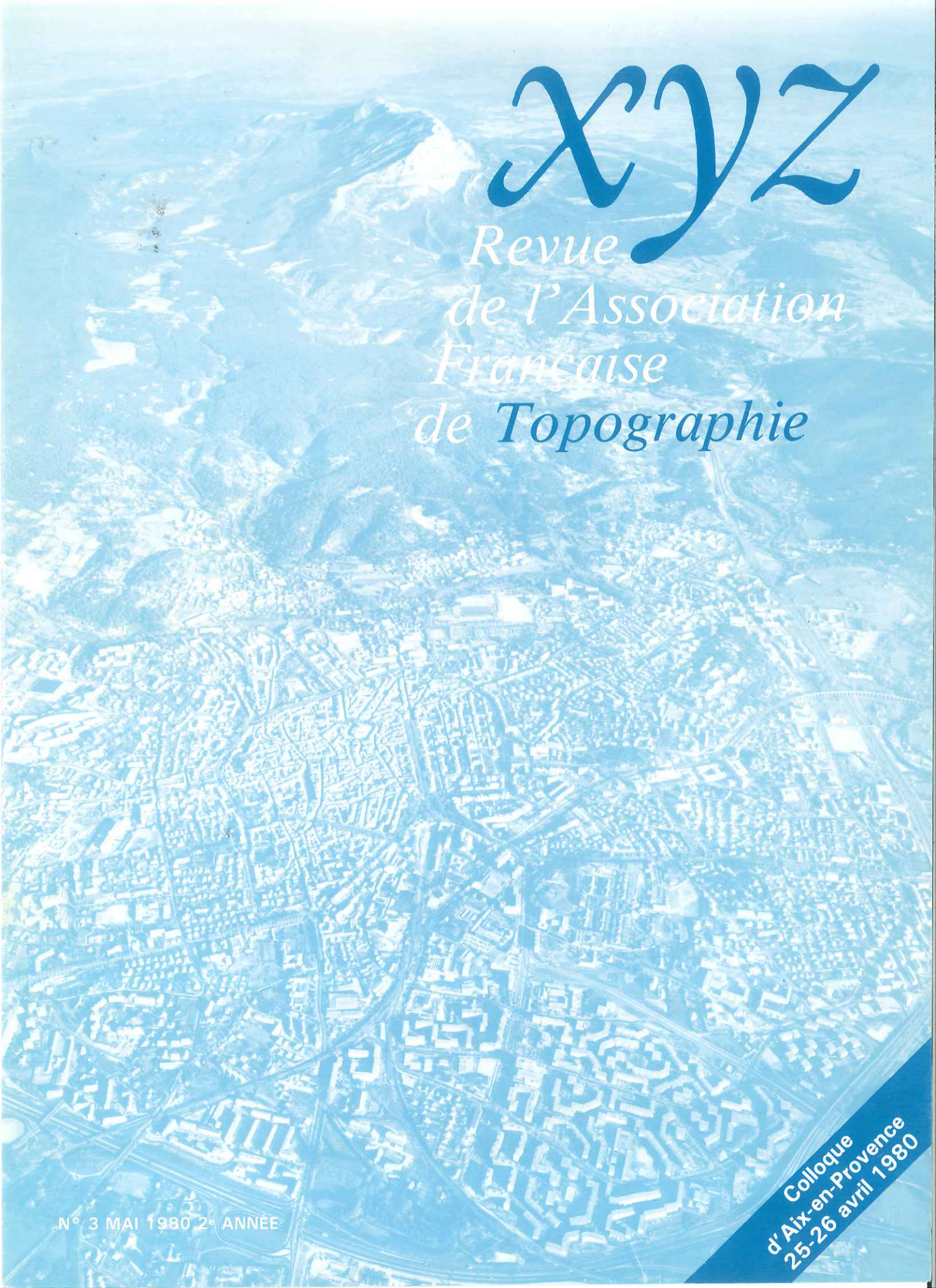


xyz

Revue de l'Association Française de Topographie

Colloque d'Aix-en-Provence 25-26 avril 1980

N° 3 MAI 1980 2e ANNÉE

BLANCHET-LOCATOP

SA. au Capital de 480.000 F.

met à votre disposition en location, en France ou à l'Etranger:

TOPOGRAPHIE

- Un parc de plus de 150 instruments classiques : théodolites, tachéomètres, niveaux.... essentiellement de marque WILD
- Une quinzaine d'équipements de mesure électronique de distance : WILD DI 3 et DI 3 S, AGA 12 et AGA 14, HEWLETT - PACKARD 3810, TELLUROMETRE CA 1000
- Une dizaine de lasers d'alignement et de nivellement

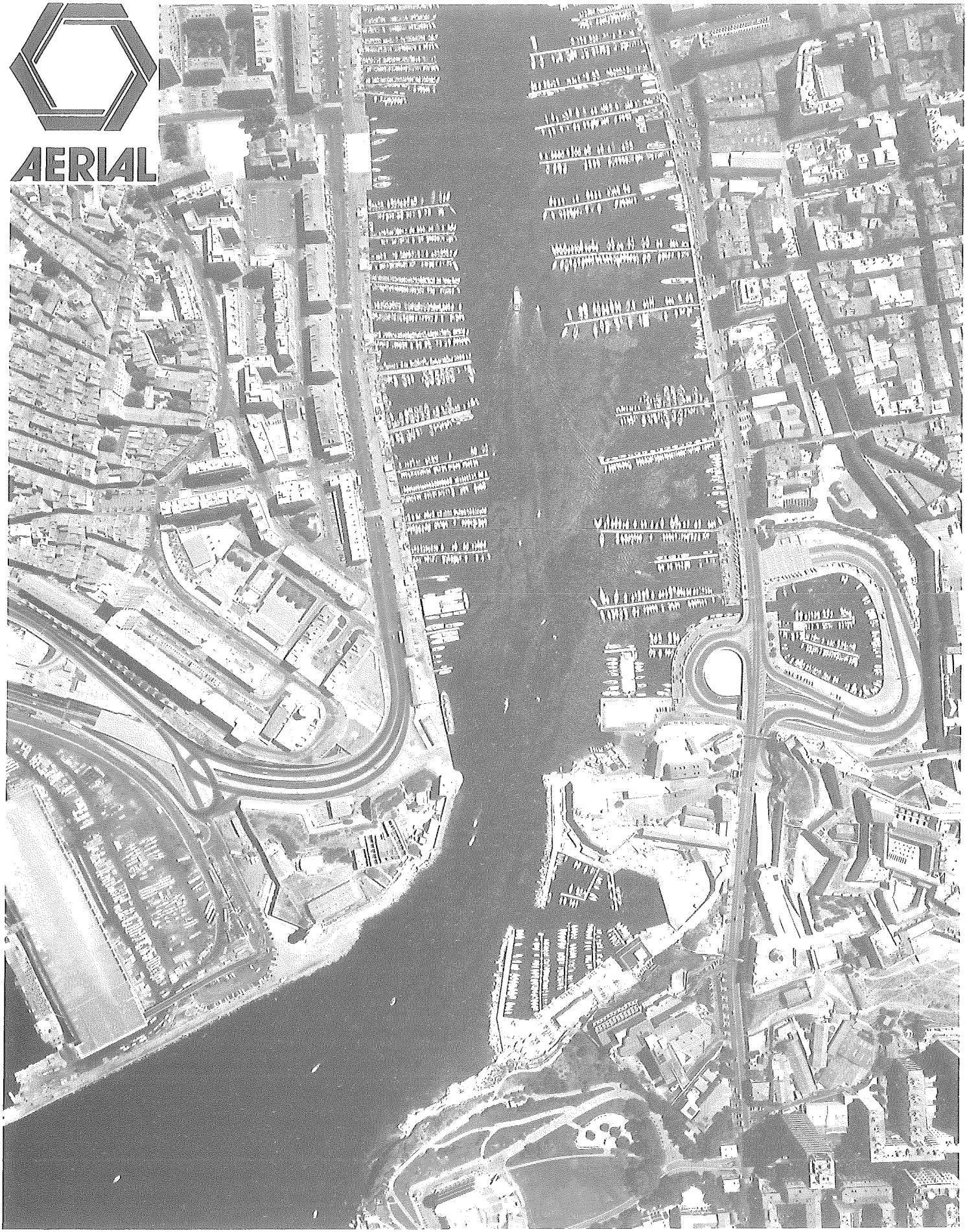
INFORMATIQUE

- Un parc de plus de quarante mini ordinateurs HEWLETT - PACKARD de la série 98, 9825, 9830, 9831,9835, 9845
- Un parc de plus de quarante périphériques HEWLETT-PACKARD: traceurs de courbes, unités à disques, imprimantes...
- Un ensemble CONTRAVES avec ordinateur CORA II et table traçante à tête optique pour tracer de haute précision et de grande surface.

BLANCHET-LOCATOP

31-33, rue Le Marois, 75016 Paris

Tel: (1) 651.72.20 & 651.69.22



AERIAL

91 RUE JEAN PERRIN 13290 Z.I LES MILLES (42) 27.19.91 TELEX AEROMAP 401 140 F

PRISE DE VUES POUR LA PHOTOGRAMMÉTRIE ET LA PHOTO-INTERPRÉTATION
ATELIER DE PHOTO-REPROGRAPHIE DE PRÉCISION
PHOTOTHÈQUE

REVUE DE L'ASSOCIATION xyz FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

sommaire

dossier

numéro 3

TRIMESTRIEL
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Comité de Lecture

Président
Louis CATINOT
Rapporteur
Jean PUYCOUYOUL
Membres
Guy DUCHER
Ingénieur en chef géographe
Jean GERVAISE
Docteur - Ingénieur - CERN.
Jean-Jacques LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe
Roger SCHAFFNER
Géomètre DPLG
Bernard SCHRUMPF
Ingénieur en Chef de l'Armement
Michel TARTACEDE
Géomètre DPLG

Couverture
vue aérienne oblique d'Aix-en-Provence, siège du colloque sur la topographie des grands travaux et aménagements. Au fond, la montagne Ste-Victoire, chère à Cézanne (Cliché AERIAL)

Directeur de la publication :
Jean PUYCOUYOUL

Maquette : M. PEYRONNET

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
AURILLAC (15)

Editorial 4

Assemblée Générale

- La topographie de l'An 2000 par Bernard DUBUISSON 4

Matériel et méthodes

- Le fil à flotteur par Pierre de FONTGUYON 9
- Surveillance de l'environnement par télédétection par Jörs ALBERTS . 13

Mini annuaire 27

Colloque d'Aix-en-Provence 17

- Contournement autoroutier de Nice par J.C. BAILLY et P. PATRY 20
- Le métro de Marseille par J. CLAVIER 25
- Le train à grande vitesse (T.G.V.) par J. BOUTONNIER 31
- La reconstruction du canal de Suez par J. DUCLOS 38
- Les galeries du canal de Provence par M. DAUGÉ 44

Journal

- Nouvelles brèves 47
- Emploi 47
- Colloque de Lyon 49
- Cassini ou non 50
- Revue de presse 52
- Vient de paraître 54
- Bulletin d'abonnement 12

APPEL AUX LECTEURS

X Y Z, votre revue, est jeune. Elle a besoin des efforts de tous pour se développer et devenir ce que tous souhaitent : un lien entre les topographes et la rencontre de vos expériences.

Nos premiers numéros ont bénéficié du concours remarquable des conférenciers qui ont participé à notre Assemblée Générale et au colloque d'Aix-en-Provence. Qu'ils en soient remerciés, mais que surtout leur exemple incite tout un chacun à collaborer à son tour à notre revue. Travaux, méthodes, organisation, matériel, enseignement, sont autant de chapitres que nous voulons régulièrement traiter dans X Y Z. Il n'est pas nécessaire d'avoir œuvré sur un projet d'envergure nationale pour s'exprimer sur l'un ou l'autre de ces sujets et beaucoup d'entre vous, lecteurs, peuvent dans leurs travaux quotidiens trouver ce qui intéressera d'autres topographes.

X Y Z a aussi besoin d'informations. Commissions et régions nous font parvenir les nouvelles les concernant, leur calendrier, les comptes rendus de leurs réunions. Mais bien d'autres faits touchant la vie économique et administrative, les projets de travaux, la formation professionnelle méritent publication. Il faut nous les signaler.

Enfin, X Y Z a besoin de l'avis et des conseils de ses lecteurs. En nous adressant vos commentaires ou vos questions sur les articles parus, en nous proposant des orientations sur les articles à venir, vous éclairerez nos choix. Si la route est longue vers la topographie de l'an 2000, elle nous paraîtra plus courte en la faisant de compagnie.

J. P.

La Topographie de l'an 2000

Bernard Dubuisson
Ingénieur Général h^re des Ponts et Chaussées

Introduction

Il y a aujourd'hui une grande crainte de l'an 2000, qui répond à la grande peur de l'An 1000 et dont nous avons bien perçu un signe particulier dans l'extraordinaire retentissement qu'a provoqué un accident technique récent, pourtant aux conséquences limitées, sur une centrale nucléaire aux U.S.A.

La superstition liée à cette attitude est d'autant plus surprenante que notre société, que l'on prétend évoluée, sait tout à la fois le caractère conventionnel du Calendrier grégorien et celui du système même de sa numération.

Mais, bien sûr, la borne kilométrique routière est plus une désignation d'un point de la voie que l'expression de sa discontinuité, que les pentes et virages marquent bien plus réellement d'une autre manière.

Mais, exprimant le sujet en d'autres termes, demandons-nous ce que la prochaine double décennie apportera d'évolution à nos errements actuels.

Pour autant que répondre à une pareille question ne relève pas davantage de l'intuition féminine que du cartésianisme plus masculin - Madame Soleil éclaire cette assertion -, nous tenterons d'y répondre à un niveau très général.

Je vous propose de considérer successivement :

quelques observations déontologiques générales, concernant la continuité des besoins et les expansions ressenties.

le rôle de la topographie dans son cadre actuel.

Enfin, la topographie de l'an 2000, ses fonctions, les structures de ses moyens et le comportement de l'homme, que l'on peut imaginer dans cette future société.

I. OBSERVATIONS DÉONTOLOGIQUES GÉNÉRALES.

Je vous propose d'élever le débat au-dessus de l'analyse et de la prospective de la seule technologie, en dégageant d'abord trois principes fondamentaux qui conduisent l'action topographique.

1 - 1 Le Principe de continuité des fonctions sociales de la profession

Les besoins historiques fondamentaux sont successivement satisfaits par le topographe pour :

— la compréhension étendue du monde ; liée aux bases philosophiques des peuples dans la recherche de la connaissance du cosmos.

— la définition du territoire et du milieu de vie de l'homme, de sa famille, de son clan, de sa tribu, de sa nation.

— l'organisation de ce milieu domestique pour sa sécurité, sa survie alimentaire,

— favoriser le développement de la pensée créer les civilisations.

En tous temps, le topographe assure les constatations effectives des interventions continues des peuples qui inscrivent leur civilisation sur le sol :

— civilisations archéologiques
— civilisations proto-historiques
— civilisations historiques ;

ainsi la topographie est la base la plus formelle de la géographie humaine.

1-2 Principe d'adaptation de la topographie aux besoins évolutifs du cadre de vie :

— Adaptation au développement et au déplacement des sociétés humaines, aux changements des sociétés et de leurs besoins, aux transformations des moyens de l'intervention de la topographie.

1-3 Principe d'adaptation aux rapports entre les sociétés, provoqués par les :

Echanges entre Sociétés humaines et les problèmes de transfert entre localisations.

Les coopérations commerciales, techniques, scientifiques : sur les moyens d'actions, sur les fins de ces interventions.

Les liaisons cosmiques par des mensurations satellites communes.

Les besoins altruistes d'assistance mondiale.

Tous éléments qui appellent l'appui direct de l'action topographique, c'est-à-dire de la connaissance physique du monde.

II. EXAMINONS MAINTENANT LE ROLE DE LA TOPOGRAPHIE DANS LE CADRE SOCIAL ACTUEL DE L'HOMME

— le développement de la science provoque des besoins méthodologiques à tous niveaux :
microscopique
macroscopique
— régional, dans les cadres architectural, urbanistique, agricultural, industriel, etc.

— L'extension de la métrologie dans les sociétés avancées concerne, en particulier : les communications, le génie civil, les recherches géologiques, et minières, l'agronomie, la course énergétique.

— Par ailleurs, les besoins cadastraux sont universels.

— ils sont indépendants de l'organisation, philosophico-sociale des peuples

— ils constituent les bases du développement alimentaire d'une humanité croissante.

— rappelons-nous les exemples de quelques cadastres célèbres de l'histoire.

— Les besoins des peuples en voie de développement provoquent

— le rôle historique des civilisations occidentales et spécialement de la France

— et l'assistance et coopération techniques.

— Quelques réflexions philosophiques s'imposent au terme de ces constatations :

— On peut certes se poser des questions sur le sens de ce développement matérialiste basé sur nos métrologies.

— On pourra toujours y trouver justification dans ses rapports avec le progrès évolutif de l'homme au sens du point oméga de Teilhard de Chardin.

Arrivons maintenant au fond de notre sujet :

III. LE SILLAGE DU TOPOGRAPHE D'AUJOURD'HUI DANS LE TORRENT DE L'AN 2000.

Essayons de définir d'abord la nature de ses activités : pour satisfaire à des besoins aujourd'hui prévisibles. Sans prétendre à la moindre exhaustivité, nous citerons des domaines essentiels.

— Les besoins traditionnels liés à la localisation des particularités des sols ; ce sont les caractères juridiques d'appropriation, de transactions et de fiscalité. (par ex. Cadastre et plans d'occupation des sols).

— Les créations, conservation et usage des moyens de communication.

— Le génie civil, l'architecture et la construction sur le sol et dans le sous-sol et les mesures de stabilité.

— L'aménagement des sociétés humaines sur les territoires - Urbanisme

— Les aménagements destinés à l'agriculture, à la sylviculture et à leurs industries

— Les mises en valeur des richesses sous-marines (sondages, ancrages et récupération de nodules.)

— Les activités liées aux recherches et aménagements énergétiques connus et futurs.

— Les besoins de l'industrie et de l'industrialisation des éléments préfabriqués, pour lesquels la métrologie est fondamentale.

— La conservation des cordons littoraux et l'hydrologie.

— Les besoins de localisations géographiques pour les créations de fichiers de bases de données, par exemple :

Scientifiques (géologie, géophysique, géomorphologie)
Techniques (voirie et réseaux divers)
Economiques et sociales ; voire fiscales.

avec travaux de sémiologie graphique corrélatifs.

— Les mensurations de biostéréométrie humaine et zoologique

— Enfin, les activités liées aux travaux de survie atomique par la protection contre les agressions nucléaires jusqu'alors scandaleusement négligées chez nous etc.

Les structures des moyens de ces actions futures sont fondamentales.
En France on peut assurer trois points :

1° — l'intérêt du maintien :

Du double secteur d'activité topographique fondamental :

— public, IGN - Cadastre - services publics.
— privé, cabinets - photogrammètres.

De l'omniprésence du géomètre dans le monde rural et urbain.

Du développement de la topographie directe dans les secteurs industriels, prospecteurs, créateurs et constructeurs.

2° — L'intérêt de l'évolution
vers une structure d'accueil des moyens adaptés d'une technologie de complexité croissante qui s'impose dès aujourd'hui, mais s'accentuera encore : regroupements associatifs, tels les exemples des médecins et des notaires qui s'imposent à notre réflexion.

3° — L'intérêt d'une profonde transformation française apparaît cependant, concernant :

peut-être la structure de l'Ordre des géomètres, si l'on estime qu'elle représente trop fidèlement celle des maîtres arpenteurs de Sully et Champlain.
la représentation du géomètre-topographe français au sein de ses instances internationales, la FIG : l'AFT offre cette possibilité d'accueil.

L'évolution des moyens scientifiques et techniques du topographe est entreprise, mais s'accentuera davantage encore.

— Prévoir est téméraire

mais refuser la prospective est se condamner à un retard fatal ; examinons trois aspects :

1° — Les alternatives de l'informatique de traitement

du passé : centres de calcul, miniordinateurs, microcalculateurs, processeurs ; mémoires et temps de base étant les paramètres essentiels ;

de l'avenir : juste équilibre entre divers pôles opposés :
— processeurs en temps réel à travail spécifique, terminaux universels de téléinformatique,
— établissement de documents nouveaux, mise à jour de ceux existants par télétransmission.
— pérennité des algorithmes et des systèmes, rénovation périodique des moyens à amortir rapidement.

2° — Les saisies d'informations comporteront les actions complémentaires probables de plusieurs origines :

De la cartographie par satellite, et de la cartographie classique photogrammétrique,

De la topographie terrestre et de la photogrammétrie spatiale, aérienne et rapprochée.

Des mesures électro-magnétiques des distances avec enregistrement des angles et des systèmes de localisation hertzienne par intersection de cercles ou hyperboles, sphères ou hyperboloïdes, ou encore cônes et sphères.

De géodésie classique et de localisation par géodésie spatiale sur satellites.

Des points géodésiques définis d'une quelconque manière au sol et des points issus de l'aérotriangulation analytique.

De l'enregistrement avec traitement des saisies réparti entre le terrain et le bureau et du télétraitement en temps réel des saisies (actuellement réalisé dans le domaine militaire des missiles de reconnaissance).
— De l'irremplaçable intervention de l'intelligence humaine et de l'automatisme issu de la reconnaissance des formes (autre exemple militaire actuel, les cruise-missiles).

Des localisations topo-géographiques et des informations sémiologiques en télédétection etc...

Dans l'ensemble, les exigences certaines que l'on peut prévoir concernent :
L'augmentation de la fiabilité des mesures.
L'actualisation permanente des documents.
L'augmentation de la précision.
Celle de la célérité.
Celle de l'économie.

3° — Parmi les moyens de favoriser les évolutions de l'une à l'autre des alternatives des saisies et des traitements, rappelons ceux-ci :
— Développer la concertation des constructeurs et des utilisateurs.
— Assurer la liaison des recherches : fondamentales, appliquées, ergonomiques.
— Maintenir le rôle actif et imaginatif de la profession ; l'AFT y pourvoira.
— Attendre davantage de la transpiration que de l'inspiration.
— Penser sans cesse à l'enseignement et à l'éducation permanente.

En résumé, l'évolution des moyens scientifiques et techniques permet, à moyen et long terme, de présumer que :
— La géodésie des pays industrialisés sera confortée

"Image de satellite LANDSAT de la région de La Rochelle".

par la trilatération radio-électronique et combinée à l'aérotriangulation analytique.

— La géodésie des pays en développement sera le plus souvent basée sur la géodésie par satellites.

— La cartographie à petite échelle résultera du traitement des images saisies par les satellites dits de "richesses naturelles", traitements vraisemblablement suivis de l'usage de stéréorestituteurs analytiques adaptés.

— La cartographie à moyenne et grande échelle sera issue de la photogrammétrie analytique, à partir d'imageries aériennes.

— La télédétection des radiomètres, scanners thermique et radars latéraux sera issue de vecteurs satellites et aériens, mais aussi de mesures faites au sol, en campagne et en ville.

— La topométrie de canevas sera issue de tachéomètres électro-optiques enregistreurs, traitée ensuite, partie sur le chantier, et plus généralement au bureau, avec tous les moyens dérivés des ordinateurs.

— Bien entendu, un large développement des consoles graphiques interactives est attendu pour deux phases distinctes :

le contrôle des saisies primaires ;

ensuite, l'ordonnancement de la présentation définitive des sorties graphiques demandées aux systèmes à dessiner.

Les discussions ergonomiques sur ces nouvelles orientations sont à peine entamées car toute l'organisation cartographique est à repenser, de la plus petite à la plus grande échelle.

Pour s'en convaincre, il n'est que de voir fonctionner aujourd'hui les moyens nouveaux avec des contraintes méthodologiques anciennes. La plupart de ces nouveaux moyens résultent de ce que l'on a coutume de dénommer les "techniques avancées". Or, par la grâce de l'esprit français, il se trouve que nos industries nationales sont en pointe sur bien des domaines qui nous sont essentiels, citons au hasard : les radio repérages maritimes et aériens, les satellites et leur vecteur, les équipements radiométriques scanners de ces satellites, les équipements des traitements de ces saisies radiométriques, des équipements électro-optiques de mesures utilisés sur des matériels étrangers, des matériels automatiques à dessiner, au rayonnement mondial, enfin, basé sur une fabrication nationale de computers, des consoles alphanumériques et graphiques en noir et couleurs et le plus extraordinaire stéréorestituteur analytique aujourd'hui sur le marché mondial est français, etc...

Concernant les topographes, c'est donc sur la méthodologie que les efforts actuels doivent s'orienter. Car il apparaît que l'évolution technique est bien plus rapide que celle des us et coutumes humains.

Le comportement de l'homme dans cette future société.

— Il y a d'abord des caractères invariants de l'homme de métier :

Avant tout, une conscience professionnelle parfaite. Le topographe restera l'homme des grands espaces et des larges horizons. Il rejoint en cela le navigateur maritime et aérien dont il exerce le même métier. Il est celui sans qui on ne fait rien, mais qui ne crée pas lui-même l'objet de son action, lequel est réalisé par un tiers : si je pouvais faire une comparaison, ce serait celle de l'anesthésiste réanimateur et du chirurgien au bloc opératoire. Il connaît mieux que quiconque les sites et les hommes qui les hantent, desquels souvent il sait se faire aimer. Nul sujet de plus grande fierté que la découverte de témoins proto-historiques sur ses nouveaux chemins : mieux que quiconque, il sait que si les techniques passent, notre civilisation est l'invariant fondamental le plus précieux de notre éco-système.

— Les attitudes nouvelles

La constante remise en question du mode d'action de l'homme n'implique surtout pas celle de sa philosophie et celle de sa science. La mise en place de moyens puissants, qui instaure une discipline écrasante n'affecte ni l'indépendance, ni l'homme des

professions libérales ; elle est indispensable à l'évolution. Bien que le pouvoir de l'homme seul s'amenuise inéluctablement par le développement des moyens indispensables, cette altération favorise cependant l'édification de l'aspect nouveau de sa profession, ainsi mieux adaptée aux services qu'elle doit rendre. A toute époque, la mise en place d'une nouvelle société voit des hommes qui se sont adaptés et prospèrent sur le libre échange international et d'autres, qui disparaissent. Effectivement, le moment est venu de chasser toute médiocrité ensommeillée. Comme le rappelait un ministre lors d'une réunion de l'association des ingénieurs des Ponts et Chaussées, l'Europe s'ouvre ; elle est fondée sur la diversité de ses cultures, des langues, des peuples enracinés, hostile par hérédité au nivellement, mais cultivant tous - au moins dans la paix - la "primauté de la personne humaine." N'empêche que Louis Pauwels estime que "l'Europe de Strasbourg est une précaire société anonyme, moyen monde entre le monde yankee et le monde soviétique".

Mais, croyez-moi, on y rencontre d'exceptionnels géodésiens et topographes, même si on s'y met à parler cet "anglo-américain basique, qui joue le liftier de la tour de Babel." N'empêche que la culture et la langue française font partie des instruments indispensables à cet esprit néo-européen. Cela ne fait qu'inciter à la vigilance dans la pureté de son usage.

Les temps peuvent être difficiles dans les conjonctures économiques françaises. L'exportation est un impératif économique pour notre pays, au moment même où l'aide aux pays en développement est plus que jamais nécessaire. Pourtant peu de français envisagent ou acceptent de s'expatrier, malgré les difficultés de l'emploi chez nous, et lorsqu'ils l'acceptent, leurs exigences les conduisent à être à l'étranger les plus chers du monde, au détriment de notre compétitivité et de notre rayonnement.

L'expatriation est donc un problème qui peut fort bien se poser à nombre de jeunes topographes et sous tous les aspects ; une attitude positive est souhaitable sur ce problème. Mais une recommandation s'impose au vu de ce que font nos voisins d'Outre-Rhin.

La corporation doit organiser alors une structure d'accueil pour le retour, avec toutes les sécurités nécessaires. Car le géomètre a des liens indéfectibles avec son origine terrienne qu'il faut respecter. C'est ainsi que l'on permettra aux topographes de l'an 2000 de rester ces pionniers à travers le monde que furent à toutes époques, depuis le haut Moyen Âge, ces habitants de la France Gallo-Romaine.

Le développement des connaissances ne cessera de s'étendre pour de multiples raisons aujourd'hui bien prévisibles :

— le recours aux satellites de l'espace tant pour la localisation géographique que pour la cartographie ;
— le développement de la télématique dans la vie courante mais encore plus dans les actes professionnels ;
— les développements de l'automatisation des saisies en photogrammétrie analytique avec ses conséquences d'aérotriangulation.
— l'automatisation des traitements et dessins cartographiques.

On doit donc dès aujourd'hui tirer de ces observations les conséquences qui s'imposent sur l'enseignement et concernent :

— le niveau culturel croissant du recrutement des professionnels ;
— la teneur des programmes de l'enseignement et la rigueur de la sanction des études ;
— la formation permanente en cours de carrière ;
— l'utilité de la diversification des niveaux des professionnels recrutés et formés.
— Les conséquences sociales.

Elles sont celles même qu'éprouve la société dans ses actions liées à la technologie. Il faut être objectif et sincère au risque de cynisme. Si des groupes industriels se rassemblent par absorption de l'un d'eux, c'est bien pour alléger les charges et gênes mutuelles de directions multiples. Si un organisme ou un cabinet développe son automatisation, c'est bien pour confier à moindre frais à la machine ce qu'il demandait jusqu'alors à l'action humaine directe. Qu'une réduction des coûts de production soit assurée par l'une ou/et l'autre de ces dispositions, nul n'en doute. Qu'une augmentation du volume des besoins qu'il est alors possible de satisfaire en résulte, est certaine ; mais il est indispensable que la profession fasse l'effort de promotion suffisant pour compenser la réduction initiale des emplois et nous avons vu que bien des voies le permettent. C'est un problème socio-politique que nous n'aborderons pas mais qui, le moment venu, ne pourra être esquivé. Souhaitons que ce soit sans l'établissement d'un numerus closus. En tout état de cause, pour garantir la qualité des services, la prospérité rénumératrice de la profession, doit pouvoir être assurée. Les incitations de l'AFT prendront alors toute leur valeur dans la ligne indiquée par François Mauriac : *notre vie vaut ce qu'elle nous a coûté d'efforts.*

Conclusion : Quoi qu'il en soit soyons certains que le topographe de l'an 2000 sera un homme qui joindra à ses hautes qualités morales habituelles, des connaissances étendues scientifiques et techniques qui en feront le pilote de tous les chantiers et édifications humaines. Il méritera de porter la devise de ce gentilhomme beauceron d'il y a trois siècles, M. de Laval qui fonda l'université de son nom à Québec, la Nouvelle France, où, pendant plus de dix ans, j'ai eu le privilège d'intervenir dans l'enseignement et où furent brillamment gradués quelques-uns de nos jeunes collègues :

"Deo favente haud pluribus impar"

Par la faveur de Dieu, il y en a peu à qui je sois inférieur.

■

Matérialisation de la verticale
au-dessus d'un point donné au moyen d'un "FIL A FLOTTEUR"

Pierre de FONTGUYON
Ingénieur des Arts et Manufactures Membre de l'A.F.T.
Ancien Ingénieur de la S.F.S. (1929-1971)
159 rue de l'Université 75007 PARIS

Le fil à flotteur, à l'inverse du fil à plomb, est tendu vertical par la poussée d'ARCHIMEDE exercée sous un flotteur immergé. Le liquide est contenu dans un récipient équipé d'un tube vertical axial permettant le libre passage d'une tige transmettant la traction au fil.

AVANTAGES DU FIL A FLOTTEUR SUR LE FIL A PLOMB

Pour la matérialisation précise des verticales ascendantes.

Avec le fil à plomb habituel, l'opérateur *doit rechercher la position exacte du point d'attache* du fil à plomb. Il ne la trouvera que par approches successives.

Il devra, pour ce faire, se fier à la pointe du fil à plomb souvent non exempte d'excentricité.

Il devra *régler la longueur du fil* et *en arrêter les oscillations.* Très probablement, il constatera que le point d'attache doit être déplacé.

Il essayera de déplacer exactement ce point d'attache de la quantité nécessaire dans la direction voulue. Si la hauteur est importante, il devra transmettre les instructions pour faire faire ce déplacement.

Après l'arrêt des oscillations, il constatera probablement que la verticale obtenue n'est pas tout à fait satisfaisante, et devra réitérer le cycle des opérations.

Avec un fil à plomb amorti par immersion de la masse-pesante, l'opérateur aura à prolonger la verticale par dessous le récipient jusqu'au point donné.

Il pourra, par exemple, observer le passage de cette verticale par rapport au point donné au moyen de deux théodolites en station dans deux plans verticaux formant un dièdre ayant le fil pour arête.

La précision sera meilleure que celle obtenue avec le fil à plomb habituel, surtout en cas de vent, mais la mise en place du point d'attache demandera du temps et du soin, si une grande précision est recherchée.

Enfin, il arrivera que le point d'attache, *exact* au moment de sa détermination, *ne soit pas rigoureusement stable,* ne serait-ce que par dilatation, action du vent sur le support parfois élevé, ou même, plus simplement par enfoncement inégal des branches du trépied sur sol détrempé ou gelé ou sur le bitume.

Avec le fil à flotteur, l'opérateur *n'a pas à chercher le point d'attache,* puisque le fil (ou câble) est fixé au point donné.

La longueur du fil (ou câble) doit, comme pour le fil à plomb, être réglée, mais *ce réglage n'est qu'approximatif,* simplement, pour que le flotteur soit immergé de façon à subir la poussée d'ARCHIMÈDE.

Compte tenu de la latitude de déplacement du flotteur dans le récipient, ce dernier *n'a pas à être situé avec précision,* mais seulement assez près de la verticale du point donné pour que le flotteur ne soit pas en contact avec une paroi.

La verticale matérialisée par le fil à flotteur est donc *une verticale automatique,* d'une façon analogue à une visée horizontale obtenue au moyen d'un appareil de nivellement automatique.

Si le support du récipient n'est pas rigoureusement stable, la matérialisation de *la verticale reste rigoureusement exacte,* tant que le flotteur ne vient pas en contact avec le récipient.

DESCRIPTION SOMMAIRE

Le récipient cylindrique R est équipé d'un tube axial T fixé au fond et permettant le libre passage de la tige verticale G à travers le fond pour transmettre la tension du fil (ou câble) C au flotteur F.

Cette tension équilibre la poussée d'Archimède du liquide sous le flotteur immergé.

Le liquide utilisé est du mercure dont la densité est environ 13,6.

La surface du bain est recouverte d'une couche d'huile de paraffine.

Le flotteur F est de forme torique. Cet anneau a une latitude de déplacement entre le tube axial et le récipient. Il en est de même pour la tige G dans le tube T.

Le flotteur F peut être immergé à une profondeur variable en agissant sur un enrouleur double à cliquet fixé au bas de la tige G.

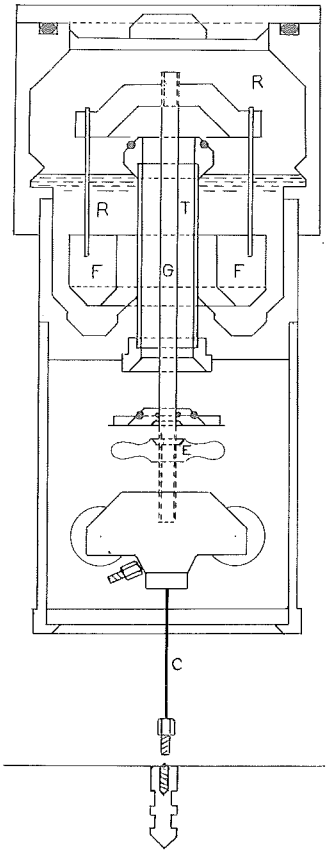


Fig. 1 - Schéma en coupe.

Le récipient est muni d'un couvercle hermétique.

Le tube axial qui traverse le fond du récipient peut être fermé hermétiquement, simultanément à ses deux orifices, par serrage des bouchons - supérieur et inférieur - ce dernier coulissant sur une partie lisse de la tige G, poussé par l'écrou à oreilles E par l'intermédiaire d'une entretoise hémicylindrique que l'on applique contre la tige G.

Le bouchon inférieur peut recevoir facilement une surcharge usinée, divisée en deux demi-disques, et pesant au total la moitié de la valeur de la traction due à l'immersion du flotteur.

Le récipient est muni d'une jupe ajourée de trois larges fenêtres.

La base circulaire de cette jupe est usinée pour être posée et enlevée facilement sur une embase à vis calantes ou sur un système spécial de centrage de théodolite sur le fil vertical.

CARACTERISTIQUES DE L'APPAREIL

L'appareil représenté a les caractéristiques suivantes :

— Traction du "Fil à flotteur"	: 2,6 K
— Poids total	: 14,4 K
— Poids du mercure	: 10,1 K
— Hauteur totale	: 355 mm
— Hauteur du récipient	: 200 mm
— Diamètre maximum	: 168 mm
— Diamètre de la base	: 150 mm
— Latitude de déplacement latéral	: 19 mm
— Latitude de déplacement vertical	: 45 mm
— Durée de mise en station	: 3 minutes

Remarques : la latitude de déplacement latéral est réduite à environ 8 mm lorsque le fil passe dans la vis de fixation de l'embase. En usage normal, ce n'est pas gênant.

Manières de mettre l'appareil en station

1°) — Il est possible de poser simplement la jupe du récipient sur un support horizontal percé d'un orifice suffisant.

2°) — Le récipient peut être suspendu par le milieu de sa poignée munie d'une gorge.

3°) — L'appareil peut être posé et verrouillé sur son embase à vis calantes munie d'une nivelle sphérique.

4°) — L'appareil peut être posé et verrouillé sur un système de centrage d'embase de théodolite.

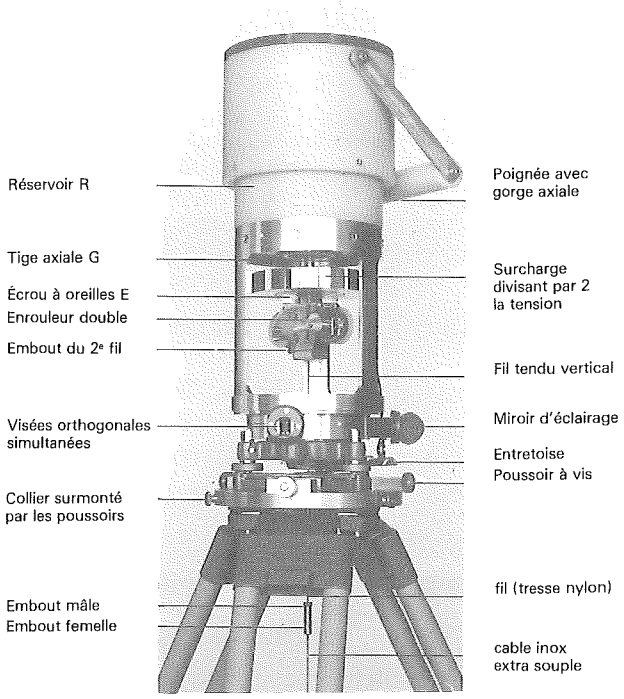


Fig. 2.
Fil à flotteur en station pour centrer un théodolite T2 sur la verticale d'un point donné

SYSTEME SPECIAL DE CENTRAGE SUR LE FIL

Ce système permet de *viser le fil vertical simultanément dans deux directions orthogonales,* mais observées dans une même direction. L'opérateur déplace l'embase jusqu'à ce que le fil apparaisse bien axé dans les deux portions de viseur superposées correspondant chacune à une des deux directions réelles des visées orthogonales.

Ce système peut évidemment servir aussi à centrer un théodolite sur un fil à plomb, par exemple un fil à plomb amorti dans un bain d'huile au fond d'un puits pour y transmettre un gisement défini par un deuxième fil à plomb amorti.

Un dispositif accessoire peut être adapté à la tête du trépied pour faciliter la précision finale de la translation du système de centrage, en déplaçant l'embase avec trois poussoirs à vis.

Après avoir obtenu ce résultat, il reste à enlever doucement le fil à flotteur et à placer de même le théodolite.

Après avoir effectué les mesures au théodolite, rien n'empêche l'opérateur de vérifier que l'embase est restée bien centrée ; il en a pour deux minutes.

UTILISATION DES FILS A FLOTTEUR

I - Repères devenant inaccessibles

Il est possible de laisser fixé à demeure au repère un câble inox extra-souple muni à son extrémité supérieure d'un embout femelle pouvant être raccordé avec l'embout mâle d'un des fils de l'enrouleur à cliquet.

Le haut du câble en attente peut être accroché sous le bouchon d'un tube assez vertical pour permettre la matérialisation de la verticale.

Il existe de tels câbles depuis 1964 autour du réacteur RAPSODIE.

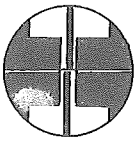


Fig. 3 - Aspect des 2 moitiés du champ du viseur à visées orthogonales simultanées
— dans la partie sup. le fil visé apparaît 3/10e de mm trop à d.
— dans la partie infér. le fil visé apparaît 4/10e de mm trop à g. mais dans une des 2 moitiés du champ cet écart est réellement en direction alors que dans l'autre c'est un écart en éloignement.

II - Références profondes

De la même façon, il est possible de choisir des repères de références en profondeur, plus fiables que celles prises même dans la roche, mais en surface.

III - Références enterrées

De telles références pourraient être établies dans des puisards moins coûteux que des sondages.

En terrain permettant la pénétration relativement facile de pieux, il est envisageable d'enfoncer à refus des tubes contenant le repère et le câble d'attente, le haut du tube enfoncé étant démontable et remplacé par un tube moins solide fermé par un bouchon sous lequel serait attaché le câble d'attente.

IV - Stationnement au théodolite.

Stationnement des références enterrées ou profondes grâce au système de centrage à visées orthogonales simultanées.

V - Mesure directe de la distance horizontale

entre deux repères situés à des niveaux différents.

Il suffit d'installer deux fils à flotteurs de longueur suffisante pour pouvoir marquer sur ces deux fils l'horizontale donnée par un niveau à lunette et de présenter un fil ou un ruban invar.

L'expérience a montré que les lectures des graduations au contact des fils à flotteur ne présentent pas plus de dispersion que celles faites sur les repères de chaînage péniblement placés, plus ou moins exactement, à la verticale des repères scellés.

De plus, la mesure directe à l'horizontale élimine les réductions à l'horizon.

VI - Matérialisation des plans verticaux.

Il est bien évident que l'on peut matérialiser, et de façon plus stable, des plans verticaux par des fils à flotteur au lieu des fils à plomb.

On peut aussi envisager de combiner éventuellement les deux sortes de fils verticaux.

VII - Plans verticaux matérialisés par une polygonale funiculaire.

Dans des cas difficiles de chantiers en cours et encombrés, on peut être amené à matérialiser un plan vertical par des fils reliant en ligne brisée, fils à flotteur et fils à plomb, les divers fils étant plus ou moins surchargés pour respecter l'équilibre des forces.

VIII - Influence du vent

Le fil à flotteur, comme le fil à plomb, est sensible au vent.

Toutefois le flotteur est bien à l'abri et il est facile d'envelopper la jupe du récipient pour abriter l'enrouleur et le bas de la tige axiale.

S'il n'est pas possible de protéger le fil lui-même, on peut cependant déterminer assez exactement le déplacement causé par le vent, si ce vent est à peu près constant.

En effet, le déplacement du fil est inversement proportionnel à la tension. Grâce à la surcharge prévue à cette intention, il est possible de diviser par deux la tension du fil et donc de *doubler le déplacement produit par le vent.* (La surcharge est évidemment abritée du vent à l'intérieur de la jupe déjà enveloppée pour abriter l'enrouleur.)

On peut donc faire des mesures à tension normale et à tension moitié, et extrapoler le résultat (avec l'imprécision entrainée par toute extrapolation).

IX - Amortissement rapide des oscillations des fils à flotteur.

Les fils à flotteur à mercure ont été utilisés en été 1977 à l'I.G.N., dans une cage d'escalier, sur une hauteur d'environ 27 mètres.

Deux fils étaient en station, à trois marches d'intervalle. L'un tirait à 5 kg et l'autre à 3,4 kg. La durée de stabilisation ne dépassait pas une minute.

La distance mesurée entre câbles, en bas et en haut, au moyen d'une règle graduée a été trouvée la même à 0,08 mm près, avec une dispersion des mesures analogue à celle obtenue au fil invar entre repères fixes.

X - Cheminement à deux ou trois fils à flotteur.

Un fil à flotteur est un excellent signal, visible sur une grande hauteur.

C'est un signal stable, facile à enlever et à remettre avec la précision du dixième de millimètre.

D'autre part, la mise en station d'un théodolite au dixième de millimètre est réalisable en quelques minutes avec le système de visées orthogonales simultanées.

Un cheminement utilisant les fils à flotteur pourra être exécuté avec autant de *reprises* que le nécessiteront, par exemple, des travaux en cours.

La précision de la transmission des gisements est assurée.

XI - Pilotage, puis auscultation éventuelle, de constructions de grande hauteur.

(Tours, viaducs, barrages, réacteurs nucléaires, ascenseurs, etc...)

Les fils à flotteur permettent de réaliser des signaux de visée précieux *en matérialisant de façon automatique et très précise les verticales des repères du canevas de référence.*

D'autre part, l'opérateur peut facilement *stationner la verticale d'un repère du canevas de référence* en utilisant le système de centrage à visées orthogonales simultanées.

A condition de les prévoir en temps utile, il est possible de réserver des passages de verticales à travers les constructions élevées. Les angles intérieurs des gaines d'ascenseurs peuvent facilement permettre des passages de verticales utilisables non seulement pendant la construction, mais plus tard pour des auscultations.

Abonnement 1980
à la revue xyz
de l'Association Française de Topographie

Pour s'abonner à cette revue, vous adressez votre demande, accompagnée du chèque de règlement, à l'adresse suivante :

ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

" Abonnements "

39ter rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Abonnement 1 AN
(4 numéros)
- FRANCE = **160 F**
- AUTRES PAYS = **200 F**

Tous les membres de l'A.F.T sont automatiquement abonnés à la revue xyz.

Les abonnements ne sont pas rétroactifs et commencent à la date du règlement.

Achat d'un seul numéro - même adresse que ci-dessus.
(sous réserve de disponibilité)

- FRANCE = **50 F**
- AUTRES PAYS = **60 F**

En cas de changement d'adresse, nous invitons nos abonnés à bien vouloir communiquer à l'adresse ci-dessus la dernière bande accompagnée de la somme de 3,60 F en timbres poste.

5, RUE DE LA VEGA - 75012 PARIS
347.15.92

REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE
de vos plans en tous formats
réductions - agrandissements - montages - surcoupes

LA PHOTOGRAPHIE
c'est la qualité, c'est la précision
compléments indispensables de vos travaux

Surveillance de l'environnement par télédétection

Rapport présenté au Symposium de la F.I.G. tenu à Darmstadt en octobre 1978, par le Prof. Dr.-Ing. Jörg ALBERTZ, Technische Hochschule Darmstadt.

Traduction par l'Ingénieur en Chef de l'Armement Bernard SCHRUMPF, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, membre de l'AFT

1. INTRODUCTION

L'environnement humain se modifie sans cesse. L'écoulement des eaux, les phénomènes climatiques ou les changements saisonniers de la végétation sont des exemples de changements naturels. Mais aux processus naturels s'ajoutent, comme chacun sait, de multiples activités humaines qui ont des effets sur le sol, l'eau et l'atmosphère. Plus qu'autrefois il est aujourd'hui nécessaire de planifier soigneusement les activités humaines et de surveiller leurs effets. Il faut acquérir pour cela de nombreuses informations sur la situation de notre environnement, et les garder en mémoire de façon à pouvoir observer leurs modifications.

D'une façon générale on peut acquérir de telles informations de trois façons, qui sont :

— **la mesure directe :** l'instrument de mesure est placé là où la mesure est à faire (exemple : mesure de température avec un thermomètre) ;

— **la télémétrie :** l'instrument de mesure est encore placé là où la mesure est nécessaire, mais le résultat est transmis à distance, par exemple par radio (exemple : mesures météorologiques par radiosondes) ;

— **la télédétection :** l'instrument est éloigné de l'endroit de la mesure ; la grandeur à mesurer est déduite du rayonnement électromagnétique réfléchi ou émis par les objets observés (exemple : mesure de la température de l'eau depuis un avion au moyen d'un radiomètre thermique).

2. SYSTEMES DE TELEDETECTION

Dans ce contexte les systèmes de télédétection les plus importants sont :

a. Photographie

Photographie en lumière visible ou dans le proche infrarouge (longueur d'onde 0,4 à 1,0 μm) ; les films suivants sont utilisés : noir et blanc panchromatique, noir et blanc infrarouge, couleur, ou infrarouge en fausse couleur.

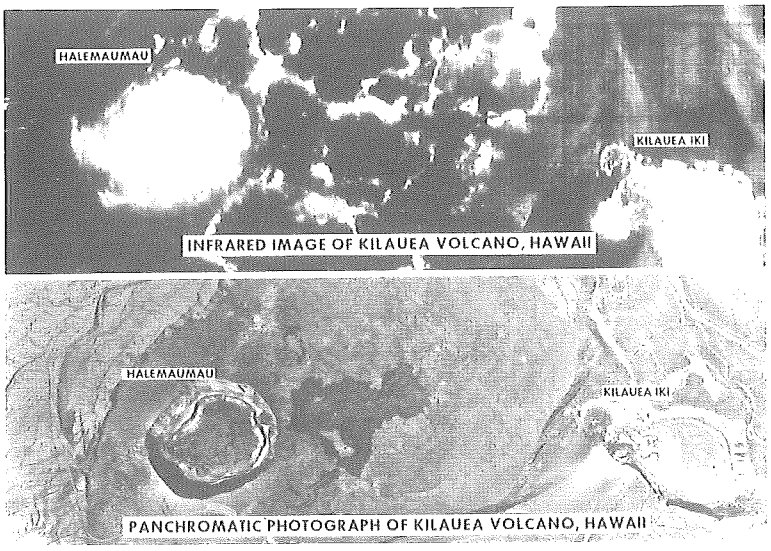


Fig. 1 : En haut photographie aérienne infrarouge. En bas photographie aérienne panchromatique.

Dans tous les cas c'est la lumière solaire réfléchie qui impressionne le film, et la mesure n'est possible que de jour. Le terme "infrarouge" est souvent mal compris, et il faut se rappeler que la photographie infrarouge ne permet pas de saisir les différences de température. Normalement la photographie est exploitée visuellement. L'interprète identifie les objets par leur taille, leur forme, leur tonalité ou leur couleur, leurs ombres, etc.

b. Thermographie

Pour obtenir une représentation des températures on utilise des radiomètres travaillant dans l'infrarouge thermique (en général 8-13 μm de longueur d'onde). Le capteur mesure le rayonnement thermique émis par l'objet observé, rayonnement qui dépend de sa température de surface. La mesure est indépendante de la lumière solaire et peut être faite jour et nuit. On peut faire un examen visuel des clichés, mais dans bien des cas on applique une technique de traitement d'image pour obtenir des différences de températures précises.

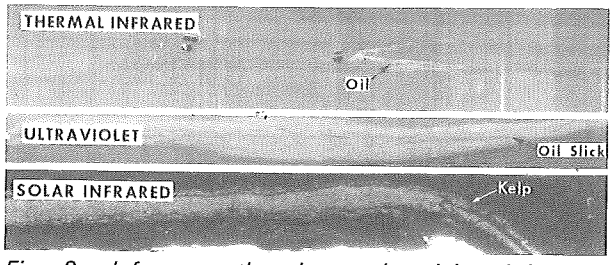


Fig. 2 : Infrarouge thermique, ultra-violet, infrarouge solaire mettant selon le cas en évidence certains détails.

c. Radiométrie multispectrale

Les enregistrements de données multispectrales sont obtenus le plus souvent avec des capteurs sensibles à la fois dans le visible et le proche infrarouge et dans l'infrarouge thermique. Les données multispectrales permettent d'indentifier les objets par leurs propriétés réflectives et d'en déduire des cartes d'utilisation du sol. Le traitement est fait de préférence par ordinateur, cependant lorsque le nombre de domaines spectraux considérés ne dépasse pas trois l'interprétation visuelle est possible.

d. Radar latéral

Le radar travaille dans le domaine spectral des micro-ondes (1 à 100 cm de longueur d'onde). Le radar est un système actif, c.a.d. utilisant un rayonnement émis par l'appareil lui-même. Il est donc indépendant du rayonnement naturel et peut travailler nuit et jour. A la différence des procédés mentionnés ci-dessus, les systèmes radar sont indépendants des conditions météorologiques, car les micro-ondes ne sont pas arrêtées par le brouillard et les nuages. Les images obtenues par le traitement des données du radar peuvent être interprétées visuellement.

Tous ces procédés de télédétection peuvent être utilisés à partir d'un avion ou d'un satellite. *Contrairement à la mesure directe ou à la télémétrie la télédétection permet une acquisition de données bidimensionnelle.* On peut donc faire de nombreuses mesures en peu de temps, beaucoup plus qu'avec les autres procédés de mesure. Il y a là le grand avantage de la télédétection : de vastes étendues peuvent être observées presque simultanément.

Mais d'un autre côté beaucoup d'applications pratiques de la télédétection soulèvent de sérieux problèmes : le principal est que différents facteurs perturbent les mesures faites par avion ou par satellite et qu'il n'existe donc pas de relation simple entre les données recueillies et les propriétés physiques des objets observés. En outre en ce qui concerne les scanners ou les radars la représentation géométrique obtenue est beaucoup plus compliquée qu'en photogrammétrie.

Il en résulte que des traitements souvent délicats et coûteux doivent être appliqués pour obtenir les informations désirées. Dans bien des cas il faut corriger les données de leurs distorsions géométriques ou radiométriques avant de pouvoir en tirer des informations par interprétation visuelle, par traitement informatique, ou par une combinaison des deux.

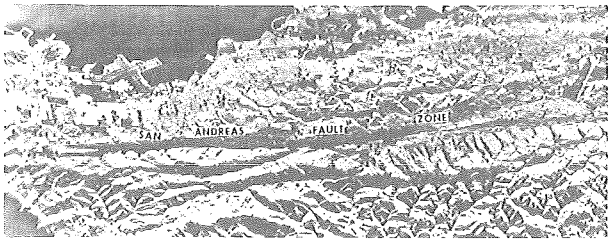


Fig. 3 : Image obtenue par radar latéral qui définit avec netteté les principales caractéristiques topographiques.

Jusqu'ici l'exploitation a surtout fait appel à l'interprétation visuelle des images par des observateurs humains, utilisant des instruments relativement simples tels que stéréoscopes ou transferscopes. La raison est évidente : *l'œil humain et le cerveau humain forment ensemble un système analyseur d'images qui est le plus souple et le plus efficace qu'on puisse imaginer.* Et dans une certaine mesure ce système est affranchi des facteurs perturbateurs mentionnés ci-dessus. C'est pourquoi les exemples qui suivent ont trait à l'interprétation visuelle.

3. SURVEILLANCE PHOTOGRAPHIQUE

Les plus importants changements constatés dans le paysage proviennent des activités humaines. La photographie aérienne est idéale pour détecter et localiser des objets tels que routes, constructions, types d'exploitation agricole, carrières, etc. Comme les photographies aériennes sont aussi des documents historiques, on peut observer les changements en comparant des clichés anciens et récents. L'interprétation des différences est relativement aisée et le résultat très fiable. C'est pourquoi ce procédé est largement utilisé pour la mise à jour des cartes topographiques, en employant des films noir et blanc panchromatiques.

D'autres changements de l'environnement visibles sur les photographies aériennes résultent de processus naturels. On peut ainsi surveiller des effets d'érosion, des déplacements de dunes de sable, des sédimentations, ou des actions glaciaires.

Les photographies aériennes revêtent une grande importance pour les services forestiers. Non seulement les inventaires forestiers, les estimations des réserves existantes, la planification des routes d'accès utilisent les photographies aériennes, mais

également les évaluations des pertes dues aux tempêtes ou aux incendies. Il est plus difficile de reconnaître et d'évaluer les maladies des plantes, les proliférations d'insectes ou autres perturbations. Pour de telles observations, les photographies aériennes doivent être prises sur film en couleur infrarouge (fausse-couleur). La couleur rouge, qui représente le rayonnement réfléchi par le feuillage des arbres dans le proche infrarouge, est très sensible aux différences du coefficient de réflexion. Du fait de la relation qui existe entre la vitalité des plantes et le coefficient de réflexion, les conditions de croissance anormales sont marquées sur les clichés en couleur infrarouge par des variations de couleur plus ou moins fortes. Il faut une grande expérience pour évaluer ces différences de couleur. Notamment des maladies de différents types produisent des effets colorés semblables : des contrôles sur le terrain sont donc souvent nécessaires pour déterminer si le défaut de vitalité résulte d'insectes, de sécheresse, de pollutions atmosphériques, ou de quelque chose d'autre.

La situation est tout à fait semblable pour les zones cultivées. Là encore la détection et l'évaluation des dommages subis par les récoltes sont obtenues de préférence par photographie couleur infrarouge à échelle relativement grande. Quelques maladies des plantes comme la rouille de la pomme de terre ou la tavelure de la betterave sucrière peuvent être reconnues directement, d'autres doivent l'être indirectement à l'aide du changement de coloration dû à la perte de vitalité de la plante. Pour maîtriser ces maladies, par exemple à l'aide d'herbicides, le fermier doit pouvoir évaluer les dommages et estimer leur étendue. La répétition de la couverture photographique est très utile pour cela. Mais pour interpréter correctement les clichés couleur infrarouge il importe avant tout que l'opérateur soit très expérimenté.

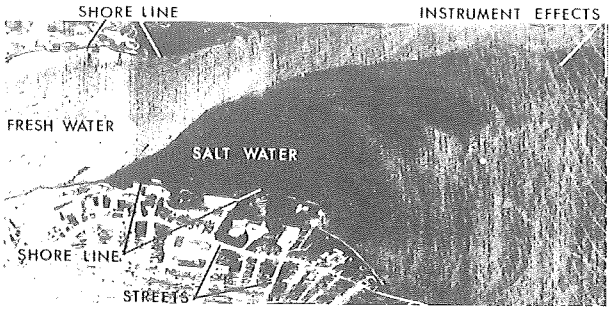


Fig. 4 : Imagerie infrarouge mettant en évidence la limite de l'eau salée.

Un des problèmes majeurs du contrôle d'environnement est évidemment la pollution de l'eau. Plusieurs de ses formes peuvent être détectées et évaluées directement par photographie aérienne. Etant donné que les eaux usées industrielles sont généralement déversées dans les rivières et les lacs par des conduites, des points de forte pollution se produisent souvent là, avec des contrastes de couleur et de tonalité accusés. Bien entendu selon le type de pollution celle-ci est visible ou non sur les photographies, et sa visibilité dépend beaucoup des filtres utilisés ainsi que des conditions d'éclairement rencontrées à la prise de vue. Mais une pollution importante, par exemple par une couche d'huile, peut être détectée facilement aussi bien en rivière que le long de la côte.

ER RICHAT, SAHARA DESERT, MAURITANIA

Fig. 5 : En haut photomosaïque
En bas photographie par satellite

On emploie des méthodes plus indirectes pour déterminer la qualité de l'eau. De nombreuses recherches ont été faites, qui montrent que les plantes aquatiques sont de bons indicateurs des conditions écologiques et de leurs changements. De bons résultats ont été obtenus par l'interprétation des espèces de plantes sur les photographies en couleur. Pour l'observation des plantes submergées, on trouve sur le marché des films spécialement conçus pour la pénétration dans l'eau.

Parmi les objectifs de la surveillance, il faut mentionner aussi l'inventaire des dommages produits par les désastres naturels (inondations, tremblements de terre, cyclones), pour lequel des photographies aériennes sont souvent prises pendant ou juste après l'évènement.

La photographie aérienne convient bien, par nature, à la résolution de problèmes d'environnement locaux ou régionaux. Des problèmes plus généraux nécessitent l'observation par satellites. Jusqu'à présent, il n'existe pas en orbite de système photographique prenant des clichés de routine. Mais les clichés obtenus avec des scanners tels que ceux des satellites LANDSAT peuvent être interprétés de la même façon que des photographies aériennes. Très souvent trois bandes spectrales de l'enregistrement multispectral sont combinées pour former une image couleur ou couleur infrarouge. On peut étudier ainsi la végétation dans les pays sous-développés, la couverture de neige ou de glace, ou des phénomènes océanographiques.

4. SURVEILLANCE THERMOGRAPHIQUE

Les images thermiques s'avèrent être d'excellents moyens d'étude de la pollution thermique des rivières et des lacs. Ceci est particulièrement important là où des établissements industriels ou des centrales élec-

triques évacuent des eaux réchauffées. Les mesures directes ou bien les données obtenues par télémétrie ne fournissent que des données ponctuelles. Par contre la thermographie montre l'ensemble du processus de mélange et de refroidissement de l'eau en surface. (cf. photo Fessenheim dans XYZ N° 1)

Très souvent les images thermiques des eaux de surface sont traitées de façon que les températures soient représentées par des teintes grises de différentes tonalités, appelées équidensités. Cette représentation fait bien ressortir les différences de température. Pour calibrer les densités et obtenir une carte de températures il faut faire des mesures simultanées de température in situ.

Différentes études ont permis d'établir des faits importants sur le comportement des eaux de rivière. Ainsi le processus de mélange dépend beaucoup de la quantité d'eau de la rivière et de sa vitesse. Dans les petites rivières toute l'eau de surface tend à se réchauffer peu après la source de chaleur. Lorsque la rivière est plus importante, par exemple le Rhin, l'eau réchauffée est poussée le long de la rive en un filet étroit souvent long de plusieurs kilomètres. Ainsi la température du milieu de la rivière n'est presque pas modifiée par l'apport d'eau chaude, tandis qu'elle est très perturbée près de la rive. Il est évident que le même processus se produit dans le cas d'une pollution chimique.

Des recherches de ce genre sont fort utiles pour compléter notre connaissance des processus de mélange et pour organiser au mieux l'utilisation des ressources en eau. Aussi faut-il s'attendre à ce que la thermographie aérienne devienne une méthode de surveillance de routine dans les régions industrialisées.

De nombreux projets d'engineering font apparaître des difficultés dues au manque de connaissance des conditions climatiques locales, et aussi à la mauvaise appréciation des effets des transformations effectuées. Nous ne savons pas dans quelle mesure des constructions de différents types, des barrages, des ponts, etc. modifient le climat, c.à.d. les conditions de température locales ou les déplacements d'air près du sol. Des études thermographiques de détail peuvent aboutir à d'utiles conclusions pour minimiser les effets négatifs des activités humaines, par exemple dans le choix de sites convenables pour des constructions, des installations industrielles, des décharges de déchets, etc. Mais l'interprétation de la thermographie dans ce but est assez délicate et doit être faite très prudemment, car il faut tenir compte de nombreux facteurs locaux. Il existe un besoin important de renseignements de ce type et la méthode est donc appelée à jouer un rôle important dans l'avenir.

5. SURVEILLANCE PAR RADIOMETRIE MULTISPECTRALE

Comme il a été indiqué ci-dessus, les données acquises par radiométrie multispectrale peuvent être utilisées de la même façon que des photographies si les données sont enregistrées sous forme d'image. C'est le cas de beaucoup de données LANDSAT.

Mais le principal objectif des techniques multispectrales est de classer les éléments de l'image selon les caractéristiques de réflexion des objets.

Un certain nombre de recherches ont été faites dans ce domaine mais les méthodes sont encore à un stade expérimental. L'utilité dépend de la nature des informations recherchées. Des problèmes tels que la pollution de l'eau dans les grands lacs ou les océans, la couverture de neige et de glace, les conditions régionales de croissance des forêts et des cultures, etc. sont de ceux pour lesquels les données LANDSAT peuvent être utilisées grâce à différents programmes de classification. Pour parvenir à résoudre par radiométrie aérienne des problèmes particuliers il faudra encore d'autres recherches et actuellement cette technique n'est utilisée que dans un nombre limité de cas : elle permet de délimiter dans des champs homogènes les zones atteintes par une maladie.

6. OBSERVATION PAR RADAR LATERAL

Des systèmes radar ont été utilisés avec succès par exemple au Brésil pour faire des inventaires de ressources sur de grandes étendues. En ce qui concerne les études d'environnement plus détaillées l'emploi du radar en est encore au stade expérimental. Mais on place de grands espoirs dans l'emploi de systèmes radar. Le procédé est en effet indépendant de l'éclairement solaire et des conditions météorologiques, ce qui est important pour l'observation de la couverture glaciaire ou des désastres naturels.

D'autre part on espère, par l'utilisation des micro-ondes, obtenir des informations non accessibles avec d'autres procédés, par exemple le degré d'humidité du sol.

7. CONCLUSION

Il faut indiquer pour conclure deux points importants. Le premier concerne les limites de ces méthodes : *la télédétection ne peut pas résoudre tous les problèmes d'environnement,* elle est une méthode d'acquisition de données parmi d'autres. Elle permet de détecter des situations existantes et d'observer des changements. Mais elle ne permet pas d'évaluer ces faits ou ces changements. On peut pas exemple détecter que l'eau d'une rivière est réchauffée, mais on ne peut pas déterminer si cette pollution thermique est tolérable d'un point de vue écologique. Une telle décision requiert des critères qui doivent être déterminés par ailleurs.

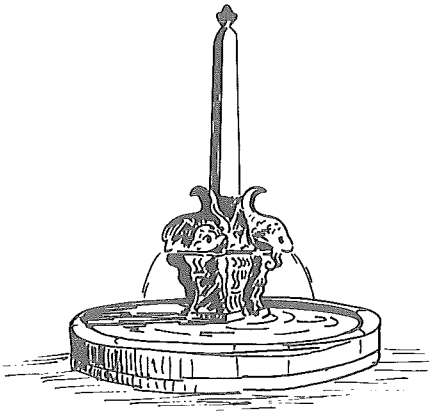
Le second point concerne le coût de la télédétection. C'est une question complexe. *D'une façon générale la photographie aérienne est une méthode efficace d'un prix très raisonnable si l'on considère la valeur des informations obtenues.* C'est pourquoi la photographie aérienne est utilisée à des fins multiples partout dans le monde. D'autre part, *les données acquises par satellite sont peu onéreuses dès lors que le satellite est en orbite et qu'il fournit des données en permanence.* Mais on ne peut en dire plus sur ce point, notamment parce que la plupart des systèmes de télédétection sont encore expérimentaux et ne fonctionnent pas encore sur une base commerciale.

De toutes façons, il est certain que le contrôle de l'environnement et les prises de décision nécessiteront dans l'avenir plus d'informations sur notre environnement, informations qui peuvent et devront être acquises par télédétection. ■

AIX EN PROVENCE
25 et 26 AVRIL 1980

COLLOQUE TECHNIQUE DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

TOPOGRAPHIE DES GRANDS TRAVAUX ET AMÉNAGEMENTS



PROGRAMME

- Introduction par MM. CATINOT et DAUGÉ
- Le Tunnel le plus ancien du monde : le tunnel d'Eupalinos par M. PLICHON, Ingénieur EP Contrôleur Général honoraire à Électricité de France.
- Les opérations topographiques nécessaires à la reconstruction du Canal de Suez, par M. DUCLOS, Président Directeur Général de Decca - Survey -France.
- Le TGV - Étude et construction de la nouvelle ligne SNCF Paris - Sud Est, par M. BOUTONNIER, Ingénieur SNCF, Chef de la Division Topographie.
- Le métro de Marseille, par M. Jean CLAVIER, Directeur Général adjoint de la Société du Métro de Marseille.
- L'Autoroute de contournement de Nice, par M. PATRY, Co-gérant de la SEGC, et M. BAILLY, Chef du Service étude de Scetauroute région Provence Côte d'Azur.
- Les galeries du Canal de Provence, le pilotage et le photoprofil, par M. DAUGÉ, Ingénieur des travaux ruraux.
- Les études d'impact dans l'environnement, par M. DESMOULINS, Chef des Études - Électricité de France - Marseille Équipement.
- Quelques réponses aux questions des Ingénieurs routiers par M. G. GROS, chargé des questions topographiques et cartographiques au SETRA.

Nota : Toutes les conférences du colloque n'ont pu trouver place dans ce numéro. Elles figureront donc dans le n° 4 de x y z.

Présentation par L. Catinot

TABLEAU 1 : Inventaire succint, et classement des grands travaux et aménagements

TRAVAUX PUBLICS ET LINÉAIRES	AMÉNAGEMENTS DU TERRITOIRE	AMÉNAGEMENTS ET TRAVAUX INDUSTRIELS
— Transports • Routes et autoroutes • Voies ferrées • Voies d'eau • Voies souterraines • Voies aériennes — Transports de matières diverses • Oléoducs, conduits, lignes, etc... — Télécommunications — Ouvrages d'arts	— Urbanisme • Aménagements Urbains • Villes nouvelles — Aménagements ruraux — Aménagements portuaires et maritimes • lacs, fleuves, rivières — Eaux et forêts • Réseaux de distribution — Mise en valeur du territoire • Stations touristiques et thermales, Littoral — Génie militaire — Génie civil	— Mines et carrières • Exploitation — Aménagements énergétiques • Hydrauliques • Thermiques • Nucléaires • Autres — Recherche géologique — Complexes industriels • Usines • Centres de recherche — Stockages et dépôts

TABLEAU 2 : Chronologie schématique, généralement suivie par les concepteurs, pour la réalisation de grands travaux

PROSPECTION	AVANT PROJET	PROJET	EXÉCUTION	MISE EN SERVICE MAINTENANCE
— Choix des sites — État sommaire des lieux — Études socio-économiques — Études techniques — Bilan — Décision de "faisabilité" ou de "rejet"	— État physique des lieux — Plans schématiques du projet — Impact dans l'environnement Estimation des nuisances — Estimation économique — Dossiers préliminaires • Technique • Administratif	— État détaillé des lieux — Dossier technique — Dossier administratif • Expropriations — Estimation des quantités et des coûts • Propositions et choix des constructeurs	— Dossier d'exécution — Terrains mis à disposition — Contrats constructeurs — Ordre d'exécution des travaux — Exécution — Contrôle de la qualité d'exécution	— Achèvement des travaux — Essais — Mise en service — Recollement — Fonctionnement — Exploitation

TABLEAU 3 : Évolution des besoins topographiques

PHASES	BESOINS D'ORDRE TOPOGRAPHIQUE	CONTRIBUTION DU TOPOGRAPHE
1 PROSPECTION	CHOIX DES SITES • Cartographie à petite échelle • Photographies • Documentation thématique	• Fourniture des documents existants — cartographiques — photographiques — thématiques — cadastraux — localisation des données (références)
2 AVANT-PROJET	DOSSIER AVANT-PROJET • Plans actualisés à moyenne échelle et état des lieux complémentaires • Positionnement des ouvrages • Impact du projet dans l'environnement, nuisances	• Choix du Canevas de base définitif (alti + planimétrie) • Adaptation et homogénisation des documents existants et des compléments • Numérisation des axes du projet • Participation aux études d'impact
3 PROJET	DOSSIER PROJET • Plans topographiques réguliers à grandes échelles • Plans parcellaires réguliers • Plans d'exécution avec définition numérique des ouvrages	• Canevas définitif établi et homogénéisé • Établissement des plans topographiques réguliers à grandes échelles • Établissement des plans parcellaires et documents cadastraux • Définition numérique
4 EXÉCUTION	DOSSIER D'EXÉCUTION • Limite des terrains acquis • État des lieux avant travaux • Plans numériques d'implantation • Contrat d'exécution (références et contrôle qualité) • Tolérances d'exécution	• Systèmes de références topographiques • Définition numérique • Pilotages et implantations • Suivi de l'évolution des lieux • Contrôle de l'exécution (position et dimensions)
5 MISE EN SERVICE MAINTENANCE	DOSSIER EXPLOITATION • Essais et mise en service des ouvrages et installations • Recollement • État des lieux après travaux • Délimitations, bornages et rétrocessions	• Auscultation des ouvrages et installations (déformations, mouvements) • État des lieux après travaux • État nouveau (physique et cadastral) • Délimitations et bornages

Contournement autoroutier de Nice

par J.C. BAILLY SCETAUROUTE et P. PATRY S.E.G.C.

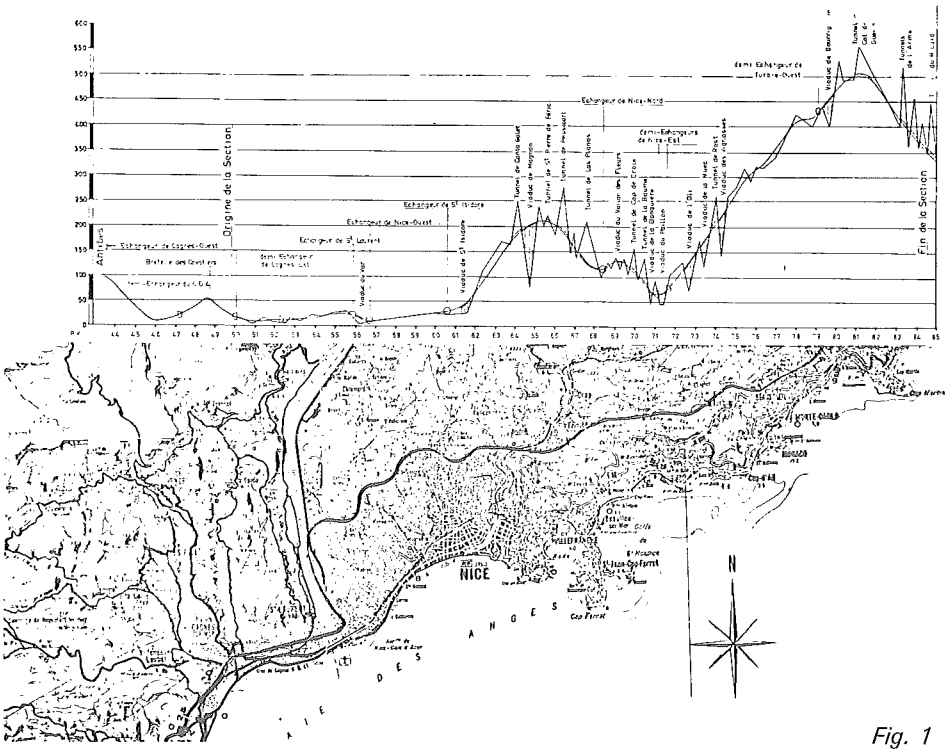


Fig. 1

L'Autoroute A.8. "LA PROVENCALE", a pour vocation d'assurer la liaison entre la frontière italienne et la Vallée du Rhône. En juillet 1973, l'ETAT a confié à la Société de l'Autoroute ESTEREL COTE D'AZUR (ESCOTA) la concession de l'autoroute, d'abord d'AIX en Provence à VILLENEUVE-LOUBET, puis de VILLENEUVE-LOUBET à ROQUEBRUNE CAP MARTIN.

La Société Centrale d'Études et de Réalisations Routières (SCETAUROUTE) a réalisé les études et dirigé l'ensemble des travaux de cette autoroute ; elle a sous traité l'ensemble des travaux de topographie à plusieurs Sociétés ou Cabinets.
Entre VILLENEUVE-LOUBET et ROQUEBRUNE CAP MARTIN, l'Autoroute A.8. a en fait une triple vocation, internationale (c'est l'itinéraire européen E1), régionale et locale urbaine (voie périphérique de distribution de trafic dans l'agglomération niçoise).
Ce tronçon important de l'autoroute A.8. et plus précisément la section St. Isidore/Le Paillon qui nous intéresse présentement constituent un franchissement continu d'obstacles en milieu urbain et en relief particulièrement tourmenté.
La description rapide de cette section d'autoroute et des méthodes particulières topographiques qu'elle a nécessité constitue le sujet du présent article.

LA SECTION D'AUTOROUTE

1/ Topographie du terrain

Le relief de cette section d'autoroute de 10,50 km est pratiquement constitué d'une succession de vallées profondes et de massifs perpendiculaires à la côte, franchis transversalement (voir figure 1).

2/ Géologie du site

Ces difficultés sont encore aggravées par la géologie complexe de la région niçoise et la présence de terrains aux caractéristiques très hétérogènes :
— stratigraphie : matériaux très variés, même d'âge voisin ;

Terrains quaternaires : limons, encroûtements calcaires et mollasse en placage ou en fond de vallée.

Terrains pliocènes : poudingues et marnes bleues qui forment l'ossature des collines de Canta Galet à Cap de Croix (Las Planas excepté où ils représentent une simple couverture).

Terrains jurassiques : calcaires durs (colline de Las Planas).

Terrains turoniens-sénoniens : alternance de calcaires fracturés et de marnes.

— Tectonique : très complexe d'un site situé en limite de l'arc de Nice, qui est un chaînon subalpin charrié du nord au sud, les terrains postérieurs au trias supérieur ayant glissés sur ce matériau plastique, avec rabotage basal.
Sa bordure ouest qui intéresse le tracé se noie sous les formations pliocènes qui masquent donc les terrains secondaires.
Au pliocène des mouvements existaient encore et ont provoqué un basculement nord/sud ainsi qu'une tectonique cassante qui accroit encore la confusion qui règne dans ces formations.

— Hydrogéologie compliquée et souvent redoutable du fait de la grande hétérogénéité des perméabilités et des sensibilités à l'eau de ces terrains combinée avec la difficulté de prévoir les aquifères du fait de la tectonique complexe ci-dessus.

3/ Description rapide de la section d'autoroute

La section a son origine dans la vallée du Var sur la RN 202 où est implanté l'échangeur de Saint-Isidore. Le tracé traverse la partie est de cette vallée en viaduc - viaduc de St Isidore - et se développe ensuite en terrassements importants sur le versant sud du vallon de Crémat avant de traverser en tunnel la colline de Canta Galet (figure 2).

Fig. 2 - Vallon de Crémat vu depuis l'Est.

Il franchit ensuite le profond vallon de MAGNAN en viaduc (figure 3) et se développe en terrassements importants à travers la colline de Barralis, le vallon de la Madeleine, la colline de St-Pierre de Féric traversée en tunnel et le vallon de la Mantega.

A l'est de ce vallon, deux tunnels successifs permettent de traverser les collines de Pessicart et de Las Planas avant de déboucher sur l'échangeur de Nice Nord (figure 4).
Le tracé longe ensuite en déblai les collines de GAIRAUT (figure 4), franchit le vallon des Fleurs en viaduc, puis traverse par deux tunnels rapprochés les collines de CAP de CROIX et de la BAUME avant de déboucher directement dans la vallée du PAILLON qu'il franchit par deux viaducs successifs.

4/ Caractéristiques du tracé

Ce tracé est prévu pour une vitesse de référence de

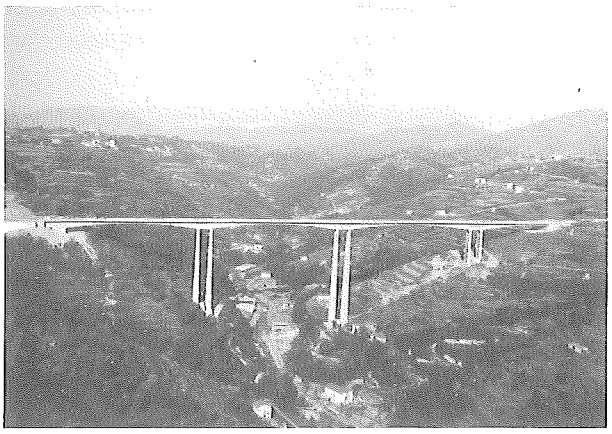


Fig. 3 - Viaduc de Magnan vu depuis le Sud.

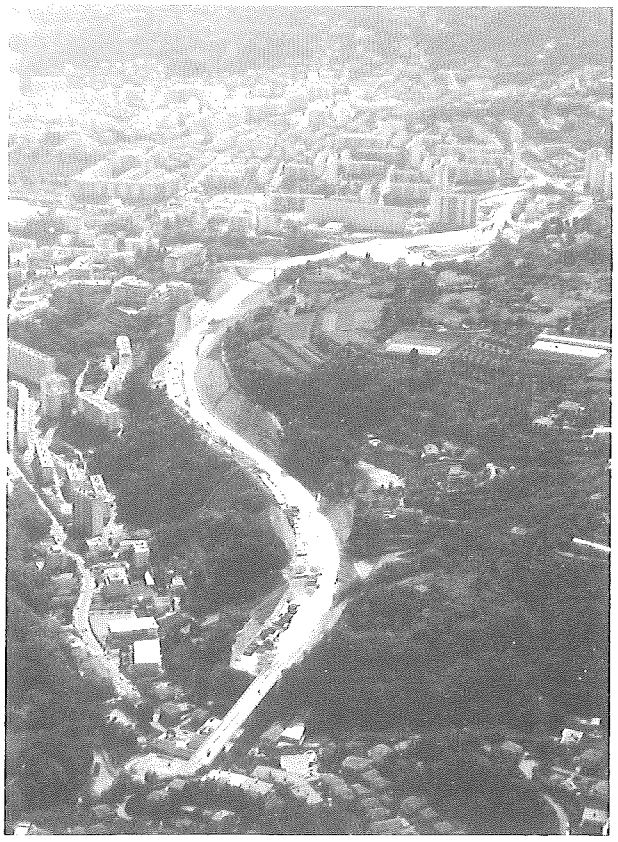


Fig. 4 - Échangeur de Nice Nord et le déblai de Gairaut vu depuis l'Est.

80 km/h avec un rayon minimum en plan de 300 m et une déclivité maximale en profil en long de 6 %.
Du fait du coût kilométrique extrêmement élevé de cette autoroute, il n'a été construit en première phase qu'une chaussée à trois voies de circulation (10,50 m) avec des zones de dépassement constituées par des sections complètes à deux chaussées (zones ne comportant ni viaduc ni tunnel).
La réalisation complète de la 2e chaussée démarre actuellement avec la mise en chantier de 2 tunnels et de 3 viaducs situés entre les échangeurs de Nice Nord et de Nice Est.
Quand la section d'autoroute sera complète, il aura nécessité la construction des principaux ouvrages suivants :
— viaducs : 4 doubles viaducs représentant 1 068 m d'autoroute.
SAINT-ISISORE 228 m

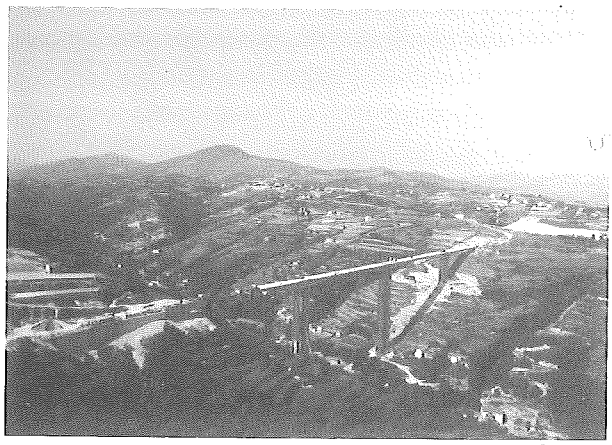


Fig. 5 - Viaduc de Magnan en construction vu du Sud.

MAGNAN 468 m et 120 m au-dessus du vallon de Magnan (figure 5).

VALLON DES FLEURS 112 m
BANQUIÈRE 242 m

Le tablier de ces viaducs est constitué de caissons ; les fondations sont sur semelles, pieux ou puits.

— tunnels : 6 doubles tunnels représentant 2 990 m d'autoroute.

CANTA GALET 485 m
ST PIERRE DE FERIC 215 m
PESSICART 515 m
LAS PLANAS (fig. 6-7) 1 085 m
CAP DE CROIX 365 m
LA BAUME 325 m

La technique utilisée est la nouvelle méthode autrichienne qui inclut un contrôle très poussé des convergences absolues et relatives. (figure 8).

— terrassements : extraction de 2 700 000 m³ de déblais, mise en œuvre de 1 900 000 m³ de remblai et construction de 21 murs de soutènement faisant appel à toute la gamme des techniques actuelles (béton armé ou non, murs ancrés ou autostables, caissons métalliques, terre armée...)

— échangeurs au nombre de 4 dont un différé :

ST ISIDORE
MANTEGA (différé)
NICE NORD
NICE EST (le Paillon)

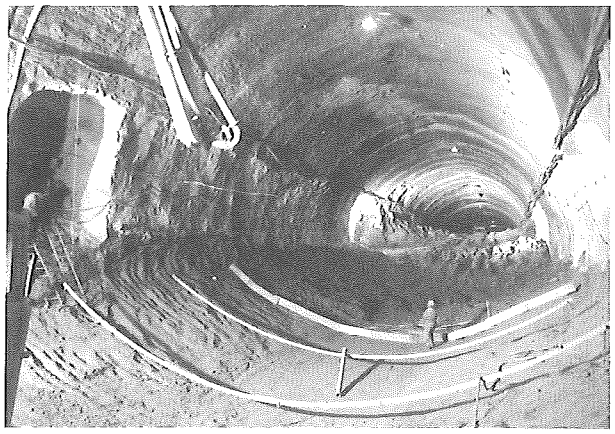


Fig. 6 - Tunnel de Las Planas. Exécution de la contre-voûte dans les marnes

— Rétablissements des communications, construction des chaussées, équipements de sécurité, protections contre le bruit (près de l'échangeur de Nice Nord), et aménagement paysager.

— coûts approximatifs (valeur 1.01.80) ; ensemble des travaux estimé à : 700 MF et 68 MF/kilomètre soit 6,8 milliards de centimes/kilomètre au lieu de 1,2 milliards de centimes/km pour une section d'autoroute courante en terrain facile.

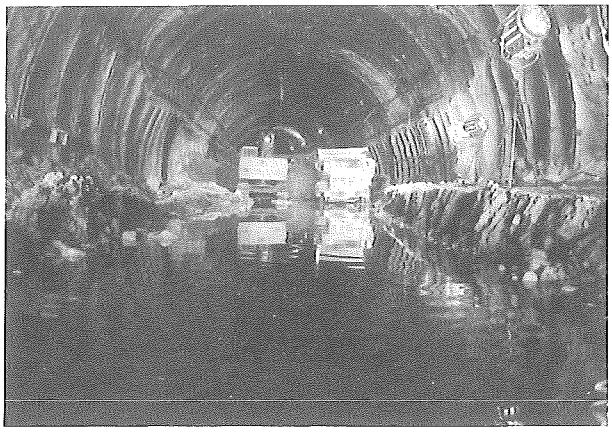


Fig. 7 - Tunnel de Las Planas. Attaque Est.

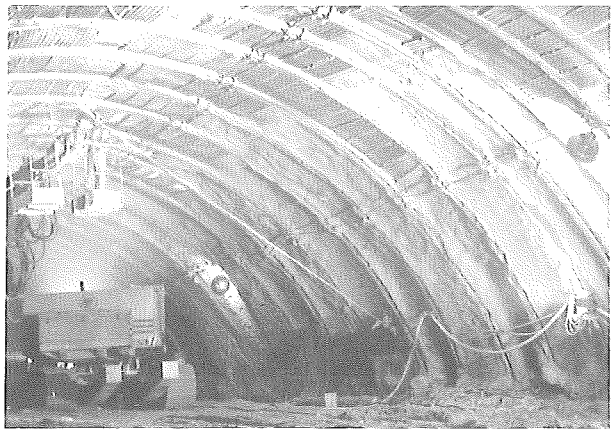


Fig. 8 - Mesure des convergences relatives en galerie (Tunnel du Cap de Croix).

LES TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

On imagine, à l'énoncé de ces travaux réalisés dans une région que la nature a voulu capricieuse, l'importance des problèmes posés à ses concepteurs.Il faut cependant avouer que ces difficultés présentaient en contrepartie un excellent terrain de manœuvre aux topographes en quête d'aventure et d'imagination et ces zones tourmentées favorisèrent nettement les nécessités de la topographie. A l'origine du projet fut établie une couverture photogrammétrique largement dimensionnée à l'échelle du 1/1000e. Ce plan, rattaché au système de projection régionale (Lambert III) et au N G F, devait permettre l'étude de l'avant-projet sommaire. En précisant ou complétant certaines zones intéressées par le tracé, il servit de support au projet d'exécution. Les emplacements des futurs ouvrages (ponts, viaducs, têtes de tunnel, murs de soutènement etc...) nécessitèrent l'établissement de lever détaillé à l'échelle du 1/200e.

- A cette même époque interviennent deux opérations d'importance : Triangulation et Nivellement. Elles sont le fer de lance des opérations topographiques futures, aussi le plus grand soin y a-t-il été apporté.

Triangulation :

Le canevas principal de triangulation englobe sur une largeur moyenne de 2 km la zone du tracé et a nécessité la mise en place de nombreux sommets. Cette quantité était justifiée pour pallier à tous les problèmes posés par ce site très tourmenté. Cette triangulation, conformément aux dispositions de la loi, fut rattachée au réseau I G N en système de projection Lambert III — zone Sud. Les points utilisés à cet effet sont du 1er ordre et encadrent la zone concernée, ce sont :

- Le Pic de Courmettes à l'Ouest
- La base d'Antibes, terme Nord dans le Sud-Ouest
- Le Mont Chauve au Nord
- L'Observatoire du Mont Gros dans l'Est.
- Le Mont Agel au Nord Est.

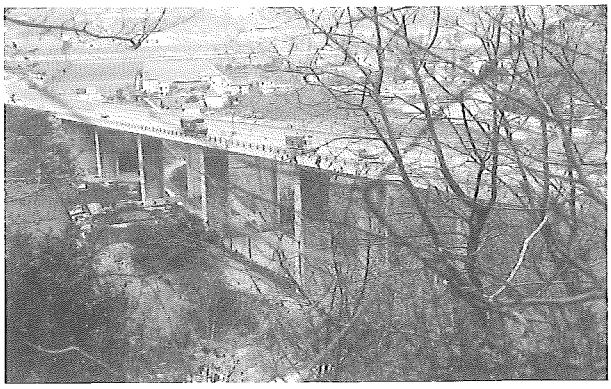
La matérialisation des sommets du canevas a été effectuée de deux manières différentes : sur les parties hautes par des bornes maçonnées et dans les zones basses, par manque de visibilité, la présence de terrasses d'immeubles permit la mise en place de plaquettes scellées. Dans les deux cas de figures, une balise surmontait le repère ainsi défini. Les observations angulaires ont été réalisées avec un théodolite DKM.3, les mesures linéaires des bases de contrôle étant observées avec un système à réflexion d'onde du type DI.10. Les calculs ont été effectués manuellement pour le rattachement de base et en informatique pour l'ensemble des réseaux intéressant le tracé autoroutier. La précision obtenue fut satisfaisante et oscille en général entre 2 et 3 cms, résultat supérieur aux tolérances légales.

Nivellement

Celui-ci a été rattaché au réseau de 1er ordre du nivellement général de la France. Ces repères de niveau sont situés le long de la voie ferrée SNCF ce sont :

I'M 235 (station de Nice St-Augustin)
I'M 240 (aqueduc au PK. 222,3)
I'M 244 (gare de Nice)
I'M 250 (station de Nice Riquier)

Le matériel utilisé pour cette opération était un niveau NK.3 avec micromètre et utilisation de mires INVAR. Les nouveaux repères déterminés tout au long de la zone des travaux (env. 80u) étaient soit du type macaron scellé dans une construction ou ouvrage existant, soit du type "téton d'acier" noyé dans un massif de béton en pleine nature, soit enfin par utilisation des socles des balises de la triangulation. Aux abords des futurs viaducs furent mis en place des micro-triangulations locales. Leurs sommets implantés en des lieux préférentiels, devaient permettre leurs implantations et leurs suivis en cours de construction. Il était nécessaire que ces implantations se fassent dans les meilleures conditions. La recherche d'intersections voisines de l'angle droit présentait un critère de précision. Les sommets de ces micro-triangulations, rattachés en reprise au canevas de base, furent traités dans le même esprit de précision que celui-ci. Toutefois et dans certains cas, pour des observations portant sur des visées relativement courtes, le T.2 fut utilisé. A l'approche de la plate-forme autoroutière, une polygonale de jonction assurera les implantations en phases successives pour les terrassements. Cette polygonale a été rélalisée avec un T.2 équipé d'un système électro-optique. Dans l'esprit de contrôle et indépendamment du plaisir que l'on éprouve à l'analyse d'une bonne fermeture, ce long cheminement a été en permanence vérifié par des recoupements transversaux. A partir de ces sommets, on procéda à l'implantation générale de l'axe défini numériquement par Scetauroute et des ouvrages de moyenne importance tel que rétablissement de voirie, ouvrages hydrauliques et de franchissement ou implantations des murs de soutènement. Le pilotage des galeries a été effectué à partir de plots mis en place au moment jugé opportun, c'est-à-dire après terrassement aux abords de l'entrée en galerie, leur position était définie à partir des sommets du canevas et leur emplacement choisi pour disposer d'un minimum de 4 visées de référence.



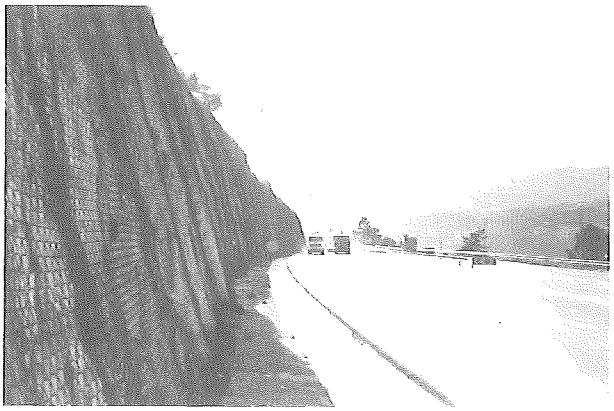
Pour confirmer la validité des résultats obtenus et pour se donner bonne conscience, leur rattachement traditionnel était, dans les cas favorables, doublé d'un relèvement. La pénétration en galerie était en permanence contrôlée. L'implantation des points à l'avancement était systématiquement vérifiée par une seconde brigade procédant à leur relevé en repartant du plot de pilotage d'entrée. Afin de ne subir aucune influence sur l'interprétation des visées de références données en gisement calculé, un décalage du limbe était imposé. Cette opération confirmait la valeur des angles topographiques et permettait la détermination d'une nouvelle correction de gisement. La définition en coordonnées des points contrôlés à partir de ces nouveaux éléments devait confirmer l'exactitude de leur implantation. Le tunnel de Las Planas, le plus long de la section avec ses 1085 mètres et son tracé sinueux a lourdement pesé sur la conscience des topographes et leur attention fut particulièrement sollicitée au cours de son percement qui s'effectuait à partir de ses deux extrémités. La jonction fut cependant réalisée, à leur grand soulagement, avec toute l'exactitude souhaitée. Il est bon de signaler ici que des problèmes de toute nature se sont révélés au cours de sa réalisation et que l'inquiétude a aussi habité le maître d'ouvrage. Nous quittons maintenant l'obscurité des galeries pour l'espace : les viaducs et plus particulièrement celui qui franchit le Vallon de Magnan. Préalablement citée, intervient maintenant l'utilité de la micro-triangulation. La quantité nécessaire de sommets

prévus pour encadrer l'ouvrage va remplir pleinement son rôle. Les axes de piles et culées, définies en coordonnées, sont implantés par intersection à partir de 2 points de la base. Le choix de ces stations doit permettre d'obtenir un recoupement angulaire satisfaisant, c'est-à-dire le plus voisin de l'orthogonalité. Les directions sont tracées sur une plaquette et une première vérification est assurée par observation des distances issues des deux sommets. En fonction des éloignements, ces mesures sont effectuées soit par chaînage direct soit par utilisation d'un système électro-optique. Si d'éventuels écarts étaient constatés entre le théorique et la réalité, un nouveau contrôle effectué au niveau angulaire permettait de localiser éventuellement l'erreur. Ce type d'opération, réalisé dans un périmètre restreint, donne un poids prépondérant aux affichages angulaires mieux cernés qu'une distance obtenue à quelques mm près, résultats qui demandent toutefois l'application des corrections d'étalonnage, de température ou de ruban de tension.

Sur cette plaquette ainsi marquée, une 3e visée issue d'un autre sommet de la micro-triangulation est matérialisée. L'éventuel triangle ainsi déterminé ne devait pas laisser apparaître un rayon moyen d'indécision supérieur à 5 mm, précision imposée pour ce type d'implantation. Un repérage de celle-ci était effectué par stationnement du repère et mise en place de 4 déports en croix. Ceux-ci étaient placés suivant la tangente au point considéré et la normale à cette dernière. Les gisements et distances seront également consignés dans le procès-verbal et serviront au moment voulu à la remise en place de l'axe ou orientation des coffrages. En cours d'édification, la pile ou la culée de l'ouvrage sera en permanence contrôlée. Ces vérifications concerneront plus précisément les angles du coffrage afin d'en assurer verticalité et orientation. Ce type d'opération était réalisé suivant le processus analogue évoqué précédemment mais seulement par observation angulaire. Pour la construction de ces piles, des coffrages glissants ont été utilisés. Sur ceux-ci, des cibles orientées vers le bas permettent, par référence à des cibles inverses placées au sol, de dégrossir le nouvel emplacement de la future coulée. Le principe consistait à faire coïncider par l'intermédiaire de gros fils à plomb, les cibles entre elles, le fin réglage étant assuré par des théodolites. En complément à ce suivi, venait se greffer l'observation zénithale entre les cibles. Cette opération était effectuée à l'aide d'un théodolite à objectif coudé en station sur une cible basse. On comprendra aisément que ce surcroît de précaution était dès lors nécessaire pour l'édification de piles atteignant jusqu'à 96 m de haut avec en tolérance au couronnement une valeur de 2 cm maximum en orientation et verticalité. Ces positions étant assurées, un contrôle altimétrique était effectué par nivellement trigonométrique. Cette opération devait être réalisée avec beaucoup de soin (retournement de lunette et réitération des lectures) à partir d'un repère annexe défini avec précision en coordonnées et choisi pour répondre à des possibilités d'observation proche de l'horizontale. Aux abords du sommet des piles, étaient placés des repères définis dans les 3 dimensions à partir d'une nouvelle base dite "d'auscultation". Cette opération fixait le point origine et permettait de déterminer les mouvements éventuels se produisant lors de la mise en place du tablier. Elle servira de base, dans le futur, au suivi des ouvrages dits "sensibles".

Réalisée avec la participation d'Entreprises chevronnées, cette autoroute a été construite entre avril 1974 et décembre 1977. Son pilotage a nécessité la quasi permanence de topographes et nous sommes aujourd'hui, toute modestie à part, très fiers de cette réalisation. Nous n'avons énuméré ici que quelques problèmes particuliers, mais il faut dire que tout fut particulier. Chaque tunnel, chaque viaduc, chaque mur fut un cas d'espèce. La topographie n'est pas une science de salon, c'est une profession très lourde de responsabilités pour celui qui la sert. Au bout de sa lunette, un magnifique ouvrage d'art qui le fait oublier ou une erreur qui le désavoue. En permanence, il doit innover, s'adapter, se contrôler. L'astuce, face à la nature et à ses éléments est toujours de mise. Rien n'est réellement programmé, l'obstacle apparent ou caché, le guette. Mais en dépit de ces turpitudes il est là. Toujours omniprésent lorsqu'on contemple une autoroute, un barrage, un aéroport, un complexe portuaire ou pétrolier, celui dont le rôle pourtant méconnu, est primordial dans les grands travaux d'aménagement.

J.-C. BAILLY - SCETAUROUTE
P. PATRY - S.E.G.C.



Le métro de Marseille

par M. Jean CLAVIER
Directeur Général Adjoint de la St du Métro de Marseille

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

Permettez-moi tout d'abord de remercier les organisateurs de cette brillante manifestation, d'avoir bien voulu demander la participation du Métro de MARSEILLE, dont la réalisation figure parmi les activités régionales récentes les plus populaires.

Comme vous avez pu le constater, des plaquettes mises à votre disposition, peuvent satisfaire votre curiosité d'utilisateurs éventuels de ce moyen de transport rapide et non polluant ; vous verrez d'autre part dans quelques instants, un film retraçant les grandes étapes de la construction du génie civil.

Je ne m'étendrai donc pas sur ces éléments, et vous entretiendrai plutôt des techniques topographiques utilisées, puisque tel est l'objet de la présente assemblée.

Cette première ligne du Métro de MARSEILLE, La Rose-Castellane, a une longueur d'environ 9 km dont 3 km réalisés à l'air libre, partie en viaduc, partie au niveau du sol, au milieu des 2 chaussées de la voie expresse S. 8., et partie en tranchée ouverte ou couverte, avant de devenir souterraine. Sur les 6 km de parcours souterrain, la ligne comprend environ 1 km de tunnels à 2 voies, dénommés monotubes, et

5 km de tunnels à voie unique, dénommés bitubes, ce qui en double la longueur d'exécution.

L'utilité de la topographie présente 2 aspects primordiaux :

— L'implantation la plus précise possible des ouvrages à construire tant en partie aérienne - et c'est la plus facile - qu'en partie souterraine.
— La surveillance de l'environnement à l'aplomb duquel sont creusés les souterrains et les stations.

Il est évident que les méthodes topographiques s'adaptent aux méthodes du génie civil, et se décomposent en 2 grandes catégories ; aériennes et souterraines.

Selon le principe sacro-saint de votre belle profession, nous procédâmes donc de l'ensemble aux détails.

Ainsi fût-il établi pour le métro, une triangulation spéciale sur l'ensemble du tracé, triangulation appuyée sur les points géodésiques existants, et incorporant des points anciens recalculés dans le nouveau réseau pour les rendre homogènes.

Pour l'exécution des parties aériennes, il n'y eut pas de problèmes particuliers, puisqu'elle était réalisée à partir d'une microtriangulation suivant le tracé, et matérialisée par des piliers en béton. Cette microtriangulation permit de réaliser les levés de plans au 1/200e, en vue des implantations futures.

En ce qui concerne la partie souterraine, nos besoins étaient aussi de connaître la topographie nécessaire à l'étude de l'emplacement des futurs puits d'attaque et des stations. C'est donc à partir des points de la triangulation, rabattus au sol, que fut réalisée la polygonation suivant au plus près le tracé de la ligne.

Cette même polygonale servit ensuite d'appui pour l'implantation des ouvrages attaqués depuis la surface, et par lesquels furent transmis tous les éléments nécessaires aux cheminements souterrains, permettant le creusement des tunnels à une profondeur variant de 15 à 30 mètres.

J'attirerai votre attention sur le fait que les tunnels furent réalisés à partir de puits espacés en moyenne de 500 mètres, et dont l'emplacement dépendait surtout des contraintes du site. Chaque puits servit à démarrer dans 2 directions opposées, allant à la rencontre des galeries exécutées à partir des puits voisins. Pour un monotube, il n'y avait qu'un axe de galerie, mais pour un bitube 2 axes, à piloter à partir d'un puits par l'intermédiaire d'un rameau souterrain.

Les tolérances de mise en place du béton étant sévères pour le passage de gabarit ; - 3 cm maximum, vous comprenez que la plus grande précision topographique était indispensable.

Malgré l'utilisation de procédés traditionnels, à savoir celui des fils à plomb espacés en général de 3 mètres, pour la transmission des x, y et directions, lors des percements entre 2 directions opposées, l'écart de fermeture n'excéda jamais 3 cm, c'est-à-dire la dimension d'une pièce de 5 F.

Le pilotage souterrain proprement dit fut réalisé par des procédés différents suivant les entreprises, les unes restèrent classiques par abscisses et ordonnées sur un alignement donné, les autres matérialisèrent cet alignement par un faisceau laser permanent avec utilisation de cibles intermédiaires.

Je vous signale que pour la seconde ligne, les tolérances d'implantation de l'axe des tubes seront encore plus sévères, car ce dernier devra s'inscrire dans un tore de 2 cm de diamètre, et en aucun cas le béton ne devra pénétrer le gabarit dynamique afin de ne pas avoir à exécuter de repiquage pour la mise en place de la passerelle d'évacuation qui chemine tout le long de la ligne.

Ces impératifs sont nécessaires pour l'implantation correcte des voies dont la pose conditionne le futur confort des passagers.

Je ne vous ai pas parlé du nivellement dont tout un réseau fut réalisé en surface, suffisamment éloigné du tracé de la ligne pour ne pas être influencé par les mouvements de terrain éventuellement dûs au creusement des tunnels, c'est-à-dire éloignés de 50 m à 100 m du tracé.

Les repères de nivellement ainsi mis en place devaient servir également de points de base pour la surveillance des immeubles et ouvrages souterrains existants, à l'intérieur d'une bande dont la largeur correspondait en général au double de la profondeur du tracé de la ligne.

Ces nivellements de haute précision, exécutés en site urbain, et dont on ne peut attendre mieux que plus ou moins 2/10e de mm de précision se sont avérés le moyen le plus immédiat pour suivre la respiration du sous-sol marseillais, très accidenté, très hétérogène, très sensible aux variations phréatiques, et situé dans une région sismique. Mais nous restons réceptifs à tout procédé nouveau, aussi rapide et aussi fidèle que le nivellement de haute précision, car il nous fallut quelques fois assurer la surveillance des immeubles durant la nuit et durant des week-ends.

Voici donc en quelques mots, un aperçu trop bref de la complexité des prestations topographiques de haute qualité nécessaires à la réalisation d'un métro surtout souterrain, et vous voudrez bien m'excuser d'avoir survolé le problème. Vous allez maintenant assister à la projection du film annoncé.

En fin de séance, je répondrai, aidé en cela par Monsieur FIORELLI, responsable de tous nos travaux topographiques, aux questions que vous désirerez nous poser.

LISTE DES MEMBRES DE L'A.F.T.

membre d'honneur : J.J. LEVALLOIS

1 CATINOT Louis (75)
2 SCHAFFNER Roger (78)
3 VINCENT Robert (75)
4 MEMIER André (38)
5 FUHRER Jacques (92)
6 ENJALBERT Claude (75)
7 BOUTONNIER Jean (77)
8 COURTEL Frédéric (décédé)
9 CHEVALIER Roger (71)
10 DAUGE Maurice (13)
11 D'HOLLANDER Raymond (75)
12 PUYCOUYOUL Jean (78)
13 DELPORTE René (59)
14 KARST François (73)
15 BAILLY André (92)
16 KOECHER René (67)
17 ALAJOUANINE Yves (69)
18 SECOND Pierre (13)
19 COMBE Jean (37)
20 SOLER Jean (31)
21 HERNANDEZ Alphonse (33)
22 DALAINE Bruno (35)
23 PAULAU Pierre (78)
24 RIVENQ Maurice (82)
25 MACE Georges (76)
26 SCHLUMBERGER Jean-Jacques (78)
27 TOCCACELI Michel (75)
28 BIENVENU Gérard (69)
29 PERRONNET Alain (45)
30 MANUALI Jean (50)
31 NOGIER Guy (37)
32 DAVI Charles (13)
33 CRAVERO Raymond (13)
34 JOURDAN Yves (27)
35 DE BAUDREUIL Bernard (37)
36 KELLER DE SCHLEITHEIM Louis (93)
37 MOULIRA Bernard (93)
38 GARDAVAUD Édouard (63)
39 LASCOUTOUNAS Claude (61)
40 PHILIPPOT Pierre (18)
41 RAGEY Pierre (45)
42 TURPIN Jacques (37)
43 GUILLUY Jacques (45)
44 HERNANDEZ François (94)
45 CASENAVE Michel (78)
46 GALLET Gérard (80)
47 FLEURY Jean (78)
48 DOUBLET Jean-Pierre (13)
49 FABRE Jean (37)
50 WAWSZCZYZ Simon (77)
51 SANCHEZ Jean (77)
52 COUETTE Claude (13)
53 CHAPRON André (78)
54 BASTIER Joseph (37)
55 BERTIN Guy (18)
56 DASPET Philippe (41)
57 DUCHATEAU Jean-Marie (94)
58 COSSALTER Jacques (13)
59 ROBIN Jean (78)
60 JOBERT Bernard (37)
61 BACCHUS Michel (93)
62 BADUEL Jacques (13)
63 BERRY Gérard (54)
64 BURETTE Daniel (33)
65 CARBONNELL Maurice (94)
66 CREMONT Daniel (93)
67 DUCHER Guy (94)
68 JALOUX Alain (93)
69 MOSCHETTI Jacques (92)
70 LOUIS Michel (94)
71 MESTRALLET Charles (94)
72 PRESSENCE Loïc (44)
73 RAMONDOU Jean (75)
74 ROUSSELOT Claude (59)
75 FRANÇOIS Patrick (36)
76 GUENARD André (57)
77 NICOLLE Jean-Louis (41)
78 VATBOIS Alain (13)
79 AUBERT Joseph (13)
80 EXBRAYAT Maurice (43)
81 JOUANNET Daniel (94)
82 MOREAU Jean-Claude (28)
83 BERGER Émile (90)
84 KOPFF André (78)
85 BASTARD Pierre (78)
86 FIEVET Éric (69)
87 KAPFER Marcel (45)
88 FELCE Charles (75)
89 COLOMBEL Roger (76)
90 DESTANNES Bernard (41)
91 BLANCHET Pierre (75)
92 HERRMANN Robert (67)
93 LEBOUCQ Daniel (92)
94 LEMASSON Bernard (77)
95 DE PRECQ Lucien (04)
96 BIJOU Pierre (78)
97 ROCHE Jacques (13)
98 BERGE Jacques (13)
99 COSNE Jean-Gabriel (41)
100 HALM Alain (92)
101 LORETTE Guy (18)
102 GEORGES Robert (45)
103 VARANNE Gaston (94)
104 DELBARD Robert (94)
105 ANTONIOTTI René (13)
106 CURTET Henri (84)
107 GUILLOTEAU Robert (92)
108 WEISHAUPT Charles (68)
109 PELLEQUER Claude (83)
110 DELBARD Philippe (03)
111 MARTINEZ René (13)
112 FRANÇOIS Alain (83)
113 GRECO Robert (13)
114 LE GOFF Michel (91)
115 VINCENT Jacques (78)
116 VALLEE Claude (92)
117 EYMARD Claude (92)
118 SANTINI Gérard (94)
119 LEMASSON Pierre (41)
120 ESCOFFIER Louis (30)
121 HAXAIRE Gérard (95)
122 GALLOT Pierre (13)
123 COQUARD Gilbert (25)
124 MARCHAND Pierre-Yves (25)
125 BLOCH Maurice (78)
126 BONGIBAULT Georges (décédé)
127 CAUDRON Jean-Charles (63)
128 GENTIS Guy (89)
129 ALVERGNAT Michel (37)
130 HAUMESSER Pierre (57)
131 MROCZEK Stanislas (94)
132 MAGDINIER Pierre (13)
133 EVENNOU Lucien (75)
134 BERETTA Jean (26)
135 CATINAULT Roland (76)
136 AUSQUICHOURY Louis-Claude (33)
137 SIMON Jean-Paul (78)
138 VIALA Pierre (34)
139 ROUX Georges (34)
140 KOUTCHOUK Daniel (38)
141 ALLAIRE Gérard (95)
142 PETITBERGHIEN Claude (83)
143 CUSSET Jean (13)
144 MENTHON Roger (01)
145 FABER Lucien (67)
146 MERMIN Marcel (73)
147 BLAZY Bernard (13)
148 SUREL Roger (13)
149 WELTZER Louis (38)
150 SOULET Claude (13)
151 GARREZ Yves (75)
152 ROUSSEAU Michel (13)
153 TARLET Georges (69)
154 LANGLOIS Paul (37)
155 GRUBER Michel (67)
156 STERENBERG L. Michel (78)
157 DEVALLOIR Claude (75)
158 BAROT François (92)
159 POSTEL Armand (92)
160 HENAUT Michel (92)
161 ALBERT Jean-François (75)
162 LE NOC Pierre (92)
163 FRANÇOIS Claude (92)
164 HENRIOT Gilles (54)
165 COTTE Jean-Paul (33)
166 VUAGNAT Louis (69)
167 MENAGER Jean (75)
168 GOUINGUENE Michel (92)
169 RIETZLER Pierre (92)
170 DAVID Didier (75)
171 CHOLLIER Henri (75)
172 LE THIERRY D'ENNEQUIN Franç. (75)
173 DELDIQUE Pascal (75)
174 CHARMASSON Marc (69)
175 BRISSON Jean-Claude (01)
176 FOUCRAS Claude (13)
177 VELU Gérard (84)
178 ARNOLD Jean-Pierre (57)
179 TREDE André (83)
180 BARNIER Pierre (13)
181 RANUZZI Sergio (95)
182 BRUNETEAUX Christian (95)
183 SEYTRE Antoine (42)
184 NAUDIN Pierre (94)
185 BERTHET Lucien (73)
186 BRISSOT Alain (60)
187 SAINT-SULPICE François (39)
188 DUMAZ Jean-Claude (92)
189 DE FONTGUYON Pierre (16)

190 LAPOINTE Lucien (94)
191 FASER Roland (67)
192 MARCHE Jacques (59)
193 LANQUETOT Jacques (41)
194 THIBAUT Christian (42)
195 DUPLAA Maurice (38)
196 DOLL André (68)
197 BAYARD Paul (38)
198 CLERGET Jean (90)
199 CHUZEVILLE Michel (69)
200 ROMAN Roger (05)
201 MAZUE Pierre (75)
202 TIBERGHIEN Vincent (92)
203 LE GROUMELLEC Yvan (38)
204 GUEDON Maurice (74)
205 LASSEUR Christian (01)
206 MERMET Marius (38)
207 MINICH Laurent (Congo - 38)
208 TARDY Jean-Marie (06)
209 DESJARDINS Michel (13)
210 JOSEPH Jean-Michel (73)
211 GODARD Michel (69)
212 MICHELETTI Guy (13)
213 AUROUSSEAU Robert (39)
214 MOREL Georges (01)
215 ROUDET Claude (38)
216 PAILLARES André (31)
217 MASMONTEIL Maurice (94)
218 SAURY Roger (09)
219 RAIA Philippe (95)
220 GERVAISE Jean (01)
221 CORNU Yves (69)
222 DUBOIS François (38)
223 ROLLIN Philippe (13)
224 GOUDARD Christian (78)
225 GAGNEUX Pierre (92)
226 RAYNAUD Philippe (972)
227 MASSONNET Georges (31)
228 DESLANDES Dominique (94)
229 LOQUIN Jacques (31)
230 GAILLARD Michel (45)
231 HUART César (59)
232 AEBY Francis (60)
233 PAUCHARD Georges (95)
234 SCHULTZ Alphonse (67)
235 HERBRECHT Antoine (68)
236 DESPAGNE Jean-Luc (59)
237 RENARD-SANNINI Jean-Pierre (13)
238 DESSENS Maurice (31)
239 GUIZOU Roger (13)
240 GUIRAND Albert (13)
241 FLACELIÈRE Bernard (06)
242 DUCLOS Jacques (06)
243 ARLABOSSE Thierry (06)
244 TATIN Claude (75)
245 RAGUIN André (94)
246 MINAULT Maurice (78)
247 LISZEWSKI Raymond (75)
248 THEZE Jacques (35)
249 HUCKI Lothaire (95)
250 CHEVALIER-CURT Louis (38)
251 GIANTI Jean (06)
252 PATRY Pierre (06)
253 BALLEROY Alain (06)
254 TARTACEDE Michel (75)
255 RICHTER Émile (67)
256 ACQUIER Élie (31)
257 VERGNE Jacques (33)
258 LAVILLE Jean-Pierre (33)
259 BAURE Jean (33)
260 DUPLEIX Jean-Philippe (33)
261 TREVISAN Bertrand (33)
262 VALLEE Jean-Marie (33)
263 DEGRAVE Jean-Claude (33)
264 DUPUY Jean-Louis (87)
265 DUMONT André (74)
266 GROUSSIN Pierre (36)
267 PIVOT Jean-Pierre (69)
268 FARGEIX Georges (91)
269 AGUILHON René (11)
270 LACAZE Jean (31)
271 MAYOUD Michel (01)
272 LANFRAY Armand (38)
273 LEVADOU Philippe (33)
274 GUILLON Gérard (66)
275 PENCREC'H Pierre (81)
276 MANSAUD Pierre (75)
277 SABATHIER Michel (33)
278 LACREUSE Michel (81)
279 BERTRAND Jean (95)
280 GAREAU Bernard (75)
281 CAUDAL Claude (78)
282 BOILLET Jean (94)
283 CARDINAL Jean-Pierre (89)
284 BOVIER Jean-Robert (Suisse)
285 PERRIN Jean-Luc (03)
286 DUBUISSON Bernard (75)
287 PENICAUT Jean-Philippe (38)
288 DISSAC Daniel (73)
289 CAMIAT Daniel (94)
290 LEGORGEU Jean-Claude (67)
291 COLLOMB Léon (73)
292 CORBEAU Maurice (51)
293 EYROLLES Serge (75)
294 GUERIN Jean-François (33)
295 FROGER Gérard (36)
296 POULAUD Paul (50)
297 GUYON Jean-Claude (29)
298 SCHRUMPF Bernard (75)
299 DUBOIS Pierre (06)
300 TOUZEAU Jean-Luc (91)
301 LAMBERT André (95)
302 DAURAT Robert (06)
303 BARRON Michel (77)
304 LAGARDE Christian (95)
305 DELMAS Claude (34)
306 PLACE Jean-Claude (63)
307 GUILLEMINOT Jacques (64)
308 BLOY Pierre (75)
309 MALLET Bernard (94)
310 MENAERT Christian (33)
311 COLLET Marc (78)
312 SASSINOT Paul (94)
313 COPPALLE Michel (49)
314 COCHERIL Marcel (29)
315 CHAMBAZ Jean (73)
316 QUESNEL Jean-Pierre (01)
317 SCHALLER Claude (67)
318 MOREAU Maurice, Michel (44)
319 MAHOT Louis (44)
320 LE RAY Henri (35)
321 SAUVAGER Alain (35)
322 MET Henry (35)
323 GIORGETTI Jacques (35)
324 BERTIN Marcel (35)
325 TOQUET André (42)
326 KELLER Jean-François (13)
327 CHEVALIER Robert (78)
328 LAUNAY Philippe (44)
329 PATOUT Georges (31)
330 LE GUELLEC Michel (29)
331 PRIMAULT Michel (54)
332 BOULO Charles (58)
333 CORBIÈRE Denis (35)
334 LASFARGUE Jean-Noël (81)
335 BATAILLON Georges (14)
336 DUMERY Sylvain (72)
337 TESLUTCHENKO Claude (67)
338 DOUET Donatien (49)
339 LE MAO Michel (56)
340 GODEFROY Pierre (35)
341 PERCHE Michel (59)
342 BERLEM Joël (59)
343 LEFESVRE Jacques (59)
344 CASTAN Élie (81)
345 BERTHIER Max (31)
346 CORNILLE Dominique (59)
347 BARRIÈRE Jean-Jacques (72)
348 EL AMRI Habib (Tunisie)
349 RIVAIN François (72)
350 GOYON Roger (13)
351 HUBERT Jean-François (35)
352 LEHMANN (Meschenmoser) (67)
353 LASSALE François (63)
354 LANGLAIS Jacques (54)
355 DUCROUX Michel (13)
356 DUPONT Jean (69)
357 VANONE Serge (59)
358 FROMENT Francis (59)
359 OSTERMANN Albert (57)
360 DELAUNAY Jean-Marie (35)
361 SEVAUX Guy (35)
362 VAILLE Jean-Claude (01)
363 DUPONT Pierre (69)
364 GUIGUE Raymond (69)
365 ALLAIS Jean-Marie (13)
366 ABEL Clément (78)
367 COURMONT Jean-Michel (78)
368 ERNOULT Didier (13)
369 CHAIX Paul (05)
370 MAILLET Guy (03)
371 LECOMTE Jean (03)
372 GODET Roger (03)
373 DUBERGA Jacques (33)
374 BEAUBATON Armand (33)
375 BOURGEOIS Gustave (35)
376 SCHRAMM Pierre (67)
377 BRUNOLD Maurice (55)
378 BROUX Jacques (87)
379 DEGAUD Ernest (38)
380 GUATELLI Pierre (06)
381 PATUREAU Anne-Marie (75)
382 SEGUIN Jean (12)
383 KOPF Didier (67)
384 BLAUSTEIN Maurice (13)
385 DEHEINZELIN Hervé (13)
386 MEULEY Jean-Luc (72)
387 GUERENNEUR Alain (35)
388 DALOZ Claude (75)
389 RUCH Charly (78)
390 BILET Gérard (06)
391 WOLF Ernest (67)
392 ANTONI Albert (67)
393 GAUTIER Gérard (67)
394 RICHARD Marc (13)
395 GRATIAS Philippe (67)
396 COPONAT Pierre (38)
397 PIOVANO Bernard (38)
398 GRUEAU Bernard (35)
399 TIXIER Jean-Pierre (19)
400 LEBORGNE Jean (59)
401 BENET Maurice (31)
402 MAILLARD J.-Pierre (27)
403 FADY Pierre (38)
404 FIAT Robert (38)
405 BOISSONNAT Gérard (38)
406 EYBERT René (38)
407 DENIAU Jean-Pierre (38)
408 ESCALON Jacques (38)
409 MONNE André (67)
410 VENNIN Dominique (35)
411 BAUTE Pierre (64)
412 ROUBAUD-FARGUES (13)
413 BLANC Jean (13)
414 TERRAS Jacques (13)
415 BOUJU Marcel (78)
416 CHATTELARD Gaston (73)
417 GODARD Alain (44)
418 RIFFAULT Jacques (91)
419 GHERNAOUTI Claude (91)
420 PERRAUD J.-François (69)
421 GOY Georges (01)
422 de TOUZALIN Michel (89)
423 BUSSIÉRE Roger (13)
424 SIMONET Jacky (67)
425 TIZON J.-Paul (35)
426 CHALON J.-Claude (38)
427 DESCOMBES François (71)
428 BEHURE Claude (73)
429 ERIEAU Michel (06)
430 FLIPPE Claude (13)
431 BISIO Jacques (63)
432 BOURGUIGNON J.-Yves (69)
433 FRANÇOIS Marc (91)
434 FROISSART Jacques (26)
435 CHABERT André (38)
436 FAYE Jean-Claude (69)
437 DEVISE Bernard (07)
438 LEVARD Denys (38)

439 HODOT Yves (26)
440 ZELLER Jean-Marie (56)
441 BODU Gilles (03)
442 SOMPAYRAC Lucien (31)
443 FALEZ Jean-Pierre (59)
444 RAY Bernard (38)
445 VOUREY Michel (84)
446 DEPEAU Roger (84)
447 GUERY Claude (93)
448 CLAUDE Émile (38)
449 SITTLER Guy (91)
450 LABBE Didier (14)
451 GAUTHIER Michel (74)
452 DUBOUIX Pierre (35)
453 CHARBONNIER Roger (63)
454 JOLY René-Claude (14)
455 BAZILLOU Gilbert (97)
456 AMIEL Louis (31)
457 FOSSI Enrique (Maroc)
458 PIJOURLET Pierre (69)
459 CATALA-COTTINI Bern. (13)
460 MOURGUES Claude (13)
461 DELMARE Alain (13)
462 PALOMBO Jacques (13)
463 FAURE Louis-Charles (13)
464 MOREL Jacques (73)
465 PERRIER Lucien (74)
466 JACQUET Pierre (74)
467 MOREL Henri (03)
468 BOCHET Bertrand (59)
469 CALLENS Bertrand (59)
470 DEMERVILLE Christian (62)
471 LONCKE Étienne (59)
472 BOURGOIN Antoine (59)
473 DEREGNAUCOURT Stéph. (59)
474 DEVIN Gérard (62)
475 LEBLANC Pierre (59)
476 LEHEMBRE Georges (59)
477 SANDT André (59)
478 MARKARIAN J.-Pierre (19)
479 CHARPENTIER Henry (78)
480 FRANCES Pierre (78)
481 GRELIER Pierre (85)
482 MILLIOTTE Éric (75)
483 REBION Gilbert (44)
484 REUMAUX Frédéric (59)
485 MARTIN Claude (52)
486 FAVERJON Alain (38)
487 BERTRAND André (31)
488 ROBERT André (93)
489 MATHISS Georges (67)
490 DARNAUD Guy (92)
491 GERBAUD Jacques (32)
492 VANIER André (CDN)
493 GARNERY Claude (69)
494 LHOTE Jean, René (49)
495 DEFLERS René (93)
496 FRANÇOIS Philippe (82)
497 BLANC André (06)
498 BREYTON Pierre (92)
499 ABRAHAMIK Casimir (91)
500 DEMARWE Claude (92)
501 BACON Jacques (45)
502 GAUBERT Patrice (45)
503 PREVOT Marçel (78)
504 MONVOISIN Philippe (75)
505 ÉLISABETH Raymond (26)
506 SAMOULLIER Bernard (75)
507 ALBENQUE Robert (45)
508 HEYMANN Robert (94)
509 OLLIVIER Jacques (61)
510 BRET Pierre (57)
511 BARANOFF Yves (95)
512 CHEREL Pierre (35)
513 VERNIER Jean-Pierre (50)
514 LEROY Gérard (35)
515 ALBENQUE Bertrand (45)
516 NOLL Alain (97)
517 RIVIER Daniel (06)
518 DEDIEU Moïse (31)
519 ARCIN Roger (82)
520 CHENEZ (Jordanie)
521 FOUGEROUSE Paul (26)
522 JEANJEAN Pierre (31)
523 BAQUIE Jean (32)
524 LABAILLE Serge (51)
525 BRUCH Dominique (56)
526 MINET Henri-Claude (35)
527 LECHENE Jean-Luc (35)
528 FEURER Gérard (88)
529 FABRE Robert (84)
530 GUEMERET Christian (11)
531 FAVRE François (Tunisie)
532 BRION Pierre (08)
533 PHLIPPEAU Jean-Luc (45)
534 SALOMON Pierre (45)
535 DJAOUI Bernard (93)
536 SENI André (06)
537 SANSAC Pierre (31)
538 CROZAT Jacques (78)
539 THOMAS Roger (45)
540 NISSE Maurice (94)
541 BAULARD Pierre (77)
542 TARIEL Jean (N.L.)
543 FRANÇIS Guy (32)
544 BORNUAT René (65)
545 PRIGENT René-Loïc (35)
546 ROUX Daniel (38)
547 PERRIN Eugène (03)
548 JACQUET Jacques (63)
549 LUBIKU Lusiense Belani (ZAIRE)
550 CANELLAS Guy (13)
551 GARABIGE Lucien (70)
552 VIENNOT Dominique (137
553 HENRY Jean-Yves (59)
554 DUCHESNE Jean (35)
555 RIVIER Alain (64)
556 SOMSON Jacques (65)
557 FAURE Pierre (81)
558 FIORELLI Albert (13)
559 ROSTAND Paul (74)
560 LEBLANC Léo (89)
561 PUBELLIER Pierre (63)
562 TRANZER Denis (68)
563 FAUGERAS Gisèle (95)
564 CHEVALIER Jean-Claude (53)
565 HAAS Henri (67)
566 BRETON Denis (30)
567 CASANO Dominique (93)
568 SCHUBERT Hervé (71)
569 PANET Bernard (87)
570 LAMOUREUX Dominique (48)
571 CHAZALET Gérard (38)
572 DELEBECQUE Francis (31)
573 RIGOET Paul (78)
574 BESSON Marcel (03)
575 LICHTFOUSE Michel (38)
576 GIRARD Maurice Nouvelle Calédonie
577 VERNERIE Guy (28)
578 ROBERT Claude (39)
579 MASSONNEAU Robert (85)
580 MORINIERE Bernard (85)
581 PAPAIX Jean Luc (06)
582 JACQUIER Guy (06)
583 GERALD Jacques (78)
584 TESSIER André (24)
585 DEPOND Jean-Philippe (50)
586 AUBRION Bernard (12)
587 MOREL Bruno (01)
588 SCHAEFFER Robert (67)
589 BICAIL François (13)
590 CHALLINE René (75)
591 DUCHEVET Dominique (31)
592 CAILLIAU Philippe (59)
593 CHAZEL Daniel (30)
594 DAVOT Jacques (78)
595 RIOU Fernand (78)
596 HECQUET Pierre (35)
597 RICHOUD Jean-Claude (82)
598 VERGNES Jacques (47)
599 BESANCENEY Michel (70)
600 NEVEU Philippe (95)
601 PRUNET Pierre (78)
602 LEGRAND Daniel (75)
603 BOINET Jean (19)
604 BUTHIER Francis (13)
605 REIGNER Gérard (45)
606 GRUFFAZ Raymond (73)
607 ALAPETITE Jean (91)
608 DANDRIMONT Yves (91)
609 LANGLOIS René (78)
610 BOURGEOT Jean (89)
611 SURPLY Jean-Michel (83)
612 BONNIOT Guy (57)
613 SAGNAL Gérard (83)
614 LOCATELLI Jean-Claude (13)
615 FRAISE Bernard (13)
616 PEYROL Jean (13)
617 FLEURY Benoit (25)
618 DAGUIN Pierre (77)
619 COUCKE Didier (74)
620 MIGNAVAL Paul (CH)
621 PALANQUE Lucien (13)
622 GILLIER Bernard (75)
623 JAUSSAUD Jean (63)
624 LAB Gérard (77)
625 NOMIKOSSOFF Ivan (77)
626 FALCON Albert (37)
627 FUCHS André (67)
628 ISATELLE Claude (07)
629 VEYRIER André (87)
630 GOYET Frédéric (37)
631 NIZON Bernard (35)

■

Membres de soutien

1 **Wild + Leitz France**

2 **Aga Géotronics S.A.R.L**

3 **Chambre Syndicale Nationale de Photogrammètres privés**

4 **Office de la Topographie et de la Cartographie. Tunis**

5 **Slom-Essilor**

6 **Chambre des Ingénieurs-Conseils de France**

Bureau de l'Association

Président : **L. Catinot**

Vice-Président : **R. Schaffner**

Secrétaire général : **R. Vincent**

Secrétaire-adjoint : **A. Mémier**

Trésorier : **J. Fuhrer**

Directeur des publications :

J. Puycouyoul

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Membres Nationaux :

BOUTONNIER J.
CATINOT L.
CHEVALIER R.
DAUGE M.
D'HOLLANDER R.
ENJALBERT C.
FUHRER J.
MEMIER A.
PUYCOUYOUL J.
SCHAFFNER R.
VINCENT R.

Présidents Régionaux :

Paris-Ile-de-France : BAILLY A.
Rhône-Alpes : ALAJOUANINE Y.
Provence-Languedoc : SECOND P.
Centre : COMBE J.
Bretagne : THEZE J.
Nord-Picardie : COUSIN G.

Commissions

Commission 1 : Vie Associative
Responsable : R. SCHAFFNER
Membres actifs : BAILLY - CORBEAU - CHAPRON - CHOLLIER - ENJALBERT - HALM - KOECHER - LAPOINTE
Membres correspondants : FABRE - MERMIN - FAVERJON - DARNAUD - DEFLERS - ABRAHAMIK - HALM

Commission 2 : Personnel et Formation
Responsable : L. LAPOINTE
Membres actifs : BAILLY -CHALLINE - COLIN - DUBUISSON - FAYE - GRUBER - KARTZ - LAMBERT - LEBOUCQ - MOSCHETTI - PANET - PETITBERGHIEN - SANSAC - TIBERGHIEN
Membres correspondants : NOGIER - ESCOFFIER - MERMIN - ALBERT - CLERGET - BAZILOU - FRANCES - BOUJU - MAILLARD - AMIEL - DALOZ - DESJARDINS - GRUBER - HALM

Commission 3 : Gestion et Moyens
Responsables : A. MEMIER - M. BACCHUS
Membres actifs : CHEVALIER - DUCHATEAU - PAUCHARD - PUYCOUYOUL - SANTINI - TARLET
Membres correspondants : GEORGES - WEISHAUPT - TREDE - FABER - BAURE- WILLON -LERAY - SAUVAGER - RIVAIN - DE TOUZALIN - BAZILOU - SCHALLER

Commission 4 : Méthodes et Techniques fondamentales
Responsable : R. VINCENT
Membres actifs : GAUTHIER - LAMBERT - LAUNAY
Membres correspondants : NOGIER - DE BAUDREUIL - ROBIN - MOREAU - GEORGES - GUILLOTEAU - WEISHAUPT - FRANÇOIS - VINCENT - HAUMESSER - ALBERT - TREDE - FABER - RAYNAUD - DESLANDES - AEBY - ARLABOSSE - CHEVALIER - TARTACEDE - BAURE - DUBUISSON - PENICAUT - COLLOMB - COPPALLE - COCHERIL - MAHOT - RIVAIN - VAILLE - MEULEY - WOLF - TIXIER - GODARD - TIZON -BAZILOU - BOURGOIN - MILLIOTTE - GARNERY -BLANC - BOUJU - RANUZZI - SCHALLER - JOUANNET -ROUSSEAU - CHUZEVILLE - DESJARDINS - LASSEUR -HALM - GAUTIER - HERNANDEZ - BERTHET

Commission 5 : Représentation des données physiques
Responsable : G. DUCHER
Membre actif : ALAJOUANINE
Membres correspondants : FABRE - TREDE - RAYNAUD - DUBUISSON - MEULEY - BAZILOU - ROBERT - CHUZEVILLE - BIENVENU - FLIPPE

Commission 6 : Techniques foncières juridiques et administratives
Responsable : R. SCHAFFNER
Membres actifs : BLOCH - DELPORTE - ERNOULT - FLEURY - FUHRER - LAUNAY - PIVOT - RICHTER
Membres correspondants : SECOND - VINCENT - BLOCH - HAUMESSER - BLAZY - TREDE - FABER - GUEDON - GOUDARD - SCHULTZ - DESSENS - THEZE - TARTACEDE - CAMIAT - LAGARDE - COCHERIL - GIOGETTI - RIVAIN - WOLF - TIXIER - ROUBAUD - GOY - LEVARD - BOURGOIN - FRANCES - DARNAUD - GARNERY - LHOTE - ELIZABETH - BALEROY - SCHALLER - MAILLARD - LE GROUMELLEC - ROUSSEAU - DESJARDINS - DE VALLOIR - LANQUETOT - MINAULT - FROGER - MARKARIAN

Commission 7 : Grands travaux et aménagements
Responsable : M. DAUGE
Membres actifs : BOUTONNIER - DESPAGNE - EYMARD - PERRIN
Membres correspondants : NOGIER - DE BAUDREUIL - CHAPRON - MOREAU - CURTET - FRANÇOIS - HAUMESSER - MERMIN - FABER - RAYNAUD - DESLANDES - CHEVALIER CURT - DUBUISSON - PENICAUT - LERAY - SAUVAGER - GIORGETTI - CHEVALIER - ABEL - GURTELLI - WOLF - GRATIAS - TIXIER - GODARD - BAZILOU - MOREL - BOURGOIN - MILLIOTTE - BLANC - BOUJU - PATRY - PIVOT - JOUANNET - ROUSSEAU - KOUTCHOUK - CHUZEVILLE - DESJARDINS - LACREUSE - DELBARD - LE NOC - GODARD

Commission 8 : Topographie appliquée à des travaux spéciaux
Responsable : J. GERVAISE
Membres actifs : ALAJOUANINE - BERGER - BLAUSTEIN COMBE - DEHEINZELIN - DUCLOS - LAUNAY - MAYOUD - MEMIER - PAULAU - TIBERGHIEN
Membres correspondants : NOGIER - CHAPRON - MOREAU - COLOMBEZ - GEORGES - GUILLOTEAU - WEISHAUPT - VINCENT - HAUMESSER - MERMIN - JOULET - TREDE - CLERGET - RAYNAUD -AEBY - SCHULTZ - TARTACEDE - GUILLON - DUBUISSON - COLLOMB - COPPALLE - COCHERIL - QUESNEL - MAHOT - GIORGETTI - VAILLE - MEULEY - WOLF - TIZON - LEVARD - SOMPAYRAC - BAZILOU -MOREL - BLANC - MONVOISIN - BOUJU - FIEVET - BLAUSTEIN - DEHEINZELIN - JOUANNET - ST SULPICE - ROUSSEAU - CHUZEVILLE - GAUTIER - FLIPPE - DELBARD - FRANÇOIS - MARKARIAN - HERNANDEZ - BERTHET

Le T.G.V. (Train à grande vitesse)

ÉTUDE ET CONSTRUCTION DE LA NOUVELLE LIGNE PARIS-SUD-EST

par J. BOUTONNIER - Ingénieur S.N.C.F. - Chef de la Division Topographie

Résumé :

L'étude et la construction d'un ouvrage de type linéaire tel que la nouvelle ligne PARIS-SUD-EST ont nécessité de nombreuses interventions topographiques aux différents stades d'avancement du projet, puis de la réalisation.

Le présent exposé, après une évocation des raisons du choix de cette liaison ferrée, décrit les principales opérations topographiques et leur enchaînement de l'avant projet jusqu'à la mise en service.

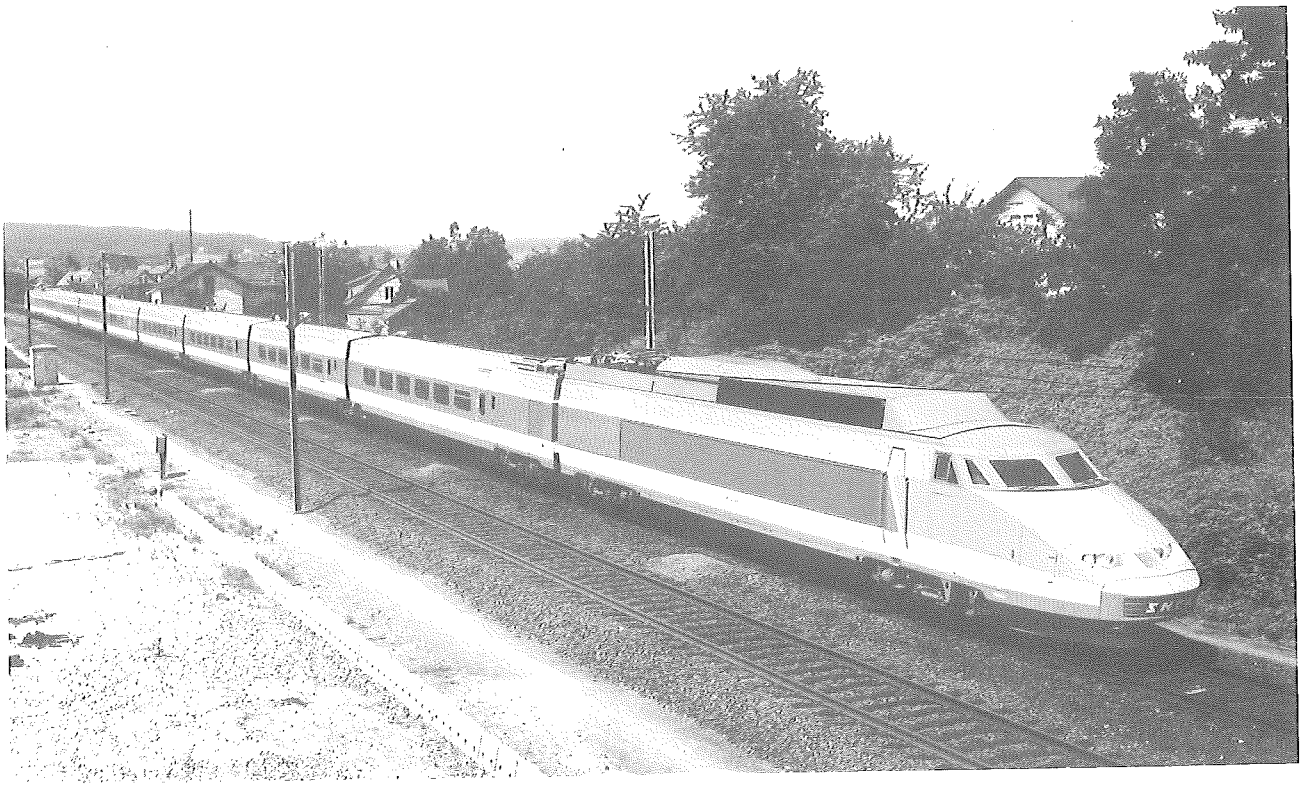


Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

Actuellement se poursuit la construction d'une voie ferrée entre PARIS et LYON ; après avoir examiné rapidement les raisons de la réalisation d'une ligne nouvelle, (la S.N.C.F. n'ayant pratiquement pas construit de ligne depuis 50 ans, hormis des antennes de desserte dans la banlieue parisienne) nous verrons les différentes interventions topographiques nécessaires pour les besoins des études de génie civil et l'exécution des travaux jusqu'à la pose de la voie.

Le SUD-EST de la FRANCE est actuellement relié à la région parisienne par la ligne PARIS-DIJON-LYON qui comporte quatre voies électrifiées, à l'exception de deux sections de ligne (SAINT-FLORENTIN - LES LAUMES et BLAISY-BAS - DIJON soit 109 km) dont le quadruplement ne peut être économiquement envisagé.

Reliant entre-eux des centres regroupant près de 40 % de la population française, cet axe doit faire face à un trafic intérieur considérable auquel se superpose un important trafic international vers la SUISSE et l'ITALIE.

Le taux de croissance de ces trafics s'établit à un niveau très sensiblement supérieur à celui constaté sur l'ensemble du réseau.

Dans ces conditions, la section ST-FLORENTIN DIJON, dont la capacité maximale est de 260 trains par jour, constitue un véritable goulet d'étranglement.

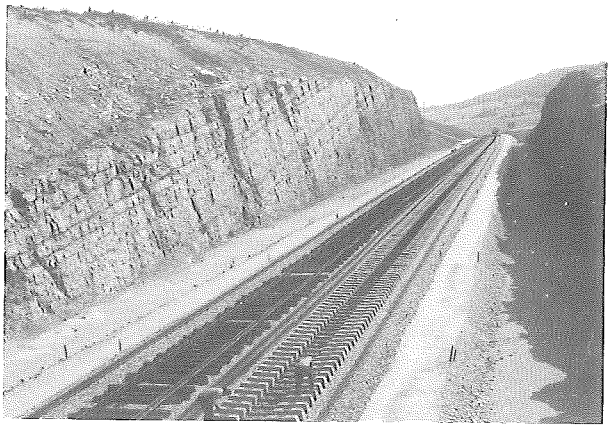


Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

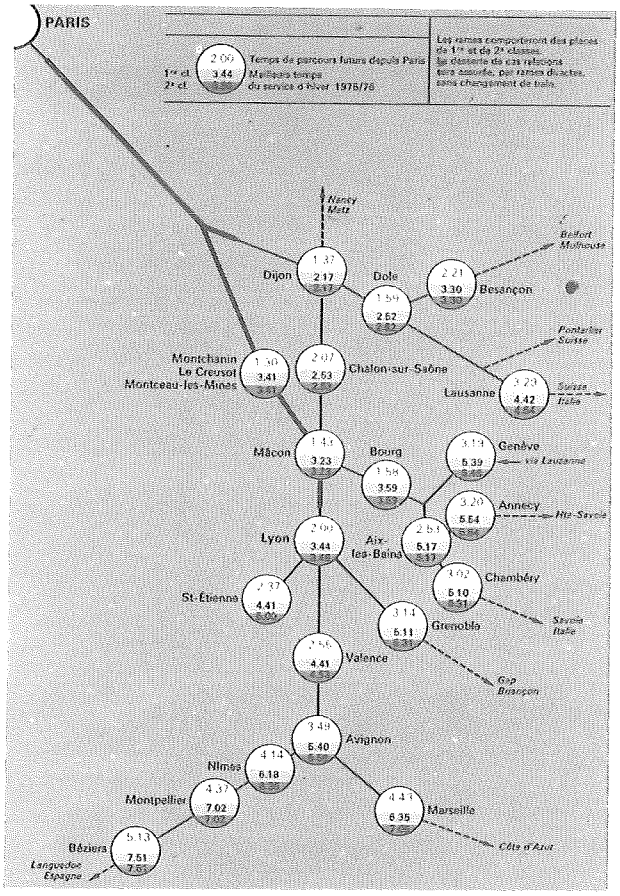


Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

Or, au début de 1975, le trafic atteignait une moyenne journalière de 250 circulations, ce qui compte tenu des fluctuations normales de celui-ci pose d'ores et déjà des problèmes d'exploitation extrêmement délicats.

Des phénomènes de saturation se manifestent qui entraînent une détérioration de la qualité du service offert aux voyageurs, un allongement du temps de parcours des trains de marchandises, ainsi que de sérieuses difficultés pour l'entretien des installations.

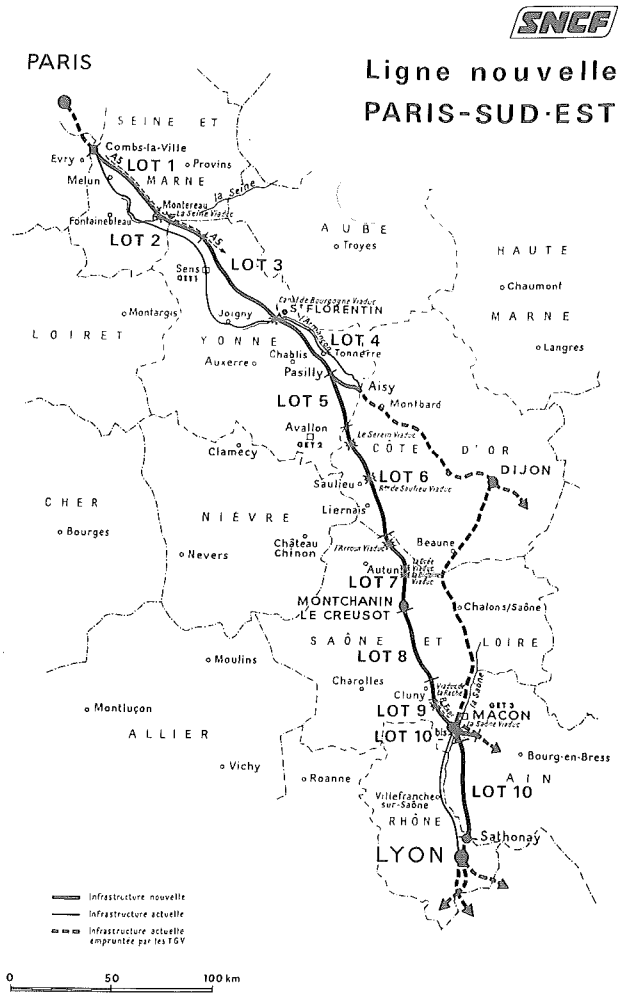
Une solution de type classique a été étudiée à diverses reprises qui consistait à doubler les sections ne comportant que deux voies, elle a dû être écartée car d'un coût très élevé bien qu'elle n'apportait d'amélioration qu'au seul acheminement des trains de marchandises.

Il était donc logique d'étudier les possibilités offertes par la construction d'une ligne nouvelle à grande vitesse reliant PARIS à LYON, les Pouvoirs Publics avaient retenu en 1971 le principe de cette liaison entre PARIS et le quart SUD-EST de la FRANCE, ils ont le 23 mars 1976 donné définitivement leur accord à la réalisation de cette ligne dont la mise en service s'effectuera en deux phases : en octobre 1981 pour le tronçon SUD (ST-FLORENTIN - LYON) et en octobre 1983 pour la totalité.

La S.N.C.F. a choisi de spécialiser cette infrastructure au trafic voyageurs, ce qui permettra d'accroître très fortement le potentiel de transport marchandises de la ligne actuelle, la nouvelle ligne acheminant de son côté la plus grande partie des trains de voyageurs.

La ligne nouvelle aura le même écartement et le même type de voie que le réseau actuel, ce qui présente deux avantages primordiaux :

— les trains circulant sur la ligne nouvelle utiliseront les installations terminales des gares actuelles de PARIS, DIJON et LYON, ce qui évite les expropriations les plus coûteuses et les travaux les plus délicats.



— ces rames pourront, au-delà de la nouvelle ligne poursuivre leur marche sur les lignes du réseau actuel, en conservant par conséquent intégralement les gains de temps acquis sur les parcours à très grande vitesse.

— Cette ligne (390 km) se séparera de la ligne actuelle à 27 km au SUD-EST de PARIS à COMBS LA VILLE. Peu avant son entrée en COTE D'OR elle se subdivisera en deux branches, l'une se raccordant à la ligne actuelle au Nord de DIJON pour desservir la capitale de la BOURGOGNE, la FRANCHE COMTÉ et la SUISSE, l'autre desservant MONTCHANIN, LE CREUSOT, MACON (avec continuation vers la SAVOIE et GENEVE) pour s'intégrer au réseau actuel à 8 km au Nord de LYON.

En adoptant le parti de construire une ligne exclusivement réservée au trafic des voyageurs, il devient possible, grâce à la puissance et à l'adhérence élevée des T.G.V. (Trains à Grande Vitesse) d'accepter des rampes allant jusqu'à 35‰ (contre 5 à 10 ‰) en général sur une ligne classique). Le tracé peut alors, sans avoir recours à d'onéreux ouvrages d'art, se reporter sur les plateaux où les courbes à grand rayon (4000 m) s'inscrivent sans difficultés, en évitant les vallées, zones peuplées, sillonnées de cours d'eau et de routes dont la traversée grève lourdement les coûts d'infrastructure.

La nouvelle ligne sera électrifiée en courant alternatif à 25 000 volts, elle sera dotée d'une infrastructure de type classique mais conçue pour les grandes vitesses (jusqu'à 300 km/h) rails soudés de 60 kg/m, traverses de béton, ballast d'épaisseur renforcée, signalisation du type "Grande Vitesse" avec échange permanent d'informations entre les trains et les postes de régulation, elle ne comportera aucun passage à niveau. Les rames qui circuleront sur cette ligne dériveront de la rame prototype T.G.V. 001 que la S.N.C.F. a longuement expérimentée, elles offriront 375 places dont 240 en 2e classe.

L'utilisation de rames légères permettra de mieux étaler la desserte sur l'ensemble de la journée et d'offrir une grande fréquence de circulations (pouvant par exemple atteindre 30 minutes pour les relations entre PARIS et LYON).

La construction de cette ligne constituera une opération très favorable à l'aménagement du territoire. Apportant la meilleure solution possible à la saturation de l'actuelle ligne du SUD-EST, elle permettra d'offrir à toutes les catégories de voyageurs qu'ils soient de seconde ou de première classe, un mode de transport à la fois sûr, ponctuel et très rapide : PARIS-DIJON en 1 h 37 - PARIS-BESANÇON en 2 h 21 - PARIS-MONTCHANIN-LE CREUSOT en 1 h 30 - PARIS-LYON en 2 h 00 - PARIS-CHAMBÉRY en 3 h 02 - PARIS-MONTPELLIER en 4 h 37 - PARIS-MARSEILLE en 4 h 43 - PARIS-GENÈVE en 3 h 19.

Clichés S.N.C.F. - CAV

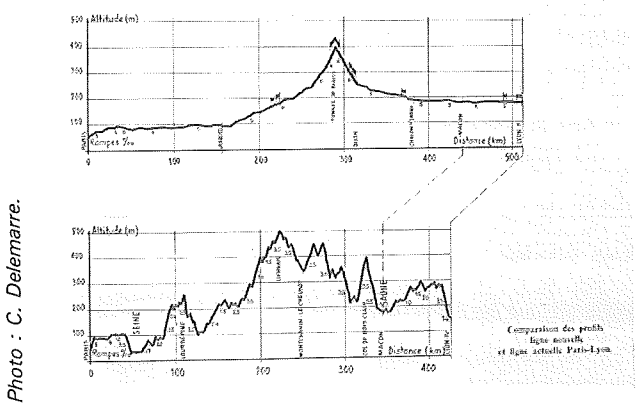


Photo : C. Delemarre.

Tout ouvrage linéaire créé une coupure nécessitant des réaménagements importants, les autorités ministérielles ont incité les différentes administrations à coordonner leurs actions.

C'est ainsi que pour le projet PARIS-SUD-EST, on a pu créer de véritables jumelages :

— avec les autoroutes

— Autoroute A5 (PARIS-TROYES) sur 56 km entre MELUN et SENS.

Route Express SUISSE OCÉAN sur 14 km entre CLUNY et MACON.

— avec les P.T.T.

— Réserve d'une bande de terrain de 5 m de large environ permettant d'installer câbles ou guide d'onde nécessaires à l'accroissement des communications téléphoniques entre PARIS et LYON.

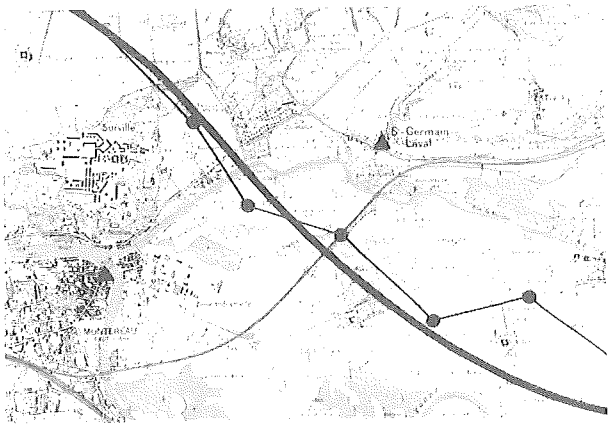


Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

Après une étude de faisabilité engagée en 1968, l'infrastructure de la ligne a fait l'objet d'études techniques de plus en plus poussées, suivant un schéma, d'ailleurs classique, d'approche du tracé optimum.

— études préliminaires au 1/25 000
— études d'avant projet au 1/5 000
— étude du projet au 1/1 000

En ce qui concerne le tracé de la ligne, ces études ont nécessité la création d'un bureau d'études central à l'échelon de la Direction de l'Équipement SNCF, utilisant largement l'informatique. A cette époque, en effet, l'application de l'informatique dans les études de tracés routiers, de génie civil et de bâtiment a été extrêmement rapide. Le topographe, qui doit fournir les données de base, puis implanter ensuite les ouvrages projetés, a été concerné par l'utilisation de ces méthodes nouvelles.

De même que le matériel de calcul et de dessin automatique a évolué très vite, les développements de l'électronique ont permis la construction d'instruments de mesure plus performants. Les progrès réalisés dans les appareils ont conduit à adapter les méthodes de levé en fonction des besoins nouveaux exprimés par les utilisateurs.

Le Département des Lignes Nouvelles ainsi constitué comporte une Division de Topographie qui bénéficie de l'équipement de calcul et de dessin du bureau de tracé.

Si l'on reprend le déroulement des études de tracé :

— les études préliminaires réalisées sur des documents existants (cartes au 1/50 000 ou 1/25 000 de l'I.G.N., cartes géologiques et documents du B.R.G.M.) ont été menées conjointement avec des études économiques. Elles ont permis de définir une zone à l'intérieur de laquelle se situe le tracé d'axe définitif. Cette phase d'étude a été prise en considération par le ministre en décembre 1969.

— les études d'avant projet. A ce stade de l'étude, les documents existants ne suffisent plus, l'intervention des topographes devient nécessaire et se poursuivra tout au long de l'étude puis de la réalisation du projet.

Le levé au 1/5 000 a été précédé par l'établissement d'une polygonale de précision le long du tracé prévu.

Cette ossature de base ayant pour but d'appuyer les levés photogrammétriques au 1/5 000, les levés aux plus grandes échelles et tous les travaux d'implantation.

La réalisation de ce travail a été confiée à la division des travaux spéciaux de la géodésie de l'Institut Géographique National.

Cette polygonale située à l'intérieur d'une bande d'un kilomètre de large environ du tracé fixé à l'étude préliminaire, a été établie avec une densité moyenne d'un point par kilomètre. Elle a été rattachée au réseau géodésique existant, en principe tous les 8 à 10 kilomètres.

Les sommets ont été matérialisés par une borne en béton surmontée d'une dalle de 50², un repère en bronze étant placé au centre de cette dalle et un repère souterrain à l'aplomb à 0,50 m environ plus bas.

Les mesures angulaires ont été exécutées au théodolite Zeiss Th 2 et les distances avec le géodimètre AGA 6A ou le telluromètre MRA 101. Les altitudes des bornes ont été définies par nivellement géodésique et rattachées au réseau du Nivellement Général de la FRANCE par nivellement direct chaque fois que cela a été possible.

Sur presque toutes les bornes, il existe des visées d'orientement soit sur les bornes voisines, soit sur les points géodésiques environnants. De nombreux layonnages ont été exécutés dans les zones boisées, il a même fallu monter une tour tripode dans la forêt d'Othe.

Les calculs ont été effectués par tronçon comportant plusieurs segments (un segment étant une portion de la polygonale comprise entre deux points liés directement au réseau géodésique) la compensation par la méthode des moindres carrés faisant intervenir toutes les mesures d'angles et de distances.

Les mesures de cette polygonale ainsi que la méthode de calcul étant souvent de qualité supérieure à la triangulation générale, le réseau géodésique des zones situées au sud de MONTCEAU-LES-MINES à été recalculé, ainsi que certains points entre MONTEREAU et le CREUSOT.

Les résultats sont repris sur des fiches signalétiques précisant les coordonnées X, Y, Z des sommets et leurs repèrements. La précision demandée de l'ordre de 2 cm entre sommets a été très largement respectée, les mesures complémentaires effectuées plus tard l'ayant montré.

Ces coordonnées sont données dans la projection Lambert I pour la partie Nord jusqu'à SENS et en projection Lambert II pour la partie Sud jusqu'à LYON, une zonne commune de 20 km est définie dans les deux systèmes.

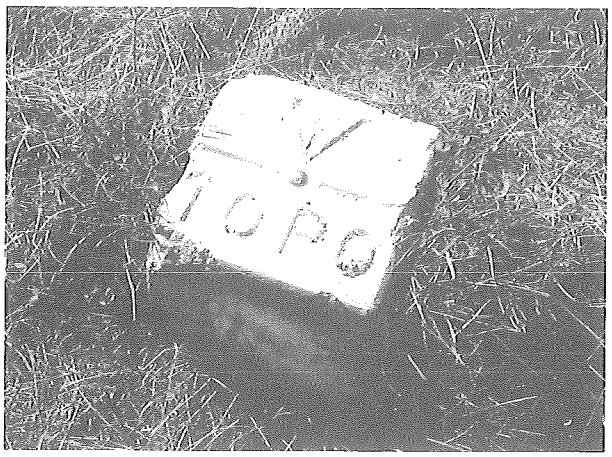


Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

Conjointement était entrepris l'exécution d'un plan levé photogrammétrique au 1/5 000 d'une bande de 1 km de largeur moyenne, à partir d'une couverture aérienne à l'échelle du 1/12500 (Chambre WILD RC 8 152 mm de focale).

Le plan, présenté par planche de 4 km environ, reprend tous les renseignements habituels, les courbes de niveau étant tracées à l'équidistance de 2,50 m, un complément terrestre a été nécessaire dans les zones masquées.

L'ensemble de ces travaux a été réalisé en 18 mois soit plus de 500 km de polygonation et 40 000 hectares de levé au 1/5 000 repris sur 92 planches.

L'intervention des agents de l'IGN a été fort utile :

— pour le canevas de base en rendant cette polygonale homogène avec le réseau géodésique voisin.

— pour la livraison rapide de l'ensemble de ces documents, le calendrier demandé par le bureau d'études étant très réduit en fonction de l'importance du terrain levé.

Le plan au 1/5 000 est alors utilisé par le bureau d'études pour définir l'avant-projet. Des moyens informatiques sont utilisables à ce stade pour :

— l'établissemnt du profil en long,

— les cubatures,

— le report du projet sur plan.

ils ont l'avantage de permettre la recherche plus facile de variantes dans la bande de 1 kilomètre.

Les études de projet :

Dès que cet avant projet est fixé la phase suivante peut être préparée.

Polygonation complémentaire : Le réseau du canevas de base est densifié avec un point tous les

300 m environ, matérialisé par des bornes en béton préfabriquées comportant un repère en laiton au centre (poids 120 kg).

Les mesures sont effectuées à l'aide de théodolite WILD T2 et d'appareil de mesure de distance par réflexion d'ondes (AGA 12. HP. 3 800) par la méthode de centrage forcé et des 3 trépieds. L'altimétrie étant définie par nivellement géodésique.

Les cheminements passant par les sommets de la polygonation base sont calculés et compensés à l'aide d'un logiciel implanté sur mini ordinateur.

Ce travail réalisé par les équipes de la Division Topographique SNCF s'est poursuivi pendant deux ans au fur et à mesure de la définition des sections d'études.

Les résultats sont consignés dans un cahier correspondant au découpage des planches 1/5 000, reprenant :
— les fiches signalétiques des points de triangulation et de polygonation.
— les répertoires des repères de nivellement de précision.
— un plan de repérage au 1/5 000 des sommets et des repères.

Dans le secteur de recouvrement des deux zones Lambert, une planche, soit 4 km, a été calculée dans les deux systèmes.

La précision obtenue en fonction des points d'appui et du matériel de mesure utilisé permet d'assurer le centimètre entre sommets.

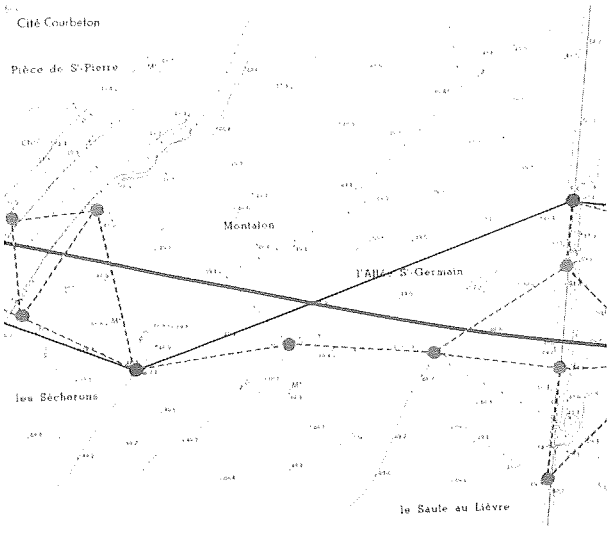


Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

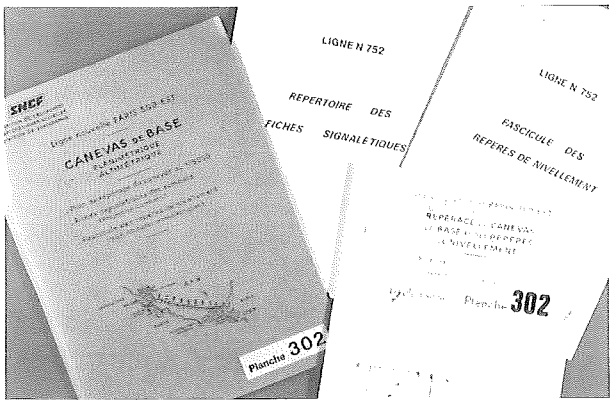


Photo : C. Delemarre.

Réseau de repères de nivellement : L'implantation de ce réseau a été retardée jusqu'à l'avant-projet, afin de placer les repères au plus près du tracé.

Cette maille a été définie par un nivellement de précision s'appuyant sur les sections existantes du NGF avec stabilité sur chacune de ces lignes, les repères sont du type médaillon, d'une densité linéaire de 700 mètres environ. La méthode d'observation fournissant la précision du 3e ordre. Cette mission très spécialisée a été confiée au service du nivellement de l'IGN. Les résultats ont été repris dans les dossiers de canevas de base précités.

Tous ces points et repères qui doivent servir aux levés, au positionnement des emprises, des O.A., des terrassements et du tracé de la ligne sont contractuellement fournis aux entreprises chargées de réaliser les travaux. Il est d'un intérêt primordial d'assurer la conservation de cet important travail de base ; en effet, jusqu'à la finition du chantier, ces repères sont les points de liaison constants entre l'étude et l'exécution. Après travaux, il seront rabattus dans les emprises de la nouvelle ligne pour permettre aux services d'entretien d'assurer le repérage des installations.

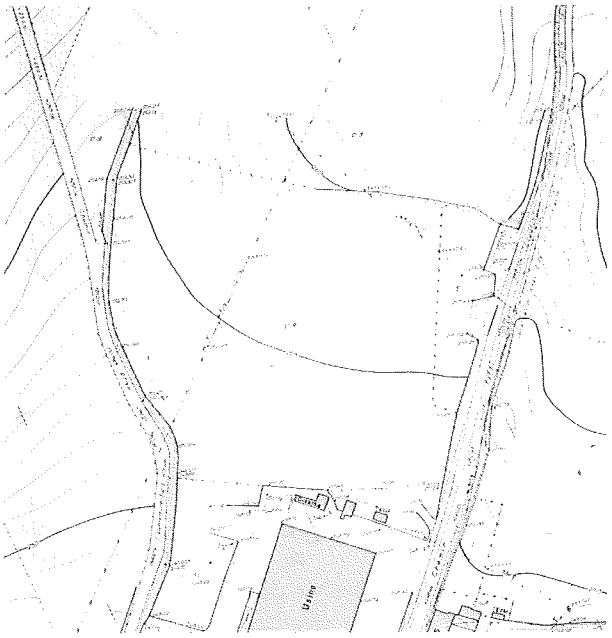


Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

Afin d'étudier la phase projet, un plan levé au 1/1000 a été établi sur une bande de 100 mètres de part et d'autre du tracé projeté. Le bureau d'études, dans l'ensemble des programmes d'informatique mis en application, ayant choisi la méthode d'interpolation par facettes à partir d'un semis de points, les documents issus de ce levé ont été :
— un contre type du plan topographique muet d'altimétrie nécessaire pour les travaux de parcellaire.

— le plan définitif avec tous les éléments altimétriques dont la représentation des courbes de niveau à l'équidistance de 1 m.

— le semis de points donnant sur cartes perforées les coordonnées X, Y, Z de points du terrain naturel judicieusement choisis, constituant une image numé-

rique représentative du modelé. Le maillage étant d'une densité variable de 25 points/ha à 60 points/ha selon la forme du terrain.

Ce travail a été proposé par appel d'offres, en lots de 10 km environ, aux géomètres locaux des régions traversées, à des cabinets spécialisés en topographie et à des photogrammètres, l'exécution du levé pouvant être réalisé au choix par méthode terrestre ou par méthode photogrammétrique.

Les topographes SNCF assurant la définition des spécifications techniques, le contrôle et le règlement de ces travaux.

D'autre part, des plans à plus grande échelle nécessaires aux études de rétablissement de voirie et aux ouvrages d'art ont été établis pour les 390 ponts à construire, des profils en long et en travers des cours d'eau pour les études hydrauliques, ainsi que des positionnements de tracé surtout dans les zones boisées pour permettre aux géologues d'effectuer leurs investigations.

Clichés S.N.C.F. - CAV

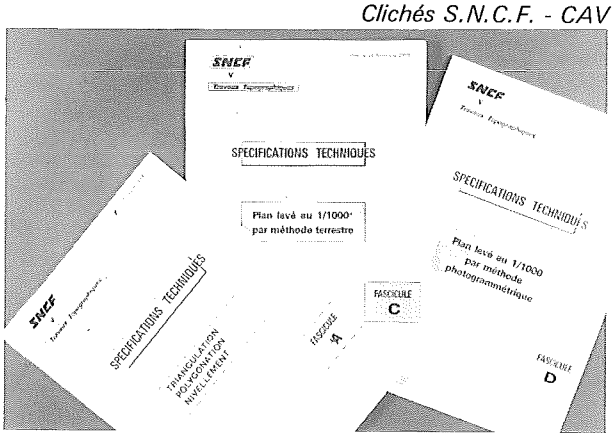


Photo : C. Delemarre.

Avant les travaux, il est indispensable pour pouvoir disposer de tous les terrains, de connaître les parcelles concernées par le projet. Un plan parcellaire de situation est dressé en utilisant le fond de plan du levé régulier au 1/1000 muet d'altimétrie et en calant les renseignements cadastraux à l'aide des planches cadastrales mises à l'échelle au 1/1000 par procédé photographique. Les surfaces des parcelles sont calculées et comparées aux surfaces du cadastre pour contrôler la mise au point du fond de plan.

Clichés S.N.C.F. - CAV

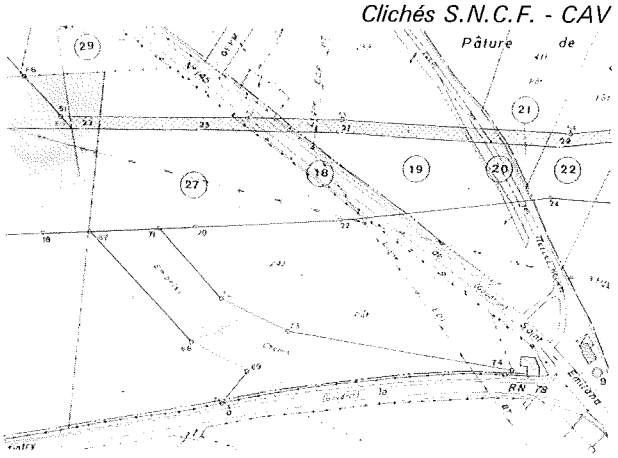


Photo : C. Delemarre.

Ce document permet de définir les emprises à l'aide du plan projet fixant les limites des terrassements, en laissant une marge de quelques mètres pour tenir compte des aléas du chantier. En vue de la phase administrative d'enquête parcellaire, un plan par commune est alors établi où les limites sont déterminées en coordonnées Lambert en utilisant une table lectrice couplée à un enregistreur sur cartes perforées.

Une liste de tous les points d'emprises est portée sur ce plan ainsi que les sommets de la polygonale de base de la zone intéressée. Les calculs de surface des parcelles à acquérir sont effectués et l'état parcellaire correspondant rédigé.

Ces plans parcellaires ont été établis pour les 173 communes touchées par le projet, pour une surface portant sur 2 300 ha environ, constituée de 10 000 parcelles.

Après les enquêtes d'usage, les négociations ont été conduites par les Directions Départementales des Services Fiscaux pour le compte de la S.N.C.F. Acquisitions par voie amiable ou par expropriation, cependant 123 communes ont demandé à bénéficier des dispositions de l'article 10 de la loi 62 933 du 8 août 1962 complémentaire à la loi d'orientation agricole qui fait obligation au maître d'œuvre de remédier aux dommages causés aux exploitations agricoles en participant à des opérations de remembrement, avec exclusion de l'emprise sur 42 communes ou avec inclusion de l'emprise pour 81 communes.

Les plans parcellaires numérisés permettent ainsi de fournir une documentation précise :
— pour les géomètres remembreurs,
— pour l'établissement des documents d'arpentage dans les zones exclues de remembrement,
— pour la délimitation et le bornage ultérieur des emprises.

La ligne nouvelle PARIS-SUD-EST ayant été déclarée d'utilité publique par décret du Premier Ministre le 23 mars 1976, les appels d'offres pour l'exécution des travaux ont été lancés à partir du deuxième semestre de cette même année.

Photo : C. Delemarre.

Clichés S.N.C.F. - CAV

La future ligne étant divisée en 11 lots de travaux, les premiers chantiers ont débuté en SAONE-ET-LOIRE sur les lots 7 et 8, puis successivement tous les lots au SUD de SAINT-FLORENTIN, alors que les études se sont poursuivies jusqu'en 1979 pour les 3 lots du NORD.

Les entreprises de génie civil devant assurer l'auto contrôle de leurs différentes tâches, ce sont leurs équipes topographiques qui déterminent les emprises

de chantier, les entrées en terre, le piquetage d'axe sur les couches d'assise et les implantations des ouvrages d'art.

Les topographes de la S.N.C.F. interviennent pour :

— la conservation du canevas de base, en déportant les sommets se trouvant dans la zone de travaux ou en rétablissant les points disparus.

— le contrôle de positionnement et de gabarit des ouvrages d'art au fur et à mesure de l'avancement de leurs constructions.

— la réception altimétrique des couches d'assises (couche de forme et sous-couche) pour le respect du profil en long projeté.

— l'implantation des points principaux du tracé de la voie tous les 200 mètres environ (en particulier origine et fin de courbes et de raccordements paraboliques).

La définition ($\pm$ 1 cm) de chaque point étant obtenue par deux déterminations minimum à partir des sommets du canevas de base.

Le piquetage de l'axe de la double voie est ensuite complété entre points principaux par des piquets espacés de 20 m en courbe et 50 m en alignement droit.

Cette opération topographique est très importante, car la voie ferrée assure le guidage de l'engin de transport et la précision doit être conservée jusqu'à la pose.

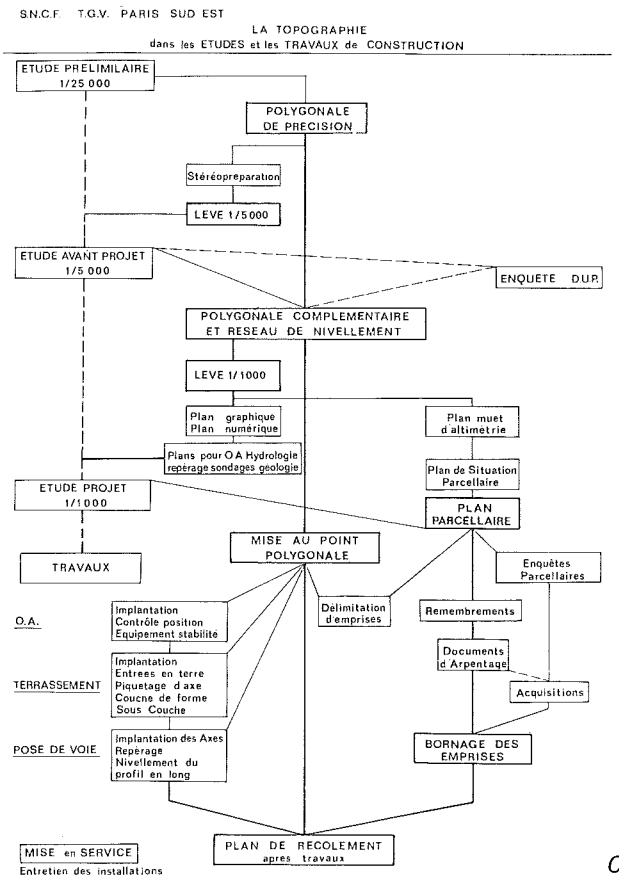
Le matériel moderne de pose de voies à rendement élevé (1 km/jour) impose un repérage de l'implantation avec des piquets de rejets de part et d'autre de la plate-forme, le piquetage axial étant très vite bousculé pendant le chantier.

Dès la mise en place de la voie sur ballast, le dressage, plus fin doit être réalisé, des piquets repères définitifs sont placés dans l'axe de la double voie tous les 10 mètres et leurs position est régularisée par une méthode classique pour l'entretien des voies actuelles de rectification par les flèches. Après un contrôle altimétrique des files de rail permettant au maître d'œuvre de s'assurer de la bonne exécution, les voies pourront être mise en service, d'abord pour les essais à grande vitesse des nouvelles rames sur une ligne spécialement construite pour cela, l'exploitation commerciale étant prévue ensuite à partir de fin 1981 pour la zone sud, la totalité du parcours devant être livrée fin 1983.

Ainsi cette longue énumération de toutes le opérations topographiques qui ont concouru à la réalisation de ce chantier linéaire montre :

— que les nombreux spécialistes, agents de l'IGN, du Cadaste, des Géomètres, remembreurs, photogrammètres et topographes des entreprises de génie civil et des chemins de fer sont intervenus et interviennent tout au long, d'une construction de ce type, en collaboration constante avec les concepteurs.

— que la création d'une ossature de base dès l'origine du projet a permis à ces spécialistes ainsi qu'à tous les autres intervenants (projeteurs, calculateurs, constructeurs) de travailler de façon homogène.



Clichés S.N.C.F. - CAV

Les opérations topographiques nécessaires à la reconstruction du canal de Suez

par J. DUCLOS
Président Directeur Général de DECCA-SURVEY FRANCE

Un énorme programme d'expansion est en cours sur le Canal de Suez, qui permettra aux plus grands navires sa traversée. Le canal sera élargi, approfondi et en trois endroits les élargissements du canal permettront aux convois de se croiser. La première partie de ce projet est actuellement en chantier et sera terminée au milieu de l'année 1980. Le projet d'élargissement est né au lendemain de sa nationalisation. A cette époque les autorités avaient deux soucis :
1) — rendre la navigation régulière et plus sûre,
2) — poursuivre l'élargissement pour permettre à de plus gros navires la traversée du canal.

Les premiers travaux portèrent la section en coupe du canal de 1 200 m² à 1 800 m² et la profondeur de 10,60 m à 11,70 m, permettant ainsi aux navires de 60 000 tonnes, à pleine charge, de transiter par le canal. A la fin de ce premier projet, un second fut mis en chantier, mais uniquement pour porter la profondeur à 12,20 m., donnant le passage aux 70 000 tonnes. Ce projet aurait dû finir en 1967, mais les hostilités entre l'Égypte et Israël interrompirent ces travaux. La navigation reprit en 1975, mais pendant les années d'interruption, les autorités ont continué à étudier le projet prenant même en considération les nouveaux types de transport, surtout les super tankers.

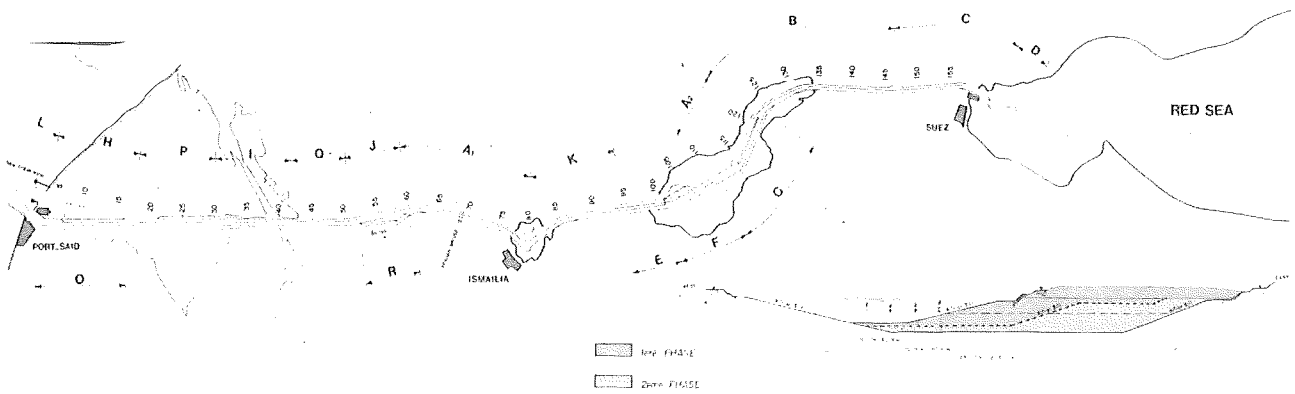
Les travaux en cours porteront la surface en coupe du Canal à 3 700 m² de Port Saïd jusqu'au P.K. 61, et à 3 300 m² du P.K. 61 à Suez, et la profondeur à 16,15 m donnant ainsi le passage aux 150 000 tonnes en pleine charge. 95 millions de m³ ont été extraits pour permettre l'élargissement des courbes en les portant à un rayon de 5 000 m minimum. Le Bypass de Port Saïd du P.K. 17 au 95 permettra aux navires une entrée directe dans le Canal sans passer par le port de Port Saïd. Dans la première phase des travaux 559,4 millions de m³ ont été extraits dont 132 millions par les Egyptiens et le reste divisé en 12 lots de 10 à 50 millions de m³ chacun, partagés entre plusieurs sociétés étrangères de dragage telles que PENTA - MITSUI - TOA - Union des Compagnies Françaises et VIANINI. Le coût des travaux de cette première phase est estimé à 1.275 millions de dollars dont 775 millions en devises étrangères. Les Autorités du Canal ont renforcé leur flotte avec deux dragues à coupe et succion de fabrication japonaise, capables de creuser jusqu'à 30 mètres avec une cadence d'extraction de 1 800 m³ par heure et une barge à succion creusant jusqu'à 30 mètres avec une cadence de 2 200 m³ à l'heure. La seconde phase du projet prévoit l'appronfondissement à 20,50 m ce qui permettra le passage des pétroliers de 260 000 tonnes en pleine charge ou des navires plus importants en demi charge. La date de ces travaux n'est pas encore arrêtée.

Des études par des experts internationaux sont favorables à la seconde phase du projet, compte-tenu des besoins en pétrole de provenance des pays du golfe pour l'Europe et les pays d'Amérique du Nord de la côte Est. La réalisation de ce projet augmentera les revenus de l'Égypte de 18 à 30 %.

La société UMD, adjudicatrice des lots de dragage F et G, nous a consultés afin de leur apporter une assistance dans le pilotage de leurs travaux. Ces lots étant situés dans la traversée d'un lac amer, la principale difficulté résidait dans l'impossibilité aux engins de dragage de se situer par rapport à des éléments à terre, visibles du large.

Les dimensions du lac considéré étant d'environ 20 km sur 10, les moyens optiques traditionnels de

Développement du canal de Suez.



positionnement n'étaient plus envisageables. Seuls des moyens radio électriques pouvaient solutionner ce problème. Le choix du matériel se porta sur le système Trisponder Decca 202 A. Le système de positionnement Trisponder Decca 202 A est un dispositif portatif à micro-ondes de petite portée, permettant la localisation précise d'un navire participant à des relevés hydrographiques, géophysiques et d'environnement. Ce système constitue un moyen général de mesure de distances et de positionnement apte à autant d'applications que l'on peut imaginer. En pratique, dans toute situation dans laquelle il est difficile et coûteux de mesurer une distance ou de déterminer une position continûment valable, on peut utiliser le système d'une façon rentable.

Qu'est-ce que le Trisponder ?

Comme le nom l'indique, trois stations entrent en jeu. C'est le minimum requis pour qu'un système opérationnel assure la détermination d'un positionnement. Ces stations sont : une station mobile et deux stations répondeuses. Des émissions pulsées dans la bande X et des techniques de mesures numériques sont utilisées dans une configuration distance/distance donnant la position de la station mobile par rapport à deux points de référence où sont installées les petites stations répondeuses.
Le système donne une indication continue, non ambigüe, de la distance du navire (ou de l'hélicoptère), par rapport à chacune des deux stations éloignées (répondeurs). Il fonctionnera par tous les temps, à n'importe quel moment de la journée, et en tout point du globe.
Le matériel est très léger. En effet, les éléments les plus lourds sont les batteries. Il peut être déployé facilement et rapidement. Tous les composants sont à l'état solide. Les répondeurs sont réalisés conformément aux spécifications militaires pour satisfaire à toutes les conditions ambiantes et sont étanches à l'humidité et à la poussière.
L'utilisation de sorties standards (BCD - décimales codées binaires) permet d'utiliser toute une gamme d'équipements périphériques tels que : traceur de la route suivie, imprimante numérique, perforatrice de bande ou enregistreur à bande magnétique.

Ainsi, on obtient un enregistrement de la route et on dispose de données de relevés hydrographiques pour un traitement plus poussé à terre. Grâce à une faible consommation d'énergie et une fiabilité aisée, l'entretien peut être limité à des visites non fréquentes aux stations répondeuses. Lorsqu'il n'est pas souhaitable de se rendre à ces stations, il suffit de mettre en place des sources d'alimentation pour la durée du projet et on laisse alors les stations fonctionner sans personnel de surveillance. Un seul système peut être constitué par quatre stations répondeuses. Des impulsions radio en provenance de l'émetteur mobile sont codées pour déclencher les répondeurs qui ont été sélectionnés parmi les trois ou quatre et qui, après une certaine temporisation fixée renvoient des impulsions de réponse. On peut augmenter notablement la zone couverte par un choix judicieux de l'emplacement des quatre stations répondeuses. Le système peut être utilisé simultanément par des navires et/ou des hélicoptères jusqu'au nombre de quatre et ayant chacun une station mobile à bord. Lorsqu'il est en mode "Auto Range", le Trisponder renouvelle le relèvement une fois par seconde. Pour se faire, il recueille en un cinquième de seconde toutes les données dont il a besoin et affiche les distances jusqu'au prochain relèvement. Il est possible théoriquement d'utiliser quatre stations mobiles (total de cinq) pour occuper les quatre cinquièmes de seconde restants, mais étant donné les effets de bordures, il est préférable de limiter le total des stations mobiles à quatre par système. Après un temps de chauffage du Trisponder (de 15 à 30 minutes), les renseignements relatifs à la distance peuvent être renouvelés automatiquement (mode Auto Range) ou manuellement à la demande selon les besoins. Dans le mode Auto Range, le système ne demande absolument aucune intervention. Tant que les signaux radio reçus seront satisfaisants, il continuera à fournir les informations distance aux équipements d'affichage et périphériques. Si l'une des liaisons radio est interrompue ou si les interférences sont persistantes au point que la réception de données est insuffisante pour une exploitation convenable, un indicateur d'alarme commence à clignoter en mettant en évidence le canal défectueux. Chaque répondeur du Trisponder doit être évidemment installé sur des points géodésiques connus. Malheureusement, le passage de la guerre avait détruit tous les points existants aux environs du Canal. Le premier travail que nous avons dû effectuer consista à établir un réseau de triangulation autour du lac. Nous avons donc matérialisé un nouveau système de référence en y incluant les stations servant au positionnement des sondages et dragages, permettant également de calculer le projet du Canal dans ce système. Le projet de la société du Canal était défini d'une manière purement géométrique (ligne de base, point kilométrique, angle au sommet des courbes, etc...) Cette définition suffisante dans la partie du Canal en section courante, devenait rapidement imprécise et même fausse dans le lac amer. Nous avons donc repris entièrement les calculs nécessaires à la définition géométrique du projet.

Opération topographique terrestre préliminaire

Afin de rendre homogène toutes les mesures à effectuer sur le lac, une triangulation fut nécessaire. Le but de l'opération était de déterminer un certain nombre de points dont la situation devait répondre aux impératifs des systèmes de positionnement à mettre en place ultérieurement.
Le choix de ces points et des points supplémentaires fut soumis à plusieurs critères.
— Nécessité de matérialiser un système de référence donc un canevas de points homogène et solide géométriquement.
— Relier le projet (et exécution) aux extrémités du lac où des travaux de dragage avaient déjà été commencé.
— Utiliser des tours métalliques existantes comme points déjà balisés.
— Difficultés matérielles et administratives importantes pour aller sur la rive est du Canal (zone militaire minée).

Un canevas de cinq points déjà balisés (tours) a donc été choisi (Déversoir, Fayed, Fanara, Parallèle Kabret).

Un sixième point au camp UMD a été choisi pour sa position favorable à l'installation d'une balise Tris-

ponder, les stations Sea-Fix ont ensuite rapidement été déterminées à partir du canevas de base.

Toujours à partir de ce canevas de base, nous avons déterminé des points remarquables, comme bolards, caissons, revêtements de talus, de manière à relier le projet théorique au Canal existant. Tous ces points ont fait l'objet de mesures d'angles et de distances.

Il était également nécessaire de matérialiser une référence altimétrique, pour cela nous avons installé quatre échelles de marée (signal km 10, Déversoir, Fayed, Kabret) et deux marégraphes (Déversoir, Camp UMD). Ces repères ont été nivelés avec précision et rattachés au nivellement du Canal. Ils permettent entre autres l'étude et l'enregistrement des marées sur l'ensemble du lac.

TRIANGULATÉRATION

a) Mesures Angulaires :

Tous les points ont été stationnés au théodolite Zeiss TH2, donnant une erreur sur une lecture angulaire d'environ ± 0,0006 grade. Vu la longueur des visées (maximum 22 km) il était nécessaire d'opérer avec huit tours d'horizon. Les observations ont donc été faites par la méthode classique : 4 couples de tours d'horizon dans les deux positions de la lunette avec des origines réparties sur le cercle.

b) Mesures des distances

Les mesures de distance ont été faites au telluromètre CA 1000, qui, avec une portée maximale de 30 km, permet d'obtenir une précision égale à ± 15 mm + 5 mm x 10^{-6} de la distance. Le deuxième facteur provenant des erreurs de correction de réfraction atmosphérique. Étant donné qu'il était difficile d'obtenir sur le site des mesures de température correspondant exactement aux conditions réelles du trajet de l'onde, on a dû estimer que la précision donnée par le telluromètre était nettement moins bonne que la précision théorique. En conséquence, il a paru préférable de mesurer le maximum de distances, plutôt que de se contenter d'une ou deux bases. Dans ces conditions, en introduisant dans les calculs la totalité des mesures, il fût possible de diminuer notablement l'erreur sur une distance.

Il faut vous signaler également que les lectures ont été répétées 20 fois et que les distances principales ont été mesurées 2 fois dans des conditions de réfraction différentes.

Système de coordonnées :

N'ayant pas la possibilité de se rattacher à un réseau général ou international, il a été décidé de conserver un système local en choisissant comme point originie la station du Déversoir, à laquelle on donna les coordonnées fictives : X = 50.000, Y = 100 000.
Le réseau a été orienté en utilisant un gisement relevé graphiquement sur une carte marine. Ne pouvant nous rattacher au réseau géodésique du pays, nous avons utilisé une projection fictive dont le méridien central passe par le point de base de façon à avoir des corrections minimums. L'erreur due à l'approximation du passage de l'ellipsoïde au plan est négligeable en regard de la précision demandée sur l'ensemble du chantier.

Nivellement :

Le but du nivellement était de posséder des repères de façon à pouvoir mesurer des variations du plan d'eau de l'ordre du centimètre. La tolérance sur l'altitude de chaque repère était donc au maximum de ± 1 cm. Il existe sur toute la longueur du Canal des repères de nivellement, cependant vu la précision recherchée, il était impossible d'utiliser ces points dont la précision et la stabilité étaient inconnues. Le mode opératoire et le matériel devaient être adaptés au résultat recherché, Les points extrêmes du nivellement se trouvent l'un, sur la rive est du Canal, l'autre, à proximité de Fayed, soit une longueur de cheminement d'environ 24 km. Les conditions de température (vibrations de l'air...) empêchent les visées longues et il a fallu prévoir des visées maximum de 30 m, soit un total de 800 portées. Avec le matériel et les méthodes appropriées, on admet ± 0,2 mm d'erreur moyenne sur une lecture. Pour permettre des contrôles rapides et améliorer encore la précision, tout le cheminement a été répété 3 fois. Nous arrivons ainsi à nous tenir en-dessous de la tolérance imposée.

MATÉRIEL

En fonction de ces constatations, le matériel choisi fut le suivant :
— Niveau automatique Zeiss Ni2 avec lame à face parallèle.
— Mire invar à double chiffraison.
— Équipement complété par divers petit matériel comme des crapaudines qui permettent d'assurer une bonne assise au pied de la mire.

MODE OPÉRATOIRE

La méthode retenue est le cheminement simple avec lecture sur les deux échelles de la mire, cheminement répété trois fois. D'autre part, toutes les précautions sont prises pour obtenir la précision escomptée.
— Visées égales pour éliminer les erreurs systématiques (réfraction, sphéricité, erreurs instrumentales...).
— Stabilité de l'instrument en évitant les terrains mouvants comme le macadam.
— Stabilité socle de la mire.
— Verticalité de la mire et stabilité assurées par des supports.
— Arrêt du travail aux heures chaudes.
— Contrôle journalier du réglage du niveau.
— Nivellement de "points de passage" tous les kilomètres pour permettre des contrôles rapides.
— Toutes les précautions habituellement prises pour un nivellement de précision.

D'autre part, tous les repères de nivellement déjà connus ont été intégrés dans le cheminement pour contrôler la validité des altitudes données par les autorités du Canal. Le cas particulier du franchissement du Canal a été traité par la méthode des visées réciproques simultanées. En effet, dans le cas précis, il est impossible de faire des visées égales et donc de corriger les erreurs systématiques. Ce nivellement a été indispensable pour une meilleure étude du plan d'eau du lac, ce plan d'eau étant la seule référence utilisable pour caler nos systèmes de sondage.

SONDAGE

Buts du sondage :

Le sondage demandé avait pour but de constituer les documents contractuels avec le maître d'œuvre. En effet, c'est à partir de ces sondages, en début et en fin de chantier, que seront calculés les volumes réels dragués et les volumes devant être payés.
Ce travail devait donc être le plus précis possible, et surtout présenter toutes les garanties quant à la fidélité du matériel.
D'autre part, il était important de pouvoir traiter très rapidement les données enregistrées, pour permettre un démarrage des dragages dans les délais les plus courts.
En complément de ce travail, il nous a également été demandé de faire une reconnaissance de tout le fond pour s'assurer que ne subsistait aucun obstacle pouvant gêner les dragues (épaves, rochers, mines, obus, etc...)

Termes du marché :

Ces impératifs sont également complétés par les règlements prévus au marché. Il faut faire le travail par profils en travers tous les 25 mètres. Sur ces profils, il faut relever un point tous les deux mètres en position et en profondeur. Il faut également que toute la validité de ces mesures puissent être facilement vérifiée par le Maître d'Oeuvre.

Projet de sondage :

Le matériel et les méthodes doivent être choisis en fonction de ces critères :
— Le positionnement est assuré par un système Trisponder donnant les meilleures garanties de précision et de répétabilité entre sondage initial et final.
— Le sondage est effectué au sondeur ATLAS DESO 10 avec digitaliseur EDIG 10.
Toutes les données sont sélectionnées et enregistrées par un AUTOCARTA qui permettra par la suite l'exploitation des résultats.
— La reconnaissance est faite au Side Scan Sonar Klein qui donne une image du fond de part et d'autre du passage du bateau.
— La vedette de sondage était fournie et équipée par le client (alimentation, climatisation, etc...).

MATÉRIEL DE SONDAGE

Atlas Deso 10 :

L'atlas Deso 10 est un appareil de mesure de haute qualité. Il a été conçu en tenant compte du fait que les problèmes de sondages et de détermination devaient être résolus ensemble, et l'évaluation des calculs topographiques n'est possible que si la position, la profondeur, et le temps à l'horloge, sont connus.
L'Atlas Deso 10 doit, par conséquent, être considéré comme faisant partie d'un système topographique qui permet, au moyen d'un indicateur Digital ATLAS EDIG 10, une évaluation complètement automatique des résultats obtenus en ordinateurs ou Data Loggers.
Il est également utilisé comme système d'enregistrement écho-sondeur de précision spécialement quand il s'agit des informations sous forme de dessins du fond donnés par l'échogramme.
L'équipement peut opérer avec différentes fréquences : 15-30-33-80-100-210 KHz, l'une toute seule, ou deux ensemble.
L'émission simultanée de deux fréquences de sonde (la haute fréquence pour les sols mouvants, la basse pour les sols durs) permet de faciliter cette tâche.
Dans notre cas, les deux fréquences 30-210 KHz s'accordaient.
A la base, c'est avec le transducteur 210 KHz qui possède une largeur de rayon plus étroite qu'il est possible d'obtenir un enregistrement avec une résolution accrue.

L'Atlas Deso 10 comprend :

— 1 Unité d'enregistrement
— 1 Unité de contrôle
— 1 Transducteur de 30 KHz
— 1 Transducteur de 210 KHz
— 1 Indicateur digital écho "Atlas Edig 10"
— 1 ensemble de câble de connection
— 2 câbles de connection pour les transducteurs.

Transistors fiables, circuits intégrés, absence de maintenance mécanique (minimum de pièces mobiles) placent cet équipement dans la catégorie des écho sondeurs de chantier et garantissent un bon fonctionnement.

Caractéristiques principales : Faible consommation, bonne résistance, d'un usage immédiat, sans aucun temps d'échauffement.

Mode d'opération : L'indication de la profondeur est graphique. L'Atlas Deso 10 utilise des ondes ultrasoniques pour mesurer la profondeur. Une courte impulsion est émise par le transducteur sous forme de cône, verticalement en direction du fond. Une part de l'énergie est renvoyée par le fond et retourne comme un écho au même transducteur qui opère en tant qu'émetteur et en tant que récepteur - ceci évitant des erreurs angulaires sur de petites profondeurs. Le laps de temps détermine la profondeur.
Pour mesurer la profondeur sous la quille, l'enregistreur est ajusté de manière à déclencher une impulsion ultrasonique chaque fois que le stylet traverse la ligne zéro du papier.

Système Autocarta :

Le système ordinateur est utilisé pour trois raisons :
— Fournir un positionnement rectangulaire et un tracé de la route suivie et des indications de la route à suivre en temps réel.
— Permettre l'acquisition intelligente des données du positionnement et du sondage.
— Effectuer en temps légèrement différé sur le site, le report des cartes et les calculs de cubatures.
Un ensemble d'équipements a été conçu et des programmes écrits pour répondre aux besoins spécifiques.

Description technique : — Le calculateur : c'est lui qui est chargé de traiter les données.
— Le terminal : permet de dialoguer avec le calculateur. Il est en outre muni d'un lecteur enregistreur de cassettes pour le stockage des données et la lecture des programmes enregistrés sur cassette.
— Table traçante
— Indicateur gauche/droite : visualise la position du mobile par rapport à une route théorique donnée au calculateur.

Programmes utilisés — Description : Parmi la gamme de programmes disponibles, quatre d'entre eux ont été sélectionnés pour les besoins du chantier.

— Premier programme
Préparation de cartes et prétracé de routes

Ce programme permet :
— Le tracé d'un quadrillage rectangulaire après avoir fait le choix de l'échelle, de l'espacement du quadrillage et de l'orientation des axes par rapport aux axes de la table traçante.
— Le tracé des limites d'une zone particulière définie par ses coordonnées.
— Le tracé de profils en travers à suivre :
• Soit manuellement par les coordonnées de début et de fin de chaque profil, si ils sont quelconques.
• Soit automatiquement pour des profils parallèles, équidistants et de même longueur. (Option particulièrement intéressante pour le sondage d'un chenal).
• Le report de points particuliers connaissant leur position.
• Le calcul de coordonnées connaissant les données Trisponder ou l'inverse.

— Deuxième programme
Tracé de routes et acquisition de données

Ce programme est utilisé, d'une part pour le pilotage du bateau. Pour cela, il calcule à tout moment la position du mobile et la reporte sur la carte préparée à l'avance. Le calcul est fait en appliquant les corrections dues à la projection. Ce report se fait bien sûr à l'échelle désirée et permet donc une visualisation de la position par rapport à la zone de travail délimitée. De plus, chaque minute, la position du mobile est imprimée sur le terminal, une croix est marquée sur la table traçante et un top est transmis au sondeur ou autres périphériques. Si des routes définies lui ont été fournies, il donne également la position du pilote grâce à l'indicateur gauche/droite (distances par rapport à la route précalculée). L'échelle peut être changée selon la précision que l'on veut obtenir dans le suivi du profil.
De même que pour le programme 931, il est possible de travailler manuellement ou automatiquement. Dans ce cas, il suffit de définir le premier profil et l'écart à appliquer pour le profil suivant.
A la fin de chaque profil, le calculateur détermine les données du profil suivant et transmet les nouvelles informations à l'indicateur.
D'autre part, le programme commande l'enregistrement des données. L'intervalle des points peut être commandé en fonction des résultats recherchés (par exemple : un point tous les dix mètres).
Avant d'enregistrer les données, le calculateur fait un travail de sélection pour éliminer les valeurs fausses.

— *Sélection des positions :* Le calculateur accumule trois positions successives et les compare à un écart maximum admissible donné par l'opérateur. Si cette tolérance est dépassée, les points sont rejetés.

— *Sélection des ondes :* Toutes les sondes provenant du digitaliseur sont analysées et comparées aux mesures précédentes. En fonction de la conformation du fond, l'opérateur choisit un écart maximum pouvant être observé entre deux sondes successives. Le calculateur rejettera toute sonde sortant de cette "fenêtre". Ensuite, le calculateur fait la moyenne de toutes les sondes acceptées et met cette valeur sur le point fixé. Pour un calcul de volume, ce système est particulièrement intéressant, puisqu'il permet de tenir compte de toutes les lectures.
De plus, pour donner une image du fond plus proche de la réalité, l'Autocarta enregistre également chaque intervalle demandé, la position et la profondeur du point maximum. Pour chaque point, est enregistré également le numéro du profil et l'heure. Toutes les données (X-Y-Z et T) sélectionnées sont enregistrées sur cassettes. Celles-ci sont ensuite reprises pour le traitement.

— Troisième programme
Report des plans de sonde

Sur un fond de plan préparé avec le programme 931, celui-ci va répartir les sondes enregistrées. Il offre différentes possibilités :
— Sélectionner sur la cassette les profils ou parties du profil à reporter.
— Appliquer des corrections de marées. Pour cela, il faut rentrer une table de marée donnant une série de temps et de corrections correspondantes. Pour les temps intermédiaires, le calculateur fera une interpolation linéaire.
— Reporter les sondes avec les unités voulues (mètres, décimètres, pieds, etc...).
— Ne reporter que les sondes se trouvant au-dessus d'une certaine cote. Cette option est intéressante pour l'exécution des plans de dragage, en ne faisant apparaître que les zones au-dessus du niveau théorique.
— Délimiter une zone géographique que l'on veut reporter sans sélectionner au départ les profils à dessiner. La table traçante lit toute la cassette, mais ne reporte que les points compris dans la zone.
— Report de points particuliers (bouées, épaves,...) par leur coordonnées ou leurs distances Trisponder.
— Report de sondes à partir du terminal pour rajouter éventuellement des points dépouillés à la main.

— Quatrième programme
Report de profils en travers et calculs de volume

Ce programme effectue, à partir des données de la cassette, le dessin du profil en travers et le calcul de volume par rapport au niveau théorique à draguer. Avant le calcul ou le report, les points sont projetés sur la ligne théorique et les points erronés sont éliminés. Les sondes sont corrigées à la main. Le report se fait à l'échelle demandée pour les hauteurs et les longueurs avec les annotations choisies. Il est possible de remettre tous les profils dans le même sens pour permettre une lecture plus lisible. Par rapport au niveau à draguer, l'ordinateur calcule les volumes de matériaux se trouvant au-dessus et les volumes se trouvant au-dessous.

PROGRAMMES DISPONIBLES

En plus de ces quatre programmes utilisés pour les sondages avec le Trisponder, il existe les mêmes séries utilisables avec les systèmes hyperboliques tels que le Sea-Fix, Hi-Fix,...) D'autre part, des programmes particuliers existent pour les besoins de la sismi-

que. Tous les programmes peuvent être prévus soit pour un calcul dans une projection UTM, soit dans toute autre projection.

RECONNAISSANCE DU FOND

Side Scan Sonar

Le Side Scan Sonar est un outil précieux pour les nombreux types d'explorations sous-marines : recherches, surveys, différentes enquêtes et investigations. Le Sonar utilise des rayons à haute fréquence de son pour donner une image du fond de la mer.

Dans les situations idéales, le résultat graphique du Sonar donne une sorte de photographie aérienne du fond. Une photographie aérienne précise n'est pas encore possible à cause de l'importante atténuation de la lumière dans l'eau. En utilisant le son, un bateau de "survey" peut rapidement couvrir une zone large de plusieurs centaines de mètres. Un "poisson" sous-marin remorqué, émet des courtes pulsations de haute fréquence qui sont diffusées de chaque côté du poisson remorqué, dans une direction perpendiculaire à la direction suivie. Le rayonnement du son est étroit dans le plan vertical. Sur le bateau, un enregistreur graphique envoie des impulsions aux transducteurs sous-marins installés sur le "poisson".

Ces transducteurs émettent alors les impulsions sonores. Quand les échos sont reçus, ils sont ensuite convertis en signaux électriques qui sont transformés et renvoyés sur le câble de remorquage. Il sont alors plus tard, transformés de façon à s'adapter au mécanisme de l'enregistreur graphique.

Cet enregistreur de bord produit un graphique permanent sur bande, des informations simultanées provenant des deux canaux.

CONCLUSION

La technique de pointe développée par DECCA SURVEY FRANCE fut très appréciée par les autorités de Suez et toutes les entreprises qui travaillèrent par la suite sur le Canal.

En effet, grâce à l'utilisation des ordinateurs embarqués et aux calculs en temps légèrement différé de la situation des travaux, les entrepreneurs étaient en mesure de fournir rapidement les éléments nécessaires à leur règlement.

Ets GUIZOU
215, RUE DU ROUET
13008 MARSEILLE

91/79.41.41

ne restez pas en panne...

LOCATION

louez un appareil.

NIVEAUX
THEODOLITES
TACHEOMETRES
DISTOMATS D13S
LASERS

notre parc d'instruments topographiques à votre disposition

Expédition Express sur toute la France
Tarif location sur demande

Les galeries du Canal de Provence

par M. DAUGÉ - Ingénieur des Travaux Ruraux

La construction du Canal de Provence constitue l'aboutissement d'une pléiade de projets qui tous envisagent la conduite de l'eau du Verdon vers le Sud pour pallier le manque d'eau des départements du Var et des Bouches-du-Rhône.

C'est en 1554 qu'Adam de Craponne a formulé le premier projet du Canal de Provence ; et c'est le 11 juin 1957 que fut créée la Société d'Études pour la réalisation de ce projet.

Quels sont les objectifs de ce projet ?

- Combler les besoins en eau de la région provençale tant dans le domaine agricole qu'industriel et domestique : 116 Communes dont les villes de Marseille, Aix-en-Provence, Toulon, Hyères et les régions industrielles avoisinantes.
- Suivre le développement rapide et continu des agglomérations de la côte varoise où l'afflux touristique en été mulitiplie par 4 les besoins normaux de la population sédentaire.
- Permettre le développement de l'agriculture car 60 000 hectares sont susceptibles de produire après irrigation les cultures les plus variées et les plus précoces.
- Conduire le développement des industries grâce à l'enrichissement en énergie réalisé par l'aménagement hydroélectrique de la Durance et du Verdon et par la puissance de la pétrochimie autour de l'Étang de Berre.

Autant d'éléments et de facteurs que le Canal de Provence a pour objet de promouvoir et de développer pour améliorer la vie et apporter la richesse en Provence.

Le Canal de Provence, ouvrage à buts multiples, recouvre de ce fait une grande variété d'aspects. Aujourd'hui nous allons nous intéresser à l'aspect topographique du projet.

Comme le montre le plan joint, le Canal de Provence intéresse les départements du Var et des Bouches-du-Rhône. Orienté globalement Nord-Sud, il doit franchir les accidents du relief qui eux sont orientés Est-Ouest : les chaînes de la montagne Sainte Victoire, de l'Étoile, de la Sainte Baume, de la forêt des Morières, les rivières telles que l'Arc, l'Argens, le Gapeau. De plus, il est situé dans une région géologiquement tourmentée, mais en majeure partie dans un bon calcaire jurassique. Toutefois, il rencontre des passages difficiles en présence de marnes plus ou moins gonflantes ou d'argiles, de rivières souterraines, d'anciennes mines de charbon, etc... Et son creusement intéresse nos amis des Clubs spéléologiques surtout lorsqu'ils sont passionnés de géologie.

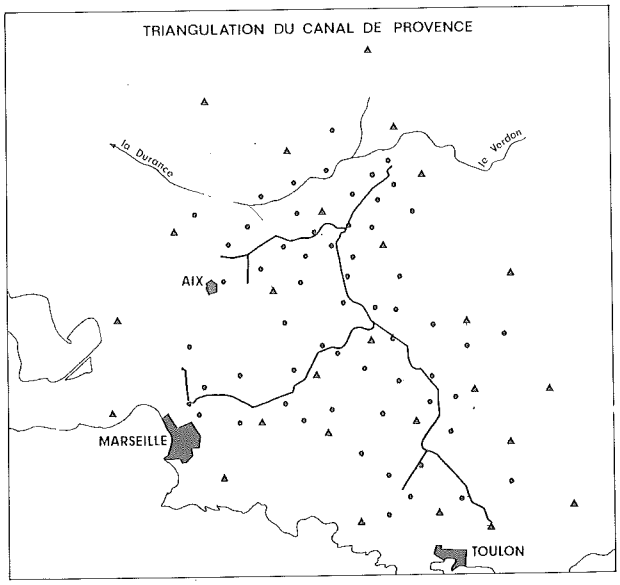
Le tracé retenu initialement prend sa source, si je puis dire, dans un canal mixte E.D.F. - S.C.P. au Nord du département du Var et dispense par l'intermédiaire de ses différentes branches — canal maître, branche de Bimont, branches diverses du Var, branche de Marseille, puis par canalisations enterrées — l'eau du Verdon aux périmètres agricoles du Var et des Bouches-du-Rhône, à leurs industries, à leurs Communes et particulièrement aux grandes villes telles que Marseille, Toulon, Aix-en-Provence.

Le Canal de Provence comprend actuellement 96 kilomètres de galeries bétonnées dont le diamètre varie de 5.05 m à 2.30 m, 76 kilomètres de canaux bétonnés dont l'ouverture en gueule varie de 20 m à 10 m et 2 000 kilomètres de canalisations en ciment, acier, fonte, PVC dont le diamètre varie de 2 000 mm à 24 mm.

Ces galeries, souterraines pour la plupart, sont en charge (environ 1 bar, soit sensiblement 10 m de hauteur d'eau), la pente moyenne de celles-ci varie de 0,003 par m à 0,006 par m. Ces galeries traversent les obstacles constitués par les différents reliefs et essayent d'éviter au maximum les accidents géologiques. Il faut tout de même signalier que la cote de départ à Boutre est de 350 m NGF et la cote d'arrivée à Marseille est de 252 m NGF, celle de Toulon de 295 m NGF. C'est-à-dire combien l'altitude moyenne est élevée pour un ouvrage situé au bord de la mer et la topographie bien évidemment doit en tenir compte dans ses calculs. C'est dire aussi que la charge doit être brisée au cours du tracé et que l'on rencontre des brise-charge, des cheminées d'équilibre, des usines hydroélectriques...

Le tableau ci-après présente les différents profils en travers des galeries bétonnées du Canal de Provence : circulaire, anse de panier, combiné...

Comment ces galeries sont-elle creusées ? Différents procédés ont été utilisés : mis à part quelques kilomètres creusés par un tunnelier (Mac Alpine) le procédé habituel consiste à creuser à l'aide de fleurets des trous dans le rocher, à les charger, à tirer et à sortir le "marin" de la galerie. Selon les entreprises, selon les lots préparés par le maître d'ouvrage, selon



les délais, selon la configuration topographique, etc..., les galeries ont souvent plusieurs attaques, surtout si les galeries sont longues : attaques sensiblement à l'horizontale plus ou moins coudées, attaques par puits, attaques par des fenêtres qui seront plus tard abandonnées, attaques avec des courbes aux faibles rayons de l'ordre de 50 m par exemple ; toutes attaques proposées par le projeteur, difficiles sur le plan topographique, mais finalement déjouées par l'imagination du topographe.

Quelle attitude prendre devant un tel projet ? Quelle philosophie topographique adopter pour conduire de tels travaux et les mener à bonne fin ?

L'aventure a commencé en 1959 et dure encore. L'un des premiers principes consiste à traiter tous les problèmes dans un contexte général et à refuser toute solution locale qui peut paraître rentable à court terme. Construire peu mais solide est le deuxième principe. Enfin, se ménager suffisamment de contrôles en utilisant des méthodes si possible indépendantes.

Au niveau du pilotage des galeries on trouve un canevas général pour la triangulation et pour le nivellement général appuyé sur les canevas mis en place par l'IGN.

A proximité de chaque attaque de galerie un seul point topographique mais matérialisé solidement, respectable et respecté : un pilier en béton sur un socle coulé à pleines fouilles.

En galerie un point scellé tous les 250 m ou 300 m, en radier, en voûte ou en piedroit est assuré d'une conservation à peu près parfaite. Ces repères sont utilisés non seulement lors du creusement mais également lors du bétonnage de la galerie.

Le matériel utilisé est le matériel Wild T.2 à centrage forcé, complété pour l'éclairage par la lampe type Oldham Arras, type de lampe utilisé par tous les mineurs. Les adaptations inévitables de ces divers matériels sont l'œuvre de la Société du Canal de Provence.

La mesure des angles en galerie est réalisée à 4 tours 5 pointés, la mesure des distances à l'aide d'un ruban "chromofil" modifié selon la méthode utilisée pour la polygonale de Paris avec contrôle de marche puis après l'apparition des appareils électro-optiques à l'aide d'appareils type Distomat DI.10 et DI.3S.

Le nivellement est effectué selon les méthodes du double cheminement avec tour d'horizon : appareil type NIII et mire Invar, toutefois un nivellement indirect de contrôle est conduit séparément à l'aide du T2.

Enfin, les calculs sont menés séparément par le topographe et par le calculateur et les résultats sont reportés sur un plan de pilotage.

Trois particularités à signaler :

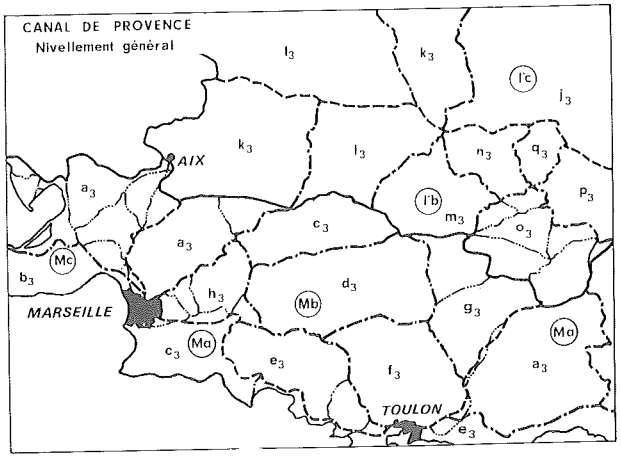
- Une vérification du pilotage à l'aide d'un cheminement d'angle est faite quelques centaines de mètres avant le percement de la galerie pour pallier le risque éventuel d'un déplacement de repère de pilotage.
- L'attaque par puits verticaux a permis de mettre au point une grille pour renvoyer le point du fond à la surface (voir croquis).
- Le franchissement des courbes à faible rayon est exécuté à l'aide de trois théodolites en visant soit les fils du réticule soit la tige du miroir de renvoi de lumière.

La précision caractérisée par l'emq (erreur moyenne quadratique) atteint les valeurs suivantes :

- en distance le 1/16 000
- en direction 5'' soit la précision de l'instrument utilisé (5''$\sqrt{n}$, n étant le nombre de stations).
- en nivellement 5 mm $\sqrt{n}$, n étant le nombre de stations. Ce résultat assez surprenant est inhérent aux mauvaises conditions de travail en galerie.

Outre cette technique du pilotage, le creusement des galeries du Canal de Provence a conduit à développer la technique du photoprofil.

De tout temps s'est posé le problème de la cubature des matériaux extraits d'une galerie : deux méthodes sont utilisées : soit la cubature forfaitée au mètre linéaire de galerie, soit la cubature du volume réellement extrait. C'est cette dernière méthode qui a été utilisée dans le creusement du Canal de Provence. La technique du photoprofil repose sur un procédé optique et photographique dont l'utilisation est simple, précise et rapide. Elle élimine pratiquement tous les risques d'erreurs, permet la conduite et la surveillance des chantiers de galerie et fournit un document indiscutable dans le calcul des décomptes de travaux.



La méthode consiste à matérialiser la section de la galerie en projetant sur les parois de celle-ci une nappe plane de rayons radians issue d'un foyer pratiquement ponctuel et répartie par une lentille spéciale.

Un appareil photographique permet la prise de vue à une échelle prédéterminée en fonction de la distance section-objectif. La mise à l'échelle prédéterminée est faite une fois pour toutes par la prise de vue d'une section comportant des éléments mesurés (façade d'immeuble par exemple).

La cadence de prise de vue varie de 25 à 60 profils à l'heure. Les photoprofils sont pris environ tous les 5 m à des points métriques de cote ronde et leur numéro figure sur le cliché. Le développement et la mise à l'échelle des clichés sont faits en laboratoire.

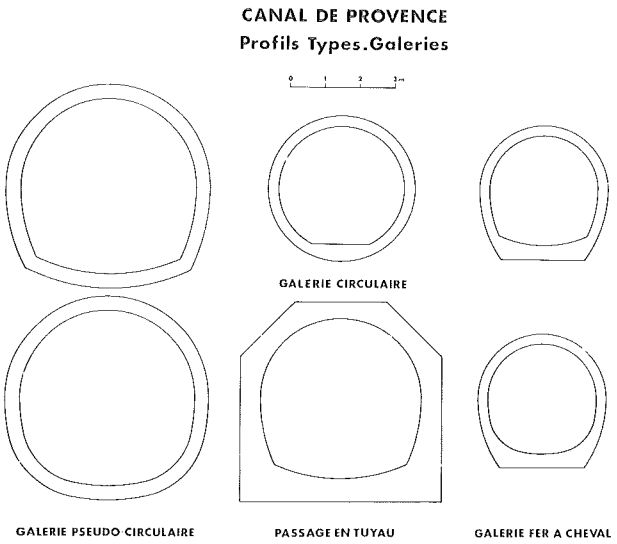
La surimpression du gabarit-type peut être faite soit en laboratoire sur le positif soit à l'aide de l'ordinateur après traitement du positif à l'aide d'un lecteur de courbes. La précision est de l'ordre de la précision graphique de l'échelle d'agrandissement. Bien entendu, l'utilisation de l'ordinateur permet de visionner tous les résultats sur un listing et d'obtenir au besoin le décompte final des travaux.

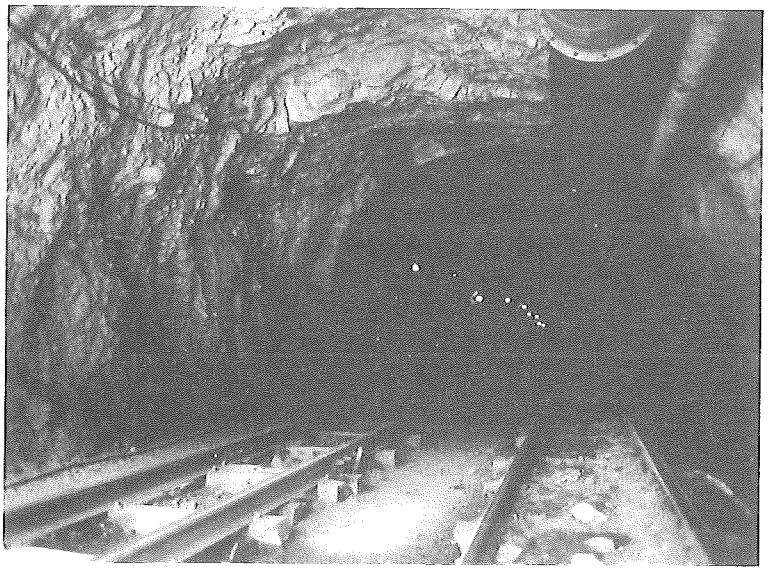
La méthode photoprofil a été et est toujours utilisée pour le creusement des galeries du Canal de Provence mais également cette méthode est appréciée dans tous les travaux souterrains : galeries hydroélectriques d'E.D.F., tunnels ferroviaires de la SNCF, tunnels routiers et autoroutiers tels que le contournement de Nice, cubatures de réservoirs souterrains d'hydrocarbure ou de gaz.

Cette méthode ne peut être utilisée pour l'auscultation d'ouvrages d'art, but mieux servi par d'autres méthodes.

Du fait de sa précision, cette méthode ressort de la topographie de chantier : État des lieux, cubature, contrôle de bonne exécution, voilà le domaine de cette méthode.

Voici donc deux techniques utilisées dans le creusement des galeries du Canal de Provence. Celles-ci sont évidemment perfectibles et je souhaite que les nouvelles générations de topographes apportent à leur tour leur contribution à l'amélioration des techniques topographiques en galerie. ■





Galerie du canal de Provence.

NOUVELLES BRÈVES

Du Vice-Président R. Schaffner

CALENDRIER 1980

A L'ÉTRANGER

13-25 juillet : HAMBURG (RFA) : Congrès de la Société Internationale de Photogrammétrie.

3-6 septembre : WIESBADEN (RFA) : 64e Geodätentag

COLLOQUES NATIONAUX

Le colloque "Enseignement et Formation" prévu pour le vendredi 24 octobre est avancé au lundi 20 octobre et aura lieu dans les locaux de l'ENSAIS à Strasbourg.
Projet d'ordre du jour : Formation de base, formation continue. A cet effet la commission 1 a diffusé un questionnaire auquel de nombreuses réponses sont déjà parvenues.

RÉGION ILE DE FRANCE

Réunion générale
vendredi 13 juin 1980 de 16 h à 18 h
Salle de cinéma R5/67
EDF 3, rue de Messine Paris 8e
ordre du jour
— organisation de la région Ile de France
— préparation réunion 26 septembre SICOB

RENCONTRE - SICOB

vendredi 26 septembre 1980 de 15 h à 19 h
TOUR FIAT - La Défense - 92
— Thème
Représentation graphique-numérique des données.
Réunion organisée par M. DUCHER président de la commission 5 de l'AFT.

RÉGION RHONE-ALPES

Visite du chantier TGV
Vendredi 30 mai 1980
Départ de la Gare de Mâcon à 9 h
Retour vers 18 h 30

NOUVELLES DE L'ASSOCIATION

• RÉGION NORD-PICARDIE

Lors de son Assemblée du 14 mars, la Délégation Régionale NORD-PICARDIE a procédé à l'élection de son Bureau qui se compose comme suit :

— Délégué Régional : Gilbert COUSIN, Directeur Régional Adjoint à la CUDL.

— Délégué Régional Adjoint : Monsieur René DELPORTE Ingénieur Divisionnaire de la CUDL

— Secrétaire Trésorier : Monsieur Joël BERLEM Géomètre-Expert DPLG

• CÉRÉMONIE A LA MÉMOIRE DE FRÉDÉRIC COURTEL

Sur invitation de M. le Maire et Conseiller Général d'Evry, M. CATINOT a représenté l'A.F.T., le samedi 19 avril 1980, à la cérémonie d'inauguration de la plaque commémorative donnant le nom de Frédéric COURTEL à la place du quartier des Passages.

Nous félicitons la commune d'Evry d'avoir décidé d'honorer la mémoire de Frédéric COURTEL, Inspecteur Général de l'Enseignement, Directeur de l'Ecole Supérieure des Géomètres-Topographes et de l'Institut de Topométrie.

M. Frédéric COURTEL avait été élu membre du conseil de l'Association Française de Topographie.

• COMPTE RENDU DE L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 25 AVRIL 1980

Les membres de l'Association ont été convoqués en Assemblée générale extraordinaire le 25 avril 1980 à 16 h à la Salle des Fêtes d'Aix-en-Provence pour délibérer sur l'ordre du jour suivant :

— modification des statuts.

Il a été constaté que le quorum de la majorité des membres inscrits à l'Association prévu aux statuts n'a pas été atteint et, en conséquence, l'Assemblée n'a pu délibérer.

Une nouvelle Assemblée générale ordinaire et extraordinaire sera convoquée le 21 juin à 17 h à Lyon à l'issue du 2e Colloque. Il est rappelé que les résolutions seront prises alors à la majorité des présents.

• **COMMISSIONS**

La Commission 3 s'est réunie le 29 avril à l'I.G.N. ; le compte-rendu de cette réunion figurera dans le prochain numéro de X Y Z. La prochaine réunion a été fixée au vendredi 20 juin à l'Hôtel Terminus à Lyon.

EMPLOI

La revue de l'A.F.T. publiera gratuitement en 1980 toutes les offres et demandes d'emploi pour les topographes.

DEMANDES D'EMPLOI

• Ingénieur géomètre-topographe, 26 ans, libéré des obligations militaires, cherche emploi région Rhône-Alpes, Haute-Savoie, dans secteur public ou privé, activité indifférente. Ecrire :
M. Didier COUCKE 53, av. de Filly SCIEZ 74140 DOUVAINE ou téléphonez : (50) 72.60.87.

• Géomètre, diplômé de l'Institut de Topométrie, recherche emploi étranger, outre-mer. Ecrire à l'AFT, Référenc DE10

OFFRES D'EMPLOI

• Société Géophysique recherche d'urgence topographe déjà expérimenté pour implantation et relevés numériques sur l'ensemble du territoire français. Déplacements fréquents à prévoir.

Faire offre à :

M. MILLAT
Société Géophysique
28, avenue du Maréchal Foch
92260 FONTENAY-aux-ROSES

Société engagerait RESTITUTEURS. Ecrire à S.P.P.C. 2, avenue Vercingétorix 63000 CLERMONT-FERRAND (avec curriculum vitae, photo, références et prétentions).

Recherche d'urgence :

— un stagiaire 3e année fin Institut de Topométrie pour travaux particuliers - copropriété et V.R.D.

— deux stagiaires École Ingénieur pour mission négociation foncière pouvant faire l'objet d'un mémoire d'ingénieur.
Écrire à l'AFT, référence OE 11.

FORMATION CONTINUE

Stages organisés par le C.E.I.F.I.C.I. 6, rue Vital PARIS 75016 — Tél. 504.55.02.
• 3-4 juin : entretien, gestion et exploitation des parcs immobiliers publics et privés.
• 10-11 juin : problèmes contractuels et fiscaux des marchés de travaux de bâtiment ou de travaux publics à l'étranger. Leurs litiges.

POSTES D'ENSEIGNANTS A POURVOIR

— Un poste de Maître-assistant en Topographie pour la Tunisie.
Écrire sous référence n° 11205 à :

Madame LAURU
Chef de la Section Recrutement des Experts
Ministère des Affaires Étrangères
36, rue Lapérouse
75775 PARIS Cédex 16

— Deux postes d'Ingénieur-Géomètre

— Un poste d'Ingénieur-Photogrammètre sous contrat "Affaires Étrangères" à l'École Nationale des Sciences Géodésiques d'ARZEW-Algérie.
S'adresser à :

M. LAPOINTE
32, rue de Belfort
94700 MAISONS ALFORT

Pour devenir membre de soutien de l'A.F.T. vous pouvez vous adresser à son siège : 39 ter, rue Gay-Lussac, 75005 PARIS

Colloque technique de l'association française de topographie

TOPOMETRIE INDUSTRIELLE ET CONTROLE QUALITE

LYON
20 et 21 juin 1980

PROGRAMME

VENDREDI 20 JUIN 1980

13 H 00 : Départ de la Gare Perrache en car pour BUGEY (seuls les inscrits pourront participer à la visite)

14 H 00 : Arrivée groupée des participants à BUGEY (pièce d'identité obligatoire au poste d'entrée GRPT)

14 H 30 : Exposé général sur BUGEY par M. BELIER au Belvédère

15 H 30 : Visite de l'Aménagement (aux points autorisés)

17 H 00 : Exposé (et projection) sur la contribution de la topographie à la construction et au montage des pièces lourdes du réacteur de Bugey 1 par M. A. TOQUET

17 H 30 : Apéritif amical au Foyer EDF de Blyes et exposé de M. CHARDONNET

18 H 30 : Retour vers Lyon

19 H 30 : Arrivée à Lyon

20 H 00 : Dîner en commun à l'Hôtel des Congrès, place du Cdt Rivière.

SAMEDI 21 JUIN 1980 - Salle de conférence de l'Hôtel des Congrès

9 H 00 : Présentation du Colloque par M. L. CATINOT, Président de l'A.F.T.

1ere Session

METROLOGIE DIMENSIONNELLE

9 H 15 : Présentation de la Métrologie dimensionnelle par M. J. Gervaise, CERN (Organisation européenne pour la Recherche Nucléaire, Genève).

9 H 45 : "Métrologie au SIN" (Institut Suisse pour la Recherche nucléaire, Villigen) par M. K. Egger du Cabinet W. Schneider Ltd, Coire

10 H 15 : Pause café

10 H 30 : "Photogrammétrie industrielle - Métrologie dynamique" par M. H. DEHEINZELIN, STEP (Société d'Etudes et de Travaux Photogrammétriques, Salon de Provence)

11 H 00 : "Métrologie des Antennes de Radioastronomie millimétrique, Grenoble

11 H 30 : "Le lanceur Ariane et ses Interfaces au Niveau de la Table de Lancement et ses Accessoires" par M. R. Charpentier, Centre Spatial Guyanais Kourou

12 H 00 : Déjeuner au Restaurant de l'Hôtel des Congrès

2e Session

CONTROLE QUALITE

14 H 00 : "Nécessité et Moyens permettant d'assurer la Qualité", par M. R. CHEVALIER, Creusot-Loire.

14 H 30 : "Contrôle Qualité dans les Travaux de Géométrie liés aux Centrales nucléaires" par M. J. BACON, Cabinet R. Albenque, Géomètre Expert Foncier, Orléans.

15 H 00 : "Méthodes d'Evaluation statistique de la Qualité des Résultats en Topométrie" par M. M. MAYOUD, CERN.

15 H 30 : Débat et Conclusion par M. J. GERVAISE.

16 H 00 : Clôture du Colloque

** Questions et discussions pourront avoir lieu entre les exposés.*

POUR LES DAMES

VENDREDI 20 JUIN 1980

A la suite de l'Exposé de M. BELIER sur BUGEY, les dames auront le choix entre deux visites :

— Visite simplifiée de Bugey

ou

— Visite en car de la vieille Cité de Pérouges

SAMEDI 21 JUIN 1980

9 H 30 : Visite du Musée Gallo-romain de Fourvière

Quelques-uns de nos lecteurs ont remarqué que, si la couverture de notre numéro 2 représente bien un extrait de la Carte des chasses du roi, celle-ci ne fait pas partie de la carte de CASSINI, et, bien que contemporaine, n'est nullement l'œuvre du célèbre géodésien, mais des Ingénieurs du roi, ancêtres des ingénieurs géographes. Les lecteurs de XYZ et les héritiers des ingénieurs du roi voudront bien nous pardonner cette inexactitude.

Pour plus ample information, nous avons fait appel à l'excellent ouvrage de Marc DURANTHON, Chef de la Cartothèque à l'I.G.N., "La Carte de France. Son histoire". Il y apparaît que, si les deux cartes sont à peu près contemporaines, la carte des chasses, publiée à l'échelle du 1/28800, couvre les forêts de l'Ouest parisien, alors que la carte de Cassini, publiée à l'échelle du 1/86400, couvre l'ensemble de la France. La carte des chasses, tant par la précision et la multitude des détails planimétriques que par la finesse de sa gravure, est considérée comme un des chefs d'œuvre de la cartographie de l'époque.

Bibliographie :

Marc Duranthon. La Carte de France. Son histoire (SOLAR).

Institut Géographique National. Catalogue de cartes anciennes (I.G.N.)

CARTE DES CHASSES

Extrait de "La Carte de France. Son histoire" de Marc DURANTHON

Le Traité de Paris (1763), ayant mis fin à la guerre de Sept Ans, les ingénieurs géographes rentrés des armées se trouvaient réunis à Versailles pour mettre au net leurs travaux. Cette période de paix était propice aux géodésiens comme aux topographes pour réaliser de nouveaux progrès dans la maîtrise de leur art.

C'est dans ce contexte favorable que Louis XV, qui dirigeait souvent lui-même ses chasses en forêt et souhaitait disposer d'un document plus pratique que la carte du duché de Rambouillet peinte à l'huile sur un mur du château, ordonna à Berthier, alors directeur du dépôt de la Guerre, de faire lever une carte détaillée de la région de Rambouillet. La décision, prise en 1764, les travaux commencèrent aussitôt sur le terrain et les trente-six dessins-minutes au 1/7 200 achevés dès l'année suivante. Ils furent placés dans la maison de chasse que le roi venait de faire construire à Saint-Hubert, non loin de Rambouillet. Pour rendre la carte d'usage plus commode, ces dessins furent réduits au 1/43 200 et gravés sur cuivre en deux feuilles par Guillaume Delahaye, sous le titre de "Carte des environs de Rambouillet et Saint-Hubert". Le roi se montra si satisfait de cette première carte qu'il manifesta aussitôt le désir de l'étendre aux chasses des environs de Versailles. Berthier en fut aussitôt chargé et fit lever au 1/14 400 cette seconde partie qui ne comportait pas moins de soixante-sept dessins. Mais bientôt le roi trouva cette extension encore insuffisante et ordonna qu'elle couvrît également les forêts de Marly, des Alluets, de Saint-Germain, les bois de Boulogne et de Vincennes et la forêt de Sénart. Ces nouveaux levés furent achevés en 1773.

Telle était la carte, en 1774, lorsque Louis XVI ordonna de la graver. Les minutes furent réduites au 1/28 800 et la gravure commença en 1784. L'ensemble devait comporter 12 feuilles et englober la totalité des levés y compris ceux relatifs aux chasses de Rambouillet et Saint-Hubert.

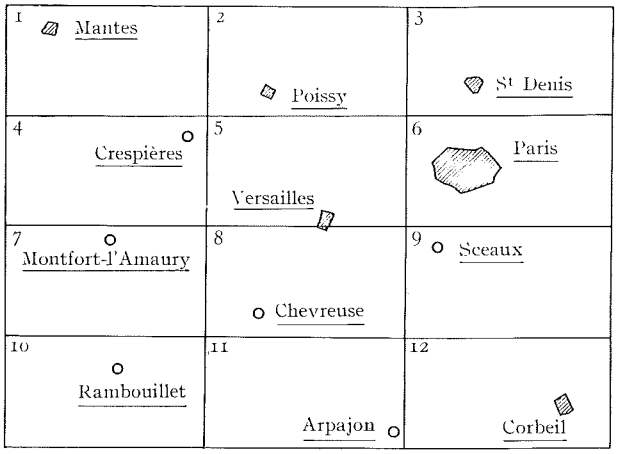


Fig. 1 : Carte des chasses du roi. Découpage des 12 feuilles.

Las, le 10 avril 1792 alors que cinq planches étaient achevées et les autres en cours d'exécution, le travail fut suspendu. Il ne devait reprendre que sous le Consulat et s'achever en 1807 sous le titre de "Carte des chasses impériales" un titre que l'histoire ne retiendra pas et c'est sous le nom de "Carte des chasses du roi" plus conforme à ses origines qu'elle est connue aujourd'hui.

La Carte des chasses laisse loin derrière elle, par sa qualité, toutes les œuvres contemporaines françaises et étrangères. La précision des détails, représentés en projection horizontale, l'expression du terrain figuré en hachures longues et fines, le rendu de la végétation et des cultures exprimé par des feuillés et des pointillés, l'extrême finesse de la gravure, donnent à l'ensemble un aspect gris velouté sur lequel se détache en blanc le réseau routier. Elle représente le chef-d'œuvre du XVIIIe siècle. Par cette œuvre les ingénieurs géographes avaient surpassé de très loin la carte de Cassini pourtant contemporaine.

Fig. 2 : Carte de Cassini. Extrait de la feuille Paris.

Revue de l'Association Allemande d'Arpentage
"Zeitschrift für Vermessungswesen" (ZfV)

N° 12/1979
— La carte foncière automatisée. - G. Mittelstrass
— Le cadastre par coordonnées, modèle de la technique du mesurage ou réalité future. - H. Pahl
— La géodésie militaire et le Service géographique de la Bundeswehr.
G. Schell
— Topométrie de génie civil en Finlande, méthodes et procédés dans la construction navale. - H. Kirvesniemi
• Groupes de travail de l'A.A.A. - Contribution du groupe B
— Saisie des données et leur exploitation dans la surveillance géodésique des installations de machines.
— Calculs de masses pour raccordements autoroutiers par l'utilisation de modèles de terrains digitaux.
— La mise en service du microfilm dans les services d'arpentage.

N° 1/1980
— La politique foncière urbaine et rurale. - W. Seele.
— Le remembrement connexe aux mesures de protection du littoral du Schleswig-Holstein. - K. Schone-Warneled.
— Aspects géodésiques de l'expérience SEASAT 1 en Mer du Nord. - D. Lelgemann.
— L'ingénieur-géomètre, en exercice libéral et dans le secteur public au Danemark. - E. Stubkjaer.
• Groupes de travail de l'A.A.A. - Contribution du groupe C.
— Thèses, buts et idéaux au cours du développement de l'urbanisme. - G. Bohnsack.

N° 2/1980
— Estimation des cours communes ; - H. Hildebrandt.
— L'influence des droits de préemption et de rétrocession sur la valeur des biens immobiliers. - F. Meiss.

N° 3/1980
— Le programme KATRIN pour l'exploitation complexe altimétrique et planimétrique des canevas trigonométriques et tachéométriques.
W. Benning
— Les échelons de la planification et le besoin en informations.
H. Schriever
— Le cadastre des conduites, un instrument important de planification et/ou un plan directeur d'exploitation spécifique.
K.L. Fischer
— Listes des responsables et participants aux groupes et commissions de travail du D.V.W.

Revue de l'Association Autrichienne d'Arpentage et de photogrammétrie.
"Österreichische Zeitung für Vermessungswesen" (ÖZ)

N° 3/1979
— 10 ans de cadastre foncier, rétrospective et avenir. - O. Kloiber
— Session de la Commission 3 de la F.I.G. : "Landinformationssysteme"
• La situation en Suède. - S. Andersson
• Sur l'introduction d'un L.I.S. en Suisse. - J.J. Chevallier et A. Frank
• Rapport sur les travaux en R.F.A.. - H. Magel
• L'automatisation du Livre Foncier par l'informatique. - G. Auer
• La naissance de la banque autrichienne des données des biens-fonds et sa relation avec le L.I.S. - F. Hrbek
• Renseignements et réglementation foncières. -H.W. Kaluza
• La réalisation technique d'un L.I.S. - E. Zimmermann
• Les recommandations de la Commission 3.

N° 4/1979
— Les problèmes du cadastre à buts multiples. - M. Eckharter
— Lieux critiques d'un problème de trilatération de la géodésie par satellite. - K. Killian et P. Meissl
— Construction sur sol d'autrui et cadastre. - L. Krepper

Revue de l'Union Belge des Géomètres Experts Immobiliers (U.B.G.)

N°4/1979
— Le Code de déontologie du géomètre belge - Exerçant soit dans le secteur privé, à titre d'indépendant ou d'appointé, soit dans le secteur public. -

Revue de l'Association Australienne
"The Australian Surveyor"

N° 7/1979/Vol. 29
— Organisation et division de l'institution australienne.
— La photogrammétrie subaquatique en 35 m/m.
— La part de la division nationale cartographique dans le levé géodésique de l'Australie, (suite du N° 6/1979/Vol. 29) :
"Le réseau géodésique australien, complété pour la plus grande partie en 10 ans, sera historiquement l'une des merveilles topographiques du monde."
— 72 pages de récit sur le déroulement des opérations de triangulation du 1er ordre. -

Revue de l'Américan Congress on Surveying and Mapping (A.C.S.M.) U.S.A.
"Bulletin"
N° 67/NOV. 1979
— Les nouvelles des sections et associations affiliées, constituent la partie la plus vivante et colorée de cette revue d'une fédération d'associations qui compte actuellement environ 8 500 membres, et qui est loin d'avoir fait le plein.

N° 68/Fév. 1980
— "Observer et mesurer la planète Terre" ; résumé de la rencontre technique d'automne 1979 à SIOUX FALLS.
— Les microordinateurs ; comment les ordinateurs de bureau emmagasinent-ils en tant qu'outil analytique sérieux de topographie et de bureau d'études.
— Les pages des techniciens topographes et cartographes.
— Catalogue des cartes récentes (de tous les pays et à buts spécifiques).

Revue de l'Association des topographes et géomètres de Norvège.
"Kart og Plan"
N° 1/Vol. 40 - mars 1980
— Numéro Spécial —
"Aménagement rural et réorganisation foncière"
• La nouvelle loi du 1er janvier 1980.
• Devoirs de justice et d'administration du Service de l'Aménagement rural.
• Planification routière et aménagement rural.
• Le Chemin de fer et l'aménagement rural.
• Le service de l'aménagement rural et l'administration locale de l'agriculture.
• La nouvelle loi, les changements et les nouvelles tâches.
• Sur la coopération entre les Services de l'aménagement rural et des forêrs.
• La coopération entre le service de l'aménagement rural et ceux responsables de la construction.
• La révision des instructions techniques de lever de plans.

Revue du Collège Officiel des Ingénieurs Techniciens en Topographie d'Espagne.
"Tecnica-Topografica"
NOV.DEC. 1979/Vol VII N°32
— Les instruments de mesure électronique de distance. - M. M. Delgado
— La toponymie et les grecs. - J.M. Lopez
— La construction artisanale d'un réflecteur télescopique. - L.J. Rerrero Lopez
— Conceptions de base du radar latéral interférométrique aéro-transporté et son utilisation en cartographie. - M.C. Melero

Bulletin de l'I.T.C
— (Institut International de levés aériens et sciences de la terre) PAYS-BAS
1979/1
— L'éducation internationale aux Pays-Bas ; -A.J. Van der Weele
— Télédétection et géologie de l'ingénieur : possibilités et limitations. - N. Rengers
— Précision théorique de la méthode de la moyenne flottante pour l'estimation de la surface. - A.G. Botman et K. K. Th. Kubik
— Utilisation des photographies aériennes pour la cartographie du zonage géotechnique servant à l'étude des routes. - G.A. Yanez
— Digitalisation des images pour le traitement automatique en photogrammétrie. - B. Makarovic et K. Tempfli
— Modèle pour l'incorporation du facteur d'espace et de certains aspects des besoins fondamentaux de l'homme, dans la planification de l'expansion régionale. - WH. de Man et A.D.J. Schaap
— L'observation du processus de l'évolution urbaine. - M. Juppenlatz

Revue de l'Association Danoise des Géomètres
"Landinspektoren"
N° 9/Vol. 29 - Déc. 1979
- Brochure spéciale
"Les géomètres dans l'administration officielle"
• Lois sur les plans communaux, convergence de la notion de démocratie représentative.
• A propos de cartographie.
• Etablissement de plans de voirie, rencontre des citoyens avec le projet.
• La protection de la nature, nouveaux devoirs des conseillers officiels.
• Système Central d'Enregistrement Géographique.
• La formation du géomètre (danois).

Revue de l'Association des Géomètres Suédois
"Svensk Lantmäteri Tidskrift"
N° 6/1979 - 6 numéros par an -
— La cartographie publique en Suède.
— La cartographie municipale
— La cartographie en Finlande
— La cartographie en Norvège
— Les Cartographes privés
— Rapports des délégués nordiques (Finlande, Norvège, Suède et Danemark) : sur les travaux, la formation, les statuts professionnels, les activités diverses, etc,...

R.S

VIENT DE PARAITRE

Études d'impact des projets routiers en milieu urbain

Fiches pour la prévision et la prévention des impacts sur l'environnement

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

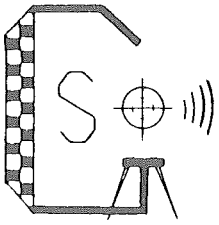
Centre d'Études des Transports Urbains
8, avenue Aristide Briand - 92220 BAGNEUX

Les "Fiches pour la prévision et la prévention des impacts sur l'environnement" constituent un document annexe de la Directive provisoire parue en janvier 1978, concernant les études d'impact des projets routiers en milieu urbain.

Par le biais des impacts potentiels de tels projets, ce document illustre en effet plus précisément en quoi consistent les préoccupations d'environnement, obligatoirement présentes tout au long des études.

A cet effet, les impacts qualifiables d'impacts sur l'environnement en milieu urbain sont traités en huit domaines différents mais indissociables. Les "fiches" qui leur sont consacrées ne constituent ainsi qu'un seul et même document, sorte de fil conducteur pour la définition des études d'environnement.

Qu'il y ait ou non obligation d'une "étude d'impact" au sens réglementaire, ce document est donc indispensable à toutes les personnes amenées à participer aux études de projets routiers en milieu urbain et par là-même aux études d'environnement que ces projets impliquent.



G.T.A.S.

Géodésie Télémétrie Assistance

Tél 806.66.25

Réparation
Vente
Achat
Location

Toutes Marques

Niveaux
Théodolites
Tachéomètres

G.T.A.S.

Géodésie Télémétrie Assistance

24 rue Rochebrune — **75011** — **PARIS** Métro : Voltaire — St-Maur

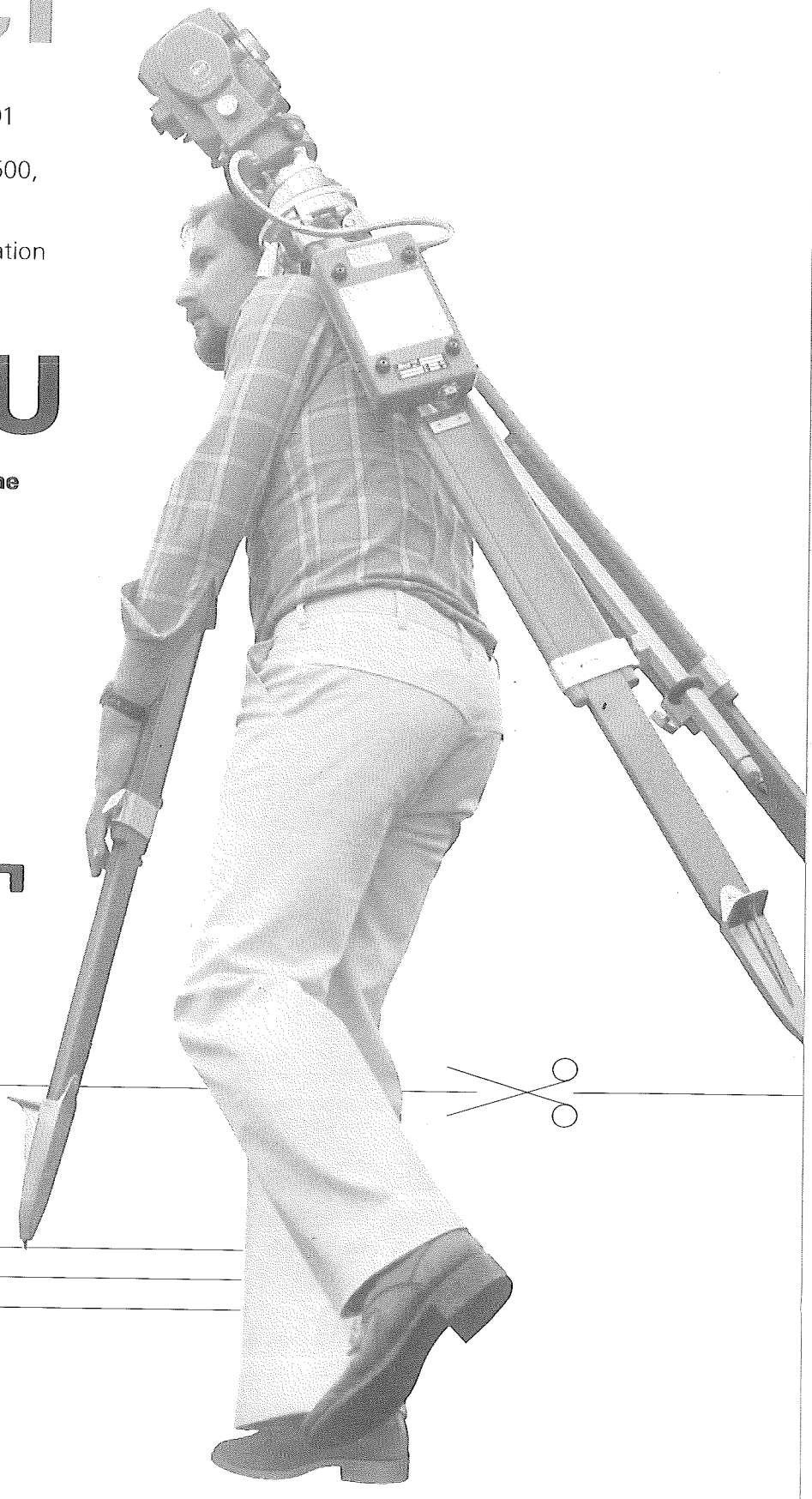
DM 501
AGREABLE
LEGER
COMPACT

Kern SWISS

Le nouveau
télémètre électro-optique Kern DM 501
jouit de tous les avantages
qui ont valu à son prédécesseur, le DM 500,
un tel succès:
forme compacte, poids réduit,
manipulation commode, faculté d'adaptation
sur la lunette
des théodolites DKM 2-A et K1-S.

NOUVEAU

Portée accrue (2000 m)
Réglage automatique du diaphragme
Réversibilité des deux côtés
Tracking
Contrôles automatiques



Agents généraux pour la France :

thormann

35, RUE FONDARY - 75015 PARIS
TÉLEX 202 453 - TÉL. 578 61 11 +

Le nouveau DM 501 m'intéresse.

☐ Envoyez-moi, s.v.pl., votre prospectus en couleur
☐ Je désire une démonstration
☐ Veuillez m'envoyer une offre

Nom _____

Profession _____

Adresse _____

parmi les instruments Zeiss

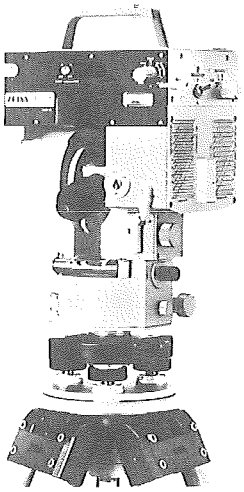
2 nouveaux tachéomètres électroniques

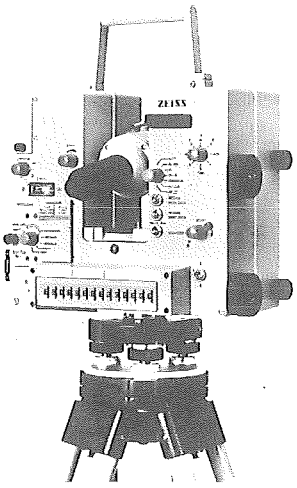
Elta 4 tachéomètre d'ingénieur autoréducteur

Elta 2 tachéomètre autoréducteur avec enregistrement, à la seconde.

Elta 4

Affichage des angles et distances
Réduction horizontale ou non
Choix des plages pour distance et précision
Portées : 1 prisme 800 m
3 prismes 1600 m
Précision :
Angles : direct 1 mg
Distances : ± 0,5 cm au km
à ± 2 cm suivant plage
Tracking - Inversion de cercle
Compensation automatique du cercle V
Batterie incorporée.





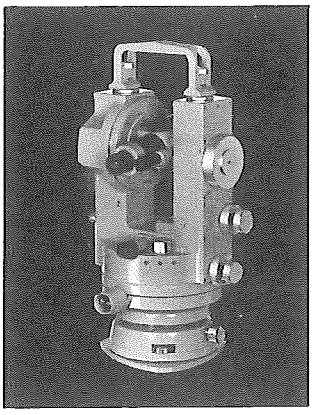
Elta 2

Affichage des angles et distances
Réduction à l'horizontale ou non
Portées : 1 prisme 1000 m
3 prismes 2000 m
Précision :
Angles : la seconde
Distances : ± 0,5 cm au km
à ± 2 cm suivant plage
Enregistrement sur mémoire vive
Calculateur de coordonnées
Sortie sur l'imprimante
ou ordinateur tracking
Batterie incorporée

et dans la gamme classique

TH 2 théodolite de haute précision "à la seconde"

Ni 2 niveau automatique de haute précision

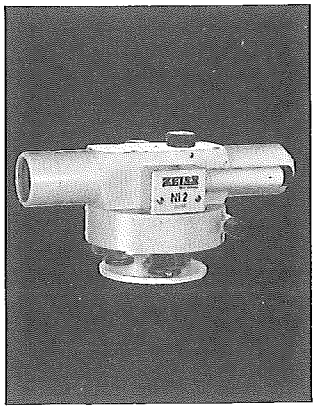


Théodolite "à la seconde" TH 2

Grossissement 30 ×.
Optique droite
Embase à rotule ou calage orthogonal, centrage forcé
Plomb optique
Cercle vertical à autocollimation
Cercle horizontal réitérateur
Lecture digitale par microscope donnant directement la seconde sans interpolation.

Niveau automatique Ni 2

Grossissement 32 ×.
Optique droite
Stadia 1/100
Possibilité d'adjonction d'un micromètre.
2 modèles :
sans cercle
avec cercle en grades
(ou en degrés sur commande)
Précision des nivellements au Km :
sans micromètre : ± 0,7 mm
avec micromètre : ± 0,3 mm



ZEISS

ESSILOR

Agent pour la France : SLOM 11 bis, rue du Perche, 75003 PARIS - Tél. : 271.28.30