurer une trajectoire photogrammétrique avec une précision décimétrique. Ashtech continue d'anticiper les besoins du futur, en développant de nouveaux systèmes complètement intégrés. En France, TECHMATION distribue tous les produits ASHTECH destinés à la topographie, la géodésie et la navigation précise en assurant également le service et la maintenance des systèmes. Pour de plus amples informations, appelez au (1) 42 00 11 05.



Groupe R.E.A. - 20, quai de la Marne 75019 PARIS.
Tél. (1) 42 00 11 05. Fax (1) 42 40 51 40.



Ashtech Europe Ltd U.K. - Blenheim Business Park
LONG HANBOROUGH, Oxfordshire OX8 8LN (Angleterre)
Tél (44) 993 883533 - Fax (44) 993 883977

tifier le potentiel théorique de AQ en fiabilité (externe). En modifiant la configuration du réseau, la précision des observations, ou même le risque α au moment de la conception, il est possible de fournir les mesures de l'AQ exigée par le demandeur ou celles exigées par des normes.

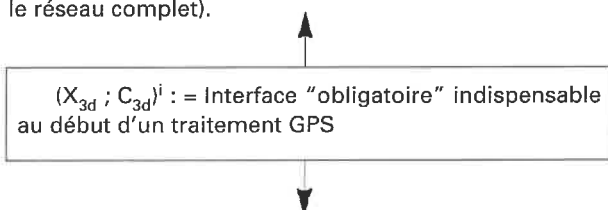
Le **CQ** comprend la **vérification de la précision et de la fiabilité**. Il est rendu possible par un traitement des observations dans la compensation. La vérification de la précision est faite par l'estimation des facteurs de variance pour les différents types d'observations, par exemple des sessions GPS, et exige des données redondantes. La preuve de la fiabilité est faite par les tests statistiques à partir des observations. En présence d'une erreur grossière signifiante la **fiabilité externe "empirique"** est calculée d'après l'erreur grossière estimée pour décider en définitive l'élimination ou non de l'observation concernée. C'est avec la probabilité $(1 - \beta)$ que la présence de l'erreur grossière $\nabla(\alpha, \beta)$ à calculer dans l'analyse AQ ne sera pas découverte pendant les tests du CQ.

Nous présentons un concept général d'AQ et du CQ avec des mesures GPS uniquement et des mesures GPS intégrées dans le réseau national. Ce concept est divisé en quatre parties. L'AQ et le CQ présentés dans les étapes (C) et (D) correspondent respectivement à la qualité théorique et à la réalisation pratique.

A) Traitement des observations GPS

Application d'un logiciel GPS commercial ou scientifique. **Résultat :**

- Coordonnées GPS X_{3d}^i sur WGS84, mal contrôlées et avec une matrice de covariances C_{3d}^i trop optimiste (précision interne) pour chaque session ou chaîne i (et le réseau complet).



B) Pré-transformation

Conversion $(X_{3d} ; C_{3d})^i$ accompagnée par la propagation des erreurs pour les matrices de covariances pour préserver l'information originale et la rigidité statistique du concept global. Les détails sont décrits par [15].

Résultat :

- Coordonnées nationales approchées planimétriques $(X_{2d} ; C_{2d})^i$.
- Coordonnées altimétriques ellipsoïdiques $(h ; C_h)^i$.

C) Compensation simultanée des sessions - CQ concernant GPS pur

Compensation simultanée des sessions du réseau GPS relatif au réseau altimétrique $(h^i ; C_h^i)$ et/ou relatif au réseau planimétrique $(X_{2d}^i ; C_{2d}^i)$. **Résultat :**

- Contrôle statistique et vérification de la précision externe de la composante GPS.
- Réseau GPS planimétrique X_{2d} (précision C_{2d} a posteriori).

- Réseau GPS altimétrique la (précision C_h a posteriori).

D) Intégration GPS

Intégration du GPS dans le système national -altimétrique $(h ; C_h)$ et/ou planimétrique $(X_{2d} ; C_{2d})$ - par une compensation combinée concernant les données GPS contrôlées en (C), des mesures terrestres et des points "fixes". Cette combinaison exige l'introduction des paramètres additionnels (A, B, C, D, E) pour le GPS altimétrique et/ou des paramètres (m, e, t_y, t_x) pour le GPS planimétrique. **Résultat :**

- Contrôle global du modèle de l'intégration GPS.
- Contrôle des mesures terrestres et des points fixes par des tests statistiques.
- Points nouveaux h^n et/ou X_{2d}^n déterminés par GPS relatif h et/ou X_{2d} du système national.

Ce concept (A)-(D) fut publié pour la première fois dans [10]. Comme différence essentielle par rapport au concept utilisé en Suisse [2], la solution ci-dessus utilise le modèle stochastique C_{3d} initial du GPS et augmente la rigueur statistique d'AQ et du CQ s'y rapportant. Au stade actuel du concept [2] les $C_{3d,i}$ -complètement pleines initialement dans (A)- sont assimilées par la suite à des matrices diagonales à définir arbitrairement par l'utilisateur, alors que dans [10], la structure $C_{3d,i}$ est préservée et seul un facteur s_i entre précision externe et interne est à estimer au cours du concept. Grâce à cette rigueur le concept peut aussi être utilisé dans des domaines où la sévérité continue d'un concept statistique est obligatoire, par exemple dans l'analyse des déformations avec GPS [1]. L'état actuel du concept ci-dessus est détaillé dans [7] et [8].

2. LES MODELES FONCTIONNELS DU CONCEPT

Les modèles fonctionnels des étapes (C) et (D) du schéma ci-dessus sont précisés et discutés brièvement par la suite. Nous considérons les équations aux observations linéarisées.

$$1 + v = A \cdot dy + 1(y_0) \quad (1a)$$

où $y = dy + y_0$ sont les paramètres inconnus et à déterminer par le principe $v^T C_1^{-1} v = \text{Min}$ de moindres carrés. C_1 est la matrice de covariances des observations et y_0 les valeurs approchées des inconnues (par exemple les coordonnées h_k^n ou/et $(y, x)_k^n$ du réseau national). Le modèle fonctionnel concernant la fiabilité envers des erreurs grossières ∇ consiste à étendre de (1a) selon :

$$1 + v' = A \cdot dy' + 1(y_0) + \nabla \quad (1b)$$

[4]. L'inconnu ∇ est un scalaire ou un vecteur selon s'il s'agit par exemple d'une simple observation classique l_i ou une coordonnée h du GPS, ou s'il s'agit par exemple d'une erreur $\nabla_i = (\nabla y, \nabla x)_i$ à découvrir dans les coordonnées planimétriques x_{2d}^n d'un point fixe P_i du réseau national. Les mesures de la fiabilité interne et externe dans AQ sont liées à la sensibilité du test de signifiante pour ∇ .

2.1 Etape (D) - intégration du GPS

Le mode standard des mesures et du traitement GPS relatif aux orbites des satellites ne fournit pas des coor-

données absolues mais des différences relatives par rapport au point de référence choisi dans le traitement (étape (A) du concept général). Ainsi le modèle standard pour l'intégration du GPS corrélé en planimétrie ($\Delta X_{2d}, C_{2d}$) dans le réseau national (étape (D)) s'écrit pour le couple $i (\Delta y, \Delta x)^{GPS}_j$:

$$\begin{bmatrix} \Delta y + v_y \\ \Delta x + v_x \end{bmatrix}_j^{GPS} = m \cdot \begin{bmatrix} \cos \varepsilon & \sin \varepsilon \\ -\sin \varepsilon & \cos \varepsilon \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_k - y_m \\ x_k - x_m \end{bmatrix}^n \quad (2a)$$

[10]. Les observations $(\Delta y, \Delta x)^{GPS}_j$ résultant de l'étape (C) ne sont pas encore intégrées dans le réseau national. Pour le couple k et m (2a) du réseau national les observations $(\Delta y, \Delta x)^{GPS}_j$ seront après correction $(v_y, v_x)_j$, liées par le paramètre ε (rotation) et un coefficient une échelle m . Pour l'intégration du GPS Δh altimétrique après le contrôle (C) dans le réseau national, il faut en principe disposer de l'ondulation du géoïde dans la région concernée. Par le modèle fonctionnel :

$$(\Delta h + v_h)_j^{GPS} = (h_k - h_m)^n + (y_k - y_m) \cdot A + (x_k - x_m) \cdot B + (y_k^2 - y_m^2) \cdot C + (y_k \cdot x_k - y_m \cdot x_m) \cdot D + (x_k^2 - x_m^2) \cdot E \quad (2b)$$

traité dans [8], on peut renoncer au géoïde explicite, en faveur d'une modélisation correspondante. Les inconnues (A, B) décrivent l'inclinaison entre le plan tangentiel au géoïde et à l'ellipsoïde WGS84, et les inconnues (C, D et E) modèlent la différence entre les courbures de ces deux surfaces. Les coefficients du lieu $(\dots, y_m, x_m, y_k, x_k, \dots)$ peuvent être pris au choix dans le système GPS ou dans le réseau national. Des expériences réalisées avec le logiciel HEIDI [8] montrent que le modèle (2b) fonctionne pour des régions jusqu'à une extension de cinquante kilomètres.

2.2 Etapes (C) - compensation simultanée des sessions du GPS

Les paramètres ε et m (2a) n'interviennent pas lors du CQ ou AQ relatif au GPS dans l'étape (C). Il en va de même pour les composantes altimétriques Δh^i pour lesquelles il faut renoncer aux paramètres (A, ..., E) dans (2b). Cela veut dire que le CQ et l'AQ sont à traiter dans le cadre commun WGS84. Si pour une raison quelconque, les sessions $(x_{2d}^i; C_{2d}^i)$ ou $(h^i; C_h^i)$ respectivement sont introduites au pas (D), il faut le faire avec des paramètres additifs communs.

3. LE CONTROLE DE LA QUALITÉ

3.1 Etape (C) - CQ - compensation simultanée des sessions du GPS

En supposant que les résultats GPS à l'étape (A) sont trop optimistes (= interne, voir [11]) et insuffisamment contrôlés, le CQ concernant la **fiabilité** du GPS seul par rapport aux **erreurs grossières** à l'étape (C) doit se référer aux tests statistiques relatifs à la précision externe du GPS. Le test pour prouver la fiabilité d'un point j dans la session i doit tenir compte de la *corrélation des coordonnées* dans une session. Fondé sur le modèle (1b), il résulte :

$$T_j = \frac{[\bar{v}^i]_j^T \cdot [\bar{C}_v^i]^{-1} \cdot [\bar{v}^i]_j}{d \cdot \bar{s}^2} \leq c; \quad (3a, b, c)$$

$$[\bar{C}_v^i] = [C_v^i]^{-1} - [C_v^i]^{-1} A^i C_y A^{iT} [C_v^i]^{-1}$$

$$\text{et } C_y = (A^T C_1^{-1} A)^{-1}$$

[4], [10]. Le vecteur des corrections transformées \bar{v}^i et le facteur de la variance réduite \bar{s}^2 se déterminent par :

$$\bar{v}^i = C_1^{i-1} \cdot v^i \text{ et } \bar{s}^2 = (s^2 \cdot r - [\bar{v}^i]_j^T \cdot [\bar{C}_v^i]^{-1} \cdot [\bar{v}^i]_j) / (r-d) \quad (3d, e)$$

$[C_v^i]$ sont les matrices de covariances des sessions originales -respectivement C_{2d}^i ou C_h^i - issues de (B).

La notation $[\dots]_j$ correspond à une observation j dans la session i . Pour la composante planimétrique on a $d = 2$ et pour la composante altimétrique $d = 1$. La valeur critique $c = F_{d, r-d, \alpha}$ est obtenue par la distribution centrale de Fisher, où r est la redondance. Dans l'étape (C), la matrice A^i de la session i est une matrice avec des éléments "1" ou "0" (observations directes). Au cas où T_j est rejetée, l'estimation de l'erreur grossière ∇_j et le scalaire F_{ij} (facteur d'influence) se déterminent en planimétrie (de même pour l'altimétrie) comme suit :

$$\nabla_j = \begin{bmatrix} \nabla_y \\ \nabla_x \end{bmatrix}_j = -[\bar{C}_v^i]^{-1} \cdot [\bar{v}^i]_j \quad \text{et} \quad (4a, b)$$

$$F_{ij}^2 = \frac{1}{\bar{s}^2} \nabla_j^T \left[[C_v^i]^{-1} - [\bar{C}_v^i] \right]_j \cdot \nabla_j$$

[5], [7]. Le facteur F_{ij} relatif à la **fiabilité externe empirique*** (* selon [5]) donne une borne supérieure pour la falsification d'une fonction $f(y)$ arbitraire des inconnues y par ∇_j . La falsification maximale ∇P_{\max} de la position d'un point arbitraire dans le réseau à cause de ∇_j s'écrit par exemple :

$$\nabla f(y) \leq F_{ij} \cdot \sigma_f \text{ et } \nabla P_{\max} \leq F_{ij} \cdot s_p, \text{ avec } s_p = \text{erreur maximale des points.} \quad (4c, d)$$

La deuxième partie (**CQ - GPS** seul) consiste à apprécier la **précision externe (reproductible)** et à estimer des facteurs de précision s_i^2 pour chaque session i :

$$s_i^2 = v^{iT} C_1^{i-1} v^i / \text{tr} (C_1^{i-1} C_v^i) \quad , \quad \text{avec} \quad (5a, d)$$

$$C_v^i = C_1^i - A^i C_y A^{iT}$$

Pour un même mode d'utilisation GPS, on espère, qu'après l'élimination des erreurs grossières à l'aide du T_j les facteurs s_i

$$s_1^2 \approx \dots \approx s_i^2 \approx \dots \approx s^2 \quad \text{avec} \quad (5c, d)$$

$$s^2 = (v^T C_1^{-1} v) / r = T_g \sim F_{r, \infty} \quad \text{et} \quad E(s^2) = 1$$

sont homogènes, et en accord avec le facteur s global de la compensation simultanée des sessions. Dans la relation $C_{\text{ext}}^i = s_i^2 \cdot C_1^i$, les s_i (5a) lient la précision intérieure C_1^i du logiciel GPS avec la précision effective C_{ext}^i de la session i . Dans la pratique on a $3 \leq s_i \leq 20$ et dépend du mode et de la durée de la mesure GPS. Pour cette raison des tests relatifs à la précision C_1^i interne (par exemple le "test global" T_g (5c) bien connu) sont sans intérêt pour le GPS seul dans l'étape (C). En conséquence, la matrice C_{ext} de covariances des inconnues y (dans (C) seulement les coordonnées).

$$C_{\text{ext}} = s^2 \cdot (A^T C_1^{-1} A)^{-1} = s^2 \cdot C_{\text{intr}}$$

avec $AT = [\dots A^i \dots]$, $C_1 = \text{diag} [\dots C_1^i \dots]$ et $i = \text{index des sessions}$ (6a,b,c)

exprimant la précision extérieure est par la suite utilisée comme modèle stochastique de l'intégration du GPS planimétrique ou altimétrique à l'étape (D). La fig. 2 montre les résultats concernant la détermination des facteurs si entre la précision interne (étape (A)) et la précision externe pour les six sessions GPS dans le CQ, étape (C). Les sessions étaient traitées par le "logiciel GPS Bernaise 3.4" à l'étape (A).

Situation du réseau (80 x 160 km)

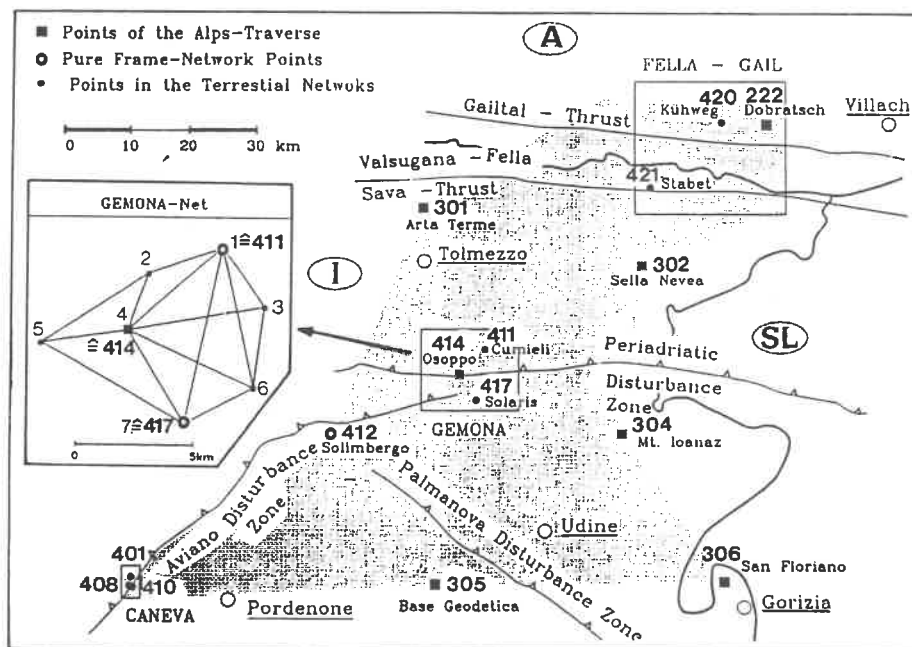


Figure 2

Session (2.5 - 3.0 heures)

- 401, 408, 410, 414, 411, 417, 421, 422, 222,
- 401, 408, 410, 412, 301, 304, 421, 422, 222
- 412, 305, 306, 304, 302, 421, 422, 222
- 305, 306, 414, 411, 417, 304, 302
- 410, 408, 401, 412, 305, 304, 306, 302, 301
- 412, 414, 417, 411, 301

Facteur s_i (5c)

Altimétrique	Planimétrique
4.7	17.2
25.6	17.7
14.1	16.8
16.0	17.4
18.8	18.1
11.8	10.3

Fig. 2 : CQ d'un réseau régional de déformation à FRIUL [1]. Le GPS seul donne une précision moyenne de 6.4 mm en planimétrie (précision interne 0,3 mm !) et 8.4 mm altimétrique (interne 0,5 mm !) dans C_{ext} (6a), voir [3].

3.2 Etape (D) - CQ lors de l'intégration du GPS dans des réseaux existants

A l'étape (D) le CQ concerne les groupes d'observations terrestres I_i et le groupe de points fixes du

réseau national. Les points fixes X_{2d}^n (2a) ou h^n (2b) du réseau national sont traités comme des inconnues et en même temps comme des observations directes [10], et sont ainsi à contrôler par le test (3a). Les formules pour tester une observation j (scalaire ou vectorielle) et la mesure de sa fiabilité externe empirique sont déjà données par T_j (3a, b, c) et F_j (4b). Pour les composantes autres que GPS (fig. 1) il y faut remplacer la notation "session" par la notation "groupe". Cela vaut aussi

pour l'estimation des composantes des variances s_i^2 (5a). En général on connaît la précision externe des groupes lors de l'intégration (D) mieux que dans (C). Pour cette raison on peut y appliquer des tests relatifs à la précision a priori des observations. Pour cela, il faut remplacer $s^2 = 1$ dans T_j (3a) ; en conséquence le degrés r de liberté pour c (3a) passe à $r = \infty$.

4. L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

4.1 AQ de la précision d'un réseau GPS seul et intégration GPS

L'AQ pour la précision d'un réseau -à traiter par une analyse précédant la réalisation et exigeant seulement la

connaissance de la configuration A (1a) ainsi que la précision des observations C_i est bien connue. L'AQ y est relative aux mesures de précision des coordonnées x issues de $C_x = [(A^T C_i^{-1} A)^{-1}]x$. Il est usuel de prendre l'erreur moyenne des points -en même temps la racine de la valeur propre moyenne de C_x - comme mesure de précision dans AQ. Pour améliorer la précision d'un réseau, il est donc raisonnable d'aspirer à une contraction maximale du spectre des valeurs propres de C_x . Les articles [9] et [14] traitent la théorie et des applications de ce concept spectral relatif à l'amélioration de la précision d'un réseau par l'intégration de GPS. Ce concept spectral est aussi appliqué dans [7] pour obtenir la configuration optimale pour les sessions GPS.

La fiabilité de la précision estimée dans le CQ envers $s_i = s = 1.0$ concernant les s_i (5c) et s (5c) n'est pas traitée dans le cadre de cet article.

4.2 AQ et les mesures de la fiabilité interne et externe

L'assurance de la **fiabilité interne** du test T_j (3a), relatif à une observation j vectorielle dans un groupe i corrélé, est décrite par l'ellipsoïde de sensibilité suivant l'équation

$$\nabla T_j \cdot [C_v^{-1}] \cdot \nabla T_j = \lambda \quad (\alpha, \beta)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 \text{ de } F_{d, r-d} \text{ non centrale pour } T_j(3a) \text{ avec } \bar{s}^2(3e) \\ \lambda_2 \text{ de } F_{d,00} \text{ non centrale pour } T_j(3a) \text{ avec } \bar{s}^2=1 \end{array} \right\}, \text{ avec } \lambda_2 \leq \lambda_1 \quad (7a, b)$$

[7]. Cet ellipsoïde décrit par des vecteurs (du centre à la surface) le domaine d'une erreur grossière, ∇_j (un scalaire pour $d = 1$), qui est -lors de présence dans les données- à découvrir au cours de CQ par le test T_j (3a) avec une probabilité β , s'il est fait au niveau de confiance $(1 - \alpha)$. Pour $d > 1$, ∇_j n'est pas unique ; donc pour déterminer la **fiabilité externe**, le FI_j théorique était dans [12] défini par le maximum $FI_j^2 = \max (4b)$ pour une certaine ∇_j dans (7a). Cette valeur maximale et le ∇_j responsable se déterminent par la valeur propre maximale μ_{\max} et le vecteur m_{\max} correspondant au problème de valeurs propres généralisées suivant :

$$([C_1]^{-1} - \mu \cdot [\bar{C}_v]) \cdot m = 0 \Rightarrow \mu_{\max} FI_j^2, \max$$

$$\text{et } m_{\max} = \nabla_j, \max \text{ (comportant } FI_j^2, \max) \quad (8a, b, c)$$

[7]. Les mesures (7a, b) et (8b, c) sont dans l'AQ suffisantes pour juger de la qualité en rapport de la fiabilité. Elle est assurée par les tests (3a) concernant les observations x_{2d} et h du GPS au pas (C), et les points fixes x_{2d}^n ou h_n du réseau national à tester dans (D). La mesure ∇P_{\max} (4d) de la fiabilité externe -à assurer avec la puissance β pour le test T_j - est à calculer avec FI_j, \max . Pour la généralisation, il est indiqué, que, pour $d = 1$ et I_j non corrélée, il résulte d'après (7a) et (8b, c) des mesures de fiabilité du test bien connu "correction normé ($T_j = v_j / \sigma_{v_j}$)" :

$$|\nabla_j| = |\nabla_j| = \sigma_{ij} \frac{\sqrt{\lambda_2(\alpha, \beta)}}{\sqrt{r_j}} \text{ et}$$

$$FI_j = \sqrt{\frac{1-r_j}{r_j}} \cdot \sqrt{\lambda_2(\alpha, \beta)} \quad (9a, 9b)$$

Pour obtenir ∇_j (9a) et FI_j (9b) -à garantir envers le maître d'ouvrage avec une puissance $\beta = 80\%$ - il faut prendre $\lambda_2 = 17.2$ pour CQ avec $\alpha = 0.1\%$. Le calcul général des λ (α, β, d, r) et la solution logicielle sont traités dans [6]. La fig. 3 démontre des analyses concernant AQ de la fiabilité, dans la mesure où cela est exigé dans l'amélioration d'un réseau terrestre par GPS. Les ellipses fig. 3b décrivent la mesure bidimensionnelle de la fiabilité (7a) et la sensibilité du test T_j (3) respectivement, si le test est fait avec une variance a priori en concernant des erreurs grossières $\nabla_j = (\nabla_y, \nabla_x)_j^n$ pour les points fixes du réseau national.

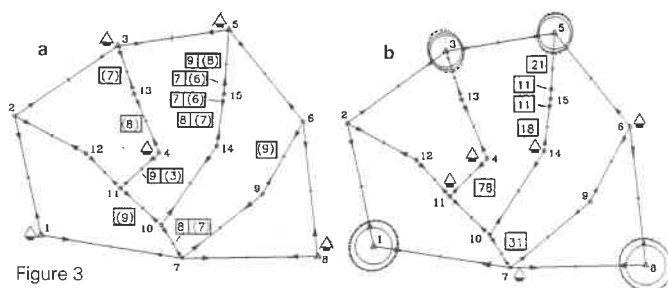


Figure 3

$\boxed{x} \boxed{x}$ cas a :

r_j critiques après GPS
non optimal et sans GPS

$\boxed{x} \boxed{x}$ cas b :

r_j suffisantes
après GPS optimal

Fig. 3 : AQ concernant le pas (D) : Pour un exemple d'un réseau terrestre qui est à contrôler par GPS, voir [7]. Les tests dans (D) pour les mesures terrestres seront faits avec $\alpha = 0.1\%$. Pour trouver la position optimale GPS présentée dans b, on a exigé que, avec une probabilité $\beta = 80\%$ les FI_j (9b) doivent être inférieurs à 10. Donc, les redondances r_j doivent être environ 10% ou plus.

5. LES LOGICIELS POUR RÉALISER L'AQ ET LE CQ

Les étapes (C) et (D) de l'AQ et du CQ pour le GPS seul et les composantes d'une intégration (fig. 1) sont respectivement réalisées pour le réseau planimétrique dans le logiciel NETZ2D [13] et le réseau altimétrique dans HEIDI [8]. Les prétransformations (B) sont implémentées dans TRAVAR [15]. Il y a une continuité dans le traitement des données de (B)-(C)-(D). L'interface (A)-(B) est réalisée pour les logiciels GPS les plus connus.

6. CONCLUSION

Le premier objectif de cet article est de présenter un concept fonctionnel structuré et ouvert pour des applications pratiques diverses, qui permet en même temps l'intégration des opérations de quantification de la qualité au stade de la planification (= assurance) et pour les résultats (= vérification et contrôle) des diverses application du GPS. Le concept se met en place dans les entreprises modernes, où la qualité d'un produit n'est pas seulement contrôlée à la fin, mais projetée et vérifiée de manière continue dès le début. Les critères de "l'assurance de la qualité (AQ)" et "contrôle de la qualité (CQ)" sont introduits dans le produit spécifié de "qualité géodésique" -la géométrie d'un réseau géodésique. La qualité se rapporte en somme à la précision et la fiabilité de ce produit au sens statistique et est ainsi représentable par des mesures quantifiables et objectives. Selon la notion générale, l'AQ est relative à la planification d'un réseau. Le CQ et les mesures correspondantes comprennent la vérification et le contrôle de la qualité du produit (projeté au stade AQ) réalisé. Ainsi, les mesures de l'AQ et CQ dans ce concept sont correspondantes. Nous avons présenté un concept d'AQ et CQ dans le domaine du "GPS en topographie". Généralement, seule l'introduction des notions de la qualité dans les offres professionnelles donne "la valeur" au produit de la qualité. La pratique AQ et CQ revendique enfin l'introduction de "normes" pour les mesures de qualité liées à ce concept. Simultanément il faut aussi tenir compte et distinguer avec clarté "la qualité d'un concept AQ et CQ" (par exemple, un concept avec des procédures statistiques validées vaut mieux qu'un concept non strict). Pour le concept strict présenté et ses différentes étapes les normes pour "la bonne qualité" pourraient par exemple être données par une valeur " FI_j (8b) intérieure à 10. dans "AQ", ou une valeur " ∇P_{\max} (4d) intérieure à 10.0 cm dans un réseau de topographie urbaine". L'exemple concernant le GPS seul (fig. 2) montre la mise en œuvre du CQ au cours de la compensation des résultats GPS. L'exemple traitant de l'intégration GPS pour améliorer la fiabilité d'un réseau terrestre (fig. 3) montre que le potentiel théorique de l'AQ et ses mesures respectives sont toujours à quantifier par une analyse préalable à la réalisation.

Références

- (1) Beinat, A., Jäger, R., Marchesini, C. and G. Schmitt (1994) : Interim Report on a Regional RCM - network in Friuli, Italy. "IAG Regional Symposium on Recent Crustal Movements in Europe", Szekesfehervar, September 01/04, 1992. Journal on Geodynamics.
- (2) Carosio, A. (1992) : La combinaison de mesures terrestres et par satellite dans les réseaux planimétriques. Mensuration, Photogrammétrie, Genie rural 10/92, Zürich.
- (3) Dumke, B. (1993) : Planung, Auswertung und statistische Ergebnisbeurteilung der GPS - Rahmennetzmessung in Friaul sowie Deformationsanalyse bezüglich der Nullmessung. Diplomarbeit am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe. Inédit.
- (4) Förstner, W. (1983) : Reliability and Discernability of extended Gauß - Markov - Models. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe A-98, München.
- (5) Förstner, W. (1985) : Über die Zuverlässigkeit der Netzverdichtung 3. und 4. Ordnung. DVW - Mitteilungen, Landesverein Baden - Württemberg, Heft 1, Stuttgart.
- (6) Hahn, M., Heck, B. Jäger, R. und R. Scheuring (1989) : Ein Verfahren zur Abstimmung der Signifikanzniveaus für allgemeine $F_{m,n}$ - Statistiken - Teil I : Theorie. Zeitschrift für Vermessungswesen 114 (5) : 234-248.
- (7) Illner, M. und Jäger, R. (1993) : Ein Konzept zur Integration von GPS in Verdichtungsnetze - Modellbildung und Ableitung von zugehörigen Genauigkeits- und Zuverlässigkeitsmaßen . ZfV 118, Nr. 11.
- (8) Illner, M. und Jäger, R. (1994) : Integration von GPS - Höhen ins Landesnetz - Théoretisches Konzept und Realisierung im Programmsystem HEIDI. AVN. In Bearbeitung.
- (9) Jäger, R. (1990) : Optimum Positions for GPS - points and Supporting Fix-points in Geodetic Networks. In : Ivan I. Mueller (ed.) International Association of Geodesy Symposia. Symposium No. 102 : "Global Positioning System : An Overview", Edinburgh/Scotland, Aug. 7/8, 1989. Convened and edited by Y. Bock and N. Leppard, Springer Verlag : 254-261.
- (10) Jäger, R. und J. van Mierlo (1991) : Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Ergebnisinterpretation bei der Planung und Ausgleichung von GPS - Konfigurationen und der GPS - Integration in bestehende Netze. DVW - Mitteilungen Baden - Württemberg, 38. Jahrgang, Sonderheft "GPS und Integration von GPS in bestehende Netze", Stuttgart : 165-189.
- (11) Jäger, R. and S. Leinen (1992) : Spectral Analysis of GPS - Networks and Processing Strategies due to Random and Systematic Errors. In : Defense Mapping Agency and Ohio State University (Eds.) "Proceedings of the Sixth International Symposium on Satellite Positioning", Columbus/Ohio (USA), 16/20 March. Vol. (2) : 530-539.
- (12) Van der Marel, H. and A.J.M. Kösters (1990) : Statistical Testing and Quality Analysis in 3D - Networks (Part II) : Application to GPS. In : Publication of the Delft Computing Centre, Department of Geodetic Engineering, Delft.
- (13) Oppen, S. und R. Jäger (1991) : Das Softwarepaket NETZ2D. DVW - Mitteilungen Baden - Württemberg, 38. Jahrgang, Sonderheft "GPS und Integration von GPS in bestehende Netze", Stuttgart : 190-209.
- (14) Schmitt, G. (1994) : Optimization of Vertical Networks. In : Witte und Pelzer (Hrsg.) : "Precise Vertical Positioning". Proceedings of the Hannover Workshop, October 1990. Dümmler - Verlag, Bonn. Im Druck.
- (15) Schmitt, G., M. Illner und R. Jäger (1991) : Transformationsprobleme. DVW - Mitteilungen Baden - Württemberg, 38. Jahrgang, Sonderheft "GPS und Integration von GPS in bestehende Netze", Stuttgart : 125-142.

LES RECOMMANDATIONS POUR LES VÉRIFICATIONS DE ROUTINE DES APPAREILS ÉLECTRONIQUES DE MESURE DE DISTANCES (AEMD)

Par Jean-Marie Becker
Fédération Internationale des Géomètres (F.I.G.)

1. INTRODUCTION

Le Géomètre, en tant que professionnel, doit effectuer son travail d'une manière optimale au regard de la *qualité requise* (spécifications légales de précision, tolérances officielles des levers,...), du *délai de fourniture* des résultats et de la *minimisation des coûts* de production.

L'atteinte de ces buts requiert non seulement savoir-faire et emploi de méthodes adéquates de mesure et de calcul, mais aussi l'utilisation d'appareils adaptés à chaque projet spécifique.

Les appareils d'aujourd'hui sont d'emploi "**pousse-bouton**", très simple et de technologie d'apparence "**boîte noire**", dotés de logiciels de traitement des données très évolués. Ces systèmes semblent prendre en compte tous les problèmes (calibrations automatiques, ... etc) et le Géomètre peut oublier **sa propre responsabilité d'usager** !

Cependant l'exercice du métier lui fera rapidement comprendre que la réalité est fort différente : -d'une part les fabricants n'ont pas encore réussi à construire l'appareil parfait sans erreurs, -d'autre part chaque appareil est un individu avec des caractéristiques particulières qu'il faut d'abord connaître, ensuite quantifier pour corriger les mesures afin d'obtenir des résultats corrects.

Consciente des problèmes quotidiens de ses membres, la FIG décida lors du CONGRES DE HELSINKI en 1990 de préparer une publication traitant des procédures recommandées pour les vérifications de routine des appareils électroniques de mesures de distances : AEMD (résolution 5/1-1990). Le groupe de travail **WG 5.1 de la FIG** sous la présidence de J-M BECKER (Suède) reçut alors la responsabilité de mener à bien cette résolution 5/1-1990. Les membres de ce groupe représentent une large compétence internationale et nous y retrouvons deux autres Français membres de l'AFT : Mrs Michel MAYOUD et Michel KASSER.

Le document final, qui sera présenté et publié à Melbourne (1994) dans les trois langues officielles de la FIG (anglais, français et allemand), est d'environ dix pages et contient les chapitres suivants :

- Introduction : objectifs et travail du groupe WG 5.1.
- Définitions : test, calibration, vérification.



- Pourquoi les AEMD doivent être testés, vérifiés ?

"Assurance de la qualité des résultats"

- Les sources d'erreurs et leurs effets : le matériel, l'opérateur, les éléments météorologiques ; les Corrections Instrumentales.
- Les vérifications : types, intervalles, procédures.
- Les recommandations pour : l'utilisateur, le propriétaire, le fabricant, c'est-à-dire les vérifications et les recommandations proprement dites.

2. LES VÉRIFICATION PROPOSÉES

Dans ce chapitre sont spécifiés les différents types de vérifications, ce qui est recherché, quand, où et comment ? :

■ Tous les jours : vérification de fonctionnement (1)

- du matériel (AEMD et accessoires),
- son utilisation (consignes d'emploi, du constructeur).

Pour ce faire suivre les instructions des manuels d'emploi et les recommandations officielles des autorités : faire "usage de son savoir professionnel de Géomètre".

■ Chaque semaine : vérification des performances (2)

- répétabilité : stabilité dans le temps,
- détection d'éventuels changements.

Ceci est réalisé par "mesures comparatives répétées" sur une base d'essais au bureau. Ces bases (permanentes ou temporaires) sont utilisées dès qu'un projet démarre (valeurs de référence) et jusqu'à sa fin pour contrôler la stabilité de l'AEMD. Elles ont des distances typiques pour le projet en cours. Ainsi tout **changement significatif** peut être détecté, sa source identifiée et l'erreur quantifiée lors d'une calibration (3) qui suivra.

■ A intervalles réguliers : vérification par calibration (3)

- détection des sources d'erreurs (après constatation selon (2)),
- détermination des valeurs actuelles des

Corrections Instrumentales (I.C.) : correction additive, cyclique et d'échelle.

Quelques procédures simples à mettre en œuvre par le Géomètre dans son travail journalier sont également proposées par le WG 5.1.

Il existe évidemment d'autres méthodes et procédures de vérification et de calibration des AEMD et de leurs accessoires qui sont proposées par les constructeurs, certaines autorités ou organisations telles que **ISO, AFNOR, DIN, ...** etc. Elles doivent être adaptées au type de mesure (portées, qualité, rapidité) pour lequel l'AEMD a été spécifié.

Remarque : il est recommandé que ces vérifications soient également effectuées à **certaines occasions spécifiques** telles que : après accident, réparation, révision ou encore usage d'un AEMD de location.

3. RECOMMANDATIONS DE LA FIG

Comme mentionné précédemment, un certain nombre d'**acteurs** (utilisateurs, propriétaires, autorités, fabricants,...) sont de près ou de loin impliqués dans les méthodes de mesures, contribuent au résultat final et sont **responsables de sa qualité finale**. *C'est pour cette raison que nos recommandations et suggestions s'adressent à chacun d'eux :*

■ **L'utilisateur** (observateur, opérateur, Géomètre...) doit :

- être au fait des performances de son appareil : possibilités et faiblesses,

- exiger un document des tests finaux pour son AEMD au fabricant,

- suivre les instructions du *mode d'emploi*,

- établir une **"base d'essai"** pour les vérifications des performances (2),

- surveiller *"l'état de santé"* de l'AEMD et de ses accessoires par des vérifications appropriées (1), (2), (3), noter tous changements dans un **carnet de bord** et si nécessaire procéder à une nouvelle calibration,

- n'utiliser que des AEMD *appropriés* pour chaque type de travail avec des *corrections instrumentales connues et à jour*,

- renvoyer chez le fabricant tout AEMD qui ne suit plus les spécifications techniques (erreur spécifiée par le constructeur) pour contrôle, entretien ou réparation. Exiger un **certificat de calibration** après toute intervention,

- se tenir au courant de l'expérience d'autres utilisateurs.

■ **Le propriétaire** (cabinet de géomètre, société topographique...) doit :

comprendre le *besoin et l'utilité* de vérifications et calibrations,

- donner à l'opérateur *les moyens* (l'entraînement, le temps) et s'assurer que ce dernier exécute régulièrement les vérifications instrumentales,

- n'acheter que du matériel approprié aux besoins, et doté d'un document de calibration finale par son fabricant (de même après chaque intervention),

- insister auprès des autorités locales et nationales pour que soient établies des bases de calibration officielles en nombre suffisant,

- *s'informer* et informer le milieu professionnel de leurs expériences.

■ **Le constructeur** (fabricant, société chargée de l'entretien) doit :

- donner une **information claire** concernant les spécifications techniques (y compris les valeurs d'origine de la constante additive, corrections d'échelle, météorologiques, indice de réfraction, No de référence ... etc),

- informer avec *réalisme* sur les performances avec limitations et faiblesses,

- mettre à disposition une copie du document de test final et **calibrer l'AEMD** après chaque intervention sur l'appareil avec copie à l'utilisateur-proprétaire,

- inclure dans les **logiciels d'exploitation des routines automatiques** pour les divers types de vérifications (1), (2), (3), et de calibration : procédures, calcul -inclure un carnet de bord interne (carnet de santé) où toutes les informations significatives concernant les vérifications et calibrations sont archivées automatiquement -informer continuellement les usagers -offres de maintenances régulièrement.

■ **Les autorités doivent :**

- exiger dans les instructions officielles, cahiers des charges, ...etc, qu'**un document de calibration à jour soit fourni** pour tout AEMD (neuf ou usagé) devant être utilisé dans les marchés publics,

- établir suffisamment de **moyens de calibration permanents** et appropriés,

- informer les usagers, les professionnels et les constructeurs au sujet des *lois et recommandations officielles* ainsi que des moyens mis à disposition,

- inclure dans tous les marchés publics une **clause de contrôle de la qualité** et surveiller que celle-ci soit appliquée.

■ **Les université, Grandes Ecoles** etc... doivent :

- *participer à l'effort général pour l'amélioration de la qualité* dans l'exercice de leur profession,

- examiner, *tester* et publier leurs résultats concernant tous les appareils nouveaux et couramment utilisés par les Géomètres,

- s'assurer que les *étudiants sont entraînés* à mener les vérifications de routine sur les instruments (AEMD, ...etc),

- *informer le monde professionnel*, les constructeurs et les autorités de leurs expériences et découvertes et faire pression pour que les faiblesses soient éliminées.

4. CONCLUSIONS

Les recommandations présentées dans le chapitre précédent ont été communiquées et soumises à la critique de toutes les délégations nationales de la FIG et des fabricants d'AEMD lors de la 60ème réunion de la FIG à New-Orléans (février 1993). Le présent document

à pris en compte les commentaires et propositions faits au groupe de travail WG 5.1.

Le but de ces recommandations *n'est pas de se substituer* aux manuels des constructeurs, aux recommandations officielles ou aux traités spécialisés. Ce document complète les textes légaux ou les normes là où ils existent ; il ne les remplace pas. Là où de tels textes et normes n'ont pas été mis en place, ces recommandations peuvent servir de base de départ. Leur but est de décrire les procédures professionnelles généra-

lement reconnues qui sont employables, et qui devraient *faire partie des pratiques de routine chaque fois qu'un AEMD est utilisé*. Ce document est important pour tous les acteurs.

C'est enfin notre espoir que les usagers, leurs employeurs et les organisations professionnelles impliquées dans l'emploi des AEMD, incluant les constructeurs, voudront suivre ces recommandations pour leur satisfaction mutuelle et une bonne pratique professionnelle dont tout le monde bénéficiera.

QUESTION POSÉE À M. BECKER ET RÉPONSE

M. Soudan : *Ce document très intéressant, sous quelle forme sera-t-il diffusé, quel sera son pouvoir : recommandations, exigences, normes ?*

M. Becker : *Le titre est "recommandations", donc les suivra qui veut, ce sont des conseils pratiques, une aide à tous nos membres et aux autres.*

M. Soudan : *Pourra-t-il servir de référence ?*

M. Becker : *Dans certains cas ; parfois les autorités s'en servent soit sous forme de lois, soit sous forme de conseils. Tout donneur d'ordre peut l'inclure dans son cahier des charges, c'est ce qui se passe en Suède.*

LEXIQUE TOPOGRAPHIQUE

COMMISSION D'ENSEIGNEMENT DE L'AFT. CHAPITRE 10

Le lexique topographique, commencé par la commission d'enseignement de l'AFT en 1985, a vu le début de sa parution, sous forme d'un fascicule détachable, dans le numéro 47 d'XYZ.

Sous la même forme vous trouverez dans ce numéro le chapitre 10 "Calculs".

Le nombre total de termes recensés de l'ouvrage est de 1 200. Dans cette quantité, certains lecteurs trouveront sans doute des imperfections. Qu'ils sachent que leurs observations seront toujours accueillies avec attention par la commission. Cela lui permettra de mettre à jour le lexique en vue d'une autre publication. Merci. Nous tenons à votre disposition, sur simple demande, l'index général des noms de l'ouvrage, ainsi que des fascicules déjà parus.

D'autre part, pour ceux que gênerait l'impression du lexique sur papier bleu paru avec le numéro 51 (chapitre 4, pages 41 à 48), nous tenons à leur disposition une nouvelle impression sur papier jaune ne dépareillant pas l'ensemble de l'ouvrage. En faire la demande à l'AFT.

Plan général de l'ouvrage

- 1 Généralités
- 2 Mesures des longueurs
- 3 Mesures des angles horizontaux
- 4 Mesures des altitudes
- 5 Canevas
- 6 Cadastre et travaux fonciers
- 7 Levé tachéométrique
- 8 Levé au goniographe (planchette)
- 9 Implantations
- 10 Calculs
- 11 Représentation cartographique
- 12 Photogrammétrie



GEOMETRES SANS FRONTIERES

UN BORNAGE AU VILLAGE

Pour poursuivre l'article du dernier numéro de XYZ sur l'action du volontaire GPS (Emmanuel SIMON BARBOUX) à YAOUDE qui expliquait la procédure pour la régularisation des titres fonciers au CAMEROUN, nous vous proposons dans ce numéro d'illustrer la réalité par "la petite histoire", après un bref rappel des faits.

En 1970, Monseigneur Jean ZOA qui n'a pas attendu d'être dépassé par les problèmes fonciers du CAMEROUN, a créé un service Diocésain du Cadastre. De nombreux jeunes géomètres missionnaires se sont alors succédé jusqu'en 1989. E.S.B prit la relève en 1992, héritant ainsi d'un énorme travail effectué mais qui souffrait néanmoins de cette interruption de trois ans.

Au CAMEROUN, les Diocésains sont propriétaires des terrains qu'ils occupent, mais cette propriété n'est que coutumière tant qu'elle n'est pas prouvée par un titre foncier, qui s'obtient après de longues procédures administratives. Cependant, les réelles étapes de cette procédure, avouées ou non, diffèrent quelques peu des textes, comme dans bien d'autres domaines ! Le suivi des dossiers est un sport qu'il faut pratiquer régulièrement pour éviter les obstacles et les voies de garage.

E.S.B passe ainsi une bonne partie de son temps à effectuer une gestion du patrimoine et une régularisation foncière. Il y a environ 200 terrains qu'il faut borner, mesurer, recenser, mettre en valeur, protéger de toute usurpation et "immatriculer" selon l'expression consacrée de l'Etat. Souvent les procédures varient selon qu'il est question de terrain de la Mairie, de l'Etat ou d'autres titres fonciers. Cependant, le cas du terrain de brousse est assez typique ; voici l'exemple de la Paroisse d'Abang (par Emmanuel SIMON BARBOUX).

ABANG, est une nouvelle paroisse créée à la demande des chrétiens de ce village situé à 60 kms mi-piste mi-goudron de YAOOUNDE. Pour construire un presbytère et une église, ils ont donné à l'Archidiocèse de YAOOUNDE, un terrain encore vierge au cœur de la forêt équatoriale. Un rendez-vous de bornage est donc pris avec le curé, médiateur et organisateur. A 7h, me voilà sur la piste avec mon



coéquipier, François YENE, que j'ai formé à l'utilisation des appareils de terrain. Après 1h15 de route, nous arrivons sur le site où nous attendent les villageois. Les jours précédents, ils ont débroussaillé à l'emplacement des limites du terrain. Curé, notables, riverains, donateurs... tous ensemble, avec les bornes et les machettes, nous faisons le tour du terrain une première fois en le délimitant par le tracé de layons rectilignes et la pose de bornes. La durée de cette première partie est imprévisible tant elle suscite de palabres. Je demande en général au curé et au chef du village de les résoudre car c'est pour moi d'abord un problème de langue, ensuite d'impartialité ! Puis nous recommençons le tour en équipe réduite avec les appareils pour effectuer les mesures. Huit heures de travail sont nécessaire pour terminer les mesures avant la nuit, ce qui réduit à zéro la pose casse-

croûte... une fois n'est pas coutume, mais cela nous évite de revenir.

Après avoir effectué les plans que je fais signer au village, je constitue un dossier comprenant ces éléments topographiques et le détail de nos projets de mise en valeur, puis le dépose à l'administration. Après quelques temps, le préfet signe un arrêté nommant les membres d'une commission, prési-

dée par le sous-préfet, destinée à visiter le terrain et donner un avis sur la demande d'immatriculation que j'ai introduite.

Le jour venu de cette "tenue de palabres", je pars une heure après l'ouverture des bureaux sans savoir à quelle heure je rentrerai. Il me faut tout d'abord récupérer dans chaque service les fonctionnaires membres de la commission pour les emmener jusqu'à ABANG. Arrivée sur le site, la commission prend connaissance des limites du terrain et va siéger. Elle propose alors aux éventuels opposants de faire valoir leurs droits : un propriétaire riverain demande une indemnisation pour empiètement du bornage sur son terrain ; après bien des querelles entre villageois, l'opposition est retirée et le secrétaire rédige un procès verbal que chaque membre signe. La séance est levée par des remerciements dilatés et la com-

mission est invitée, comme le veut la coutume, à partager un repas offert par le diocèse. Par la suite le buffet est ouvert aux villageois. Cette palabre officielle est en effet l'occasion pour le diocèse de remercier les villageois de leur don en offrant un repas de fête... Ensuite, je raccompagne les fonctionnaires en ville.

Il y a de grands risques que la procédure s'arrête à ce stade car toutes les motivations sont "consommées". Pourtant le procès verbal doit encore être authentifié par le préfet et le dossier transmis au Ministère attribuant le terrain à titre provisoire au diocèse. Aujourd'hui nous en sommes au stade de l'obtention (imminente bien sûr) de l'arrêté ministériel, bien que le bornage ait été effectué il y a un an. Cet arrêté presque vénéré, nous permettra de disposer du terrain. Pour obtenir l'at-

tribution définitive et le sacro-saint "titre foncier" nous devons réaliser le projet envisagé... et recommencer la procédure ci-dessus.

Les démarches de certains terrains ont débuté en 1933 et n'ont pas encore abouti : dossier perdu, opposition abusive, expropriation, non concordance entre projet et réalisation, ou même défaut de procuration... Mais il est vrai que malgré les redevances foncières élevées que je paye pour chaque dossier, les services administratifs n'ont plus les moyens de se procurer simplement du papier et des carbones. Je les fournis alors au compte-goutte pour les besoins de chaque étape. C'est par ces efforts que l'on devient propriétaire. De quoi décourager plus d'un autochtone.

Pour adhésion ou dons :

GEOMETRES SANS FRONTIERES - Maison des Professions Libérales - 285, rue Alfred Nobel - 34000 MONTPELLIER

Nous comptons sur vous.

LE CURVIMETRE avec remise à zéro automatique est le plus avancé des fabrications BURNAT. Il permet de travailler rapidement avec précision. Il existe dans des modèles différents correspondant aux échelles spécifiques utilisées par :

- le Cadastre,
- les Travaux Publics,
- le Bâtiment (notre photo).









CURVIMETRE MEASUREUR MODELE UNIVERSEL N° 650



Permet de mesurer toutes surfaces sur tous matériaux en toutes circonstances.

Précis au cm, remise à zéro du compteur, cet appareil vous permet de préparer des devis précis

VOUS SOUHAITEZ MESURER RAPIDEMENT

des emplacements de parking	la hauteur des murs d'intérieur	des plans de bâtiments travaux publics, cadastre
 BURNAT	 BURNAT	 BURNAT
odomètre pour terrains déjà aménagés	Curvimètre mesureur	Curvimètre
des travaux de voirie	des terrains non aménagés	des sols des plafonds des escaliers
 BURNAT	 BURNAT	 BURNAT
odomètre	odomètre à fil	Curvimètre (jusqu'à 3 mètres sans échelle)

Etablissements BURNAT - 89, rue d'Hauteville - 75010 Paris
Téléphone : (1) 47 70 09 73 - Télécopie : (1) 48 24 03 41

UN ENSEMBLE DGPS/SIG

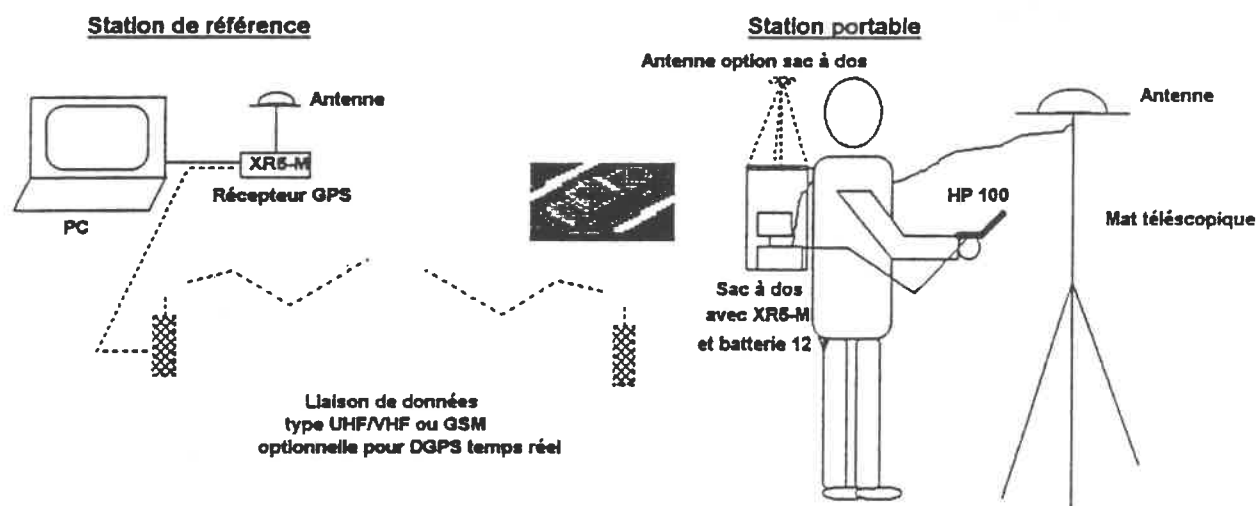
Sur le site de Roujan, dans l'Hérault, et pour le compte de l'INRA, MONTPELLIER (Lab. Science du SOL)

UNE DÉMONSTRATION DU SYSTEME MIDAS

Equipements Services Techniques (E.S.T.)

Par Bruno WAITZMANN

Le système



Midas : Mapping Information Database Aquisition System.

L'essor du GPS dans les diverses applications de positionnement a conduit E.S.T. à étudier, autour du système, des solutions complètes "clefs-en-mains". La société offre ainsi à l'utilisateur du GPS l'outil opérationnel adapté à ses besoins.

Dans cette optique, elle propose un ensemble DGPS/SIG : le récepteur XR5 NAVSTAR fonctionnant en mode différentiel et couplé à un système informatique tel que le HP100 doté du logiciel de saisie et de traitement de base de données MIDAS permet ainsi à l'utilisateur d'obtenir un géoréférencement précis à quelques mètres (1-2 m) en quelques secondes et d'y associer simultanément les caractéristiques souhaitées (route, arbre, point d'eau, par exemple).

Le compte-rendu de démonstration, ci-après, décrit précisément la méthodologie d'emploi de cet ensemble DGPS/SIG développé en étroite collaboration avec la société anglaise NAVSTAR.

Le principe de base consiste à réaliser une acquisition GPS simultanée avec deux récepteurs. L'un (station de référence) est positionné sur un point connu, l'autre (station portable) sur le(s) point(s) à déterminer. Cette méthode permet de s'affranchir de la plupart des erreurs GPS, et d'atteindre des précisions métriques (système présenté) voire centimétriques avec un logiciel de traitement sur les phases de signaux des satellites (voir l'encadré en fin d'article).

LA STATION DE RÉFÉRENCE

- Un PC type 386 ou 486 avec co-processeur mathématique, sur lequel est installé le logiciel MIDAS.
- Un récepteur 6 canaux parallèles monofréquence C/A 8 satellites en poursuite (ou mieux 12 canaux parallèles).
- Une antenne "ground plane" réduisant les phénomènes de multi-trajets.
- Une source d'alimentation 12 V pour le PC et le récepteur.

Afin de mener à bien une mission la position de la station devra être connue ou déterminée (par GPS par exemple) de façon précise (borne IGN).

Le logiciel MIDAS

Le concept MIDAS est de réaliser une acquisition GPS/SIG simultanée et pratique. Le géoréférencement des objets se fait automatiquement par GPS, ces objets étant renseignés par des attributs pré-définis par l'utilisateur.

Pré-mission : l'utilisateur intègre dans MIDAS sa propre base de données (objets et attributs associés).

En mission : le logiciel enregistre les données satellitaires et affiche en permanence le statuts de la constellation GPS.

Post-mission : le logiciel calcule les positions à une précision de 1 à 2 m près. Il édite les résultats de la mis-

sion. Enfin il dispose d'utilitaires de conversion pour le formatage des données (DXF, MOSS...) et est directement compatible avec les SIG ou base de données.

Le récepteur de référence

Sa fonction essentielle est de générer des corrections différentielles résultant de la comparaison entre la position connue, et la position calculée par le récepteur. Ces corrections sont stockées pour être appliquées ultérieurement, en post-mission, aux points à déterminer. Si l'utilisateur dispose d'un moyen de transmission type UHF/VHF ou GSM, il pourra transmettre ces corrections au mobile, et ainsi obtenir en temps réel une précision de 2 à 5 m.

Technologiquement le récepteur utilisé, dispose de 6 canaux parallèles pour une poursuite de 8 satellites. Une version 12 canaux parallèles est également proposée pour une réception optimisée de la constellation. Ce récepteur dernière génération possède des caractéristiques exceptionnelles en terme d'acquisition de signaux. Il délivre une solution de navigation même en environnement difficile (urbain, sous les arbres...) en s'aidant des phases de signaux dans les boucles de poursuite. La vitesse de ré-acquisition est quasi instantanée (inférieure à 2 secondes) en cas de perte de signal. Développé suivant des contraintes militaires il tient dans des conditions extrêmes de température, d'accélération (9 g), de choc, d'humidité... (MIL STD 810). Il peut d'autre part délivrer sa position jusqu'à 4 fois par seconde.

LA STATION PORTABLE

Afin de répondre aux besoins d'ergonomie, la station portable tient dans un sac à dos ou en bandoulière. Ce sac contient :

- Un récepteur GPS 6 canaux (8 satellites en poursuite). Faible poids et faible consommation, il est garant d'une bonne autonomie sur le terrain. Le récepteur de référence et le récepteur mobile sont identiques et donc parfaitement interchangeables. Le récepteur mobile est capable d'analyser les corrections différentielles générées par la référence soit en temps réel si une liaison de données est disponible, soit plus généralement en créant un fichier d'acquisition pour le post-traitement.

- Un organiseur HP 100, intégré dans un boîtier étanche, entièrement compatible DOS sert d'interface homme-machine. La partie acquisition de MIDAS est installé sur le HP 100. Très simplement l'utilisateur réalise une acquisition GPS et simultanément renseigne ce point par un objet et les attributs de cet objet.

Exemple d'écran d'acquisition HP 100

Job ESSA230 [500Kb]				[Static]				
Pt N°	Feature	Str	Tag	Dtm	MM	Db	Ant. Ht	
1	REGUL	1	S	3D	St	Yes	2.0000	
2	-----	1	S	3D	St	No		
Menu	Lib Db	Pt->	Acc	Sat	CTL	S/D	Dup	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9 F10

9 touches d'accès direct de F1 à F9 :

F1 : menu général, F2 : accès direct à la librairie d'objets, F3 : accès direct aux attributs de l'objet sélectionné, F4 : accès rapide à un numéro de point, F5 : précision estimée, F6 : statuts de la constellation GPS, F7 : point de contrôle, F8 : commutation de mode d'acquisition : statique (15 s/point) ou cinématique 1 point/s, F9 : duplication du point précédent permettant d'affecter facilement à un même point plusieurs objets.

La validation par "enter" de tous les champs du tableau fait démarrer automatiquement l'acquisition GPS. Exemple F2.

Type	Feature	Description
HORIZON	No HORIZON	Numéro horizon dans le profil
HORIZON	REGUL	Régularité de la limite
.../...	.../...	.../...
PROFIL	No PROFIL	Numéro du profil dans l'étude
PROFIL	EROSION	Erosion

←→ To move Enter to select feature

Exemple touche F3

Pt :	1	Feature REGUL	[F1]
Code saisie :	(ex : 1 = régulière ; 2 = ondulée...)		

Une batterie avec témoin de charge et un ensemble de câbles et chargeur garantissent l'opérationnalité du système (adaptateur allume cigare, chargeur rapide, batterie longue durée...). Une antenne fixée sur un mat télescopique (ou sur le sac à dos) complète cet ensemble.

Si l'utilisateur désire avoir une bonne précision en temps réel, il convient d'associer une liaison de données, le récepteur mobile corrige alors sa position en intégrant les corrections transmises par la référence.

La technologie monofréquence utilisée limite la distance entre la référence et le mobile. Théoriquement il est recommandé que cette distance n'excède pas 30 kms. Opérationnellement on vérifie que l'on obtient des résultats satisfaisants jusqu'à 100 kms. Cette distance est également limitée, dans la configuration temps réel, par la liaison de données (0.5 W max. soit 15 à 20 kms de portée en **site dégagé** sans autorisation). Cependant l'utilisation du GSM nous affranchit de cette contrainte ; la référence et le mobile doivent alors être équipés du téléphone numérique.

DÉMONSTRATION

Cette démonstration a pour but de valider l'ensemble GPS différentiel / GPS sur le bassin versant expérimental de Roujan (Hérault) et ses alentours.

Planning

1ère journée :

Vérification de l'opérationnalité du système et détermination précise d'un point de référence.

Cette étape de préparation est souvent nécessaire si l'on désire déporter le point de référence du point IGN

connu. Le choix de l'emplacement de la station de référence est déterminant pour la qualité des résultats. Le site doit être dégagé. Nous réalisons une acquisition GPS simultanée de 2 mm, puis nous rapatrions des données de la station portable sur la station de référence pour un post-traitement immédiat. La qualité estimée de ce point est sub-métrique.

Afin de vérifier la précision des mesures, nous décidons de réaliser le lendemain une mission sur un ensemble de points dont la position est connue.

2ème journée :

Levée de points connus par GPS différentiel. Nous positionnons la station de référence sur le point IGN à ROUJAN. Nous rayonnons avec la station portable autour de ce point afin de tester la précision du système, la fiabilité des indications de précision délivrées, le tout en fonction de la distance entre la référence et le mobile.

Notons que le système présenté délivre des coordonnées en WGS-84. Le choix de ce DATUM est motivé par son universalité et sa précision. Le système peut être livré avec une sortie directe en LAMBERT avec une dégradation décimétrique systématique liée à ce système de coordonnées. Les sites levés sont connus en LAMBERT 3. Nous réalisons l'acquisition et le post-traitement en WGS-84 et décidons de convertir ultérieurement les résultats en LAMBERT 3.

Nous effectuons le trajet suivant :

Point N° 1 : exutoire Roujan, **Point N° 2 :** Pezenas, **Point N° 3 :** Paulhan, **Point N° 4 :** Bouzol, **Point N° 5 :** Bouzol, **Point N° 6 :** Bel Air, **Point N° 7 :** Bel Air, **Point N° 8 :** Paulhan, **Point N° 9 :** Paulhan.

Ce trajet permet de vérifier l'exactitude et la répétabilité du système.

Nous notons, pour valider l'intérêt du différentiel, les solutions de navigation non corrigées sur chacun des points. Celles-ci sont stockées et donc très facilement accessibles en dézoomant l'écran de saisie. Nous

notons également l'indication de précision délivrée sur le terrain également accessible en post-mission en pressant la touche F5 du HP 100. Nous effectuons 60 secondes d'acquisition par point (l'expérience prouve que 15 secondes suffisent pour obtenir le même type de résultats).

Résultats et analyses

Notons au préalable, que le logiciel MIDAS est pourvu de verrous permettant à l'utilisateur de moduler le niveau de qualité des mesures. Il peut notamment modifier les paramètres de GDOP (configuration géométrique des satellites) maximum autorisés. Lors de cette démonstration, aucune précaution de GDOP max n'avait été prise. Il en résulte une grande souplesse d'utilisation en environnement difficile, mais une moins bonne appréciation des niveaux de qualité. Il est donc préférable d'imposer au logiciel une bonne qualité de GDOP (< 6). Lors d'une modification de la constellation (perte d'un ou plusieurs satellites ou modification des poursuites) le logiciel impose alors une réacquisition.

Résultats généraux

L'erreur moyenne en mode différentiel est de : 1,50 m en XY et 1,30 m en Z

L'erreur moyenne en mode naturel est de : 38,40 m en XY et 54,50 m en Z.

CONCLUSION

L'ensemble MIDAS s'est avéré lors de cette démonstration un outil de positionnement métrique, voire sub-métrique.

L'acquisition GPS/SIG est ergonomique.

Afin d'exploiter au mieux les performances de MIDAS, l'utilisateur doit :

1. Choisir judicieusement le site de référence.
2. Configurer suivant son application et ses besoins de précision les paramètres de MIDAS.

Mieux : pour performance centimétrique :

Le logiciel TURBO TOPAS permet un traitement de données GPS issues de la plupart des récepteurs du marché. Il effectue un traitement sur les phases des signaux permettant une résolution des ambiguïtés liées à l'acquisition GPS. Il est doté d'une interface graphique si conviviale que l'utilisation du manuel est généralement inutile. Le TURBO TOPAS inclut les modules suivants : plannings de projet, traitement de ligne de base en statique jusqu'en cinématique, ajustement de réseau 3D en coordonnées WGS84, transformation d'Helmert pour la conversion en coordonnées locales type LAMBERT, entrée/sortie en format RINEX2, 2 interfaces récepteurs GPS au choix. Les autres interfaces sont disponibles en option.

Seul ce logiciel permet une indépendance totale quant à l'utilisation de récepteurs de marques différentes. A noter que l'on peut combiner les mesures effectuées avec un bi-fréquence et un mono-fréquence, cependant ce traitement ne peut s'effectuer qu'avec les mesures d'une seule fréquence. En conséquence dans cette configuration, le traitement s'effectue comme si l'acquisition avait été réalisée par deux mono-fréquence. L'idéal étant d'utiliser le couple de récepteurs mono-fréquence pour les très courtes lignes de base et le couple bi-fréquence pour les plus longues lignes de base > 50 kms. En tous état de cause le logiciel traite automatiquement les différentes configurations possibles.

Le logiciel TURBO TOPAS a été spécialement développé pour une parfaite adéquation avec l'ensemble des récepteurs du marché. La combinaison et le traitement de données issues de récepteurs de marques différentes est possible quels que soient les antennes utilisées, le nombre de canaux ou les temps d'observation. Outre les modes classiques (statique, rapide statique, pseudo cinématique) le logiciel TURBO TOPAS peut également intégrer différentes options :

- **Le module OTF (On The Fly).**

Module de traitement cinématique sans initialisation statique avec technique de résolution d'ambiguïté en vol pour application de trajectographie.

- **Interface récepteur**

Le logiciel interprète directement les formats des récepteurs suivants :

NAVSTAR, ASHTECH, MAGNAVOX 4200D, ROGUE et TurboRogue, TRIMBLE et NOVATEL, les autres formats dépendent de la demande. L'intégration de nouveaux formats doit être étudiée au cas par cas.

E.S.T. 4 bis rue François Pinson - 92320 Chatillon - Tél. : 47 36 40 00 - Fax : 47 36 15 85



Photogrammétrie

Métrologie industrielle

Surveillance géodésique
de mouvements de terrain

30, ans d'expérience et de progrès continu

Ecart-type des mesures
contractuellement garanti

PARIS La Défense,

4, rue de l'abreuvoir, 92400 COURBEVOIE
(FRANCE)

Tél. (33) 76.90.43.54

Fax (33) 76.90.19.87

TOPOLASERS NORD-EST



Créée en 1992

TOPOLASERS-NORD-EST SARL est une société de services dans le domaine de la topographie générale.

Elle met en avant la préoccupation des ses clients tout en ayant le souci constant de rechercher des nouveaux produits de qualité.

Elle présente sur le marché une gamme complète de produits de grandes marques.

- Les lasers BTP Spectra Physics.
- Les stations totales Géotronics 504 et 506 et le nouveau GEODOLITE (prix très compétitif).
- Les carnets enregistreurs compatibles.
- Les logiciels de topométrie à la carte.
- Les tables traçantes HP et CALCOMP et les digitaliseurs.
- Les accessoires d'arpentage.
- Les systèmes GPS de Trimble Navigation (très prochainement).
- Elle assure la maintenance de votre matériel avec des certificats de conformité.

NOTRE PHILOSOPHIE

Un service prioritaire
avec un suivi

CONSULTEZ NOUS

LES JOURNÉES DU SIG DE L'ESGT ET IETI

Par Henri Pornon

Les 15, 16 et 17 mars se sont déroulées les journées SIG organisées par l'ESGT et la société IETI Consultants. Chaque journée était consacrée à la présentation de deux expériences de SIG mises en œuvre par des géomètres-experts dans des collectivités publiques ou auprès d'entreprises privées.

Les six expériences étaient les suivantes :

1) Commune de Doué-La-Fontaine (49). Dans cette commune de 7 500 habitants, la société ERIGE, regroupant plusieurs cabinets du Maine-et-Loire et des Deux Sèvres a mis en œuvre un SIG pour la gestion des réseaux d'eau et d'assainissement. Le SIG est opérationnel et utilisé par la commune depuis 1993 et son évolution vers des applications d'urbanisme et de gestion de voirie est envisagée.

2) Gestion de patrimoine immobilier. Le cabinet MARIEL de Paris présentait deux expériences, la première concernant une application de patrimoine dans le département de la Marne, la seconde une gestion d'appartements.

3) Gestion de site industriel. Les cabinets CLOG (Didenheim) et STEVERLYNCK (Bernay) présentaient une expérience de gestion du site industriel mis en œuvre à l'usine Than & Mulhouse du Havre, et dépassant largement le cadre de la topographie et des SIG pour aboutir à la gestion documentaire et au CIM (Computer Integrated Manufacturing). Cette expérience a été présentée dans le numéro de mars 1994 de la revue *Géomètre*.

4) Gestion de projet d'aménagement. Monsieur MOREL (Lille) a présenté le rôle joué par son cabinet dans la gestion du projet EURALILLE, et dans les Echanges de Données Informatisées (EDI) de CAO entre les différents intervenants.

5) Expérience de SIG dans l'agro-alimentaire. Monsieur LECOUTEUX (Saumur) a présenté le SIG mis en œuvre pour la société Royal Champignon, avec dans un premier temps un objectif de diagnostic foncier (situation juridique des parcelles et des caves), et dans un deuxième temps une extension au domaine du géomarketing (SIG de communication orienté vers la visualisation de données diverses : gestion, transports...).

6) Expérience de Mably. Présentée par Monsieur FAVIER (Pouilly-sous-Charlieu). Mably est une commune de la Loire de 7 500 habitants, équipée d'un SIG depuis 1990 et disposant de nombreux thèmes : le cadastre, le POS et le réseau d'assainissement ont été mis en œuvre en 1990. Depuis, la commune a intégré à son SIG l'eau potable, la défense incendie, l'éclairage public, les zones naturelles (environnement) et pense à d'autres thèmes (plan de jalonnement...).

De l'avis des participants, ces journées ont été une grande réussite, tant du point de vue de la qualité des

expériences présentées (toutes originales, concrètes et opérationnelles), que de celui des échanges et débats qu'elles ont suscité : les discussions entre participants et intervenants ont en effet abordé une grande variété de thèmes : aspects techniques (logiciels, données, EDI-GEO), méthodologiques, économiques (coûts des projets, bénéfices), humains et organisationnels, institutionnels (négociation avec la DGI ou les exploitants...), rôle joué par le géomètre et par la profession, évolution induite dans les cabinets (personnel) et dans la démarche commerciale des géomètres, aspects relatifs au partenariat...

Les participants ont particulièrement apprécié de voir les expériences (chaque présentation comportant une démonstration visuelle du système et des résultats obtenus) de pouvoir y consacrer suffisamment de temps (une demi-journée par expérience) et de pouvoir dialoguer avec des confrères ayant réalisé une expérience concrète.

Les six expériences, bien que très différentes par le contenu technique, le client et le thème abordé, présentent des similitudes qui valent d'être mises en valeur, car elles sont riches d'enseignements et illustrent bien la mutation en cours dans les cabinets de géomètres-experts.

Le débat sur la rentabilité des projets, du double point de vue du client et du géomètre-expert a mis en évidence que pour les deux acteurs, l'avantage économique ne doit pas être recherché à court terme et sur une réalisation, mais de façon plus globale et à moyen terme : pour le prestataire, il est rare que la rentabilité soit atteinte au stade de la première expérience sur le premier site. Ce n'est qu'après avoir valorisé le savoir-faire sur plusieurs projets ou après avoir enrichi la base initiale par des levers et des prestations additionnelles que le projet devient rentable.

Dans la plupart des cas, les projets ont été mis en œuvre par des équipes pluridisciplinaires associant géomètres, informaticiens, consultants, spécialistes divers... En revanche, le fonctionnement de ces équipes était variable d'une expérience à l'autre et illustrait bien la variété des solutions : regroupement de spécialistes dans un cabinet, acquisition de prestations auprès d'une structure externe, création d'une structure partenariale, regroupement de cabinets dans une structure informatique.

Tous les intervenants ont insisté sur l'étape préalable de découverte du métier, des besoins, du langage du client. Aucun n'est arrivé avec une vision préfabriquée du projet. Tous ont commencé par construire une solution avec le client et ont mis en évidence que ce type de projet, difficile à spécifier à l'avance, doit se mettre en place dans un esprit de partenariat et dans un climat de confiance. C'est à ce stade que se justifie le débat sur

l'assurance qualité dont les outils méthodologiques permettent de valider petit à petit les étapes de mise en œuvre en regard de la satisfaction du client. Plusieurs intervenants avaient d'ailleurs entrepris des démarches qualité dans une perspective de certification AFAQ.

Tous les intervenants ont également pris conscience de la prééminence du facteur humain et organisationnel : nécessité d'adapter l'outil à l'homme (et non l'inverse), importance de la motivation, de l'accompagnement humain des projets, de la formation...

Enfin, les intervenants ont fait état d'approches commerciales et de mode de gestion du personnel très simi-

laire : pour le premier aspect, comportement actif vis-à-vis du client (aller à sa rencontre, au devant de ses besoins, proposer des solutions sans attendre qu'il vienne solliciter le prestataire), démarche marketing, importance accordée à la communication, souci de la qualité. Pour le deuxième aspect, importance accordée à la formation interne dans les cabinets, valorisation des individus et des savoir-faire, démarche qualité interne...

En conclusion, tous les participants ont souhaité que ces journées se renouvellent en 1995 avec une participation accrue, mais avec le même objectif de montrer des expériences originales et opérationnelles.

La société IETI a profité de l'exposition de MARI/EGIS 1994 pour faire un sondage auprès de quelques éditeurs de logiciels sur l'état d'avancement de leurs réflexions ou développements d'interfaces EDIGEO.

Sur les 12 éditeurs questionnés, 4 ont déjà une interface au catalogue (import, export ou bidirectionnelle) : APIC Systèmes, ESRI, INTERGRAPH et STAR. Les prix annoncés varient de 8 000 F pour une interface monodirectionnelle à 40 KF pour une interface bidirectionnelle. Un cinquième a développé une interface d'import pour le projet GEODISC de l'IGN, mais considère qu'elle n'est pas commercialisable en l'état.

Les 7 autres fournisseurs attendent la pression des utilisateurs pour se décider, quand ils ne se déclarent pas (en privé) opposants de la norme. Plusieurs annoncent être en mesure de la développer pour la fin d'année. Certains considèrent qu'ils ont l'interface EDIGEO de façon indirecte, par l'intermédiaire d'un autre format. Ainsi, un fournisseur nous a indiqué qu'il existait une interface entre son produit et le format FEIV de l'IGN et que l'IGN avait développé l'interface FEIV ↔ EDIGEO (les utilisateurs du logiciel n'ont qu'à s'adresser à l'IGN !). Un autre nous a tenu le même discours avec le format d'ARC/INFO (dit "GENERATE" ou "E00").

Mentionnons quelques sources d'humour involontaire : un concepteur nous a indiqué qu'il attendait la publication de la norme, un autre les spécifications de la DGI.

Rappelons pour mémoire :

1° Que les spécifications de la DGI ont été rendues publiques en début d'année 1994 (début janvier) et que cette administration impose le format EDIGEO dans toutes les conventions signées avec elle.

2° Que de plus en plus d'appels d'offres concernant la digitalisation cadastrale ou la fourniture de SIG font explicitement référence au format EDIGEO.

3° Que l'IGN livre ses bases de données dans le format EDIGEO.

Ces trois observations nous semblent confirmer que le format EDIGEO entre à présent dans sa phase opérationnelle, que sa mise en application est irréversible, et que les éditeurs ont intérêt à ne pas trop attendre s'ils veulent rester dans la course (et pour ceux qui travaillent avec des producteurs de données, ne pas pénaliser leurs clients fournisseurs de données cadastrales).

Henri Pornon

REPERTOIRE DES ANNONCEURS - N° 59

SETAM-INFORMATIQUE	2 ^e couv.	IETI.....	74
JS INFO	3 ^e couv.	LEICA.....	6-18
TOPO-CENTER	4 ^e couv.	NIKON	2
AERIAL.....	88	PENTAX.....	23
BSPLINE-MARKETING.....	5	SINTEGRA	70
BURNAT	66	STAR-INFORMATIC.....	86
CARL-ZEISS.....	36	TECHMATION	56
DANGEL	22	TOPCON-SLOM	49
EMDsat.....	82	TOPOLASERS-NORD-EST	71
GEOMETRI-INFORMATIQUE	33	TRIMBLE	40
GEOTRONICS	52		



La mise à jour de
I'OBSERVATOIRE GEOMATIQUE 1994
est disponible !

Les réponses aux questions que vous vous posez sur les SIG, les BDU et l'Information Géographique sont dans l'**Observatoire Géomatique 1994** !

De quel SIG est équipée la Chambre d'Agriculture de la Vienne ? La commune de Charlieu (Loire) ?
Le Conseil Général de l'Ardèche ?
Quels SIG disposent d'une interface EDIGEO ?
D'une version Windows-NT ?
Combien existe-t-il d'applicatifs de gestion de patrimoine dans l'environnement Autocad ?



Plus de
151 applicatifs métiers et
103 logiciels SIG ou de CAO, présentés et regroupés dans des tableaux comparatifs.
1 632 références de logiciels concernant
1 073 organismes présentées par département et par type d'organisme.

Toutes les marques citées dans ce document sont la propriété de leurs dépositaires respectifs.



Nom.....

Société.....

rue.....

Code postal..... Ville.....

A retourner à :

I.E.T.I. Consultants

17 Bd des Etats-Unis
71000 MACON

Veuillez me faire parvenir l'**Observatoire Géomatique**, au prix de

Conditions de Vente	Prix Unitaire de vente	Quant	Total TTC
Mise à jour Observatoire Géomatique 94	527,50 F TTC franco de port		
Observatoire Géomatique 93 + Mise à jour 94	1 055,00 F TTC franco de port		

(Tarif Mise à jour réservé aux acquéreurs de l'**Observatoire Géomatique 1993**)

Ci-joint mon règlement ☐ par chèque bancaire ☐ par chèque postal (à l'ordre de IETI SA).

☐ Je désire recevoir une facture acquittée.

Ecoutez, vous, arpenteurs des temps modernes...

Bertran Boysset

1345 (?) - 1414

LA SIENSA DE DESTRAR

ou le savoir-faire d'un arpenteur arlésien

au XIV^{ème} siècle

Traduction de l'occitan de Magdeleine Motte

Madame Magdeleine Motte, agrégée de mathématiques et membre de l'Institut d'Etudes Occitanes a traduit avec beaucoup de compétence "la siensa de destrar" que Bertran Boysset, arpenteur arlésien, a rédigé à l'intention de ses élèves au XIV^{ème} siècle.

Avec François Delebecque qui m'a précédé à l'Ecole Nationale du Cadastre, nous nous sommes efforcés d'apporter à madame Motte l'appui logistique nécessaire à la mise en forme et à l'édition de son travail.

L'intérêt historique incontestable de ce document, sa formulation souvent surprenante, la façon dont sont abordés les problèmes de l'arpentage, nous paraissent suffisamment caractéristiques et éloignés de nos habitudes pour en publier quelques passages.

Les quatre extraits choisis par le traducteur montrent la préoccupation de Boysset de mettre en garde son lecteur contre les risques propres aux travaux d'arpentage. Le suivant exercera la sagacité du lecteur et lui révélera un aspect peu connu des systèmes antérieurs au système métrique.

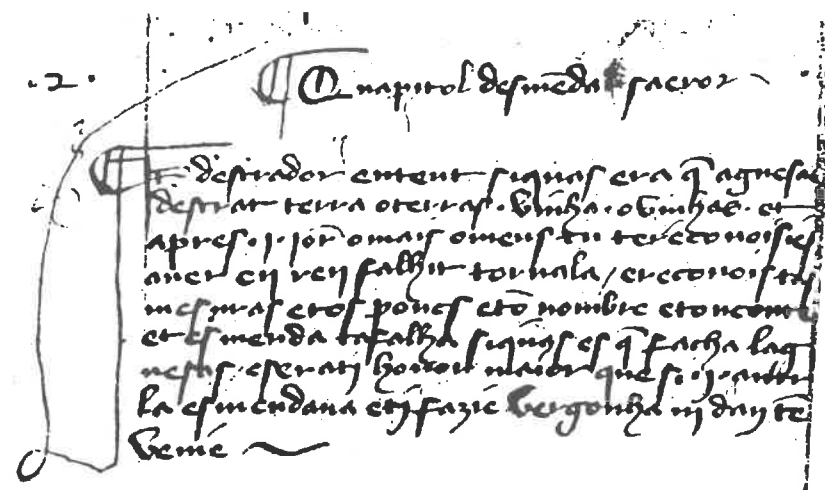
Nous sommes convaincus que les géomètres du XX^{ème} siècle découvriront avec intérêt et sans doute aussi avec surprise, le travail de l'un des leurs, écrit il y a plus de six siècles.

Jean-Claude Locatelli Directeur de l'E.N.C.

Bertran Boysset (prononcer Bouïssé) est un arpenteur arlésien du XIV^{ème} siècle. Il aurait vécu de 1345 à 1414. Il nous a laissé un manuscrit en provençal connu aujourd'hui sous le nom de "traité d'arpentage" et conservé à la bibliothèque Inguimbertaine à Carpentras.

Une partie de ce manuscrit de 315 folios (folios 33 à 65) que son auteur nommait "la siensa de destrar", la science de "destrer" (mesurer avec une règle de 1 destre graduée en empan) a été transcrite une première fois par P. Pansier et publiée dans "Annales d'Avignon et du Comtat Venaissin" en 1926.

C'est à la demande de Francis Delebecque que Magdeleine Motte a traduit ces folios, ce qui en a exigé une nouvelle lecture et transcription qui fondent la traduction et les commentaires publiés par l'ENC en janvier 1988.



II. Quapitol d'emendar sa error.

Item, destrador, entent : si quas era que aguesas d'estat torna o terras, vinha o vinhos, et apres .i. jorn, o mais o mens, tu te reconoisies aver en ren falhit torna la e reconois tas mesuras. e los poncs e ton nombre e ton conte et esmenda ta falha, si quas es que facha l'aguesas ; e sera ti honor major que si .i. autre la comendava e ti fazi vergonha ni dan t'en venie.

2- de corriger son erreur

Ecoute, arpenteur, s'il arrivait qu'ayant arpenté une terre -ou des terres- une vigne -ou des vignes- tu aies conscience le lendemain -ou plus tôt, ou plus tard- d'avoir commis quelque erreur retourne là (sur le terrain), vérifie tes mesures, tes nombres ⁽¹⁾, ton calcul ⁽²⁾ et ton résultat ⁽³⁾ et corrige ton erreur, à supposer que tu en aies fait une ; car ce sera davantage à ton honneur que si un autre la découvre et t'en faisait honte et que cela te portât tort.

(1) ponc : marque repère ou nombre marqué (?)

(2) nombre : calcul ou chiffre ? Il est impossible d'en connaître avec certitude le sens, mais on doit exclure le sens mathématique de "nombre".

Le vocabulaire mathématique de Boysset est très réduit ; or même chez le provençal Francès Pellas, auteur du compendium de l'Abaco (1492), solide manuel d'arithmétique pour les marchands, nombre n'est pas employé seul (les - simples sont ceux qui ont moins de 10 unités ; les - desenals, les multiples de 10 inférieurs à 100) et un nombre est nommé summa, "lo prumier capitol chi ensenha a nomar cascuna summa...", ajoutons que nombrar est attesté au sens de "calculer".

(3) conte : résultat ou calcul (?) même incertitude, ici au moins.

9. Chapitre de destre de corda

Item destrador per ren del mont destre de corda non portes, quar non en podes destriar lialmens, per quant que sapias far. Quar de matin s'estren per la banhadura de la rosada vo anà un pauc de plueia. E de respire sera plus longua de guaren. Per que jamais non poiries donar son dreg a las partidas ni sertamens non sabries lo nombre sertan. E si venie apres tu .i. autre destrador que destries an destre de vergua atrobare ton defaut e farie t'en vergonha ; per que guarda t'en.

IX. Quapitol de destre de corda.

Item, destrador, per ren del mont destre de corda non portes, quar non en podes destriar lialmens, per quant que sapias far. Quar de matin s'estren per la banhadura de la rosada vo anà un pauc de plueia. E de respire sera plus longua de guaren. Per que jamais non poiries donar son dreg a las partidas ni sertamens non sabries lo nombre sertan. E si venie apres tu .i. autre destrador que destries an destre de vergua atrobare ton defaut e farie t'en vergonha ; per que guarda t'en.

9- du destre de corde

De plus, arpenteur, pour rien au monde n'utilise un destre de corde car tu ne pourrais pas obtenir des mesures fiables, quel que soit ton savoir-faire. En effet le matin, mouillée par la rosée ou par un peu de pluie, la corde se raccourcit ; et le soir elle sera beaucoup plus longue : c'est pourquoi tu ne pourrais jamais faire leur droit aux intéressés et tu ne connaîtrais pas avec certitude la juste mesure. Et si ensuite un autre arpenteur venait avec un destre de vergue il découvrirait ta faute et t'en ferais honte. C'est pourquoi garde t'en.

Item destrador esay abisar q'encotenet q'auas destrat l'one otranes odueisic ras otranes pas o'e qualque maniera q'ie tantost tu o'escien enofasas ni renglas to'contes uitas mers m'as p'talhas de fusta quar no'espera quauza ni segura p'q' no'ei b'ez p'uey. Quar destrador q' b'ze p'nombre destrahy destrua eno p'orig no' balia reu pou'fag ala fin quau no'apot far p'otueis. p'q' tot home que sifara destrador q' no' sapia escien e'fuy. g'auy m'isat e'p'el q' y'icofy au'p' maior quau aq' q' escien e'p'oboy au'p'roy asar eno quau l'pas q'au'p' q'ue notas ober

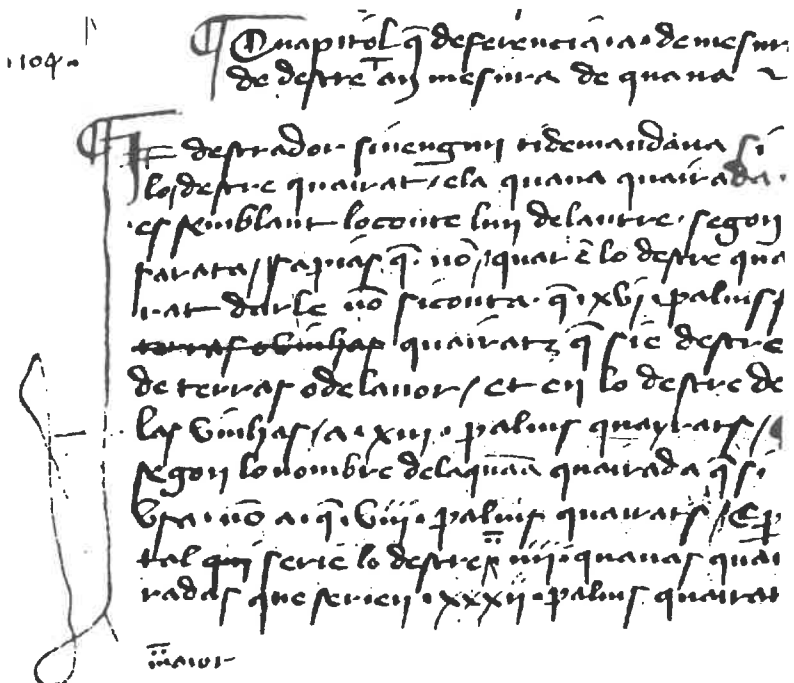
XI. Quapitol de non destriar per talhas mas per escrig.

Item, destrador, esay ariet que encotenet que auras destrat l'one o'traves, o' d'oisieras, o' traversas, o' en qualque maniera que sie, tantost tu o'escien e non fasas ni lengas tos contes ni tas mesures per talhas de fusta, quar non es certa quauza ni segura; per que non en uzes per ren. Quar destrador que uze per nombre de talhas de fusta e non per escrig non valra ren son fag a la fin ; quar non o pot far sertamens. Per que tot home que si fasa destrador que non sapia escien e' un gran musart e s'elo que y si confian son majors : quar aquels que escien e' salon an pron a far e non qual pas que muson. Per que notas o' ben.

11- de ne pas compter les destres par encoches mais par écrit

De plus, arpenteur, veille, dès que tu as achevé un relevé, à écrire sur le champ ce que tu as mesuré, en long ou en large, sur un jalonnement ou à travers la terre, ou de quelque manière que ce soit ; et ne note pas tes mesures et tes calculs par des encoches sur un morceau de bois car ce n'est pas un procédé sûr ; n'en use donc en aucun cas.

Car l'arpenteur qui use, pour calculer, d'encoches dans le bois, au lieu d'écrire, son travail ne vaudra rien à la fin, car il ne peut le faire avec rigueur. C'est pourquoi tout homme qui se fait arpenteur sans savoir écrire n'est qu'un grand sot, et ceux qui lui font confiance le sont davantage encore, car ceux qui savent écrire ont suffisamment à faire et ne doivent pas perdre leur temps. C'est pourquoi prends en bien note.



XIV. Quaritot que deferencia a de mesura de destre, sic long o cort, an mesura de quana.

Item, destrador, si nengun li demandara si lo destre quairat e la quana quairada es semblant lo conte l'un de l'autre, segon sa rata, sapias que non. Quar en lo destre quairat d'Arle non si conta que .XVI. palms quairatz, que sic destre de toras o de lavor et en lo destre de las vinhas a .XIII. palms quairats. E segon lo nombre de la quana quairada que si usa non a que .VIII. palms quairats. E per tal serie lo destre major .IIII. quanas quairadas, que serien .XXXII. palms quairats (f.37v). Per que sapias que non es semblant la mesura del destre an la mesura de la quana quar .XVI. palms simples del destre major non fan que .I. palm quairat e .XIII. palms simples del menor destre non son que .I. palm cairat e .VIII. palms simples d'una quana fan .I. palm quairat segon lo nombre dels fustis e de menestairals. Per que sapias que lo nombre del destrador, o del destre, non es semblant al nombre ni a la mesura de la quana ni dels fustis, e nota o ben.

14- de la différence entre la mesure avec le destre, long ou court, et la mesure avec la canne

De plus, arpenteur, si quelqu'un te demandait si le calcul en destres carrés est semblable à celui en cannes carrées, toutes proportions gardées, sache que non.

Car le destre carré d'Arles ne contient que 16 empan carrés, qu'il s'agisse du destre des terres ou des labours.

Quant au destre des vignes il contient 13 empan carrés.

Et le mode de calcul avec la canne carrée, lorsqu'on l'utilise, veut qu'elle ne contienne que 8 empan carrés. Si bien que le grand destre vaut (alors) 4 cannes carrées ou 32 empan carrés.

C'est pourquoi retiens qu'il ne revient pas au même de mesurer en destres ou en cannes, car 16 empan simples du grand destre ne valent que un empan carré -et 13 empan simples du petit font un empan carré (alors que) 8 empan simples d'une canne valent un empan carré, d'après le calcul des charpentiers et des artisans.

N.D.L.R.

Alors que notre Association a organisé son XIX^e colloque sur le thème de l'Assurance de la qualité et que d'autre part, par sa Commission Historique, elle s'intéresse aussi aux techniques du passé, on peut se demander si Bertran Boysset, et bien d'autres avant nous, n'avaient pas déjà tout inventé dans ce domaine.

Les modes et les pratiques seraient-elles éternelles ? Lorsqu'on examine aujourd'hui les principes de l'Assurance de la Qualité et que l'on lit ce qu'écrivait Bertran Boysset il y a quelques cinq cents ans, on trouve de curieux rapprochements.

Jean Combe, membre de la Commission Historique de l'AFT, a prononcé au XIX^e colloque de notre Association une conférence qui doit paraître dans le prochain numéro d'XYZ (N° 60) au 3^e trimestre 1994, sous le titre : "Histoire de l'Assurance Qualité : Bertran Boysset, arpenteur arlésien au XIV^e siècle".

L'ouvrage, édité en 1988 par l'ENC de Toulouse sera réédité en 1994 par l'AFT. Magdeleine Motte prépare l'édition du complément qui permettra d'avoir accès à l'intégralité du manuscrit. On y trouvera "la siensa d'atermenar", la science du bornage, qui traite aussi de divers litiges de voisinage, de la mesure des itinéraires et même de cosmographie.

L'ART-LES LIVRES

■ "Le mystère des abysses - Histoires et découvertes des profondeurs océaniques"

(Jean-René Vanney)

Ignorant les cloisons qui séparent les domaines solide, liquide et vivant, J.R. Vanney nous raconte dans un ouvrage étonnant, dans son fond comme dans sa forme, l'aventure humaine, spirituelle et scientifique, dans les grandes profondeurs. En accédant au sous-sol du grand magasin des abysses, on a le choix entre un grand nombre de "rayons" qu'il est utile de savoir décoder lorsqu'on prend connaissance de la table des matières : "la cave de la maison mer", "l'ombre fatale du mancenillier", "les abysses d'exégèse", "les lumières dans les grandes profondeurs", "Polyphème et Arachné : prélude", "un printemps en hiver", "le branle très secret des grands commencements", "plus rien comme avant", fin de siècle, fin du cycle ? ", etc... Si vous vous êtes trompé, peu importe, tout est passionnant sans qu'il soit obligé de se soumettre à une visite guidée. D'ailleurs, si vous cherchez à reconnaître ce qui s'attache à un nom de personne, un nom de navire, un nom d'organisme ou d'entreprise, un index très détaillé est là pour vous servir. Sans parler d'un très grand significatif "Tableau synchronique de l'histoire des profondeurs océaniques" et des 1252 notes en fin des dix chapitres du livre, qui vous font pénétrer dans l'intimité de la prodigieuse aventure abyssale.

Les sujets d'intérêt sont innombrables dans cet ouvrage et nous n'en évoquerons que quelques uns. Royaume du froid, de la nuit et de la peur, les abysses ont exercé de tout temps une fonction mythique et légendaire sur l'humanité, qui a abondamment nourri la littérature et la poésie. Ils recèlent la plus grande réserve alimentaire (nutriments) de la planète mais, faute de lumière, elle ne sera transformée en énergie vitale que lorsque le mouvement de navette entre les zones glaciales, arctique et antarctique, donnera l'occasion aux courants profonds de remonter en surface. Les grandes théories sur la formation et l'évolution des bassins océaniques, du "naptunisme" ou "plutonisme", de l'expansion des fonds océaniques à la dérive des continents jusqu'à la "tectonique globale" et la suprématie des "plaques" sont passées en revue avec leurs auteurs, leurs anecdotes, pour démystifier aujourd'hui la dynamique de la lithosphère océanique. On peut en dire autant des technologies d'auscultation, de datation et de pénétration dans les grands fonds ou de la conjugaison des méthodes faunistiques et isotopiques pour remonter à plus de quatre millions d'années dans les mémoires magnétique et ther-

mique des sédiments. Ou encore de l'imagerie sous toutes ses formes, sondeurs surfaciques et multifaisceaux, télévision, et des vecteurs habités ou inhabités de cette instrumentation qui ont ouvert le monde des profondeurs aux savants comme au grand public. Les forages profonds, la mise en œuvre des submersibles de plus en plus performants, le positionnement par satellites ont permis ou accompagné les grandes conquêtes scientifiques et technologiques de ces trente dernières années. Une contribution très originale de J.R. Vanney à la grande fresque historique de l'océanologie concerne le "cablage" intercontinental planétaire par la corporation des "télégraphistes" au 19ème siècle. Cette messagerie profonde, dominée par le réseau des "nerfs de l'Empire britannique", aidera à faire triompher les lois du libéralisme économique avant que l'invention du coaxial et de la fibre optique lui donne la chance d'accéder à la téléphonie et de concurrencer victorieusement le satellite.

Dans son hymne aux abysses, sans abandonner la rigueur scientifique qui convient à un sujet austère, l'auteur invente une nouvelle approche de l'histoire des sciences, grâce à un talent littéraire, voire poétique, peu commun en épistémologie. Magicien de la métaphore et de l'image forte, maître de la transposition littéraire du paysage scientifique, familier des mots rares et inventeur de néologismes opportuns, J.R. Vanney nous livre un message humaniste insolite dans un monde de "sciences dures".

Ami lecteur, plongez sans appréhension avec J.R. Vanney, Professeur de Géographie à l'Université Pierre et Marie Curie, spécialiste de géomorphologie sous-marine et océanographe rompu aux plongées profondes. Goûtez avec lui l'ivresse des profondeurs d'un western scientifique dans les plaines abyssales. Vous ne le regretterez pas.

(Edition Fayard - collection "le temps des Sciences"
J. Bourgoin.

■ Brie Antique

Colonisation par l'autorité romaine de la forêt briarde
(Pierre Geslin)

Nous tenons à signaler aux lecteurs d'XYZ et plus particulièrement à ceux de la région parisienne deux publications récentes du L.¹ Colonel Pierre Geslin, ancien chef du Bureau des Travaux géographiques de la section géographique militaire et directeur des fouilles archéologiques de Pecy.

1. BRIE ANTIQUE. Des camps, des routes, des légions...

Ce livre de 189 pages avec de nombreuses photos, schémas, cartes, publié aux Editions AMATTEIS - 77350 Le Mée sur Seine - 1993 - a le mérite d'exhumer un cahier daté du 13 juin 1860, intitulé "Notice sur la topographie gallo-romaine de l'arrondissement de Coulommiers" rédigé par M. FERAND, ingénieur des Ponts et Chaussées et qui n'avait jamais été publié.

Cette étude fut faite dans le cadre de la "commande" que passa en 1857 *Napoléon III* auprès du Ministre de l'Instruction et des Cultes pour établir une carte topographique des Gaules.

Depuis cette époque le paysage rural de la Brie s'est transformé ; essentiellement tournée vers l'élevage au 19ème siècle, la Brie est devenue céréalière, de sorte que les labours ont défoncé la terre, détruisant les vestiges archéologiques que M. FERAND avait pu recenser en 1860. Il en résulte que l'étude de cet ingénieur présente un intérêt tout particulier, que met en évidence M. Geslin, qui s'exprime ainsi à ce sujet : "Aujourd'hui nous connaissons peut être plus de sites gallo-romains que lui, mais ceux qu'il a vus, M. FERAND les a beaucoup mieux vus que nous"

L'ouvrage reproduit en italique une grande partie des textes rédigés par M. FERAND, répartis en 44 chapitres. Les commentaires de M. Geslin qui accompagnent chaque chapitre, composés en caractères romains, sont destinés à souligner et à préciser les propos de M. FERAND en les situant dans le contexte archéologique moderne.

Une grande partie de l'ouvrage est consacrée à la description des routes et chemins antiques. Sous le titre "Un phénomène de géographie humaine propre à la Brie", qui termine son livre, M. Geslin pose les bases d'une étude plus détaillée faisant l'objet de la publication ci-après.

2. Colonisation par l'autorité de la forêt briarde

Cet opusculé de 43 pages publié gracieusement par le Centre de documentation pédagogique de Melun comporte environ 22 pages de texte, 13 pages de schémas, tirés de la carte au 1 : 25000, 8 pages de listes de fermes. Celles-ci -environ 840- présentent un espace-ment qui n'est pas du tout aléatoire.

Il résulte d'un travail d'arpentage effectué aux époques très anciennes.

Ayant remarqué que dans une proportion anormale, les distances de ferme à ferme étaient sur la carte topographique au 1 : 25000, comprises entre 81 et 93 mètres, l'auteur a utilisé les moyens de la cartographie informatique pour mesurer un échantillon de 200 segments ainsi repérés.

L'étude statistique des longueurs montre une dispersion presque parfaitement gaussienne, sans sous-groupe, ni irrégularité. La moyenne est de 2215,6 mètres, égale à 6 m près (0,3%) à la lieue dite gauloise de 2222 m.

Le phénomène couvre, avec un léger débordement au Nord de la Marne, toute la province de Brie. L'étude

menée sur d'autres openfields (Picardie, Vexin, Gâtinais, Berry), a montré que le phénomène ne s'y rencontrait pas, sauf localement en Beauvaisis et dans l'interfluve Seine - Yonne. Il ne se reproduit pas quand on emploie d'autres unités de longueur.

Les structures formées par les segments tracent de grands cheminements atteignant 40 kilomètres, avec plus ou moins d'aborescences. L'angle droit est exceptionnel. On note une certaine fréquence du triangle équilatéral.

La recherche de l'autorité ayant procédé à l'implantation initiale des exploitations conduit à une époque où l'on trouve simultanément un pouvoir fort, capable de décider, organiser et conduire une telle opération sur 5000 km², des topographes confirmés, employant la lieue gauloise, des masses humaines disponibles, une époque où l'on ne tenait pas registre de tout : l'époque romaine. C'est d'ailleurs ce qu'ont commencé à confirmer les prospections en cours : on a trouvé des vestiges gallo-romains au contact immédiat d'une quarantaine de fermes concernées.

Le phénomène - dit "des fermes à une lieue" - semble rendre compte d'une colonisation, au début de notre ère, d'un massif forestier, la Brie des plateaux, par implantation, dans le respect d'une certaine densité, de groupes humains chargés de conquérir l'espace agraire. De telles transplantations sont connues sous Auguste et Tibère (in Suétone).

La fossilisation partielle de l'implantation s'explique par l'eau : les besoins permanents ne sont couverts en Brie que par le puits, autour duquel s'est fixée la vie. Certains points d'implantation ont pu évoluer vers le village, ce qui explique qu'on ait pu trouver également 80 églises relevant du phénomène.

Le phénomène des "fermes à une lieue", décelé sur la carte topographique au 1 : 25000 se situe très en amont des centuriations. Il rend compte de la dynamique d'une colonisation à la romaine, en vue de la conquête des étendues cultivables. Les centuriations interviennent bien plus tard, redistribuant le terrain, amenant le déplacement de l'habitat et la disparition souvent totale de l'implantation humaine initiale.

Les lecteurs d'XYZ qui seraient intéressés par cette étude peuvent s'adresser à l'A.F.T qui les mettra en rapport avec l'auteur.

R. d'Hollander

■ Au temps des chemins de grue (Alexis Vibert-Guigüe)

Construction, urbanisme, logement, architecture, problèmes rencontrés pendant les 30 Glorieuses, et portraits divers, sont les sujets de ce livre qui pourrait s'intituler "Itinéraire d'un maître d'ouvrage au cours des dernières décennies".

La responsabilité de généraliste qu'est celle du maître d'ouvrage, est la justification de ce livre écrit par un décideur soucieux de s'exprimer dans ce domaine peu habituel pour cette profession. Chronique des "années de béton" 1953 - 1993, ceux qui ont vécu cette

période de floraison en ciment se retrouveront dans ces pages qui relatent les combats philosophiques, esthétiques et de logements qui jalonnèrent cette époque (les barres, les "choux de Créteil", les HLM, les villes Nouvelles, etc...). Le choix se termine sur la grande interrogation : mal des banlieues ou mal du siècle ? villes en crise ou société en crise ?

(Edition "des Alpes" - 6, rue de Seine - Paris - 75006).

■ Un ingénieur des lumières (E.M. Gauthey)

Sous la direction de Anne Coste, Antoine Picon et Francis Sidot, c'est l'histoire d'un ingénieur des Ponts et Chaussées de Bourgogne de 1758 à 1791. Ce livre explore les différentes facettes de son œuvre, routes, ponts, canaux, équipements divers. Les travaux de cet ingénieur passionné constituent des réalisations phares qui témoignent d'un souci d'universalité, d'où leur intérêt. Gauthey reflète dans ses œuvres les idéaux des lumières, il rêve du territoire aménagé scientifiquement comme un jardin, harmonisant art et technique. La tension entre tradition et invention annonce les bouleversements de la révolution industrielle toute proche et pose le problème des liens entre art et science pour l'ingénieur.

(Presses des Ponts et Chaussées).

■ Guide du tourisme industriel et technique

Le tourisme industriel et technique n'a pas encore la place qu'il mérite, pourtant les entreprises, les laboratoires, font partie intégrante de la vie et du patrimoine de nos régions. Cette culture industrielle et technologique doit s'ouvrir au tourisme moderne et c'est le but de cette série de guides par région éditée par Solar pour la collection EDF.

Sont déjà parus : Rhône-Alpes, Bretagne-Pays de Loire, Nord-Pas de Calais-Picardie, Languedoc-Roussillon, Poitou-Charente-Aquitaine, Bourgogne-Franche-Comté, Haute et Basse Normandie. Très pratique, chaque guide, par ordre alphabétique, donne des informations précises sur l'entreprise ou le site et détaille les découvertes à ne pas manquer. Il indique le type de visite et la catégorie de public principalement concerné. Les conditions de visite sont détaillées.

Une forme de tourisme qui nous ancre au cœur des régions.

(Solar - collection EDF, la France contemporaine Presses de la Cité).

■ PAYSAGES, PAYSANS.

Une exposition de la Bibliothèque Nationale de France

Réalisée sur une idée d'Emmanuel Le Roy Ladurie cette exposition a pour thème la représentation artistique et littéraire de la paysannerie du Moyen-âge au XXème siècle, en Europe, à travers des œuvres issues des collections de la BNF et prêtées par les grands musées français. Belle occasion dans ce parcours pour suivre l'évolution sociale du monde paysan et de la société dans son ensemble. Ordonnée autour de cinq

parties chronologiques, l'exposition illustre pour chaque étape un thème qui résume la condition paysanne et son environnement.



Photo BNF

Brueghel. Cortège de noce se rendant à l'église

Au moyen-âge, 90% de la population est rurale et le temps médiéval est un temps saisonnier cyclique qui règle l'activité. Les livres liturgiques, les enluminures, quelques rares images profanes, fournissent une iconographie reflétant la lente transformation fondamentale des rapports de l'homme à son environnement, alors que seuls les techniques et les outils apparaissent dans les premiers siècles sur fond neutre et ornemental. L'apparition du paysage véritable est surprenant parce que l'homme, brusquement se situe dans l'espace.

Aux XVIème et XVIIème siècles, on passe des paraboles bibliques au monde réel des laboureurs.

La première moitié du XVIème représente un monde rural à travers le filtre d'une culture savante, idéalisée, souvent biblique (La Bergère de Jacob Gerritsz Cuyp et la noce de Brueghel) et ce n'est qu'au XVIIIème, avec les bouleversements sociaux, les guerres, les pillages, qu'apparaissent dans les œuvres ces joies et surtout ces misères, avec réalisme (Le Nain par exemple).



Photo BNF

Picasso. Le Faucheur

La peinture du XVIIIème siècle, réservée à une élite urbaine, n'est plus de représentation populaire, et décrit le paysan comme un être grossier, à moins que le peintre n'idéalise l'image (voir Watteau). Mais alors on décrit plutôt la fête champêtre que le laboureur. Avec la campagne on a un lieu de

projection des amours faciles, mais l'élégance permet aux tableaux de n'être pas considérés comme vulgaires (Boucher - Oudry - Brenet - Lepicie).



Photo BNF

Gauguin. La fenaison en Bretagne

Au XIX^{ème} la représentation de la nature et de la vie paysanne prend une place grandissante dans l'art. Une première phase "pittoresque" correspond au romantisme, puis les peintres de l'école de Barbizon se souviennent de l'art hollandais et J.F. Millet explore les gestes des paysans dans des compositions emblématiques de la condition rurale (les glaneuses, l'angelus...). Enfin avec Gustave Courbet explose le réalisme. A la fin du siècle la peinture d'histoire est sur le déclin, paysages et paysans lui succèdent. Toutes les écoles qui vont suivre et faire le pont avec le XX^{ème} siècle, vont renouer avec la tradition, dans l'esprit sinon dans la forme, et ils vont s'attacher aux moments symboliques de la vie agricole (Pissarro, Emile Bernard, Gauguin...).

Le XX^{ème} siècle fait passer l'exploitation paysanne familiale à l'ère du capitalisme mondial. Cette accélération modifie profondément l'imaginaire artistique. Picasso, Miro, Masson, retrouvent la puissance des mythes de Déméter et Dionisos où la terre est celle de l'Homme et plus seulement du paysan qui s'étiole dans l'exode rural. Le paysage n'est plus l'apanage du paysan, Nature et Culture s'articulent et se rejoignent.

Le splendide livre publié à l'occasion de cette exposition est un livre d'art dont la place est assurée dans une bibliothèque.

(Galleries Mazarine et Mansart - Rue de Richelieu. Jusqu'au 16 juin).

Jack Biquand

■ "L'astrolabe. Les astrolabes du Musée Paul Dupuy"

Voici dans quels termes M. Bernard Guinot a présenté cet ouvrage de M. D'Hollander, coédité par la Mairie de Toulouse et l'AFT, à l'Académie des Sciences dans sa séance du 7 février 1994.

Monsieur Raymond d'Hollander, Ingénieur général géographe à l'Institut Géographique National et ancien Directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques s'est spécialisé dans l'histoire de ces sciences et de l'astronomie.

Son livre "L'astrolabe" trouve son origine dans le souhait du Musée Paul Dupuy, à Toulouse, de constituer une série de notices consacrées à ses collections. Les trois astrolabes du Musée Paul Dupuy y sont donc étudiés minutieusement. Mais, à cette occasion, l'auteur nous apporte une étude théorique des astrolabes planisphériques dont la portée est générale et c'est certainement ce qui constitue l'intérêt majeur de son ouvrage.

Les astrolabes servent essentiellement à transformer les coordonnées célestes, ascension droite et déclinaison, en coordonnées locales, azimut et hauteur. Ils permettent ainsi de résoudre par une méthode analogique tous les problèmes de la cosmographie. Je cite, par exemple, la détermination de l'azimut par l'observation d'une hauteur du Soleil ou d'une étoile, la mesure de l'heure ou encore la détermination des heures de levers et couchers des astres. On peut certes construire des astrolabes sphériques, mais la projection sur le plan des sphères céleste et locale offre une solution bien plus élégante, tant au sens pratique qu'artistique. Elle peut apporter aussi une meilleure précision.

Les astrolabes planisphériques utilisent la projection stéréographique qui est conforme et qui a l'avantage, pour les constructeurs, de transformer les cercles de la sphère en cercles ou en droites. La règle et le compas, chers aux anciens géomètres, suffisent ainsi aux tracés des astrolabes.

Dans les astrolabes ordinaires la projection est polaire. Le ciel est représenté par "l'araignée", grille ouvragée qui indique par des pointes les positions d'étoiles brillantes et qui porte le cercle de l'écliptique. Une simple rotation de l'araignée, permet de représenter le mouvement diurne de la sphère céleste. La théorie de l'astrolabe est alors très simple. Mais il faut que les coordonnées locales soient représentées sur des plaques de métal, les tympan, différentes pour les diverses latitudes. Cet inconvénient disparaît avec les astrolabes où la projection se fait sur un plan tangent en un point de l'équateur, au prix d'un emploi bien plus subtil. En outre, à côté de leur fonction principale de transformation de coordonnées, les astrolabes permettent de résoudre nombre d'autres problèmes grâce à divers tracés : diagramme des heures inégales, carré des ombres, abaques fournissant les fonctions trigonométriques, des données religieuses et astrologiques. Ainsi, partant d'un principe simple, connu depuis Ptolémée, on arrive à un instrument complexe et déroulant au premier regard.

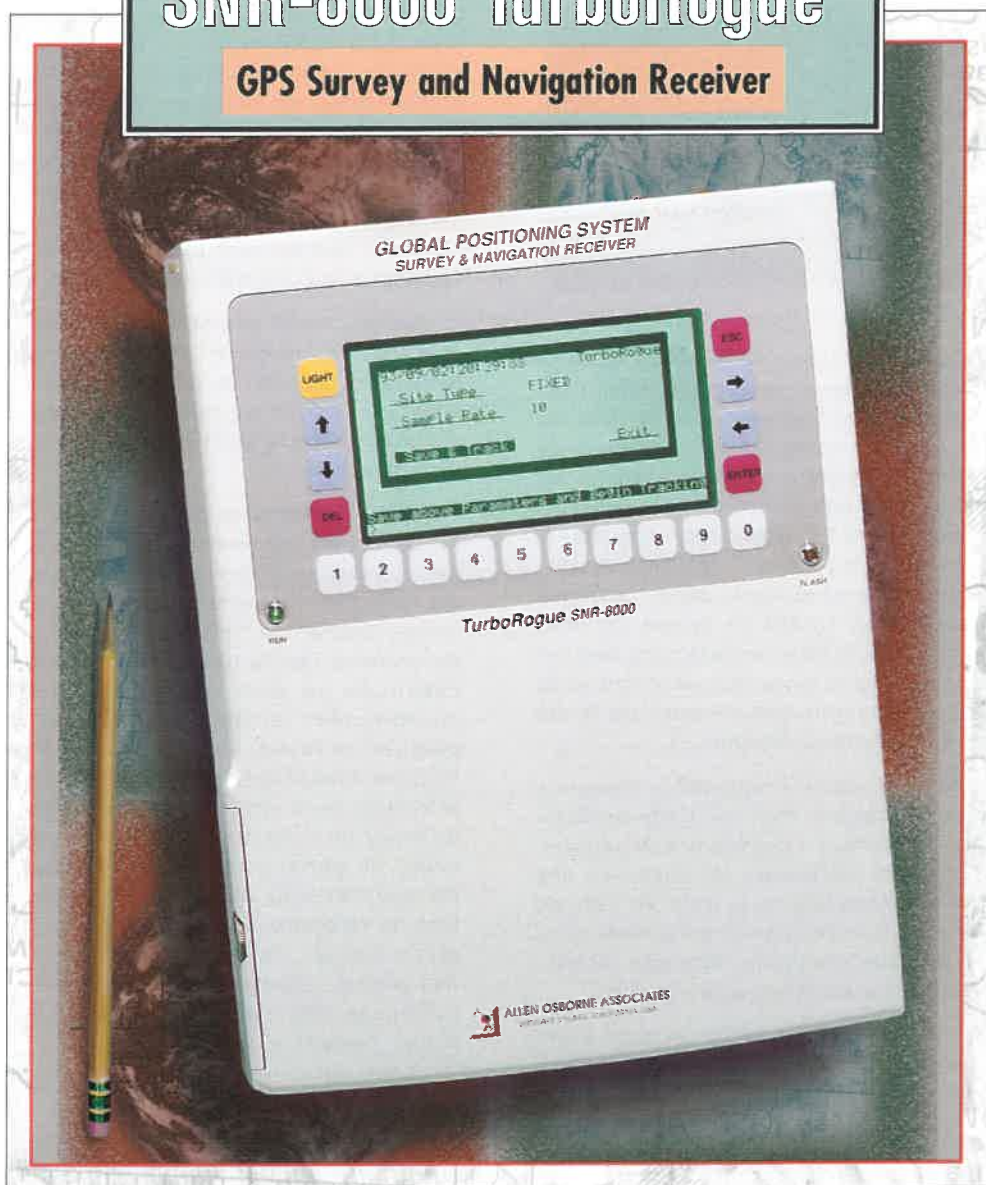
Monsieur d'Hollander, nous rappelle la théorie, non pas d'une manière abstraite, mais par un exposé exhaustif et rigoureux des fonctions remplies par les astrolabes du Musée Paul Dupuy : l'astrolabe à projection polaire d'Abû-Bakr, construit en 1216, l'astrolabe de Descrolières de 1579, qui est double et comporte une projection équatoriale, l'horloge astrolabique d'Habrecht, de 1578.

Il a, en outre, étudié l'exactitude de ces instruments. N'a-t-il pas retrouvé la marque laissée par la pointe du compas des constructeurs ! On apprend que les tracés sont souvent exacts à quelques dixièmes de millimètres près. De nombreux exemples de solutions de problèmes astronomiques sont traités et les résultats fournis par la manipulation des astrolabes sont comparés à ceux du calcul : les écarts sont en général de l'ordre de 2 minutes d'heure ou de quelques dixièmes de degré, ce qui est remarquable.

Je ne peux donner ici qu'une idée bien imparfaite de l'ouvrage de Monsieur d'Hollander qui surprend par sa richesse. Il m'aurait fallu parler de l'historique, de la

SNR-8000 TurboRogue™

GPS Survey and Navigation Receiver



BIRDREPUB 2169

Le modèle SNR-8000 est l'équipement idéal pour les utilisateurs de terrain qui ont besoin d'obtenir les mesures de la meilleure qualité, quelles que soient les conditions météorologiques. Ce récepteur polyvalent peut assurer la mesure simultanée et indépendante des pseudo-distances et des phases des signaux GPS provenant de 8 satellites (12 en option).

Applications

- . Géodésie, tectonophysique
- . Cartographie et topographie
- . Navigation aérienne
- . Photogrammétrie
- . GPS différentiel
- . Cinématique temps réel

Caractéristiques

- . Suppression des glissements de phase
- . Niveau de bruit le plus faible
- . 50 mesures de phase à la seconde
- . Configurations embarquées disponibles (avions/satellites)
- . Options SA/A-S

NOUVEAU : Logiciel de traitement de données TurboSurvey™

EMDsats

la précision par satellite

 **Allen Osborne Associates, Inc.**
The Best Name In Precision GPS Receivers

Une société du groupe EMD2

Parc Club Université - 2 rue Jean Rostand - 91893 Orsay Cedex - Tél.(1) 60 19 16 06 - Fax (1) 60 19 15 39

reproduction sur une feuille transparente de l'araignée de l'astrolabe d'Abû-Bark qui permet au lecteur de réaliser un astrolabe, de la qualité de l'illustration.

La profondeur et le sérieux de l'ouvrage sont certes ses qualités dominantes. Mais je voudrais encore souligner combien il est attrayant. Je crois savoir qu'il connaît beaucoup de succès en France et à l'étranger. C'est, certes, un succès mérité.

Bernard Guinot
Membre correspondant
de l'Académie des Sciences

■ Exposition

Dictionnaire de l'Académie Française : 300 ans

En 1614 paraissait la 1ère édition du dictionnaire de l'Académie Française. Cet ouvrage fondateur comprenait 25 000 mots et proposait un "bon usage de la langue".

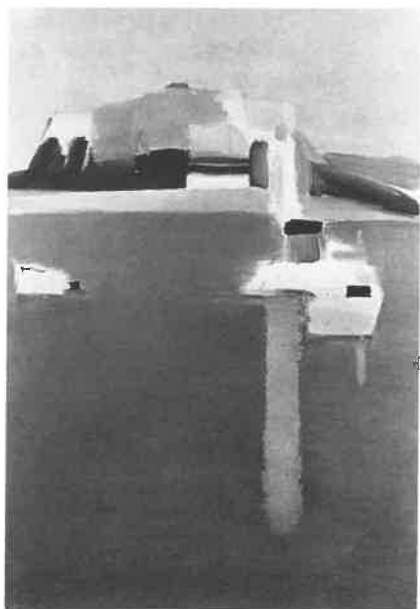
A cette occasion la Bibliothèque de l'Institut de France organise une exposition qui raconte l'histoire de la naissance du dictionnaire et le replace dans l'histoire du Grand Siècle. Elle met en parallèle l'élaboration des dictionnaires de langue et celle de la langue française qui s'affirme, se précise et se codifie au cours du XVIIIème siècle.

C'est Richelieu qui donne l'ordre en 1664 de rendre cohérents et en bon ordre les règles et les graphies de la langue. Il en charge Charles Perrault, l'auteur des contes, qui publie la première édition. Ce mois-ci paraît en format de poche (Julliard) une édition partielle qui est la neuvième version de l'histoire, ce qui nous donne trois éditions révisées par siècle, ce n'est pas si mal !

(Exposition au Château de Langeais jusqu'au 3 juillet 94
37130 - Tél. : (16) 47 96 72 60 - tous les jours de 9 h à 18h30).

■ Exposition

Nicolas de Staël à l'Hôtel de Ville - Paris



On a comparé de Staël à Van Gogh, sans doute parce qu'ils se sont tous les deux suicidés car, à part la grandeur de la peinture et la profondeur de l'Art, l'ordre et le

désordre semblent les opposer. Par contre on pourrait s'aventurer à dire que de Staël prolonge, continue, le même combat.

Leurs toiles, effectivement, sont un lieu de conflit et de passion ou c'est la peinture elle-même qui s'affronte.

C'est toute la trajectoire de ce peintre éminent de notre siècle que retrace cette exposition présentée par l'Association pour la promotion des Arts à l'Hôtel de Ville de Paris (Salons St. Jean jusqu'au 19 juin).

■ Exposition

Musée de Condé - Chantilly

- Le premier reportage de guerre : la guerre de Crimée (1855) vue par le photographe anglais Roger Fenton (1819-1869). Jusqu'au 27 juin.

- Fleurs et plantes du Moyen-Age au XIXème siècle dans les manuscrits et imprimés de la bibliothèque du duc d'Aumale du Musée de Condé. Juillet et Août.

- 110 dessins et 9 tableaux de Nicolas Poussin. De septembre à janvier 1995.

■ Un Japonais sous la coupole

Le 30 mars le mécène japonais Yosoji Kobayashi était reçu à l'Académie des Beaux-Arts.

Il avait été élu en 1990 "membre associé étranger" au fauteuil de Salvador Dalí. Son action de mécénat a permis l'aménagement des salles Monet au Musée Marmottan et la restauration des peintures de Michel-Ange à la Chapelle Sixtine.

Il a organisé de grandes expositions au Japon : Fragonard, Boucher, Matisse, Monet, etc... et a encouragé durant sa vie de haut fonctionnaire (Ministère de l'Intérieur) le développement de la vie culturelle au Japon. De plus, Yosoji Kobayashi a offert la possibilité chaque année, depuis 20 ans, à 200 jeunes peintres japonais d'exposer leurs œuvres à Paris. La promotion de l'écriture Braille lui doit aussi beaucoup.

■ Michelin redébarque !

Il y a cinquante ans, les GI débarquaient sur les côtes normandes le guide rouge Michelin à la main, avec d'autres cartes devenues historiques.

C'est le souvenir de ces glorieux épisodes que le guide rouge 1994 offre à ses lecteurs une réimpression fidèle de cette carte Michelin N°102. Autres reprises attendues : la 103 : Bataille de Provence, la 104 : Bataille d'Alsace et la 105 : Voie de la liberté (Chaque carte 17 F !).

Quelques chiffres du guide : 85ème édition, 10 676 établissements sélectionnés, 6 697 hôtels, dont le classement de 3 979 restaurants.

Plan Guide "Le Tunnel sous la Manche". Description des curiosités avant et après tunnel, renseignements pratiques et plans des terminaux de Folkestone et Calais.

L'ART DE VIVRE

LES WHISKEYS IRLANDAIS

Par K.D. Phan

(Consommer avec modération)

A côté de la complexité de l'industrie du whisky écossais (une centaine de distilleries de malt et une douzaine de distilleries de grain appartenant aux firmes britanniques, canadiennes, américaines, françaises ou japonaises et produisant une centaine de *single malts*, autant de *vatted malts* et des milliers de *blends* ou whiskeys courants), industrie du whiskey (n'oubliez pas la lettre e) irlandais apparaît comme d'une très grande simplicité.

A noter :

- qu'en Irlande (du Sud comme du Nord), toute l'industrie du whiskey appartient au seul groupe **Irish Distillers Ltd**, qui est d'ailleurs contrôlé par Pernod-Ricard,

- qu'il n'y a plus que deux centres de distillation dans toute l'île : un à **Bushmills** dans le comté d'Antrim, en Irlande du Nord, et un autre à **Middleton** dans le comté de Cork, tout à fait au sud de l'Irlande (les villes, autrefois connues pour leurs whiskeys, telles que Belfast, Derry, Tullamore, Cork ont toutes perdu leurs distilleries, cependant certaines restent des centres d'assemblage),

- que ces deux centres produisent deux types de whiskeys : les whiskeys de Bushmills proches des whiskeys écossais et les whiskeys irlandais proprement dits distillés à Middleton,

- qu'au total, il n'y a qu'une quinzaine de marques,
- enfin, que la durée minimale réglementaire de vieillissement en fût est de trois années, comme en Écosse.

I. LES BUSHMILLS

Old Bushmills Distillery Ltd est la distillerie titulaire de la plus ancienne licence royale (1608) pour la fabrication de l'eau-de-vie.

Les méthodes de préparation à Bushmills sont assez proches de celles utilisées en Écosse : le whiskey de malt est distillé trois fois dans des alambics, mais le



tourbage du malt est très bref (d'où un goût de fumée très discret dans le produit final). Il est vieilli en fûts de xérès ou de bourbon. L'alcool de grain, entrant dans la composition des blends, est distillé dans des colonnes à plateaux.

- Le **"BUSHMILLS MALT"** (de 10 ans d'âge) est le seul whiskey single malt d'Irlande, mis sur le marché seulement depuis 1984, il a un style particulier, avec un arôme doux mais chaleureux, une finale parfumée mais, pratiquement, sans trace de fumée

- Les **blends** sont, comme en Écosse, des mélanges de whiskeys de malt et de whiskeys de grain. Ce sont :

- le **"OLD BUSHMILLS"**, sec et parfumé, avec un goût doucement malté (malgré ses 50% de malt),

- le **"BLACK BUSH"** qui en est la version de luxe, avec une plus forte proportion de malt, et

- le **"COLERAINE"** au goût léger (qui avait sa propre distillerie jusqu'en 1980).

II. LES WHISKEYS TYPIQUEMENT IRLANDAIS

Ce sont tous des blends, mais dont le mode de préparation est bien différent de celui pratiqué en Écosse.

A. LE MODE DE PREPARATION

Alors qu'un blend écossais est un mélange de whiskeys de malt et de "whiskies" de grain distillés séparément, en Irlande, traditionnellement, le mélange se fait dès le commencement de la chaîne de fabrication. Jusque vers les années cinquante, seule l'orge était utilisée pour la fabrication des whiskeys. L'orge maltée non fumée (20 à 40%) est mélangée à de l'orge non maltée (80 à 60%) avant le broyage et le brassage. L'absence de tourbage fait qu'il n'y a pas de goût de fumée

dans les blends irlandais. On pratique la triple distillation et on n'utilise que des *pot stills*, ces derniers sont plus grands que leurs homologues écossais.

Depuis quelques années, les whiskeys irlandais contiennent une certaine proportion d'alcool de grain pratiquement neutre.

B. LES MARQUES

Tout appartient à Irish Distillers Ltd et tout est fabriqué dans le grand complexe de Middleton, malgré cela, les alcools sont différents d'une marque à l'autre, grâce au doigté des Maîtres de chauffe, à la nature différente des fûts utilisés pour leur vieillissement et aux durées différentes de ce dernier.

1. Les marques de Dublin : il y a les Jamesons et le Power :

- whiskeys du groupe Jamesons :
- le **"JAMESON"** courant, whiskey typiquement irlandais, parfumé et onctueux,
- le **"JAMESON 1780 Old Irish Whiskey"** de 12 ans d'âge, c'est la qualité supérieure, essentiellement due à l'âge,
- le **"CRESTED TEN"** moelleux et léger au goût,
- le **"REDBREAST"** De 12 ans d'âge, bien caractéristique du whiskey irlandais mais difficile à trouver.
- whiskey au groupe Power's :
- le **"POWER'S Gold Label"** serait le whiskey le plus vendu en Irlande (certains prétendent que c'est plutôt le cas du PADDY), mais il est bien équilibré un peu moins aromatique que les Jamesons mais avec un goût de malt plus prononcé,
- le **"BABY POWER"** et les **"THREE SWALLOWS"** (Jeu de mots entre trois gorgées -la contenance de la

petite bouteille- et trois hirondelles qu'on présente sur l'étiquette), ne sont que des présentations différentes, en volume du même produit

2. Les marques de Cork

- le **"PADDY"** est un whiskey plein en bouche, au goût de malt bien perceptible ; en Irlande, c'est le challenger du POWER, en quantité vendue,
- le **"HEWITTS"** est plus fruité,
- le **"MURPHY'S"** plus léger au goût, est essentiellement destiné à l'exportation (à ne pas confondre avec la bière *stout* du même nom),
- le **"DUNPHY'S"** est encore plus léger,
- le **"MIDDLETON VERY RARE"**, fort coûteux, est un assemblage des alcools des 50 meilleurs fûts de whiskeys de chaque année, soit moins de 20.000 bouteilles. millésimées, numérotées et luxueusement présentées dans des écrins. Certe, c'est très bon, voire excellent, mais, à mon avis, il est vraiment trop cher. C'est peut-être utile, quand on veut faire un cadeau somptueux.

3. Tullamore : il n'y a plus de distillerie depuis une quarantaine d'années, mais on y prépare toujours le blend **"TULLAMORE DEW"** (encore un jeu de mot, *dew* veut dire la rosée, mis en réalité D.E.W. sont les initiales de Daniel E. Williams, le fondateur de l'ancienne distillerie), c'est le whiskey irlandais le plus léger au goût, à conseiller aux débutants et à ceux qui n'aiment pas le goût de fumée des scotchs.

4. Enfin, il y a des whiskeys provenant des stocks des distilleries fermées depuis assez longtemps, et qui continuent à être vendus (par exemple, **"OLD COMBER"** de plus de 30 ans d'âge et au goût boisé, de la distillerie Comber située à une quinzaine de kilomètres au sud-est de Belfast, et qui est fermée depuis 1953).

LES BONNES RECETTES D'XYZ

par Anita Sautreau

Une recette typiquement alsacienne de Michel Husser, chef du célèbre restaurant "Le Cerf" à Marlenheim.

Lotte rôtie en pot-au-feu de légumes et jets de houblon, moelle au gros sel, sauce aux betteraves et raifort

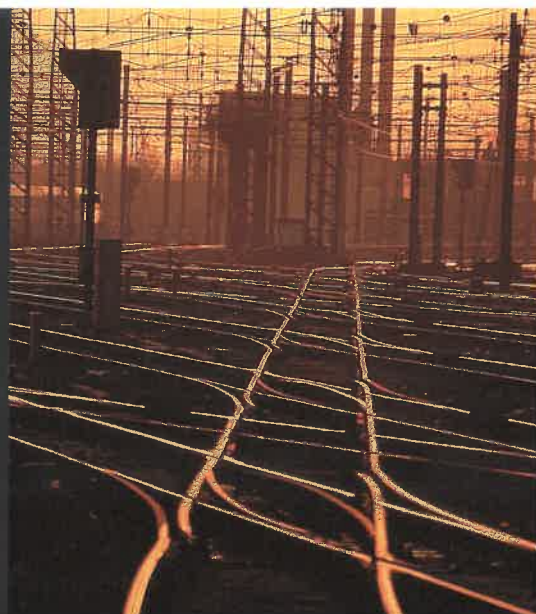
▲ Pour 6 personnes

- 6 petites lottes de 250 g chacune,
- 6 asperges vertes et 6 asperges blanches,
- 300 g de fèves fraîches, 100 g de pois gourmands et 100 g de petites carottes,
- 2 poireaux fins, 6 oignons nouveaux et 2 tomates,
- 150 g de jets (jeunes pousses) de houblon vert et 150 g de jets de houblon blanc,
- 3 dl de consommé de volaille et 5 cl de vinaigrette,
- 250 g de moelle fraîche.
- Sauce aux betteraves :
- 100 g de raifort frais,

- 200 g de betteraves cuites,
- 1 dl de vinaigre de cidre,
- 8 g de sel, 50 g de sucre.

▲ Préparation

- Nettoyer tous les légumes, les cuire séparément à l'eau bouillante salée en les laissant croquants. Monder, puis épépiner les tomates et les tailler en petits cubes.
- Bien nettoyer les lottes, éliminer soigneusement la peau des filets.
- Faire colorer les lottes dans une poêle après les avoir assaisonnées, puis les rôtir au four pendant huit minutes.
- Couper la moelle en rondelles et la pocher dans 1 dl de consommé de volaille.
- Réchauffer les légumes dans les 2 dl restant de consommé et terminer leur cuisson.
- Egoutter les légumes, en prenant soin de récupérer le consommé. Dresser les légumes dans une assiette à



LA SOLUTION POUR LES ÉTUDES FERROVIAIRES

La conception
de nouvelles voies,
la gestion graphique
des infrastructures
existantes,
les études d'impact
et la conception
de gares sont résolues
complètement
par le logiciel
STAR INFRA.



STAR INFORMATIC s.a.

Parc Scientifique du Sart-Tilman - Avenue du Pré Aily 24 - B-4031 LIEGE (BELGIQUE) - Tél.: (041) 67 53 13 - Télécopie: (041) 67 17 11

STAR INFORMATIC FRANCE s.a.

LE PONANT II - 21, rue Leblanc - F-75513 PARIS CEDEX 15 - FRANCE - Tél. (1) 40 60 11 11 - Télécopie (1) 40 60 11 66

potage. Trancher les lottes, les dresser en rosace autour des légumes. Verser la vinaigrette dans le consommé bouillant. Napper les lottes avec cette sauce. Dresser la moelle sur le poisson. Parsemer le tout de fleur de sel et l'accompagner de la sauce au raifort.

▲ Pour la sauce aux betteraves

Raper finement le raifort. Ajouter les betteraves, le sel le sucre, le vinaigre dans un bol et mixer pour obtenir une sauce homogène onctueuse. Laisser mariner au réfrigérateur, au noir, 48 heures.

RÉCRÉATION MATHÉMATIQUE

par Michel Sautreau

Problème n° 2/94 dit des jaloux.

Quatre géomètres, d'une jalousie féroce, sont avec leurs épouses sur le bord d'une rivière. Au milieu de cette dernière se trouve une île, sur laquelle on peut débarquer.

Les quatre couples souhaitent passer sur l'autre bord de la rivière ; pour cela, ils disposent d'une petite barque ne pouvant transporter plus de deux personnes.

Chaque géomètre est tellement jaloux qu'il refuse catégoriquement que sa femme se trouve en compagnie d'un ou plusieurs hommes -que ce soit sur l'une des deux rives, dans l'île ou dans la barque- s'il n'est pas à ses côtés.

Comment réaliser, dans ces conditions, le transbordement souhaité ?

Solution du problème n° 1/94 des trois bidons.

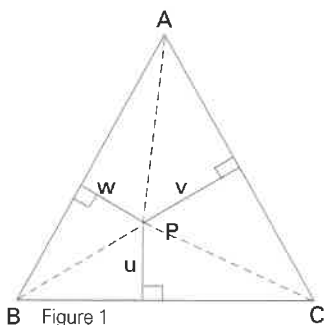
Il faut au minimum 10 transvasements pour arriver au résultat demandé. On peut, bien évidemment, procéder par tâtonnements ; mais il existe cependant une méthode plus rationnelle pour trouver la solution : elle est fondée sur l'utilisation des coordonnées "trilinéaires" (u, v, w) constituées par les distances d'un point P aux trois côtés d'un triangle **équilatéral** (voir figure 1).

Remarquons, en premier lieu, que si a et h sont respectivement le côté et la hauteur d'un tel triangle, on a la relation suivante entre les superficies :

$$S(ABC) = S(PBC) + S(PCA) + S(PAB),$$

$$\text{soit } \frac{1}{2} a.h = \frac{1}{2} a.u + \frac{1}{2} a.v + \frac{1}{2} a.w,$$

$$\text{d'où : } h = u + v + w.$$



Ainsi, **la somme des coordonnées trilinéaires est constante, quel que soit la position du point P intérieur au triangle équilatéral ABC** . Cette propriété se rencontre précisément lorsqu'il s'agit de répartir h litres entre trois récipients pouvant contenir respectivement u, v, w , litres.

Revenant au problème posé, considérons le triangle équilatéral de la figure 2 ayant une hauteur de $h = 12$ et supposons que u représente le contenu du récipient de 12 litres, v , celui du récipient de 7 litres (récipient du géomètre) et w , celui du récipient de 5 litres. On a de ce fait :

$$0 \leq u \leq 12, 0 \leq v \leq 7, 0 \leq w \leq 5.$$

Ces inéquations définissent un domaine limité par les droites d'équations : $u = 0$ (droite BC), $u = 12$ (point A), $v = 0$ (droite AC), $v = 7$ (droite DE), $w = 0$ (droite AB), $w = 5$ (droite EF) ; le domaine ainsi défini est le parallélogramme $ADEF$ dont les sommets ont pour coordonnées trilinéaires :

$$A(12, 0, 0) ; D(5, 7, 0) ; E(0, 7, 5) ; F(7, 0, 5).$$

La situation initiale des récipients est $(12, 0, 0)$, c'est-à-dire qu'elle correspond au point A . Par ailleurs on remarque que tout transvasement d'une partie (ou de la totalité, lorsque cela est possible) d'un récipient dans un autre se traduit, sur la figure 2, par le tracé d'un segment **parallèle à l'un des côtés du triangle ABC** -ce qui exprime que le contenu du 3e récipient reste constant dans cette opération- les extrémités de ce segment étant en outre **sur le périmètre du parallélogramme $ADEF$** . Ainsi, en supposant que la situation des récipients corresponde, à un moment donné, au point G ($u = 5, v = 2, w = 5$), le

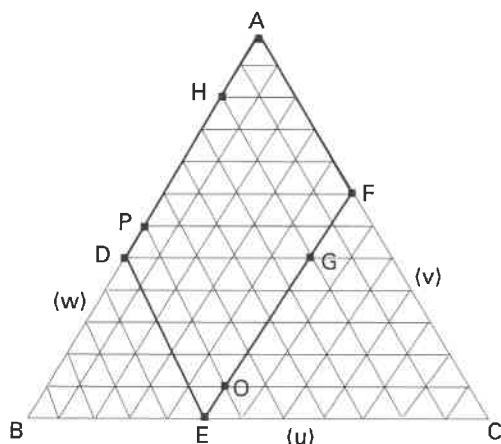


Figure 2

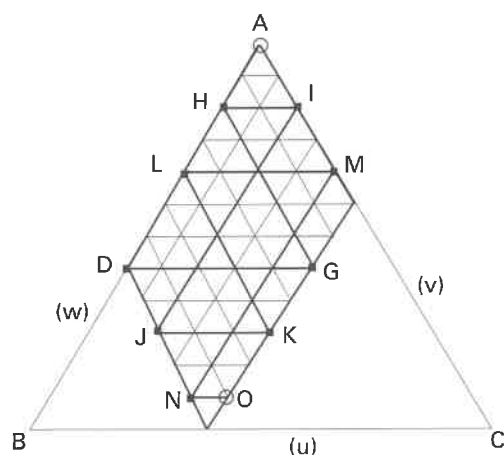


Figure 3

transvasement de w dans u se traduit par le segment GH (voir figure 2), parallèle à l'axe des v , avec $H : (u = 10, v = 2, w = 0)$.

Finalement, pour résoudre le problème posé (6 litres dans le récipient v), il suffit de trouver une ligne brisée dont les sommets s'appuient sur le périmètre du quadrilatère $ADEF$ et telle que, son origine étant en A , son extrémité soit sur la droite $v = 6$, c'est-à-dire en O ou en P (voir figure 2). La solution la plus courte est celle qui aboutit en O . Elle est donnée sur la figure 3. Elle correspond aux dix transvasements suivants :

Transvasements	Récipients			Point
	u	v	w	
0. Situation initiale	12	0	0	A
1. 7 l. de u dans v	5	7	0	D
2. 5 l. de v dans w	5	2	5	G
3. 5 l. de w dans u	10	2	0	H
4. 2 l. de v dans w	10	0	2	I
5. 7 l. de u dans v	3	7	2	J
6. 3 l. de v dans w	3	4	5	K
7. 5 l. de w dans u	8	4	0	L
8. 4 l. de v dans w	8	0	4	M
9. 7 l. de u dans v	1	7	4	N
10. 1 l. de v dans w	1	6	5	O

VUES AERIENNES METRIQUES

Toutes échelles - Toutes émulsions : pour toutes applications

Vues aériennes panoramiques

Tous travaux photographiques de précision liés à la cartographie :

Agrandissement, réduction, modification, assemblage de plans - tous formats - tous supports.



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