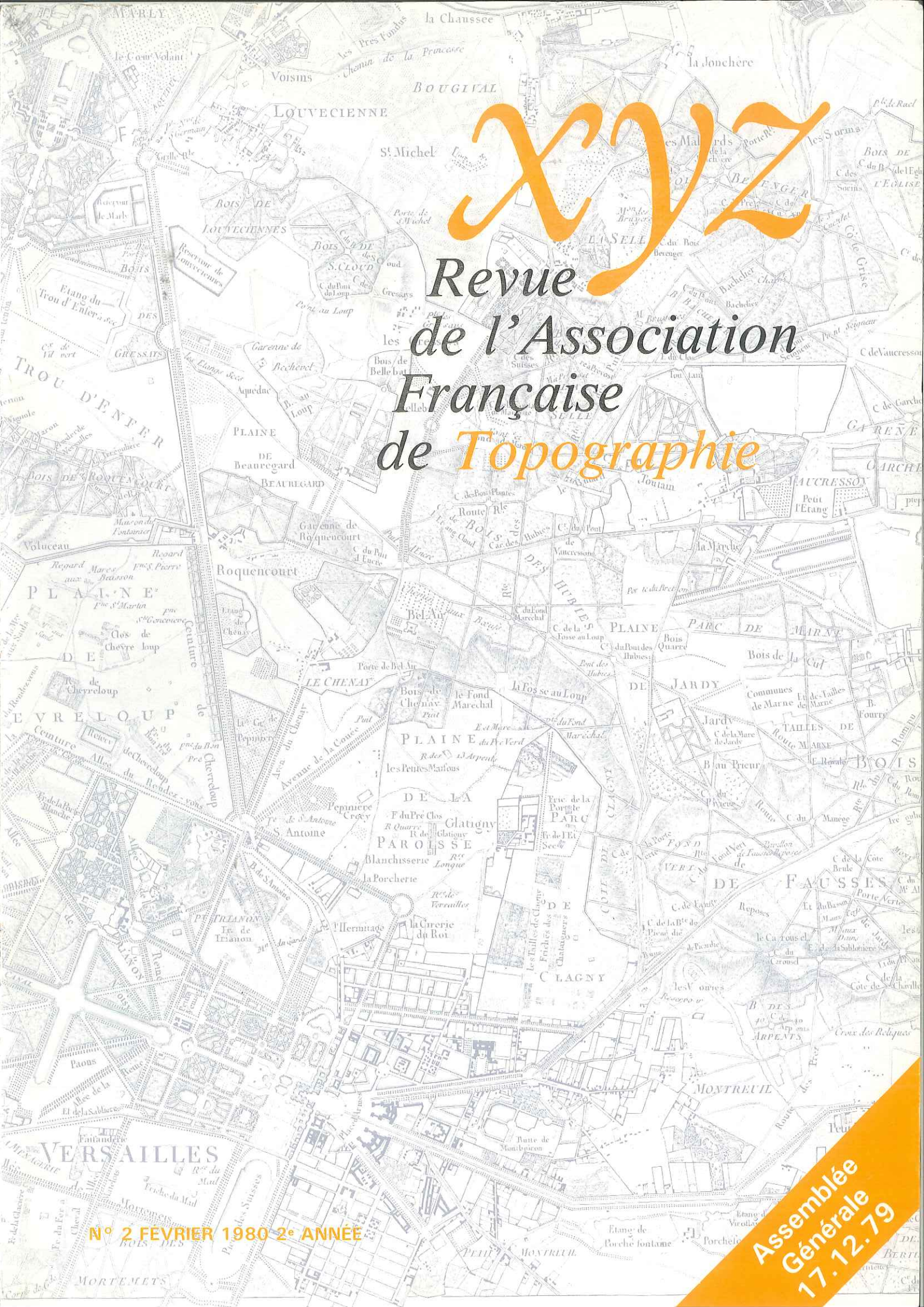


xyz

Revue de l'Association Française de Topographie

N° 2 FEVRIER 1980 2e ANNÉE

Assemblée Générale 17.12.79

SFS.SGPT

Les deux plus anciennes Sociétés Françaises de Photogrammétrie :

— la **SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE STÉRÉOTOPOGRAPHIE,** créée en 1920

— la **SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE PHOTO-TOPOGRAPHIE,** créée en 1934

ont décidé d'unir leur sort à dater du 28 juin 1979.

La nouvelle société issue de cette fusion réunira les personnels et les matériels des deux sociétés, spécialisés dans tous les domaines de la Photogrammétrie, de la Topographie, de la Topométrie qui constituaient sa vocation initiale et dans les domaines de l'Informatique, de la Télédétection et des Applications diverses aux besoins de l'Ingénierie.

Le personnel permanent comprend une centaine de techniciens et 15 Ingénieurs diplômés de diverses grandes Ecoles Françaises.

topographie générale
Microgéodésie
Triangulation et polygonation
Auscultation d'Ouvrages d'art
Stéréopréparation
Levers réguliers
Implantations
Inventaires réseaux routiers
Levers bathymétriques et radiolocalisation

photogrammétrie
Photogrammétrie aérienne graphique et numérique
Photogrammétrie terrestre, industrielle et architecturale
Orthophotogrammétrie
Photo-interprétation et télédétection
Aérotriangulation et traitement de l'information
Études perspectives

informatique
Calculs géodésiques et photogrammétriques
Calculs de Génie Civil - Routes - Cubatures - etc
Trace automatique sur table traçante

laboratoire photographique
Photomosaïque et photos plans
Photographie industrielle

SFS-SGPT SA au capital de 1.567.800 FF - RC Paris B 950.024.158
Siège social : 57 rue Pierre-Charron 75008 PARIS
Téléphone : 261.51.89 - Télex : BASALTE 290 201 F

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

REVUE DE L'ASSOCIATION xyz FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

sommaire

dossier

Editorial 4

Vœux 5

Notre couverture : La carte de France dite de Cassini. 6

Rencontre à Bâtimat 8
- Construction des immeubles par M. Tartacède 9
- Système de navigation (satellite) par M. Soudoplatoff 14
- Méthodes géodésiques et photogrammétriques par Y. Egels 15
- Informations par satellite par MM. Taillade et Penot 18
- Gestion foncière par R. Schaffner 23

Assemblée générale 26
- — Compte rendu 26
- — Allocution du président 27
- — Rapport moral par R. Vincent 28
- — Résultats des élections 30
- — Liste des membres de l'A.F.T. 31

Altimétrie
- — Le nivellement I.G.N. 1969 par J.J. Levallois 34

Métrologie
- — Une source d'économie pour l'entreprise par Dr J. Gervaise 49

Abonnement de la revue XYZ 65

Nouvelles brèves 66

numéro 2

TRIMESTRIEL
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Accueil... Assemblée générale.

Directeur des publications :
Jean PUYCOUYOUL
Responsables de la publication :
Jean PUYCOUYOUL
Louis CATINOT

L'Association Française de Topographie n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

Couverture : Carte de CASSINI. Les chasses du Roi-Versailles.

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

Maquette : L. CATINOT

ÉDITORIAL

par Jean Combe

L' " honnête homme " du 17e siècle, celui qui connaissait toutes choses ou, du moins, qui avait le moins d'idées fausses sur tout, n'existe plus depuis longtemps.

De plus en plus, nous tendons vers une spécialisation, seule garantie d'une recherche et d'une connaissance en profondeur. Certaines professions ont déjà fait le pas : la médecine possède des généralistes et des spécialistes. Qu'en est-il dans notre métier de topographe ?

Il existe bien sûr, une formation de base, à plusieurs niveaux, englobant un maximum de disciplines. Mais, pratiquement, dans la vie, chacun de par sa fonction, ses affinités, ses moyens, ses compétences, oriente ses activités dans une branche de la topographie. Qui peut, à l'heure actuelle, parler simultanément et avec compétence, du remembrement, de l'auscultation d'un barrage, de bathymétrie, de photogrammétrie et de topométrie industrielle ?
Or, cette diversité n'est pas un handicap mais une richesse, sous réserve que nous ayons tous, au sein de l'A.F.T., le désir de promouvoir la Topographie.

En effet, une telle variété de connaissances réelles et profondes (parce que vécues) constitue la garantie que l'A.F.T. peut répondre globalement à tout problème topographique. Mais là se pose la question, la seule question, la vraie question " Le savoir, pour quoi faire ? "

S'agit-il de savoir pour en jouir égoïstement, pour monnayer ses connaissances, pour obtenir un certain pouvoir, voire un certain droit, ou bien pour partager la connaissance, servir l'ensemble et non l'individu, démystifier certains propos qui se plaisent à compliquer des choses simples.

Fort heureusement pour nous, l'A.F.T. n'est ni un syndicat, ni un club mondain, ni un groupe hermétique, ni une secte secrète,... c'est une ASSOCIATION.

Alors pourquoi ne pas envisager dès à présent un échange constructif, pourquoi l'expérience vécue ici ne profiterait-elle pas à celui qui se pose la même question ailleurs ? Et puisque j'en suis au rêve, pourquoi ne continuerais-je pas ? Si chaque membre de l'A.F.T. pouvait annoncer clairement sa spécialité, celle pour laquelle il pense être à la pointe du progrès, si un fichier général remis à tous permettait de le connaître, si les barrières de la gêne, de l'inquiétude, du secret, voulaient bien tomber, si chacun acceptait de recevoir l'autre pour l'informer, si l'on pouvait même organiser des séminaires de quelques jours de formation pratique complémentaire, si plutôt que d'accepter un travail pour lequel on n'a aucune compétence, on adressait le demandeur à un spécialiste, si chacun acceptait d'ouvrir son bureau, son Cabinet, son Étude.,

Alors peut-être notre ASSOCIATION acquerrait-elle en plus de ce qu'elle est, une AME.

VŒUX

L'Association Française de Topographie (A.F.T.), née en réponse à un besoin ressenti par tous les professionnels de la topographie, célèbre déjà son premier anniversaire. La revue X Y Z dont elle s'est dotée est apparue comme un élément privilégié d'échanges sur toutes les questions intéressant les topographes.

Au seuil de cette nouvelle année, les élèves-ingénieurs de l'Association des Topographes de l'École Nationale Supérieure des Arts et Industries de Strasbourg (A.T.E.N.S.A.I.S.) ont l'honneur de présenter leurs vœux à tous les lecteurs de la revue X Y Z. Ils souhaitent en particulier ;

— que cette revue constitue un véritable lien entre les topographes français de toutes spécialités et de toutes origines et qu'elle établisse une relation enrichissante entre les anciens et les futurs topographes actuellement en formation à l'École qui se préparent à rejoindre dignement leurs rangs.

— qu'elle puisse constituer pour les jeunes une aide efficace tant dans la recherche de leurs stages de formation pratique en cours de scolarité que dans la recherche d'un premier emploi.

— qu'elle favorise le développement et le progrès des techniques professionnelles et permette leur formation d'une manière permanente.

Enfin que les lecteurs de la revue soient de plus en plus nombreux afin de consolider l'image de marque du topographe français aux yeux des professionnels en France et à l'étranger.

Présentés par
l'Association des Topographes de l'École Nationale Supérieure des Arts et Industrie de Strasbourg.

Notre couverture

LA CARTE DE FRANCE, dite de CASSINI

COLBERT en est à l'origine. Préoccupé, comme l'on sait, de travaux publics et de marine, il avait senti très tôt la nécessité de disposer de cartes exactes. Lorsqu'il institua, en décembre 1666, l'Académie Royale des Sciences, c'est à elle qu'il confia le soin de les établir, ainsi que les premiers procès-verbaux en font foi.

Une des tâches initiales de cette compagnie fut de dresser la carte de la Généralité de Paris (1668-1674), première carte française dressée sur canevas géodésique.

Parallèlement, l'abbé académicien PICARD entreprenait la mesure du premier arc du méridien de Paris entre Sourdan, en Picardie, et Malvoisine, près de Corbeil (1669).

C'est après qu'intervient J.-D. CASSINI — le Père — qui, avec LA HIRE et l'abbé, va multiplier sur nos côtes des voyages astronomiques, relatés dans les mémoires de l'Académie (1671-1681).

Leurs observations permirent de corriger la carte de France (1682) qui coûta, dit-on, à LOUIS XIV « plus que la plus désastreuse des campagnes », mais qui fournit à la cartographie française une première approximation scientifique.

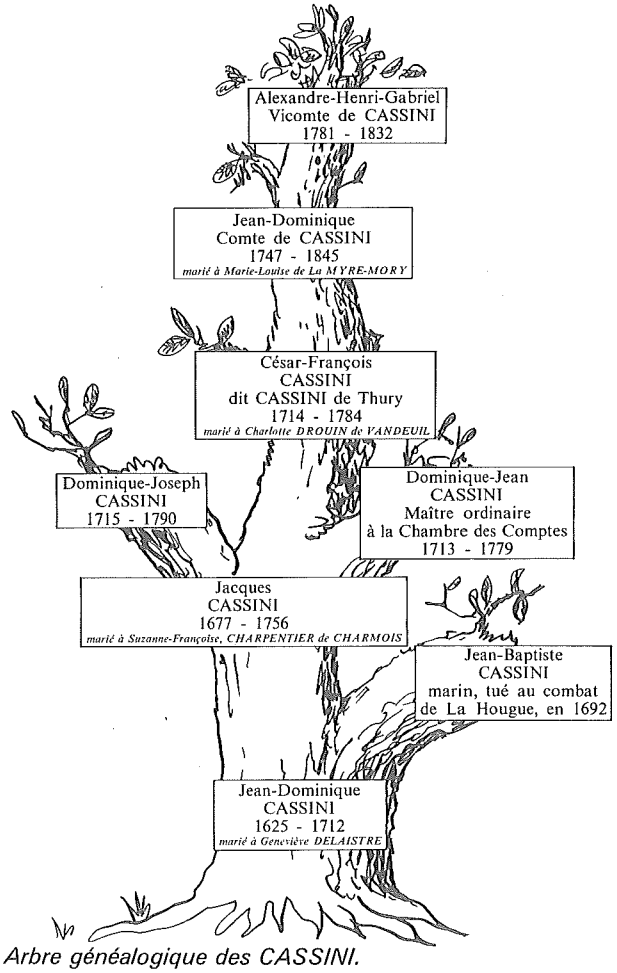
Accaparés par les nivellements que requerrait l'adduction des eaux à Versailles, empêchés par les guerres de la Ligue d'Augsbourg, les astronomes de l'Académie ne reprirent la mesure de la méridienne qu'en 1699.

J. CASSINI la prolongea, au Sud, jusqu'à Collioure (1701). Il leva ensuite, avec LA HIRE II, plusieurs perpendiculaires (1730-1742). Son fils César vérifia la méridienne de PICARD.

Au terme de ces travaux, la France était dotée d'une triangulation de premier ordre, constituée de huit cents triangles et dix neuf bases mesurées sur le terrain, consignée en deux cartes de 1/1.788.000e (1744) et 1/86.400e, qui rendait possible une cartographie scientifique.

Des ingénieurs militaires adoptaient, dès lors, la méthode des triangles pour dresser les cartes des campagnes de LOUIS XV. La carte de Flandre, que CASSINI III présenta au Roi en 1747, l'émerveilla si fort qu'il lui demanda de lever de cette façon la carte du Royaume. CASSINI III entreprenait alors un vaste dessin d'une carte générale au 1/86.400e en cent quatre-vingt-deux feuilles, que l'œuvre géodésique de ses ancêtres avait rendue possible.

L'entreprise bientôt démarrée fut bientôt compromise par la guerre de Sept ans, qui lui retira le concours financier du Gouvernement de Sa Majesté. Elle fut sauvée par l'audace ingénieuse du promoteur qui, avec l'appui du Roi et de Madame de POMPADOUR, créa une association privée de cinquante associés pour la financer. Les travaux spéciaux, demandés par les Pays d'États et les souscriptions complétèrent substantiellement ce premier financement. L'étude de la comptabilité de la société, telle qu'on peut la suivre dans les registres existants permet de se rendre compte, en détail, du développement de la carte... jusqu'à la confiscation par la Convention et sa nationalisation définitive : ni BONAPARTE ni NAPOLÉON ni LOUIS XVIII ne revinrent sur cette décision malgré les revendications de CASSINI IV.



Arbre généalogique des CASSINI.

Il y aurait beaucoup à dire sur la formation des ingénieurs topographes que CASSINI initia à ses méthodes, sur leurs instruments, leurs méthodes, les instructions mêmes du promoteur. Le travail sur le terrain n'était pas sans danger... L'accueil des populations inquiètes d'une possible augmentation d'impôts était souvent hostile : aussi l'arrivée des ingénieurs était-elle annoncée au prône, d'ordre des évêques...

La collaboration active accordée par les curés aux ingénieurs a eu cette heureuse conséquence que les feuilles sont très renseignées au point de vue de la géographie religieuse : limites diocésaines et parfois paroissiales en Bretagne et en Guyenne : indications des abbayes, prieurés, chapelles et croix.

Au concours des seigneurs, elles doivent le relevé soigné des parcs, représentés « plus grand qu'au vrai ». On pourrait en tirer une singulière carte des parcs de France au XVIII[e] siècle !

Pour mettre en place les levées de ses ingénieurs, CASSINI avait inventé la projection qui porte son nom, soit un développement cylindrique modifié dans lequel le cylindre est tangent au sphéroïde suivant un méridien. Les déformations, réelles, dans l'axe N.-S. sont pratiquement peu sensibles, vue l'échelle choisie pour un pays. Aussi, la projection de CASSINI sera-t-elle adoptée par beaucoup de pays européens et restera-t-elle même en usage en Grande-Bretagne, jusqu'en... 1935.

Un des points faibles de la carte est sans conteste, le relief. Une lettre de CASSINI aux États de Bretagne, découverte à Rennes, permet de connaître sa pensée sur ce point. Il se défend d'avoir voulu faire œuvre topographique, mais seulement géographique. L'ébauche de topographie n'a été tentée que pour rendre la carte plus lisible et agréable.

Telle que, la carte et ses documents de base offrent à l'historien et au géographe qu'intéressent les visages anciens de nos terroirs une moisson de données importantes pour connaître l'évolution de nos côtes (cordons littoraux, étangs côtiers, bancs), de nos rivières, marais, forêts ; l'extension des landes et des friches, en particulier dans le Midi, le réseau routier, les canaux (1).

On peut en extraire facilement une carte de l'énergie (moulins à eau, à vent, voire mus par la mer).

Pour certaines provinces (Bourgogne, Flandres) la carte de CASSINI donne l'état des vestiges des voies romaines au milieu du XVIII[e] siècle. Elle s'impose, enfin, comme un indispensable instrument de travail au toponymiste, en dépit d'erreurs déjà relevées par les contemporains. Certaines graphies ne sont d'ailleurs que l'écho de prononciations locales.

La carte de CASSINI est, avec *La Grande Encyclopédie* et *La Description des Arts et Métiers,* une des trois grandes entreprises du XVIII[e] siècle. C'est une carte d'astronome plus que de géographe. Son mérite est dans son souci de déterminer et de donner la position exacte des lieux. Elle exprimait ainsi la volonté de précision de l'esprit moderne. Grâce aux CASSINI, la France eut, la première, sa carte générale à grande échelle. Il n'est pas en dehors de notre propos de noter que NAPOLÉON, au cours de la Campagne de France, eut ainsi à utiliser les cartes qui avaient enthousiasmé LOUIS XV !

Bibliographie : — Extraits des rapports sur les conférences « Cartographie historique et Histoire de l'Éducation », IV[e] section, Sciences historique et philosophique de l'École Pratique des Hautes Études, chargé de conférences : le R.P.F. de DAINVILLE -S.J. 1965.
— André Conquet, Membre Fondateur de l'I.F.G.

(1) La carte d'état-major au 1/80 000[e] permettait, étant donné la similitude des échelles, une comparaison aisée.

Rencontre à Batimat...

A.F.T. RÉGION ILE DE FRANCE
Les orientations de la topographie.

Dans ce numéro d'X.Y.Z sont rassemblés les textes des communications présentées lors de la réunion organisée par la région Ile-de-France le 23 novembre 1979 dans le cadre BATIMAT.

La réalisation de cette réunion a été rendue possible grâce à la collaboration étroite de nos collègues C. EYMARD et R. SCHAFFNER et à la participation de conférenciers hautement qualifiés, en particulier celle du Président Jean-François SAGLIO, Ingénieur en chef des Mines, Président Directeur Général de l'agence foncière et technique de la Région Parisienne (A.F.T.R.P.).

Les articles suivants :

— Intervention du Topographe dans la construction des immeubles de grande hauteur (I.G.H.) (Hôtel Cosmos de Moscou. La Défense) par Monsieur Michel TARTACEDE, Géomètre D.P.L.G.

— Méthode géodésique et photogrammétrique au service du génie civil par Monsieur Yves EGELS, Ingénieur Géographe, I.G.N.

— Système de navigation par satellite " TRANSIT " par Monsieur SOUDOPLATOFF, Ingénieur Géographe, I.G.N.

— Système " ARGOS " de localisation et de collecte de données (croisières, houles, pollution,...
par Monsieur TAILLADE, chef du service ARGOS (C.N.E.S.).

— L'automatisme dans l'acquisition et la gestion des grands patrimoines fonciers par Monsieur Roger SCHAFFNER, Géomètre D.P.L.G., A.F.T.R.P., Vice-Président de l'A.F.T.

donnent des précisions aussi utiles qu'intéressantes sur " les orientations de la topographie ". Souhaitons que tous ceux (200) qui ont assisté à cette réunion, dont des Géomètres Belges et Suisses, participent à la prochaine " rencontre " de la région Ile-de-France en septembre 1980.

A. BAILLY
Président de la Région Ile-de-France.

Toute la suite des Hommes pendant le cours de tant de siècles doit être considérée comme un même Homme qui subsiste toujours et qui apprend continuellement.

PASCAL

Les conférenciers et l'assistance à Batimat.

L'intervention du géomètre topographe dans la construction des immeubles de grande hauteur (I.G.H.)
par Michel Tartacède Géomètre D.P.L.G.
(Cabinet Fouquart)

Depuis l'antiquité, les bâtisseurs savent que pour implanter un ouvrage et guider sa réalisation, la collaboration de spécialistes leur est indispensable.

Pourquoi en serait-il autrement pour les "monuments" de notre temps que sont les immeubles de grande hauteur ?

Les techniques de construction ont évolué, l'emploi du béton et des éléments décoratifs modernes, souvent préfabriqués en usines, ont imposé une précision accrue dans la détermination de la planimétrie et de l'altimétrie.

Les éléments de base sont implantés avec précision au sol, et dans l'espace au fur et à mesure que s'élève le bâtiment (contrôle du report vertical). Deux types de techniciens interviennent. Tout d'abord, en permanence sur le chantier, nous trouvons des traceurs qui, soit à l'aide du fil à plomb classique, des appareils optiques ou des rayons lasers verticaux assurent le report des éléments de base, ensuite des Géomètres Topographes contrôlent ces déterminations. Responsables de l'ouvrage, ils doivent travailler avec une précision supérieure aux premiers, mais non permanents sur le chantier, leurs interventions ne peuvent être que limitées à des points caractéristiques convenablement choisis, servant d'éléments de base aux traceurs ou leur permettant le cas échéant de rectifier des écarts de construction relativement peu importants (sur trois ou quatre niveaux), mais dont l'accumulation sur quarante ou cinquante niveaux serait un handicap certain pour les techniciens du second œuvre (ascensoristes ou façadiers) et à l'extrême risquerait de mettre en péril la solidité de l'ouvrage.

Nous nous proposons, à l'aide d'exemples concrets (hôtel COSMOS à MOSCOU, tour " Aurore " à la DEFENSE) d'étudier ces techniques de contrôle et de guidage d'ouvrages.

HÔTEL COSMOS

Ce bâtiment semi circulaire de 28 étages et de 80 m environ de hauteur comprenant 2 000 chambres et leurs services, était déjà implanté et réalisé sur 3 niveaux (− 2 − 1 + 1) par les techniciens de l'entreprise de gros œuvre, mais un contrôle de cette implantation et de cette réalisation était devenu nécessaire. Il s'agissait de faire apparaître des écarts entre les éléments porteurs, effectivement réalisés, leur position théorique d'une part, et la verticalité de ces différents éléments se retrouvant par niveau d'autre part.

Pour cela, un certain nombre de points particulièrement " sensibles " ont été choisis ; ce sont : les trémies d'ascenseurs, et des points situés sur les façades.

Le but recherché était d'assurer une bonne verticalité de l'ensemble de l'ouvrage, de faciliter le montage des ascenseurs, et le montage des éléments de façades à partir " d'aiguilles " porteuses de vitres prédécoupées en usine.

Appareils utilisés

— Théodolite de précision donnant la seconde, dont la sensibilité de la nivelle d'alidade est de 20"/2mm, équipé d'un oculaire coudé permettant des visées verticales (précision 1/70000 soit 1,5 mm à 100 m d'après le constructeur).

— Tachéomètre électro-optique pour la remontée des distances au niveau + 26.

Principes

a) contrôle des trémies d'ascenseurs.

D'une station située dans la cuvette d'ascenseur (Fig. 1) remontée d'un plan vertical et lecture sur une mirette d'un écart au point choisi, repéré par une trace de peinture.

Deux lectures par point, l'une en position " cercle à droite ", l'autre " cercle à gauche " afin d'éliminer l'erreur de collimation horizontale de l'appareil ; les points étant pris sur une structure " béton " les écarts étaient lus au mm et donnés au demi-centimètre.

b) contrôle des structures " intrados " et " extrados " (Fig. 2).

Écarts. ⟷

A partir du centre géométrique de l'ouvrage (stationnable) l'axe des piles choisies est remonté à chaque pile correspondante du niveau déterminé. On peut constater l'écart entre l'axe de la pile étudiée au niveau choisi avec son homologue au niveau de référence.

Les lectures sont effectuées au millimètre, arrondies au 5 millimètres sur les tableaux de résultats.

Écarts. ↕

Par station au pied de chaque pile étudiée, lecture à l'intersection du plan vertical avec la mirette posée au point choisi et matérialisé par une trace de peinture, deux observations sont effectuées, (cercle à gauche, cercle à droite) afin d'éliminer l'erreur de collimation horizontale de l'appareil.

c) contrôle des " aiguilles " de montage .

Les " aiguilles " sont des supports verticaux permettant de maintenir les vitres et panneaux préfabriqués. Ces " aiguilles " sont fixées au béton par des pattes d'attache qui peuvent varier de + 10, 12 cm, par rapport au support béton afin d'être toujours à la même distance du centre géométrique de l'ouvrage ; ce système permet de rattraper les éventuels défauts de construction.

On détermine au niveau de base, et au droit des supports " d'aiguilles " le rayon moyen, ceci à l'aide du tachéomètre électro-optique.

Ensuite par aplomb effectué au théodolite, réalisé au pied de chaque support on règle le débordement des pattes d'attache ; enfin, à partir du centre géométrique de l'ensemble, le topographe à l'aide du théodolite, vérifie la verticalité des " aiguilles " posées sur les pattes d'attache ; il signale les écarts supérieurs à 5 mm, le réglage devant être effectué à ± 1 cm. Rappelons que le théodolite à une distance moyenne de 80 m et après double retournement a une précision de ± 2 mm après moyenne de deux lectures.

d) implantation au niveau + 26 (fig. 3).

A ce niveau le béton laisse la place à une charpente métallique abritant sur deux niveaux les locaux techniques. La précision des implantations étant plus importante, il fallait assurer le centimètre par rapport au centre de l'ouvrage, pour matérialiser les axes de piles sur la dalle béton du niveau + 26 et déterminer les moyens de réalisation d'un arc de cercle de rayon 57 m 00.

Le tachéomètre électro-optique a été utilisé, le réflecteur étant posé sur trépied à 0,80 m en moyenne du bord de la construction.

Le télémètre donnait la distance, qui était réduite à l'horizontale. L'appoint par rapport au bord intrados de la dalle était mesuré.

Ainsi nous obtenions la distance réelle du nu béton, ce qui permettait la mise en place des pattes d'attache des " aiguilles ".

Le théodolite de précision étant mis en station au point déterminé précédemment, au niveau + 26, il était possible après double retournement d'implanter un 2e point sur la dalle et un 3e point sur le sol, côté extrados, ce qui donnait à ± 2 mm la direction d'une pile de l'ouvrage.

Discussion de la méthode

Le géomètre chargé du contrôle doit assurer ses résultats, pour cela il doit être très critique sur le choix des instruments, sur la mise en œuvre, et sur l'application de la méthode de travail.

L'opérateur, très qualifié, doit avoir une parfaite maîtrise de l'appareil, en effet la sûreté de la méthode et sa précision reposent sur la possibilité constante de contrôle de la verticalité du plan déterminé par l'axe optique, donc du centrage de la bulle de la nivelle d'alidade. Rappelons qu'un décentrement de la nivelle de 1/4 d'intervalle produit une erreur sur le point visé de 1/85000 (soit 1,2 mm à 100 m).

La méthode dite " cercle à gauche, cercle à droite " permet d'éliminer l'erreur de collimation horizontale.

L'emploi d'un théodolite d'une précision supérieure (lecture de 0,2") n'aurait pas apporté une amélioration de la précision en raison des difficultés de mise en œuvre d'un tel appareil dans un chantier en activité, par contre il est recommandé pour améliorer les résultats d'utiliser une nivelle cavalière couplée avec l'oculaire coudé.

Souvent on essaie de mettre en compétition sur ce genre de mesures, le théodolite équipé d'un oculaire coudé et le laser. Rappelons que la finalité de ces deux équipements est différente.

Le laser, instrument guide de chantier, remplace fort avantageusement le fil à plomb, pas de mouvement pendulaire, insensibilité au vent ; maniement très commode. Cependant, il présente quelques inconvénients : trace du rayon d'un diamètre de 5 mm environ, et difficulté de contrôler pratiquement que le faisceau est bien vertical, ou décrit bien un plan vertical.

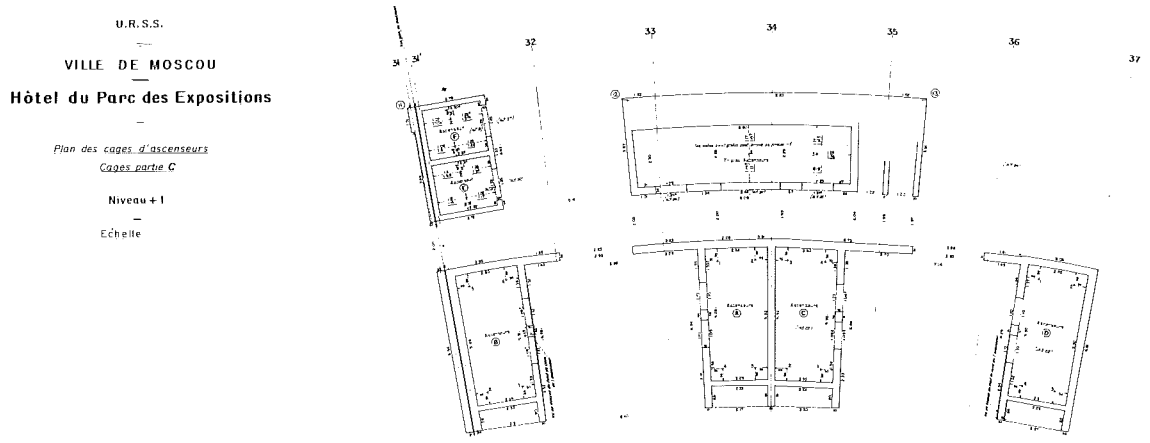


Fig. 1

Hôtel Cosmos Moscou

U. R.S.S.

VILLE DE MOSCOU

Hôtel du Parc des Expositions

Vérification des structures

Niveau+1

Echelle

Ecarts en planimétrie

Sens des écarts

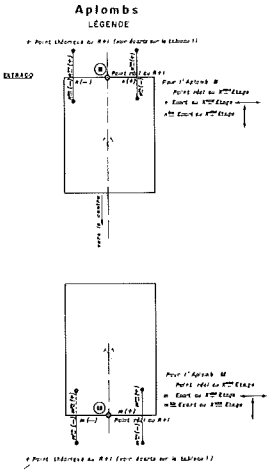
Hôtel COSMOS - MOSCOU.

Ecarts en planimétrie de l'extrados

Points	Ecart sur le Rayon	Ecart perpendiculaire au Rayon
51	+3	+4
52	−3	+6
53	−1	−1
54	0	+3
55	−1	+3
56	−3	+5
57	+1	+5
58	0	+7
59	+3	+8
60	+3	+9
61	−2	−2
62	+1	−1
63	+4	+6
64	+5	−1
65	+7	−3
66	+8	+1
67	+6	+1
68	+6	0
69	+4	−1
70	+5	0
71	+2	+1
72	+3	−3
73	0	−4
74	+4	−2
75	0	−2
76	+1	−2
77	+4	0

Aplombs

LEGENDE



U.R.S.S

VILLE DE MOSCOU

Hôtel du Parc des Expositions

Schéma d'implantation des zones 1-2-3-4-5 au niveau +26

Echelle 1/500

LEGENDE

Fig. 2

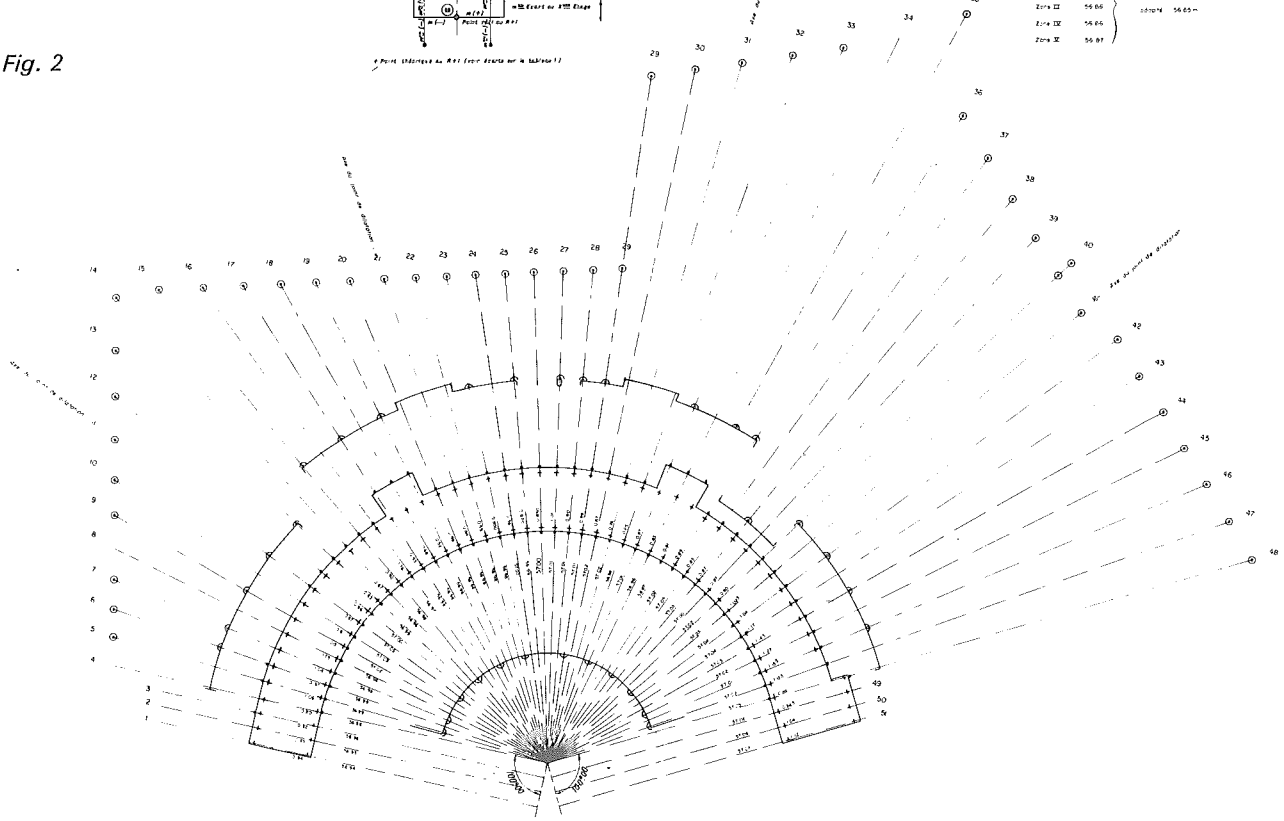


Fig. 3

II - Tour " AURORE " LA DÉFENSE (Tour de 32 étages sur 100 m de haut).

La mission confiée au topographe vérificateur était double :

— Assurer la verticalité générale de la tour.

— Permettre l'implantation d'une structure métallique porteuse d'éléments décoratifs de façade.

Principe retenu : implanter un rectangle dit rectangle de référence tous les cinq niveaux ; le géomètre du chantier à partir de ces éléments réalise les étages intermédiaires ; ainsi le problème est ramené à construire une " pile " de bâtiments de 5 niveaux.

La précision de la réimplantation du rectangle de référence tous les cinq niveaux doit être la meilleure possible afin d'éliminer l'accumulation des erreurs et de plus de vérifier par rapport à des éléments extérieurs fixes permettant d'éliminer un déplacement de l'ensemble dans une direction donnée.

Matériel utilisé

— théodolite de précision donnant la seconde.

— stadia en invar de 2 m pour la mesure des distances .

— système de voyant sur plexiglas

— une paire de postes radio émetteurs récepteurs.

Mise en œuvre

— A l'étage de base (B) implantation précise du rectangle de référence avec mesurage des quatre angles, des longueurs (33,600 m) et des largeurs (18,00 m).

Prolongements extérieurs AD, et DC afin de matérialiser à l'extérieur du chantier deux stations X et Y permettant un contrôle extérieur des verticalités et la recherche d'un éventuel déplacement du rectangle de référence.

Des ouvertures carrées ou " lumières " de 20 cm de côté ont été aménagées aux niveaux B + 1, B + 2, B + 3, B + 4.

Du niveau B nous remontons au niveau B + 4 par visées verticales à l'aide du théodolite équipé de l'oculaire coudé des points A B C D en A', B', C', D' ; pour cela on déplace le voyant transparent et on repère les points r s t u sur les plaquettes de fer doux scellées autour des " lumières ".

L'erreur de collimation verticale (erreur d'index) du théodolite a été recherchée et la lecture correspondant à la visée zénithale retenue pour l'affichage au dispositif de lecture du cercle vertical.

L'erreur de collimation horizontale est éliminée par visées cercle à gauche puis cercle à droite ; avec les appareils actuels, sur une distance de 12 m environ l'expérience a prouvé qu'elle n'excédait pas le mm.

Le repérage sur le fer doux des points r s t u permet de rétablir le point A' par intersection de rs et tu.

Il ne reste plus qu'à contrôler les longueurs A' B', B' C', C' D', D' A' et les quatre angles.

Par les aplombs extérieurs effectués en X et Y nous vérifions la verticalité de l'ensemble.

Le traceur de l'entreprise peut ensuite, à partir des rectangles de référence implantés et vérifiés aux niveaux B et B + 4, déterminer les rectangles de référence intermédiaires aux niveaux B + 1, B + 2, B + 3.

Ainsi de proche en proche, la Tour s'élève.

Avantage de cette méthode : Dès la constatation d'un écart dans la réalisation du bâtiment, il peut être rattrapé, alors qu'un contrôle global effectué après réalisation de l'ouvrage ne mettrait en évidence que la réalité de la verticalité, ou son absence, sans espoir de rectification, ce qui n'est pas l'essentiel du but recherché.

Discussion de la méthode, résultats

Les différentes erreurs à craindre sur une verticalité partielle sont :

Erreur de reconstitution de repère : e 1 = 0,5 mm
Erreur de mise en station : e 2 = 0,5 mm
Erreur de verticalité sur le signal : $\frac{15\ m}{10\ 000}$: e 3 = 0,2 mm
Erreur de report du point sur les plaquettes. : e 4 = 0,4 mm

L'erreur totale ou résultante moyenne E 1 sur une remontée de 15 m est égale à :

$$E\,1 = \sqrt{e1^2 + e2^2 + e3^2 + e4^2} \neq 1\ mm$$

L'erreur totale pour l'ensemble d'une verticalité de la tour (réalisée en 7 opérations) sera de :

ER = 1 7 = 2,7 mm soit 3 mm

La détermination des longueurs de chaque rectangle de base étant assurée à ± 2 mm si un écart sur une longueur de cet ordre de grandeur était constaté, il n'en serait pas tenu compte (2E 1 = ± 2 mm).

Si un écart supérieur à ± 2 mm était constaté, la remontée de la verticalité des deux points discordants aurait été refaite.

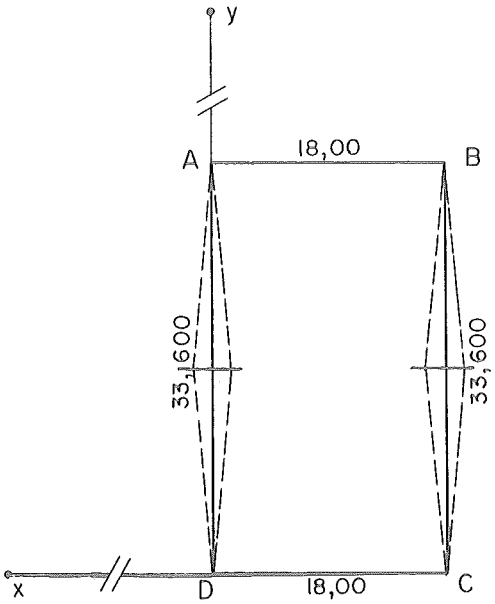
Prix de revient des opérations de contrôles.

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, le coût d'une telle opération n'est pas élevé. Il est de l'ordre de 8/10 000 du coût total de la construction (gros œuvre).

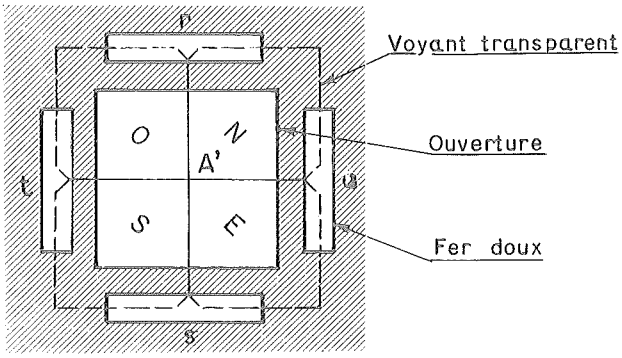
Ainsi pour 8 francs par tranche de 10 000 francs, le Géomètre Topographe prend en charge la responsabilité technique du contrôle de la verticalité du gros œuvre, et donne les éléments permettant la construction convenable de l'ensemble, assurant sans problème la mise en place des ascenseurs, des éléments décoratifs des façades et la bonne répartition des charges générales du bâtiment.

Tour Aurore

Croquis A



Croquis B



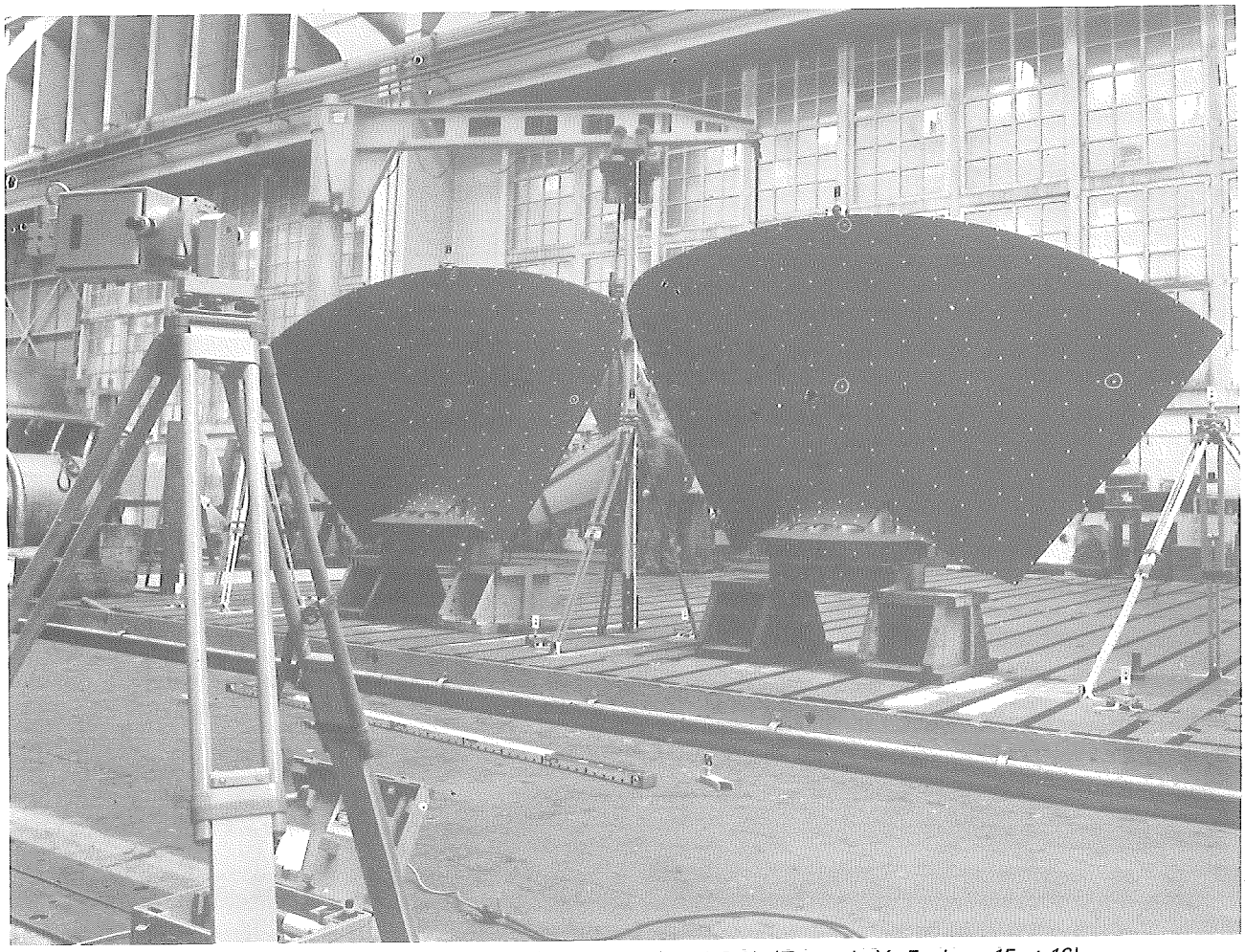


Fig. 3 - Relevé photogrammétrique de pales de turbines - document I.G.N. (Texte de Y. Egels p. 15 et 16).

Système de navigation par satellite transit
M. Soudoplatoff Ingénieur géographe I.G.N.

Le système de navigation par satellites TRANSIT a été mis au point en 1958 par l'US Navy et servait au positionnement des sous-marins. Il a été déclassé en 1967, et depuis sert essentiellement à la navigation, et accessoirement aux géodésiens.

Le principe est schématiquement le suivant : un satellite émet une onde dont la fréquence est stable et parfaitement connue. Reçue sur terre, la fréquence de cette onde se trouve décalée, à cause de l'effet Doppler. En mesurant la fréquence ainsi reçue, on obtient la vitesse du satellite sur l'axe antenne-satellite. En intégrant cette vitesse entre deux instants t_1 et t_2 connus on obtient une relation où figure $r_2 - r_1$, différence de distance entre la station et le satellite en 2 instants.

Les coordonnées du satellite étant connues, en cumulant les équations, on obtient les coordonnées du centre de phase de l'antenne en résolvant par moindres carrés, après avoir corrigé chaque équation de certains effets physiques (rotation de la Terre, réfraction atmosphérique, etc...).

Pratiquement, le système TRANSIT se compose de 5 satellites, situés sur des orbites circumpolaires quasi circulaires de 1 100 km d'altitude, qui ont une vitesse tangentielle d'à peu près 7 km/s. La période est d'environ 110 minutes. La fonction du satellite est triple :

— émettre deux signaux constants de fréquences 400 MHz et 150 MHz (deux signaux sont nécessaires pour le calcul de la correction ionosphérique)

— envoyer des tops horaires réguliers toutes les 2 minutes

— envoyer un message donnant les éléments nécessaires au calcul de son orbite.

Ce message se compose d'une partie fixe, donnant les éléments nécessaires au calcul de l'orbite képlerienne, ainsi qu'une série d'éléments variables qui sont des corrections à appliquer toutes les deux minutes à la trajectoire képlerienne. Ce message complet se répète toutes les deux minutes, à la seule différence des " mots variables " qui se décalent donc d'un cran à chaque série. L'ensemble du message est calculé pour 12 heures, et est donc réinjecté au-delà de cette période.

Les récepteurs se composent d'une horloge interne, d'un générateur de fréquence qui assurera l'onde qui, mixée avec l'onde Doppler, produira un phénomène de battement. En comptant le nombre de cycles entre deux instants t_1 et t_2 on réalisera par là même l'intégration décrite plus haut. Tous ces résultats, ainsi que les mots du message, sont enregistrés sur une cassette type standard, l'enregistreur étant incorporé à l'appareil.

Certains récepteurs possèdent en outre un microprocesseur interne qui effectue le calcul du point. Des microprocesseurs isolés sont disponibles, qui peuvent fonctionner, soit en temps réel, soit après les observations, la cassette étant lue sur un lecteur indépendant.

Il existe divers modes de traitement pour calculer un point Doppler. Citons pour mémoire la méthode dynamique, qui permet d'avoir à la fois la position des antennes et la trajectoire du satellite. Cette méthode nécessite de très gros ordinateurs, et de toutes façons, est inintéressante lorsqu'on se contente d'une précision moyenne. Plus intéressants sont les deux autres grands types de traitement :

— Le traitement par point isolé

Il consiste à calculer un seul point Doppler, indépendamment d'autres points Doppler qui auraient été observés simultanément. La précision que l'on peut obtenir est de :

5— 10 m avec un microprocesseur

3— 5 m avec un ordinateur et les éphémérides opérationnelles (orbite calculée d'après le message)

1 m avec un ordinateur et les éphémérides précises (orbite plus précise fournie après coup par la Defense Mapping Agency).

— Le traitement par arcs courts

Il consiste à calculer tout un ensemble de points observés simultanément en introduisant des paramètres supplémentaires qui sont des paramètres d'orbites. Cette méthode permet d'avoir une meilleure homogénéité dans un réseau de points. On peut ainsi obtenir, avec les éphémérides opérationnelles, une précision relative de 1 m. Cette précision est indépendante de la distance des points, d'où l'intérêt du Doppler comme cadre d'une géodésie.

Ces chiffres sont bien entendu les résultats optimaux que l'on peut atteindre, et pour cela il est nécessaire d'observer pendant quelques jours. A l'inverse, l'observation d'un seul " bon " passage (i.e. un passage assez élevé) ne donne la position qu'à quelques centaines de mètres près.

Il faut cependant se méfier du résultat ainsi obtenu, car il est nécessaire de bien savoir dans quel système de référence on se trouve. Le point Doppler est donné dans un système mondial, et lorsqu'on veut mélanger des données Doppler avec des données terrestres, on se trouve confronté au délicat problème des systèmes de référence. Il est de toute façon nécessaire pour le résoudre d'avoir des points communs aux deux systèmes.

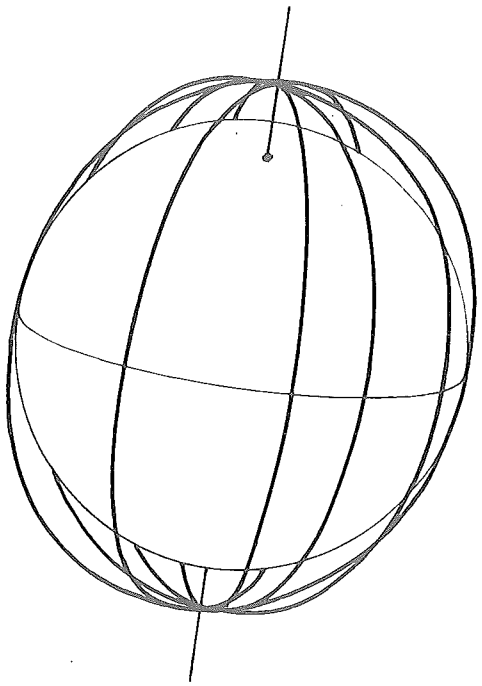
RENCONTRE A BATIMAT... *suite article M. Soudoplatoff*

Un formalisme rigoureux nous conduirait alors à l'utilisation d'une transformation à 7 paramètres (3 translations, 3 rotations, 1 facteur d'échelle). En fait, la très grande corrélation entre ces paramètres, et le fait que les deux systèmes ont pratiquement l'axe des Z parallèle, conduisent à utiliser une simple translation. Par exemple, entre la Triangulation Française et le système Doppler WGS 72, on a des valeurs de 70 à 100 m sur chaque axe. Les résidus en chaque point sont cependant de l'ordre de quelques mètres.

La partie terrain du Doppler est peu contraignante. Changer la cassette une fois par jour et relever la météo toutes les 2 heures, lorsque les enregistreurs automatiques ne sont pas là pour suppléer, constituent la vie de l'homme de terrain. La présence d'un microprocesseur est cependant bien utile pour vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble.

En conclusion, le Doppler semble intéressant à grande échelle, soit pour des grandes liaisons (pays formé d'un archipel d'îles), soit pour servir de cadre à une géodésie. L'emploi de techniques inertielles entre points Doppler servant de calage semble très prometteuse. L'avenir du Doppler semble limité, les U.S.A. pouvant d'un jour à l'autre arrêter l'entretien du système TRANSIT. La France cependant commence à créer ses propres éphémérides (MEDOC). La relève semble déjà assurée par le G.P.S. ou Global Positioning System, toujours militaire et Américain. Ce système est en cours de réalisation et semble sur le plan technique très prometteur.

" Schéma des orbites des satellites du système Transit "



RENCONTRE A BATIMAT (suite)

Méthodes géodésiques et photogrammétriques au service du génie civil
Résumé de l'exposé de Yves Egels ingénieur géographe I.G.N.

Les techniques cartographiques peuvent s'appliquer à tout domaine où il est nécessaire d'effectuer avec précision des déterminations de position à deux ou trois dimensions.

MÉTROLOGIE

Déterminer avec une précision de l'ordre du millimètre quelques dizaines de points par des mesures d'angles et de distances : c'est la métrologie géodésique, mise en œuvre lors de la construction du pont suspendu de Brotonne.

Mais s'il faut déterminer, au centimètre près la position de plusieurs centaines de points, on utilisera la métrologie photogrammétrique comme c'est le cas pour l'autoroute d'accès au tunnel de Fréjus.

La métrologie géodésique

Les méthodes mises en œuvre sont celles de la géodésie : mesures d'angles, de distances, de dénivelées, calculs rigoureux par ordinateur ; mais elles en diffèrent sur les points suivants :

— utilisation d'équipements particuliers à la fois précis et stables (voir le centrage d'un théodolite sur un repère ancré dans le sol).

— soin minutieux apporté par des spécialistes à des mesures qui, souvent, atteignent la résolution du dixième de millimètre.

L'étude de la stabilité d'un barrage exige de nombreuses mesures effectuées à partir de piliers ancrés en des endroits stables. La complexité du schéma est une garantie de la qualité des résultats.

La métrologie géodésique permet la surveillance d'un ouvrage en cours de construction ou l'étude de la stabilité d'un ouvrage ou de ses déformations sous l'effet de contraintes connues. La précision obtenue est de quelques millimètres ou dixièmes de millimètre selon la dimension de l'ouvrage.

Certaines applications atteignent les limites de ce qu'il est possible de faire en métrologie, telles la mise en place et le réglage des éléments de l'accélérateur de particules et de l'anneau de collision d'Orsay.

La métrologie photogrammétrique

Le relevé d'un objet fixe ou en mouvement peut être fait à partir de plusieurs photographies prises et exploitées dans des conditions bien précises (étude de la surface d'un canal au passage d'une péniche).

L'exploitation des clichés sur un appareil analytique récent tel que le Matra-Traster (fig. 1) permet d'effectuer en temps réel des mesures au micron et des calculs sophistiqués sur l'ordinateur inclus dans l'appareil, ainsi que tout tracé cartographique.

Génie civil et industrie

Que ce soit pour déterminer la forme d'un objet ou pour connaître ses déformations, la photogrammétrie sera la technique à choisir si le nombre de points à déterminer est très grand ou bien si la stabilité de l'objet lui-même ou de la zone environnante est précaire.

L'obtention d'une grande précision (de l'ordre du millimètre ou de quelques millimètres selon la dimension de l'objet) dans le domaine du génie civil ou de l'industrie, exige que les points soient matérialisés au mieux comme c'est le cas pour une antenne radar ou des pales de turbine (fig. 2, fig. 3).

L'archéologie et les monuments historiques

Les techniques de relevé photogrammétrique permettent d'enregistrer sans tarder l'état présent des monuments quelle que soit la complexité de l'architecture ou du décor. Ces archives répondent parfaitement aux exigences de la Convention de La Haye sur la protection des biens culturels. Elles sont une base essentielle des opérations d'inventaire et travaux de recherche.
Palais du Facteur Cheval (I.G.N. — Ministère des Affaires Culturelles).

Études d'aménagement

Trois perspectives d'un même quartier (effectuées pour le cabinet Duthoit). Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, par l'I.G.N.

Les perspectives représentent l'inclusion d'un bâtiment en projet dans un quartier ancien. Elles ont été réalisées par tracé automatique à partir de photographies aériennes et des documents du projet. L'utilisation de fichiers ainsi constitués permet toutes sortes de calculs et de représentations.

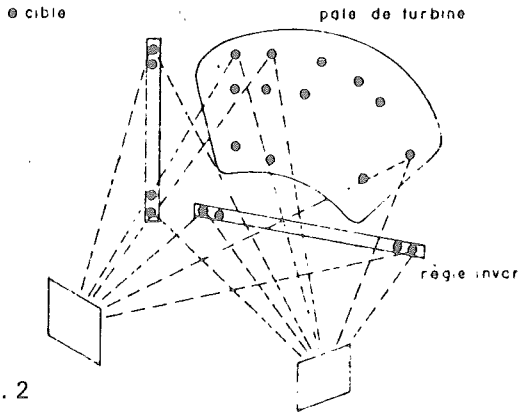


Fig. 2

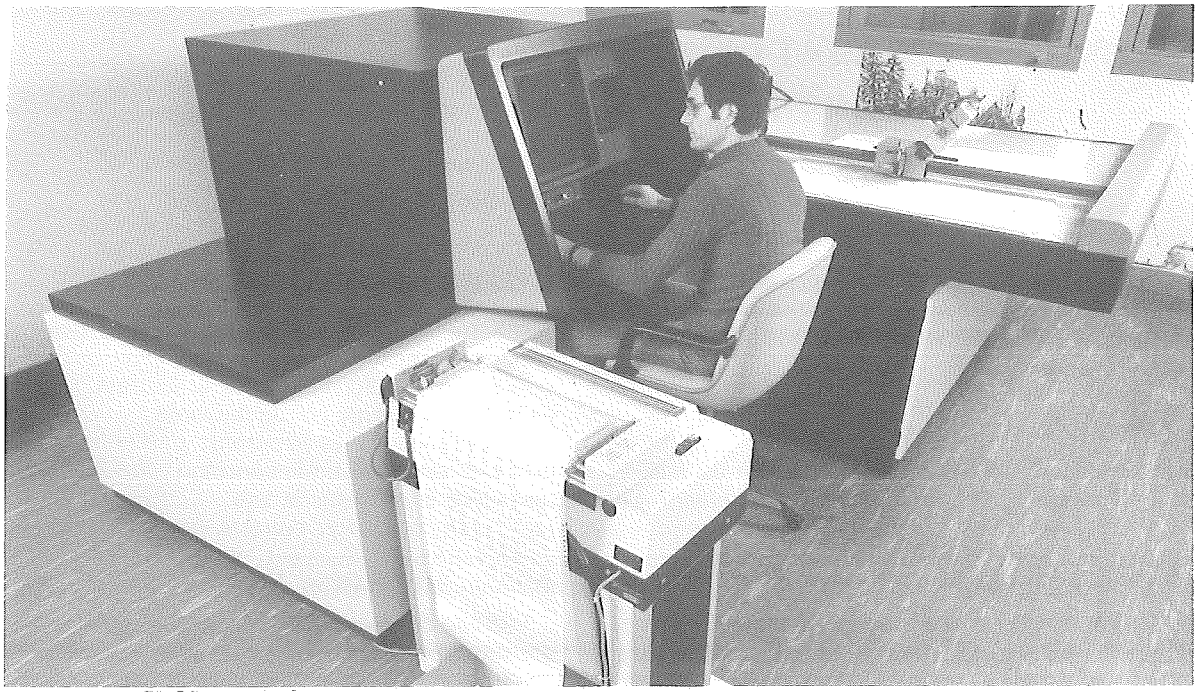


Fig. 1 - Appareil de restitution analytique Matra-Traster.

Perspectives

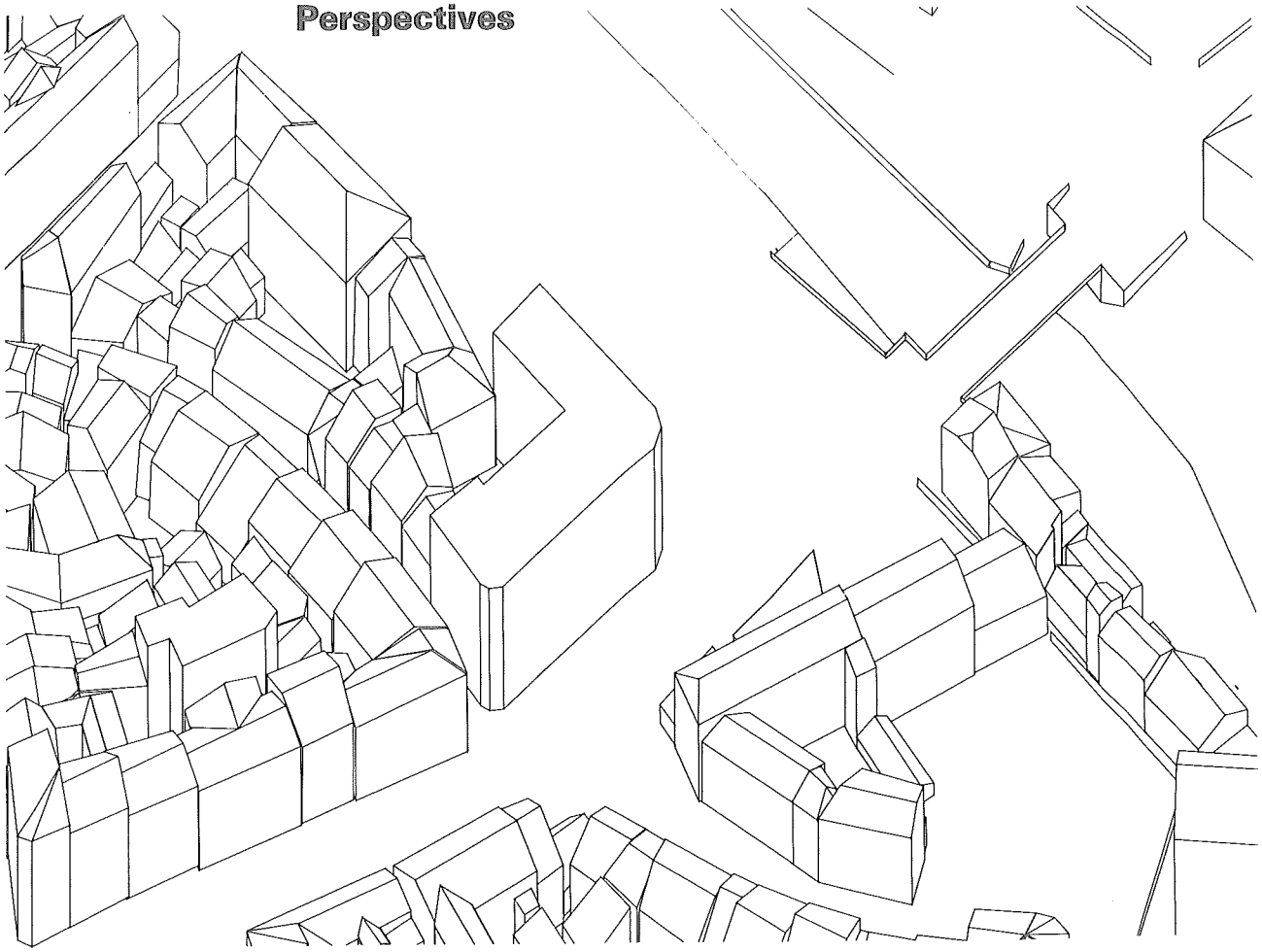


Fig. 4 - Perspective axonométrique automatique vue de l'ouest.

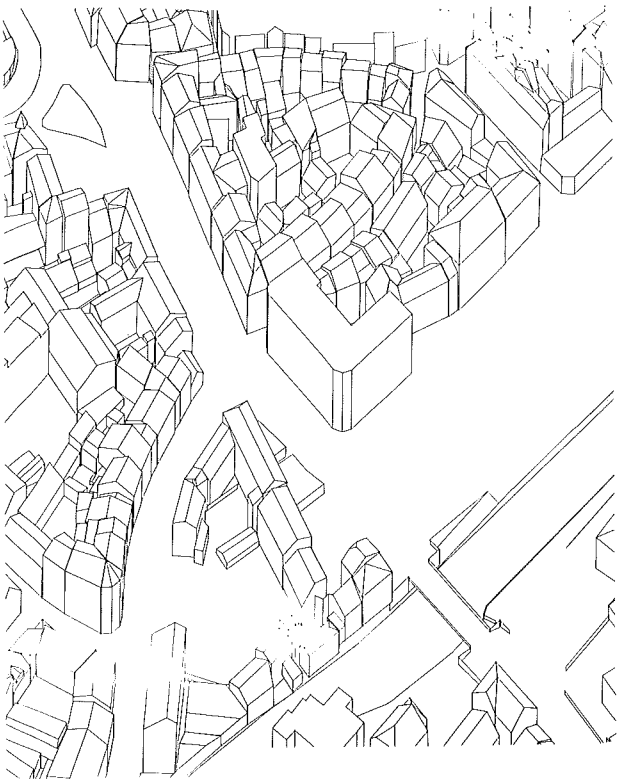


Fig. 5 - Perspective axonométrique vue du sud.

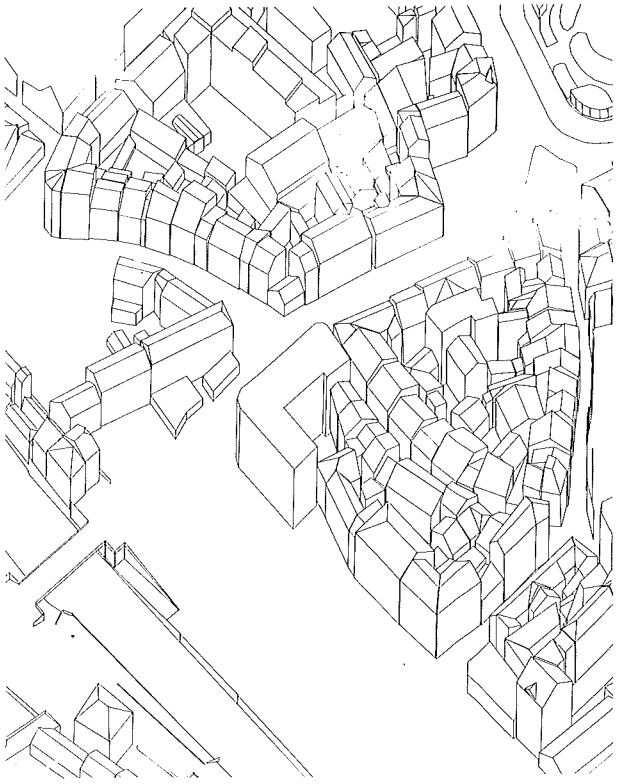


Fig. 6 - Perspective axonométrique vue de l'est.

La localisation et la collecte d'informations par satellite
par MM. Taillade Chef de service Argos C.N.E.S et Penot

Depuis déjà plus d'un an ARGOS, le système français de collecte de données et de localisation par satellite est en exploitation.

Près de 1 200 plates-formes pour la plupart mobiles (bouées dérivantes, ballons...) ont été localisées et leurs données traitées dans le Centre de Calcul installé au CNES à TOULOUSE.

La couverture météorologique de l'hémisphère sud par un réseau de plus de 300 bouées dérivantes, mesurant chacune pression et température, le suivi permanent des 40 bateaux de la Transat en double, les tracés des vents par l'étude des déplacements de plus de 300 ballons plafonnant à 15 000 m d'altitude... telles sont les applications les plus remarquables du système en 1979.

La qualité des résultats, les performances atteintes (positions fournies à 500 mètres près), l'intérêt montré par les utilisateurs permettent d'espérer une rapide extension de ce système qui, rappelons-le, est le premier de ce type à atteindre le niveau opérationnel.

Les déplacements d'un iceberg de l'Antarctique suivis sur plus de 2 000 km... Des centaines de ballons libres, autour de la Terre, retransmettant pendant plusieurs mois des informations météorologiques... Les positions géographiques des concurrents de la Transat 79 calculées régulièrement avec une précision d'environ 2 km... Des renseignements de toute nature regroupés, en quelques heures, à des milliers de kilomètres des stations qui les ont fournis : c'est tout cela la localisation et la collecte d'informations par satellite.

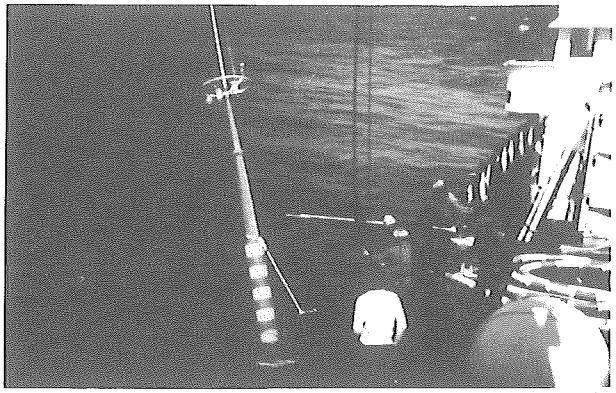


Fig. 1 - Diverses expériences spatiales passées (Eole Nimbus) ont mis en évidence l'existence, au large des côtes atlantiques françaises, de vastes tourbillons de 100 à 200 km de diamètre. Pour les étudier, le CNEXO (Centre national pour l'exploitation des océans) a entrepris un programme de recherches au moyen de bouées dérivantes dont les mesures sont collectées par le système français Argos, installé à bord de satellites météorologiques américains.

Le document montre la mise à l'eau d'une bouée perche de 10 m (dont un tiers demeurera émergé). Un lest de 180 kg est suspendu sous la bouée. Les équipements électroniques et l'alimentation de bord ainsi que certains capteurs sont contenus dans la partie basse de la bouée.

Les mesures effectuées automatiquement par cette station flottante concernent le vent (vitesse et direction), la température de l'air, la pression atmosphérique, la température de surface de l'eau, le profil de température de l'eau sur dix niveaux, de — 5 m à — 100 m (Photo CNEXO).

Dès les premiers temps de la météorologie spatiale, on demanda aux satellites (déjà chargés de fonctions diverses : prise de photographies, mesure de températures,...) de procéder à une mission complémentaire : rassembler les informations — d'ordre météorologique — en provenance de stations de mesure dispersées à la surface de la Terre. Transmis par voie radioélectrique, ces renseignements parvenaient à des centres informatiques de traitement et, dans de très courts délais, donnaient naissance à des documents directement utilisables (cartes de la couverture nuageuse, cartes des vents, prévisions météo,...) fournis aux organismes concernés.

Mais ce n'est qu'il y a une dizaine d'années qu'on décida d'étendre cette collecte de données (c'est l'appellation officielle !) à d'autres domaines que celui de la météorologie. Beaucoup d'expériences furent tentées à l'aide de satellites à défilement : les satellites américains Nimbus-3 (1969), Nimbus-4 (1970), Landsat-1 (1972), Nimbus-6 (1975) et le satellite français Eole (1971).

Présentons le principe de cette technique dont les applications sont en fait innombrables. Soit un physicien (ce pourrait aussi bien être un biologiste, un océanologue ou un spécialiste de la pollution) intéressé par un phénomène précis, par exemple les variations de température des parois de tel volcan (et leur lien éventuel avec le déclenchement d'éruptions). Seule condition préliminaire : que ce phénomène puisse être étudié à l'aide d'instruments de mesure (au fonctionnement automatique), capables de transformer la grandeur physique à étudier (ici la température) en signal radioélectrique. Ajoutons à cette installation un émetteur pour transmettre ces signaux.

Procédons, par ailleurs, au lancement d'un satellite artificiel avec à son bord un dispositif récepteur de signaux électriques : si son orbite est convenablement choisie, il peut survoler la presque totalité de la Terre en douze heures seulement, repassant même à plusieurs reprises en visibilité des mêmes régions. Il peut donc capter, plusieurs fois par jour, les émissions de la station automatique disposée près du volcan.

Les messages sont retransmis à une station de réception au sol, soit immédiatement (en " temps réel " lorsque celle-ci est en visibilité du satellite, soit un peu plus tard (en " temps différé " dans le cas contraire, ce qui implique un enregistrement à bord du satellite. Reçus au sol, ils sont ensuite traités dans des centres de calcul spécialisés, mis sous une forme " utilisable " et finalement acheminés (télex, téléphone, courrier postal,...) vers notre expérimentateur. Sans quitter son laboratoire, celui-ci peut donc surveiller les variations thermiques des parois de son volcan...

Ajoutons que lorsque la station de mesure est mobile (si elle est installée sur une bouée marine emportée par les courants, ou sur un iceberg, ou sur un navire, ou dans la nacelle d'un ballon libre, etc.) le centre de traitement peut calculer sa position géographique : c'est ce qu'on appelle la mission localisation. Cette détermination peut être faite par mesure de l'effet Doppler (écart entre la fréquence reçue par le satellite et celle émise par la station). Dans le cas d'Eole, il s'y ajoutait une mesure de distance.

Les avantages du système de collecte de données par satellite à défilement sont considérables puisqu'il combine ceux du satellite (survol de l'ensemble du globe, importance de la surface " vue " de façon instantanée, rapidité de la transmission de l'information) et ceux de l'informatique (grande quantité d'informations prises en compte et vitesse de calcul très élevée). La collecte et la distribution des mesures peuvent ainsi être effectuées dans des délais très courts, même si ces mesures sont faites dans des zones isolées ou d'accès difficile (par les moyens et techniques traditionnels), à savoir les océans (qui représentent, ne l'oublions pas, environ 70 % de la surface du globe), et les régions montagneuses, arides ou polaires.

Les programmes de collecte de données entrepris de 1960 à 1975 avaient un caractère plus ou moins expérimental.

La mise en place, à partir de 1976, du Service Argos (créé au sein du CNES, dans le Centre spatial de Toulouse) marque les débuts du premier système opérationnel de ce type à l'échelle mondiale. Entrepris en coopération franco-américaine, il sera à la disposition de la communauté scientifique et industrielle mondiale au moins jusqu'en 1985. Avec Argos, la France (les scientifiques et les industriels associés à la conception et à la mise au point du système) joue un rôle primordial en faveur du développement de cette technique de pointe.

Afin d'illustrer ce thème (a priori un peu hermétique) de la localisation et de la collecte de données, nous voudrions procéder à l'énumération (non exhaustive, bien sûr) des expériences les plus originales et les plus caractéristiques. Nous mêlerons tout à la fois les applications scientifiques et industrielles... mais le lecteur fera, de lui-même, la distinction. Toutefois, pour mieux souligner l'état actuel de la technique, nous n'évoquerons (sauf précisions contraires indiquées en toutes lettres) que des expériences effectivement réalisées ou en cours de réalisation.

Un moyen commode pour passer en revue les grands domaines d'applications de la localisation et de la collecte de données peut consister à prendre en considération la station (on dit aussi plate-forme ou balise) et à distinguer selon qu'elle se trouve dans l'atmosphère, à la surface des eaux ou sur la terre ferme.

Dans l'atmosphère

Pour le profit des météorologues, le plus grand nombre de balises émettrices ont — à ce jour — été installées dans des nacelles de ballons libres, dérivant au gré des vents. Le plus souvent, l'équipement embarqué mesure la température ambiante et la pression locale.

A titre indicatif, citons, entre autres, les campagnes ayant fait intervenir une cinquantaine de ballons pour Nimbus-4 (1970), près de cinq cents ballons français pour Eole (1971), une quarantaine de ballons français pour l'expérience Couche limite tropicale (en 1975, avec Nimbus-6), près de cent ballons français pour l'expérience Balsamine (1979), enfin les quelque trois cents ballons américains pour la Première expérience mondiale du GARP (1979).

Ces expériences.profitent à plusieurs disciplines, à la météorologie d'abord, pour les prévisions à court terme mais aussi pour la mise au point de modèles de circulation atmosphérique générale, ensuite à l'agriculture, à la protection de l'environnement, à la navigation aérienne et maritime, etc.

A la surface des eaux

Dans cette catégorie, on peut distinguer les balises fixes et les balises mobiles.

Balises fixes

Il s'agit surtout des stations météorologiques automatiques (on dit parfois : bouées ancrées) en bordure des (ou dans les) fleuves, des lacs ou des océans, installées dans des zones peu peuplées ou d'accès très difficile. Elles contribuent à collecter des données comme la vitesse des vents, la pression atmosphérique, la température de l'eau (en surface ou en profondeur), le niveau des eaux, leur vitesse d'écoulement. Pour contrôler la qualité des eaux, ces stations peuvent s'intéresser à des paramètres particuliers, selon les cas : teneur en oxygène, salinité, conductivité électrique, concentration de composés alcalins ou acides, présence de déchets industriels, etc.

La connaissance de ces renseignements donne aux spécialistes la possibilité de prendre rapidement les dispositions qui s'imposent face à une menace de sécheresse ou d'inondation. Elle profite aussi aux responsables de la lutte contre la pollution, aux océanologues, aux météorologistes (étude des interactions océan/atmosphère,...), aux ingénieurs chargés de contrôler les centrales hydro-électriques, etc.

Balises mobiles

Une première série de balises concerne ce qu'on appelle les bouées dérivantes, entraînées par les courants des océans ou de certains grands lacs. Les paramètres mesurés sont les mêmes que ceux présentés dans le paragraphe précédent (plus la localisation).

En vue d'améliorer notre connaissance des migrations de certains poissons, l'étude des courants marins peut se faire à grande profondeur (l'ancre flottante, qui détermine le mouvement de la bouée, est immergée à la profondeur du courant à étudier ; celle-ci peut varier de 10 à 1 000 m environ). Elle peut également être faite le long des côtés pour déterminer les conditions de dilution des rejets industriels. Ainsi par exemple, diverses études menées en vue de connaître les migrations des larves de homard (scientifiques australiens/Eole complémentaire) que l'on retrouve à plus de 800 km des lieux de ponte, ou bien encore les recherches (expérience Argos) sur les larves de langouste dérivant le long des côtes atlantiques du continent nord-américain, à proximité du Canada. Leurs résultats intéressent vivement les pêcheries.

On pourrait aussi indiquer l'étude (via Argos) de vastes tourbillons dans le Pacifique nord, de courants marins (Gulf Stream, Kouro-Shivo).

D'autres études ont un cadre plus large, par exemple celles qui consistent à essayer d'établir des relations entre les vents à la surface des eaux et la vitesse (et la direction) des courants marins.

Au lieu d'être installée sur une bouée dérivante, la balise (émettrice de messages) peut être mise en place à la surface d'un iceberg, utilisé comme traceur de courants marins. La campagne Eole complémentaire avait permis de suivre la dérive de plusieurs icebergs (parfois sur près d'une année et plusieurs milliers de kilomètres) : les résultats, parfois inattendus, firent ressortir la complexité et parfois l'instabilité des courants des régions polaires.

Avec Argos, il est prévu quelques expériences sur les mouvements saisonniers des glaces pour adapter les périodes de forage pétrolier dans les zones polaires (mer de Beaufort près de l'Alaska).

On peut chercher à connaître plus précisément la formation, le mouvement, l'épaisseur et les conditions de dégel des bancs de glace. Pour mieux apprécier leur dérive, la corrélation avec l'environnement (vent, courant, houle) peut être étudiée.

Les balises peuvent, encore, être installées sur des navires marchands qui constituent alors autant de stations météorologiques (malheureusement restreintes aux seules routes maritimes...). Elles retransmettent des données sur la pression et la température atmosphérique, la vitesse des vents, etc. Jusqu'à une date récente, c'était le seul moyen d'être renseigné sur les conditions météorologiques des océans. Le fonctionnement automatique des balises libère l'équipage des tâches de surveillance météorologique.

Les bateaux de plaisance peuvent aussi être équipés de balises. En 1972, une expérience de localisation du voilier Pen Duick IV d'Alain Colas, menée avec Eole, permit d'obtenir 72 points de localisation durant les vingt jours de sa traversée de l'Atlantique, Newport (États-Unis) — Deauville.

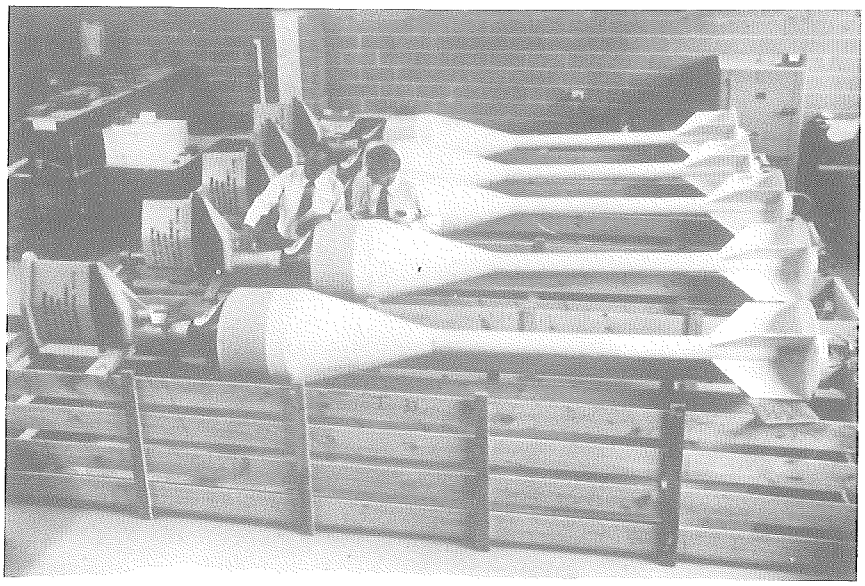


Fig. 2 - Préparation des bouées dérivantes utilisées pour la Première expérience mondiale du GARP qui fait intervenir le système Argos (Photo Bureau australien de météorologie).

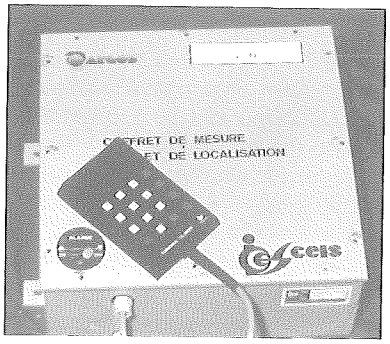


Fig. 4 - Le coffret d'électronique installé à bord des voiliers de la "Transat" 1979.

Fig. 3 — Station hydrologique installée à Kaolack (Sénégal) et dotée d'une balise Argos pour la transmission par satellite d'information sur le niveau du fleuve et la pluviométrie locale.
(Photo ORSTOM).

Fig. 5 - Bouée (10 m de diamètre) de la NOAA ancrée dans le golfe du Mexique : le système Argos collectera ses informations météorologiques.
(Photo NOAA).

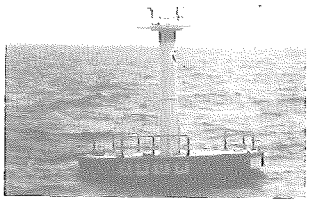


Fig. 6 - Représentation artistique du satellite américain Tiros-N à bord duquel est installé Argos, le système de localisation et de collecte de données.

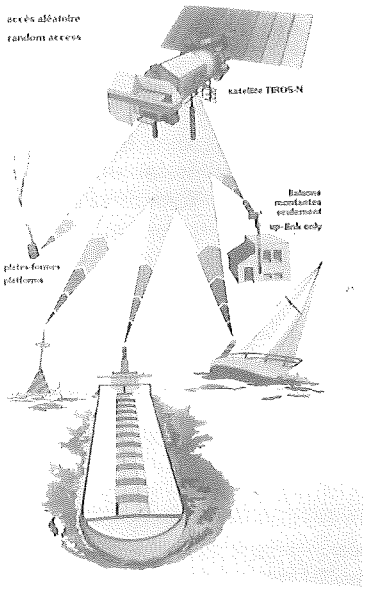


Fig. 7 - C'est au centre de traitement Argos que sont regroupées (puis distribuées aux utilisateurs) les informations collectées par les balises Argos dispersées à la surface du globe.

Lors de la récente Course transatlantique en double (Lorient-les Bermudes-Lorient ; environ 10 000 km et cinq semaines de voyage pour les premiers arrivants), les concurrents ont — pour la première fois dans l'histoire des épreuves nautiques — été repérés régulièrement grâce à la balise Argos dont leur voilier était équipé : plusieurs fois par jour, chaque embarcation était localisée à environ 1 mille nautique près (la 60e partie d'un arc de méridien de 1° à 45° de latitude, soit 1 852 m).

De plus, le Service Argos a permis une intervention rapide et efficace des secours pour des concurrents en difficulté. Ce qui — ajouté aux nombreux drames de la mer — suffirait à justifier, s'il en était encore besoin, la mise en place d'un système de recherche et de sauvetage par satellite, tel le projet Sarsat (Search And Rescue SATellite) que le Canada, les États-Unis et la France ont décidé de réaliser.

Il sera mis en œuvre vers 1982, les trois derniers satellites de la série Tiros-N (NOAA-E, F et G) embarquant l'équipement Sargos (dérivé d'Argos) pour la collecte et la localisation des signaux de détresse émis avec de nouveaux types de balise (sur la fréquence 406 MHz). Ce service concernera les avions de tourisme, les chalutiers, les bateaux de plaisance, les expéditions, etc. L'Union soviétique pourrait réaliser un programme complémentaire de Sarsat, compatible des points de vue technique et délais.

Sur la terre ferme

Là encore, il y a lieu de distinguer les plates-formes fixes de celles qui sont en mouvement.

Balises fixes

On retrouve ici les stations météorologiques, pour la mesure d'un certain nombre de grandeurs physiques sur les précipitations et sur l'état de l'atmosphère, qu'on peut installer dans les régions inhospitalières ou au climat rigoureux.

Par ailleurs, mises en place dans les massifs montagneux, ces stations automatiques peuvent aussi aider à une meilleure connaissance des conditions d'enneigement (masse, épaisseur) ou de la glace recouvrant le sol : données importantes pour l'évaluation de l'ampleur de la fonte des neiges.

Pour les besoins de la géologie et de la géophysique, on peut être amené à installer des balises en des zones particulières de la planète, de façon à surveiller (et essayer de prévenir) les tremblements de terre, les éruptions volcaniques, les glissements de terrain et autres cataclysmes naturels. Dans ce cas, la collecte de données par satellite permet la transmission rapide d'un grand nombre de mesures faites en des points isolés sur des phénomènes à évolution parfois soudaine.

Par exemple, une expérience avec Nimbus-4 prévoyait l'installation d'une plate-forme sur le volcan Kilauea (Hawaii) pour fournir quotidiennement une quinzaine de mesures de température du sol (parois du volcan) afin de tenter d'établir une corrélation entre des variations thermiques et une éruption.

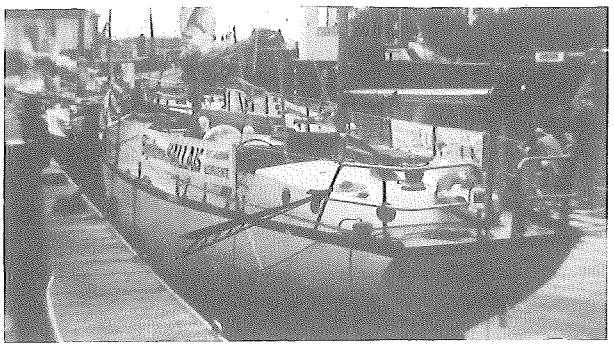


Fig. 8 - C'est grâce à cette antenne (indiquée par une flèche) que les voiliers de la récente "Transat" ont été localisés par le système Argos (Photo M. Deschamps).

Balises mobiles

Un domaine original, faisant intervenir une station émettrice mobile, concerne l'étude des migrations animales.

Par exemple, pour Nimbus-3, des élans de la réserve de Jackson Hole (Wyoming, États-Unis) furent équipés de colliers émetteurs (de 10 kg) devant servir à suivre leurs déplacements.

Pour Nimbus-4, ce sont des capteurs de température et d'humidité qui furent installés à l'intérieur d'une tanière d'ours, avec une balise à proximité, pour essayer de comprendre les raisons de la constance de la température et de l'humidité qui y règnent. Des expériences préliminaires avaient montré que la température intérieure ne descendait pas au-dessous de 0° alors qu'à l'extérieur le thermomètre indiquait de − 29 à − 34°C.

Avec Nimbus-6, des ours polaires (dotés de colliers émetteurs) furent suivis sur des centaines de kilomètres.

Deux expériences de ce type (maritimes cette fois) sont prévues avec Argos : l'une pour l'étude du comportement des requins pélerins (bouées flottantes reliées par câble à l'animal), l'autre pour la protection et l'étude des marsouins (fixation de la balise sur l'aileron dorsal). A ce jour, aucune n'a encore été entreprise.

Jean-Pierre Penot
C.N.E.S.

EXTRAIT D'ESPACE INFORMATION N°16 — OCTOBRE 1979 —
Revue éditée par le centre national d'études spatiales.

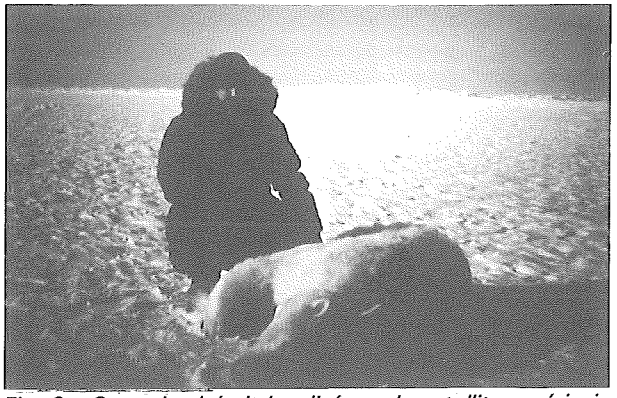


Fig. 9 - Cet animal était localisé par le satellite américain Nimbus-3 (1969) à l'aide de son collier émetteur (Photo UPI).

L'AUTOMATISME dans l'acquisition et la gestion des grands patrimoines fonciers

par Roger Schaffner Géomètre D.P.L.G.

INTRODUCTION

Si j'ai choisi ce thème, c'est pour vous parler de ces choses silencieuses et invisibles, indétectables à l'œil nu ou au " scanner ", même multispectral, de n'importe quel satellite (à l'heure actuelle).

Leur intérêt échappe à la plupart des spécialistes de la topographie pour qui ces procédures restent mystérieuses et qui pourtant ont leur importance. Sans leur déroulement aucun " premier coup de pioche " ne serait donné et pas un seul immeuble, de grande hauteur ou pas, ne s'élèverait du sol dont la maîtrise doit être préalablement assurée.

Je n'ai pas l'intention de vous assommer avec des détails administratifs, juridiques et financiers, mais seulement de vous faire effleurer du doigt un domaine où l'utilisation de l'informatique ne fait que débuter.

Mes remerciements vont à ceux qui m'ont permis de me documenter au-delà de ma propre expérience. Je regrette seulement, qu'une fois de plus, et cela depuis plus de 10 ans, certains responsables n'aient pas cru utile de faire participer tous les techniciens compétents à l'effort de coordination permettant d'aboutir à des systèmes unifiés.

J'espère bien que cet exposé fera réfléchir bon nombre de mes collègues et qu'il attirera leur regard sur les horizons nouveaux qui s'offrent à eux.

QU'EST-CE QU'UN PATRIMOINE ?

Un patrimoine, tel que généralement conçu, est constitué par un nombre plus ou moins important de parcelles ou d'îlots de propriété formant un ensemble cohérent ; comme un domaine ou une exploitation unique, d'un seul tenant ou pas. Tant que l'on est dans ce cas, la surveillance, la gestion et la sauvegarde de la propriété ne présentent aucune difficulté et tout se règle traditionnellement, au coup par coup.

On peut acquérir ce genre de domaine, si on en a les moyens, aussi facilement qu'une petite parcelle.

Un patrimoine commence à devenir grand lorsque les îlots de propriété s'accumulent nombreux et diversement dans la main (ou le portefeuille) d'un seul propriétaire. Ceci tout particulièrement, s'il ne les acquiert pas tous dans un même but, si la destination des uns et des autres ne doit pas être la même et surtout lorsque son intention est de les manipuler pour aboutir à un nouvel agencement de la propriété.

On voit de suite que ce genre de propriétaire se retrouve essentiellement parmi les collectivités, services et établissements publics, les divers affectataires des biens de l'État, ainsi que certains organismes financiers.

COMMENT CONSTITUER UN PATRIMOINE ?

En toute hypothèse, il ne s'agit pas d'acquérir en une seule fois un patrimoine déjà constitué, mais bien d'en constituer un, par petits morceaux dispersés, appartenant, au départ, à des propriétaires différents.

Il tombe sous le sens que cela ne peut se faire en un seul jour, ni suivant une même procédure, celle-ci pouvant aller jusqu'à l'expropriation.

Dans tous les cas il y a lieu de tenir compte des identifiants de la propriété et de ses détenteurs à quelque titre que ce soit, autrement dit des biens et des personnes. Il est même essentiel de les déterminer une fois pour toutes, dès le départ.

L'acquisition ou la constitution d'un grand patrimoine est basée sur un programme d'actions concertées, qu'il y a lieu de suivre point par point, d'un bout à l'autre. De même, la procédure d'acquisition doit se dérouler selon des règles bien précises et extrêmement rigides. Elle sera plus ou moins longue et compliquée. Cela dépendra beaucoup de l'habileté, de la compétence, nous dirions même de la virtuosité de l'opérateur foncier et du climat psychologique qu'il aura pu ou su instaurer autour de toute l'affaire.

Tout cela se traduira en fait par des documents écrits ou il sera continuellement question du ou des terrains à acquérir ou à mettre en portefeuille. L'échange de correspondance, de mises au point, de décisions, de mémoires, etc,... sera périodique et traînera en longueur faute d'échéancier surveillé ; bref il est indispensable de pouvoir faire le point, à tout moment, des phases de la procédure.

La somme des données et renseignements à rassembler, à reproduire partiellement ou totalement en vue de leur diffusion sous toutes les formes possibles, représente une masse de paperasse où la plupart des responsables, et des mieux avertis, risquent de se perdre ou d'en égarer une bonne part ; sans compter le travail matériel et les risques d'erreurs que cela comporte.

Pour pallier ces inconvénients, l'enregistrement en ordinateur, de tous les éléments à faire intervenir s'avère d'une utilité incontestable.

Ainsi pour des acquisitions systématiques, notamment sous déclaration d'utilité publique (D.U.P.), le recueil des renseignements sur les parcelles et les propriétaires permet à lui seul, l'édition automatique directe :

— de l'état parcellaire ;
— de la liste des propriétaires ;
— des notifications individuelles et des questionnaires joints ;
— des récépissés avec accusés de réception.

Et après complètement des renseignements recueillis au fur et à mesure :

— des fiches de suivi d'acquisition, par affaire ;
— des fiches de suivi d'éviction, par locataire.

Enfin, après élimination (automatique) des affaires traitées à l'amiable, l'édition du tableau de l'arrêté de cessibilité, sous la forme réglementaire, pouvant servir à la publication de l'ordonnance d'expropriation.

Cette énumération est volontairement limitée à des documents usuels et l'on comprendra aisément que l'acquéreur dispose là, pour ses besoins propres, de possibilités presque illimitées d'exploitation des informations qu'il enregistre au fur et à mesure et qui lui serviront toujours par la suite.

Une seule remarque à ce sujet, c'est qu'il s'agit de n'enregistrer que des données sûres, valables et rigoureusement contrôlées dès le début ; ce qui, en matière de technique foncière, est extrêmement délicat et nécessite un certain entraînement avec une bonne connaissance des possibilités et des moyens d'y parvenir.

En matière de préemption, les acquisitions se faisant dans un ordre dispersé, chaque affaire est suivie globalement en surface et prix, quel que soit le nombre de parcelles qu'elle comporte ; celles-ci n'apparaîtront et ne seront enregistrées qu'au moment de leur acquisition effective.

Les phases de la procédure de préemption sont saisies chronologiquement, à savoir : la D.I.A., la fixation du prix, la décision du bénéficiaire du droit de préemption, l'accord ou la renonciation du propriétaire, éventuellement l'arbitrage du juge, et l'acquisition. Les éléments déterminants entrant en ligne de compte sont : le prix déclaré, le prix estimé, le prix jugé éventuellement, l'opportunité de la préemption, l'acquisition et le paiement du prix.

QUE DOIT-ON ENTENDRE PAR GESTION FONCIÈRE ?

On peut admettre comme règle, que le maintien et la conservation de la propriété ou de la situation foncière d'un patrimoine, constituent la gestion foncière. Il faut être confronté journellement aux difficultés de cette gestion pour en saisir exactement la signification, et surtout pour ne pas s'imaginer qu'en cette matière tout est immuable et qu'au grand jamais la situation dans le temps restera celle de l'origine.

Ce n'est qu'après avoir levé toutes les ambiguités relatives aux biens que l'on peut aborder la gestion dite " commerciale " qui consiste avant tout, à couvrir les charges par des recettes, si ce n'est pas aussi de vivre de la propriété, et même d'en prospérer.

Ceci nous amène à parler des sommiers qui sont, somme toute, les inventaires des propriétés acquises, détenues et vendues. La tenue d'un sommier est obligatoire pour tout détenteur de biens immobiliers acquis sur fonds publics ou d'emprunt garantis par l'État. Il en est donc ainsi pour tout service ou établissement public.

Il tombe sous le sens que la tenue d'un sommier est recommandée dans tous les autres cas. A condition de le faire systématiquement et de façon continue, cela constituera une preuve de bonne gestion.

Un sommier n'est rien moins qu'une comptabilité matière (de la propriété et des droits fonciers) avec les entrées, la conservation ou la transformation du stock et les sorties. L'immatriculation au sommier se fait par l'attribution d'un numéro d'ordre qui constituera le fil conducteur d'un bout à l'autre de la chaîne des transformations éventuelles, ainsi que l'élément de liaison avec le fichier comptable.

Là encore, il est inutile de dire qu'il est indispensable de sortir des méthodes manuelles dès que l'on sent qu'il n'est plus possible de faire face à des situations qui risquent de devenir inextricables, et dès que l'on est obligé — disons-le sans rire — de répondre aux questions les plus saugrenues de la part de certains innocents quand ils savent que vous détenez une documentation à peu près complète sur votre patrimoine. Il est quand même plus agréable de pouvoir répondre en appuyant sur un bouton que de paniquer pour feuilleter de la paperasse éparpillée et pour additionner des masses et des chiffres illogiquement disposés.

L'auteur de cet article tient à disposition des lecteurs intéressés quelques exemples de documents tirés des fichiers utilisés par l'Agence Foncière et Technique de la Région Parisienne, avec annotations et commentaires. Ils montrent mieux qu'un long discours et des explications compliquées, ce qui se fait et ils laissent entrevoir, en les examinant de plus près, les innombrables conclusions et enseignements que l'on peut en tirer.

MAIS QU'EN EST-IL DE LA TOPOGRAPHIE ?

Vous vous demandez sans doute ce que vient faire cet exposé en pleine réunion de topographes. En voilà de la littérature semblez-vous dire !

Eh bien oui ! Ce que nous vous présentons n'est, pour nous aussi, que de la littérature, un fatras de chiffres, de désignations, de surfaces, de dates et de personnes dont on n'a que faire. C'est tout ce que nous avons à vous offrir, car il manque l'essentiel pour parfaire cette œuvre littéraire : l'illustration par l'image qui devrait apparaître aux passages les plus intéressants du texte.

Si à l'heure actuelle, vous nous demandiez de vous situer les parcelles répondant à certains critères ou d'en monter une carte thématique, nous serions bien incapables de le faire autrement qu'en fouillant encore dans les tiroirs pour rechercher les plans cadastraux ou de détail, et les transposer, à la main, sur une carte à une échelle différente et ne convenant pas toujours ; vous voyez le travail ?

De même, on ne peut regrouper des parcelles contiguës qu'en consultant ces mêmes plans.

Nous ne voulons accuser personne et ne nous posons actuellement même plus la question de savoir si la topographie a tenu jusqu'à présent à ignorer cet aspect du " foncier " ou si c'est le " foncier " qui a voulu délibérément se passer des possibilités réelles de la topographie.

Toujours est-il que nous nous retrouvons aujourd'hui au même point que Napoléon, en 1807, au retour de Tilsitt : " à faire de la demi-mesure ! "

Nous avons bien, en son temps, contribué à faire admettre officiellement dans toute opération nouvelle d'envergure, la numérisation des points de limites de propriété, afin d'aboutir un jour très proche à leur représentation graphique automatique. Il ne fallait pas, à cette époque, manquer une si bonne occasion, surtout au moment où tous les géomètres et topographes se sont mis unanimement à calculer et à s'exprimer en X, Y et Z.

Constatons simplement que tout ceci est resté à l'état de voeu pieux, sauf pour quelques établissements publics d'aménagement des Villes Nouvelles qui, s'ils ont des fichiers parcellaires manuels, exploitent néanmoins des systèmes de dessin automatique montés pour leurs propres besoins, mais sur des espaces relativement restreints. Là encore, chacun semble faire cavalier seul.

Combien sont donc les autres qui n'ont ni l'un ni l'autre et qui hésitent encore, croyant combiner ces procédés, plus tard, avec des plus perfectionnés ? Qu'ils commencent donc dès à présent ! Il sera toujours temps, avec toutes les données déjà disponibles et opérationnelles, de monter alors les grands systèmes tels que les fameuses " banques de données " de toutes sortes, tant attendues et dont on parle depuis si longtemps déjà. Et pourquoi pas le cadastre à buts multiples que tout le monde souhaite voir sortir un jour !

LES QUESTIONS SONT POSÉES,
QUAND ET COMMENT
Y SERA-T-IL RÉPONDU ?

N.D.L.R. Le texte de R. Schaffner est le compte rendu sténographié de la réunion BATIMAT. Nous n'avons pas cru devoir modifier son style très vivant et souvent imagé.

LA REVUE PROFESSIONNELLE C'EST NOTRE SPÉCIALITÉ...

VOUS EN FEUILLETEZ UN EXEMPLE...

MAIS NOUS IMPRIMONS TOUT CE QUI S'IMPRIME...

LE RAPPORT QUALITÉ - PRIX - DÉLAIS EST NOTRE POINT FORT

DE LA COPIE... À LA LIVRAISON SOUS TOUTES LATITUDES ET LONGITUDES

(DE NOTRE PLANÈTE POUR L'INSTANT...)

IMPRIMERIE MODERNE

UNION SOCIALE DE LA HAUTE-AUVERGNE

AVENUE DE CONTHE

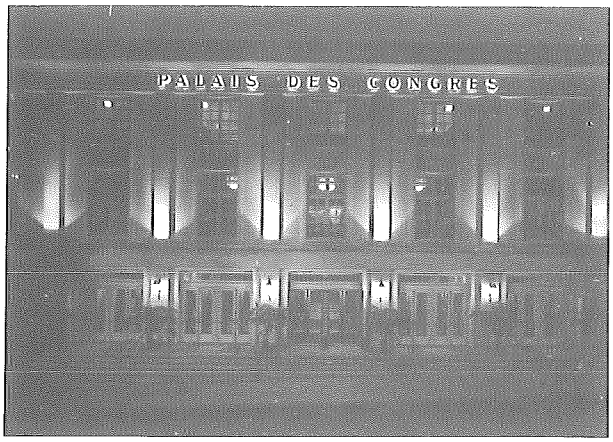
B.P. 55

15000 AURILLAC

TÉL. : 71/63.44.60./63.57.90.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE
DU 17 DÉCEMBRE 1979
AU PALAIS DES CONGRÈS DE VERSAILLES
COMPTE RENDU

Le palais des congrès de Versailles.



Le président CATINOT prend la parole à 10 h pour déclarer ouverte la première assemblée générale de l'Association Française de Topographie.

Successivement, le secrétaire-général VINCENT et le trésorier FUHRER, donnent lecture du rapport moral et du rapport financier de l'association.

M. FUHRER demande à l'assemblée la nomination de deux vérificateurs des comptes ; MM. DUCHATEAU et EVENNOU sont volontaires. Après examen du livre de comptes, ils déclarent que les vérifications qu'ils ont effectuées montrent une tenue correcte des comptes.

Les deux rapports sont approuvés à main levée à la majorité des présents.

Pendant que se déroulent les premières opérations de contrôle du vote par correspondance, conduites par MM. ENJALBERT et DAUGE, M. FUHRER propose la fixation des cotisations pour 1980 et commente l'intérêt, pour l'A.F.T., de reconduire pour 1980 le montant de celles appliquées en 1979.

Après une courte discussion, les cotisations 1980 sont fixées au même tarif que pour 1979.

M. CATINOT propose à l'assemblée la ratification par l'assemblée générale de la nomination de M. l'ingénieur général géographe J.J. LEVALLOIS, en qualité de membre d'honneur de l'association.

Cette nomination est approuvée à l'unanimité.

Ensuite, M. PUYCOUYOUL, qui a été l'organisateur de l'assemblée générale ordinaire, présente :

— les présidents régionaux * élus par leurs régions,

— les candidats aux postes de membres nationaux du conseil.

A 11 heures, M. PUYCOUYOUL propose aux membres présents de voter.

A 11 heures 30, le vote est clos et sous la direction de MM. ENJALBERT et DAUGE, auxquels se joignent des scrutateurs volontaires, le dépouillement est achevé à 13 heures 30.

Après le vote, une discussion s'engage sur différents sujets, et notamment sur l'organisation de la qualité en topographie, particulièrement animée par l'ingénieur-docteur GERVAISE.

De nombreux participants à l'assemblée prennent alors la parole.

La séance prend fin à 12 heures, tous les membres sont alors invités à prendre leur repas, s'ils le souhaitent, à la salle Lulli, mais aussi à visiter l'exposition de matériels et instruments.

La séance reprend à 14 heures 30, sous la présidence de M. A. BOURCY, vice-président de la Fédération Internationale des Géomètres qui présente les conférenciers.

M. l'ingénieur général des Ponts et Chaussées DUBUISSON expose, avec éloquence, ce que pourrait être la topographie de l'an 2 000.

Ensuite, M. GERVAISE nous fait entrer dans le sujet qu'il domine de toute sa science : la métrologie de précision et nous fait part des résultats qu'il a obtenus au CERN (Genève).

A 16 heures 15, suspension de séance.

Au cours de cette pause, les membres du conseil élus se retirent pour élire les membres du bureau.

A 17 heures 15, M. BOURCY présente M. J.J. LEVALLOIS qui va nous faire vivre intensément, durant 1 heure, ce qu'est le nivellement de précision à l'échelle d'un pays.

M. BOURCY qui a su, après chaque conférence, synthétiser avec beaucoup d'à-propos les idées directrices émises par les conférenciers redonne la parole à M. LEVALLOIS, pour l'annonce officielle des résultats des élections : membres nationaux du conseil et membres du bureau.

M. BOURCY donne la parole, avant de conclure par quelques mots cette assemblée générale, à M. CANAL représentant le Maire de Versailles, empêché.

Le président CATINOT remercie les personnalités présentes et le président BOURCY, et lève la séance à 18 heures 30.

* Le titre de président complétant celui de délégué régional sera inscrit pour approbation à l'ordre du jour de la prochaine assemblée extraordinaire.

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT

Mesdames, Messieurs,
Mes Chers Collègues,

C'est avec joie, mais aussi avec émotion que je déclare ouverte cette première assemblée générale de l'Association Française de Topographie.

Si, pour cette réunion, nous avons choisi le palais des congrès de Versailles, c'est pour mettre enfin à l'honneur les topographes et pour donner à la topographie le rayonnement qu'elle mérite.

En plusieurs occasions, au cours de cette année, je vous faisais part de mes idées sur ce que devrait être notre association.

Aujourd'hui, c'est à vous tous, qui êtes venus ici, qu'il appartiendra, tout à l'heure, d'exprimer vos opinions à ce sujet.

Dans quelques instants, nous procèderons aux élections des 11 membres nationaux du conseil d'administration.

Je vous demande de bien choisir, parmi les 17 candidats éligibles et rééligibles ceux qui, à vos yeux, vous apparaissent comme les plus capables de prendre en charge les destinées de l'A.F.T.

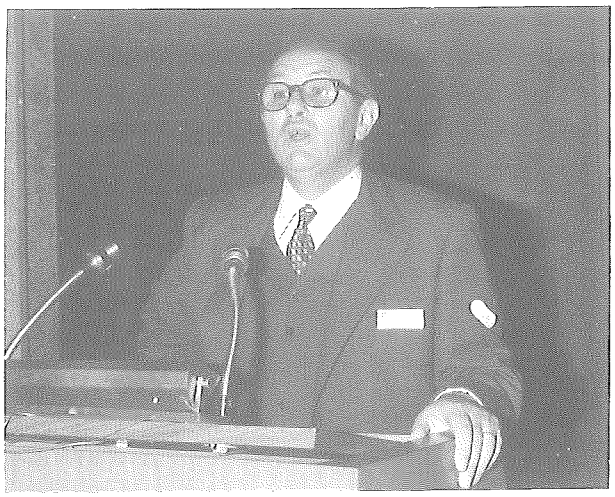
A cette première assemblée, il manque, à nos côtés, un membre du conseil : M. Frédéric COURTEL.

En souvenir de sa mémoire et de celle de notre collègue BONGIBAULT, également disparu, je vous prie de bien vouloir observer une minute de silence..

C'est le président BOURCY, représentant M. le président de la Fédération Internationale des Géomètres, dont il est lui-même le vice-président, qui dirigera la séance de cet après-midi.

D'autres personnalités, parmi lesquelles nous sommes fiers de compter M. le Maire de Versailles, honoreront notre assemblée par leur présence.

Je les remercie tous pour cette participation et j'espère qu'ils conserveront de ce contact avec le monde topographique, un souvenir agréable et utile.



Cet après-midi donc, sous la présidence de M. BOURCY, d'éminents spécialistes nous entretiendront de sujets touchant à notre profession qui ne manqueront pas d'intéresser les uns et de passionner les autres.

Je les remercie à l'avance pour leur contribution comme je vous remercie tous d'apporter, par votre présence, un réconfort moral à ceux qui ont des charges et des responsabilités au sein de l'association.

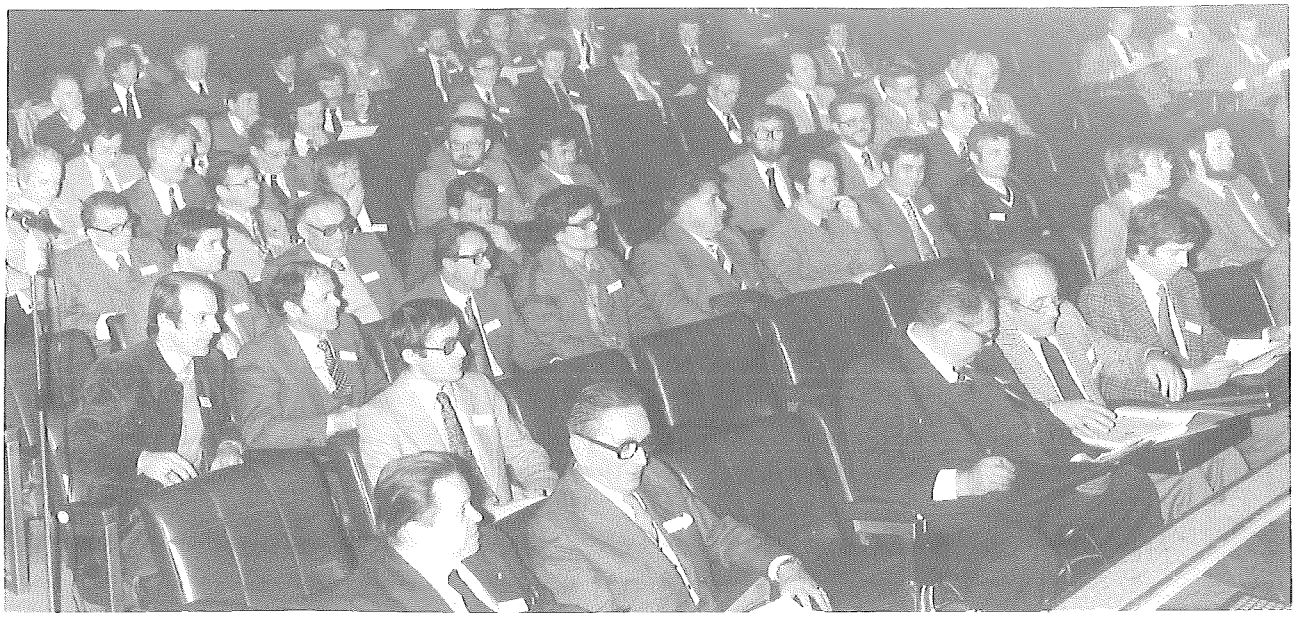
A ceux-là, qui m'aident dans ma tâche et dont certains d'entre eux sont allés jusqu'à la limite de leur possibilité pour faire vivre l'A.F.T., je veux aujourd'hui témoigner toute ma gratitude.

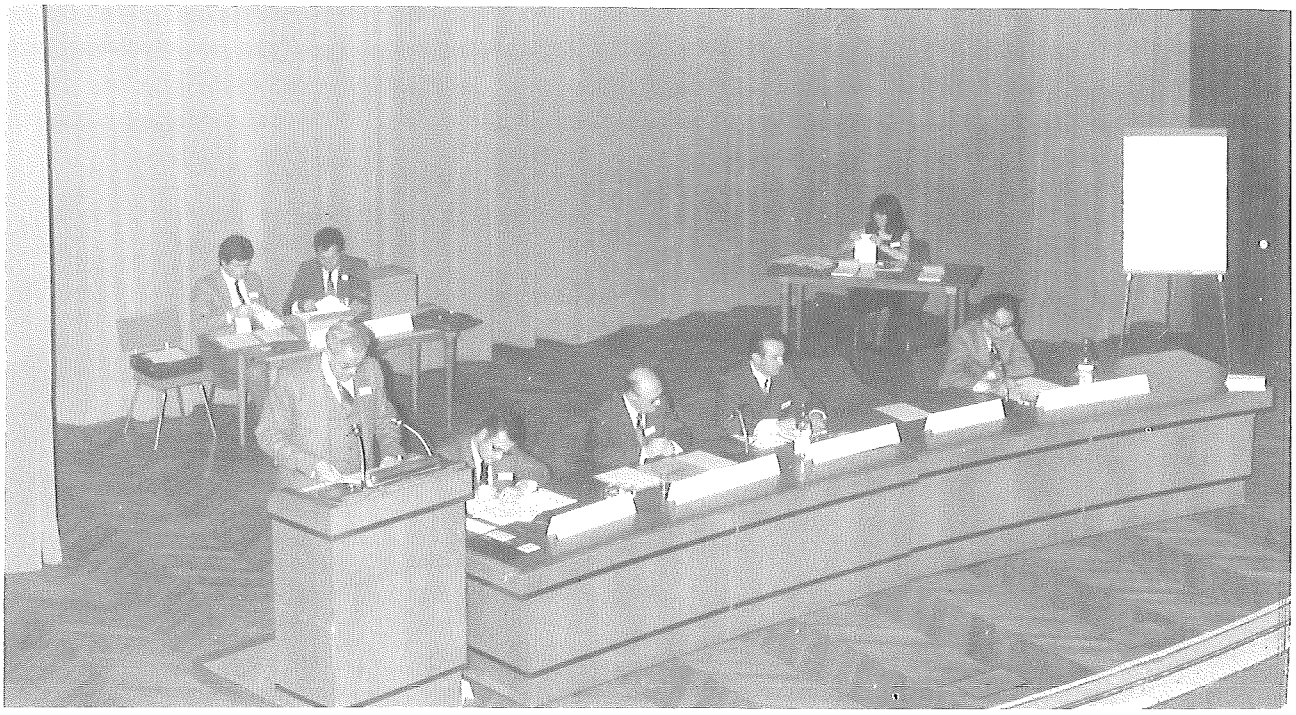
Grâce à eux, à leurs efforts, notre association a pris le large. Elle s'achemine maintenant, avec un mouvement irréversible, à destination des objectifs qu'elle s'est fixée.

Que notre association, au fil des ans, s'étoffe et se fortifie, tel est mon vœu le plus cher en cette fin d'année 79 avec celui que vous emportiez de cette première assemblée un sentiment de satisfaction et d'espérance.

Merci pour votre attention.

L'assistance. Au premier rang :
MM. D'Hollander, Dubuisson, Alajouanine, Gervaise et Mayoud.





RAPPORT MORAL

par Robert Vincent, Secrétaire Général

Il y a juste un an le 15 décembre 1978 se tenait à Paris, l'Assemblée Générale constitutive de notre Association.

Notre réunion d'aujourd'hui est l'occasion de faire le bilan de cette période préparatoire et de lancement qu'a été l'année 1979.

1. ADMINISTRATION

Sur le plan administratif, après l'élection de son bureau le 30 janvier, l'Association a été déclarée, et les statuts, élaborés avec vous l'année dernière, ont été déposés à la Préfecture de Police de Paris le 5 février 1979.

Le siège de l'Association a été fixé au 39 ter rue Gay Lussac Paris 5e dans les locaux de l'Institut Géographique National.

Notre Association se voulant décentralisée, un découpage du territoire en 12 régions a été institué. Ce découpage n'est pas définitif. Il a déjà subi une première modification en créant une 13e région (région de Caen Basse et Haute-Normandie).

Un projet de règlement intérieur est en cours d'élaboration. Il sera mis au point par le Conseil qui sera élu aujourd'hui et proposé à la ratification de la prochaine Assemblée Générale.

2. ADHÉSION

Grâce à l'effort de chacun, nous enregistrons un flux continu d'adhésion au rythme de 50 par mois. A part un léger fléchissement pendant la période des congés l'allure de la progression est linéaire depuis le mois de mars.

Aujourd'hui nous sommes 500. Sur ce nombre, 30 % environ sont membres de l'Ordre des Géomètres Experts.

Certaines régions ont obtenu des résultats remarquables telles les régions : Provence Languedoc - Rhône Alpes et Ile de France qui ne sont pas loin ou atteignent déjà la centaine d'adhérents chacune.

Un effort devra être fait pour toucher davantage de topographes travaillant au sein d'entreprises de Travaux Publics ou dans le secteur parapublic.

Nous attendons avec impatience tous les professionnels sans grade. Cette Association est aussi faite pour eux.

On peut se montrer très réconforté dans le fait que la quasi totalité des adhésions, d'où qu'elles viennent, ont été réglées par chèque personnel. Vous pouvez en être très fiers. On en conclut à une volonté profonde de nos adhérents de participer.

Un fichier des adhérents sera informatisé. Sa tenue à jour est impérative. Chaque adhérent devra sans tarder signaler tout changement survenant dans son adresse, téléphone, situation.

Nous avons eu par ailleurs le réconfort d'enregistrer l'adhésion de 4 membres de soutien.

3. RÉUNIONS DU CONSEIL ET DU BUREAU

Le conseil de votre Association, formé des 12 membres élus lors de l'Assemblée Générale du 15 décembre 1978 et de 10 Délégués Régionaux provisoires, s'est réuni à neuf reprises dans le courant de l'année 1979 : les 30 janvier, 12 mars, 26 avril, 21 mai, 21 juin, 7 août, 27 septembre, 22 octobre et 29 novembre.

C'est lors de la première de ces réunions que le bureau 1979 a été élu.

Ce bureau s'est réuni le 14 février, puis certains de ses membres se retrouvaient, dans la mesure de leur disponibilité, tous les mardis matin, au siège de l'Association.

4. RENCONTRES RÉGIONALES

Chaque section régionale a organisé au moins une réunion d'information et quelquefois une journée de rencontre.

On peut être satisfait du dynamisme de certaines régions et toutes les autres sont invitées à les imiter.

5. BULLETIN

En cours d'année, divers documents ont été diffusés à tous les adhérents :

— le 5 mars, une plaquette présentant l'Association, son Conseil, ses Délégués Régionaux et les 4 premiers articles des statuts.

— le 1er juin et le 17 juillet, deux " dernières nouvelles de l'A.F.T. "

— en août, une lettre du Président à tous les adhérents

— puis le 15 novembre, le premier bulletin de l'Association est paru. Pour ce premier numéro, le thème a été : les 8 commissions techniques récemment créées.

Il est prévu que la revue, au nom évocateur de " XYZ ", paraîtra trimestriellement.

6. COMMISSIONS

Les activités de notre Association vont s'organiser au sein de 8 commissions. Tout adhérent doit trouver dans la variété des commissions la possibilité de participer aux activités d'une d'entre elles au moins.

7. ACTIONS A L'ÉTRANGER

Des contacts ont été pris avec des Associations sœurs étrangères et avec des personnalités étrangères. Cet effort sera à poursuivre en 1980.

Un appel aux adhérents parfaitement bilingues a été entendu. Cela nous permettra de présenter dans la revue les articles les plus remarqués dans les publications professionnelles étrangères.

8. RÉGIONS PRÉSIDENTS RÉGIONAUX

Les statuts de notre Association prévoient des Délégués Régionaux. Pour bien marquer l'importance que votre Conseil attache à la fonction, il a été décidé de vous proposer de modifier le titre de Délégués pour celui de Présidents Régionaux. Ceci traduit bien le souci de laisser beaucoup d'indépendance, donc d'initiative aux régions.

Un point du futur règlement intérieur, adopté par votre Conseil, a défini que l'élection d'un Président de Région ne pouvait intervenir qu'après avoir enregistré au moins 25 adhésions dans la région. C'est ainsi que quelques régions ont pu jusqu'à présent élire leur Président.

Mais pour exister, les régions ont besoin de ressources. Votre Conseil a envisagé, lors de la dernière réunion, de rétrocéder 40 % des cotisations et d'allouer en outre une contribution financière pour chaque colloque national organisé par une région.

9. COLLOQUES NATIONAUX DE L'A.F.T.

Par une entente, entre une des 8 commissions et une des 13 régions, on obtient l'organisation d'un colloque national qui tirera sa substance de la commission et aura le support logistique de la région.

Trois colloques sont prévus en 1980 :

— les 25-26 avril : Le Colloque de la région de Marseille se tiendra à Aix-en-Provence sur le thème " Topographie des Grands Travaux et Aménagements " (Commission 7)
Les responsables en seront : MM. DAUGE - BOUTONNIER - SECOND

— les 20-21 juin : Le Colloque de la Région de Lyon se tiendra à l'INSA sur le thème " Topomètre Industrielle et Organisation de la Qualité " (partie de la Commission 8).
Les responsables en seront : MM. GERVAISE - MEMIER - ALAJOUANINE
Une visite du complexe nucléaire du Bugey est envisagée.

— les 24-25 octobre : Le Colloque de la région de Strasbourg se tiendra à l'ENSAIS sur le thème " Formation, Enseignement " (commission 2).
Les responsables en seront : MM. d'HOLLANDER - PETITBERGHIEN - LAPOINTE.

Nous espérons nous y retrouver nombreux. Ces colloques seront ouverts à tous les membres bien sûr, mais aussi à tous ceux qui seront intéressés par les sujets.

10. ÉLECTION DU NOUVEAU CONSEIL NATIONAL

Nos statuts prévoient que nous devons procéder après la première année d'existence de l'Associatiom, à de nouvelles élections des membres du Conseil.

Les Présideprocéder après la première année d'existence de l'Association, à de nouvelles élections des membres du Conseil.

Les Présidents de région élus récemment et ceux restant à élire feront partie de droit du Conseil national conformément à nos statuts.

Par suite de la création d'une treizième région, onze postes seulement seront à pourvoir pour maintenir à 24 l'effectif des membres du Conseil National.

11. CONCLUSION

Notre Association qui a tout juste un an d'existence vient de vivre la première partie de sa phase de lancement. 500 adhésions acquises en 9 mois étaient il y a un an un objectif que beaucoup jugeaient ambitieux.

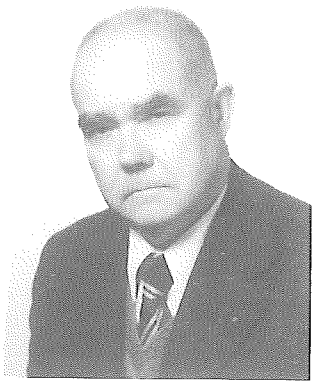
La confiance est venue aussi avec les encouragements que nous recevons chaque semaine dans le courrier de nos membres.

C'est avec l'émulation entre les activités des différentes régions, les deux grands motifs de réconfort.

Le Conseil qui va sortir des urnes tout à l'heure aura à poursuivre cette tâche tout en consolidant notre assise. Il faut espérer que l'enthousiasme, qui nous a aidés et guidés cette année, nous soutiendra jusqu'à ce que l'Association soit tout à fait majeure.

Cette Association était une nécessité. Grâce à vous tous, la preuve en est faite dès maintenant.

RÉSULTAT DES ÉLECTIONS



J.J. Levallois

M. l'ingénieur général géographe
J.-J Levallois
Premier membre d'honneur de l'Association Française de Topographie

Membres nationaux du conseil d'administration élus le 17.12.79

Inscrit : 506 — Votants : 368 — Suffrages exprimés : 366
Ont obtenu et sont élus :

Boutonnier J. : 295
Catinot L. : 331
Chevalier R. : 277
Daugé M. : 303
D'Hollander R. : 310
Enjalbert C. : 290
Fuhrer J. : 266
Mémier A. : 276
Puycouyoul J. : 305
Schaffner R. : 269
Vincent R. : 259

Claude Enjalbert et Maurice Daugé aux urnes.

Composition du bureau après les élections du 17.12.79

Président : **L. Catinot**

Vice Président : **R. Schaffner**

Secrétaire général : **R. Vincent**

Secrétaire-adjoint : **A.Mémier**

Trésorier : **J. Fuhrer**

Directeur des publications : **J. Puycouyoul**

Délégués régionaux élus membres du conseil et présidents régionaux
Paris-Ile-de-France : Bailly A. Rhône-Alpes : Alajouanine Y. Provence-Languedoc : Second P.
Centre : Combe J. Bretagne : Thézé J.

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 RIVENO Maurice (75)
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 (41)
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 (31)
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 (38)
186 BRISSOT Alain (60)
187 SAINT-SULPICE François (39)
188 DUMAZ Jean-Claude (92)
189 DE FONTGUYON Pierre (16)

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

439	HODOT Yves	(26)	480	FRANCES Pierre	(78)	521	FOUGEROUSE Paul	(26)
440	ZELLER Jean-Marie	(56)	481	GRELIER Pierre	(85)	522	JEANJEAN Pierre	(31)
441	BODU Gilles	(03)	482	MILLIOTTE Éric	(75)	523	OAQUIE Jean	(94)
442	SOMPAYRAC Lucien	(31)	483	REBION Gilbert	(44)	524	LABAILLE Serge	(51)
443	FALEZ Jean-Pierre	(59)	484	REUMAUX Frédéric	(59)	525	BRUCH Dominique	(56)
444	RAY Bernard	(38)	485	MARTIN Claude	(52)	526	MINET Henri-Claude	(35)
445	VOUREY Michel	(84)	486	FAVERJON Alain	(38)	527	LECHENE Jean-Luc	(35)
446	DEPEAU Roger	(84)	487	BERTRAND André	(31)	528	FEURER Gérard	(88)
447	GUERY Claude	(93)	488	ROBERT André	(93)	529	FABRE Robert	(84)
448	CLAUDE Émile	(38)	489	MATHISS Georges	(67)	530	GUEMERET Christian	(11)
449	SITTLER Guy	(91)	490	DARNAUD Guy	(92)	531	FAVRE François	(Tunisie)
450	LABBE Didier	(14)	491	GERBAUD Jacques	(32)	532	BRION Pierre	(08)
451	GAUTHIER Michel	(74)	492	VANIER André	(CDN)	533	PHLIPPEAU Jean-Luc	(45)
452	DUBOUIX Pierre	(35)	493	GARNERY Claude	(37)	534	SALOMON Pierre	(45)
453	CHARBONNIER Roger	(63)	494	LHOTE Jean, René	(49)	535	DJAOUI Bernard	(93)
454	JOLY René-Claude	(14)	495	DEFLERS René	(93)	536	SENI André	(06)
455	BAZILLOU Gilbert	(97)	496	FRANÇOIS Philippe	(82)	537	SANSAC Pierre	(31)
456	AMIEL Louis	(31)	497	BLANC André	(06)	538	CROZAT Jacques	(78)
457	FOSSI Enrique	(Maroc)	498	BREYTON Pierre	(92)	539	THOMAS Roger	(45)
458	PIJOURLET Pierre	(69)	499	ABRAHAMIK Casimir	(91)	540	NISSE Maurice	(94)
459	CATALÀ-COTTINI Bern.	(13)	500	DEMARWE Claude	(92)	541	BAULARD Pierre	(77)
460	MOURGUES Claude	(13)	501	BACON Jacques	(45)	542	TARIEL Jean	(N.L.)
461	DELMARE Alain	(13)	502	GAUBERT Patrice	(45)	543	FRANÇIS Guy	(32)
462	PALOMBO Jacques	(13)	503	PREVOT Marcel	(78)	544	BORNUAT René	(65)
463	FAURE Louis-Charles	(13)	504	MONVOISIN Philippe	(75)	545	PRIGENT René-Loïc	(35)
464	MOREL Jacques	(73)	505	ÉLISABETH Raymond	(26)	546	ROUX Daniel	(38)
465	PERRIER Lucien	(74)	506	SAMOULLIER Bernard	(75)	547	PERRIN Eugène	(03)
466	JACQUET Pierre	(74)	507	ALBENQUE Robert	(45)	548	JACQUET Jacques	(63)
467	MOREL Henri	(03)	508	HEYMANN Robert	(94)	549	LUBIKU Lusiense Belani	(ZAIRE)
468	BOCHET Bertrand	(59)	509	OLLIVIER Jacques	(61)	550	CANELLAS Guy	(13)
469	CALLENS Bertrand	(59)	510	BRET Pierre	(57)	551	GARABIGE Lucien	(70)
470	DEMERVILLE Christian	(62)	511	BARANOFF Yves	(95)	552	VIENNOT Dominique	(137
471	LONCKE Étienne	(59)	512	CHEREL Pierre	(35)	553	HENRY Jean-Yves	(59)
472	BOURGOIN Antoine	(59)	513	VERNIER Jean-Pierre	(50)	554	DUCHESNE Jean	(35)
473	DEREGNAUCOURT Stéph.	(59)	514	LEROY Gérard	(35)	555	RIVIER Alain	(64)
474	DEVIN Gérard	(62)	515	ALBENQUE Bertrand	(45)	556	SOMSON Jacques	(65)
475	LEBLANC Pierre	(59)	516	NOLL Alain	(97)	557	FAURE Pierre	(81)
476	LEHEMBRE Georges	(59)	517	RIVIER Daniel	(06)	558	FIORELLI Albert	(13)
477	SANDT André	(59)	518	DEDIEU Moïse	(31)	559	ROSTAND Paul	(74)
478	MARKARIAN J.-Pierre	(19)	519	ARCIN Roger	(82)	560	LEBLANC Léo	(89)
479	CHARPENTIER Henry	(78)	520	CHENEZ	(Jordanie)	561	PUBELLIER Pierre	(63)

Membres de soutien

1 Wild + Leitz France

2 Aga Géotronics S.A.R.L

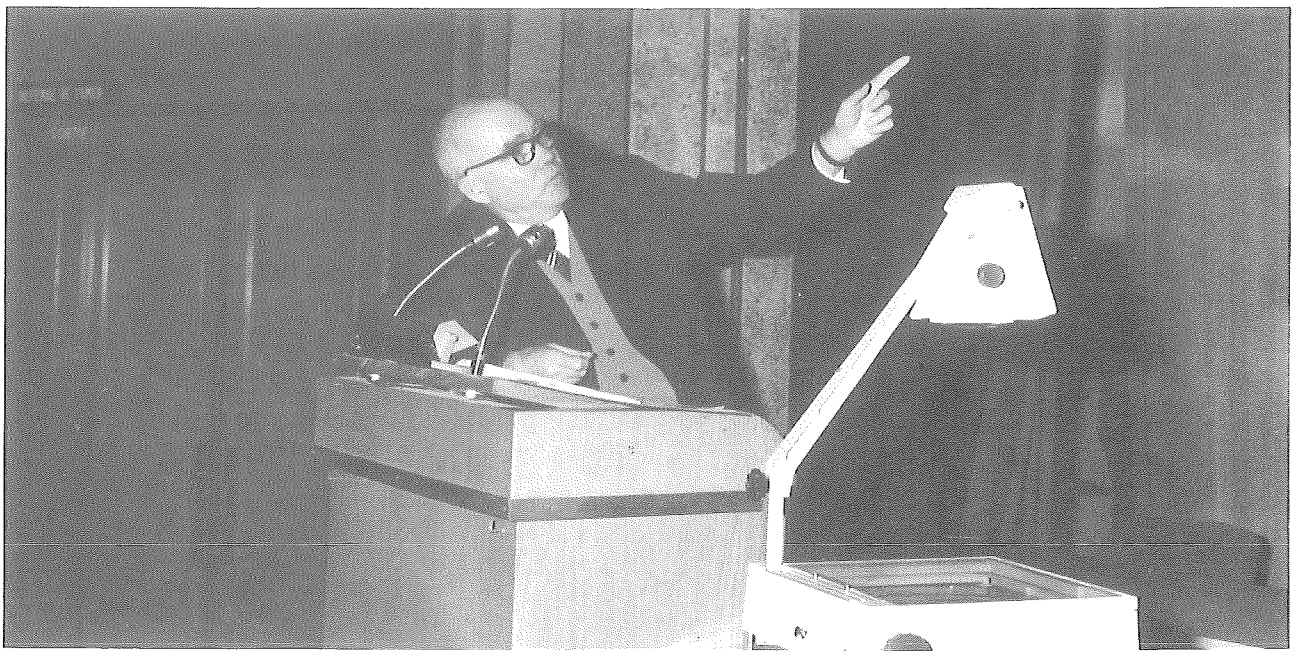
3 Chambre Syndicale Nationale de Photogrammètres privés

6 Chambre des Ingénieurs-Conseils de France

4 Office de la Topographie et de la Cartographie. Tunis

5 Slom-Essilor

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



Le nivellement I.G.N. 1969
Sa mise en œuvre - Ses résultats

par J.J. Levallois
Ingénieur général géographe à la retraite
Ancien chef de la géodésie (I.G.N.)

Le service du nivellement général de la France a été pendant longtemps séparé de l'Institut Géographique National auquel il ne fut réuni qu'en 1941.(1) Pendant plusieurs années encore, il resta isolé dans ses anciens locaux, s'appuyant à une tradition solide, fixée par des chefs de grand prestige, servi par un personnel connaissant parfaitement son affaire, mais auquel on avait fixé un programme exhaustif, conçu vers 1885, qui prévoyait la mesure d'environ 800 000 à 850 000 kilomètres de nivellement, de sorte que lors du cinquantenaire de l'établissement (1934) il restait environ 700 000 kilomètres à observer, ce qui à la cadence de production aurait pu durer encore de deux à trois cents ans... Il fallait reconsidérer ce programme : un nivellement vieillit rapidement.

Alors qu'un réseau géodésique peut être considéré comme à peu près satisfaisant, lorsque sa précision est de l'ordre de 4 ou 5 centimètres, vous savez — mieux que moi — qu'un nivellement exige de ses repères, une précision relative de l'ordre du millimètre. La vérification de cette cohérence lors d'une stabilité est à la portée de tout géomètre muni d'un niveau et par conséquent le nivellement doit la garantir. Était-ce le cas ?

Vous savez que la France a été couverte par trois nivellements successifs, si l'on compte le nivellement I.G.N., le dernier en date ; — D'abord le nivellement de BOURDALOÜE conçu en une dizaine d'années observé entre 1855 et 1865, — le Nivellement Général de la France (NGF) dont le directeur Charles LALLEMAND avait vu créer le service par un décret de Mars 1884, sur lequel il a fonctionné pendant très longtemps. Ce nivellement qui avait été à son époque une très belle œuvre, présentait un certain nombre de failles, dont la principale était la vieillesse.

Un nivellement doit être réobservé très souvent, constatation qui surprend toujours les pouvoirs publics chargés d'en fournir le financement, mais c'est un fait, car une stabilité de l'ordre du millimètre se perd en quelques années, par exemple, par l'affaissement des immeubles sur lequel est fixé le repère, par les travaux qui les déplacent, ou les détruisent (travaux d'aménagement, affaissements dans les régions minières etc...).

(1) Le siège de notre association est fixé précisément dans les anciens locaux du service du Nivellement, qui accueille également de nombreuses autres associations scientifiques.

D'autre part, l'Homme n'est pas le seul ennemi du Nivellement : les marégraphes de la péninsule Scandinave et de la Finlande mettent tous en évidence une surrection rapide du socle continental par rapport au niveau moyen de la mer Baltique. Vous savez que le bouclier Finno-Scandinave a été longtemps couvert par une énorme masse de glace il y a plusieurs dizaines de milliers d'années et l'on attribue le lent soulèvement, de l'ordre du centimètre aux marégraphes d'Helsinki et de la côte Botnie, à une réaction isostatique du substratum à la fonte de la surcharge glaciaire.

Les variations peuvent atteindre plusieurs centimètres en une dizaine d'années dans cette région. Il reste donc des variations dues à des affaissements locaux mais aussi des variations d'ordre tectonique importantes qui peuvent atteindre plusieurs centimètres d'un nivellement à l'autre. En Finlande, on refait le nivellement environ tous les 30 ans et l'on constate des basculements importants se traduisant par des variations systématiques des altitudes sur toute l'étendue du pays.

Le problème Français - Reprise du N.G.F.

Pour la France, le problème qui se posait était de savoir si le Nivellement qui commençait à donner des signes de fatigue, était encore utilisable. Des expériences avaient été faites au cours des années, bien avant la réfection. Les anciens du Service du Nivellement se rappellent certainement que vers les années 1950, on constatait entre Paris et le Nord, entre le NGF et les reprises, des discordances systématiques importantes atteignant une vingtaine ou une trentaine de centimètres dans la région de Dunkerque. L'expérience faite à diverses reprises montrait que cela correspondait à un fait réel et non à des erreurs fortuites d'observations.

D'autre part les calculs et la documentation avaient besoin d'être refondus. Autrefois le NGF avait procédé à une compensation générale du réseau, mais vous savez qu'une des caractéristiques de la documentation du type Nivellement (ou Géodésie) est son extrême instabilité. Les observations ne peuvent pas être faites toutes à la fois, l'homogénéité du réseau reste fondamentale, on est donc amené à faire des calculs provisoires, que l'on remanie ultérieurement, de sorte que les coordonnées des points géodésiques, ou les cotes de nivellement varient par suite des reprises de calcul ou de l'utilisation d'observations, anciennes ou nouvelles.

On se trouve devant un problème essentiellement fluctuant et qui prête d'ailleurs à des interprétations assez multiples dont certaines sont difficiles à cerner par les profanes.

Il faut pourtant éviter des faits analogues à celui-ci, que j'ai pu constater moi-même :

En 1950, dans une gare du Jura, je relevai deux témoins de nivellement ; un trait supérieur et un repère du NGF. Le trait supérieur, qui était environ à 20 ou 25 centimètres au-dessus du repère NGF, marquait une cote inférieure et ce fait n'est pas isolé. Dans ces conditions on conçoit quel désordre peut s'introduire dans un nivellement lorsque le réseau n'est pas homogène, soit qu'il ait vieilli par suite de l'affaissement des immeubles sur lequel il est bâti, soit par suite de calculs imparfaits.

Si bien que vers 1960, émus par les inconvénients toujours plus graves dus à un réseau délabré et à une documentation qui ne pouvait suivre, l'Ingénieur Général Maillard et moi-même avons cherché à remédier à cet état de chose. Nous arrivâmes rapidement à proposer de reprendre entièrement le réseau de premier ordre.

MM. Puycouyoul, Canal et le Président Bourcy.

Au début de 1961, je présentais à la direction de l'Institut Géographique National un projet et programme de travaux.

Ce projet fut agréé ; je pouvais en effet représenter au Directeur de l'IGN que par un simple changement d'affectation des brigades d'observation, on pouvait reprendre entièrement le Nivellement de premier et de deuxième ordre sans demander de crédits supplémentaires — ce qui emporta l'adhésion générale — si bien que, dès les premiers mois de l'année 1962 on put commencer les observations.

Avancement des travaux :

La carte montre le plan général du Nivellement rénové et les dates qui correspondent à l'observation des divers polygones (Fig. 1).

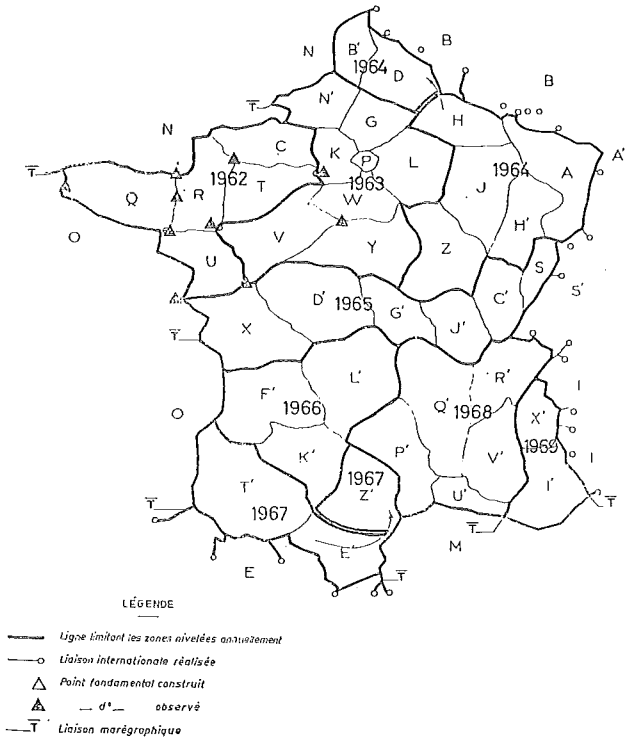


Fig. 1

On a commencé en 1962 par la Bretagne parce que le nivellement y était très ancien, parce qu'il fallait le refaire de toute façon et que les stabilités pouvaient être conservées plus facilement.

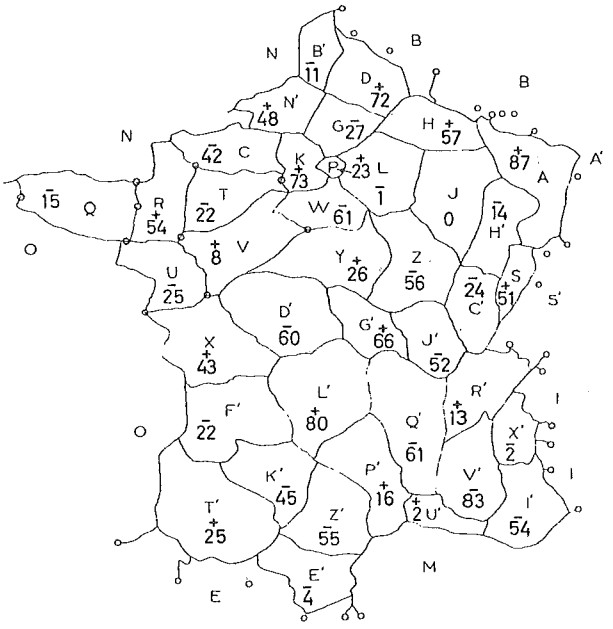
Nous avions également en 1962 testé le Sud du Cotentin, pour voir si les combats de 1944 n'avaient pas entièrement bouleversé le Nivellement. D'autre part, le Directeur de l'IGN désirait entreprendre une première expérience et en apprécier l'intérêt. C'est ainsi qu'on constata dès 1962 que dans la région de la Maille Bretonne proprement dite environ 20 pour 100 des repères avaient disparu, mais que dans la région des opérations militaires, 30 à 33 pour cent des repères étaient détruits. Dans le reste de la France les sondages donnaient les mêmes résultats.

Après rapport à la Direction Générale à la fin de l'année 1962, il fut décidé de poursuivre le travail jusqu'à son achèvement suivant un programme continu. Le rapport annonçant l'achèvement des opérations du nivellement primordial pouvait être présenté au Directeur de l'IGN au début de l'année 1970.

Ce nivellement donc était observé en 8 ou 9 ans. Il comporte autant que possible les mêmes itinéraires que le Nivellement du NGF — pour permettre des comparaisons — et y ajoute un certain nombre de sections supplémentaires par rapport au NGF, assurant la fermeture des mailles de montagne qui restaient ouvertes sur les pays étrangers dans les régions alpines et pyrénéennes.

L'avancement des travaux a été à peu près satisfaisant, bien que légèrement en retard par rapport aux prévisions. Faire vite était nécessaire, mais travailler prudemment était plus nécessaire encore.

Pour les observations, on a utilisé les meilleurs niveaux français ou étrangers dont on pouvait disposer à l'époque ; l'erreur moyenne kilométrique s'est avérée de l'ordre de 1 millimètre significativement meilleure que celle du NGF (1,5 mm à 1,6 mm), les opérateurs anciens étaient certes, aussi bons que les opérateurs modernes, mais ils disposaient de moins bons appareils. Dans certains pays étrangers, au prix de travaux très dispendieux, on obtient des précisions au moins apparentes de l'ordre de 0,5 millimètre par kilomètre ou 0,4 millimètre par kilomètre, mais en prenant des précautions que nos moyens nous refusaient, le but de l'opération était d'obtenir un nivellement valable pour l'équipement général du pays, ayant une précision raisonnable suffisante pour un but essentiellement utilitaire.



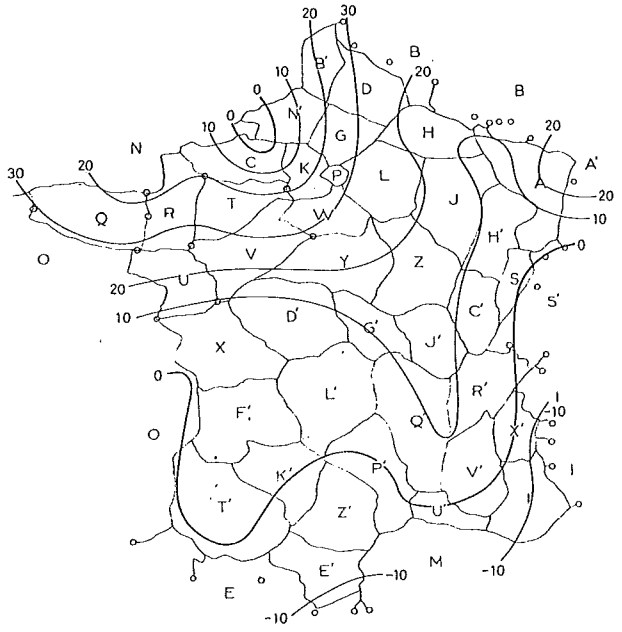
Fermeture du polygone extérieur : + 8

Fig. 2

Pour des raisons qui seront développées plus loin, les valeurs de la pesanteur g furent soigneusement mesurées, avec une densité suffisante sur tout le réseau.

Sur la figure 2 sont reportées en millimètres les fermetures des différents polygones ; par un concours de circonstances quasi miraculeux, la fermeture du contour extérieur est de l'ordre de 1 centimètre, heureux effet de la compensation des erreurs, due à un certain nombre de précautions opératoires.

L'examen des erreurs de fermeture est assez satisfaisant, la plus grande est de l'ordre de 8 centimètres sur la maille V^1 au nord de Draguignan ou dans les Cévennes.



(Cotes exprimées en centimètres)

Fig. 3

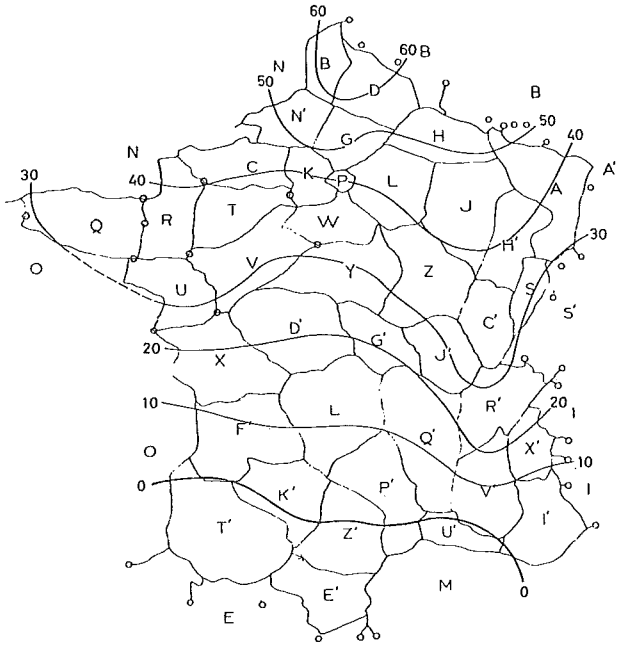
La figure n° 3 montre la comparaison entre les altitudes IGN et les altitudes BOURDALOÜE dont, pour garantir une comparaison valable, nous avions entièrement repris la compensation d'après les carnets originaux.

La différence maxima est de l'ordre de 30 centimètres, selon une courbe rejoignant la région de Dunkerque en passant par la région d'Orléans et s'infléchissant sur la direction de Brest.

Les discordances entre Nivellement NGF (LALLEMAND) et le Nivellement IGN 69 (fig. 4) atteignent environ 60 centimètres dans la région de Dunkerque, ce qui nous causa de graves inquiétudes. Le prestige du NGF était tel qu'il fallait admettre que l'un des deux nivellements était erroné. Était-ce l'IGN 69, était-ce le Nivellement NGF ? L'hypothèse d'un mouvement orogénique était à rejeter tout de suite parce que les marégraphes n'avaient pas bougé. D'autre part il aurait fallu admettre que dans l'intervalle d'observation du Nivellement BOURDALOÜE, du NGF et de IGN 1969 le continent avait oscillé. Il fallait donc attribuer effectivement à une erreur systématique les discordances progressives entre les deux nivellements.

La réponse nous fut fournie par la fermeture d'une grande maille européenne, partant de Marseille, vers Dunkerque, Ostende, Le Helder, Cuxhaven, la Bavière, l'Autriche, l'Italie, Gênes et Marseille ; dans le nivellement NGF cette maille fermait à 52 centimètres, dans le nivellement IGN 69 elle fermait à 7 ou 8 centimètres ce qui corroborait la discordance et garantissait la valeur du réseau nouveau.

La cause de ces discordances, nous reste inconnue. On a quelques présomptions puisqu'on avait déjà observé, comme on l'a dit vers 1950 qu'entre Paris et Dunkerque on trouvait de grosses discordances par rapport au NGF* mais elle est en fait systématique et progressive depuis la région Marseillaise où se trouve le marégraphe fondamental.



(Cotes exprimées en centimètres)

Fig. 4

* Il semble bien que Lallemand avait rejeté certaines observations (traverse côtière entre le Havre et Saint-Valéry), qui étaient bonnes et qui auraient rectifié en partie les discordances mais cela n'explique pas tout.

Nous savions que le nivellement devait être repris, nous savions que les différences de 2 ou 3 centimètres étaient observées sur certaines traverses, mais un pareil systématisme était absolument inattendu. Il fallait donc adopter d'urgence le nouveau cadre et par conséquent refondre toute la documentation issue du NGF, reprendre un calcul complet sur tout le réseau français en y incluant si possible le deuxième, le troisième et le quatrième ordre basés sur le NGF !

Problème d'une énorme envergure, qu'on ne pouvait pas résoudre instantanément. On a procédé progressivement en sous-œuvre, par compensation générale du réseau de 1er ordre et par adaptation provisoire, opération qui consiste à apporter aux résultats anciens, une correction systématique qui ramène un système dans un autre. Cela se fait en général par abaque, tiré de la carte des discordances.

Il fut possible en conservant l'homogénéité du nivellement LALLEMAND, d'apporter des corrections progressives qui permettaient de passer de l'ancien réseau de premier ordre et du réseau de détail branché dessus, au réseau nouvellement observé, en attendant qu'un calcul plus correct, basé sur une réobservation du deuxième et du troisième ordre, qui se poursuit encore actuellement, permette une solution meilleure.

Fallait-il vraiment remplacer l'ancien nivellement par le nouveau ou ne procéder à l'opération que quand la réobservation aurait été complète ? Poser la question était la résoudre, car à quoi aurait servi de conserver pieusement dans une armoire un réseau correct récent, pour ne l'utiliser que plus tard quand il serait caduc alors que le réseau qu'il remplaçait était insuffisant ? Il fut donc décidé de passer tout de suite au nouveau système d'altitudes, quelque gêne qui puisse en résulter pour l'usager, car ce qui est essentiel c'est l'homogénéité du réseau et sa précision.

Pouvait-on admettre d'autre part le long des frontières nationales des discordances, qui atteignaient 30-40 ou 50 centimètres avec les nivellements limitrophes, qui nous discréditaient lorsqu'on voulait calculer un réseau européen. Au point de vue français même, le réseau NGF présentait un certain nombre d'erreurs, tout le monde savait qu'il y avait une faute de 13 centimètres entre la rive Nord et la rive Sud de la Seine, vers l'estuaire, ce qui était inadmissible pour construire le pont de Tancarville, etc.

Choix d'un système d'altitudes :

Toutes ces raisons militaient en faveur d'une mise en service immédiate, il fallait donc choisir un système d'altitudes.

Rappelons à ce sujet quelques notions classiques : si l'on appelle " g " la pesanteur mesurée avec un gravimètre, γ la pesanteur théorique, cette pesanteur théorique est parfaitement calculable dès que l'on connaît les constantes qui définissent les dimensions et le potentiel de l'ellipsoïde de référence de la géodésie.

A première vue, l'altitude d'un point est la somme des dénivelées depuis le zéro du marégraphe jusqu'au point considéré : $H_M = \int_0^M dH$

Cette définition, par les altitudes brutes, est strictement géométrique et ignore l'existence des surfaces de niveau de la pesanteur terrestre ; fait également paradoxal : on définit les altitudes par rapport à une surface détaillée, que l'on ne connaît pas (le ci devant géoïde), une deuxième définition est possible : c'est la définition par le potentiel de la pesanteur : elle relie le parcours vertical à la notion du travail accompli contre la pesanteur, qui est égal au produit de celle-ci par le déplacement vertical de la masse soulevée : $W_A^B = \int_A^B g\,dh$

c'est là le joint entre les deux définitions possibles : la bulle du niveau ignore les surfaces d'égale altitude, celles qui correspondraient à la définition brute

$$\int dH = c^{te}$$

mais elle se met en équilibre par rapport à une surface de niveau du potentiel (celle des eaux d'un lac calme par exemple). Si les surfaces d'égale altitude étaient surfaces de niveau, le problème serait résolu : une différence de niveau représentant une différence de potentiel. Mais les surfaces de niveau et les surfaces de même altitude brute sont différentes et non confondues.

Fixons les idées : soit une surface de niveau située à une altitude de 1 kilomètre elle passerait à l'altitude, — c'est-à-dire à la différence de hauteur verticale — de 1 000 mètres à l'équateur et de 995 mètres au pôle, tel est l'ordre de grandeur. Or cet ordre de grandeur est presqu'accessible aux mesures, nous sommes donc en présence d'une incompatibilité des définitions.

On préfère alors définir des systèmes d'altitudes " scientifiques " par des expressions du type

$$H = \frac{1}{g_1}\int g\,dh$$

g_1 étant une quantité homogène à la pesanteur, choisie pour les besoins de causes pour que la quantité

$$\frac{1}{g_1}\int g\,dh$$

représente à peu près ce qu'obtiendrait un géomètre qui pourrait avec un fil vertical mesurer la hauteur d'un à pic.

Tout réside dans le choix de g_1 .

Il y a une infinité de systèmes suivant ce choix. Citons les plus classiques.

Les **cotes géopotentielles** sont utilisées au point de vue scientifique par les géodésiens, mais elles ne peuvent l'être par les géomètres parce qu'elles ne répondent pas à la définition que l'on veut approcher à savoir : Mesure des différences de niveau = mesure des différences d'altitude. Leur expression est

$$H = \frac{1}{10}\int g\,dh$$

Le dénominateur est le nombre pur 10 si on emploie le système international (g étant de l'ordre de 9,8) l'unité de mesure est donc à peu près de l'ordre du mètre. On l'appelle parfois le mètre géopotentiel il est utilisé surtout en météorologie (les altitudes barométriques sont des altitudes qui correspondent à une définition géopotentielle).

Altitudes **orthométriques** vraies : LALLEMAND appelait ses altitudes " orthométriques " et comme on veut ainsi définir l'altitude comme la distance au-dessus du " géoïde ", le dénominateur g_m devrait être égal à la valeur moyenne de la pesanteur sur la verticale entre le point d'altitude zéro c'est-à-dire le point où passerait la mer sous le continent, et le point où l'on observe $H = \frac{1}{g_m}\int g\,dh$

C'est là une définition chimérique. Elle n'est pas accessible à l'expérience, parce qu'on ne connaît pas la valeur de la pesanteur à l'intérieur de la terre qui dépend essentiellement des variations de densité.

Les altitudes dites " orthométriques " du NGF étaient donc basées sur une intégration de la pesanteur théorique, celle qu'on peut calculer sur l'ellipsoïde.

$$H = \frac{1}{\gamma_m}\int \gamma\,dh$$

et c'est par cette formule qu'était calculée la mystérieuse correction orthométrique apportée par le service du nivellement pour réduire les altitudes à un système homogène et univoque — car la définition $H = \int_0^H dh$ pour les altitudes n'est pas univoque , et devrait théoriquement donner plusieurs altitudes pour un point suivant l'itinéraire choisi.

Altitudes **dynamiques** : on prend un dénominateur g constant

$$H = \frac{1}{g_0}\int g\,dh$$

cette définition aurait l'avantage de concilier la définition-altitude et la définition géopotentielle puisque le dénominateur étant constant, on aurait H_m = constant pour un potentiel constant, autrement dit c'est un système dans lequel " l'eau coulerait dans le bon sens ", elle ne satisfait malheureusement pas le desideratum métrique.

L'IGN a choisi le système d'altitudes dites " Normales ", défini par le géodésien soviétique MOLODENSKY dans des travaux mémorables, sa définition est

$$H = \frac{1}{\gamma_m}\int g\,dh$$

différence de potentiel depuis le niveau de la mer jusqu'au point considéré divisé par la valeur moyenne de la pesanteur théorique γ_m sur la verticale du point, quantité qui est parfaitement accessible au calcul. Précisons les faits :

La figure (5) représente 4 surfaces :

1° la surface topographique,

2° l'ellipsoïde de référence E,

3° le géoïde G, surface de forme inconnue par rapport à laquelle on voudrait mesurer les altitudes,

4° la surface QG définie par MOLODENSKY qui l'a nommée quasi-géoïde, et qui est par définition la surface d'altitude zéro du système d'altitudes choisies.

Le quasi-géoïde se trouve quelque part sous la surface topographique à une profondeur égale à l'altitude du point M, définie par la valeur de son altitude " normale ".

On peut montrer sans difficultés qu'entre un quasi-géoïde et le géoïde vrai, la différence ne saurait excéder 2 mètres. Dans ces conditions, on a été amené à définir la forme de la Terre comme étant celle du quasi-géoïde, surmonté par une topographie dont on connaît les altitudes dans le système donné. Ceci pourrait passer pour un cercle vicieux, mais on montre que ce quasi-géoïde est défini par rapport à l'ellipsoïde et qu'il peut se construire par rapport à cet ellipsoïde par les méthodes gravimétriques, soit par gravimétrie terrestre (formule de Stokes), soit par définition du potentiel calculé d'après les mouvements des satellites artificiels.

Les altitudes MOLODENSKY paraissaient les plus appropriées pour résoudre le double problème pratique et théorique, elles ont donc été choisies et c'est dans ce système des altitudes " Normales " qu'a été édité le nouveau Nivellement Général de l'I.G.N.

On aurait pu choisir d'autre systèmes par exemple le système d'Helmert ; l'avantage des altitudes " Normales " était cet accord de synthèse entre gravimétrie et nivellement, avantage essentiel ; d'autre part elles sont suffisamment proches de l'exigence du fil vertical, pour qu'on puisse les considérer comme tout à fait satisfaisantes pour le géomètre.

Un système d'altitude est un tout cohérent qui ne correspond plus à une notion orthométrique intuitive, mais les différences d'altitude peuvent être fixées avec précision, par les procédés usuels du géomètre qui n'a pas à se préoccuper du système où elles sont exprimées. Le système normal est aussi valable pour l'usager que le système orthométrique.

Pour aider les géomètres à l'utiliser, des abaques de transposition sont publiés dans les répertoires de nivellement entièrement refondus de la manière que vous connaissez.

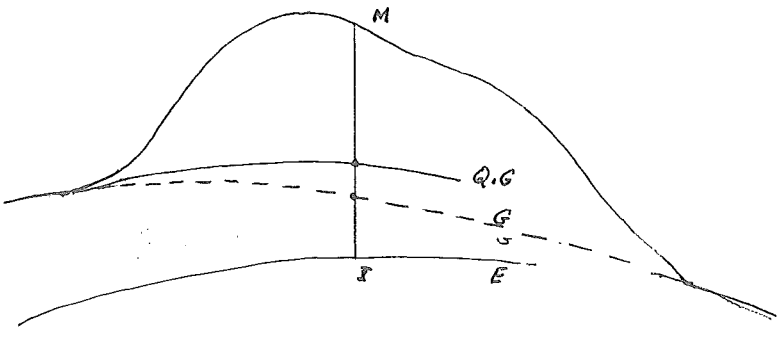


Fig. 5

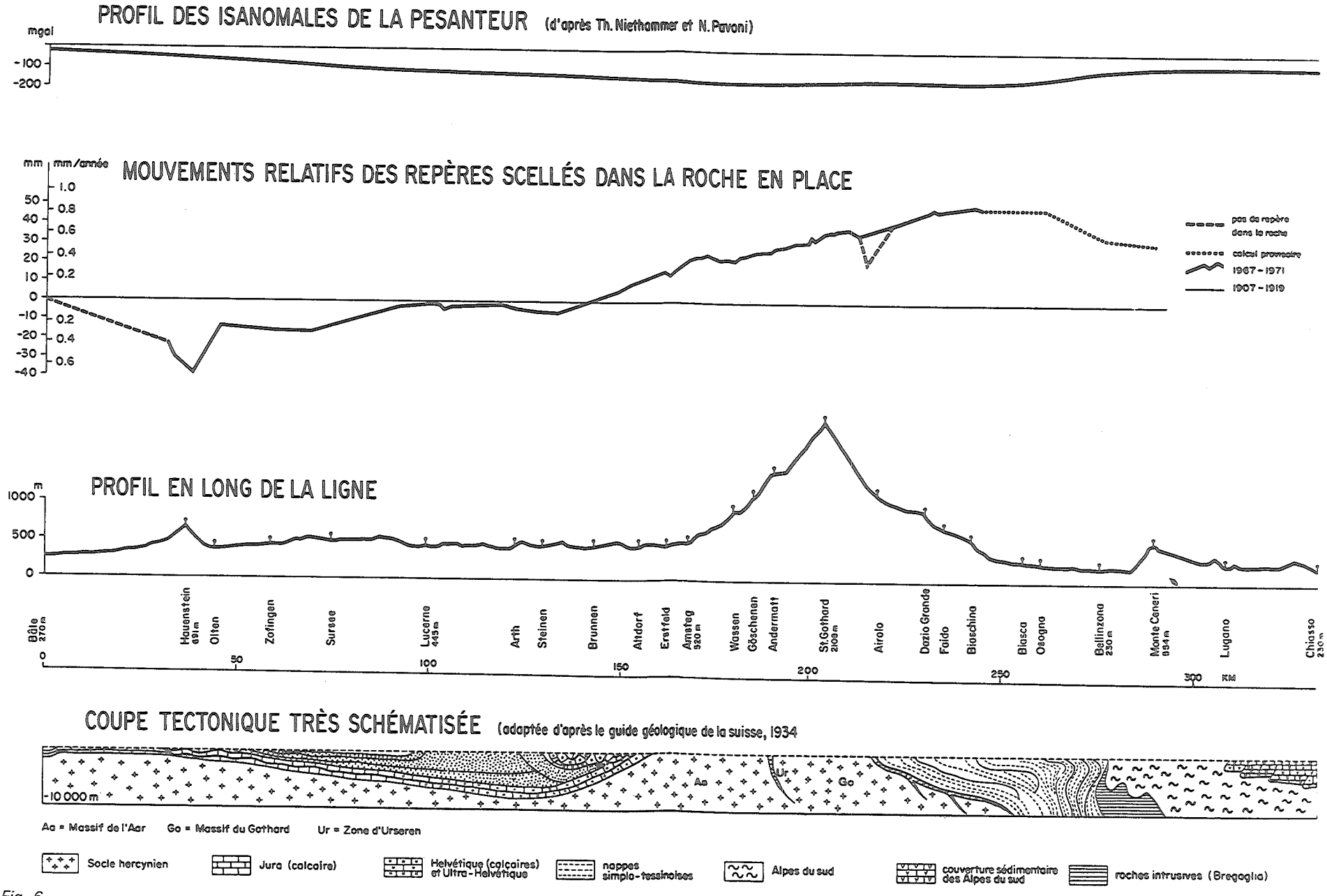

PROFIL DES ISANOMALES DE LA PESANTEUR (d'après Th. Niethammer et N. Pavoni)
mgal
-100
-200
MOUVEMENTS RELATIFS DES REPÈRES SCELLÉS DANS LA ROCHE EN PLACE
mm
mm/année
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.2
0.4
0.6
pas de repère dans la roche
calcul provisoire
1967-1971
1907-1919
PROFIL EN LONG DE LA LIGNE
m
1000
500
0
Bâle 270 m
Hauenstein 691 m
Olten
Zofingen
Sursee
Lucerne 445 m
Arth
Steinen
Brunnen
Altdorf
Erstfeld
Amsteg 520 m
Wassen
Göschenen
Andermatt
St Gothard 2109 m
Airolo
Dazio Grande
Faido
Biaschina
Biasca
Osogna
Bellinzona 230 m
Monte Ceneri 954 m
Lugano
Chiasso 230 m
0
50
100
150
200
250
300
KM
COUPE TECTONIQUE TRÈS SCHÉMATISÉE (adaptée d'après le guide géologique de la suisse, 1934
-10 000 m
Aa
Ur
Go
Aa = Massif de l'Aar
Go = Massif du Gothard
Ur = Zone d'Urseren
Socle hercynien
Jura (calcaire)
Helvétique (calcaires) et Ultra-Helvétique
nappes simplo-tessinoises
Alpes du sud
couverture sédimentaire des Alpes du sud
roches intrusives (Bregaglia)

Fig. 6

Conséquences scientifiques :

Bien que le réseau n'ait pas été observé dans un but scientifique, on a pu déduire quelques conclusions intéressantes bien qu'inattendues. La figure (6) est extraite d'un travail Suisse. En 1971, M. Jean RICHARD chef de nivellement du service topographique fédéral présentait à MOSCOU à l'Assemblée Générale de l'UGGI*, une communication dans laquelle il étudiait un profil qui court de la région de Bâle jusqu'à la frontière italienne par la ligne du Gothard.

La courbe exprime à partir de la région de Bâle les variations d'altitude des repères de nivellement observées sur cette traverse, déduites de deux nivellements exécutés à 40 ans de distance.

Le profil en long de la ligne est indiqué ; le maximum du mouvement est situé vers la vallée d'Aïrolo descendant sur l'Italie et non au sommet du Gothard (cette remarque peut permettre de rejeter un certain nombre d'objections).

La figure (7) représente les variations d'altitude des repères de la voie ferrée et de la route dans la région du tunnel du Tauern et embrasse une période de 30 à 40 ans.

Ce résultat m'a été communiqué par la Bundesamt für Eich und Vermessungwesen de Vienne. La figure (8) est un profil qui ne montre aucune espèce de variation. Il a été pris dans le Jura, près de la vallée du Rhône sur la voie ferrée entre Bellegarde et Nantua.

En dehors des deux affaissements, qui correspondent à des phénomènes qu'on n'a pas pu identifier, le profil est rigoureusement horizontal. Alerté par la communication de M. Jean RICHARD, nous fûmes amenés à étudier les lignes de nivellement proche des Alpes. On constata sur la voie ferrée joignant Grenoble au tunnel du Fréjus, les variations de profil de la figure (9) entre le Nivellement NGF et le Nivellement IGN 69. Cette variation atteint 12 centimètres à l'extrémité proche du tunnel du Fréjus. La pente systématique commence, précisément, au moment où la ligne va escalader les massifs cristallins des Alpes.

Le même phénomène est observable sur la ligne qui joint Gap et Briançon au tunnel du Mont-Genèvre (fig. 10).

La carte jointe représente la situation géographique des profils (fig. 11).

M. Maillard et moi nous nous étions posé la question de la signification de ces variations de profil, à mettre en corrélation avec les travaux de Jean RICHARD à Berne et de SENFTL à Vienne. Consulté, le professeur LEMOINE, spécialiste de la tectonique Alpine à l'École des Mines nous déclara que pour la première fois en France on venait de mettre en évidence la surrection, prévue par les géologues, des massifs cristallins des Alpes, et nous confirma que les discordances ne correspondaient pas à des erreurs systématiques d'un nivellement par rapport à l'autre, mais qu'elles s'accordaient entièrement avec les thèses géologiques*. Les soulèvements obtenus par les Autrichiens et par les Suisses, sont de l'ordre de 1 millimètre par an en moyenne ; les vitesses obtenues par nous correspondent à 1,2 à 1,5 millimètre par an dans le même sens (évidemment). Tout concorde donc à montrer expérimentalement — que dans le Jura Suisse il n'y a pas de mouvement tectonique évident avec même résultat dans le Jura Français — que dans les Alpes se produit un rehaussement du socle cristallin confirmé par trois sources indépendantes.

M. Lemoine à la suite de ces conclusions recommanda d'équiper le massif granitique (Mercantour) entre la région de Coni (Cueno) et la région de Sospel qui correspondait à un surhaussement possible, ceci a été fait (1974), mais les conclusions ne pourront évidemment être tirées que dans plusieurs décennies.

Voilà donc une première retombée absolument inattendue du nivellement IGN 69 : la mise en évidence avec une grosse probabilité, d'une rémanence tectonique dans les Alpes.

Voyons maintenant un tout autre problème.

Le nivellement NGF ne permettait pas de comparaisons correctes entre les niveaux des mers puisque nous avons vu qu'il présentait une erreur systématique de l'ordre de 60 centimètres. Le nivellement IGN 1969 a permis un calcul correct du réseau du nivellement Européen (REUN) rapporté au zéro normal du marégraphe d'Amsterdam.

1° La figure (12) montre qu'il y a une variation du niveau moyen des marégraphes depuis la région de Cadix jusqu'à l'embouchure de l'Elbe et ensuite un niveau à peu près stable vers la Norvège. On trouve donc un léger relèvement du plan du niveau marin entre l'Espagne et la région du Danemark. Ceci avait été prédit par l'Océanographe Anglais ROSSITER qui avait fait la même étude au point de vue théorique. Si l'on compare sa courbe théorique avec le profil moyen lissé on voit une bonne corrélation entre les deux profils, le Nivellement français a donc bien mis en évidence, par ses nouvelles valeurs, un profil général du niveau océanique prévu par ailleurs.
2° Les marégraphes de la côte Atlantique hispano-portugaise et de la Méditerranée, dans la région d'Almeria et d'Alicante sont reliés par un nivellement de précision.

La figure (13) montre une décroissance très nette du niveau de l'Atlantique vers la Méditerranée.

*Union géodésique et géophysique internationale.

* Il convient cependant de rester prudent. Certaines erreurs systématiques du nivellement ne sont toujours pas élucidées.

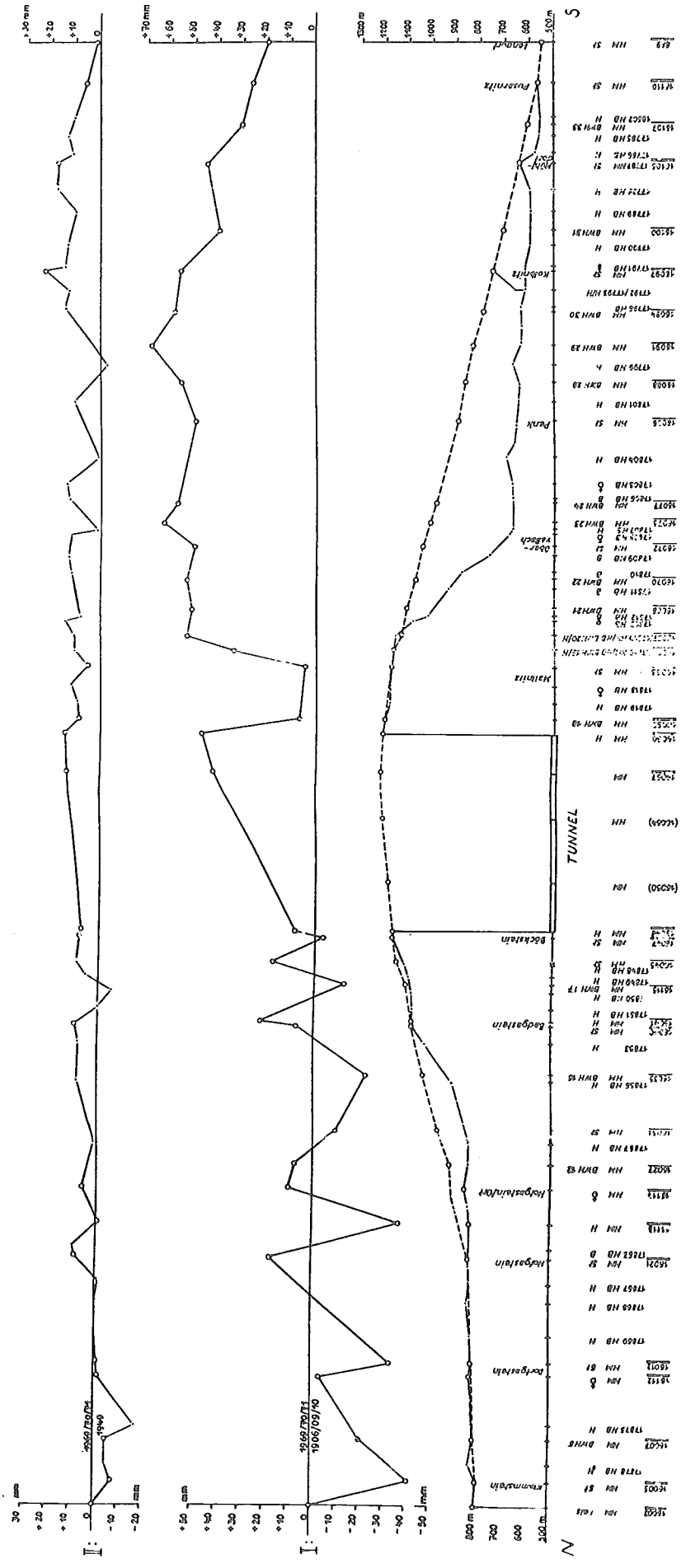

TUNNEL
Fusornitz
Kolbnitz
Penk
Malinitz
Bockstein
Hochgastein
Graukogel
Rammelwand
Dorfgastein
Hofgastein
Badgastein
Fussornitz
Kolbnitz
Penk
Malinitz
Bockstein
Hochgastein
Hofgastein
Dorfgastein
Rammelwand
Graukogel
1906/09/10
1949
1906/09/10
1949
I
II
N
S

Fig. 7

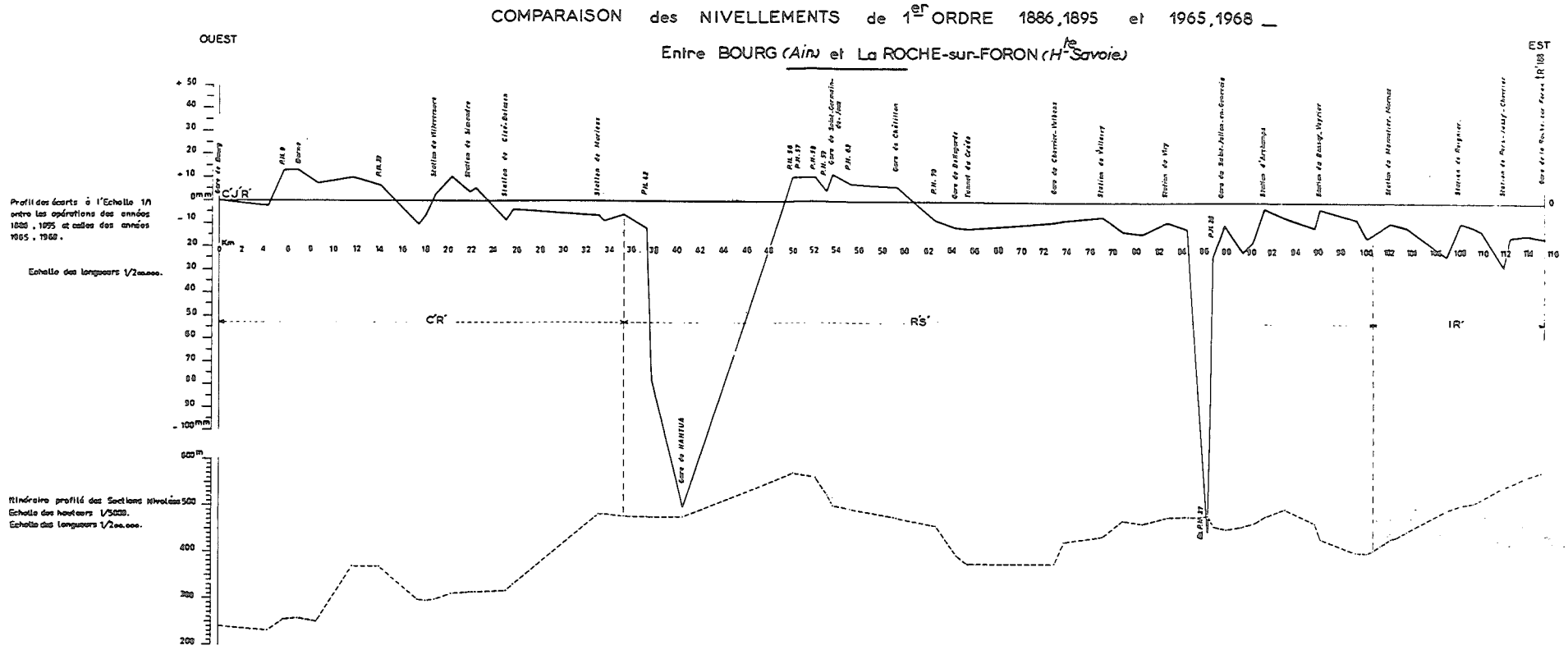

COMPARAISON des NIVELLEMENTS de 1er ORDRE 1886,1895 et 1965,1968
Entre BOURG (Ain) et La ROCHE-sur-FORON (Hte Savoie)
OUEST
EST
Profil des écarts à l'Echelle 1/1 entre les opérations des années 1886 . 1895 et celles des années 1965 . 1968 .
Echelle des longueurs 1/2 000 000.
Itinéraire profilé des Sections Nivelées
Echelle des hauteurs 1/5000.
Echelle des longueurs 1/2 000 000.
C'J'R'
C'R'
R'S'
IR'
Gare de HANTUA

Fig. 8

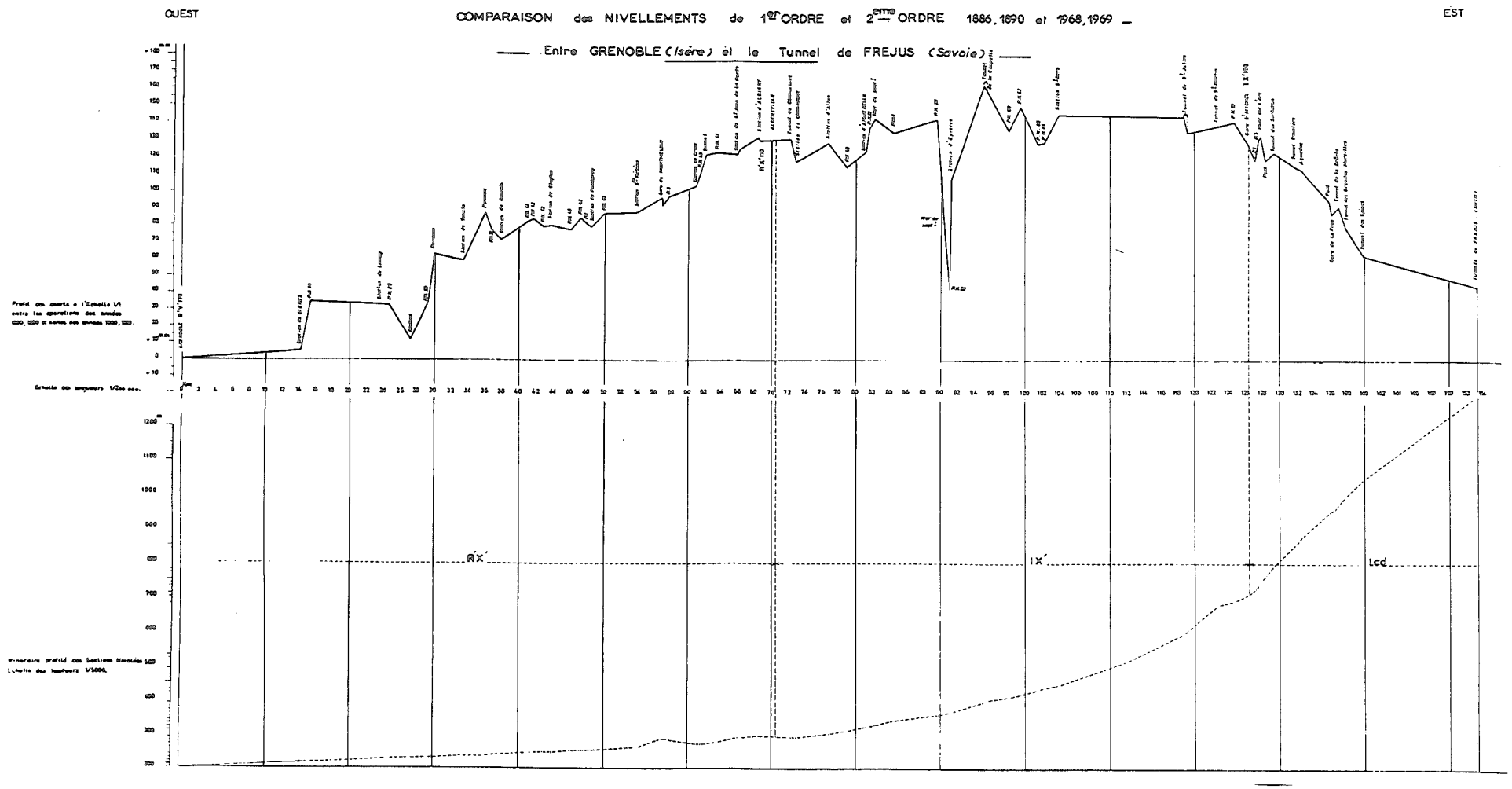

OUEST
COMPARAISON des NIVELLEMENTS de 1er ORDRE et 2ème ORDRE 1886, 1890 et 1968, 1969
Entre GRENOBLE (Isère) et le Tunnel de FREJUS (Savoie)
EST
Rx'
Ix'
Lcd

Fig. 9

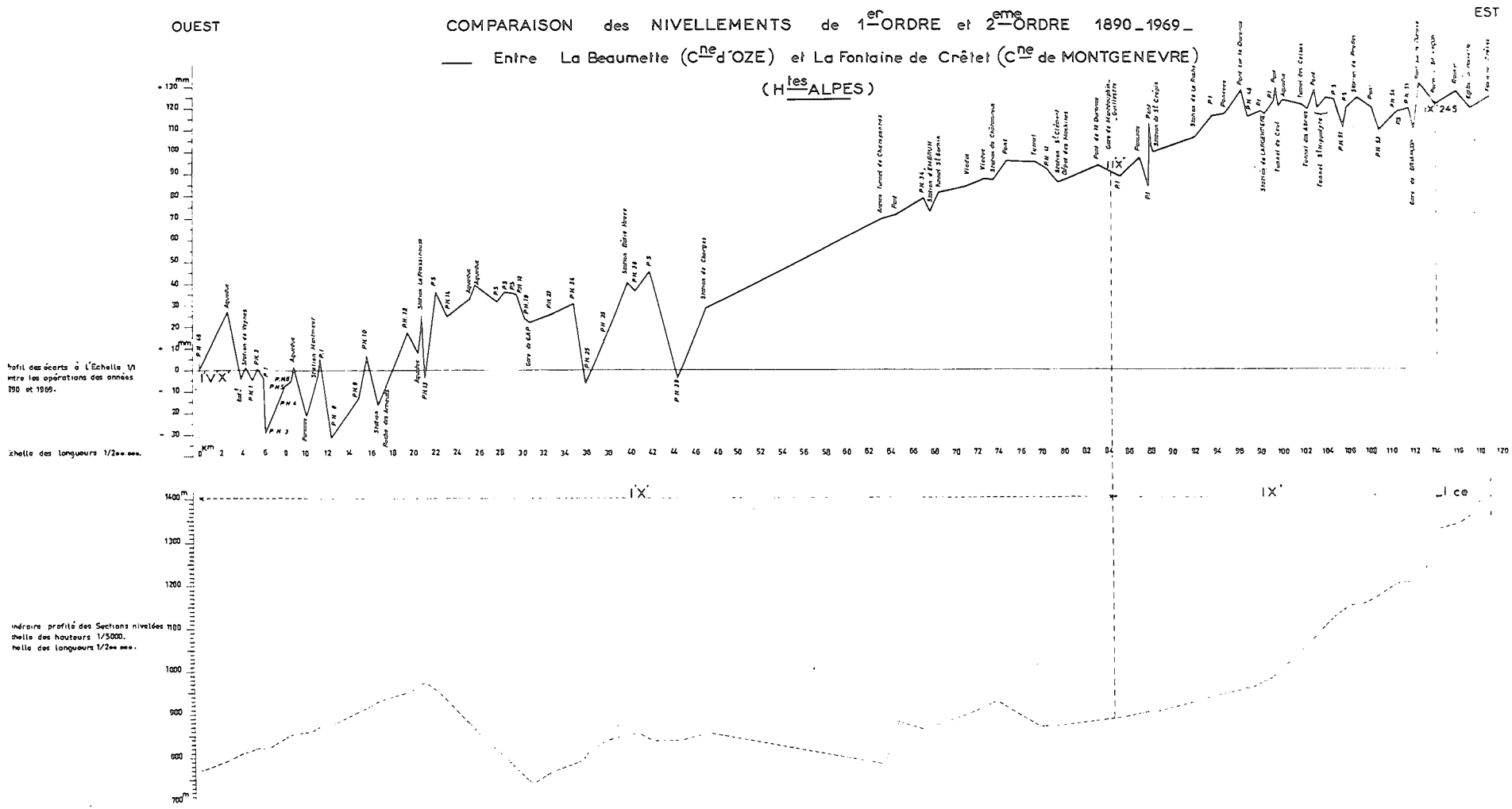

OUEST
COMPARAISON des NIVELLEMENTS de 1er ORDRE et 2eme ORDRE 1890_1969_
Entre La Beaumette (Cne d'OZE) et La Fontaine de Crêtet (Cne de MONTGENEVRE)
(Htes ALPES)
EST
Profil des écarts à l'Echelle 1/1 entre les opérations des années 1890 et 1969.
Echelle des longueurs 1/200.000.
Profil intégral des Sections nivelées
Echelle des hauteurs 1/5000.
Echelle des longueurs 1/200.000.

Fig. 10

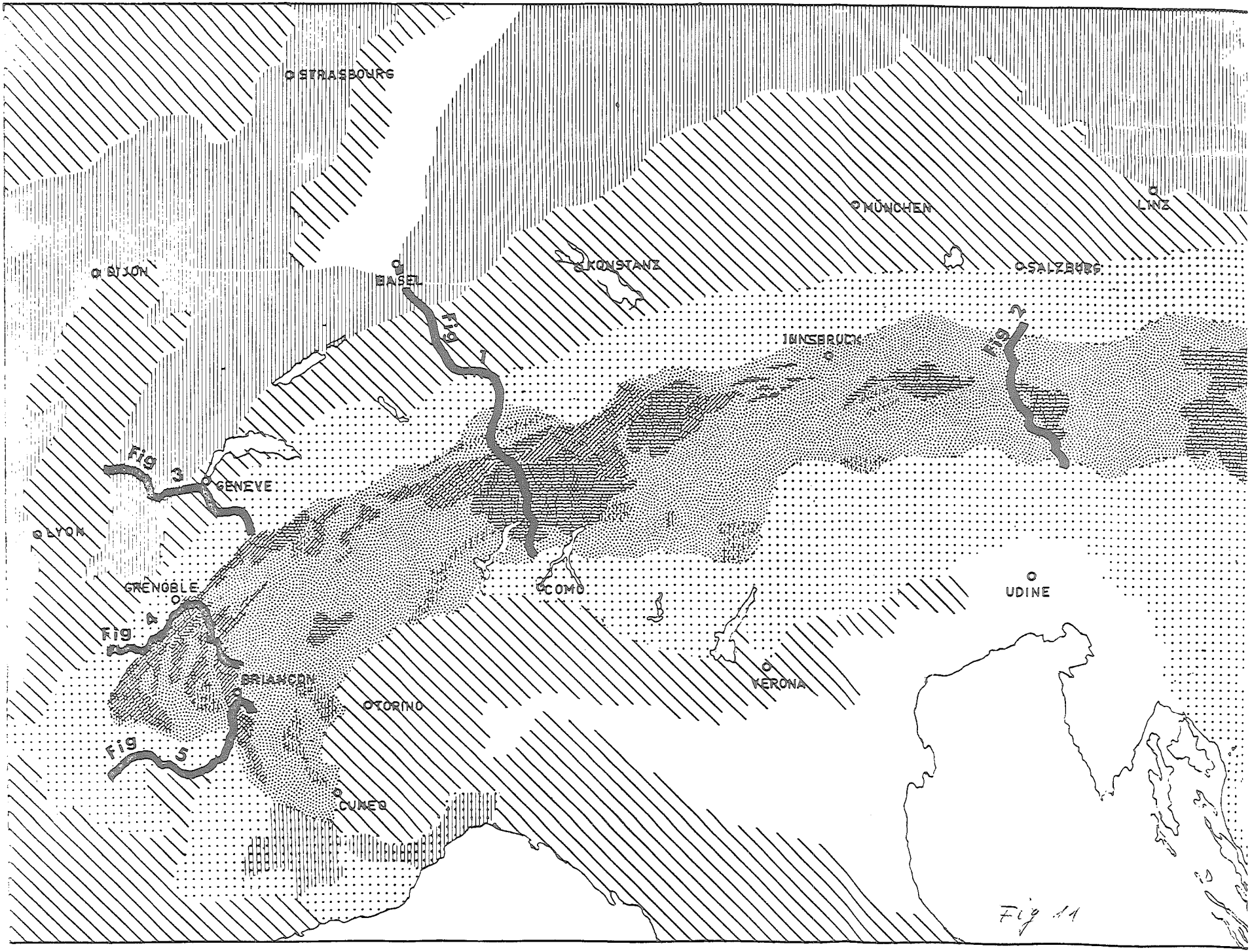

STRASBOURG
MÜNCHEN
LINZ
DIJON
BASEL
KONSTANZ
SALZBURG
Fig 1
Fig 2
INNSBRUCK
Fig 3
GENEVE
LYON
GRENOBLE
Fig 4
COMO
UDINE
BRIANÇON
TORINO
KERONA
Fig 5
CUNEO
Fig 11

Fig. 11

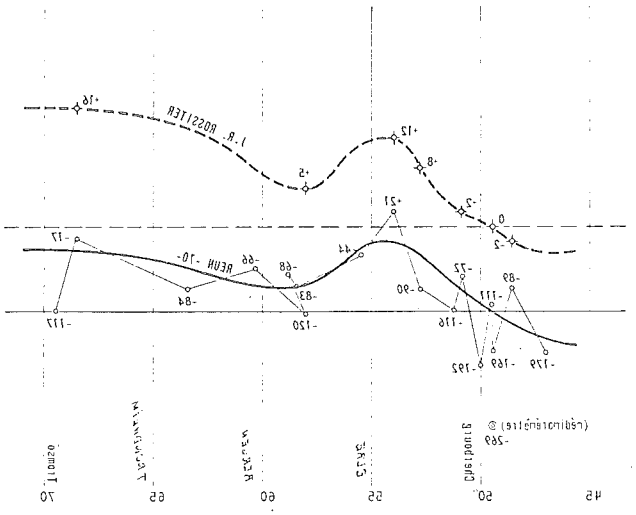


Fig. 12

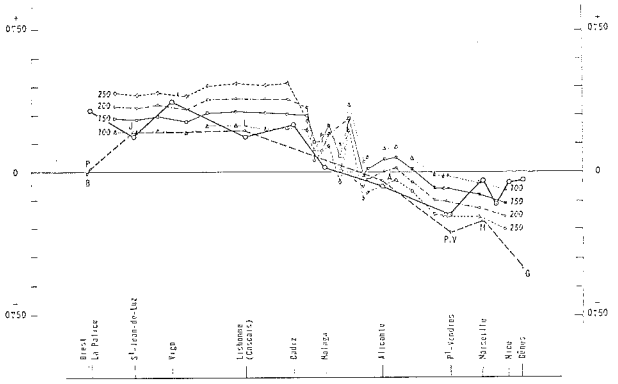


Fig. 13

Monsieur LACOMBE Membre de l'Académie des Sciences, Professeur au Museum d'Histoire Naturelle, océanographe, a étudié plus particulièrement la région du détroit de Gibraltar et a trouvé par nivellement stérique (étude basée sur les variations de densité des eaux de mer - salinité etc... - le long de la verticale) entre le niveau moyen de l'Atlantique et le niveau moyen de la Méditerranée une chute très brutale concentrée au voisinage du détroit de Gibraltar.

Cette dénivelée correspond à environ 20 centimètres entre l'Atlantique et la Méditerranée. Les résultats des nivellements terrestres et océanographiques dans le voisinage du détroit de Gibraltar et même entre Atlantique et Méditerranée se confirment mutuellement.

Cette question du vase communicant entre Méditerranée et Atlantique est ouverte depuis très longtemps. Vers 1821, les géodésiens français avaient observé le parallèle des Pyrénées par voie géodésique et, par nivellement trigonométrique à très grands côtés, avaient obtenu une différence de + 70 centimètres entre le niveau de l'Atlantique et celui de la Méditerranée de Perpignan à Saint-Jean-de-Luz.

Ce résultat vu le procédé employé est plutôt dû à un heureux hasard.

Vers 1875, à la suite du Nivellement BOURDALOÜE, Bouquet de la Grye ingénieur hydrographe calcule par les méthodes océanographiques, la différence de niveau entre Brest et la Méditerranée, et la compare à ce que donne le nivellement de Bourdaloüe. Les deux valeurs donnent une dénivelée de l'ordre de 1 m et coïncident à 2 ou 3 centimètres près.

Vers 1890 Ch. LALLEMAND affirmait qu'il ne devait pas exister de différence de niveau entre l'Atlantique et la Méditerranée et attribuait les discordances connues à des erreurs d'observations. Pourtant l'argument théorique basé sur les différences de densité est irréfutable.

Intrigués, M. MAILLARD et moi avons repris cette étude et nous avons trouvé aux marégraphes, une différence moyenne de l'ordre de 30 à 35 centimètres entre les deux mers. Il nous a été confirmé par des hydrographes que la différence obtenue par Bouquet de la Grye était basée sur des mesures de salinité critiquables et que la vraie différence pouvait se situer entre 30 et 70 centimètres, sans qu'on puisse la préciser davantage.

C'est également pour éclaircir ce problème que nous nous étions penchés sur la compensation du réseau BOURDALOÜE dont nous avons parlé plus haut, ce qui avait montré que la différence de niveau de l'ordre de 1 mètre était très erronée car le réseau BOURDALOÜE sur lequel s'était appuyé Bouquet de la Grye avait été obtenu par un calcul très critiquable : on compensait une première maille, puis à partir des altitudes de celle-ci une seconde et par empilage successif on arrivait par accumulation des contraintes à avoir des altitudes entièrement faussées. Une compensation plus correcte a permis de mieux cerner la question.

3° On peut enfin par étude marégraphique mettre en évidence un autre phénomène géologique. Jusque vers la latitude 55°, tous les marégraphes d'Europe Occidentale décèlent une lente transgression marine.

Lorsque l'on étudie la corrélation entre les niveaux moyens aux marégraphes de l'Atlantique et ceux de la Méditerranée, entre Marseille et Saint-Jean-de-Luz, ou Brest, il n'existe à court terme (8 ou 10 ans) aucune corrélation significative. Mais sur une durée de 100 ou 120 ans — car on a des relevés marégraphiques qui datent de cette époque — on obtient au contraire une corrélation extrêmement significative (0,80) entre Marseille et Brest. (fig.14).

Cela signifie que sur une courte période, les niveaux moyens annuels en Méditerranée et en Atlantique sont indépendants, mais que sur une grande période au contraire il y a un trait commun : une transgression marine sur toutes les côtes du Sud de l'Europe : elle est de l'ordre de 15 à 20 cm par siècle.

D'Alicante à Trieste et d'Almeria à la pointe Sud du Danemark il y a transgression marine. Elle s'annule sensiblement vers le Jutland et s'inverse en mer Baltique où se manifeste une baisse relative du niveau moyen très sensible dans les golfes de Bothnie et de Finlande, comme on l'a vu.

Nous sommes donc témoins d'un phénomène géologique de grande amplitude. Tous ces phénomènes sont, je crois, peu discutables et tout le monde arrive à peu près à la même conclusion. Ajoutons que le niveau de la Baltique est plus haut que celui de l'Océan, la différence dans le Golfe de Bothnie atteint une trentaine de centimètres par rapport au zéro normal d'Amsterdam ce qui s'explique aisément par la faible salinité de la Baltique.

Il est prescrit à l'IGN dans le décret portant statuts d'observer et d'entretenir le réseau géodésique et le réseau de nivellement, et c'était dans ce but que la reprise initiale avait été conçue : il est réconfortant qu'elle ait porté également d'autres fruits d'ordre plus spéculatif, mais non moins importants.

J.J. Levallois
Ing. général géographe à la retraite
Ancien chef de la Géodésie (IGN)

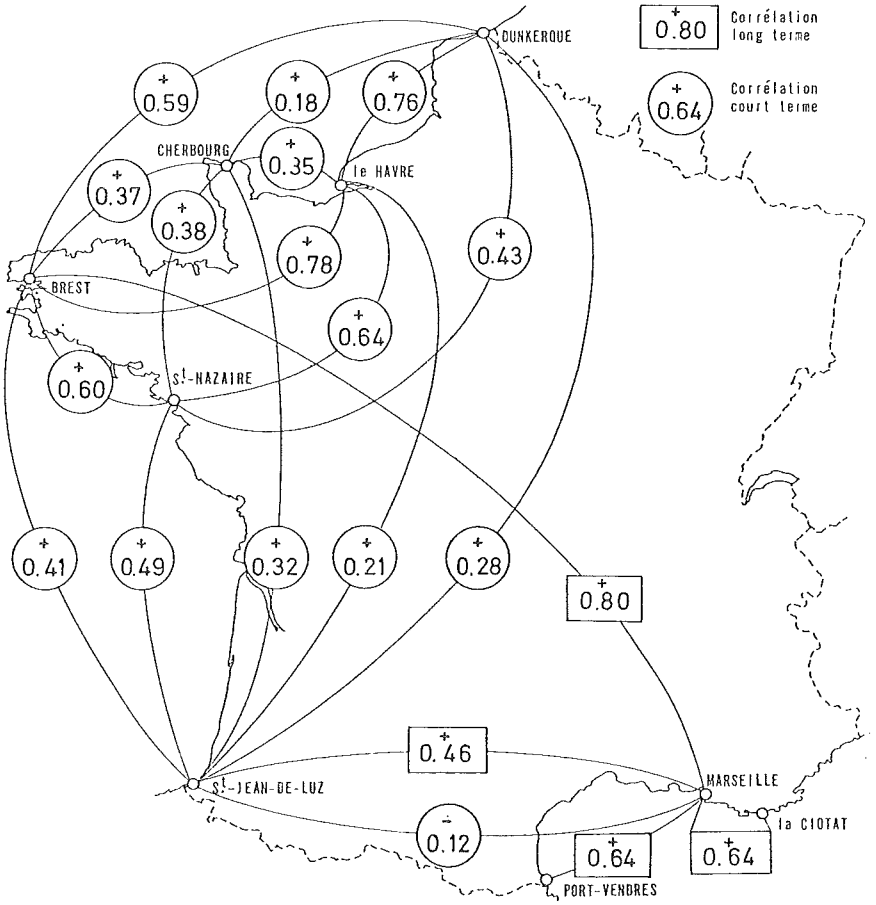


Fig. 14

LART
PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE
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

MÉTROLOGIE :

Une source d'économie pour l'Entreprise

par le Docteur Jean Gervaise - CERN

As a first approximation, it is generally believed that accuracy is costly in terms of time, money and staff. The term " costly " is misleading and only used for budget purposes. The speed and accuracy with which the CERN Survey Group installed the quadrupole and dipole magnets in the Super Proton Synchrotron (SPS) tunnel resulted in substantial savings. Only two months elapsed between the moment when protons were first injected into the accelerator and when they reached the design energy of 400 GeV at an intensity of 3.10^{12} protons per pulse. This time would certainly have been greater if the elements in the ring had not been installed within the prescribed tolerances. Although it is impossible to place a monetary figure on the time saved by CERN, it is likely to have been considerably greater than the budget of the Survey Group.

J. Gervaise
" Geodesy and Metrology at CERN - A Source of Economy for the SPS Programme "
CERN 76-19/SPS, 17.11.1976

SUMMARY

At CERN, precision requirements necessitated the development of a specialized technique, which led to substantial financial savings. As result, the large-scale accelerators were able to operate at the planned intensities and luminosities right from the moment of the switch-on, and on the scheduled date. The Survey Group provided the technical assistance expected of it. It is not alone in claiming its part in this achievement, but its contribution was nonetheless very considerable.

At the outset, the support given to the experimental teams in setting up physics experiments was purely empirical. Today, the very size of the large detectors and their high resolution require the use of a specially adapted form of industrial metrology. Wherever possible, repeated microtriangulations are backed up by photogrammetric measurements.

To achieve the above mentioned precesion, the Survey Group took certain major options. One of these was, without any doubt, the intensive use of distance measurements. The present paper gives a detailed description of six instruments which were entirely designed and built by the Group's Mechanics and Electronics Section. Not all of them are fully versatile, indeed they are specifically used for high-precision survey measurements at CERN. Others, however, are already being used both inside and outside the laboratory or are the centre of great hopes for the future of metrology. They are not only reliable and high-quality instruments but also offer major savings, is the accuracy/measurement-time ratio is taken into account.

RESUME

Au CERN, les exigences de précision ont donné lieu à une méthodologie spécifique, qui a conduit à des économies substantielles. Les grands accélérateurs ont fonctionné dès leur mise en service, à la date prévue, avec les intensités et les luminosités espérées. Le Service de Géodésie et des Sciences de la Terre a apporté le support technique que l'on attendait de lui. Il n'est pas le seul service à pouvoir revendiquer ces succès, mais sa part n'en a pas moins été très importante.

L'appui donné aux équipes expérimentales pour l'installation des expériences de physique a commencé d'une façon très artisanale. Aujourd'hui, les dimensions des grands détecteurs, leur finesse de résolution, exigent l'adaptation d'une métrologie industrielle. Aux microtriangulations répétées viennent s'ajouter, quand cela est possible, des mesures photogrammétriques.

Les exigences de la précision ont obligé le Service de Géodésie et des Sciences de la Terre du CERN à prendre des options capitales. L'une d'elles a été sans aucun doute l'emploi intensif des mesures de longueurs et l'abandon des mesures angulaires. Dans cet exposé, on trouvera la description détaillée de six instruments, qui ont été entièrement développés et construits par la Section de Mécanique et d'Électronique du Groupe. Ils ne sont pas tous d'un emploi universel, leur utilisation reste spécifique de la métrologie du CERN. Par contre, d'autres sont déjà utilisés hors du laboratoire ou sont porteurs d'une grande espérance quant à la métrologie future. Ils apportent une instrumentation fiable et de haute qualité et également une économie importante, si l'on veut bien prendre en considération le rapport précision-temps consacré aux mesures.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
I. Les exigences de précision	1
II. Les exigences de la précision	11
II.1. Les retombées technologiques du CERN	11
II.2. La base d'étalonnage du CERN	12
II.3. Les instruments de mesure de longueur	14
II.3.1. Le Distinvar	14
II.3.2. L'Interféromètre à réflecteur asservi	16
II.4. Les systèmes d'alignement	20
II.4.1 Le système d'alignement au fil nylon	20
II.4.2 Le système d'alignement laser à récepteur asservi	22
II.5. Les appareils de nivellement et de clinométrie	25
II.5.1. Le niveau hydrostatique automatique	25
II.5.2. Le clinomètre électronique	27
III. Conclusion	31
Bibliographie	33

TABLE DES FIGURES

		Page
1 :	Équipement entourant l'aimant à champ inversé dans l'intersection 4 des ISR	3
2 :	Correction de l'orbite fermée horizontale et verticale au moyen du déplacement de trois quadrupoles dans le sens radial et de deux quadrupoles dans le sens vertical - il y a en tout 216 quadrupoles au SPS	4
3 :	Expérience WA1 - détecteur neutrino avec chambres à dérive intercalées	5
4 :	Grande chambre à bulles européenne (BEBC) - installation des chambres à muons périphériques (EMI)	6
5 :	Projet LEP - schéma d'implantation	7
6 :	Alésage verticalisable type CERN pour centrage forcé	11
7 :	Interféromètre laser et diviseur de lumière dans la base d'étalonnage CERN	12
8 :	Coin de cube monté sur le chariot de la règle de 4 m (base d'étalonnage CERN)	13
9 :	Distinvar - appareil de mesure des appoints, fil d'invar, point fixe	15
10 :	Schéma de l'appareil de mesure des appoints du Distinvar	15
11 :	Interféromètre laser à réflecteur asservi	17
12 :	Schéma de principe de l'interféromètre laser à réflecteur asservi	17
13 :	Réflecteur asservi vu de face	18
14 :	Réflecteur asservi vu de profil	19
15 :	Détecteur du système d'alignement au fil nylon - schéma de principe	21
16 :	Détecteur et boîte de commande du système d'alignement au fil nylon	21
17 :	Système d'alignement laser à récepteur asservi - en fonctionnement dans l'anneau SPS	23
18 :	Schéma de principe du système d'alignement laser à récepteur asservi	24
19 :	Niveau hydrostatique automatique	25
20 :	Schéma de principe du niveau hydrostatique automatique	26
21 :	Clinomètre électronique - schéma de la suspension de la masse	28
22 :	Schéma de principe du clinomètre électronique	28
23 :	Clinomètre électronique vu de face	29
24 :	Clinomètre électronique vu de profil (noter les fils de suspension)	29

I. LES EXIGENCES DE PRÉCISION

La définition du mot *précision* a fait l'objet d'un grand nombre de développements dans tous les ouvrages traitant de métrologie, de géodésie et, en général, dans tous les livres scientifiques, puisqu'en fait, c'est un qualificatif qui est lié au mot *mesure.*

L'Organisation européenne pour la Recherche nucléaire a pour vocation de construire les accélérateurs de protons de classe internationale et de faire, autour des accélérateurs ou des anneaux de stockage à intersections, la physique fondamentale liée aux particules. Voici le troisième mot clé employé : *physique.* Il forme avec les deux premiers : " précision ", " mesure ", le triptyque majeur de la science du 20e siècle.

C'est à partir de ces notions qu'il est possible de dégager la spécificité du domaine des mesures au CERN et de définir le créneau dans lequel elles s'insèrent.

Il est facile de donner la *limite inférieure* d'emploi des techniques mises au point par le Service de Géodésie et des Sciences de la Terre. Ces techniques commencent là où les dimensions des *objets* à mesurer interdisent l'emploi des techniques de la métrologie d'atelier.

Au début du CERN, en 1954, le Groupe de mesure devait installer *cent aimants* sur une courbe compliquée, dont le rayon moyen était de 100 m. Les paramètres agissant directement sur les protons circulant à une vitesse voisine de celle de la lumière dans le système de confinement magnétique du Synchrotron à protons de 28 GeV (PS) étaient :

— l'écart radial δr , écart à la courbe théorique,
— l'écart vertical δh , écart au plan de définition de l'accélérateur,
— le tilt δt , variation de l'inclinaison transversale des aimants.

La figure de référence était un octogone à point central. Il était possible de mesurer physiquement les huit rayons et d'obtenir ainsi les coordonnées tridimensionnelles des huit piliers périphériques. A partir de ces piliers, les aimants étaient installés dans le tunnel de l'accélérateur. En janvier 1960, le PS fonctionnait régulièrement. Il fallut alors mettre en place et aligner les éléments magnétiques des faisceaux de transfert conduisant les particules des cibles internes aux détecteurs situés dans les halls d'expériences Sud et Nord.

Une méthodologie spécifique avait été développée pour la métrologie de l'accélérateur. Ce furent, par contre, des méthodes artisanales, au coup par coup, qui permirent de satisfaire les besoins de la physique.

Les travaux de construction des anneaux de stockage à intersections (ISR) commencèrent en 1967. On doit noter immédiatement la différence d'échelle des travaux confiés au Groupe de Métrologie, par rapport à ceux effectués au PS. Si l'augmentation du rayon moyen des anneaux, 150 m par rapport à 100 m, n'était pas significative, la circonférence totale des deux anneaux situés dans le même tunnel représente deux kilomètres. Les tunnels de transfert entre le PS, utilisé comme injecteur, et les ISR sont également longs de deux kilomètres. L'ensemble représente donc plus de quatre kilomètres de tunnels dans lesquels il fallait installer et aligner quelque 2 000 éléments fonctionnels. L'apparition des ordinateurs et une bien meilleure analyse des besoins par les responsables des orbites des protons, permirent de supprimer les tunnels radiaux tels qu'ils avaient été utilisés au PS et de réaliser ainsi une sérieuse économie du coût du génie civil.

Les ISR fonctionnèrent en 1971. L'installation des expériences dans les huit zones d'intersections commencèrent à donner sérieusement à réfléchir. L'utilisation de cibles mobiles, les protons circulant dans un des anneaux se heurtant aux protons circulant en sens inverse dans l'autre anneau, nécessita l'installation de détecteurs de plus en plus gigantesques afin de couvrir le volume complet entourant les zones d'interaction (figure 1). L'embryon d'une méthodologie pour l'installation des expériences apparaissait. Elle fait appel à des microtriangulations très structurées, qui restent longues à exécuter, mais donnent des résultats qui doivent sans cesse s'améliorer puisque les définitions géométriques des détecteurs et leurs résolutions vont elles aussi en s'améliorant. Il n'est plus possible que la métrologie d'installation fasse perdre quoi que ce soit à la métrologie de construction mécanique des chambres de détection.

La construction du Super Synchrotron à Protons (SPS) fut décidée en 1971 et les travaux commencèrent aussitôt. Le rayon moyen de cet accélérateur est de 1.100 m, soit une circonférence de sept kilomètres. L'expérience acquise lors de l'installation des aimants du PS et des ISR permit de définir dès le début la méthode et les instruments qui devaient servir à l'installation des 216 lentilles quadrupolaires et des 744 aimants dipolaires, ainsi que des aimants de correction dipolaires, sextupolaires et octupolaires, nécessaires pour améliorer l'orbite des protons circulant.

Pour la première fois au CERN, le SPS était une grande machine à fonctions séparées. En effet, au PS et aux ISR, les aimants à profil polaire hyperbolique assuraient simultanément la courbure et la focalisation du faisceau de protons.

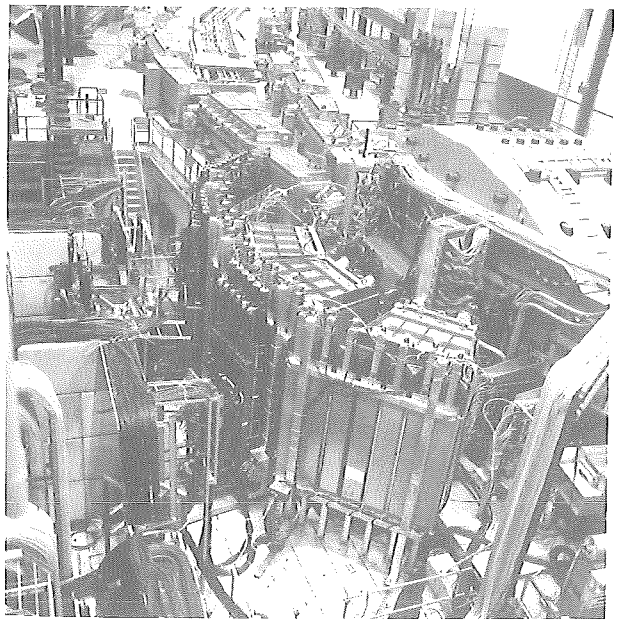


Fig. 1

Dans une machine à fonctions séparées, la courbure est assurée par des dipoles simples, et la focalisation par un nombre relativement restreint de quadrupoles. L'effort du Groupe de Métrologie se porta donc sur l'installation des lentilles quadrupolaires qui définissent la géométrie du faisceau. En déplaçant radialement ou verticalement une ou plusieurs lentilles de la maille normale, choisies après calculs de simulation et décomposition en série de Fourier, on peut améliorer l'orbite des protons (figure 2). Cette figure démontre la compréhension par les responsables de l'orbite de la corrélation étroite qui existe entre l'orbite fermée et la géométrie de l'accélérateur.

En plus des sept kilomètres du SPS, les tunnels d'injection, le PS servant là aussi d'injecteur, et d'éjection vers les zones expérimentales Ouest et Nord, abritent plus de dix kilomètres de faisceaux de transfert amenant les protons accélérés sur des cibles fixes, puis les particules sur les détecteurs.

Les dimensions de ces détecteurs deviennent de plus en plus grandes (figure 3). Le détecteur neutrino de l'expérience WA 1, utilise 1 500 tonnes d'acier magnétisé et des chambres à dérive installées entre les éléments magnétiques. Ces chambres permettent la reconstruction des trajectoires des muons de haute énergie produits par des neutrinos de plusieurs centaines de GeV.

La figure ci-contre donne une très bonne idée de la dimension de cette expérience, qui n'est pas une des plus gigantesques du CERN. La précision avec laquelle les traces des particules sont déterminées est inférieure à 1 mm. Il est bien évident que la géométrie doit assurer, lors du contrôle mécanique des aimants et des chambres, et lors de l'installation de l'ensemble, une homogénéité, dans le référentiel propre de l'expérience, de quelques dixièmes de millimètre.

Il y a actuellement autour du SPS quelque 40 expériences installées dans la zone d'expérience Ouest et dans les trois halls de la zone Nord.

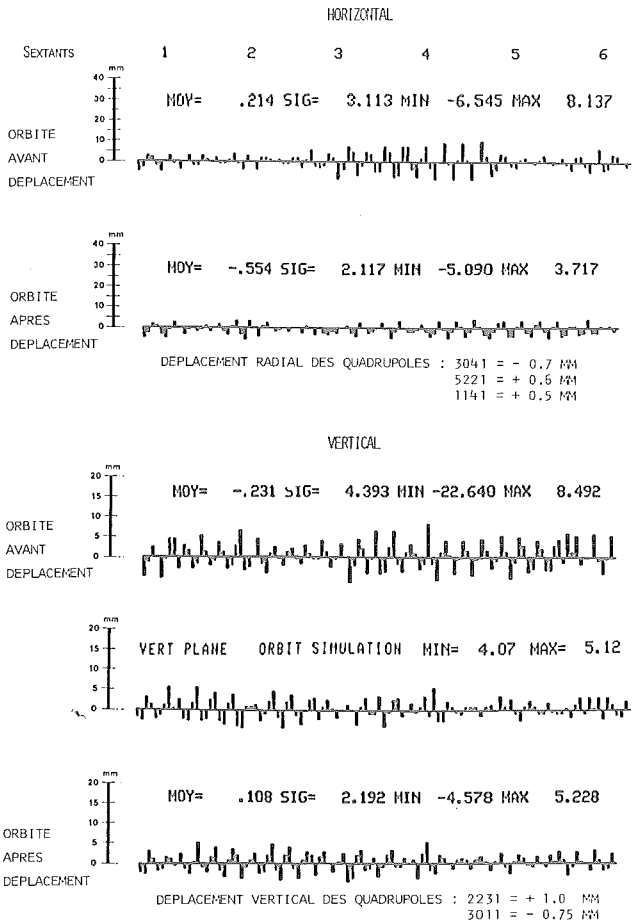


Fig. 2

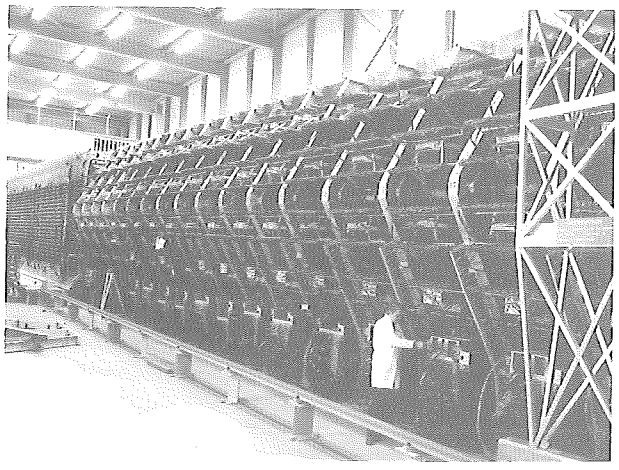
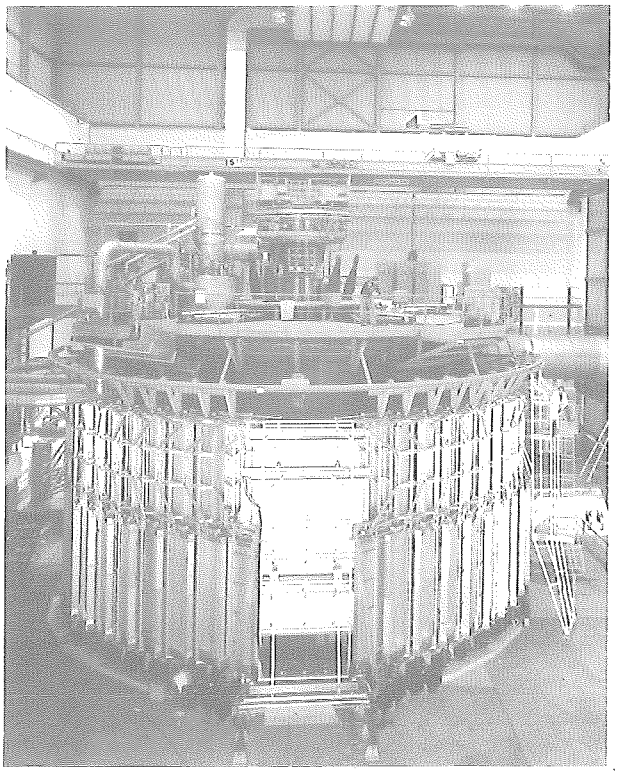


Fig. 3

Petit à petit, on voit se dessiner une technologie propre à ces travaux et apparaître la nécessité de la formation d'un personnel de plus en plus spécialisé.

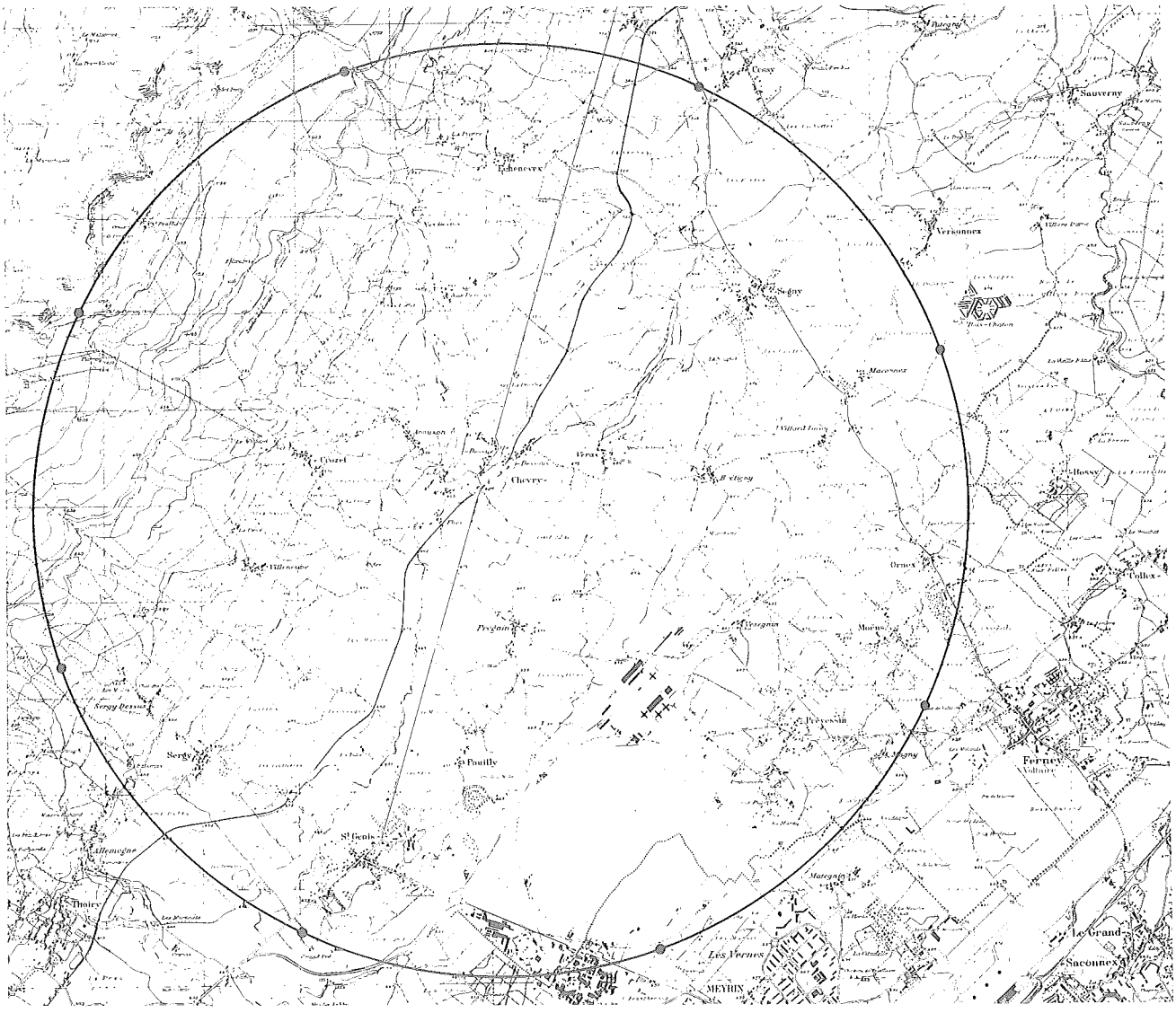


Dans le même esprit, le champ des méthodes s'élargit et, en plus des triangulations, trilatérations, on fait appel à la photogrammétrie analytique, par exemple, lors de l'installation des détecteurs de muons autour de la grande chambre à bulles européenne (BEBC). La photogrammétrie apporte un élément essentiel, celui de la saisie rapide des données, et donc une diminution de la gêne causée aux physiciens. Par contre, le dépouillement des photos fait perdre l'avantage de la rapidité. L'homogénéité des mesures a permis d'assurer 0,3 à 1,2 mm en fonction de l'éloignement (figure 4).

La *limite supérieure* d'emploi des techniques de géodésie et de métrologie va commencer à se préciser avec la construction d'un très grand anneau de stockage d'électrons et de positons (LEP), qui permettra à la communauté internationale des physiciens de concrétiser les nouveaux modèles de la physique des particules durant les deux dernières décades de ce siècle. La circonférence de l'anneau de stockage atteindra 30 km (figure 5).

Fig. 4

Fig. 5



Dès 1976, un groupe fut créé au CERN pour l'étude d'un anneau de collision électron-positon, anneau dans lequel chaque faisceau serait porté à des énergies pouvant aller de 70 à 100 GeV, voire au-delà.

Si, pour la première fois au CERN, on envisage d'abandonner les protons au profit des électrons, c'est que la structure interne des électrons (particules élémentaires) ne manifeste, au contraire des protons, aucune propriété, ni structure liée aux interactions fortes.

Les quatre interactions fondamentales.

Les particules élémentaires interagissent entre elles à travers quatre types d'interactions, que l'on peut isoler à cause de leurs caractéristiques très différentes.

Les essais d'unification entre les différentes formes d'interaction ont été nombreux. L'unification de l'électromagnétisme et de l'interaction faible peut être reliée aux nouveaux phénomènes décrits dans cet article.

type d'interaction	particules concernées	force de l'interaction	distance d'action	phénomènes résultants
forte	hadrons	10	10^{-13} cm	cohésion du noyau, fusion, fission
électromagnétique	hadrons leptons chargés photon	10^{-2}	infinie	électricité, magnétisme, ondes radio et optique, rayons X et γ, structure des solides, liaisons chimiques
faible	hadrons leptons chargés leptons neutres	10^{-15}	$< 10^{-15}$ cm	désintégration β des noyaux et des particules étranges, courant neutre
gravitation	hadrons leptons chargés leptons neutres photon	10^{-38}	infinie	attraction universelle de Newton, pesanteur, courbure de l'espace-temps

Les *hadrons* sont les seules particules à être soumises aux interactions fortes. On les considère aujourd'hui comme composés d'entités appelées *quarks.*

On connait huit *leptons,* particules toutes plus légères que les hadrons et qui n'ont pas d'interactions fortes. Les leptons, chargés électriquement, électrons et muons négatifs et leurs antiparticules, positons et muons négatifs, ont des interactions électromagnétiques et des interactions faibles. Les leptons neutres, neutrinos du type électron et neutrinos du type muon et leurs antiparticules, les antineutrinos correspondants, n'ont que des interactions faibles. Les leptons chargés et les leptons neutres peuvent se transformer l'un en l'autre dans les interactions faibles dues au courant chargé, mais à condition de conserver le nombre leptonique, électronique ou muonique dans l'interaction.

La théorie de WEINBERG-SALAM permet de prévoir la masse des *bosons vecteurs intermédiaires* chargés ($W^{\pm}$) aux alentours de 60 GeV et la masse du boson neutre (Z^{o}) autour de 80 GeV.

Les collisions $e^{+}e^{-}$ à haute énergie seront le terrain privilégié pour les recherches sur les interactions faibles. Elles devraient aussi produire de très nombreux résultats dans le domaine des interactions fortes. S'il est possible de communiquer à des quarks des impulsions de l'ordre de 100 GeV, ou bien ils s'échapperont, ou bien on apprendra beaucoup sur les forces qui les maintiennent confinés.

C'est donc en raison de l'importance primordiale de ces études qu'il a été décidé que le LEP puisse atteindre l'énergie suffisante pour la production de paire de bosons, avec un équipement " conventionnel ", c'est-à-dire non supraconducteur. Ceci sera envisagé dans une phase postérieure au projet. Ces considérations déterminent la circonférence de LEP et ont une influence directe sur la géodésie.

La géodésie de surface, dont le rôle reste essentiel dans la définition de la figure géométrique d'accélérateurs de cette dimension, sera effectuée uniquement par trilatération. Toutes les mesures de distances seront faites avec le Terrameter LDM2. Cet appareil utilise deux lasers, l'un Hélium-Néon, d'une longueur d'onde de 632.8 nanomètres (rouge), l'autre Hélium-Cadmium, d'une longueur d'onde de 441,6 nanomètres (bleu). Un microprocesseur programme une unité de lecture qui fournit en permanence la distance corrigée à partir des données issues du système optique. L'utilisation des lasers, dans deux gammes d'ondes différentes, et le système de compensation éliminent les erreurs dues aux variations de l'atmosphère le long de la ligne de visée.

Le Terrameter est utilisable pour toute distance comprise entre 1 et 15 km et la précision annoncée est de 1.10^{-7} de la longueur mesurée. Ceci permettra de résoudre le problème de la forme de la figure géométrique de LEP.

L'anneau de stockage à électrons — machine à fonctions séparées — est très sensible aux déformations de l'orbite fermée et dépend donc de la précision avec laquelle pourra être effectuée la mise en place des quadrupoles dans le tunnel.

Dans le projet LEP, actuellement à l'étude, les coefficients d'amplification des erreurs d'alignement, définis comme les rapports des *déformations maximum de l'orbite fermée,* à des endroits parfaitement définis de la circonférence, *et la valeur de l'erreur moyenne quadratique relative d'alignement calculée pour toutes les quadrupoles* sont les suivants :

— dans le plan horizontal

Quadrupole Q2	290
Quadrupole Q12	370
Quadrupole QF de la maille normale	200

— dans le plan vertical

Quadrupole Q1	529
Quadrupole Q11	437
Quadrupole QD de la maille normale	257

Pour donner un autre exemple de la sensibilité de LEP aux erreurs d'alignement, ainsi que la possibilité de corriger les distorsions de l'orbite fermée en déplaçant volontairement une ou plusieurs quadrupoles, il est possible de définir un autre facteur d'amplification.

Ce sera le rapport entre *la valeur du déplacement d'une seule quadrupole d'une quantité donnée et les valeurs des distorsions de l'orbite fermée aux endroits les plus sensibles,* soit dans les insertions à faible β ,

— dans le plan vertical

Quadrupole Q11 :	70

— dans le plan horizontal

Quadrupole Q12 :	40

Pour les quadrupoles QF et QD de la maille courante, ce rapport n'est que de 4. On voit ainsi apparaître, dans le plan horizontal, un facteur 10 entre les valeurs du coefficent d'amplification pour les quadrupoles QF et QD de la maille normale et celles des insertions à faible β '.

C'est donc la recherche d'une méthodologie et d'une technologie nouvelle qui va obliger à améliorer et à développer les instruments et les méthodes de calcul qui sont aujourd'hui à notre disposition. Entre les deux limites que l'on vient de définir, la métrologie nécessitera plus d'électronique, plus de microprocesseurs, une meilleure saisie des données et une meilleure analyse des résultats.

La démonstration de la nécessité de la précision apparaît dans les valeurs des coefficients d'amplification des erreurs de mesures. Les défis successifs lancés au Service de Géodésie et des Sciences de la Terre, ont toujours été relevés. Tous les accélérateurs du CERN, jusqu'à aujourd'hui, ont fonctionné dès leur mise en service, dans les limites du budget. Il a fallu des mois, voire des années, à d'autres accélérateurs ou anneaux d'intersections pour atteindre le niveau d'exploitation prévu. Ceci n'est sans doute par le fait uniquement de la métrologie, mais celle-ci a joué un rôle majeur dans le succès des accélérateurs du CERN.

Peut-on alors donner le CERN en exemple pour les travaux de métrologie ? Bien que très difficiles à chiffrer, les économies réalisées par le fonctionnement instantané des accélérateurs du CERN, dès leur mise en service, dépassent certainement très largement le budget du Service de Géodésie.

Si, au CERN, l'exigence de précision poussée à l'extrême a été une nécessité absolue, en est-il de même dans tous les domaines d'activités qui font appel à la métrologie ? C'est sans doute là le point crucial du *coût des mesures.* Sans qu'il soit nécessaire de philosopher longuement sur ce sujet, ce sont aux ingénieurs responsables des projets de définir les exigences de précision en fonction de leurs besoins réels et non des bénéfices financiers qu'ils espèrent tirer d'une métrologie sophistiquée et de l'utilisation d'instruments aux noms aussi compliqués qu'alléchants.

Les retombées technologiques des instruments développés au CERN nous ont montré que ceux-ci étaient trop souvent utilisés par des personnels qui n'en comprenaient ni le fonctionnement, ni la finalité de précision et ceci a été pour nous une très grosse déception. Par contre, d'autres utilisateurs se sont conformés aux exigences et aux soins que de tels instruments requièrent et les résultats des mesures ont dépassé leurs espérances.

Pour la compréhension du texte, il est nécessaire de définir la notion de *précision.* Elle sera définie dans tout ce qui va suivre en *écart-type ou écart moyen quadratique,* probabilité 0.683 de ne pas être dépassée.

II. LES EXIGENCES DE LA PRÉCISION

II.1. Les retombées technologiques du CERN

L'exigence de précision, qui a été définie dans le chapitre précédent, nécessite une méthodologie et une instrumentation particulières. Ce sera le but de ce chapitre, dans lequel les nouveaux instruments de mesure employés au CERN seront décrits. Il ne sera pas fait mention du théodolite à gyroscope, qui a été présenté au cours des Journées d'Étude des 5 et 6 mars 1974, journées organisées à Meyrin conjointement par le CAST et le CERN, et consacrées à la " Topométrie souterraine ". Des améliorations ont été depuis lors apportées à cet appareil, mais elles ne présentent rien de fondamental par rapport à ce qui a été publié en 1974. De même, la méthodologie des calculs de compensation ne sera pas exposée ici. Les Journées d'Étude du 1er au 4 mars 1977, consacrées au " Traitement des grandes Matrices particulières en Géodésie — Interprétation des Résultats ", organisées par l'AIG (Association Internationale de Géodésie), le CAST et le CERN, ont très largement couvert ce sujet qui reste toujours d'actualité.

Il est entendu une fois pour toutes que les mesures sont toujours effectuées sur des alésages verticalisables type CERN, permettant un centrage forcé (figure 6).

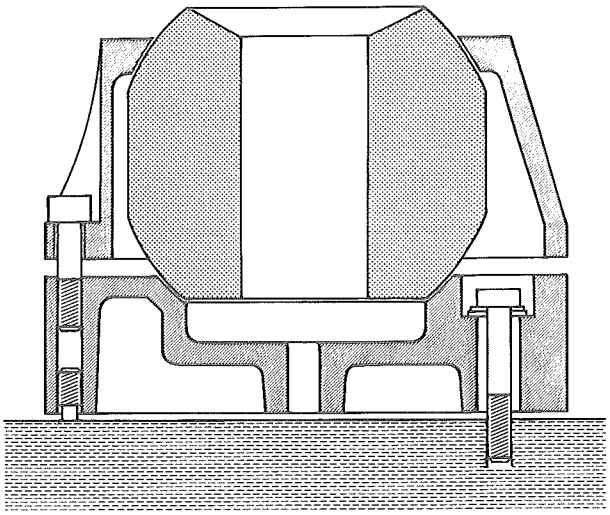


Fig. 6

II.2. LA BASE D'ÉTALONNAGE DU CERN

L'étalon primaire, servant aux étalonnages des fils d'invar, était constitué d'une règle en invar de 4 m, fabriquée et étalonnée par la SIP à Genève en 1962. Cette règle est graduée tous les mètres et son premier mètre est divisé en millimètres. L'évolution de cette règle d'invar est contrôlée par l'intermédiaire d'une règle de 1 m en invar, tirée de la même coulée, qui est envoyée périodiquement au BIPM pour être étalonnée.

La base d'étalonnage CERN est installée dans une galerie souterraine de 70 m de long, dont la section est un carré de 2,50 m. L'épaisseur de la couverture de terre et un système de climatisation élaboré permettent de garantir une stabilité en température de ± 0,5° C. Une des parois du tunnel a été coulée en un seul bloc et c'est de ce côté que sont installés tous les microscopes de lecture. L'étalon primaire de 4 m est monté sur un chariot qui peut parcourir les 57 m de la base proprement dite sur un système de rails continus. La position de cette règle est repérée par un ensemble de microscopes fixes et de microscopes mobiles. Les quatorze microscopes fixes reposent tous les 4 m sur des supports le long des 48 premiers mètres de la base. Les microscopes mobiles reposent sur un banc continu de 9 m. L'utilisation de la règle et des microscopes se fait de façon tout à fait traditionnelle par la méthode des reports.

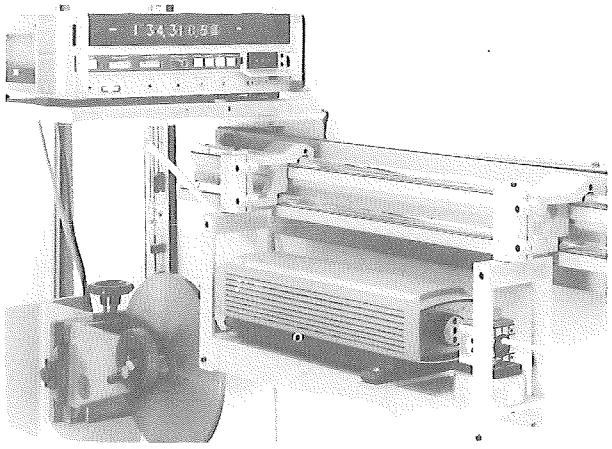


Fig. 7

En 1972, on décida de doubler l'étalon primaire en invar par un autre étalon primaire : la fréquence de l'interféromètre Hewlett Packard. L'interféromètre et son diviseur de lumière ont été installés à l'origine de la base d'étalonnage (figure 7), c'est-à-dire sur le premier demi-mètre des goupilles de positionnement des microscopes mobiles. Afin de pouvoir faire des mesures simultanées avec les deux étalons primaires, le réflecteur mobile de l'interféromètre a été fixé sur le chariot de la règle d'invar (figure 8). Ainsi, l'ensemble interféromètre, réflecteur mobile, règle d'invar, microscopes de lecture forme un tout et l'on peut, au choix, passer de l'un à l'autre pour étalonner les fils d'invar qui sont utilisés à l'extérieur de la base.

La tendance actuelle est d'utiliser uniquement l'interféromètre laser pour l'étalonnage des fils. En effet, depuis 1975, la concordance parfaite des résultats d'étalonnage obtenus avec la règle de 4 m et ceux obtenus avec l'interféromètre est à l'origine de cette décision. La règle de 4 m sert encore, pour des contrôles ponctuels, mais de moins en moins souvent. On est d'ailleurs en train de construire de nouveaux chariots pour le réflecteur mobile afin de ne plus utiliser du tout la règle de 4 m. Elle restera cependant opérationnelle en cas de besoin.

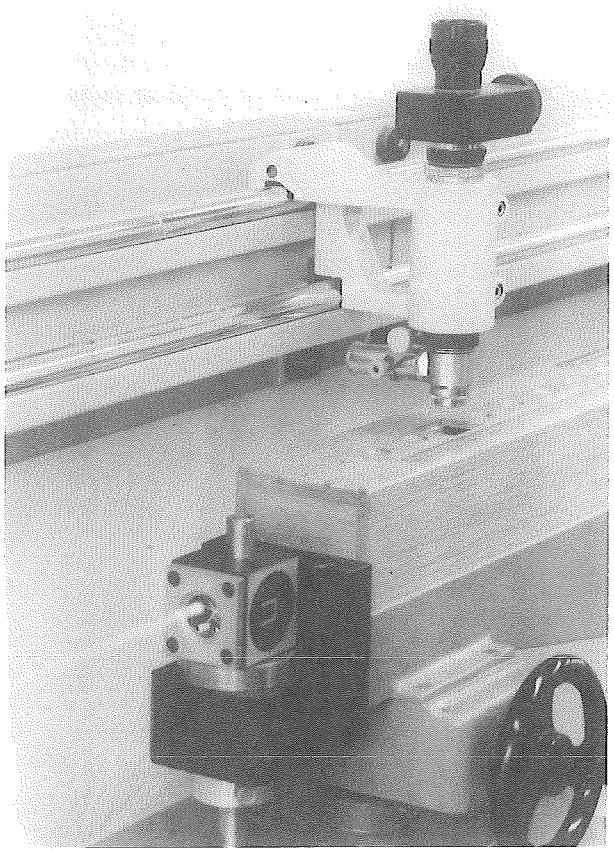


Fig. 8

II.3. LES INSTRUMENTS DE MESURE DE LONGUEUR

II.3.1. Le Distinvar

L'appareil automatique de mesure de distance, appelé Distinvar, développé au CERN depuis 1961, a été déjà longuement présenté. Comme il reste encore actuellement l'instrument le plus employé dans les mesures de la métrologie des accélérateurs et dans celles liées à l'installation des éléments fonctionnels, il est parfaitement justifié de le décrire à nouveau dans sa version 1979.

La précision relative demandée pour l'installation des éléments fonctionnels des accélérateurs est de l'ordre de 0,1 mm. C'est la raison pour laquelle les mesures géométriques qui doivent satisfaire ces tolérances sont faites à partir de mesures de longueurs de très haute précision. Quelques centièmes de millimètre peuvent être obtenus du fait de l'utilisation des fils d'invar.

Le Distinvar, réalisé par le Service de Géodésie et des Sciences de la Terre en 1961, a été utilisé lors de la construction des ISR, du Booster et des tunnels de transfert. Cet instrument a effectué des milliers de mesures et le modèle automatique décrit ci-dessous a été employé pour la métrologie de référence du SPS. Il peut servir à déterminer les longueurs absolues (base géodésique, métrologie, contrôle d'ouvrage), à condition qu'elles soient comparées à un étalon primaire. Il peut aussi servir à déterminer des mesures différentielles (pont, tunnel, barrage, bâtiment) sans qu'il soit nécessaire de les étalonner.

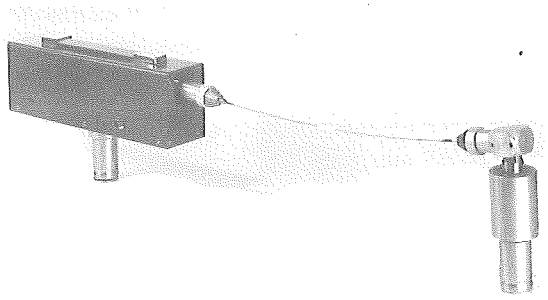


Fig. 9

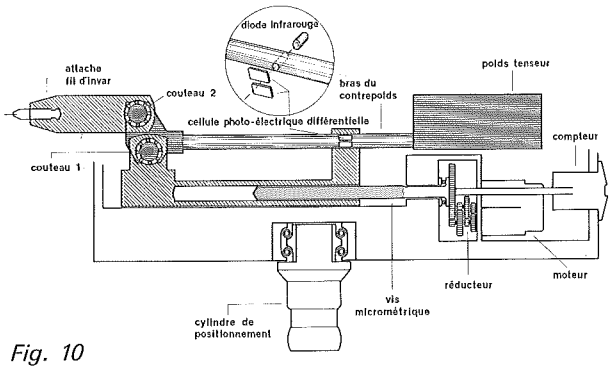


Fig. 10

Le Distinvar est composé de trois éléments, le fil d'invar géodésique, d'un diamètre de 1,65 mm, avec ses embouts de fixation, le point fixe et l'appareil de mesure des appoints (figure 9). Les deux derniers éléments comportent une pièce mâle permettant un centrage mécanique précis dans les alésages de 30 mm de diamètre. Ces alésages doivent être verticaux et matérialisent la longueur à mesurer.

L'appareil de mesure des appoints (figure 10) est une balance de précision montée sur un chariot. Le principe de base du système de la balance est qu'en fonction du rapport des bras de levier, un poids de 1,5 kg exerce une traction constante de 15 kg sur le fil. Le chariot, en se déplaçant longitudinalement, cherche le point d'équilibre de la balance. Ce point d'équilibre est défini par un système qui détecte la position verticale du bras de la balance. En fonction de l'information fournie par le système de détection, le chariot se déplace automatiquement en avant ou en arrière au moyen d'un moteur réversible et d'une vis micrométrique pour trouver le point d'équilibre. Un compteur mécanique solidaire de cette vis indique la position longitudinale du chariot. Ainsi, la différence de lecture du compteur entre la position du chariot sur la base d'étalonnage et la position sur la longueur à mesurer donne directement la différence de longueur entre ces deux mesures.

La course totale du chariot est de 50 mm. En fonction des fils d'invar utilisés, le Distinvar peut mesurer des longueurs comprises entre 0,40 et 50 m. La résolution du compteur est 0,01 mm. Néanmoins, la précision sur la mesure n'est pas fonction de la longueur des fils mais de la sensibilité de la balance. Des milliers de mesures faites à l'aide du Distinvar durant de nombreuses années montrent que la valeur moyenne de l'écart-type est de 0,03 mm.

Certaines précautions doivent être obligatoirement observées. En plus de la verticalité des alésages, il faut également se rappeler que, comme la traction exercée sur le fil est transmise directement aux éléments à mesurer, ceux-ci doivent être suffisamment rigides pour que cette traction n'altère pas les mesures. De ce fait, il est nécessaire de concevoir des piliers, des colonnes métalliques ou des supports qui ne se déforment pas sous l'effet de cette traction. Pour les mesures absolues de longueur, l'étalonnage doit être effectué très soigneusement avant et après les mesures elles-mêmes, afin de détecter toute erreur systématique.

II.3.2. L'interféromètre à réflecteur asservi

Au printemps de 1979, cet appareil est venu bouleverser beaucoup d'idées reçues. Il devrait permettre de remplacer l'invar dans le créneau des mesures de distances comprises entre 0,10 m et 60 m. C'était là le domaine spécifique d'utilisation du fil d'invar, qui reste encore la solution la plus rapide d'emploi pour la précision recherchée, mais qui nécessite et nécessitera toujours des étalonnages fréquents dans la base.

Par contre, l'interféromètre à réflecteur asservi porte avec lui son propre étalon primaire et n'a donc plus besoin d'étalonnage.

Cet appareil permet également - ce qui est un grand avantage - de ne pas exercer de traction sur les points à mesurer, comme c'est le cas avec le Distinvar.

Le réflecteur asservi permet de mesurer des distances avec un interféromètre à laser sans utiliser de guidage mécanique (figures 11 et 12). Dans de bonnes conditions, des mesures pouvant atteindre 60 m peuvent être faites avec une erreur inférieure à 0,01 mm.

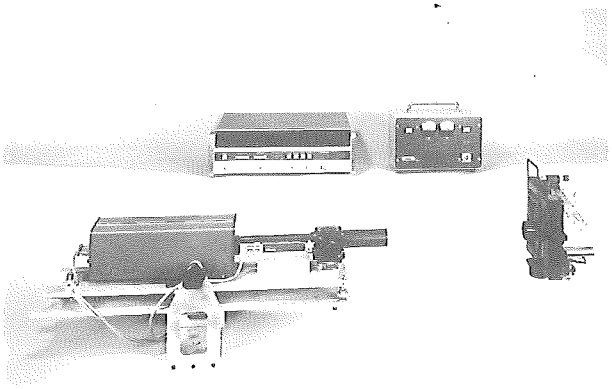


Fig. 11

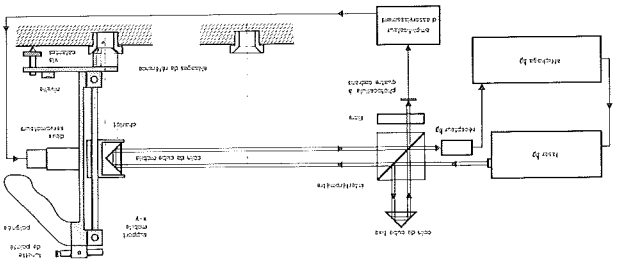


Fig. 12

L'interféromètre à laser est construit par Hewlett Packard et comprend un laser Helium-Néon stabilisé (λ = 632.8 nm, puissance de sortie : 120 W), un prisme interférométrique avec un réflecteur fixe, un réflecteur mobile coin de cube, un récepteur et un système d'affichage.

Le faisceau du laser est séparé en deux par le prisme de l'interféromètre ; la première partie est renvoyée sur le prisme par le réflecteur fixe, la seconde partie par le réflecteur mobile. Les deux parties du faisceau se recombinent et rentrent dans le récepteur dans lequel la différence de phase entre ces deux faisceaux est détectée. Cette différence de phase est proportionnelle au déplacement du réflecteur mobile. Par rapport au comptage de franges, la mesure du déphasage permet d'obtenir une résolution plus fine que le quart de longueur d'onde. Le signal du récepteur est transmis au système d'affichage qui fournit la distance mesurée en millimètres, en quarts de longueur d'onde ou en pouces.

L'interféromètre ne mesurant que les différences de phase, toute interruption de la réception du faisceau laser arrête le système de comptage et provoque donc la perte complète de l'information. La difficulté majeure dans l'utilisation du réflecteur mobile réside dans le fait qu'il doit être toujours aligné à mieux qu'un demi diamètre du faisceau laser. Le réflecteur est monté sur un chariot qui peut être déplacé verticalement et horizontalement par deux moteurs asservis (figures 13 et 14). Ces moteurs sont montés sur le support mobile XY et meuvent le chariot grâce à un sytème de fils tendus. Les moteurs sont contrôlés par l'amplificateur d'asservissement qui reçoit les signaux de la photocellule quatre quadrants. On obtient ainsi une boucle d'asservissement qui, en déplaçant le réflecteur mobile, maintient le faisceau retour centré sur la photocellule.

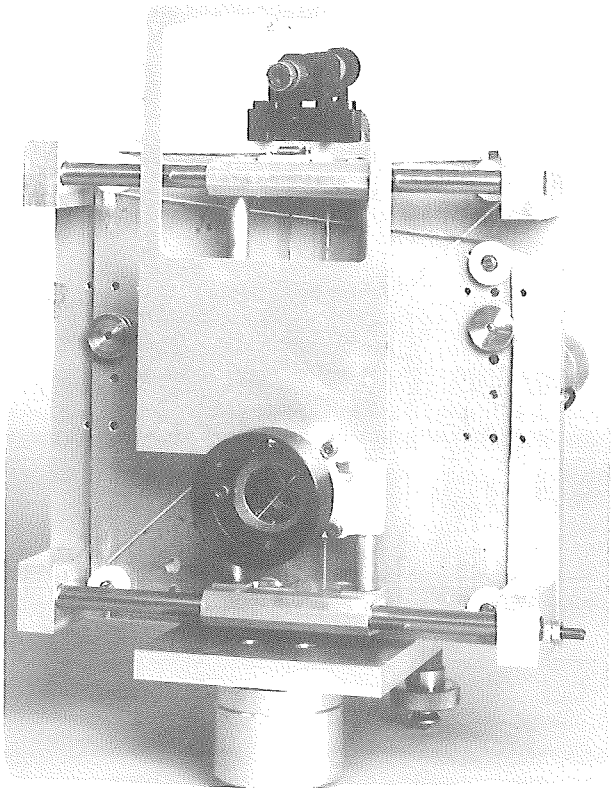


Fig. 13

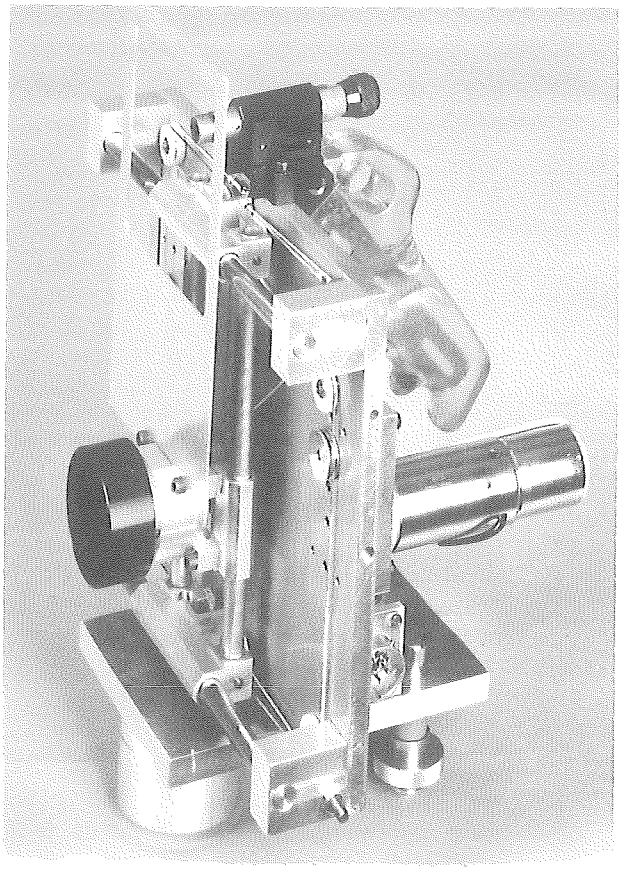


Fig. 14

Un niveau à bulle et deux vis de réglage servent à la verticalisation du support XY sur les alésages de référence.

Au moyen d'une petite lunette, le support XY est rendu perpendiculaire au faisceau laser. Le support est tourné jusqu'à ce que le réticule de la lunette soit centré sur le faisceau laser sortant du prisme interférométrique.

Le système laser avec son prisme interférométrique et le récepteur sont réglés afin que le faisceau laser soit aligné à environ 12 cm au-dessus des alésages de référence.

Le support XY mobile est placé sur l'alésage le plus éloigné et orienté perpendiculairement au faisceau laser grâce à la lunette. Le support est verticalisé à l'aide du niveau à bulle.

Une fois l'amplificateur d'asservissement branché, l'affichage interférométrique est mis à zéro et le support mobile est alors transporté manuellement avec précautions jusqu'à l'autre alésage où il est mis en place comme précédemment.

La distance entre les alésages de référence est lue directement sur le système d'affichage.

Le premier prototype fonctionne parfaitement et a déjà permis d'effectuer des mesures qu'il aurait été impossible de faire avec le Distinvar. Un deuxième prototype est en cours de réalisation et devrait permettre un accroissement de fiabilité et un emploi plus rapide.

II.4. LES SYSTÈMES D'ALIGNEMENT

II.4.1. Le système d'alignement au fil nylon

Cet appareil est destiné à remplacer certaines mesures angulaires par la mesure précise de la plus petite distance (flèche) d'un point à une ligne droite servant de référence. Cette droite est matérialisée par un fil de nylon. Les vecteurs ainsi obtenus sont introduits dans les calculs de compensation planimétriques en combinaison avec les autres mesures.

Une fois le fil tendu entre les deux points extrêmes, le système d'alignement est installé sur le point intermédiaire à déterminer. Il mesure alors le vecteur perpendiculaire au fil de nylon. Le détecteur mobile passe par un point de référence où le compteur est mis à zéro et continue jusqu'à ce qu'il trouve le fil. Le détecteur se centre sous le fil et la valeur de la flèche ainsi mesurée est alors affichée.

Le système comprend trois parties : le fil, la règle et le détecteur, la boîte de commande (figures 15 et 16). Le fil de nylon, d'un diamètre de 0,25 mm, est tendu entre un point fixe et un appareil qui applique une tension constante sur le fil. Les deux extrémités du fil sont centrées sur l'axe vertical des alésages de référence au moyen d'un système de goupilles. La règle est centrée mécaniquement dans l'alésage grâce à un cylindre de positionnement. La verticalité de l'alésage assure l'horizontalité de la règle. La perpendicularité de la règle au fil de nylon est effectuée manuellement. Le détecteur est un chariot monté sur galets, entraîné par une vis micrométrique de précision mue par un moteur. Un codeur incrémental solidaire de la vis et relié à un système de comptage est utilisé pour mesurer la position du détecteur. Le codeur a deux sorties, l'une donne 400 impulsions par tour, l'autre donne une impulsion zéro par tour. Quand l'impulsion zéro du codeur coïncide avec le signal de l'index de référence sur le chariot, le compteur est remis à zéro. Le détecteur est composé de deux diodes infrarouges situées symétriquement de part et d'autre du fil. La réflection de la lumière sur le fil de nylon est recueillie sur une photodiode différentielle. Le signal amplifié de ces cellules asservit le moteur de la vis jusqu'au centrage parfait du détecteur sous le fil.

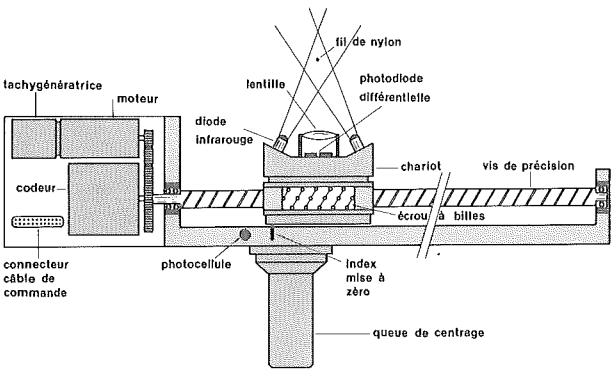


Fig. 15

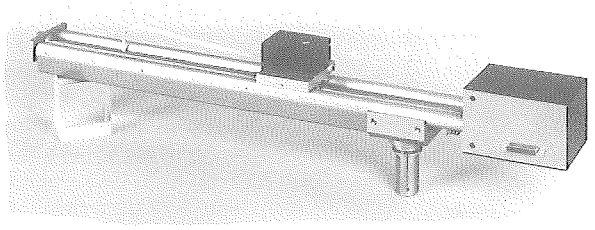


Fig. 16

Tous les circuits électroniques sont logés dans la boîte de commande, à l'exception de l'amplificateur différentiel qui est monté sur le chariot du détecteur. A cause de la faible quantité de lumière réfléchie par le fil, il est nécessaire de moduler la source de lumière et d'avoir le préamplificateur le plus près possible des photodiodes. La lumière est pulsée 980 fois/seconde par l'oscillateur 980Hz et le modulateur de diode infrarouge. Afin d'éliminer des signaux parasites comme le 50Hz, le bruit de fond, etc., le signal passe par un filtre synchrone avant d'être converti en un signal de courant continu dans le détecteur synchrone. Ce signal est ensuite amplifié et commande l'amplificateur de puissance. Celui-ci, le moteur et la tachygénératrice, constituent un système d'asservissement en vitesse qui entraîne le chariot par l'intermédiaire de la vis de précision. Au début d'une mesure, le signal à l'amplificateur vient de la logique de contrôle jusqu'à ce qu'il y ait un signal du photodétecteur, c'est-à-dire que le fil ait été trouvé. A ce moment, la logique de contrôle branche l'entrée de l'amplificateur au détecteur synchrone. Le moteur déplace le chariot jusqu'à ce que le signal devienne zéro ; le détecteur est alors centré sous le fil. Le système pour la mesure de la flèche est composé d'un codeur incrémental monté directement à une extrémité de la vis et branché à un compteur réversible associé à un affichage. De plus, un système effectue la mise à zéro du compteur, quand le chariot passe par la position dite de référence de la règle. Le codeur a une sortie qui donne une impulsion chaque fois que l'angle du codeur est nul. Le pas de la vis étant 4 mm, l'impulsion a lieu tous les 4 mm de déplacement du chariot. De plus, il y a une photocellule matérialisant le point dit de référence. Quand le chariot passe en face de ce point, le compteur est mis à zéro par l'impulsion zéro du codeur. Les sorties S1 et S2 du codeur donnent 400 impulsions par tour, ce qui correspond à une résolution de 0,01 mm sur la mesure de la flèche. Ces impulsions sont comptées et affichées. Tout le système est alimenté par une batterie de 12 volts.

Le mode opératoire consiste à mesurer les différents vecteurs au moins deux fois avec des origines différentes, afin d'obtenir des observations surabondantes et indépendantes. L'étalonnage de l'instrument s'effectue par rotation de 180° de l'ensemble règle/détecteur. Il est évident que, pour obtenir la précision maximum du système, un soin particulier doit être apporté à tous les stades de la mesure.

La course totale actuelle est de 500 mm, la précision sur la position du détecteur est 0,01 mm. Le système automatique n'a pas encore été utilisé de façon intensive, mais une version manuelle fournit un écart-type de 0,08 mm sur des cordes de 96 m et des flèches de 52 cm et une précision de 0,03 mm pour des cordes de 30 m. Les conditions d'observation doivent être surveillées afin que des courants d'air, même légers, n'introduisent pas d'erreur systématique dans les mesures. Dans ce cas, le système d'alignement laser doit remplacer celui à fil de nylon.

II.4.2. Le système d'alignement laser à récepteur asservi

L'écartomètre à mire active est destiné à la mesure de l'écart d'un point à un faisceau laser servant de référence. Avec une portée maximum d'environ 100 m, il permet de mesurer des écarts entre - 40 et + 540 mm avec une résolution de 0,01 mm.

L'appareil se compose de deux parties : l'émetteur et son alimentation, le récepteur photo-électrique différentiel et son unité électronique (figure 17).

L'émetteur comprend un laser Helium-Néon de 1 mW et, afin de permettre des mesures jusqu'à 100 m, un sytème optique approprié qui réduit la divergence d'un facteur 10 et augmente le diamètre du faisceau dans le même rapport. Ce diamètre, qui est de 11 mm à la sortie de l'optique, atteint seulement 14 mm à 100 m. L'optique comprend en outre un filtre spatial (diaphragme de 25 μm situé au point de convergence du système). Ce diaphragme élimine tous les rayons parasites non parallèles à l'axe, donnant ainsi une répartition gaussienne de l'intensité lumineuse. Le laser et son optique complémentaire sont montés sur un plateau réglable qui permet de diriger le faisceau vers le récepteur. Une fois réglé, l'ensemble émetteur est bloqué.

Le chariot du récepteur photo-électrique, mû par une vis hélicoïdale de précision, est asservi à rester centré sur le faisceau laser (figure 18). Sa position le long de la vis est mesurée par un codeur qui fournit 100 impulsions par millimètre à un compteur aller et retour. Ce compteur mémorise la position instantanée du récepteur par rapport à un " zéro " matérialisé par l'axe moyen de deux photocellules éclairées par une diode lumineuse (LED). Le passage du repère du chariot devant ces cellules effectue la mise à zéro du comptage. Les positions instantanées sont prélevées dix fois par seconde au moyen de la " porte d'échantillonnage " et cumulées dans le " compteur d'addition ". Le nombre d'échantillons est fixé par le sélecteur manuel. Le système fournit, par l'intermédiaire d'un " diviseur " la moyenne de 10,100 ou 1 000 prélèvements qui est alors transmise à l'affichage digital.

L'asservissement du récepteur et la mesure digitale du déplacement permet une détermination précise de la position moyenne. L'erreur due à la forme dissymétrique du faisceau laser est ainsi éliminée et, dans la limite de la résolution, l'intégration digitale est mathématiquement exacte.

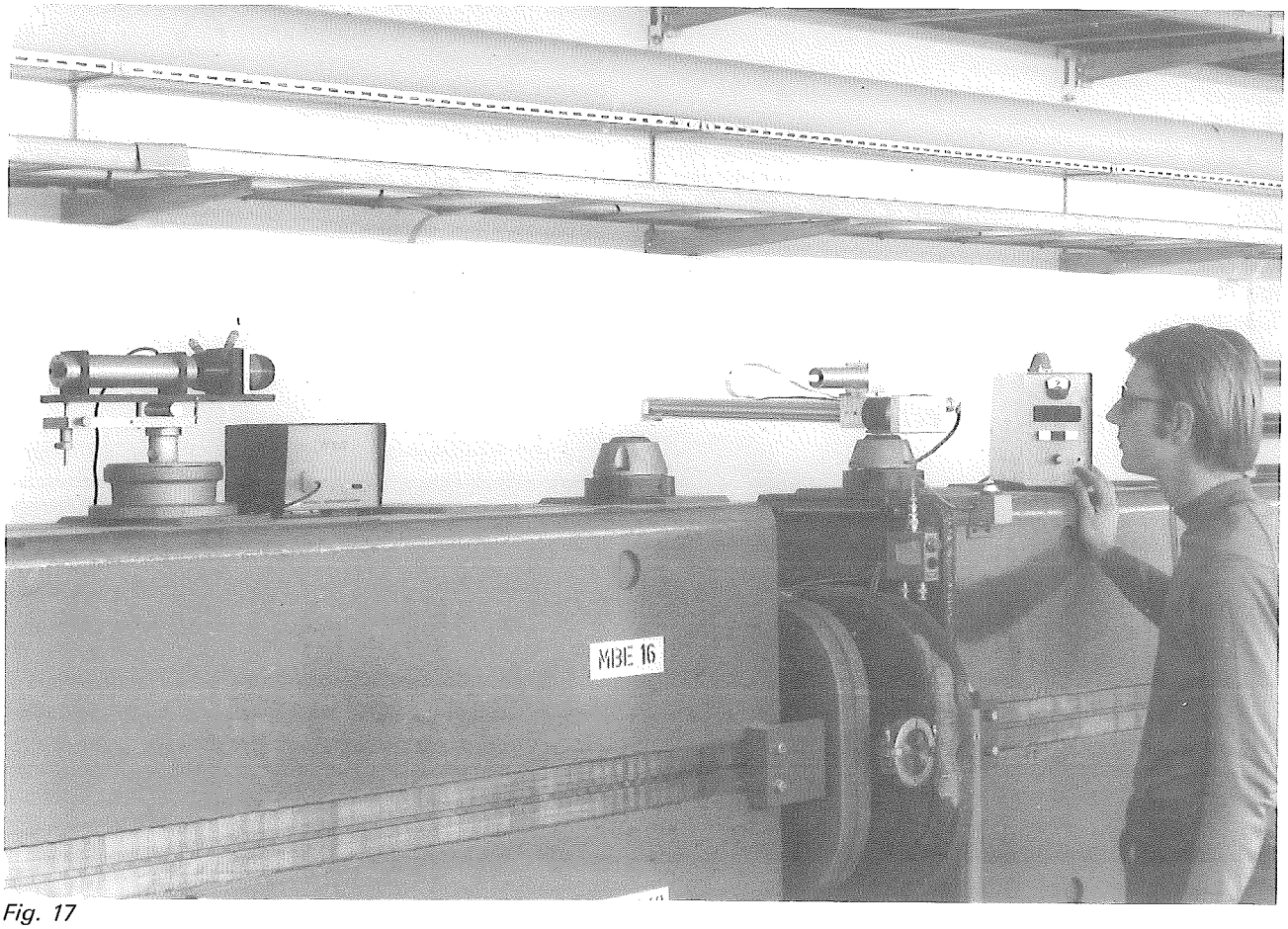


Fig. 17

La perpendicularité du vecteur mesuré est assurée par deux petites photocellules situées à l'arrière du récepteur. Elles sont éclairées par la partie centrale du faisceau laser qui passe par une fente d'environ 0,5 mm séparant les deux grandes photocellules frontales. Un galvanomètre indique leur différence d'éclairement ; il suffit de tourner l'ensemble du récepteur jusqu'à ce que cette différence soit nulle. Le centrage vertical du récepteur sur le faisceau est visualisé par une lampe-témoin qui s'allume lorsque la somme des courants des deux petites photocellules dépasse un certain seuil.

Cet appareil a été largement employé pour la métrologie du SPS. Il fournit une précision variant avec la distance, mais dépendant également du mode opératoire adopté et de la connaissance des constantes instrumentales.

Une procédure par mesure aller-retour élimine par symétrie l'excentrement de l'émetteur, ainsi que celui des photocellules réceptrices. Le décalage du zéro du codeur se détermine par simple retournement.

Toutes ces précautions prises, l'écart-type obtenu sur de nombreux alignements de 96 m est de 0,09 mm. Sur des distances plus courtes, cette valeur décroit rapidement.

II.5. LES APPAREILS DE NIVELLEMENT ET DE CLINOMÉTRIE

II.5.1. Niveau hydrostatique automatique

Cet instrument est destiné à la mesure précise et automatique de la différence de niveau qui existe entre deux ou plusieurs stations. Le niveau hydrostatique installé en chaque station peut être commandé et lu localement ou à distance, soit manuellement, soit périodiquement par ordinateur. La précision recherchée est de l'ordre de 0,05 mm sur des distances de quelques dizaines de mètres (figure 19).

Le système hydrostatique comporte un certain nombre de stations reliées entre elles par des tubes afin de travailler soit en circuit fermé, soit sous une pression barométrique unique. La détection du niveau du liquide s'effectue par contact électrique d'une aiguille sur la partie plane du ménisque constituant la surface hydraulique de contact. La lecture de la position de ce niveau est obtenue par le comptage du chemin vertical parcouru par l'aiguille avant le contact. Un transistor immergé fournit l'indication de la température du liquide en chaque station.

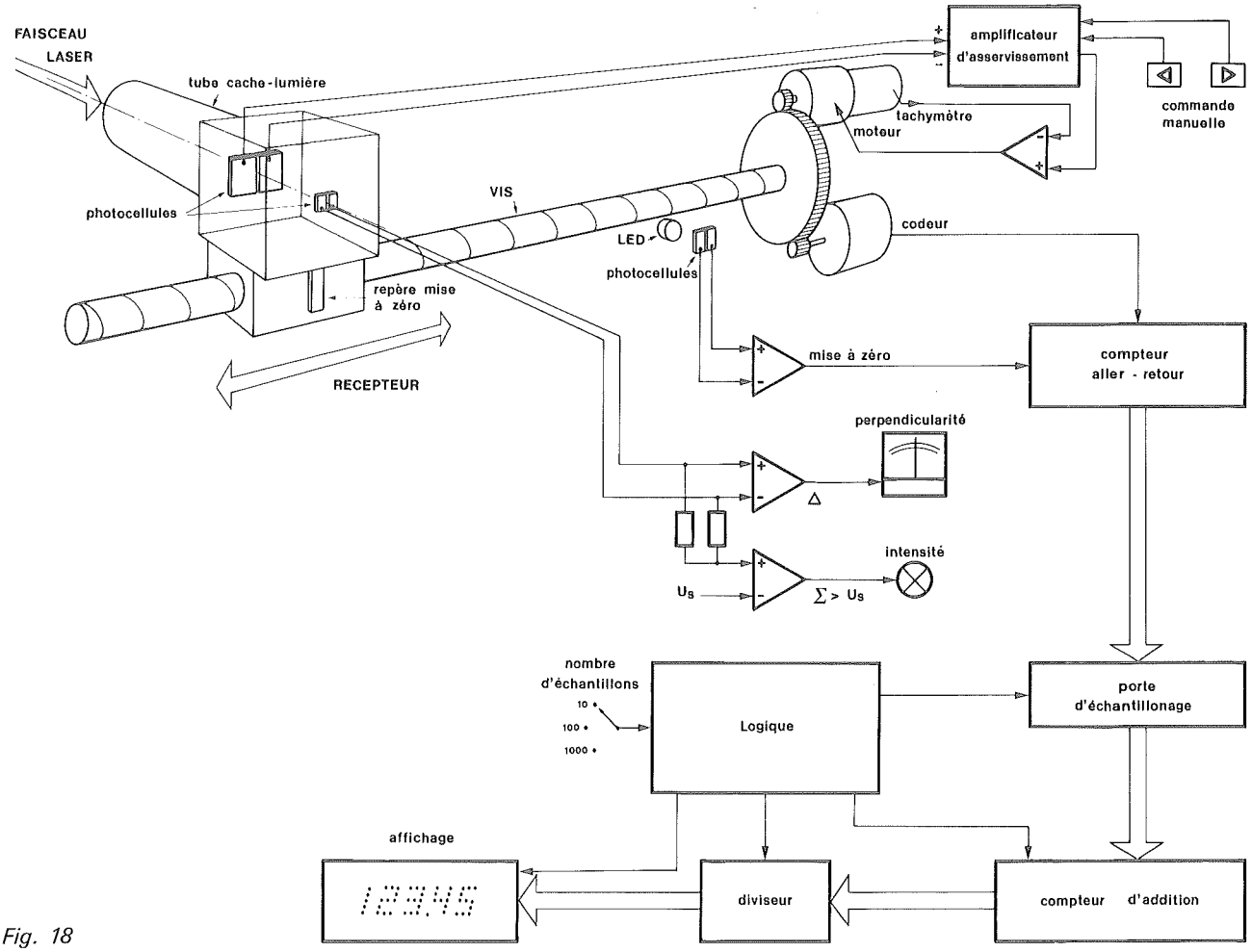


Fig. 18

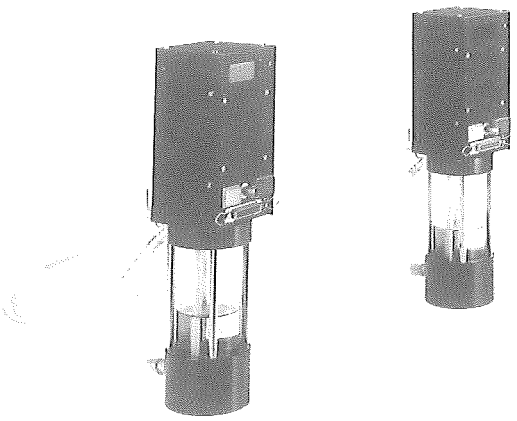


Fig. 19

Le niveau hydrostatique (figure 20), d'un diamètre de 70 mm et haut de 300 mm est un vase relié par deux tuyaux plastiques ou métalliques aux autres stations, un des tuyaux faisant connexion hydraulique, le second assurant la connexion pneumatique. Un robinet à trois positions permet de fermer le circuit ou de le mettre à la pression atmosphérique. Le mouvement vertical de l'aiguille (course totale : 100 mm) est commandé par un système comprenant un moteur et un codeur incrémental relié à un compteur. Le codeur a deux sorties, l'une donne 100 impulsions par tour, et l'autre une impulsion de " mise à zéro " par tour. La mise à zéro du système de comptage est faite par la première impulsion de " mise à zéro " qui suit la position de repos. L'aiguille descend jusqu'au contact électrique avec le liquide, la valeur de la course s'affiche et l'aiguille est alors remontée jusqu'à la position de repos. Quand on mesure la température du liquide, celle-ci apparaît sur le même affichage à cristaux liquides avec une résolution de 0.1°C. Les deux modes opératoires peuvent être effectués soit manuellement à l'aide d'interrupteurs placés sur l'instrument, soit à distance, par l'intermédiaire du connecteur entrée/sortie. Le niveau hydrostatique demande une alimentation de 12-14 VDC. La consommation courante est de 120 mA au cours de la mesure et de 40 mA au repos. Le liquide utilisé est un mélange de 90 % d'eau distillée et de 10 % d'antigel.

L'ensemble de l'électronique est monté sur deux cartes de circuits imprimés. Les circuits analogiques et la commande de moteurs sont sur l'un, l'autre recevant le compteur et l'affichage. Au début d'une mesure de niveau, deux " flip-flops " sont établis, l'un contrôle le sens du moteur, l'autre l'enclenche et l'aiguille descend. Celle-ci est connectée aux 12 Volts par une résistance 1 Mohm. Quand il y a contact avec le liquide, le voltage tombe. Cette chute est amplifiée et change la direction " flip-flop ", donc le sens du moteur. Au même moment, le comptage est arrêté. Lorsque l'aiguille atteint la position la plus haute, un micro-contact de fin de course change le " flip-flop " et le moteur s'arrête. Un transistor silicone conventionnel est utilisé comme sonde de température. Il est branché en série à un courant stabilisé de 1.22 V par une résistance de 1 kohm. Le courant

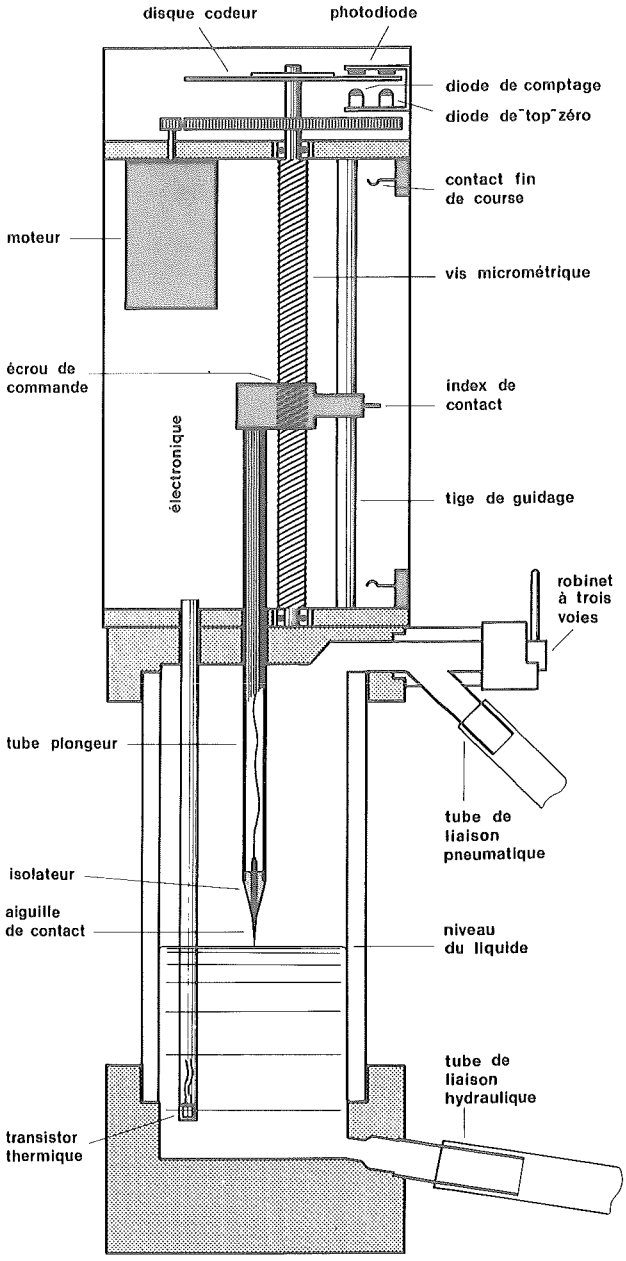


Fig. 20

passant par la résistance est proportionnel à la température absolue et est mesuré à l'aide d'un circuit voltmètre digital à double rampe utilisant le même compteur et le même affichage que la mesure de niveau. Afin d'afficher la température en °C, le compteur est, au début de chaque cycle de mesure, mis à la valeur 1000.0 - 273.2 = 726.8. Les circuits digitaux utilisent les circuits intégrés CMOS qui consomment très peu de courant.

L'étalonnage des niveaux hydrostatiques s'effectue sur deux stations par permutation des niveaux. La base et le support des niveaux sont réalisés à la demande. Le circuit hydraulique doit être aussi horizontal que possible et ne comporter aucune bulle. Les calculs de la différence de niveau réelle entre les stations doivent tenir compte de l'influence de la température en chacune d'elles, température qui modifie la hauteur des colonnes de liquide.

La précision sur la température est de 0.5°C. La résolution de la mesure est de 0.01 mm. Sur des circuits hydrauliques de 25 m de long, la précision est de 0.05 mm. Combiné au clinomètre électronique, ce système fournit les informations complètes pour les mesures altimétriques.

II.5.2. Le clinomètre électronique

L'instrument réalisé est destiné à la mesure précise des inclinaisons selon une direction unique. La lecture des inclinaisons peut s'effectuer à distance. Le clinomètre ne devient pas magnétique dans un champ élevé. Il permet des mesures absolues ou différentielles.

Le principe consiste à détecter la position transversale d'une masse pendulaire de 180 g suspendue à un support rigide au moyen de cinq fils de Cu-Be d'un diamètre de 0,05 mm (figure 21). La lecture de la position s'effectue à l'aide d'un système électro-optique utilisant des photo-diodes différentielles et des amplificateurs (figure 22). Le courant de sortie des photo-diodes est proportionnel à l'inclinaison de l'instrument.

Les dimensions du clinomètre sont 1 = 70 x L = 90 x h = 100 mm. Il pèse 800 g au total. Sa base est équipée de trois vis de réglage pour calage du zéro et de trois vis de fixation pour le rendre solidaire des éléments à mesurer (composants de machine ou d'expérience, chariots mobiles, jauges, etc.). Il est équipé d'un système d'amortissement en une seconde (figures 23 et 24). La lecture de la position de la masse pendulaire peut s'effectuer à distance sur

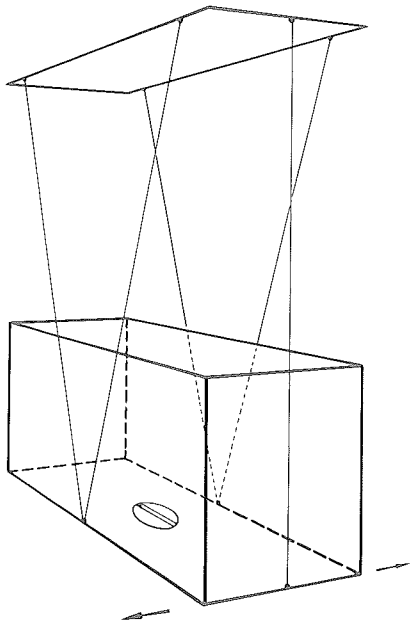


Fig. 21

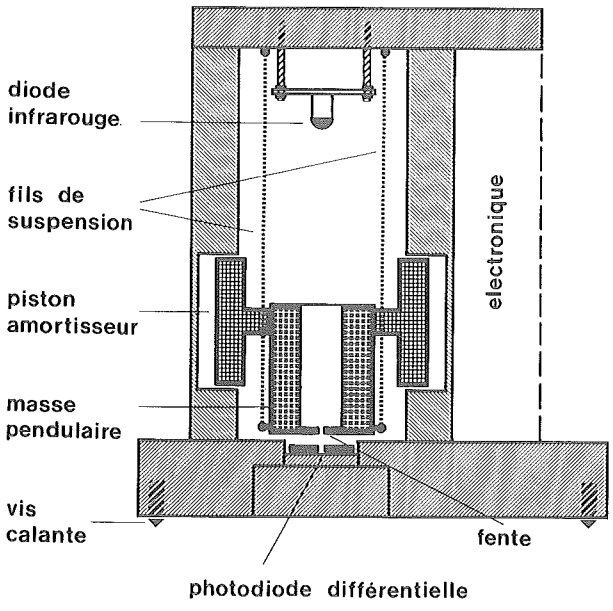


Fig. 22

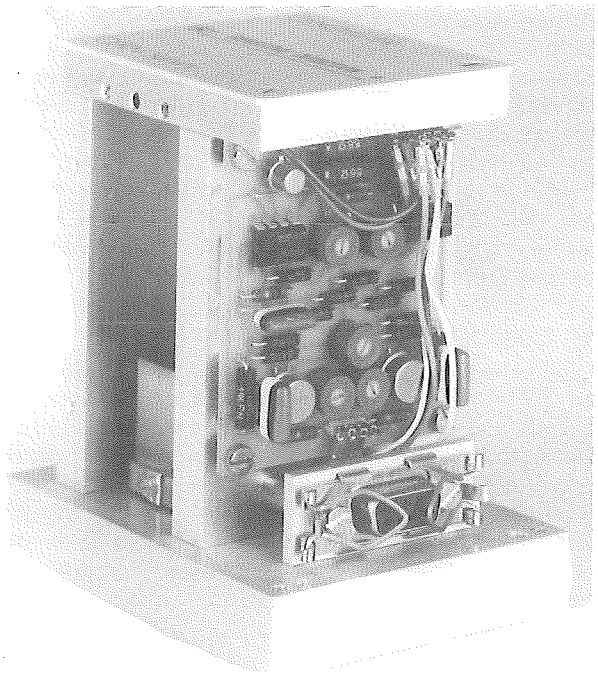


Fig 23

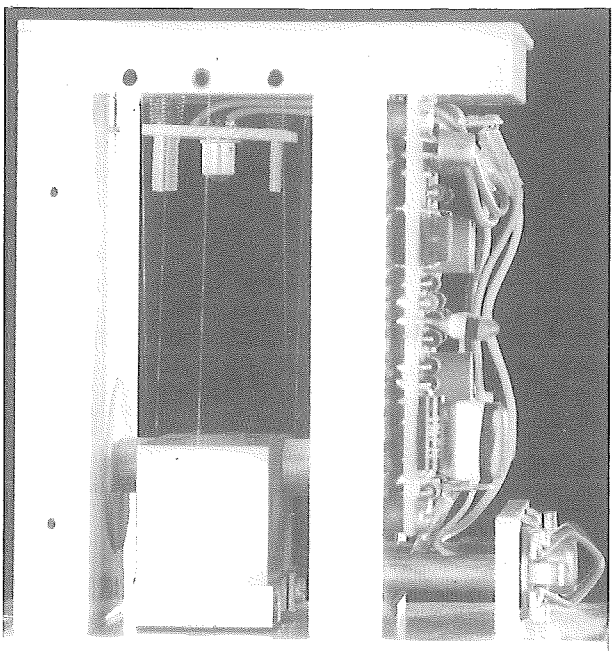


Fig. 24

un voltmètre analogique ou digital. Un ensemble de clinomètres peut être lu par scanning sur ordinateur. La résolution de la lecture est de 0,001 mm/m mais elle est alors très influençable par les vibrations.

Le clinomètre est alimenté en ± 15 V stabilisé. Le clinomètre sort une tension proportionnelle à la pente correspondant à ± 10 V pour ± 2 mm/m. Une boucle de gain automatique asservit le courant d'alimentation de la diode à la tension de sortie des photodiodes.

Un système de blocage de la masse pendulaire évite les ruptures de fil au cours des manutentions et des transports. Comme pour tout niveau, l'étalonnage du zéro s'effectue par retournement et réglage des vis de calage.

La précision du clinomètre est de 0,01 mm/m, sa linéarité est de 1 % jusqu'à ± 1 mm/m et de 2 % jusqu'à ± 2 mm/m. Dans cette gamme, la température n'a pas d'influence sur la lecture. Cet instrument est utilisé intensément pour les mesures de la géométrie des pièces polaires des quadrupoles SPS, pour réaliser la machine SPS dans un plan unique, pour contrôler la stabilité de certains détecteurs dans les grandes expériences de physique. Associé aux niveaux hydrostatiques, il fournit une surveillance périodique ou permanente de l'altimétrie.

III. CONCLUSION

Le gros avantage de la géodésie et de la métrologie au CERN est que la précision demandée résulte des calculs à priori des perturbations de l'orbite fermée. Un mouvement du sol, le déplacement d'une quadrupole dans les machines à fonctions séparées, une valeur erronée du champ magnétique constituent une source de difficultés qu'il est possible de simuler et dont on tient compte dans l'établissement de la liste des paramètres.

L'équation de Hill, utilisée en astronomie pour décrire les orbites lunaires, sert également à l'étude et à l'analyse des trajectoires des particules dans le système de confinement magnétique d'un accélérateur circulaire. Cette équation à coefficients périodiques est de la forme :

$$\frac{d^2y}{ds^2} + K_y(s) \cdot y = 0$$

où $K_y(s + P) = K_y(s)$, P étant la période de $K_y(s)$ et y représentant les coordonnées radiales ou verticales. Le mouvement transversal ainsi décrit n'est pas autre chose qu'un mouvement harmonique simple dont la force de rappel varie avec s, distance prise sur l'axe du faisceau, le coefficient périodique $K_y(s)$ correspondant à l'effet focalisant produit par le champ magnétique des aimants.

La résolution de ces équations fixe les valeurs des précisions qu'il faut atteindre pour un bon fonctionnement des accélérateurs. C'est au Service de Géodésie et des Sciences de la Terre de satisfaire ces exigences de précision, mais celles-ci sont connues dès le début du projet et constamment actualisées lors de la construction. Les moyens nécessaires sont mis en œuvre bien souvent avant même que les premiers coups de pioche soient donnés.

Il n'a pas été mentionné dans cet exposé d'autres matériels que ceux construits au CERN. Dans l'optique d'une évolution de la métrologie de l'an 2 000, il ne faut pas oublier les théodolites électroniques, le traitement sur ordinateur des bandes magnétiques issues de ces instruments, les banques de données, le dessin automatique. Il n'est pas ici question d'être exhaustif.

Les retombées technologiques du matériel construit au CERN sont par contre importantes, surtout en ce qui concerne le Distinvar, qui est utilisé maintenant avec succès un peu partout en Europe, aux États-Unis et au Japon. L'appareil de mesure des écarts au fil nylon et le système d'alignement laser à récepteur asservi sont restés confinés dans les travaux CERN, étant donné leurs conditions spécifiques d'emploi. Les clinomètres sont également aujourd'hui très utilisés à l'intérieur et à l'extérieur du CERN. Les niveaux hydrostatiques doivent encore faire la preuve de leurs qualités après usage intensif.

Il est certain que nous sommes tout au début de l'utilisation de l'interféromètre à réflecteur asservi. Le champ de ses applications semble illimité. Il ne fera que croître au fur et à mesure des développements de l'appareillage. Des besoins se créeront d'eux-mêmes qui exigeront de meilleures performances. Un exemple entre autres, où il apporte une solution qui n'existait pas avant son invention, est celui de la mesure et du contrôle de la surface réfléchissante de radiotélescopes millimétriques. Ces miroirs, de 15 à 30 m de diamètre, doivent être précis à 50 μm.

Tous ces appareils apportent des solutions nouvelles à des vieux problèmes bien souvent mal résolus. Leur utilisation, dans un cadre bien défini où la *précision* recherchée correspond réellement aux besoins des utilisateurs, sera une source de succès mais aussi d'économie. Ils permettent des gains de temps, une augmentation de la précision et ouvrent un éventail très large par rapport à ce qui existait il y a seulement dix ans.

Des développements futurs vont apparaître. La construction du troisième prototype de l'interféromètre à réflecteur asservi est déjà en cours et nous savons que ce n'est pas fini, que d'autres équipes prendront le relai et pousseront cette idée plus loin que nous. Nous sommes seulement fiers d'avoir été les premiers à construire un prototype qui fonctionne et qui a déjà assuré un certain nombre de succès dans des domaines où, sans lui, les mesures auraient été plus longues et plus coûteuses.

BIBLIOGRAPHIE

CHARPAK G. : *"Multiwire and Drift Proportional Chambers "*, Physics Today, October 1978, Publications Group CERN/PU-ED 79-01 (February 1979).

GERVAISE J. : *" Mesures de Distances de haute Précision au Fil d'Invar en Micro-Géodésie "*, AR/Int.SG/65-8, 10 avril 1965.

GERVAISE J. : *" Positioning of the CERN Intersecting Storage Rings : The Geodetic Approach "*, CERN 70-18,ISR Division, 30 June 1970.

GERVAISE J. : *" Géodésie de Positionnement des Accélérateurs circulaires de Parti-*

BIBLIOGRAPHIE
(suite)

cules ", École Supérieure des Géomètres et Topographes, Paris, avril 1972.

GERVAISE J. : *" High Precision Survey and Alignment Techniques in Accelerator Construction ",* Proceedings (Vol. 1), Meeting on Technology arising from High Energy Physics, CERN, April 1971.

GERVAISE J. : *" Geodesy and Metrology at CERN : A Source of Economy for the SPS Programme ",* CERN 76-19, SPS Division, 17 November 1976.

GERVAISE J. : *" Precision Survey and Closed Orbits in Circular Accelerators ",* Workshop on the Special Large Matrices for Geodesy, CERN-CAST, 1-4 March 1977.

GERVAISE J. : *" Invar Wire Measurement - A Necessary Evil ",* IAG Symposium " High Precision Geodetic Length Measurements ", Helsinki, June 1978.

LEVALLOIS J.J. : *" Géodésie générale ",* Eyrolles, Paris, 1969.

MAYOUD M. : *"Photogrammetric Metrology at the European Organisation for Nuclear Research (CERN) ",* Intercongress Symposium on " Photogrammetry for Industry ", Stockholm, August 1978.

Information technologique, Exposition technologique, 25e Anniversaire du CERN, Fiches S1, S2, S3, S4, S5, S6 ; Groupe de Géodésie et des Sciences de la Terre, Genève, mai 1979.

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

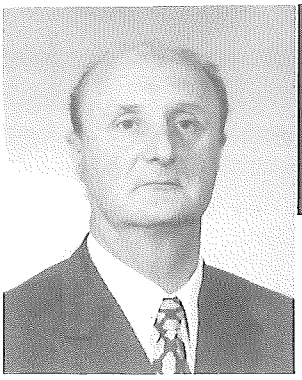
Abonnement 1 AN
(4 numéros)
- FRANCE = **160 F**
- AUTRES PAYS = **200 F**

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.



NOUVELLES BRÈVES

Du Vice-Président R. Schaffner

CALENDRIER 1980

RÉUNIONS DU CONSEIL

Jeudi 13 mars à PARIS
Vendredi 25 avril à AIX-EN-PROVENCE
Jeudi 29 mai à PARIS
Vendredi 20 juin à LYON
Jeudi 4 septembre à PARIS
Samedi 25 octobre à STRASBOURG
Jeudi 27 novembre à PARIS

COLLOQUES NATIONAUX

1er — **25-26 avril à AIX-EN-PROVENCE sur le thème : " Topographie des grands travaux et aménagement "**
2e — **20-21 juin à LYON sur le thème :** "Topométrie industrielle et contrôle de qualité"
3e — Vendredi **24 octobre à STRASBOURG** sur le thème : "Enseignement et formation"

RENCONTRE

Au **S.I.C.O.B. de PARIS** - Vendredi **26 septembre,** organisée par la Région "Ile-de-France" sur le thème : Automatisation et informatique (liste non close, ni définitive)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE

Vendredi **12 décembre** à l'Institut géographique National - **St-MANDE**

RELATIONS INTERNATIONALES

A ce jour, ont répondu favorablement à notre offre d'échange de publications respectives et de contacts professionnels :

1° — LES ASSOCIATIONS :

— Institution of surveyors — **AUSTRALIE***
— Institution of surveyors — **NIGERIA**
— Association of surveyors — **ILES FIDJI**
— Association d'arpentage et de photogrammétrie — **AUTRICHE***
— Association allemande d'arpentage — **R.F.A.***
— Association de géodésie et de cartographie — **HONGRIE**
— Association des topographes et géomètres — **NORVEGE**
— **Société Mexicaine** de photogrammétrie, photointerprétation et de géodésie
— Collège des ingénieurs techniciens topographie — **ESPAGNE***
— **Union Belge** des géomètres-experts immobiliers.*
— Association canadienne des sciences géodésiques.

Nous disposons d'ores et déjà des premiers envois de revues de la part des associations marquées d'un astérisque et envisageons l'édition d'une revue de presse à partir du prochain numéro.

2° — LES SERVICES ET ÉCOLES :

IRAN - Centre Cartographique national
MADAGASCAR - a) Institut National de Géodésie et Cartographie
b) Service Topographique Malgache

ALGÉRIE - Ecole Nationale des Sciences Géodésiques d'Arzew

TUNISIE - Office de la Topographie et de la Cartographie (membres de soutien ; le Directeur est membre de l'ASSOCIATION)

PAYS-BAS - I.T.C. Institut International de Levés Aériens et Sciences de la Terre

Souriez!

Ceux qui vous conseillent de ne jamais vous tracasser pour les petites choses n'ont jamais eu l'occasion de dormir dans une chambre en compagnie d'un moustique.

Salle Lulli

COMPTE RENDU DE LA SOIRÉE DU 17 DÉCEMBRE 1979

Pour que la journée fut complète, il fallait, qu'après avoir été sanctifiée tout au long du jour, la topographie fut honorée de façon plus païenne tout au long de la nuit.

A la grande lueur de la salle Richelieu succéda donc la lumière tamisée de la Salle Lulli où, dès 20 heures 30, convergèrent les Afétistes (sortes de topographes de la secte A.F.T. - note de la rédaction) et leurs épouses...

Le paganisme topographique eut bientôt fait d'imposer ses rites : d'aucuns adorèrent le buffet (oh combien vénérable d'ailleurs !), d'autres sacrifièrent au Beaujolais, d'autres enfin entrèrent en transes dès les premières mesures endiablées des bourrées d'hier et d'aujourd'hui du grand orchestre auvergnat Thivet.

La fête se prolongea ainsi toute la nuit, inoubliable pour tous ceux qui, conscients ou plus tout à fait, en furent les témoins...

A l'aube, seule la Topographie était intacte, ses adeptes devenus A... fêtards n'eurent plus que la force de dire " A l'année prochaine... ".

Claude.

NOMINATION

M. WINGHART, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ancien élève de l'Ecole Polytechnique (1953) a été nommé Directeur de l'INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL.

DÉCÈS

Nous apprenons avec regret le décès de M. Pierre FOUQUART, géomètre parisien bien connu, membre de l'Ordre des géomètres-experts depuis 1947.

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, diplômé E.N.S.A.I.S., prochainement libéré du service militaire, cherche emploi dans société concernée par les problèmes d'instrumentation ou de traitement de données. Ecrire :
M. Eric MILLIOTTE
91, rue Pelleport
75020 PARIS

• Elève-ingénieur E.N.S.A.I.S., venant de terminer stage de fin d'étude cherche situation. Ecrire :
M. Denis TRANZER
59, rue de Bale
68510 SIERENTZ

• CARTOGRAPHE, formation I.G.N., expérimenté, cherche emploi région parisienne. Ecrire Siège A.F.T. qui transmettra.

OFFRE D'EMPLOI

• Société recherche topographe pour topométrie de précision, niveau 3e année I.T. ou préliminaire (si D.P.L.G. ou ingénieur s'abstenir). Sécurité d'emploi. Age maxi 28 à 30 ans. Ecrire avec C.V. et références à secrétariat A.F.T.

OFFRES DIVERSES

• Céderai collection complète de 1921 à 1975 de la Revue du Géomètre. Prix proposé : 1 000 F.
Ecrire :
M. Jean BRUGER
20, rue Pasteur
78800 HOUILLES

• Stagiaire, diplômé de l'Institut de Topométrie, cherche stage à partir du mois d'avril 1980 pour toutes régions. Ecrire :
M. Didier LABBE
6, rue des Remparts
14500 VIRE

• Jeune ingénieur géomètre-topographe, 24 ans, libéré des obligations militaires, cherche premier emploi stable, PARIS ou province, tout secteur d'activité. Ecrire :
M. Dominique DESCANDES
12 ter, rue Jonquoy
75014 PARIS

• PHOTOGRAPHE LABORATOIRE expérimenté, cherche emploi région parisienne. Ecrire Siège A.F.T. qui transmettra.

• Elève-géomètre, 4 ans chez expert, dégagé des obligations militaires, cherche emploi PARIS ou province. Ecrire :
M. Olivier DONCHE-GAY
13, rue du Ponceau
78580 MAULE - Tél. 090.90.11

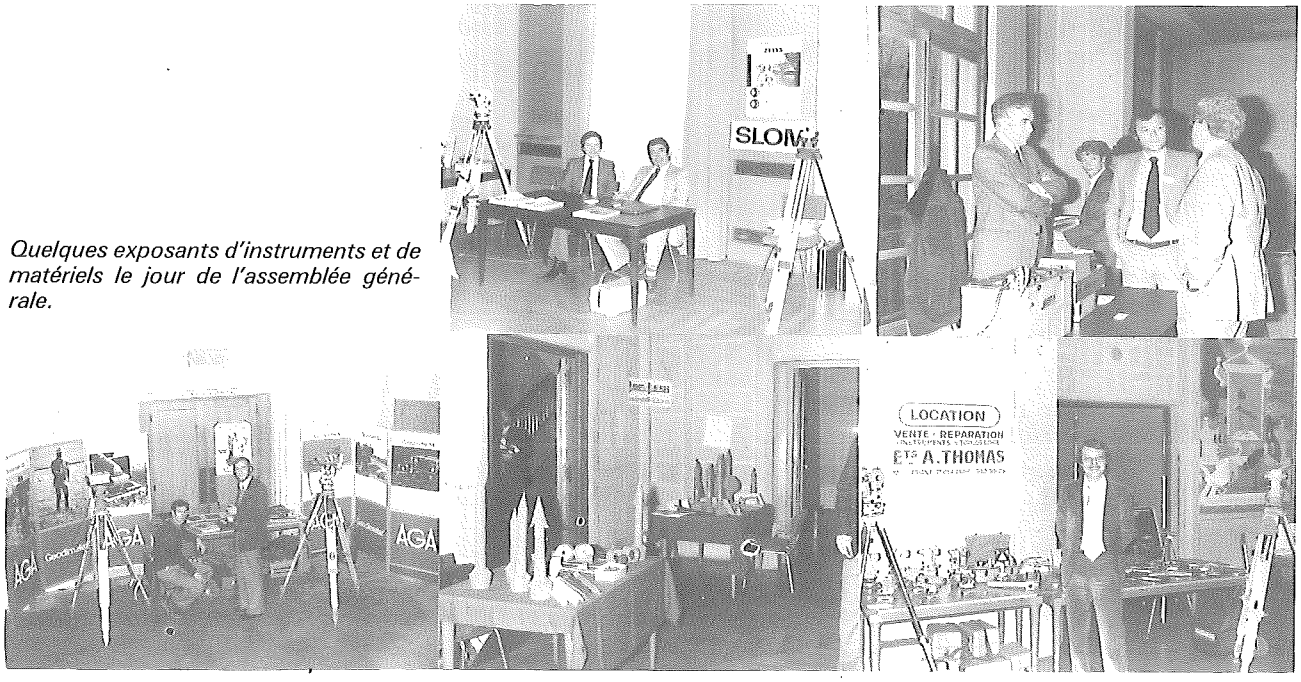
FORMATION CONTINUE

Stages organisés par le C.E.I.F.I.C.I., 6 rue Vital — 75016 PARIS — Tél. 504.55.02.

• 5-6 mars : Gestion financière et bancaire des entreprises de bâtiment et de travaux publics.

• 12-13 mars : Fondations, conception et pathologie.

• 18-19 mars : Responsabilités et assurances des constructeurs.



Quelques exposants d'instruments et de matériels le jour de l'assemblée générale.

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

Ets GUIZOU

215, RUE DU ROUET
13008 MARSEILLE

91/79.41.41

LOCATION

notre parc d'instruments topographiques à votre disposition

ne restez pas en panne...

louez un appareil.

NIVEAUX
THEODOLITES
TACHEOMETRES
DISTOMATS D13S
LASERS

Expédition Express sur toute la France
Tarif location sur demande

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

parmi les instruments Zeiss

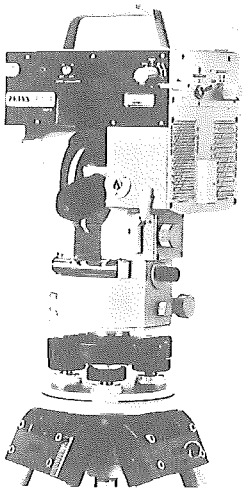
2 nouveaux tachéomètres électroniques

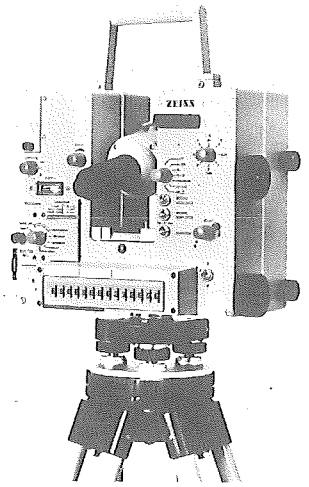
Elta 4 tachéomètre d'ingénieur autoréducteur

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.





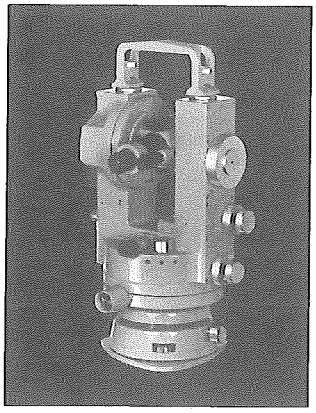
Elta 2

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

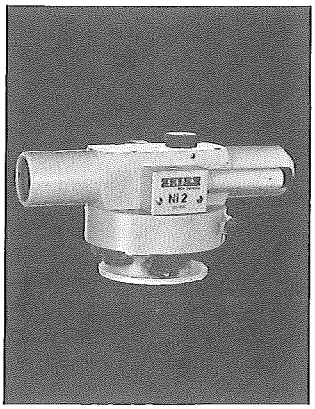


Théodolite
"à la seconde"
TH 2

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

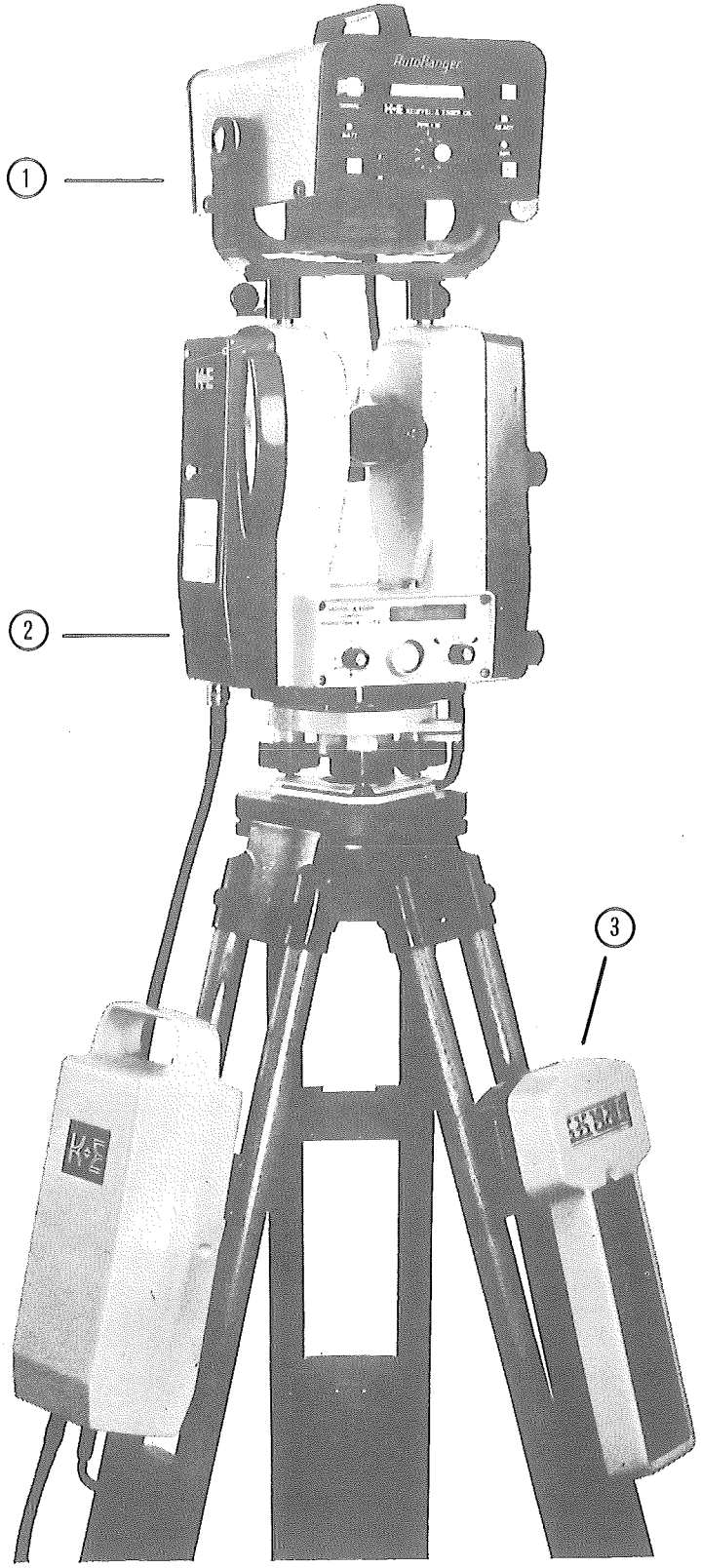
Grossissement 32 ×.
Optique droite
Stadia 1/100
Possibilité d'adjonction
d'un micromètre.
2 modèles :
sans cercle
avec cercle en grades
(ou en degrés sur commande)
Précision des nivellements au Km :
sans micromètre : ± 0,7 mm
avec micromètre : ± 0,3 mm



ZEISS

ESSILOR

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



VECTRON
Système de levé numérique

ÉTUDIÉ POUR VOUS

un système :

— MODULAIRE

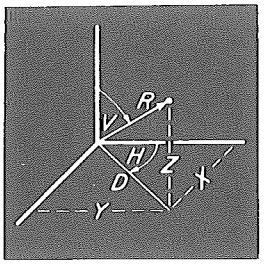
— COMPATIBLE AVEC VOS ÉQUIPEMENTS ACTUELS

Programmez vos investissements dans le temps.
Choisissez un système qui grandira avec vous.

TELEMETRE AUTORANGER

- mesure automatique de distance jusqu'à 2000 m
- en 6 secondes calcul de 100 mesures et affichage de la moyenne

THEODOLITE ELECTRONIQUE VECTRON



- mesure et affiche automatiquement
  - **R** la longueur suivant la pente
  - **H** l'azimut
  - **V** l'angle vertical
- calcule et affiche automatiquement
  - **D** la distance horizontale
  - **X** l'abscisse
  - **Y** l'ordonnée
  - **Z** la différence de niveau

CALCULATEUR DE TERRAIN

— calculateur autonome

— branché sur le système, enregistre les données du VECTRON et de l'AUTORANGER

— mémorise les informations

EXPLOITATION AU BUREAU

— cartes interface pour connection avec la plupart des équipements

— nous consulter pour calculateur de bureau et tables traçantes

Importation, Distribution et Maintenance

LE PONT EQUIPEMENTS S.A.

B.P. N° 11 Rue Copernic ☎ (78) 73.02.88 38670 CHASSE-SUR-RHONE

2, rue de Châteaudun
75009 Paris
☎ **(1) 526.95.21**

51, boulevard Maréchal-Foch
38100 Grenoble
☎ **(76) 96.67.74**

également distribué par Maisons Spécialisées

A adresser à **LE PONT** EQUIPEMENTS B.P. 11 - 38670 Chasse-sur-Rhône

M. Tél.

Entreprise

Adresse

est intéressé par **VECTRON** ☐ **AUTORANGER** ☐ **CALCULATEUR DE TERRAIN**

désire ☐ une documentation
☐ une visite
☐ une démonstration
sans engagement de sa part