

xyz

*Revue
de l'Association
Française
de Topographie*

NOS FORÊTS



LE DONON (Vosges)

SE



BADEN-BADEN (Forêt Noire)

MEURENT...

COUVERTURE

Nos forêts se meurent d'un mal étrange venu de l'Est... A défaut de remède, les techniques de photo-interprétation forestière permettent de dresser des inventaires des dégâts dans des conditions nettement plus économiques que les méthodes terrestres. L'article du Dr Tzschupke fait le point sur ce sujet.

TRIMESTRIEL

Le numéro : 95 F
L'abonnement d'un an
(4 numéros) : 350 F

Secrétariat de l'AFT
et Rédaction XYZ
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS
Tél. : (1) 354.19.21 pte 310
Ouverts les mardi et vendredi
de 10 h à 12 h

Comité de lecture
PRESIDENT

Robert VINCENT
Ingénieur E.C.P.
Président de l'A.F.T.

RAPPORTEUR

Jean PUYCOUYOL
Ingénieur E.P.

MEMBRES

André BAILLY
Ingénieur ETP
Jean COMBE
Ingénieur ESGT
Guy DUCHER
Ingénieur Général Géographe
Jean-Jacques LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe
Roger SCHAFFNER
Géomètre DPLG
Bernard SCHRUMPF
Ingénieur en Chef
de l'Armement

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Jean PUYCOUYOL

IMPRIMERIE MODERNE

U.S.H.A.
AURILLAC 15001
Tél. : (71) 63.44.60

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.
Tous droits de reproduction ou d'adaptation sont strictement réservés.

sommaire

- Trois cents ans de géodésie française (suite)
par J.-J. LEVALLOIS 5

1^{er} Congrès International de l'AFT

- La télédétection appliquée à la foresterie
par Dr. Welfgan TZSCHUPKE 12
- Systèmes d'information du territoire
par le Dr. J.-J. CHEVALLIER, Lausanne 20
- Les méthodes et les matériels de terrain du topographe de demain
par Michel KASSER, Ingénieur Géographe 30
- Automation des instruments de mesure pour la métrologie du LEP
par W. COOSEMANS 42

Gazette de l'AFT

- Calendrier 34
- Nouvelles, Emploi 35
- Réunions 36
- Livres et Revues 39

le nouvel AVIOLYT BC2!

Et ces caractéristiques uniques s'ajoutent à celles qui avaient déjà fait la réputation de son prédécesseur, le BC1:

- Un système de mesure linéaire indépendant des mécanismes d'entraînement et insensible aux variations de température.
- Un système optique à pouvoir séparateur élevé, avec un grand choix d'options.
- Un régulateur de vitesse pour la mesure des profils.
- Une cartographie directe ou «off-line» avec les tables traçantes de précision Wild AVIOTAB TA10 et TA2.
- Un logiciel-système modulaire utilisant la technique des menus, facile à assimiler grâce à un dialogue interactif, s'adaptant avec souplesse à tous les types de travaux.
- Un assortiment constamment perfectionné et élargi de logiciels d'application.

Voulez-vous en savoir plus sur l'AVIOLYT BC2?
Désirez-vous profiter de ces nouveaux développements sur votre AC1 ou BC1?
Une documentation complète est à votre disposition sur simple demande à
WILD + LEITZ FRANCE,
à l'adresse ci-dessous.

WILD
HEERBRUGG

WILD + LEITZ FRANCE
86, avenue du 18 juin 1940
Boîte postale 326
92505 RUEIL-MALMAISON CEDEX



Trois cents ans de géodésie française (suite)

par J.-J. LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe

VII — La géodésie au temps du Consulat et de l'Empire

Prolongements de la méridienne de France

Jonction de 1787 avec l'Angleterre

Une jonction géodésique entre la France et l'Angleterre avait été observée en 1787, sur une proposition antérieure de Cassini de Thury. Elle fut menée de concert par le Général Roy pour l'Angleterre, par Cassini IV, Méchain et Legendre pour la France. Il s'agissait de lier par triangulation l'Observatoire de Greenwich et l'Observatoire de Paris. La méridienne de La Caille, prolongée jusqu'à Calais, le Cap Blanc Nez et Montlambert près de Boulogne permit la liaison avec la côte anglaise sur Douvres et Fairlight Down (fig. 19).

Une chaîne d'une vingtaine de triangles, reliait ces sommets à Greenwich du côté anglais. C'est au cours de cette opération que les observateurs français firent les premiers essais, fort satisfaisants, des cercles répétiteurs de Borda et purent les comparer aux nouveaux théodolites de Ramsden. La triangulation de Grande-Bretagne sera peu après prolongée vers le Nord. Les degrés anglais présentent les mêmes anomalies que leurs homologues de France. Delambre dans (2) se livre à une discussion qui fait ressortir le flou de l'hypothèse du méridien elliptique dans toutes ses parties ; il est vrai qu'à l'époque où il composa le livre — vers 1820 — il n'avait probablement plus d'illusions à ce sujet.

Le rattachement des Baléares

Pendant que Delambre se débattait au milieu des difficultés de toutes sortes qui l'assaillirent au cours des années 1792 et 1793, Méchain qui, nous l'avons vu, était parti pour l'Espagne, favorisé par le climat local et de très bonnes visibilités avait en deux mois observé 9 stations et avait commencé les observations astronomiques à Montjuich. Il songeait en outre à relier les Iles Baléares au continent et avait dans ce but chargé son adjoint Tranchot, que nous retrouverons bientôt, d'en préparer l'avant projet.

Celui-ci reconnut une chaîne jusqu'au Mt Sia — numéro 16 de la figure — et releva de Morella, St-Jean et Sia des angles graphiques sur Majorque (2). Méchain fut alors victime d'un très grave accident qui l'immobilisa pendant presque un an. Il put enfin rentrer en France comme on l'a vu, pour participer aux derniers travaux de la méridienne, et comme membre du Bureau des Longitudes à qui était alors attribuée la responsabilité de l'Observatoire de Paris, il en fut nommé directeur.

Mais le projet de jonction des Baléares restait à l'ordre du jour et le Bureau des Longitudes qui en discutait l'estimait utile. Méchain en revendiqua la direction et finit par l'obtenir : il voulait sûrement éclaircir le mystère de la discordance en latitude entre Montjuich et Barcelone (cf. chap. 5).

Dans leur sèche concision les procès-verbaux des séances de Bureau des Longitudes permettent de le suivre jusqu'au drame final ; nous y lisons :

"6 Floréal An XII... M. Méchain est parti aujourd'hui pour aller faire le triangle de Majorque de 93 milles toises..." (31).

"2 Messidor... On reçoit une lettre de Méchain du 4 juin, il attend que le Capitaine Général ait reçu des ordres de la Cour ; le brigantin qui doit le porter à Majorque et à Ivice n'ose pas sortir de Catalogne sans de..." (31).

"30 Messidor... Méchain écrit du 29 juin qu'il va établir des signaux sur la côte d'Espagne, ce qui pourra le conduire jusqu'à la fin août avant que d'aller à Iviças..." (31).

"26 Vendémiaire... Lettre de Méchain qui va observer à la station de Montagut".

"16 Brumaire... Lettre de Méchain du 30 Vendémiaire. Le brick a ordre de partir, et il est certain de prolonger la méridienne à 39° quand même on ne verrait pas l'Ile d'Ivice..." (31).

"27 janvier 1804. On apprend que Méchain est parti le 17 Nivose (6 janvier) pour l'Ile d'Iviza" etc... (31).

**Liaison
Franco-Anglaise
de 1787.**

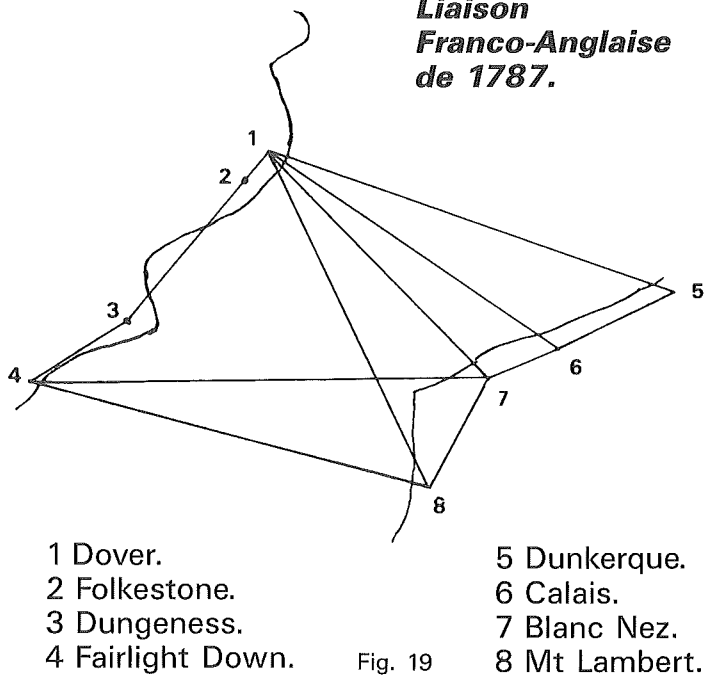


Fig. 19

**Partie espagnole de la Méridienne de
Delambre et son prolongement
jusqu'aux Baléares (1803-1808).**

- 1 Estella.
- 2 Camellas.
- 3 N.-D.-du-Mont.
- 4 Secalm.
- 5 Roca.
- 6 Montagalls.
- 7 Rodés.
- 8 Matas.
- 9 Monserrat.
- 10 Valvidrera.
- 11 Montjuich.
- 12 Morella.
- 13 Montagu.
- 14 St-Jean.
- 15 Lleberia.
- 16 Mt Sia.
- 17 Rosch de l'Espina.
- 18 Tosal de Encanadé.
- 19 Arès.
- 20 Desierto.
- 21 Espadan.
- 22 Cullera.
- 23 Mt Go.
- 24 Campvey (Ibiza).
- 25 Mola (Formentera).

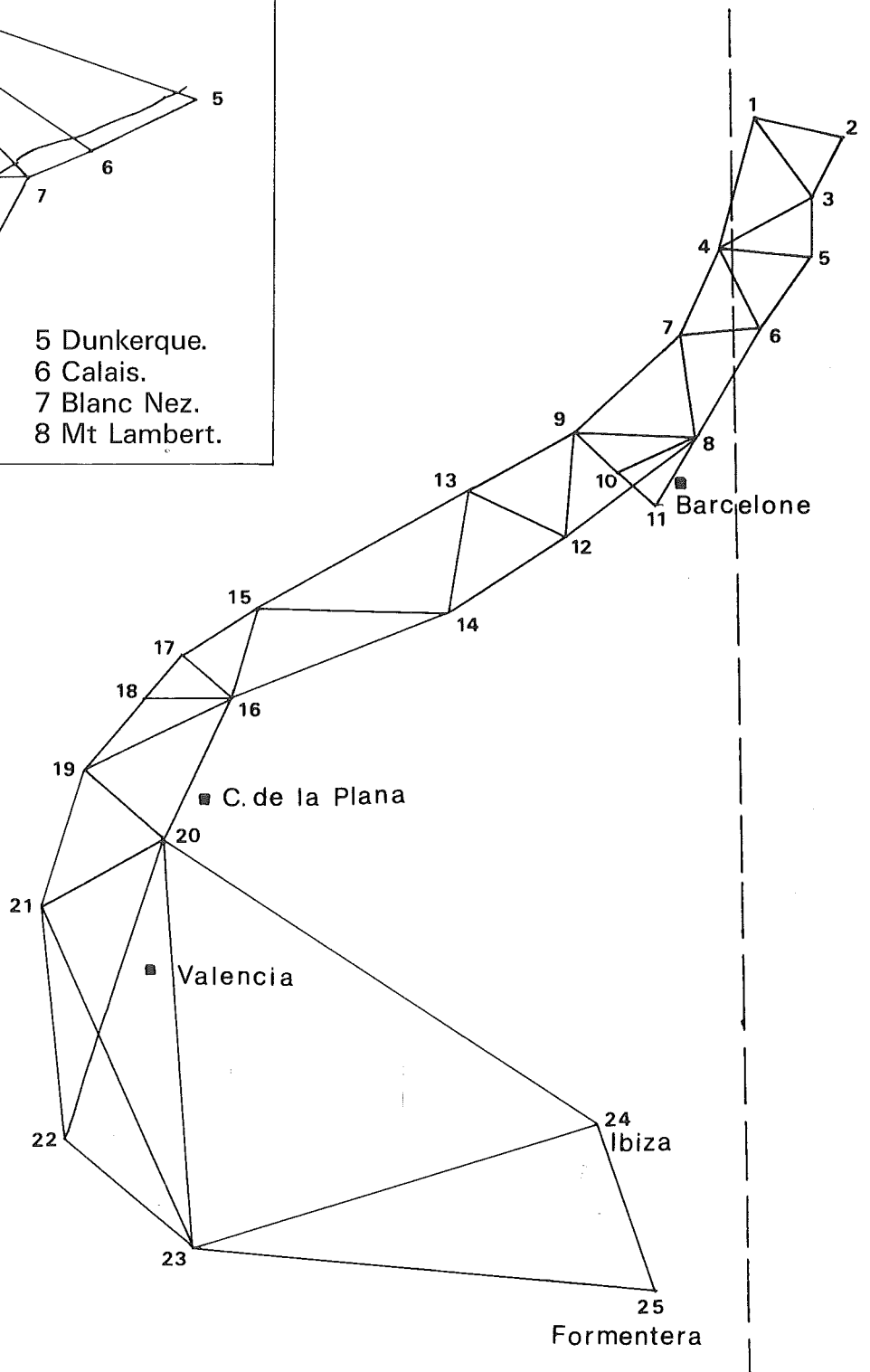


Fig. 20

D'autres comptes rendus que nous ne produisons pas, nous font connaître l'arrivée de Méchain aux Baléares, ses difficultés pratiques et techniques pour choisir une station définitive ; il explore l'archipel dans ce but.

"4 Ventose — An XII (24-2-1804). Méchain écrit du 16 Pluviose d'Iviza qu'il y est arrivé le 22 après bien des obstacles, il a reconnu une montagne d'où l'on peut voir la côte de Valence. Il consulte le Bureau sur la manière de prolonger la méridienne, on lui conseillera de se contenter du triangle entre Iviza, Cullera et Oropeza sans s'occuper de Majorque ni de Cabrera*... (31).

"7 Floréal... Delambre lit une lettre du 16 Germinal dans laquelle Méchain annonce qu'il va à Valence pour préparer le triangle et la base. Cabrera* est une ville infernale, il y a une montagne, mais Iviza est préférable, le succès du nouveau système est plus indépendant des obstacles de la mer. Il espère finir cette année mais cela paraît difficile, il y a 8 triangles à faire sur les côtes. Pour la base il fera faire des règles de fer que l'on vérifiera à son retour" (31).

Méchain retourne effectivement sur le continent, reconnaît un terrain de base et fait préparer les signaux. Il commence les observations.

"28 Fructidor — An XII. On lit une lettre de M. Méchain datée du Cabezo du Puig 3 h dans le Nord de Valence, le 11 Fructidor An XII. Cette lettre annonce que la 3^e station est terminée et qu'on va se rendre à la 4^e par la montagne d'Espadan ; un des coopérateurs est mort à Valence de la fièvre épidémique, MM. Enrilé et Cini ont été attaqués (sic) de la même maladie mais ils sont en convalescence. Les observations des angles se font sur des signaux qui servent également le jour et la nuit, ce sont des tentes coniques sous lesquelles on allume les réverbères pour les observations nocturnes. La chaîne continentale ne pourra guère être terminée que pour les premiers jours de Frimaire" (31).

"13 Vendémiaire — An XIII. On lit une lettre de Mme Méchain qui annonce que son mari vient d'être attaqué de la fièvre tierce qui règne dans le pays. Le 2 complémentaire, on écrivait de Castellon qu'il sortait d'un accès très violent et qu'il restait d'une faiblesse extrême..." (31).

"On lit une lettre de M. Dezanche qui apprend la nouvelle de la mort de M. Méchain le 3 complémentaire, 20 septembre de Castellon de la Plana..." (31).

Il avait observé cinq des dix-neuf triangles qui, à partir du côté Matas Montserrat au Nord de Barcelone, joignent la côte Espagnole dans la région de Valencia à Ibiza et Formentera. Il repose au cimetière de Castellon de Plana.

Un des deux commissaires espagnols proposa de poursuivre lui-même les travaux, mais le Bureau des

* C'est sur l'îlot de Cabrera que fut déportée en 1809, après la capitulation de Baylen (1808), une partie des troupes françaises des divisions Dupont et Vedel. Voir par exemple G. Blond : La grande armée.

L'orthographe originale des procès-verbaux du Bureau des Longitudes a été respectée.

Longitudes préférait évidemment une solution française, c'est ainsi que le 2 mai 1806 (31)... "M. Laplace rend compte au Bureau de la demande qu'il a faite à S.M. l'Empereur et au Ministre de l'Intérieur pour la coordination des opérations de prolongation de la méridienne en Espagne. En conséquence de cette demande, S.M. ordonne que cette opération soit continuée cette année... M. Laplace propose de nommer MM. Biot et Arago pour terminer cette opération importante, le Bureau arrête que ces deux savants seront invités à accepter cette proposition". Ainsi fut fait.

Biot et Arago partirent peu de temps après et commencèrent les travaux, avec légères modifications au projet de Méchain (fig. 20).

* Il y eut des difficultés, la visée de Desierto sur Ibiza mit plusieurs mois à passer, peut-être par inexpérience des observateurs qui, distinguant souvent les îles à l'œil nu, ne voyaient pas les "réverbères" et n'eurent que tardivement l'idée de les chercher à la lunette où ils apparurent comme "une étoile de la cinquième ou de la sixième grandeur" — la distance approximative est de l'ordre de 142 km.

Les observations sont bonnes, les fermetures des plus grands triangles sont données ci-après (unités sexagésimales) (32).

21-23-22	+3".654	20-23-21	-1".199	20-23-22	+0".826
20-24-23	+1".594	23-24-25	+0".807		

La latitude de Formentera a été déterminée par observation de l'étoile polaire, environ 2 000 déterminations de distances zénithales observées au cercle répétiteur.

Les calculs furent exécutés au retour vers 1808 par une commission du Bureau des longitudes ; ils confirmèrent la valeur adoptée pour le mètre, la nouvelle valeur ne différant pas de 10^{-4} ligne de la valeur admise !

Delambre écrivant en 1820 (2) se livre à nouveau à une étude empirique dans laquelle il détermine l'aplatissement moyen qui conviendrait le mieux à l'arc Greenwich — Formentera et en déduit des valeurs de corrections aux stations astronomiques, ce n'est pas la meilleure partie de son travail ; il trouve des aplatissements de l'ordre de 1/175 : toujours cette bosse centrale à Evaux.

D'autre part, Puissant reprenant vers 1830 les calculs de la commission trouvera une erreur de 69 toises dans les calculs... ; il en déduit que le mètre est trop court et trouve pour l'aplatissement, compte tenu de l'arc du Pérou la valeur 1/303.02. L'erreur de 69 toises apporterait une correction de l'ordre de 1/100 000 sur la longueur du mètre que Puissant ne propose d'ailleurs pas ; le mètre était fixé, il était basé sur une définition initiale illusoire, mais comme le conclut Delambre"... ce mètre est assez vérifié maintenant pour être "adopté par tous les peuples et surtout par tous les savants de tous les pays qui n'ont plus que ce moyen d'arriver à une mesure universelle" (2).

La prolongation Barcelone-Formentera n'apportait en fait pas grand chose de nouveau. Elle est sur-

tout célèbre par les mésaventures du retour en France.

Au départ en 1806 la France est en guerre avec l'Angleterre et au retour en 1808 la guerre d'Espagne est commencée. Biot, qui avait eu déjà en Espagne des démêlés avec des brigands qui voulaient le rançonner sur certains sommets, rentre en France par mer en laissant Arago observer la jonction de Marjorque avec Ibiza et Formentera. Son chebek est capturé par un corsaire de Raguse battant pavillon anglais, qui le relâche après en avoir "usé fort civilement pour un corsaire". Mais Arago, qui avait la plus grande partie des instruments, se voit en 1808 menacé par la populace. Il s'échappe dans une petite embarcation vers Alger, s'y embarque sur un bateau de la Régence, avec un équipage douteux et une cargaison de singes que le Dey d'Alger envoyait à Napoléon. Le bateau est capturé dans les eaux de Marseille par un corsaire Espagnol, Arago est envoyé en prison à Palamos. Mais le Dey se fâche ; on libère Arago, les singes et le vaisseau repart pour Marseille. Un coup de mistral le refoule vers Bougie, Arago est mis à nouveau en prison, puis ramené à Alger d'où il se réembarque avec son matériel. Son navire est pendant le trajet pris en chasse par une corvette anglaise qui ne peut toutefois le rattraper ; finalement il débarque avec son matériel et ses observations. Il sera nommé en 1809 à l'Académie des Sciences... il l'avait bien mérité. Il est vrai qu'il jouissait déjà à juste titre, dès cette époque, d'une notoriété scientifique exceptionnelle.

Biot à son retour d'Espagne avait émis devant l'Académie des Sciences, l'idée suivante : "... si jamais la civilisation Européenne parvient à s'établir sur les côtes d'Afrique, rien ne sera plus facile que de traverser la Méditerranée par quelques triangles, en prolongeant notre chaîne dans l'Ouest jusqu'à la hauteur du Cap de Gate (près d'Almería) ; après quoi, remontant la côte d'Afrique jusqu'à la ville d'Alger qui se trouve sur le méridien de Paris, on pourra mesurer la latitude et porter l'extrémité de notre méridienne sur le sommet du Mont Atlas" (32).

Sa prophétie devait s'accomplir soixante ans plus tard, par les soins de F. Perrier et du Général Ibanez — à la facilité près.

Travaux gravimétriques

Au cours de la mission de rattachement des Baléares, Biot outre les observations angulaires fit de la gravimétrie : il avait mesuré à Formentera la longueur du pendule battant la seconde. Il poursuivra ses mesures jusqu'au Nord des Iles Shetland et en 1818, il pouvait publier la liste suivante des données qu'il avait observées avec l'appareil de Borda (32), traduites en longueur du pendule à secondes :

	UNST	LEITH	Dunkerque	Paris	Clermont	Bordeaux	Figeac	Formentera
Latitude	60°45'25"	55°58'37"	51°2'10"	48°50'14"	45°46'48"	44°50'26"	44°36'45"	38°39'56"
Longueur	742. mm 72314	742. mm 41344	742. mm 07703	741. mm 91749	741. mm 70518	741. mm 60872	741. mm 61228	741. mm 25200

Ces mesures traitées par les théorèmes de Clairaut lui permettent de fixer à 1/304 la valeur de

l'aplatissement, ce qui confirmait les valeurs adoptées par Delambre, et celles obtenues par Laplace, et plus tard par Puissant.

Travaux du Dépôt de la Guerre

La méridienne de Delambre et Méchain ouvrait une ère nouvelle dans l'art de la géodésie. Les "Bases du système métrique décimal" (24,1,2,3) en décrivant minutieusement les méthodes d'observation et de calcul, les mettaient à la portée de spécialistes de bon niveau scientifique, habitués des travaux de terrain.

Il devenait d'autre part évident que les travaux topographiques et géodésiques généraux d'intérêt public incombaient à l'État et ne pouvaient être confiés qu'à des organismes spécialisés, les recherches proprement dites restant l'apanage des savants.

Héritiers collatéraux de Delambre, les Ingénieurs géographes du Dépôt de la Guerre accomplirent en France et à l'extérieur une œuvre géodésique remarquable que nous allons exposer, après avoir brièvement rappelé les vicissitudes de l'organisation et des hommes.

Le Dépôt de la Guerre — Les Ingénieurs géographes

L'historique qui suit est tout entier tiré du magistral ouvrage du Colonel Berthaud (6), (33) énorme travail historique qui reproduit les textes originaux auquel il faut se référer pour plus de détails ; ce que nous en extrayons nous paraît indispensable à l'intelligence de la suite.

Le Dépôt de la Guerre avait été créé en 1688 ; il n'était chargé initialement que de la recherche et de la conservation des archives militaires. Un corps spécial, les Ingénieurs des Camps et Armées créé en 1696, lui fut affecté ; ces ingénieurs devinrent en 1726 les Ingénieurs géographes des Camps et Armées ; en campagne leur tâche était de lever les plans des camps successifs des troupes et des environs, ceux des champs de bataille avec la description des mouvements des unités, de reconnaître les ressources locales, les communications, les plans et les capacités d'hébergement des villes amies ou conquises, les possibilités de fortifications, bref la description géographique des théâtres d'opérations.

Le Dépôt de la Guerre et le corps des Ingénieurs géographes des Camps et Armées devaient connaître de nombreuses vicissitudes au gré des événements politiques et des gouvernements.

Un premier règlement fixe en 1769 la composition du corps des Ingénieurs géographes (1^{er} avril 1769). En 1776 une ordonnance dissout le corps ; les intéressés sont versés dans les directions du Génie. Le corps est recréé en 1777 et une nouvelle ordonnance royale fixe les assimilations de grade et les fonctions.

Arrive la Révolution ; le corps est à nouveau dissout en août 1791 ; en même temps, le Dépôt de la Guerre est réorganisé (1792) et reçoit les attributions très étendues. En 1793 les Ministères ayant été supprimés et remplacés par des Commissions, le Dépôt de la Guerre est mis sous la tutelle de la Commission des Travaux Publics ; outre ses fonc-

tions traditionnelles d'ailleurs étendues, il est chargé du Service de la Carte de Cassini. Le commandement est à l'époque assuré par le Général Calon, ancien ingénieur géographe.

Pour faire face aux besoins des Armées, Calon cherchait à recréer le corps des IG et fit appel aux anciens de la maison, mais ceux-ci, probablement découragés de tant de tribulations et d'incertitudes étaient allés chercher fortune ailleurs, parfois à l'étranger. Il fallut donc ouvrir un nouveau recrutement et inscrire les novices. Calon s'efforçait en même temps de récupérer, pour le Dépôt, les documents dispersés aux Armées, au Cabinet topographique du Comité de Salut Public etc... il faillit presque y réussir.

La Convention Nationale se séparait le 24 octobre 1795 — soit le 3 Brumaire An IV — et fit place au Gouvernement du Directoire. Les ministères étaient rétablis peu après, et le Dépôt de la Guerre réintégrait le Ministère de la Guerre.

On y affecta les Ingénieurs géographes, dont le recrutement désormais devait se faire à la sortie de l'École Polytechnique, on leur avait dessiné un bel uniforme. Toutefois les astronomes du Dépôt, Laplace, Delambre, Méchain constituèrent avec d'autres savants Lagrange, Prony, Messier, Buache, Bougainville, etc. le Bureau des Longitudes et quittèrent le Dépôt pour leurs nouvelles fonctions.

En 1797 une nouvelle réglementation réunissait le Cabinet topographique du Comité de Salut Public au Dépôt de la Guerre, confiait la carte de Cassini au Ministère de l'Intérieur, reversait les IG sous le nom d'Artistes topographes sous la direction du génie militaire... mais le 1^{er} juin 1799 — 13 Prairial — un dernier décret fixait les IG au Dépôt de la Guerre sous le nom de topographes dessinateurs ou ingénieurs artistes, ils étaient "... destinés à suivre au Dépôt général de la Guerre ainsi qu'auprès des états-majors généraux des armées, les opérations relatives à la topographie et à l'histoire militaire et même celles qui sans être de cette compétence immédiate, peuvent avoir une application utile pour le Dépôt". Suivaient des instructions sur le rôle des autorités diverses. La carte de Cassini avait été reconfiée au Dépôt vers 1798.

Le Dépôt de la Guerre et les Ingénieurs géographes étaient prêts à assumer les travaux qui les attendaient sous le Consulat et sous l'Empire.

Travaux des Ingénieurs géographes de 1800 à 1815

Les victoires de Zürich sur les Russes de Khorsakof (Massena, 25-26 septembre 1799), d'Alkmaar sur les Anglo-Russes (Brune, 18 octobre 1799), de Marengo sur les Autrichiens (Bonaparte, 14 juin 1800), d'Hohenlinden sur les Autrichiens (Moreau, 3 décembre 1800) disloquèrent la 2^e coalition, et assurèrent quelques années de paix sur le continent. Le Dépôt de la Guerre les mit à profit pour exécuter, sous les ordres successifs des généraux Clarke (1800), futur ministre de la guerre de Napoléon, Andréossi (1801-1803), Sanson (1803-1812), un ensemble de levés, basés sur un canevas géodésique, régulier ou expédié selon les circonstan-

ces. Nous ne citerons que les travaux réguliers, c'est-à-dire, d'après (6) :

- la triangulation des départements réunis (Ruhr, Rhin et Moselle, Sarre, Mont Tonnerre), projetée par le Général Calon, commencée en 1800 par Tranchot, l'ancien adjoint de Méchain puis de Delambre. Elle se compose de 37 triangles de 1^{er} ordre observés au cercle répétiteur et d'un réseau de 2^e ordre expédié. Elle se raccroche à la méridienne de France dans le Nord ;

- la triangulation de Suisse (Colonel Henry). C'est la charnière de la plupart des opérations trigonométriques du Consulat et de l'Empire. Elle permet de relier les travaux d'Italie du Nord, ceux de la Savoie et ceux qui étaient entrepris dans les pays de la Confédération du Rhin (Bade, Wurtemberg, Bavière, Saxe, Westphalie). L'échelle est fournie par la base d'Ensisheim (9771, 6 toises), l'origine géographique est la tour de Strasbourg où l'on mesura une latitude et un azimut ;

Les travaux étaient menés en assez étroite liaison avec le Bureau des Longitudes ;

- la triangulation de la région de Genève et de la Savoie, basée sur un côté de départ de la triangulation de Cassini ;

- la triangulation de la Carte de Bavière observée par le Colonel Bonne, avec mesure de base dans la région de Munich (21.649 m) ; faute de mieux on reprit pour cette base des règles de sapin soigneusement construites. Deux stations astronomiques, Hohenstein et Ratisbonne (Regensburg) fixaient les coordonnées géographiques du réseau (Henry et Brousseau) ;

- la triangulation d'Italie (de 1800 à 1815) observée par Puissant, Moynet, Corabœuf et Béraud couvrant presque toute la péninsule, et assurant en particulier la liaison — par l'île d'Elbe à partir de la région de Livourne — de la Corse dont Tranchot avait de 1770 à 1780 observé la 1^{re} triangulation.

- la triangulation de la région du Hanovre (Epailly) qui se reliait à celle des départements réunis.

Tous ces travaux, quelle que soit leur valeur intrinsèque, étaient surtout destinés à servir de canevas à une topographie militaire.

En campagne, les Ingénieurs géographes dépendaient de l'État Major général commandé par le Maréchal A. Berthier, Major général, fils lui-même d'un Ingénieur géographe, le Colonel Berthier, responsable de la célèbre carte des chasses de Louis XV. Le Général Sanson, 3^e aide major général est directeur du service topographique de la Grande Armée et reste Chef du Dépôt de la Guerre dont son second assure le commandement à Paris en son absence (Colonel Muriel). Il a sous ses ordres directs les Ingénieurs géographes qui sont chargés de divers travaux de reconnaissances. Le Mémorial du Dépôt de la Guerre (30,8) nous les nomme (1805) :

Bonne, Guillemot, Martinel, Bacler d'Albe, Chabrier J.-B., Chabrier A., Brousseau, Schneider, Lapie, Gauthier, Pressat, Castres, Holtz, Didier, Geoffroy, Lerouge, Defransures, Guibert, Berlier, Guillot, Bayard, Sion.

Nous en retrouverons quelques-uns plus tard.

Masséna, Commandant l'Armée d'Italie, a parmi ses aides de camp l'Ingénieur Géographe Pelet qui lui apportera la nouvelle de la victoire d'Austerlitz ; Brossier est Chef du Bureau topographique, il a sous ses ordres 5 Ingénieurs géographes : Laignelot, Duvivier, Pasquier, Lasseret, Cavaillher.

Tous ces officiers mènent une vie très dure, fouaillés par la rude poigne de l'Empereur et de Berthier. Le cabinet topographique personnel de Napoléon, commandé par Bacler d'Albe, a sans cesse besoin de documents cartographiques nouveaux, parfois à exemplaire unique, qu'il ne restitue pas au Dépôt

La figure 21, photographie tirée de (30,8) reproduit un ordre de Napoléon, alors à Vienne, 15 jours avant Austerlitz. Même, exécutés dans les conditions de la Guerre et Sanson doit parer au plus pressé, accumuler ordres et contrordres, sauter d'un levé inachevé à un autre plus urgent, etc.

de me faire connaître ceux qui se trouvent en état de faire la guerre, en vous prévenant que le service qu'on y fait est un vrai métier de hussard, nos ingénieurs se trouvant toujours à l'avant-garde. Autrement dit il nous faut des jeunes gens fortement constitués et en état de remplacer quelques-uns de leurs camarades fatigués depuis deux ans qu'ils sont à l'Armée". Et avec cela houspillés, blâmés parce que le plus souvent ils n'étaient pas en mesure de produire en temps voulu les travaux demandés à un rythme épuisant, et avec une incohérence parfaite.

Nous ne nous appesantirons pas davantage sur ces quelques années pendant lesquelles grandit, s'affirma, brilla et finalement s'épuisa la fortune Napoléonienne.

Le statut du Corps Impérial des Ingénieurs géographes fut promulgué en 1809. Ils étaient placés

(108) — *Ordre de l'Empereur.*

Schuenbrunn, le 15 novembre 1805.

Des Ingénieurs géographes feront la reconnaissance de l'Enns, en établissant toutes ses communications avec la Styrie. Ils feront celle de tout le pays entre l'Enns et Vienne. Ils reconnaitront d'abord toutes les rivières transversales, ensuite toute la chaîne des montagnes qui sépare la Styrie et toutes les routes qui peuvent mener sur Vienne. D'autres Ingénieurs géographes seront chargés des reconnaissances, depuis l'Enns jusqu'à l'Inn et la Salza, en établissant bien les débouchés du Tyrol ; ils feront celle du Danube depuis Passau jusqu'à l'Enns des routes qui peuvent mener de Salzbourg et de la Styrie jusqu'à Vienne ; enfin ils feront la reconnaissance de la Trave.

Le Génie fera des reconnaissances pour fortifier Passau. On fera une reconnaissance pour fortifier Enns avec un projet de tête de pont. On fera faire une reconnaissance par un officier du génie de Lintz à Budweis, de Lintz à Freyung, de Freyung à Passau, de Lintz à Krems en longeant le Danube, de Vienne à Krems. Un officier du génie attaché au corps du maréchal Davout reviendra pour faire la reconnaissance de Vienne à Lilienfeld, de Lilienfeld à Steyer, en marquant le chemin qu'on a suivi et qu'on aurait pu suivre, et celui qui aurait été le meilleur.

Le général Sanson donnera pour les reconnaissances une échelle commune au moins aussi forte que celle de la grande carte de Cassini. La population des villes, la hauteur des montagnes, la largeur des rivières, la physionomie du pays doivent être désignés ; et relativement aux rivières il faut avoir soin de dire, lieue par lieue, quelle est la rive qui domine. Le général Sanson me fera demain le rapport des personnes qu'il convient de choisir pour ce travail, et me fera connaître le temps où il sera terminé. Il ne s'agit ni de planchette, ni de graphomètre, ni d'opérations astronomiques, mais de simples reconnaissances faites au pas et dessinées à vue.

Il doit y avoir à Vienne des plans de cadastres ou d'autres reconnaissances que l'on doit trouver, et qui pourraient enrichir le cabinet topographique. Il faut en faire faire la recherche avec soin.

NAPOLÉON.

Fig. 21

tions indiquées "au pas et dessinées à vue", on se demande encore comment de tels levés pouvaient être menés à bien.

On pourrait multiplier les exemples, mais nous conseillons au lecteur, l'ouvrage du Colonel Berthaut : "Les Ingénieurs géographes militaires" (33) auquel nous le renvoyons ; citons seulement cette lettre de Sanson à Muriel : "... comme je me trouve dans le cas de faire quelques promotions dans le corps des Ingénieurs géographes, en remplacement de ceux qui sont morts ou destitués, je vous prie

sous les ordres de l'Officier général Directeur du Dépôt de la Guerre ; une École d'Application recrutant à l'École Polytechnique fut créée, Puissant y enseignait la géodésie. Les règles de service furent édictées en 1811 (6).

Le retour provisoire des Bourbon en 1814 n'eut que peu de répercussions sur le Dépôt de la Guerre. Bacler d'Albe qui avait succédé à Sanson, fait prisonnier en Russie — avec tout le portefeuille de cartes — fut remplacé par le Baron de La Rochefoucauld, renommé aux cent jours, et remplacé en 1815

par le Marquis d'Écquevilly. "L'épuration" qui suivit, mit en demi-solde une bonne partie de l'effectif.

En 1817 la direction du Dépôt de la Guerre est supprimée, le Dépôt est placé sous les ordres du Général directeur de l'Artillerie et du Génie, mais l'organisation interne n'était pas bouleversé ; le Mar-

quis d'Écquevilly réussit à sauvegarder l'unité de l'établissement, tant et si bien que le 31 janvier 1822 le Dépôt de la Guerre était reconstitué en tant qu'unité autonome et réorganisé ; les demi-soldes y furent réintégrés.

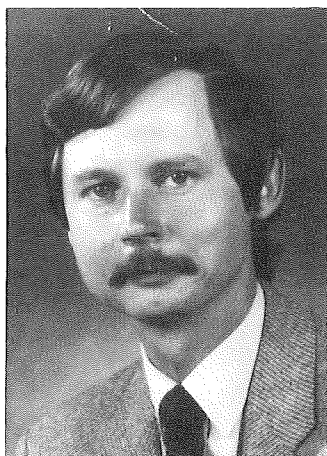
Ils allaient pouvoir se donner à une nouvelle tâche.

Bibliographie

1. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Tome VII-1666-1699.
2. J.B. Delambre : Grandeur et Figure de la Terre, publié par les soins de G. Bigourdain.
3. J.B. Delambre : Histoire de l'Astronomie. Astronomie moderne. Tome III.
4. L. Gallois : l'Académie des Sciences et les origines de la Carte de Cassini. Annales de géographie - 1909 N° 99.
5. R. Taton : J. Picard et la mesure de l'arc de Méridien Paris. Anciens Colloques internationaux du CNRS - N° 590. La découverte de la France au XVII^e siècle.
6. Colonel Berthaut : La Carte de France 1750-1898. Service géographique de l'Armée - 1898.
7. J.J. Levallois : La détermination du rayon terrestre par J. Picard en 1669-1671 - Bulletin géodésique - Volume 57-1983.
8. Annuaire du Bureau des longitudes - 1974.
9. A. Danjon et A. Conder : Lunettes et télescopes. A. Blanchard - Paris.
10. La Hire : Traité du Nivellement par M. Picard de l'Académie des Sciences, avec une relation de quelques nivellements faits par ordre du Roy... mis en lumière par les soins de M. de la Hire.
11. N. Mémoires ou Histoire de l'Académie Royale des Sciences (année N).
12. J. Cassini : Traité de la grandeur et de la figure de la Terre (1723).
13. Cassini de Thury : La méridienne de l'Observatoire Royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du Royaume. (1744).
14. Cassini de Thury : Description géométrique de la France (1780).
15. Maupertuis : Œuvre de M. de Maupertuis (4 tomes)
 - a) Discours sur les différentes figures des astres.
 - b) Mesure de la terre au cercle polaire.
 - c) Relation du voyage fait par ordre du Roi au cercle polaire pour déterminer la figure de la terre.
16. Authier : Journal d'un voyage au Nord en 1736 et 1737.
17. P. Bouguer : La figure de la terre, déterminée par les observations de MM. Bouguer et La Condamine.
- 18,a. Ch. de la Condamine : Journal d'un voyage fait par ordre du Roi à l'Équateur.
- 18,b. Ch. de la Condamine : Mesure des trois premiers degrés du Méridien dans l'hémisphère austral.
19. Florence Trystram : Le procès des étoiles — Seghous 1979.
20. Cl. Clairaut : Théorie de la figure de la terre tirée de l'Hydrostatique.
21. J.J. Levallois : Géodésie générale (tome III).
22. J. Svanberg : Exposition des opérations faites en Laponie, pour la détermination d'un arc de Méridien en 1801, 1802 et 1803.
23. Y. Leinberg : Über die Ergebnisse der Maupertuischen Gradmessung in Lappland. (CR de la quatrième séance de la Commission géodésique Baltique - 1929).
- 24,n. J. Delambre : Les bases du système métrique décimal (3 tomes).
25. G. Bigourdan : Le système métrique des Poids et Mesures.
- 26,n. F. Tisserand : Traité de Mécanique Céleste (tome n).
27. Todhunter : History of the theories of Attraction and of the Figure of the Earth.
- 28,n. Laplace : Traité de mécanique céleste (Livre n).
29. G. Perrier : petite histoire de la géodésie.
- 30,n. Mémorial du Dépôt de la Guerre (Tome n).
31. CR des séances du Bureau des Longitudes (1803-1809).
32. Biot et Arago : Recueil d'observations géodésiques et astronomiques exécutées par ordre du Bureau des Longitudes.
33. Ch. Berthaut : Les Ingénieurs géographes militaires.
34. L. Puissant : Traité de géodésie. 3 — édition - 1842.
35. Breton de Champ : Traité de Nivellement.
36. L. Puissant : Traité de Topographie, d'Arpentage et de Nivellement.
37. B. Pascal : Œuvres complètes - Édition de la Pléiade.
38. G. Darboux : Éloge historique de François Perrier (ADS).
39. G. Bigourdan : Le Bureau des Longitudes (Annuaire de 1928-1929-1930-1931-1932-1933).
40. Bassot : La Géodésie française. Bulletin de la Société de géographie (1891).

La télédétection appliquée à la foresterie

par Dr. Wolfgang TZSCHUPKE



M. TZSCHUPKE

Ingénieur des Forêts de la Direction des Forêts de KARLSRUHE actuellement détaché au Centre de Recherches Nucléaires de cette ville, pour le Projet de Centre Européen de Recherches pour la Purification de l'Air.

(Postfach 3640, DE - 7500 KARLSRUHE 1 — R.F.A.).

Introduction

C'est le caractère typique de la foresterie que d'agir sur de vastes surfaces. Les moyens de production et les produits contenus dans les forêts et les bois sont plus ou moins répartis entre différentes stations. Aussi, la gestion d'un centre ou d'une entreprise forestière a un besoin permanent d'informations sur l'état actuel de ses territoires boisés.

Autrefois les données sur les ressources forestières ont été recueillies exclusivement par des méthodes terrestres. Aussi fallait-il beaucoup de personnel et beaucoup de temps pour réaliser un tel inventaire, ce qui est toujours une affaire très coûteuse. Il n'était donc pas étonnant que la foresterie ait adopté d'emblée la photographie aérienne comme technique d'inventaire nouvelle dans les années vingt lorsqu'elle était assez avancée au sens technologique. C'est ainsi que l'on commençait dès 1923 à réaliser des inventaires forestiers basés sur des photographies aériennes au Canada, en même temps que les premiers survols forestiers en Allemagne.

Application actuelle des différentes méthodes de la télédétection au domaine de la foresterie

Dans beaucoup de pays des missions de prises de vues forestières sont devenues une affaire courante. La situation actuelle sera décrite dans le chapitre suivant, cependant ce sont surtout des expériences allemandes qui y seront rapportées.

En ce contexte il bien sûr bon de faire quelques brèves remarques sur les fonctions principales d'un service forestier ce qui permet d'indiquer les tâches qui profitent plus ou moins de l'application, de la télédétection.

Les domaines principaux de l'application de la télédétection au réseau forestier sont sans doute l'inventaire et l'aménagement des forêts.

L'objectif principal d'un **inventaire forestier** de grandes surfaces, dans le cadre national, c'est l'acquisition des données suivantes :

- surface boisée et répartition des forêts
- composition en essences forestières
- l'âge des peuplements
- volumes de bois
- taux possibles de la récolte du bois.

Selon la précision désirée et selon la surface des régions à inventorier il faut appliquer différentes méthodes d'inventaire. En général c'est un échantillonnage à deux ou trois phases qui garantit des résultats assez détaillés et sûrs.

— Le premier échantillonnage sur photographies aériennes (échelle 1 : 10.000 — 1 : 50.000) permet de déterminer les surfaces boisées et le pourcentage des différentes essences. De plus, cette première phase sert à la stratification des échantillonnages au sol.

— A la deuxième phase les échantillonnages au sol sont effectués en des placettes déterminées sur les photos aériennes. Le but de cette deuxième phase terrestre est d'ajuster et de compléter les informations acquises en première phase. On mesure surtout d'une façon plus précise les données qui permettent de calculer le volume et l'accroissement des peuplements.

En France c'est Brénac (1962) qui a développé un tel système d'échantillonnage pour l'inventaire national des forêts et, autre exemple, pour l'inventaire forestier de la Suisse on a choisi le même échantillonnage (Mahrer 1980).

Lorsqu'il s'agit d'effectuer un inventaire pour un pays très vaste il est aussi possible de développer un inventaire par un premier échantillonnage effectué sur des photos aériennes ou des images satellite à petite échelle.

Pour l'**aménagement des forêts** il faut avoir des informations sur les peuplements en particulier. C'est alors qu'il y a lieu de dresser un inventaire complet de toutes les surfaces boisées. Les caractéristiques qu'il faut y mesurer correspondent à ceux d'un inventaire basé sur un échantillonnage.

Ces données sont résumées et décrites soit sous forme de tableaux soit de cartes forestières. Il est évident que là aussi l'interprétation de photos aériennes peut contribuer à la collecte de beaucoup d'informations et c'est surtout pour la production de cartes forestières qu'elle est d'une valeur vraiment très importante. On estime que l'usage de photos aériennes permet de réduire le temps de travail jusqu'à 40 %, en comparaison de celui d'un inventaire exclusivement terrestre (Hildebrandt et v. Laer 1969).

La technique de la photogrammétrie pour la production des cartes forestières est normalement très simple : ce sont principalement le rectificateur optique et le stéréorectificateur qui sont employés. En général cette photogrammétrie simplifiée garantit des résultats suffisants pour deux raisons :

- Il s'agit seulement d'une mise à jour de cartes existantes,
- Une trop grande précision n'est pas exigée.

Il faut quand même mentionner que des systèmes photogrammétriques et cartographiques plus modernes et plus avancés existent déjà : C'est ainsi que quelques services forestiers appliquent des orthophotocartes au lieu des cartes forestières classiques. (Voss 1970 et Dexheimer 1973).

Un autre progrès très important est marqué par le développement des systèmes photogrammétriques qui permettent la production de cartes forestières à l'aide des techniques du traitement électronique des données où l'ordinateur exécute le dessin des cartes en calculant en même temps les surfaces des peuplements prédélimitées. En Europe centrale ce sont surtout Kölbl (1976) et Akça (1980) qui ont adapté cette conception de cartographie numérique aux besoins spéciaux de la foresterie ; c'est une conception qui permet de rationaliser très sensiblement la production de cartes des peuplements.

Pourtant il faut avouer que la grande majorité des services forestiers préfère toujours les méthodes connues et éprouvées depuis longtemps et que des méthodes plus modernes ne sont acceptées que par quelques-uns.

Depuis quelque temps il existe un autre exemple très actuel d'utilisation de la photointerprétation forestière : c'est l'identification et la **surveillance des dégâts causés par le dépérissement des forêts**.

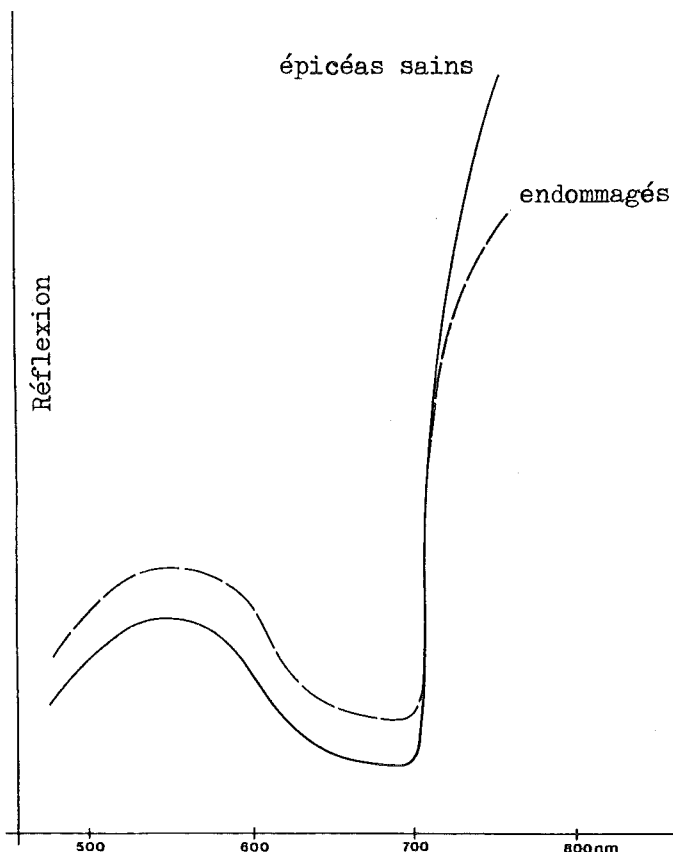
Ce dépérissement inquiète les forestiers d'Europe Centrale depuis trois ou quatre années. En été 1984 plus de la moitié des forêts Ouest-allemandes ont été touchées par cette maladie inconnue jusque-là. D'ailleurs on observe de pareils dégâts dans beaucoup d'autres pays européens, même à l'Est de la France,

surtout dans les Vosges. Il s'agit donc d'un problème international !

La discussion sur les causes de la soi-disant "Mort des forêts" n'est pas le sujet de mon exposé, mais il faut quand même mentionner que la plupart des experts sont convaincus que le dépérissement des forêts est essentiellement causé par des polluants atmosphériques, surtout par les oxydes sulfureux, les oxydes azotés et l'ozone.

Les symptômes principaux de cette maladie nouvelle sont surtout :

- une perte d'aiguilles ou de feuilles,
- une décoloration des aiguilles et des feuilles,
- une déformation des cîmes des arbres atteints.



— Réflexion spectrale d'épicéas sains et endommagés. (d'après KRITIKOS 1983)

Tous ces symptômes influencent la réflexion spectrale des arbres et rendent très favorable une mission de télédétection. Aussi, c'est en 1983 que pour la première fois l'on a procédé à de vastes survols pour la surveillance de l'état sanitaire des forêts Ouest-allemandes. Les méthodes appliquées et les expériences acquises à cette occasion, surtout en ce qui concerne la situation particulière du "Land Baden-Württemberg", qui comprend aussi la Forêt Noire, sont les suivantes :

- **Type de film** : Dès les premières considérations sur un tel survol il n'y avait pas de doute que seul le film en fausses couleurs (couleurs infrarouges) garantira un diagnostic assez sûr des dégâts forestiers.

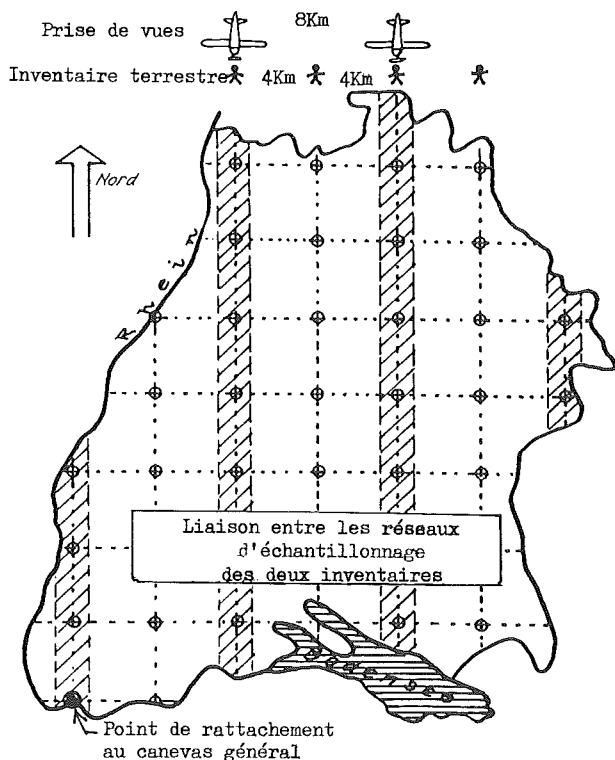
... Premier Congrès International de l'AFT

— **Échelle** : L'échelle des survols fixée à 1 : 5 000 était le résultat d'un compromis qui permettait d'identifier en même temps des arbres particuliers dans les peuplements plus jeunes, sauf dans les régénérations, et qui en même temps limitait les frais de cette surveillance à un niveau acceptable.

— **Saison de survol** : Pour l'interprétation des feuillus la saison pour les survols est restreinte aux mois de juillet et d'août.

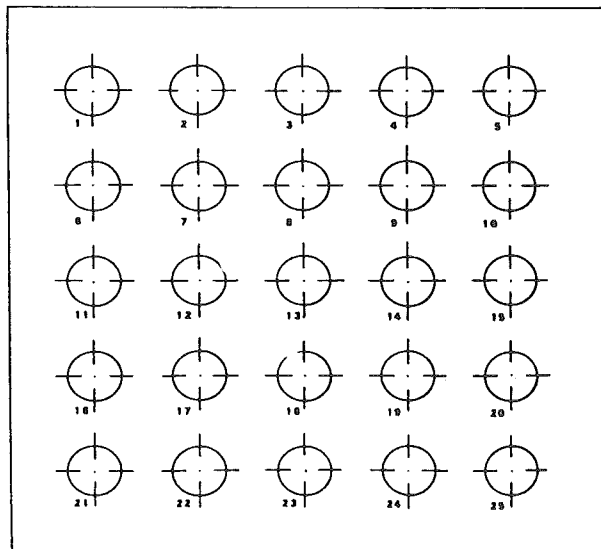
— **Orientation des survols** : A cause du changement des couleurs dans les clichés résultant de directions différentes de la projection du territoire photographié les survols suivaient des axes nord-sud. Ainsi les différences entre les couleurs des images ont été corrigées par interprétation stéréoscopique.

— **Méthodes d'échantillonnage** : A cause de l'étendue des forêts de Baden-Würtemberg (1,3 million d'hectares) il était impossible d'établir des survols couvrant tout le "Land" et de plus il était impossible d'interpréter tous les peuplements photographiés ainsi. Se basant sur un avis de Hildebrandt la station de recherches forestières du Baden-Würtemberg a alors développé un échantillonnage qui était caractérisé par une distance de huit kilomètres entre les axes nord-sud des survols. En effet, ce sont environ 12 % de la surface du "Land" qui ont été enregistrés par plus de 8 400 images couleurs infrarouges.



La raison de cette distance de huit kilomètres était l'adaptation à un inventaire terrestre basé sur un réseau d'échantillonnage systématique de 4 x 4 km. Cet inventaire terrestre a été établi également en 1983.

La constatation de l'état sanitaire des arbres fut exécutée à l'aide d'un système de cercles d'échantillonnage avec une distance de 200 m d'un cercle à l'autre.



— Grille de sondages à répartition régulière
(Dimensions réelles = 23 x 23 cm)

Dans le cas des résineux c'était vingt arbres particuliers qui furent interprétés dans chaque cercle d'échantillonnage si possible, pendant que la vitalité des feuillus et des résineux jeunes était jugée intégralement pour chaque cercle.

En plus de la vitalité des différentes espèces, beaucoup d'autres données ont été relevées dans chaque cercle d'échantillonnage, par exemple l'altitude au sol et l'exposition, mais sur lesquelles je ne m'étendrai pas ici.

Au total ce sont 84 312 arbres particuliers et 10 897 cercles intégraux qui ont été examinés au cours de cet inventaire de télédétection.

Les résultats les plus marquants de cet inventaire peuvent se résumer comme suit :

— Les espèces les plus endommagées sont l'épicéa, le sapin et le pin.

— Les dommages causés sont directement proportionnels à l'âge des arbres.

— L'altitude, l'exposition des pentes et la topographie n'ont pas d'influence sensible sur l'intensité des dégâts.

La comparaison avec la surveillance terrestre qui a été exécutée simultanément indique pour les photos aériennes les avantages et les inconvénients suivants :

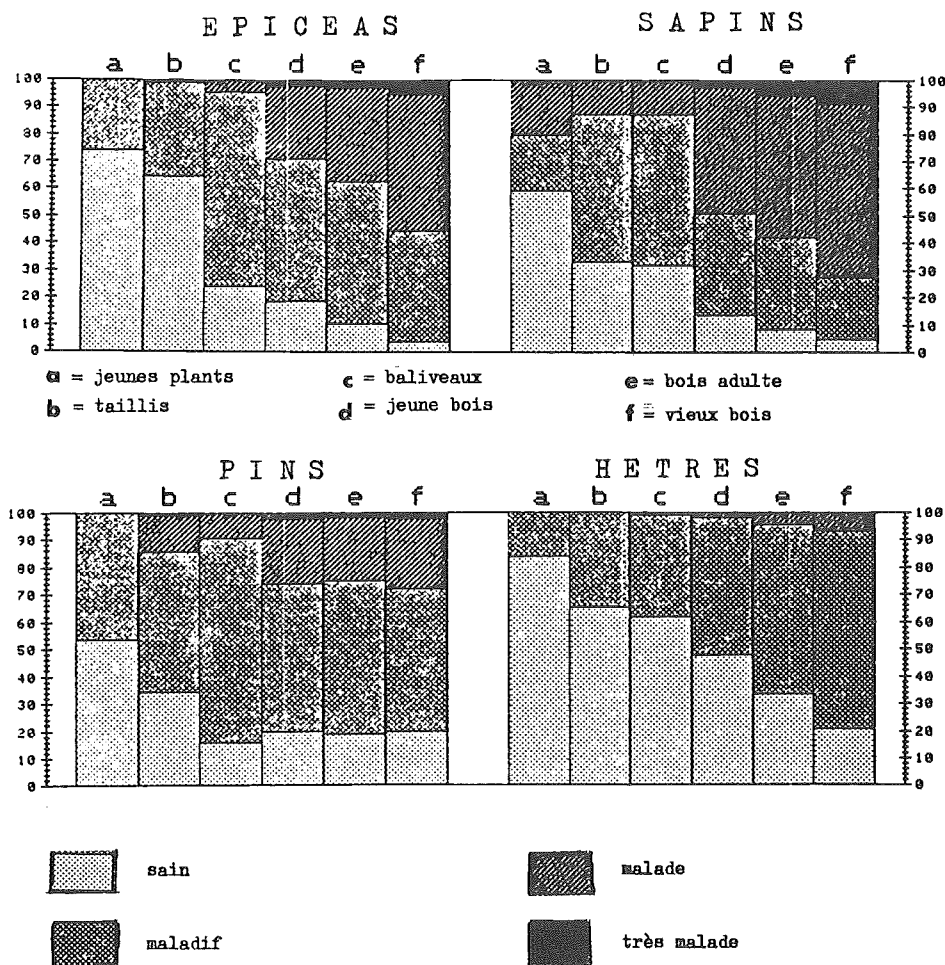
— La prise de vue "d'en haut" permet d'identifier plus exactement les changements survenus dans les parties supérieures des couronnes.

— La prise de photos aériennes permet d'enregistrer les informations désirées dans un délai beaucoup plus court en comparaison d'un inventaire terrestre.

— L'état des forêts est clairement fixé par les photos. Ainsi, il est toujours possible d'examiner et de compléter les résultats d'un inventaire par télédétection si nécessaire.

— Les frais globaux sont inférieurs à ceux d'un inventaire terrestre (frais totaux de l'inventaire photo-aérien en couleur infrarouge au Bade-Würtemberg

- REPARTITION DES DEGRES D'ENDOMMAGEMENT
PAR AGE DE PEUPLEMENT (en pourcentages)



(Inventaire général de Baden-Würtemberg - 1983)

en 1983 = 800 000 DM, frais totaux de l'inventaire terrestre = 1 400 000 DM.

— Le désavantage le plus important d'un inventaire par télédétection c'est sa dépendance du temps qui, au moins en Europe Centrale, peut remettre en cause l'exécution des survols.

— Par ailleurs un inventaire de l'état sanitaire des forêts basé sur l'interprétation des photos aériennes ne permet d'identifier les causes des dégâts relevés que dans quelques rares cas. Pour cela il faut appliquer des méthodes terrestres y compris des analyses microscopiques et chimiques.

En dépit de ces limitations il faut quand même constater que la comparaison des deux méthodes a nettement prouvé que l'utilisation des photos aériennes en fausses couleurs est d'une efficacité supérieure (Schöpfer et al. 1984).

Perspectives d'avenir de l'utilisation de la télédétection pour la foresterie

Les exemples donnés jusqu'ici devaient expliquer l'application et l'importance actuelle de la télédétec-

tion au réseau de la foresterie. De plus ces exemples, indiquent que jusqu'à ce jour la foresterie n'utilise pratiquement pas de systèmes de télédétection plus avancé au sens technologique, par exemple les différents types de "scanners", les images Landsat ou l'interprétation automatisée à l'aide d'ordinateurs. Cette situation s'explique bien sûr par beaucoup de causes raisonnables, mais l'argument principal est sans doute le fait que normalement tous ces systèmes nouveaux ne fourniraient pas de meilleures informations que les systèmes d'informations éprouvés depuis de longues années déjà. D'ailleurs il faut constater que l'utilisation de tous ces systèmes plus sophistiqués demande des investissements non négligeables et beaucoup plus importants que ceux des systèmes dits "classiques".

Ces remarques concernent surtout la situation en Europe. Pourtant, en dehors de l'Europe on peut constater une situation différente, au moins pour les images "Landsat" qui sont devenues une source d'informations importante pour la surveillance des forêts non ou peu explorées - telles que les forêts tro-

... Premier Congrès International de l'AFT

picales et les forêts boréales d'URSS et d'Amérique du Nord.

Pour l'Europe on peut prévoir un changement à cette situation dès que les images des satellites "Thematic Mapper Landsat" et "Spot" seront disponibles. La résolution géométrique des scanners de ces satellites étant notablement plus haute que celle des satellites fonctionnant actuellement, il est fort probable que ces systèmes de télédétection nouveaux fourniront des informations très instructives notamment en matière forestière, même pour des massifs fortement remaniés et composés d'un grand nombre d'espèces diverses. Les différentes simulations des données des futurs satellites "Spot" et "Thematic Mapper Landsat" renforcent cette prédiction (par ex. Chaume 1982 et Kritikos, etc... 1983).

Pour l'instant il y a avant tout trois objectifs pour lesquels on peut s'attendre à une application favorable de ces systèmes de télédétection nouveaux :

- L'inventaire et la cartographie des massifs forestiers au niveau d'un pays ou de la CEE.
- La mise en évidence des déboisements et des reboisements dans les différentes parties d'un pays.
- Enregistrement et contrôle d'importants dégâts forestiers causés par des feux, des insectes ou des polluants atmosphériques.

Pour toutes ces tâches d'avenir un grand nombre d'expertises préparatoires ont déjà été publiées par Karo (1984), Mauser et Stibig (1983) et d'autres auteurs.

En rapport avec la télédétection forestière il y a un autre problème qui n'a pas été résolu jusqu'à présent : c'est l'interprétation automatique ou semi-automatique des données à l'aide d'ordinateurs. Quand même, la question du traitement automatique apparaîtra de façon de plus en plus évidente à cause de l'augmentation de la résolution géométrique des scanners et de l'augmentation du nombre des canaux spectraux. On peut s'attendre ainsi à une nouvelle discussion de ce problème à la suite des futures missions de télédétection.

Lorsqu'on traite ce sujet du point de vue forestier il faut considérer deux aspects différents :

- D'abord l'interprétation d'images ou de données à petite échelle où on ne peut plus distinguer des arbres particuliers
- l'interprétation d'enregistrements à une échelle moyenne ou grande où les cîmes des arbres sont figurées plus ou moins en détail.

Dans le premier cas - s'agissant exclusivement de l'imagerie satellite - c'est surtout la signature spectrale des différents éléments des "pixels" qui permettent une classification et une identification des données. Par cette approche multispectrale il est possible d'identifier les formes principales de l'utilisation du sol (Binzegger 1975, Haberäcker 1977 et Quiel 1979) ; ainsi il est par exemple possible de différencier les surfaces boisées des surfaces agricoles. Une distinction sûre des différentes formes de forêts selon leur composition en espèces - surtout lorsqu'il s'agit de peuplements mixtes - est pourtant impossible avec les satellites qui ont été lancés en orbite avant le "Thematic Mapper Landsat". Pour ce problème particulier on peut prévoir une solution avec les nou-

veaux satellites. Grâce à la haute résolution spatiale des scanners de ces satellites, le nombre de "pixels" mixtes diminuera très sensiblement. Aussi peut-on s'attendre à un perfectionnement proche des méthodes d'un traitement et d'une classification automatique ou semi-automatique pour des systèmes de télédétection avec une résolution géométrique jusqu'à 10 m sur terre. Il faut quand même avouer que l'application forestière de tels systèmes restera restreinte à des tâches spéciales où il faut acquérir des informations plutôt synoptiques.

Dès que des informations plus exactes seront nécessaires au niveau régional ou local, il sera inévitable d'appliquer des techniques de télédétection qui permettent d'identifier et d'interpréter des arbres particuliers. C'est alors qu'une résolution spatiale d'environ un mètre est nécessaire - c'est le domaine des missions aériennes "classiques" et des "scanners" montés sur avion.

Pour ces enregistrements d'échelle moyenne ou grande, la classification à l'aide d'ordinateurs est encore d'une valeur limitée à cause de différents obstacles, au moins pour l'application à la foresterie.

En effet, il n'existe pas un seul système opérationnel permettant une interprétation automatique de données forestières. Cela s'explique surtout par le fait que les méthodes de classification utilisées en traitement d'enregistrements-télédétection sont principalement multispectrales, alors que les différentes approches proposant une utilisation des informations texturales (par ex. Flouzat 1982) sont encore au stade expérimental.

La comparaison avec les facteurs intervenant dans l'interprétation visuelle d'une image confirme cette explication. Là l'information multispectrale est seulement un facteur - et probablement pas le facteur le plus important - parmi d'autres (la forme, le contexte, la texture, l'image stéréoscopique etc...).

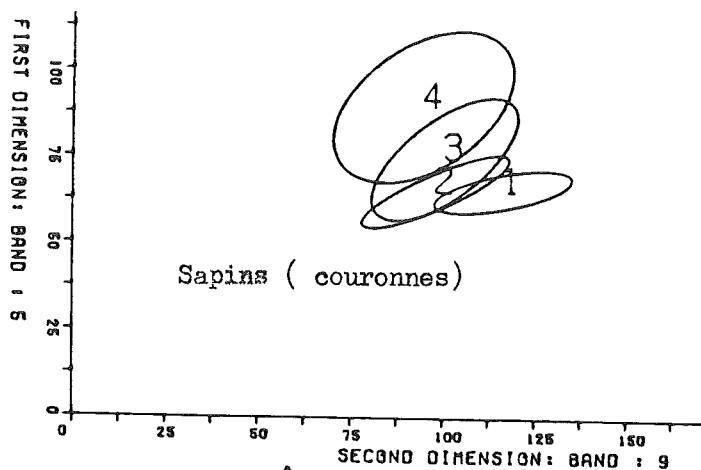
Le problème dominant de la classification multispectrale est qu'en général chaque "pixel" représente seulement une petite partie d'un objet, par ex. d'un arbre. Tant qu'il s'agit d'objets homogènes quant à leur réflexion spectrale (par ex. des routes ou des sols nus) ce n'est pas désavantageux, mais lorsque la variabilité de la réflexion spectrale augmente, le taux des classifications fausses augmente aussi.

La transparence optique du cliché, réflexion de la signature spectrale, n'est pas seulement plus haute dans la partie ensoleillée de la cîme que dans la partie ombragée, mais elle varie même dans la partie ensoleillée très sensiblement. Pour un interprète humain cette variation n'est pas un obstacle insurmontable - l'homme identifie un arbre d'abord par sa forme, c'est-à-dire par une variation typique de la signature spectrale. Malheureusement une telle approche est encore trop compliquée pour un traitement numérique.

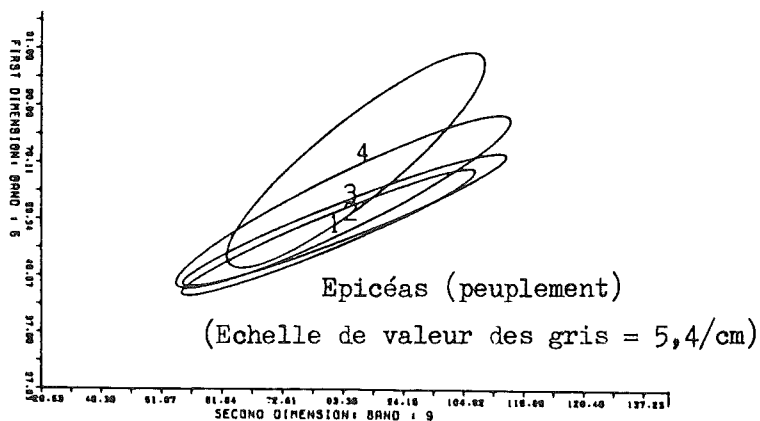
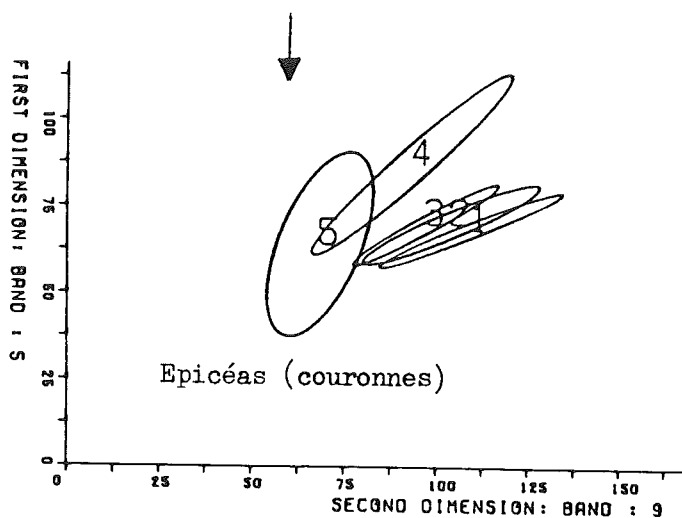
À cet égard, il n'est pas très surprenant que l'interprétation forestière automatique basée sur une classification multispectrale ne fournira que des résultats insuffisants : selon les expériences américaines et européennes l'identification de différentes espèces d'arbres est entachée d'une erreur entre 10 et 30 % et les premières expériences essayant une identifica-

- SIGNATURES DE REFLEXION SPECTRALE DE SANTE DE CIMES ET PEUPELEMENTS
DIFFEREMMENT ATTEINTS GROUPEES EN FIGURES EN DEUX DIMENSIONS -

1 = sain 2 = maladif 3 = malade 4 = très endommagé 5 = mort
(Hauteur de prise de vues = 300m)



↑
Echelle de valeur des gris = 12,5/cm



(Hildebrandt et Kadro - 1984 - Aspects of Countrywide Inventory and Monitoring)

.... Premier Congrès International de l'AFT

tion automatique d'arbres dépérissants ont été confrontées au même problème (Hildebrandt et Kadro 1984).

Un autre obstacle gênant toute classification automatique à l'aide d'ordinateurs, c'est l'énorme variation naturelle des signatures spectrales causée par des effets météorologiques, par le traitement sylvicultural, par l'influence des stations, etc...

Alors il faut conclure qu'il y a lieu d'utiliser non seulement la signature spectrale, mais aussi la forme, le contexte, la texture et d'autres facteurs, si on veut

arriver à un système d'interprétation automatique plus efficace. Mais jusque-là le chemin sera encore très difficile.

En résumant, ce que l'on peut attendre de l'application future de la classification automatique des données visibles et infrarouges à la foresterie, c'est de prévoir une opérationnalité prochaine de tels systèmes pour les enregistrements à petite échelle (imagerie satellite), tandis que pour les enregistrements à grande échelle, les problèmes à résoudre retarderont encore un tel succès.

BIBLIOGRAPHIE

1 - A. Akça 1980, "Digitale Waldkartierung und Einsatzmöglichkeiten in der Forsteinrichtung". Allgemeine Forstzeitschrift vol. 35/1980.

2 - R. P. Binzegger 1975, "ERTS-Multispektraldaten als Informationsquelle für thematische Kartierung". Dissertation, Univ. Zurich.

3 - L. Brenac 1969, "L'utilisation des photographies aériennes pour l'inventaire des forêts françaises". Bulletin N° 8, S.F.P.T.

4 - R. Chaume 1982, "Comparaison simulation SPOT-LANDSAT en milieu forestier - Ermenonville 1980". Symposium Intern. Com. VII, I.S.P. Vol. 24-VII/1.

5 - W. Dexheimer 1973, "Praktische Erfahrungen bei der Einführung der Orthophotos in die Forsteinrichtung". Symp. IUFRO S. 6. 05 Freiburg i.B.

6 - G. Flouzat 1982, "Analyse texturale par transformation multidimensionnelle d'une image classée". Symp. Int. Com VII I.S.P. Vol. 24-VII/1.

7 - P. Haberäcker 1977, "Untersuchung zur Klassifizierung multispektraler Bilddaten aus der Fernerkundung". DFVLR-Forschungsbericht DLR-FB 77-72, Oberpfaffenhofen, R.F.A. 1977.

8 - G. Hildebrandt + W. von Laer, 1969 "Luftbildverwendung bei der Forsteinrichtung". Exposé non publié.

9 - G. Hildebrandt + A. Kadro 1984, "Aspects of countrywide inventory and monitoring of actual forest damages in Germany". Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe, 52/1984.

10 - A. Kadro 1984, "Investigation of spectral signatures of differently damaged trees and forest stands using airborne multispectral data". IGARSS 84, Symp. Strasbourg.

11 - O. Kölbl 1976, "Photogrammetrische Bestandskartierung mit automatisierter Flächenberechnung und Kartenzeichnung". Eidg. Anstalt Forstl. Versuchswesen, CH 8903 Birmensdorf.

12 - G. Kritikos, D. Kübler, I. Dörfel, N. Kadro et D. Koch 1983, "Untersuchung von Scannerbilddaten zur Erfassung von Waldschäden". Rapport d'un séminaire de la DFVLR, Oberpfaffenhofen, 8.12.83.

13 - G. Kritikos, D. Kübler et H. J. Dörfel 1983, "Untersuchung der Eignung von SPOT-Simulationsdaten zur Erfassung von Waldschäden". Étude de la DFVLR, Oberpfaffenhofen, 1983.

14 - F. Mahrer, "Application of aerial photography in the Swiss National Forest Inventory (N.F.I.) Inter. Arch. of Photogrammetry, Congrès de Hambourg, Vol. XXIII, B 8.

15 - W. Mauser et H. J. Stibig 1983, "Neue Sensoren für die Vegetationsbeobachtung mit Satelliten". Allg. Forstzeitschrift 38/1983.

16 - P. Murtha 1972, "A guide to air photo interpretation of forest damage in Canada". Can. Forestry Service, Pub. N° 1292/1972.

17 - F. Quiel 1979, "Luftbildinterpretation und multispektrale Klassifizierung zur Gewinnung von Landnutzungsdaten". Bildmessung und Luftbildwesen, Karlsruhe, 47/1979.

18 - J. Riom 1980, "Réponse spectrale de forêts de pins défoliés, importance de l'environnement de l'arbre". Arch. Intern. de Photogrammétrie ISP, Congrès de Hambourg, Vol. XXIII, B 10.

19 - W. Schöpfer et J. Hradetzky 1984, "Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983 mit Infrarotbildern". Mitt. Forstl. Versuchsanstalt Freiburg i. B., N° 111/1984.

20 - W. TZSCHUPKE 1980, "Mittleuropäische Waldbestände im Satellitenbild". Allg. Forstzeitchrift, 35/1980.

21 - F. Voss 1970, "Zur Herstellung von Forstbetriebskarten mit Hilfe masstäbiger Luftbildkarten und automatischer Rechen- und Kartieranlagen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen". Allg. Forst- und Jagdzeitung, Frankfurt, 141/1970.

EXEMPLES DE DÉPÉRISSEMENTS VISIBLES SUR PHOTOS EN COULEURS INFRAROUGES



N° 1

Peuplement de jeunes sapins et épicéas plus ou moins endommagés.

"Le Ballon" près de Badenweiler
Forêt Noire.

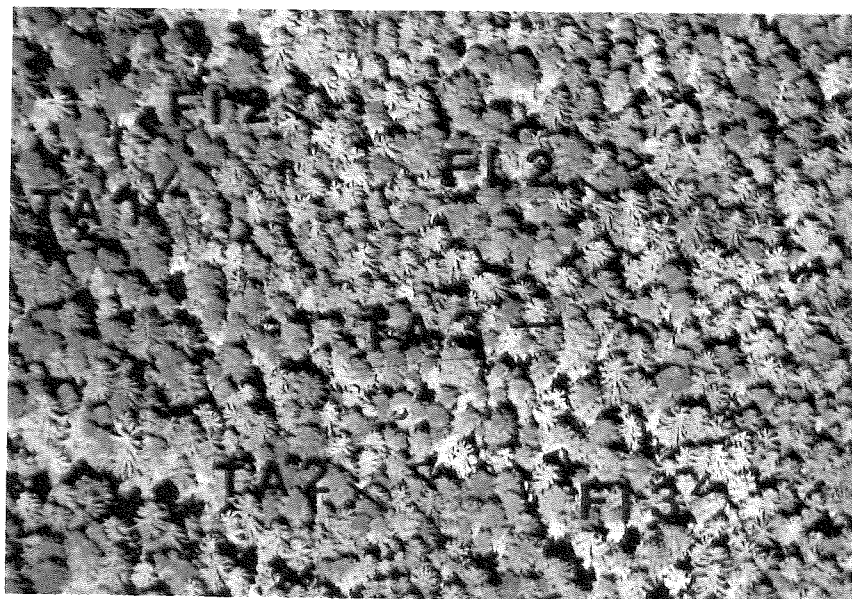
(Autorisation 2570/85 du 6.12.83
R.P. Darmstadt).

N° 2

Massif gravement endommagé
à Freudenstadt - Forêt Noire.

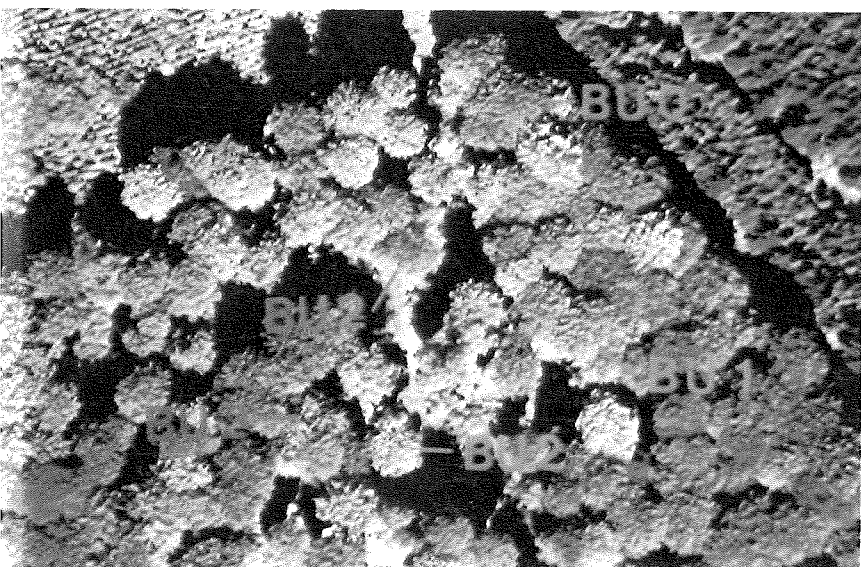
TA = Sapin blanc Fi = épicéa.

(Autorisation 18 P 153 du 13.12.83
R.P. Dusseldorf)



Classement des dommages

- 0 = sans symptômes visibles,
- 1 = maladif,
- 2 = dommages moyens,
- 3 = dommages graves.



N° 3

Peuplement de hêtres gravement
endommagés dans l'Odenwald.

(Autorisation 050/2018 du 3.8.83
R.P. Stuttgart).

Systèmes d'Information du Territoire

Principes, problèmes, perspectives

par le Dr. J.-J. CHEVALLIER, Lausanne

Introduction

Toute décision politique, toute action doit se fonder sur une connaissance aussi exacte que possible de la situation sur laquelle on veut agir. Cette connaissance peut être acquise sur la base d'informations, dont doit disposer le décideur ou le gestionnaire. Les outils nécessaires à l'acquisition de cette connaissance s'appellent :

SYSTÈMES D'INFORMATION

De nos jours, ce terme évoque presque irrésistiblement des images de centres informatiques, d'ordinateurs, de réseaux de télécommunication, de "Big Brother" et de violation de la sphère privée. Il est de fait que l'usage de cette expression — et du terme "système" lui-même — est réellement devenu courant depuis dix ou vingt ans, parallèlement à l'emprise croissante de l'Informatique sur les activités humaines. Et pourtant, il existe depuis longtemps des organisations plus ou moins complexes, qui collectent, enregistrent et diffusent des informations. Au sens strict du terme, tout cadastre, fût-il primitif, est un système d'information, même si la description des terres est reportée sur des tablettes d'argile ou des papyrus.

On fait actuellement beaucoup de bruit autour de l'évolution extraordinaire des matériels et logiciels. Il faut toutefois être bien conscient que ce bruit est en grande partie dû aux commerçants, et aux effets des campagnes de publicité de constructeurs et vendeurs.

Une troisième constatation s'impose : l'ésotérisme derrière lequel se cachait l'informatique à ses débuts, le haut degré de spécialisation actuellement nécessaire (mais pour combien de temps encore ?) pour la mise en œuvre de ses outils, tout cela a eu pour effet de livrer le "pauvre utilisateur" au pouvoir des tout-puissants analystes et programmeurs.

On observe cependant un certain renversement de cette tendance ; les techniques actuelles offrent ou laissent entrevoir des possibilités telles que bientôt, les problèmes majeurs ne seront plus informatiques. Il faudra bien sûr continuer à résoudre de multiples difficultés techniques ; mais dans ce domaine, tout est possible, ou presque, à condition d'y investir suffisamment de temps et d'argent. Par contre, dès que l'informatique est sortie des milieux purement scientifiques pour se mettre au service des administrations et des entreprises commercia-

les, son impact sur l'ensemble de l'humanité a très vite mis en évidence des problèmes non techniques : les mots-clés "protection de la sphère privée", "confidentialité" sont suffisamment parlants pour qu'il soit inutile d'insister sur cet aspect des choses.

Le présent rapport insiste donc sur les dimensions non-informatiques des systèmes d'information du territoire. Il est par contre bien évident que l'amélioration des systèmes existants passe, dans la plupart des cas, par leur automatisation (totale ou partielle). De ce fait, explicite ou non, l'informatique est en permanence présente dans ce texte.

1 — Principes

1.1 - Définition

Il est trivial de dire que les spécialistes de disciplines différentes ont très souvent de la peine à se comprendre. On pourrait par contre espérer que, entre topographes, il serait possible d'échanger des expériences sans devoir recourir à tout moment aux dictionnaires, lexiques et autres glossaires. Et pourtant ! Il est de notoriété publique que l'on désigne, dans divers pays, des choses différentes par le mot de Cadastre. On connaît ainsi les cadastres fiscaux, juridiques, souterrains, etc. Cependant, malgré ces concepts apparemment clairs et précis, il est malaisé pour un Européen de comprendre du premier coup à quoi correspond, par exemple, le cadastre au sens québécois du terme, et de faire la différence avec la carte du morcellement foncier. Et une discussion engagée sur des bases aussi incertaines devient rapidement un dialogue de sourds.

Le même phénomène est courant quand on parle de système d'information du territoire. Tout d'abord, les expressions fleurissent pour désigner la même chose, ou peut-être des choses différentes :

- système d'information à référence spatiale,
- système d'information géographique,
- système d'information sur le sol,
- bases de données cadastrales,
- système d'information cadastral,
- système d'information foncier,
- etc. etc...

Ensuite, si on a l'occasion — et la patience — d'étudier de plus près les réalisations modernes, on constate que les contenus sont encore plus variés que les désignations. Selon les régions, selon les buts visés, selon l'autorité responsable d'un système d'information, on trouvera des systèmes gérant des données aussi variées que, par exemple, un modèle digital de terrain recouvrant l'ensemble d'un pays, ou les descriptions de réseaux de canalisation et conduites souterraines extrêmement détaillés, ou encore un recueil systématique de la législation applicable en matière d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement.

Par ailleurs, on constate souvent que, dans le langage courant, le terme "système d'information" est considéré comme synonyme de "banque de données" - ce qui ne va pas sans induire des confusions supplémentaires.

On a bien tenté de donner une définition des systèmes d'information du territoire ; mais l'entreprise est malaisée. Les définitions n'empêchent pas les malentendus, si les mots qui les composent n'ont pas le même sens pour chacun !

Cependant, pour délimiter quelque peu le propos, citons ici une définition qui, bien que peu satisfaisante sous certains aspects, est assez connue, et en général admise. Elle est le fruit de plusieurs mutations successives d'un texte élaboré dans le cadre de la FIG, pour la première fois à Darmstadt en 1978, puis à Vienne et à Montreux en 1981.

Un système d'information du territoire constitue un instrument de décision dans les domaines juridique, administratif et économique, et une aide pour la planification et le développement ; il comprend, d'une part, une base de données se rapportant au sol sur un territoire donné, et, d'autre part, les procédures et techniques nécessaires à la mise à jour systématique, au traitement et à la diffusion des données.

Il est évident que cette définition peut fort bien convenir à tous les systèmes d'information évoqués ci-dessus. Elle n'est donc guère utile à celui qui doit résoudre un problème précis. On peut néanmoins l'utiliser pour mettre en évidence certaines caractéristiques communes à tous les SIT, ainsi que pour distinguer divers types de SIT.

Remarquons au passage que nous avons implicitement introduit ci-dessus une nuance entre :

INFORMATION et DONNÉE

On appelle ordinairement "information" un élément de savoir, un renseignement, par opposition à "donnée", qui désigne la représentation d'une information par un phénomène physique : son, trait sur un papier, ou encore bit ou caractère codé dans un ordinateur.

1.2 - Caractéristiques essentielles des SIT

On peut utiliser cette définition pour mettre en évidence certaines caractéristiques communes à tous les SIT, ainsi que pour distinguer divers types de SIT.

Avant tout, on peut dire que, dans tout SIT, les informations gérées sont localisées par rapport à une :

RÉFÉRENCE SPATIALE COMMUNE

En clair, cela signifie que, d'une manière ou d'une autre, elles sont assorties d'indications sur la position dans l'espace des phénomènes décrits, position la plus souvent exprimée dans un système de coordonnées.

Un élément significatif d'un système d'information (quel qu'il soit) est l'existence d'une :

BASE DE DONNÉES

Une base de données, dans le jargon de l'informatique, c'est un ensemble de données organisé, dans lequel on peut enregistrer, puis récupérer certaines informations. En d'autres termes, la base de données est la MÉMOIRE du système d'information.

1.3 - Finalité et fonctionnement des SIT

La définition ci-dessus nous fournit deux autres renseignements importants : la finalité des SIT, et la notion de procédures nécessaires à leur fonctionnement. Si l'on parle de problèmes économiques, techniques et juridiques, cela signifie que l'on souhaite obtenir d'un SIT les renseignements nécessaires à la gestion d'un territoire, sous tous ses aspects :

- planification sur le plan politique (au niveau national, régional ou local) ;
- police des constructions ;
- administration générale, y compris fisc ;
- gestion de la propriété foncière ;
- travaux publics et privés, constructions diverses ;

Les informations nécessaires à ces diverses activités sont très variées, et, de surcroît, parfois incompatibles entre elles, en raison de la diversité de leur origine, et de leur degré de généralisation.

En pratique, on peut distinguer divers types de systèmes d'information à référence spatiale :

- a) les systèmes à but spécifique,
- b) les systèmes d'information statistique,
- c) les systèmes cartographiques.

a) Systèmes à but spécifique

Dans cette catégorie entrent tous les systèmes appelés couramment :

CADASTRES

Les données qu'ils contiennent sont le fruit d'un lever — au sens topographique du terme — effectué par des méthodes terrestres ou par photogrammétrie. On peut en tirer des représentations précises, dans lesquelles les objets sont représentés à l'échelle, sans généralisation ni usage de signes conventionnels ; on utilise parfois pour ces systèmes le concept "d'échelle 1:1"

En général, un tel système est mis en place par un office pour ses propres besoins, et décrit les objets dont la gestion incombe à ce service ; une compagnie électrique tient à jour et utilise des plans de réseau, alors qu'un service du cadastre gèrera les données (numérisées ou non) décrivant l'état de

... Premier Congrès International de l'AFT

propriété, ou la description des propriétés soumises à l'impôt foncier. Ce n'est que subséquemment que viennent se greffer, sur les besoins propres des gérants de tels systèmes d'information, les demandes d'autres utilisateurs.

b) Systèmes d'information statistique

Leur principe est différent. Dans la règle, l'acquisition de données est effectuée sans connaître avec précision le genre d'utilisation qui en sera faite ultérieurement.

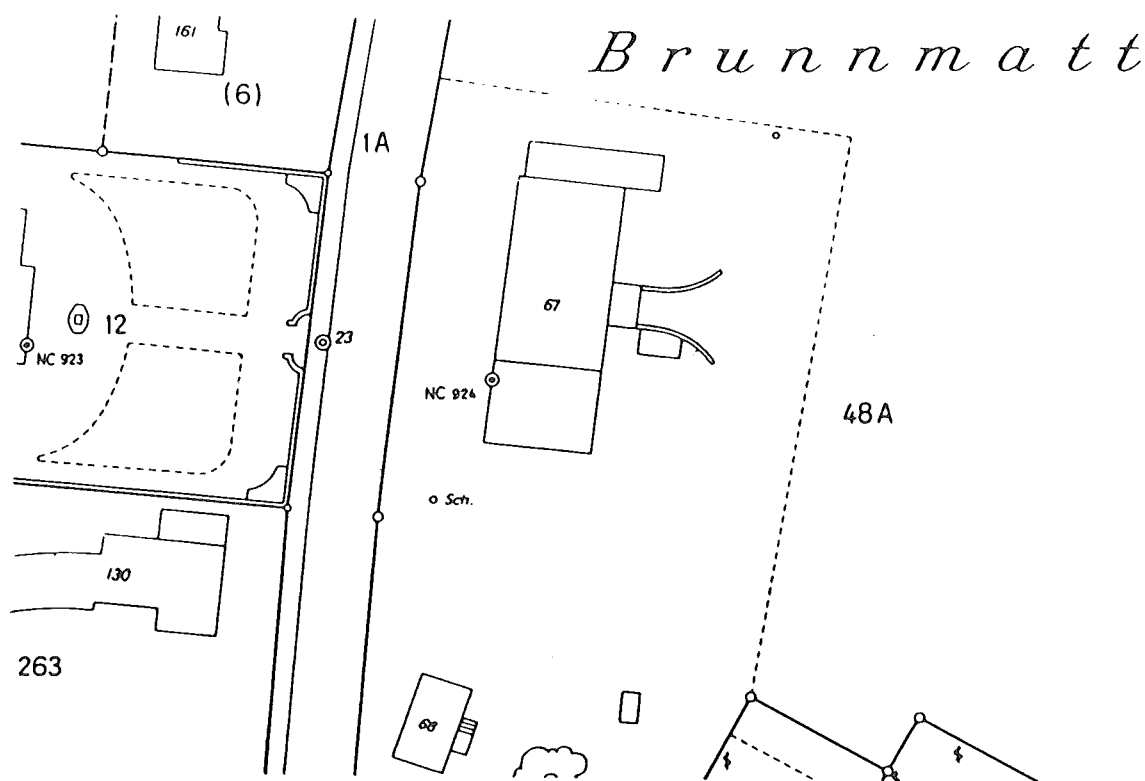


Fig. 1 : Système d'information à but spécifique : exemple de plan d'un cadastre juridique

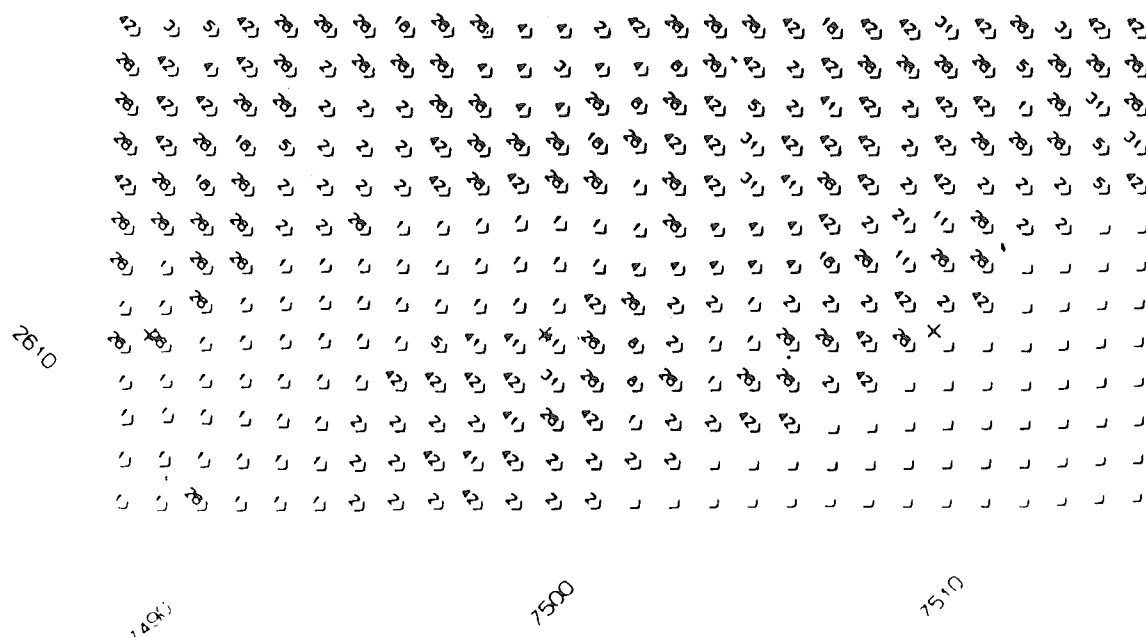


Fig. 2 : Système d'information statistique : grille d'information

On établit ainsi une description aussi détaillée que possible d'un certain territoire (très souvent sur l'ensemble d'un pays), dont le but est avant tout de pouvoir fournir des résultats statistiques ou des cartes thématiques. Ainsi, on ne procède pas tant à un lever au sens classique, qu'à la collecte de :

CARACTÉRISTIQUES

d'un semis de points régulièrement répartis : c'est le principe des grilles d'information.

c) Systèmes cartographiques

Dans certains pays enfin, on a mis en place de gros moyens (informatique et en personnel) pour assurer la mise à disposition des décideurs de :

CARTES A DIVERSES ÉCHELLES

établies automatiquement, et mises à jour dans des délais aussi courts que possibles.

Ces systèmes ont des caractéristiques communes avec les deux types décrits ci-dessus : ils décrivent certes des objets précis, mais leur utilisation n'est pas fixée a priori (à l'exception des utilisations militaires).

Le cloisonnement entre ces catégories n'est pas aussi strict que l'on pourrait le penser. De plus, il peut être souhaitable, voire nécessaire que divers systèmes d'information à référence spatiale puissent dialoguer, ou tout au moins permettent la combinaison de leurs données pour certaines applications particulières.

2 — Problèmes et méthode

2.1 - Besoin d'un modèle de référence

Il est connu que le rapport prix/performance des matériels informatiques diminue, alors que celui des logiciels (et en particulier des logiciels d'application) augmente sans cesse ; ce phénomène est assez facilement explicable : en effet, la fabrication du matériel est une production industrielle, dont les techniques permettent d'abaisser le coût avec l'augmentation du volume de production ; par contre, très (trop) souvent, un logiciel d'application est fait sur mesure et doit être amorti sur un nombre restreint de clients, alors que les exigences grandissent sans cesse, et augmentent donc son coût. De plus, il ne faut pas s'illusionner : le prix de l'infrastructure (matériels et logiciels) ne constitue qu'une fraction des investissements nécessaires au démarrage d'un SIT : la modélisation de l'application spécifique, l'adaptation du logiciel aux besoins et désirs particuliers, la formation du personnel, et l'acquisition initiale du volume de données minimum nécessaire à un fonctionnement constituent une entreprise de longue haleine (dont le coût ne figure toutefois pas dans les listes de prix de fournisseurs !)

Il devient donc nécessaire et même urgent, pour un responsable de projet informatique "SIT", de chercher à profiter au maximum des expériences de ses pairs, tant en ce qui concerne les logiciels et

matériels que pour la définition de l'application et la mise sur pied de "son" SIT particulier.

Il est pour ce faire indispensable de comparer les applications, donc tout d'abord de les décrire sous une forme qui rende possible cette comparaison. Il faut donc définir un Modèle de Référence susceptible d'être accepté par les intéressés. Une résolution adoptée par la FIG à l'un de ses récents congrès préconisait de même l'élaboration d'un cadre conceptuel et d'une terminologie commune à l'intention des partenaires des SIT.

Un tel modèle doit être simple (pour pouvoir être compris sans peine par un non spécialiste), mais doit toutefois pouvoir être affiné (pour se prêter à l'étude de points de détail). Il doit être rigoureux, mais suffisamment souple pour s'adapter aux cas particuliers.

2.2 - L'approche systémique

Ces principes montrent à l'envi que les méthodes de travail classiques — cartésiennes, pourrait-on dire — sont insuffisantes.

En d'autres termes, il ne faut plus penser "problème isolé", il faut penser Système.

Il existe une théorie des systèmes, et de nombreux ouvrages ont été consacrés à cette méthode de pensée, et aux divers aspects de son application. La langue française a aussi ses maîtres à penser dans ce domaine, qui n'est pas — une fois n'est pas coutume — réservés aux seuls germanisants ou anglicisants. Citons simplement le Professeur J.-L. Le Moigne, de l'Université de Droit, d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille (*), et le Docteur Joël de Rosnay, Institut Pasteur, Paris (*).

Le profane en matière de systèmes pourra aussi se tourner vers un petit livre très simple paru chez "Que sais-je ?" (*).

L'approche systémique peut contribuer à l'élaboration du modèle dont nous avons besoin :

- par principe, elle permet d'englober les divers aspects d'un problème ;
- elle est à la fois structurelle et fonctionnelle ;
- la définition de sous-systèmes permet de varier le niveau de détail d'un modèle donné, en conservant une structure invariable ;
- elle s'exprime en termes de concepts, et non pas de cas particuliers.

2.3 - Qu'est-ce qu'un système ?

On trouvera ci-dessous quelques notions (très) élémentaires de théorie des systèmes ; le lecteur

(*) "Théorie du système général, théorie de la modélisation" Le Moigne Jean-Louis, Presses Universitaires de France, 1977.

(*) "Le macroscopie : vers une vision globale" de Rosnay Joël, Le Seuil - Le Point n° 80, 1975.

(*) "La systémique". Tabourier Yves, PUF - "Que sais-je ?", 1979.

... Premier Congrès International de l'AFT

averti en la matière sautera directement au chapitre 2.4 ci-dessous.

Un ENSEMBLE, au sens de la classique théorie des ensembles, est une collection d'éléments réunis en fonction de caractéristiques communes.

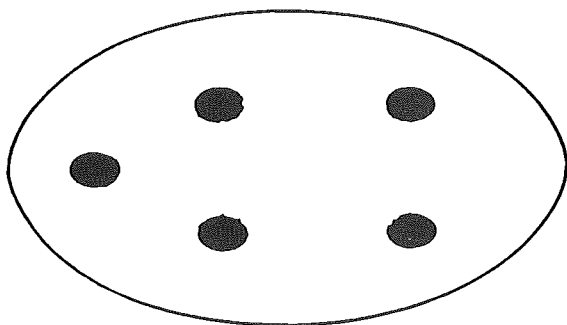


Fig. 3. Ensemble

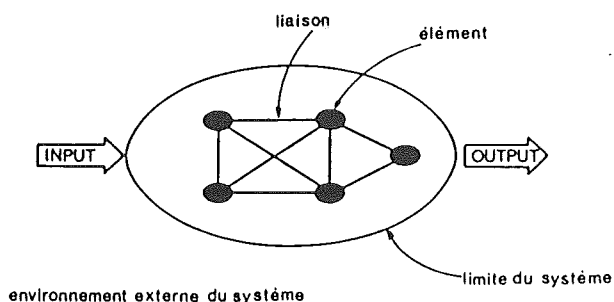


Fig. 4. Système : éléments, liaisons, frontière, inputs, outputs.

Un SYSTÈME peut être défini comme un ensemble structuré par la figuration des relations existant entre ses divers éléments (fig. 4). Ainsi, un système d'ordinateur est un ensemble de composants (unité centrale, périphériques), dans lequel on a précisé une certaine structure (architecture ou configuration).

De plus, comme disait le philosophe, "Il faut donner aux raisonnements une limite". Aussi, un système est-il délimité par une FRONTIÈRE. Cette frontière sépare le système de son ENVIRONNEMENT EXTERNE, domaine avec lequel il interagit : il subit l'influence de cet environnement sous la forme d'INPUTS (ou intrants), et agit sur lui par les OUTPUTS (ou extrants). On doit distinguer cet environnement externe de l'ENVIRONNEMENT dit INTERNE, concept qui comprend toute l'infrastructure (non décrite explicitement) nécessaire au fonctionnement du système. La description d'une organisation peut fort bien se limiter aux flux de documents (par exemple), auquel cas ni le personnel, ni les locaux, ni les équipements techniques n'apparaîtront explicitement, bien qu'ils soient indispensables au fonctionnement de l'organisation.

On peut définir dans un système des SOUS-SYSTÈMES, en sélectionnant :

- une partie des éléments du système concerné et toutes les liaisons relatives à ces éléments (délimitation d'une partie du système)

ou

- tous les éléments du système, mais une partie seulement des liaisons (description de processus).

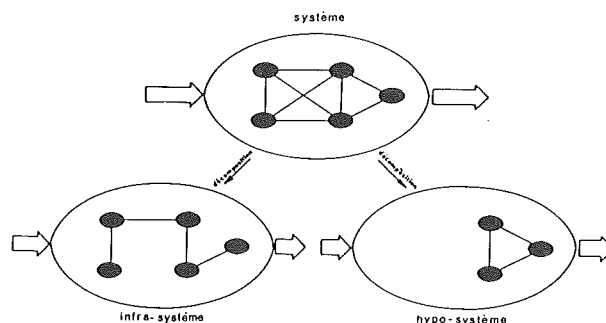


Fig. 5 : Décomposition de systèmes

2.4 - Système d'information du territoire un modèle systémique

Les principes ci-dessus permettent d'élaborer un modèle systémique de système d'information du territoire. On trouvera ci-dessous une description succincte du modèle présenté complètement dans "Une approche systémique des systèmes d'information du territoire et de leur intégrité" (*).

L'environnement externe d'un système d'information du territoire peut être défini comme l'ensemble des phénomènes, objets, personnes interagissant avec le SIT :

- territoire à décrire, composé des objets qui s'y trouvent, ainsi que droits et contraintes de nature juridique ;
- personnes agissant sur le territoire, en particulier celles dont l'action tend à modifier le territoire et les phénomènes décrits : constructeurs, planificateurs, juristes, législateurs sont parmi les plus significatifs.

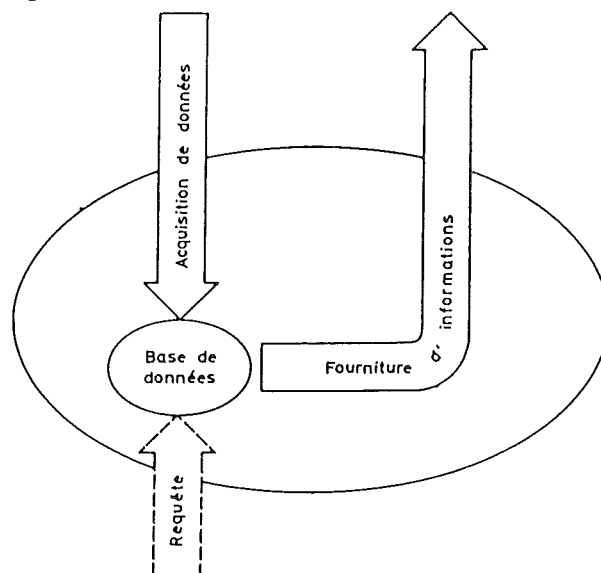


Fig. 6. Base de données : acquisition de données, requête, fourniture d'information

(*) Chevallier Jean-Jacques, thèse n° 502, 1983, École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

L'élément le plus important d'un SIT est sa mémoire (la Base de Données), dans laquelle sont stockées toutes les données décrivant l'environnement externe.

Les interactions les plus significatives du système avec son environnement sont :

- l'acquisition de données, alimentant la base de données ;
- les requêtes adressées au système, dans le but d'en obtenir des informations ;
- les informations fournies, et surtout leur influence sur le territoire.

On a vu plus haut la distinction qu'il convient de faire entre "information" et "donnée". Chaque spécialiste a une vision différente du territoire, selon ses préoccupations et sa mission ; chacune de ces visions consiste en un ensemble d'informations différent — au sens des définitions du chap. 1.1 — situé dans un niveau intermédiaire entre le territoire décrit et la base de données. L'acquisition de données passe donc par la délimitation des informations que l'on veut intégrer dans la base de données (phase de MODÉLISATION), puis par la SAISIE proprement dite des données. Réciproquement, on ne fournit pas à un requérant copie de l'entier de la base de données, mais un extrait seulement, sous la forme désirée.

Ce document devra ensuite être convenablement interprété (EXPLOITATION) en un ensemble d'informations. La connaissance de ces dernières permettra alors d'agir — le cas échéant — dans la réalité.

Le modèle de SIT doit donc être complété :

- par l'introduction d'éléments supplémentaires : modèles (ensembles d'informations) dans chacun des flux d'input et d'output ;
- par la définition d'un SOUS-SYSTÈME de DONNÉES, délimitant la partie du système d'information se préoccupant exclusivement de la gestion des données en tant que telles.

Il convient encore de mentionner un élément essentiel de l'environnement interne du système, non représenté dans la figure 7 : l'infrastructure

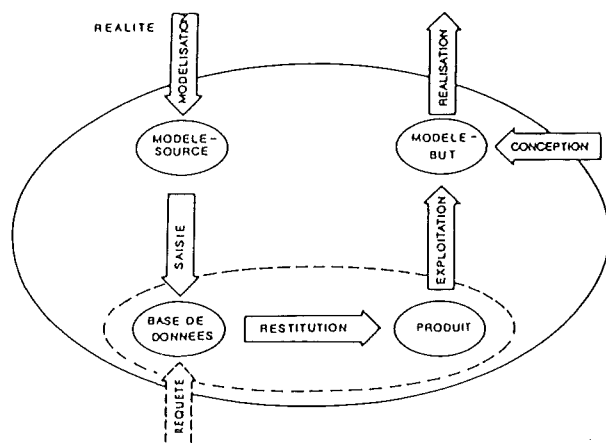


Fig. 7 Modèle systémique de SIT

assurant le stockage et la gestion de la base de données, que l'on appelle en langage actuel le Système Informatique.

Il convient de remarquer que ce modèle ne s'applique pas uniquement aux SIT, mais, de manière générale, à tout système d'information.

2.5 - Portée d'un modèle systémique

Un modèle de ce genre ne résoud certes pas tous les problèmes relatifs à un SIT, tant s'en faut. Il permet par contre :

- de situer les problèmes les uns par rapport aux autres ;
- de préciser les relations entre les problèmes rencontrés, et entre les personnes chargées de les résoudre ;
- de définir les buts d'un système d'information, et d'en tenir compte lors de sa conception et de sa mise sur pied - ou de sa modernisation.

Il faut remarquer toutefois qu'il ne suffit pas de se préoccuper du fonctionnement effectif d'un SIT pour avoir résolu tous les problèmes. Leur mise sur pied, on l'a vu, passe le plus souvent par une modernisation assortie d'une information totale ou partielle. Cette opération impose de repenser l'ensemble du problème, en particulier de définir avec la plus grande rigueur la structure des données à gérer (Conception du Système d'Information).

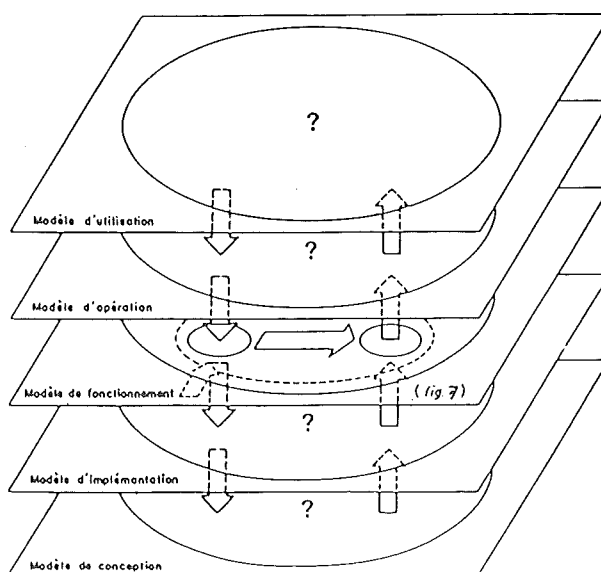


Fig. 8. Modèle multicouches de SIT

Il existe pour ce genre de démarche des méthodes assez efficaces dans le domaine administratif : la méthode MERISE en est un assez bon exemple. De telles méthodes doivent par contre être complétées pour les problèmes spécifiques aux SIT, liés à des données de nature "graphiques", dont la structure est plus complexe.

Une fois le problème posé, il faudra ensuite le décrire sous une forme compréhensible par le système informatique, ce qui peut être également assez complexe, et nécessite l'emploi de langages très spéciaux, et encore peu standardisés (MISE SUR PIED).

... Premier Congrès International de l'AFT

Un autre problème est celui de la FORMATION DU PERSONNEL chargé d'utiliser l'outil informatique. Une des forces du topographe classique est son aptitude à entrer en contact avec le client. Il est donc important que ledit topographe soit à même d'utiliser personnellement les systèmes informatiques ; l'emploi de ceux-ci doit donc être aisé et facilement assimilable, et aussi proche que possible des préoccupations habituelles de l'utilisateur.

Il faut encore mentionner l'indispensable (IN) FORMATION DE L'UTILISATEUR (client extérieur), qui doit être mis en mesure de profiter pleinement des possibilités offertes par le SIT.

Un modèle complet de SIT devra donc inclure ces diverses dimensions de conception, d'implémentation sur le système informatique, ainsi que de formation du personnel, et de formation de l'utilisateur.

3 — Perspectives

Ce premier congrès international de l'AFT a pour thème "La topographie du futur". La topographie est, par essence et par tradition, l'art de collecter des données. Il n'est donc pas surprenant de constater que l'essentiel des thèmes abordés dans le présent congrès sont relatifs à des méthodes et techniques modernes d'acquisition de données (6 exposés), ainsi qu'à leur gestion (2 exposés) et à l'établissement de documents (2 exposés), c'est-à-dire surtout à des problèmes de traitement de DONNÉES.

Mais l'arrivée même de ces nouvelles techniques impose aux gérants de données que sont les topographes de repenser leur profession, s'ils veulent survivre et prospérer. En effet, les possibilités techniques n'exercent plus guère d'influence limitative sur l'activité du topographe. Les techniques de lever proprement dites se sont considérablement simplifiées, et sont souvent à la portée de personnes moins qualifiées que par le passé. La profession peut et doit donc mettre à profit son expérience et sa connaissance de l'espace et du territoire pour offrir PLUS à ses clients. Par ailleurs, les techniques informatiques ont un effet secondaire qui peut être négatif, si on n'y prend pas garde : l'arpenteur du siècle dernier connaissait son "client", et savait dans les grandes lignes quel usage serait fait de sa carte. Implicitement, sans en avoir conscience, il collectait des données pour une utilisation précise connue, et adaptait sa méthode, ses contraintes de précision, ses normes de modélisation et de dessin au (x) but (s) visé (s). La démarche moderne est différente : les moyens de stockage des données, les exigences accrues, et les délais de plus en plus courts imposés pour la fourniture d'informations incitent à collecter des données A L'AVANCE pour des buts et des utilisations encore non précisées.

L'influence des fournisseurs de matériel et de logiciels informatiques tend encore à accentuer la tendance à s'attacher au seul traitement des données, à l'exclusion de tout le contexte informationnel.

Or les problèmes techniques de traitement de données trouvent toujours tôt ou tard leur solution ; on ne peut par contre pas en dire autant des composantes humaines et politiques des problèmes à la solution desquels le topographe doit collaborer.

Une autre dimension est à prendre en compte. La technique doit se mettre au service de l'utilisateur, et non pas l'inverse. En d'autres termes, l'introduction de nouveaux moyens techniques ne devrait pas être contraignante pour les utilisateurs. Il n'y a rien de plus insupportable de se heurter, à un guichet, à une réponse du genre : "Ce n'est pas possible, parce que cela n'est pas prévu par le programme !".

Dans le même sens, il convient d'étudier soigneusement les impacts possibles sur les formes d'organisation des entreprises concernées. La tendance aux gros systèmes informatiques centralisés tend à se renverser, et l'on trouve maintenant de petits systèmes informatiques très performants, à un prix abordable pour une petite municipalité ou un cabinet d'ingénieur moyen. On commence aussi à trouver des petits systèmes interactifs graphiques, ouvrant la porte à l'infographie distribuée.

Parallèlement, les possibilités des réseaux locaux ou nationaux vont croissantes, et l'on peut de ce fait tout à fait envisager dans un avenir rapproché la mise sur pied de systèmes d'information du territoire, basés sur une infrastructure informatique répartie, permettant de conserver les formes d'organisation actuelles, mais mettant à profil les techniques modernes.

Tous ces développements, toutes ces possibilités nouvelles vont dans les prochaines années influencer fortement les professions de la topographie, comme ils le font pour toutes les autres activités humaines. Il appartient aux professionnels eux-mêmes de dominer ces techniques, sous peine de se faire dominer par elles et par ceux qui les maîtriseront. Les praticiens d'aujourd'hui doivent définir le profil de leurs successeurs, et adapter en conséquence les filières de formation professionnelle, à tous les niveaux. Par le passé, le topographe était avant tout collecteur de données : il devait maîtriser les techniques de dessin, de reprographie et de calculs numériques divers. Il doit aujourd'hui devenir également un gérant de données, et à ce titre posséder de solides notions des techniques relatives à leur traitement ; il sera ainsi en mesure de dialoguer valablement avec les spécialistes informatiques, et de leur exposer ses problèmes en un langage compréhensible pour eux. A défaut, il se verra imposer des solutions techniques inadéquates, comme cela est trop souvent le cas actuellement.

Si on veut dominer les problèmes de la gestion de notre monde et de ses ressources, il faut maîtriser les informations relatives.

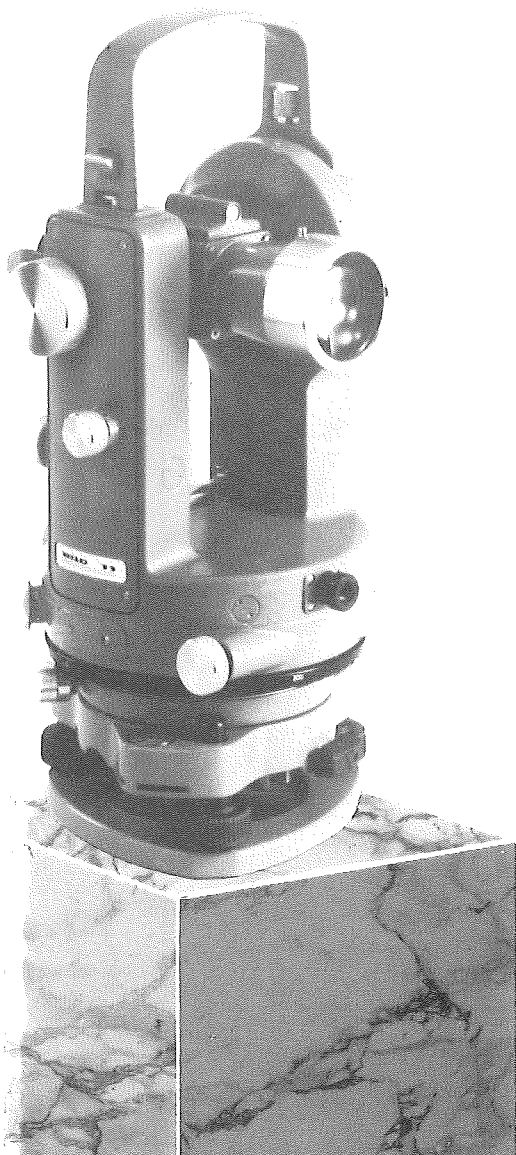
La maîtrise de l'outil informatique implique une connaissance approfondie de ses possibilités et de ses limites ; elle présuppose aussi une conscience aigüe des problèmes qu'il peut induire.

La révolution informatique ne se contente pas de nous obliger à revoir nos méthodes. Elle nous fait prendre conscience que nous devons rechercher une nouvelle forme de pensée, et à mieux nous situer dans notre environnement. Ainsi, paradoxalement, la technologie la plus avancée nous conduira à nous reposer les questions fondamentales de notre vie et de notre monde.

à, c'est tout vu :

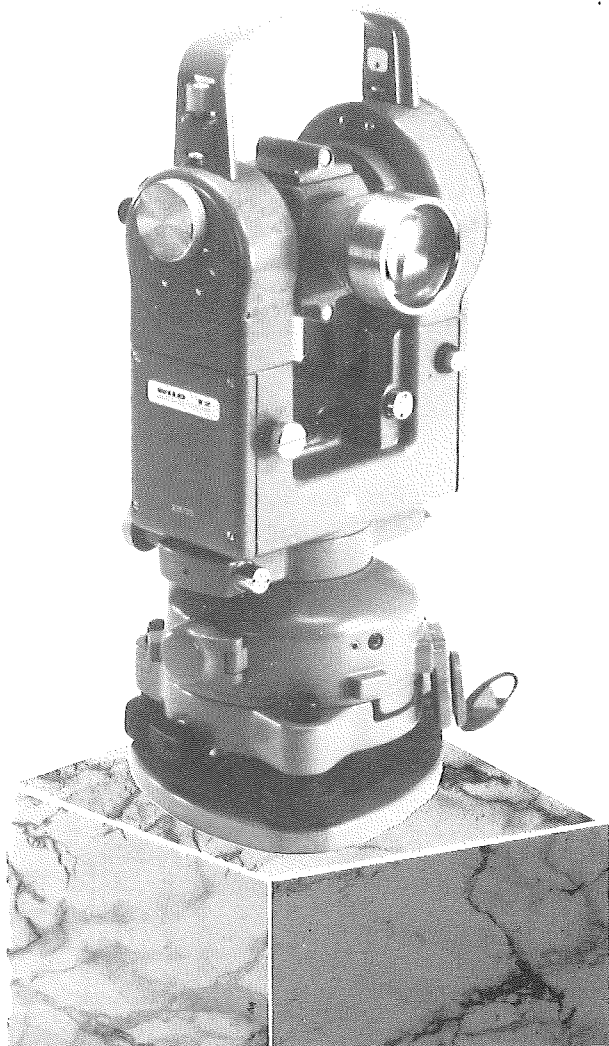
30 675 F

T1 de Wild :
théodolite à la légendaire robustesse.
Tous temps. Tous terrains.
plus répandu dans le monde.



49 714 F

T2 de Wild :
la référence en matière de théodolite.
Universel. Précis. Robuste. Economique.



WILD
HEERBRUGG
une optique pour la vie

WILD + LEITZ FRANCE 86, avenue du 18-Juin-1940 - BP 326
92506 Rueil-Malmaison - Tél. (1) 732.92.13 - Télex 203 334

A retourner à WILD + LEITZ FRANCE
86, avenue du 18-Juin-1940 - BP 326
92506 Rueil-Malmaison

Nom : _____
Fonction : _____
Société : _____
Adresse : _____

Je souhaite recevoir, sans engagement, une documentation sur :

☐ NA1 ☐ NA2 ☐ T1 ☐ T2

*Tous les prix sont donnés H.T.

WILD

Les méthodes et les matériels de terrain du topographe de demain

M. KASSER Michel, Ingénieur Géographe
I.G.N. - 2 avenue Pasteur
94160 Saint-Mande

Pour pouvoir tenter d'appréhender l'avenir des méthodes et des matériels de terrain, il paraît intéressant de regarder quelques observations tirées du passé. Nous nous intéresserons tout d'abord à l'altimétrie, puis à la planimétrie et à la gravimétrie à titre d'exemples.

Un peu d'histoire

Si la topométrie est un des plus vieux métiers du monde, voyons par exemple, le cas des outils utilisés pour le nivellement. Un appareil des plus anciens semble le niveau de maçon en forme de A (fig. 1).

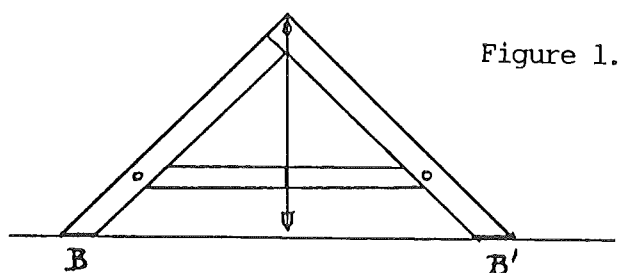


Figure 1.

Très simple de conception, son capteur de verticale est un pendule et il est encore employé couramment dans le monde. S'il est tenu à la main, la base BB' peut servir de ligne de visée. Le réglage est facile (retournement) mais la précision est très limitée (10 m/km comme ordre de grandeur). Un autre instrument, le chorobate décrit par Vitruve (reconstitué fig. 2), utilise l'eau dans une petite rigole comme critère

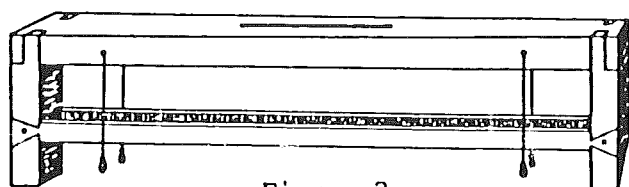


Figure 2.

d'horizontalité d'une espèce de table, initialement de dimensions réduites et dont le plan détermine la visée. C'est légèrement plus précis (1 m/km ?) mais on imagine aisément combien cet outil est peu pratique de mise en œuvre ! Eh bien, lorsque nos ancêtres ont essayé d'en améliorer la précision, spontanément, ils ont conçu des chorobates de plus en plus grands (plusieurs mètres). La précision s'améliorerait sans doute, mais assez peu, (quelques décimètres par km), et la manœuvrabilité était évidemment

épouvantable. Il semble pourtant que de tels instruments aient servi jusqu'au XVII^e siècle.

Là, apparaît un saut technologique majeur : l'abbé Picard, vers 1660, imagine de mettre un réticule dans

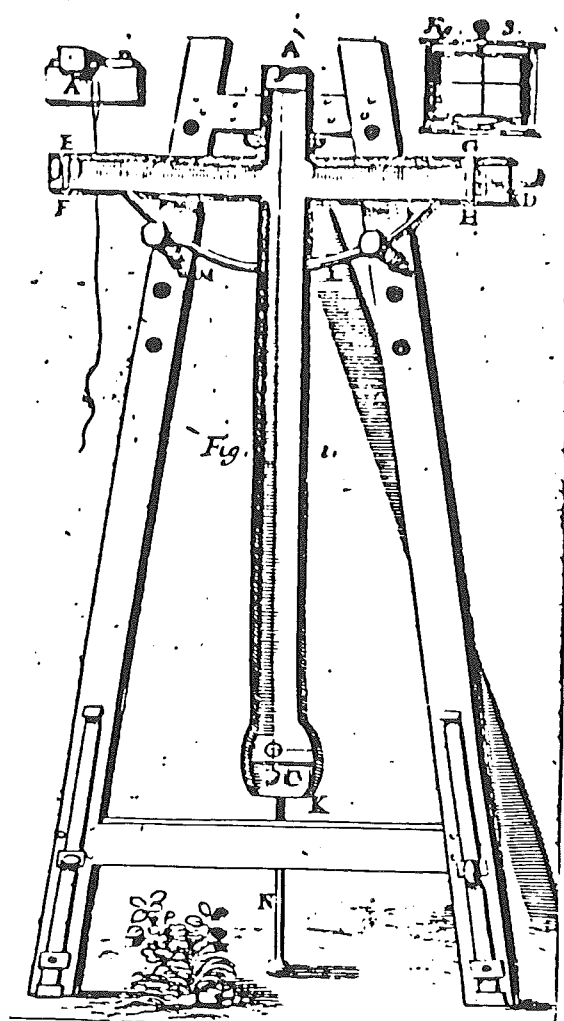


Figure 3.

une lunette de Galilée, permettant le pointé. Puis, il conçoit un niveau (fig. 3) radicalement nouveau par :

- l'usage d'un grand trépied bien stable,
- l'emploi d'un fil fin bien abrité comme indicateur de verticale,
- une mise en station autorisant un réglage fin,
- une technologie simple et fiable.

A la même époque, d'autres académiciens, Huyghens (fig. 4). Romer (fig. 5), La Hire (fig. 6), imaginent des niveaux bien plus sophistiqués. Ils sont automatiques, vraisemblablement moins précis, et sans doute très malcommodes d'emploi sur le terrain, quoique bien plus séduisants sur le papier.

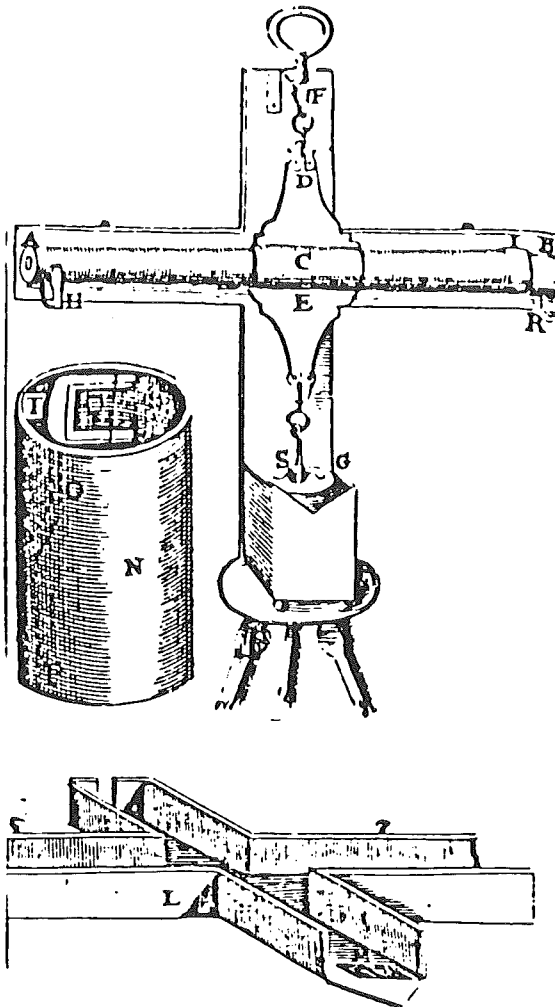


Figure 4.

Le terrain va départager nettement : lorsque Thouvenot aura conçu la nivelle à fiole torique en 1660, le niveau non automatique ainsi défini aura vu le jour et il survivra jusqu'à aujourd'hui. Et Picard signera les premiers nivellements de haute précision (1 cm/km) jamais effectués.

Qu'est-ce que nous en déduisons ?

- Le saut quantitatif exigeait de repenser l'ensemble du processus, mais en plus,
- Le nouvel appareil n'était pas inutilement sophistiqué et était suffisamment rustique pour passer à la postérité. C'est une histoire semblable que l'on observe dans les observations de triangulation géodésique. Du XVII^e au début du XX^e siècle, les angles se mesuraient avec des "cercles" d'autant plus imposants que l'on souhaitait obtenir de la précision. C'est encore à un réexamen complet de ce type de technologie que l'on doit la naissance du théodolite

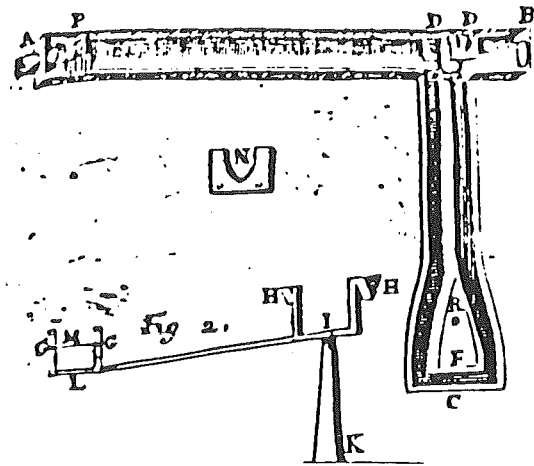


Figure 5.

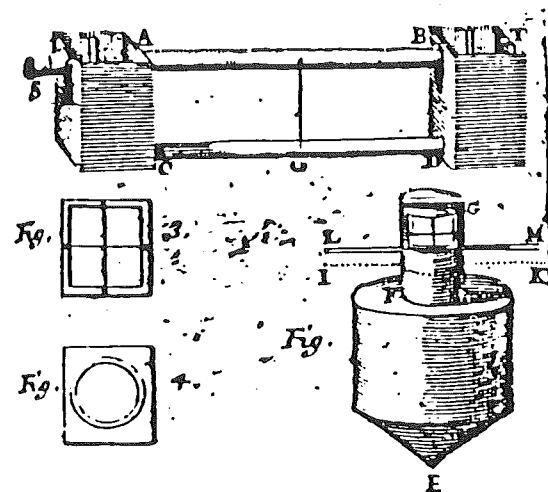


Figure 6.

moderne juste après la guerre. Et c'est la parfaite adéquation avec les impératifs de terrain qui a assuré son succès durable.

En gravimétrie, depuis les premières mesures avec un pendule réversible au XVII^e, on pourrait noter pareillement des sauts technologiques successifs, jusqu'au gravimètre absolu conçu par Mr. Sakuma au BIPM. Nous mesurons g avec une précision voisine du microgal. Mais quel est le sens physique de ce microgal ?

A ce stade de notre court panorama, une observation importante doit être faite : dans la quasi-totalité des secteurs de la topométrie, les précisions ultimes ne sont plus conditionnées par les instruments, mais par l'environnement de la mesure : traversée de l'atmosphère par exemple.

Il faut donc chercher des mesures physiquement nouvelles, et repenser l'ensemble du problème métrologique qui nous est posé à chaque fois que l'occasion se présente.

... Premier Congrès International de l'AFT

L'avenir des méthodes de terrain

• L'Altimétrie ne bénéficiera pas de sitôt des mesures par satellite qui fournissent systématiquement des observations géométriques, alors que le nivellement est une mesure liée essentiellement au champ de pesanteur terrestre. Or, le géoïde est extrêmement irrégulier à l'échelle du centimètre et en tout état de cause, il n'est pas près d'être connu avec cette précision ! Les méthodes terrestres vont donc rester irremplaçables encore quelque temps. Il est toutefois parfaitement concevable de les faire évoluer. Nous voyons ainsi, après le succès du Nivellement Motorisé conçu en Allemagne et mis au point par M. Becker en Suède pour les grands réseaux nationaux, une autre méthodologie exploitant des visées zénithales réciproques et simultanées entre deux théodolites avec mesure de la distance (Nivellement Indirect de Précision Motorisé ou Nipremo) que nous avons mis au point dès 1981. A brève échéance, de telles mesures pourraient remplacer progressivement le nivellement de précision classique.

• **En planimétrie**, par contre, la percée des méthodes spatiales amorcée dans les années 70 devrait se concrétiser par du matériel d'un prix accessible donnant des positionnements relatifs à quelques centimètres près jusqu'à quelques dizaines de kilomètres. Ceci à terme rendra caduques les méthodes d'observation de grands réseaux (triangulation, multilatération), mais ne supplantera pas les méthodes de tachéométrie locale moderne (télémètre électronique, théodolite numérique) qui resteront bien plus rapides.

Les méthodes inertielles ne laissent pas prévoir d'abaissement majeur des prix (actuellement très élevés) pour des centrales de position (Litton, Ferranti) a priori destinées à un marché militaire dont les objectifs sont bien différents des nôtres (spécifications, contraintes de prix...). Intrinsèquement, il n'y a pas d'impossibilités techniques, mais il faudrait une nette évolution technologique pour que les prix baissent suffisamment. Par contre, les méthodes gyroscopiques de précision (quelques décimilligrades sur la position du Nord), pourraient être un élément nouveau majeur pour le géomètre, en lui fournissant une orientation facile. Il faudra pour cela que les diverses études menées dans quelques laboratoires soient prises en compte par un constructeur sérieux.

Les télémètres électroniques progresseront lentement vers une meilleure précision par l'emploi de deux couleurs ; ce surcroît de qualité (1 mm/10 km) pourrait s'avérer primordial pour certaines nouvelles méthodes de levé et pour toutes les surveillances et auscultations (ouvrages d'art, versants instables).

• **La saisie des données**, tout en suivant de près les possibilités des micro-ordinateurs de terrain, devra s'adapter au parc de matériel topométrique dont la jouvence restera lente. Les entrées vocales seront bientôt utilisables avec une fiabilité suffisante pour que cela puisse se généraliser. Quelques remarques s'imposent :

— Les boîtiers de saisie spécialisés n'offrent pas un rapport qualité/prix comparable à celui de la micro-informatique grand public, vu la différence de taille des marchés ; et cela a des chances d'aller en empirant.

— Les problèmes de logiciels deviendront moins aigus : la place mémoire disponible permettra une programmation très peu optimisée sans inconvénients, et les langages deviendront de plus en plus "transparents" pour l'utilisateur, exigeant donc de lui moins de connaissances informatiques pures.

Donc, l'avenir devrait rester aux micro-ordinateurs très portables avec entrée vocale : le logiciel étant conçu par le géomètre en fonction de son application propre, sans difficultés, grâce à un langage très évolué.

Conclusion : La formation des topographes est à revoir de façon assez complète pour qu'ils puissent être familiers avec les technologies nouvelles sans s'en laisser trop conter par les spécialistes (informaticiens, électroniciens, statisticiens). Le topographe doit être polyvalent dans ces domaines et rester le spécialiste de l'adéquation des diverses technologies évoquées ici aux conditions de terrain. Il devra être en état de critiquer tout ce qui lui vient de l'étranger et pour cela, il doit s'ouvrir davantage aux langues étrangères (Anglais tout au moins) afin de lire les innombrables publications techniques existantes. Ce gros effort d'information est désormais primordial pour compenser le retard actuel de la profession.

Par ailleurs, le topographe de demain devrait être capable de faire évoluer l'instrumentation existante en fonction de ses besoins, alors qu'une situation différente prévaut actuellement : les constructeurs étudient le marché, de plus en plus délicat à cerner, et produisent des appareils que la profession mal informée est quasiment obligée d'accepter. Seuls des professionnels suffisamment polyvalents et techniquement très bien informés peuvent devenir des interlocuteurs écoutés des industriels. Le topographe de demain devra donc d'abord avoir une formation plus poussée, et il concevra alors aisément des méthodes optimisées régulièrement à la lumière des innovations technologiques publiées.

Kern DM 502

Télémètre électro-optique

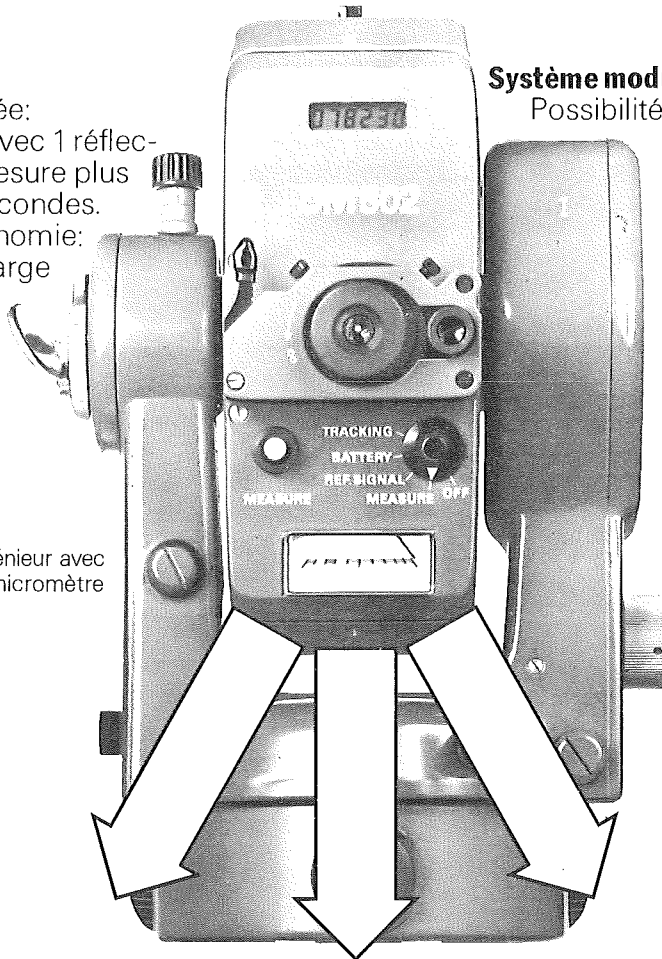
Nouveau:

Plus grande portée:
plus de 1200 m avec 1 réflec-
teur. Durée de mesure plus
courte: 8 ou 4 secondes.
Plus longue autonomie:
10 heures par charge
de batterie. Affi-
chage à cristaux
liquides (LCD).

Système modulaire d'appareils Kern:

Possibilités universelles de com-
binaison du DM 502
avec les théodolites
optiques et électroni-
ques Kern. Possibilité
d'extension avec enre-
gistreur électronique
pour la mémorisation
des données avec
compatibilité
d'ordinateur.

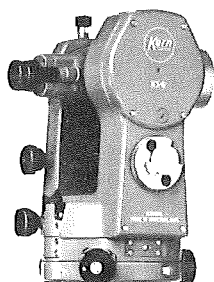
Kern DKM 2A
Théodolite d'ingénieur avec
lecture sur micromètre



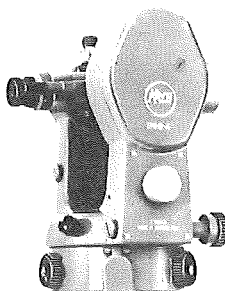
Système
modulaire
d'appareils Kern



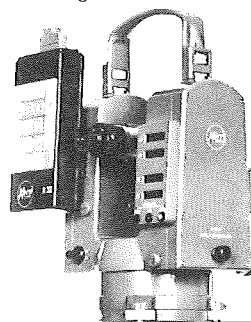
Kern K1-S. Théodolite d'ingénieur
avec lecture sur échelles



Kern DKM 2-A.
Théodolite à secondes



Kern E1. Théodolite électronique
avec enregistreur



thormann

35, rue Fondary, 75015 Paris
Téléphone 578 61 11, Télex 202 453

Coupon

Le nouveau DM 502 m'intéresse. Je désire le prospectus détaillé en cou-
leurs ☐, une offre ☐, une démonstration ☐.

Nom _____

Profession _____

Adresse _____

Téléphone _____

GAZETTE DE L' AFT

Calendrier 1985-86

Retenez ces dates....inscrivez-vous....participez....

NATIONAL

BREST-AFT

31 mai et 1^{er} juin 85 - Colloque sur "La Bathymétrie".

Assemblée Générale Extraordinaire de l'AFT.
Modification des Statuts (Tous les détails diffusés par le FIL).

SAINT-MANDE - CFC et IGN

2 au 4 septembre 85 - Colloque : "Cartographie et Enseignement".

AIX-EN-PROVENCE - AFT

21-23 novembre 85 - Colloque sur le thème : "Quelle topographie pour les Plans d'Occupation des Sols ?"

Pour le moment des renseignements peuvent vous être donnés par :

M. Pierre Second, Parc Verdillon - A2
75 Boulevard Icard, 13010 Marseille.

INTERNATIONAL

GRAZ - AUTRICHE

22-25 mai 85 - 2^e journée Autrichienne de Géodésie - "L'arpentage et le droit".

Inscription chez : Dipl. Ing. Hans Schuh,
Körblergasse 25, AT - 8010 Graz.

KATOWICE - POLOGNE

9-16 juin 85 - Comité Permanent FIG.
Détails auprès de la "Maison du Géomètre",
40, avenue Hoche, 75008 Paris.

DÜSSELDORF - RFA

18-21 septembre 85 - Congrès de l'Association Allemande d'Arpentage.

Inscription : "Geodätika 85",
Vermessung- und Katasteramt,
Postfach 1120, DE - 4000 Düsseldorf 1, RFA.

— D'autres manifestations, plus spécialisées, vous sont communiquées par le FIL depuis son n° 9 de janvier 85.

TORONTO - ONTARIO - CANADA

Du 1^{er} au 11 juin 1986 - Congrès de la Fédération Internationale des Géomètres (FIG). Thème : "Terre et Espace - Horizons illimités pour les Géomètres (Topographes)".

On peut d'ores et déjà s'adresser à :

"FIG CONGRESS '86", PO BOX 186 - Station Q,
CA - TORONTO - Ont. M4T 1M2, (Canada)

PRIX DU CONGRÈS DE LA FIG...

Un concours sur le thème du Congrès de Toronto est ouvert aux jeunes professionnels de moins de 35 ans.

Le mémoire devra comporter de 2 à 5 000 mots sur un sujet original aux développements inédits, dans une des langues officielles de la FIG (Français-Allemand-Anglais) et être remis avant le 31.12.85, sous le couvert de l'Ordre des Géomètres-Experts Français.

Le Prix du Congrès comprend :

- une invitation personnelle du Président de la FIG au Congrès 1986,
- un prix en espèces de 2 000 francs suisses, remis au lauréat au cours du congrès,
- le billet avion, aller et retour, permettant au lauréat de participer au congrès.

... nouvelles... nouvelles... nouvelles...

Roland Lesprit et Alfred Schlumberger nous ont quittés

Nous avons appris avec peine la disparition de deux grandes figures de la topographie. Alfred Schlumberger, ancien président de la Société Française de Stéréotopographie est décédé à 86 ans le 13 février 1985. Roland Lesprit, colonel d'artillerie, ancien directeur-gérant de la Société Wild-Paris est décédé à 92 ans le 11 mars 1985.

Nous pouvons associer dans un même hommage ces deux personnalités, qui avaient en commun les

mêmes qualités : la passion de leur métier, et la rigueur morale qui n'excluait pas la bienveillance. Tous deux ont beaucoup apporté à notre profession, Roland Lesprit dans le domaine de l'optique instrumentale, Alfred Schlumberger dans celui de la photogrammétrie. Tous deux ont laissé à leurs collaborateurs une marque, qui, vingt ans après leur départ, n'est pas effacée.

J.P.

Régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse

Les Régions Provence, Alpes, Côte d'Azur et Corse de l'AFT se sont réunies le 22 novembre 1984, à Venelles, à l'occasion d'une visite technique dont le thème était "La Topographie dans une Commune rurale" : 33 participants dont le Président National, Monsieur Vincent.

Cette réunion a permis de mieux définir les besoins d'une Commune moyenne en matière de topographie, besoins qui s'expriment surtout en urbanisme (Plans d'Occupation des Sols) et en travaux publics (routes, assainissement, adduction d'eau, équipements culturels et sportifs...). Le Vice-Président Daugé, Maire de Venelles a tout d'abord présenté à l'assistance les différents documents topographiques utilisés pour l'établissement du POS de sa Commune et pour sa mise à jour. La discussion fort animée qui a suivi a montré l'intérêt que chacun attachait à ce sujet, tout en soulignant l'insuffisance des documents topographiques habituellement utilisés en France pour la gestion d'une Cité.

Ce débat fut aussi l'occasion de faire surgir quelques idées sur le futur colloque que la Région doit



organiser en Provence sur "La Topographie dans les POS".

Puis le groupe a visité différentes réalisations communales : bibliothèque, station de filtration, nouveaux lotissements, zones industrielle et agricole, salle polyvalente, parc municipal...

Enfin, un repas réunissait tous les participants et là encore, les discussions se sont poursuivies fort tard, mais, c'est une autre histoire...

Un oubli dans notre numéro 21

André BAILLY, président de la région AFT Ile-de-France faisait bien entendu parti du Comité d'Organisation du Premier Congrès International de l'AFT. On l'aura d'ailleurs reconnu sur la photographie de groupe prise au Cercle de la Mer.

... emploi... emploi... emploi... emploi...

Rubrique gratuite réservée aux membres de l'AFT

DEMANDE DE STAGE

• Élève-ingénieur, 1^{re} année ESTP, section topographie, cherche stage vacances durée 1 mois pour la période 1^{er} juin au 30 septembre.

Écrire à : M. Jean-Marc Normand
58, rue Carnot
70200 Lure
Tél. : (84) 30.19.85

DEMANDES D'EMPLOI

Technicien Géomètre Topographe

Cherche emploi chef de Brigade ou Opérateur Région Parisienne. Écrire à l'AFT DE 34

• **Technicien Géomètre Topographe** 26 ans, célibataire, cherche situation France ou étranger.

Francis GADEMER, 9, rue des Forges
68580 Bisel - Tél. : (89) 07.60.40

Samedi 27 avril 1985 : JOURNÉE ANNUELLE ESGT

au Parc Naturel Régional de la Montagne de Reims

9 h 30 : Accueil à la maison du Parc à Pourcy

10 h 00 : Exposés et Débats par M. Nicolas,
Directeur du Parc

M. Malaquin, Professeur à l'ESGT —
Expert Immobilier

M. Binner, ESGT 1949 — Géomètre
Expert à AY

Thème : Le parc naturel : buts — problèmes —
AFU — études d'impact de remembrement — esti-
mations viticoles et rurales.

13 h 00 : Apéritif offert par l'Union à la Maison
du vigneron

13 h 30 : Déjeuner sur place

16 h 00 : Débat sur la vie des Ingénieurs ESGT

18 h 00 : Visite des caves Collery à AY — Dégus-
tation gratuite

20 h 00 : Banquet Champenois aux Celliers
Collery

* 15 h-18 h : visite guidée de Reims possible pour
les épouses.

**JIIA, journées internationales de l'Informa-
tique et de l'Automatisme**, auront lieu les 18, 19,
20 et 21 juin 1985, dans le cadre de l'hôtel Méridien à Paris. Plus de 100 conférenciers utilisateurs
confronteront leurs expériences au cours de 24
sessions.

- Vous pourrez comparer, sur un même exem-
ple, huit systèmes de connexion micro-
ordinateur-ordinateur central avec extraction,
interrogation et mise à jour de données cen-
trales ou locales.
- Vous pourrez comparer, sur un même exem-
ple, six moteurs d'inférence de systèmes-
experts.

**Burotica 85, journées de la bureautique et de
la télématique**, aura lieu les 12, 13 et 14 juin 1985,
à l'hôtel Méridien. Plus de 70 conférenciers utilis-
ateurs confronteront leurs expériences au cours de
18 sessions.

- Vous pourrez comparer, sur un même exem-
ple, six systèmes de bureautique intégrée.
- Vous pourrez comparer, sur un même exem-
ple, six postes de travail bureautique pour les
cadres : micro-ordinateurs avec logiciels inté-
grés et intégrateurs.

ABONNEMENT 1985 A 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"

39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Abonnement 1 AN (4 numéros) : 350 F.

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

Les abonnements sont en principe souscrits par
année civile.

Achat d'un seul numéro - même adresse que ci-
dessus (sous réserve de disponibilité) : 95 F.

Tél. : (1) 354.19.21 pte 310 mardi et vendredi de
10 h à 12 h.

En cas de changement d'adresse, nous invitons
nos abonnés à bien vouloir communiquer à
l'adresse ci-dessus la dernière bande accom-
pagnée de la somme de 4,00 F en timbres-
poste.

LIVRES et REVUES

Les Atlas Français XVI^e - XVII^e siècles

par Mireille PASTOUREAU

avec la collaboration de Frank Lestringant pour l'Insulaire d'A. Thevet

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE

Département des Cartes et plans

Répertoire bibliographique et étude

21 × 30 cm, 700 pages, relié

141 illustrations sur 128 planches

EN VENTE au Service de Vente des Catalogues de la Bibliothèque nationale.

Par correspondance : 58, rue Richelieu

75084 Paris Cedex 02

Sur place : 71, rue Richelieu, 75084 Paris Cedex 02 (9 h 30-12 h 30 ; 14 h-16 h. Sauf le samedi). Tél. (1) 297.57.45.

Ce répertoire recense et décrit minutieusement les atlas — et les ouvrages riches en planches topographiques — imprimés en France (dans ses limites actuelles) entre 1488 et 1715 environ. On y trouve :

- * La description carte par carte du contenu des atlas, de leurs éditions successives et, éventuellement, de leurs contrefaçons.

- * Leur localisation actuelle dans les principaux dépôts publics (une dizaine de bibliothèques parisiennes, 60 bibliothèques municipales françaises, les grands établissements étrangers).

- * Des textes de présentation faisant référence à de nombreux documents d'archives inédits. Sont éclaircies aussi bien la vie et la carrière des auteurs, que l'histoire de leurs relations avec leurs éditeurs, leurs sources et leurs influences.

- * 141 illustrations, une bibliographie, des index et des tables.

Cet ouvrage, outre son utilité pratique directe (identifications, vérifications, localisations), offre une vision globale de tous les aspects de la cartographie française gravée pendant deux siècles. Vues, profils et fortifications des villes, cartes militaires, savantes, scolaires, populaires, marines, célestes : tous les genres sont représentés et, grâce à ce répertoire, enfin aisément accessibles aux chercheurs et aux amateurs de cartes anciennes.

— Bibliographie van in Nederland Verschenen Kaarten

1 volume broché 16 x 34 cm, 350 pages.

— La carte topographique

Principes d'élaboration et modes d'utilisation, par Jean Steinberg.

Un volume (15 x 21,5), 200 pages, 100 fig. + hors texte, 92 F. Société d'édition d'enseignement supérieur, 88, boulevard Saint-Germain, 75005 Paris.

Malgré le développement des techniques liées à la télédétection (photographies aériennes, images de satellites) et la diversification considérable de la cartographie thématique, la carte topographique à grande et moyenne échelle conserve un rôle irremplaçable de document de base et de référence, en particulier dans le domaine de la recherche géographique comme dans celui de l'aménagement du territoire et de l'urbanisme.

Ses deux qualités essentielles de précision et de clarté de la représentation lui confèrent une utilisation préférentielle dans les domaines suivants : analyse et synthèse rapides et préliminaires d'un milieu donné, fond de carte pour les représentations à caractère thématique, métrologie pour la constitution d'une banque de données par exemple. Les

perfectionnements techniques qui lui sont sans cesse apportés à tous les niveaux (photogrammétrie, restitution, expression graphique, reproduction) contribuent à maintenir, voire à accroître sa réputation.

Ces utilisations fondamentales font ressortir les limites de la carte topographique : contraintes de l'échelle, donc généralisation du terrain, mais également conception de la légende et son évolution dans le temps.

L'objet de cet ouvrage consiste à étudier les différentes possibilités d'utilisation de la carte topographique. La considération des limites et insuffisances de cette carte conduit à proposer quelques améliorations.

L'ouvrage s'adresse en priorité aux étudiants et jeunes chercheurs en géographie et urbanisme ; il est conçu comme un manuel, résultant de dix ans d'expérience dans l'enseignement de son auteur. Mais son caractère général et sa facilité de lecture s'ouvriront à un large public.

Jean Steinberg est un géographe spécialisé dans la cartographie et l'aménagement urbain. Il enseigne à l'Institut d'Urbanisme de l'Université Paris-Val-de-Marne (Paris XII Créteil).

L'ingénieur constructeur

n° février-mars 1985 n° spécial PARIS

Toute création humaine quelle qu'elle soit est finalement le reflet du dialogue qu'a établi son auteur avec l'environnement qu'il perçoit.

Bien que biologiquement toute perception soit rigoureusement unique pour chacun, la mémoire et la communication font apparaître au sein d'un groupe, des convergences d'appréciation qui ouvrent la voie à des actions collectives et à la délégation par l'individu de son pouvoir personnel de décision à un tiers.

Ces "convergences" s'affirmeront en associant à chacune de leurs idées-forces, une perception déterminée, d'où l'origine des symboles qui permettront de les identifier.

Et Paris tout au long de son histoire verra inscrire dans la pierre de ses monuments et dans leurs implantations relatives, les symboles par lesquels les responsables des "convergences" dominantes

ont souhaité ou souhaitent encore maintenant pérenniser un certain dialogue instauré avec les parisiens mais marqué du rayonnement national et universel de la cité.

"L'Ingénieur-Constructeur" ne pouvait pas rester insensible au programme actuel de Grands Projets qui laissera sur Paris l'empreinte de la fin du XX^e siècle et auxquels beaucoup d'entre nous participent ou vont participer. Il est l'un des plus importants jamais entrepris pour rendre notre héritage culturel plus accessible, et pour favoriser aussi bien la compréhension d'une évolution accélérée des techniques, des technologies et de la communication, qu'une adhésion ou mieux encore une contribution des générations futures, à cette évolution.

* 6 rue Vital, 75116 PARIS.

- Éditorial, par J. Chirac
- Introduction, par Y. Dauge
- Paris, un résumé d'histoire, par Mme Beaujeu-Garnier
- Fluctuat nec mergitur, par J. Lecante
- Centre de Civilisation
 - Le Grand Louvre, introduction par E. Biasini
 - Le Louvre, son histoire, par M. Vernholes assisté de E. Houte-Drouet
 - Le Grand Louvre, les études de programmation (mêmes auteurs)
 - Le musée d'Orsay
 - Les Archives Nationales
 - La Bibliothèque Nationale, par Mlle Pelletier
 - Le muséum national d'histoire naturelle, par J. Dorst
- Paris, ville internationale
 - Paris, capitale mondiale des salons et congrès, par P. Clément
 - 1889, la Tour Eiffel
 - 1990, le Carrefour international de la communication, par F. Gillot
 - Tête-Défense, par G. Vauzeilles
 - L'institut du monde Arabe, par Y. Bavay
- Paris, ville capitale : son poids
 - La montagne Ste-Geneviève, par J. de Ladonchamps
 - La Cité des Sciences et de l'Industrie
 - La Cité de la Musique
 - Un Opéra pour quoi faire ?, par G. Bleas
 - Le nouveau Ministère des Finances
- Paris la ville : Mémoire de la Ville
 - Les plans de Paris
 - Problèmes actuels
 - Parc de la Villette
 - Les grandes métropoles en question "Métropolis 84", par A. Bailly

Revue Travaux

numéro de février 1985 sur la Carte

Bien connu dans tous les milieux des Travaux publics, la revue mensuelle TRAVAUX a pensé en association avec le Comité Français de cartographie que ses lecteurs aimeraient savoir comment on élabore les cartes de toutes sortes, utilisées dans l'étude sérieuse de tout projet d'aménagement. Le n° 596 de février 1985 a donc été entièrement consacré à ce sujet.

TRAVAUX
6, Av. Pierre-1^{er} de Serbie, F-75116 Paris
Tél. : (1) 723.61.54.

En voici le sommaire

Préface A. Bailly
La cartographie française à l'heure du satellite
..... J.A. Winghart
La cartographie thématique, outil de travail et de décision en urbanisme
..... Ph. Quodverte

Utilisation de la cartographie dans les travaux publics

..... D. Gandille

Cartographie et micro-ordinateurs

..... S. Bonin, M. Bonin

Essai d'utilisation de la télédétection spatiale

..... M. Lenco

La cartographie au service du TGV

..... J. Fleury

Les images des satellites spot

..... A. Ballut, P.-T. Nguyen,

..... J. Chorowicz, L. Loubesac

Reconnaissances hydrographiques en Nouvelle-Calédonie

..... J. Laporte

Archéologie et travaux publics

..... R. Chevallier

Michelin et la route

..... A. Arnaud

Visite aux éditions cartographiques Recta Foldex

..... J. Hureau

Automation des instruments de mesure pour la métrologie du LEP

par W. COOSEMANS
CERN

I — Introduction

En 1981, le Conseil du CERN (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire) a approuvé la construction d'un collisionneur électrons-positons, le LEP. Cette machine est l'instrument indispensable pour pousser plus avant les connaissances fondamentales de la structure de la matière et des forces qui gouvernent l'univers. Le choix du CERN s'est fait en tenant compte des recommandations de l'ECFA (Comité Européen pour les Futurs Accélérateurs) qui regroupe les physiciens de la Communauté Européenne.

Une étude géologique poussée, associée à une étude d'impact sur l'environnement, ont permis de positionner cette machine de 27 km de circonférence dans le sous-sol proche des installations CERN existantes, de part et d'autre de la frontière franco-suisse, 7/8 dans le pays de Gex et 1/8 dans le Canton de Genève. L'accélérateur est logé dans un tunnel d'une section de 3,8 m de diamètre et foré à une profondeur allant de 50 à 170 m. Quatre halls d'expériences seront creusés en sous-sol à proximité immédiate de zones où les particules entrent en collision.

L'accès au tunnel depuis la surface se fera par l'intermédiaire de puits creusés dans huit zones réparties autour de l'accélérateur.

Une des tâches confiées au Groupe de Géodésie Appliquée par le Directeur du projet est l'implantation et l'alignement en position théorique des éléments fonctionnels de la machine, soit 3400 électro-aimants de courbure et 1200 électro-aimants de focalisation plus quelques centaines d'éléments de contrôles.

II — Métrologie souterraine - Géodésie de surface

La chaîne métrologique de base (figure 1) s'appuiera sur 1424 points qui sont les alésages de références qui équipent les aimants de focalisation quadrupolai-

res (deux alésages par aimant). Elle sera déterminée par des mesures de distance, des mesures d'écart à l'alignement et des mesures de dénivelée géométrique.

La chaîne sera fixée sur des points de référence provenant du réseau géodésique de surface (figure 2) et matérialisés au fond des puits d'accès. La position d'un quadrupôle doit être assurée avec une précision de 0,1 mm par rapport aux deux qui l'encadrent. La position absolue doit être la plus précise possible. Deux quadrupôles sont distants de 39,5 m. La précision absolue de l'alignement des éléments de la machine est directement tributaire de la qualité du réseau de géodésie de surface. Celui-ci a été déterminé par trilatération et les mesures ont été faites au moyen d'un distancemètre à deux couleurs, le Terramètre LDM2 (Terratechnology Corp., USA). Le réseau a été traité en variation de coordonnées par un programme de compensation tridimensionnelle. L'écart-type sur les distances est de 1,3 mm. Les axes des ellipses de dispersion autour des coordonnées compensées sont inférieurs à 1,5 mm. Une campagne de nivellement de précision, effectuée au NI2 de ZEISS, a permis de déterminer l'altitude de tous les piliers avec un écart-type de 3 mm. L'erreur moyenne quadratique sur le rattachement des points de fond de puits au réseau est estimée à 1,3 mm. Cette valeur, combinée aux 1,5 mm du réseau donne un écart-type de 2 mm sur les repères en fond de puits. L'enveloppe des erreurs moyennes quadratiques sur la position absolue de la chaîne métrologique pour un octant (3332,4 m) a été calculée ; elle reste inférieure à 6 mm (figure 3).

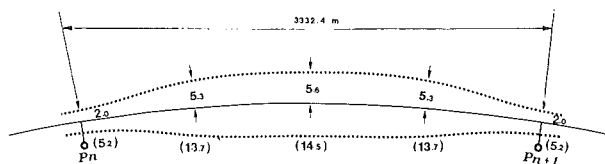


Figure 3 : Enveloppe des écarts-types

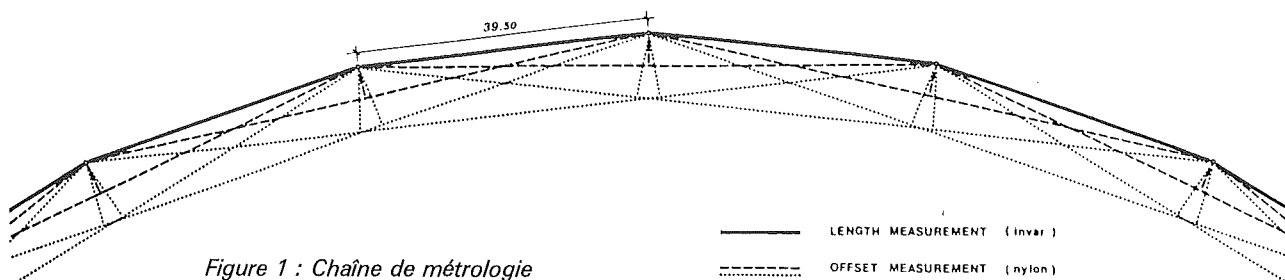


Figure 1 : Chaîne de métrologie

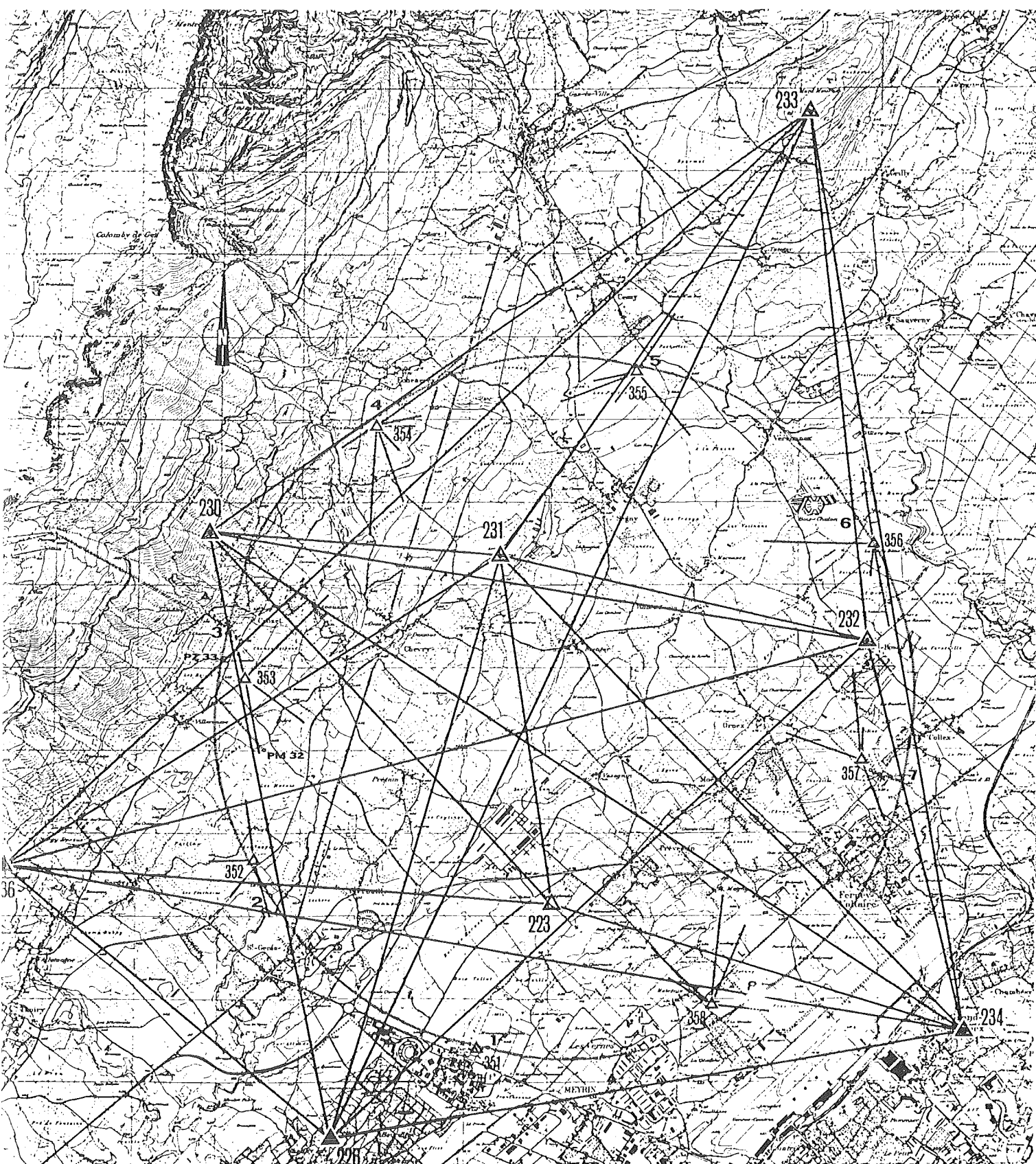


Figure 2 : Réseau géodésique

III— Séquences des travaux de géodésie et de métrologie pour l'alignement du LEP

- Mesure du réseau géodésique de surface ;
- Descente des verticales et mesure des points de fond de puits ;
- Mesure planimétrique avec rattachement aux points de fond de puits des piliers ayant servi aux travaux de génie civil (distance entre deux piliers : 39,5 m) ;
- A partir de ces piliers, traçage au sol de deux repères par quadrupôles pour l'implantation de ceux-ci ;
- Cheminement altimétrique sur ces repères et rattachement aux points de fond de puits ;
- Installation des quadrupôles : réglage précis des inclinaisons longitudinales et transversales, réglage provisoire par rapport aux repères au sol de l'altitude et de la planimétrie ;
- Mesure altimétrique et planimétrique des alésages de référence des quadrupôles et des repères de fond de puits ;
- Réglage précis de l'altimétrie et de la planimétrie des quadrupôles ;
- Mesure altimétrique et planimétrique des quadrupôles pour un lissage ;
- Déplacement d'un certain nombre de quadrupôles pour réaliser ce lissage ;
- Alignement de tous les autres éléments à partir des alésages des quadrupôles.

IV— Orientation du développement instrumental

La méthode qui sera utilisée pour l'alignement du LEP est un compromis entre les différentes techniques utilisées dans le passé pour la métrologie des machines déjà en service. Les points essentiels sont :

- la chaîne métrologique s'appuie sur les éléments à mettre en place,
- un élément est mis en place par rapport aux deux qui l'encadrent,
- la courbe est lissée après la mise en place de tous les éléments.

Les principes des mesures et des instruments seront identiques à ceux mis en œuvre dans le passé. Les choses fondamentalement nouvelles sont la dimension du LEP et le nombre impressionnant d'éléments fonctionnels à installer. Seules l'automatisation et l'informatisation des instruments de mesure et des méthodes permettront d'envisager avec optimisme la réalisation d'un tel ouvrage.

V— Principe de l'automatisation

Tous ces instruments doivent être d'une utilisation souple, adaptables aux besoins spécifiques de l'utilisateur et facilement interfaçables. Ces contraintes seront satisfaites en incorporant dans chaque instru-

ment un même micro-ordinateur, chargé à la fois d'en assurer le contrôle et de dialoguer avec l'utilisateur.

Cette approche présente de multiples avantages, et en particulier :

- minimisation du travail de développement, puisque la partie requérant l'effort le plus important est la carte microprocesseur qui, étant standardisée, est d'autant plus facilement amortie que le nombre d'instruments différents est grand.
- simplification de la maintenance, la partie spécifique à chaque instrument étant réduite.
- simplification de l'utilisation, car tous les instruments comportent le même système logiciel.

L'instrument est relié au monde extérieur par un connecteur unique. Dans celui-ci se trouvent deux lignes nécessaires à son alimentation électrique ainsi qu'une liaison au standard de communication RS 232 (norme de communication série asynchrone).

Chaque instrument est facilement programmable en BASIC par l'utilisateur qui peut le configurer selon ses besoins.

VI— Le micro-ordinateur

VI.1 Matériel

Ce micro-ordinateur (figures 4,5), construit autour du microprocesseur NSC 800, est constitué d'un unique circuit imprimé à quatre couches, réalisé selon la technique "souple-rigide", mesurant 177 mm de longueur, 55 mm de largeur et 10 mm d'épaisseur, composants compris.

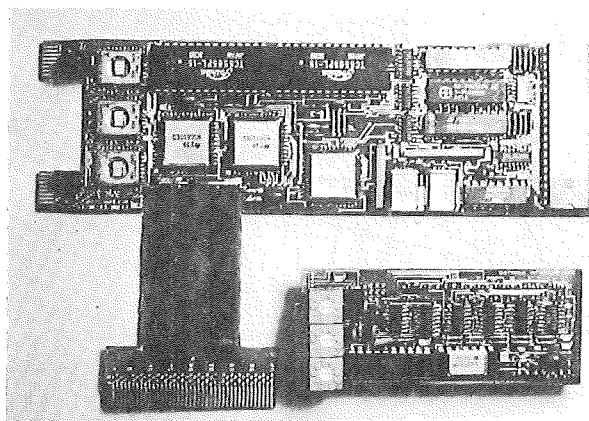


Figure 4 : Micro-ordinateur et interface du distivar

Les composants sont essentiellement des circuits intégrés utilisant la technologie CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), qui ne consomment qu'une très faible puissance électrique. De ce circuit imprimé rigide sort une bande de circuit imprimé souple (longueur 50 mm, largeur 30 mm), au bout de laquelle se trouve la partie mâle du connecteur du micro-ordinateur. C'est grâce à ce connecteur que se font toutes les liaisons entre le micro-ordinateur et le reste de l'appareil. En bout du circuit imprimé rigide un autre connecteur sert à la program-

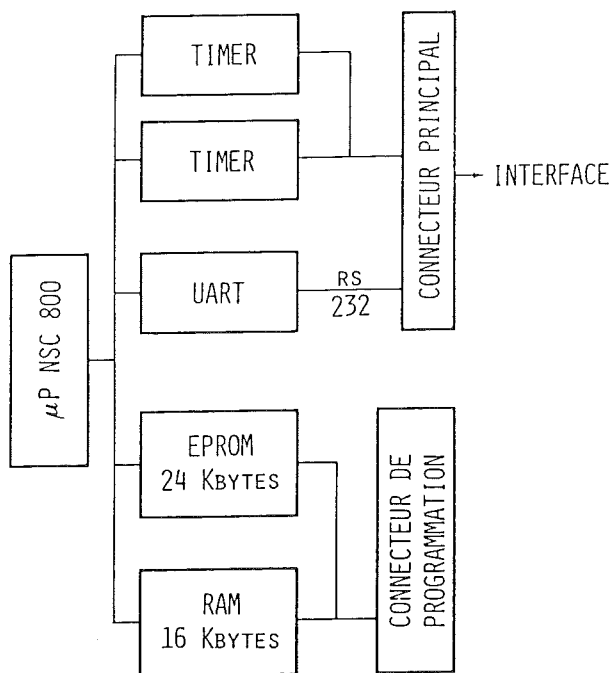


Figure 5 : Structure du micro-ordinateur

matation des mémoires mortes EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory).

VI.2— Logiciel

Une zone de mémoire morte EPROM de huit mille octets contient le moniteur et des programmes écrits en langage ASSEMBLEUR, que l'on peut appeler simplement depuis tout programme écrit en BASIC. Ces programmes permettent d'actionner les organes électromécaniques ou électro-optiques de l'instrument.

L'utilisateur dispose d'une zone de huit mille octets pour loger en mémoire morte (EPROM) un ou plusieurs programmes, écrits en langage BASIC. Ces programmes peuvent ensuite être appelés simplement pour être chargés en mémoire vive RAM (Random Acces Memory), puis exécutés. Le premier de ces programmes est automatiquement chargé, puis exécuté, à la mise sous tension du micro-ordinateur. La zone RAM contient seize mille octets.

Enfin l'interpréteur BASIC est logé dans une zone de mémoire morte (EPROM) de huit mille octets.

VII— Les interfaces

Le micro-ordinateur est associé à un circuit d'interface (figures 4,6) disposé sur un ou plusieurs circuits imprimés miniatures qui remplissent les fonctions suivantes :

- alimenter électriquement les différents composants (micro-ordinateur, capteurs, moteurs, etc.),
- gérer les lignes de communications RS 232,
- actionner, sur l'ordre du micro-ordinateur, les systèmes électromécaniques,
- envoyer au micro-ordinateur les informations des encodeurs ou des capteurs électro-optiques.

— gérer une mémoire EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory). Cette mémoire peut contenir seize données numériques propres à chaque instrument (N° de l'instrument, constantes, etc.). Ces données peuvent être lues et modifiées (depuis le BASIC).

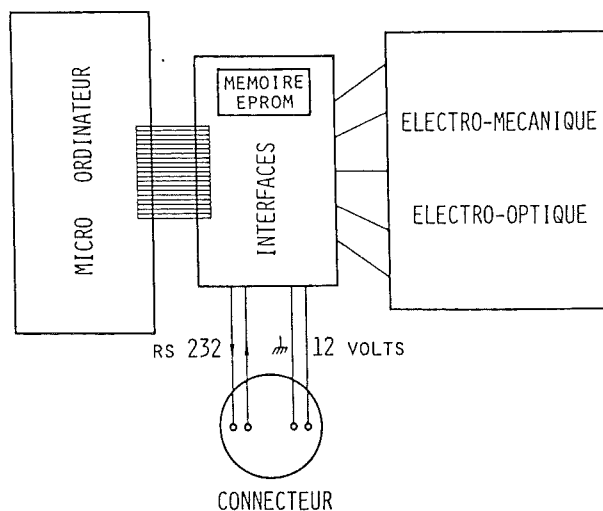


Figure 6 : Structure d'un instrument

VIII— Les instruments de mesure

VIII.1— Le Distinvar

La transformation de cet instrument selon les principes évoqués plus haut est terminée et sa construction en série a commencé (figure 7).



Figure 7 : Distinvar

VIII.1.1— Rappel du principe du Distinvar

Le Distinvar est composé de trois éléments, le fil d'invar géodésique avec ses embouts de fixation (figure 8), le "point fixe" et l'appareil de mesure d'appoints. Les deux derniers éléments comportent une pièce mâle permettant un centrage mécanique rigoureux dans des alésages de précision de 30 mm de diamètre. Ces alésages doivent être verticaux et constituent les extrémités de la longueur à mesurer.

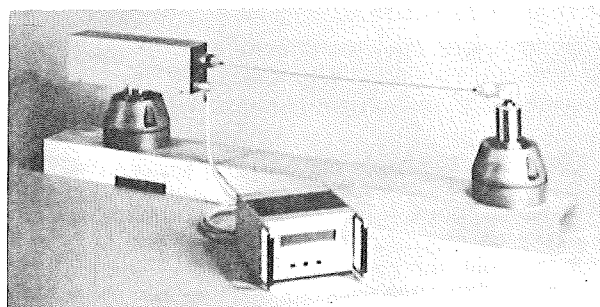


Figure 8 : Distinvar, point fixe, contrôleur

En fait, l'appareil de mesure d'appoints est une balance de précision montée sur un chariot mobile (figure 9). Cet appareil, et le "point fixe", sont placés dans les alésages de référence. Le fil d'invar est accroché, d'un côté au "point fixe" et de l'autre à l'embout de la balance ; un mouvement du chariot mobile a donc pour effet de tendre ou de détendre le fil d'invar. On déplace le chariot pour rechercher le point d'équilibre de la balance. Ce point d'équilibre est défini par un système qui détecte la position du fléau, et par là-même, la tension du fil d'invar. En fonction de l'information fournie par le système de détection, le chariot peut se déplacer automatiquement en avant ou en arrière au moyen d'un moteur réversible et d'une vis micrométrique. Un compteur solidaire de cette vis indique la position longitudinale du chariot.

La course totale du chariot est d'environ 50 mm. Selon les fils d'invar utilisés, le distinvar peut mesurer des longueurs pouvant aller jusqu'à 50 m.

Le fil utilisé couramment (en Europe) est le "fil d'invar géodésique", d'un diamètre de 1,65 mm et d'une masse de 17,32 g/m.

L'ensemble appareil de mesure d'appoints, point fixe et fil est un étalon secondaire ; il doit, pour définir les longueurs absolues, être comparé à un étalon primaire.

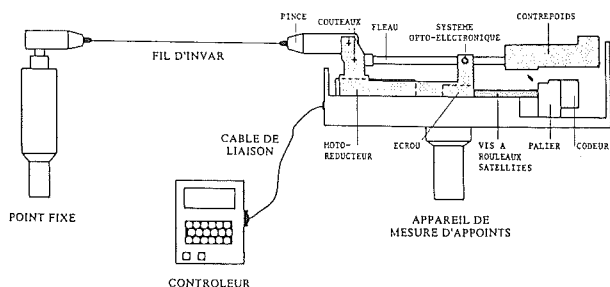


Figure 9 : Schéma de principe du Distinvar

VIII.1.2— Programmes contenus dans le micro-ordinateur du distinvar

En version standard, on trouvera en mémoire morte quatre programmes BASIC qui rempliront les fonctions suivantes :

- faire une mesure (programme donné en exemple),
- analyser statistiquement les mesures qui sont faites,
- contrôler et tester le bon fonctionnement de l'appareil,
- lire et modifier les données dans la mémoire EEPROM de l'interface.

On trouvera également écrit en Assembleur et directement accessible depuis le BASIC les fonctions spécifiques à l'instrument (Annexe 1).

VIII.1.3— Exemple de programme de mesure

Nous donnons ici un exemple complet de programme de mesure, (annexe 2) écrit par un utilisateur. L'objet de ce programme, qui occupe 924 octets en mémoire, est de déclencher la mesure d'une longueur chaque fois que l'opérateur tape sur

la touche "Return" du clavier qui est connecté au distinvar. A l'issue de cette mesure la position de la platine mobile, qui correspond à une tension de 14,71 daN sur le fil, est inscrite sur l'écran. Finalement la platine mobile retourne en position "fil détendu".

La partie du programme qui réalise la mesure a pour tâche de trouver la position de la platine qui met le contrepoids dans sa position d'équilibre. Une difficulté provient du fait que le contrepoids oscille quand on s'approche de l'équilibre. La solution qui consiste à laisser le contrepoids amortir son mouvement, avant de décider d'un nouveau mouvement de la platine, est inacceptable car elle conduit à des durées de mesure prohibitives. Il faut donc observer, le plus rapidement possible, les mouvements du contrepoids pour estimer autour de quelle position il oscille et corriger la position de la platine en conséquence. Rappelons que plus le contrepoids est haut (positions positives), plus il faut détendre le fil et donc déplacer la platine vers une position inférieure à sa position courante ; inversement plus le contrepoids est bas (positions négatives), plus il faut tendre le fil et, pour cela, déplacer la platine vers une position supérieure à sa position courante.

VIII.1.4— Mesures et tests

Des séries de mesures répétitives effectuées en laboratoire et portant sur plusieurs milliers de valeurs indiquent un écart-type de 3 m avec un fil de 0,5 m et de 10 m pour un fil de 32 m. Profitant d'une ouverture de l'accélérateur SPS, 28 portées de 32 m ont été mesurées six fois par une équipe formée de stagiaires géomètres n'ayant jamais utilisé cet instrument. Cet essai a mis en évidence la facilité d'utilisation de l'instrument, l'écart-type de ces mesures est de 30 m. La différence entre les mesures de laboratoire et les mesures de terrain est due à la manipulation du fil d'invar qui est la partie délicate du système.

VIII.2— Clinomètre électronique

On trouve actuellement dans le commerce de très bons instruments de ce type. Le développement ne porte donc pas sur le capteur mais sur son environnement afin de le rendre compatible avec les autres instruments. On installera dans un même boîtier deux clinomètres mesurant sur des axes perpendiculaires, le micro-ordinateur et les interfaces.

VIII.3— Interféromètre à réflecteur asservi

Actuellement, il n'y a aucun développement en cours sur cet instrument. Il est décrit en annexe.

Du fait du laser interférométrique, de son alimentation et de l'électronique de contrôle, la mise en œuvre de cet appareillage encombrant en fait encore aujourd'hui un outil de spécialiste. Il rend des services appréciables, en permettant des étalonnages "in situ" qui améliorent très sensiblement la précision des mesures à l'invar. Ainsi, dans l'exemple utilisé précédemment concernant le test invar dans le SPS, le fait de mesurer à l'interféromètre deux portées, la première et la quatorzième, en recalibrant l'invar à

chaque passage sur ces portées, a réduit l'écart-type des mesures de 30 m à 17 m.

Il sera utilisé de cette façon pour la métrologie du LEP.

VIII.4— Ecartomètre nylon

Cet instrument est en cours de modification. Le modèle ancien est décrit dans l'annexe 4.

Les principales modifications envisagées sont les suivantes :

- le système optoélectronique de détection du fil nylon pourra mesurer l'angle que fait le fil nylon avec la règle. Avec cet angle et la distance oblique, le micro-ordinateur calculera la flèche ;
- la règle se présentera sous la forme d'un profilé en U. Elle sera en matériaux composites (kevelar ou carbone) ;
- le micro-ordinateur, les interfaces et les systèmes électromécaniques seront contenus dans le profilé ;
- l'ensemble est conçu pour être fabriqué à des longueurs différentes (0,3 à 1.0 m) sans autre modification que la longueur du profilé.

VIII.5 — Ecartomètre laser

Le développement de cet instrument est étroitement lié au développement de l'écartomètre nylon. Seul le capteur électro-optique sera adapté au laser. Extérieurement, l'instrument sera identique. Le modèle ancien est décrit dans l'annexe 5.

VIII.6 — Nivellement automatique

Ce système est nouveau dans la gamme des instruments de métrologie du CERN. Son principe est de détecter sur une mire active un faisceau laser rendu horizontal par son passage dans une optique appropriée (Figure 10). Mis à part la position du détecteur de faisceau laser, la mire active sera une copie de l'écartomètre laser en position verticale. La lumière laser est produite par un laser GLO de Wild et amenée par fibre optique dans l'oculaire d'une lunette zénithale Wild ZL. L'axe optique de cette lunette est rendu vertical par un système automatique avec une précision de 1/200 000. Le faisceau laser est rendu horizontal par un pentaprisme. Ce prisme peut pivoter et par conséquent faire décrire un plan horizontal au faisceau. Il passe ensuite à travers une lame en coin qui permet un réglage angulaire du faisceau après

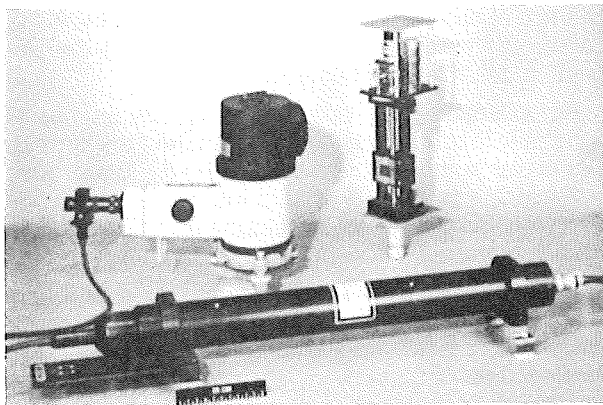


Figure 10 : Nivellement automatique

un contrôle de l'horizontalité. L'utilisation d'une lunette zénithale permet une double visée par rotation de 200 grades de la lunette en gardant le prisme supérieur dans la même direction. Un prototype sera utilisé en janvier pour un contrôle altimétrique dans l'accélérateur SPS.

VIII.7 — Gyroscope (GAK1 WILD)

Cet instrument (Figure 11) n'est pas à proprement parler un instrument de métrologie. Il sera utilisé en génie civil par les équipes de topographes pour le guidage du tunnel LEP. Son automatisation a été faite sur le même principe que les autres instruments et a porté sur les points suivants :

- mise en route et arrêt du moteur,
- lacher et blocage de la toupie,
- prise de données,
- calcul du Nord.

Un rapport détaillé de l'automatisation de cet instrument est en préparation.

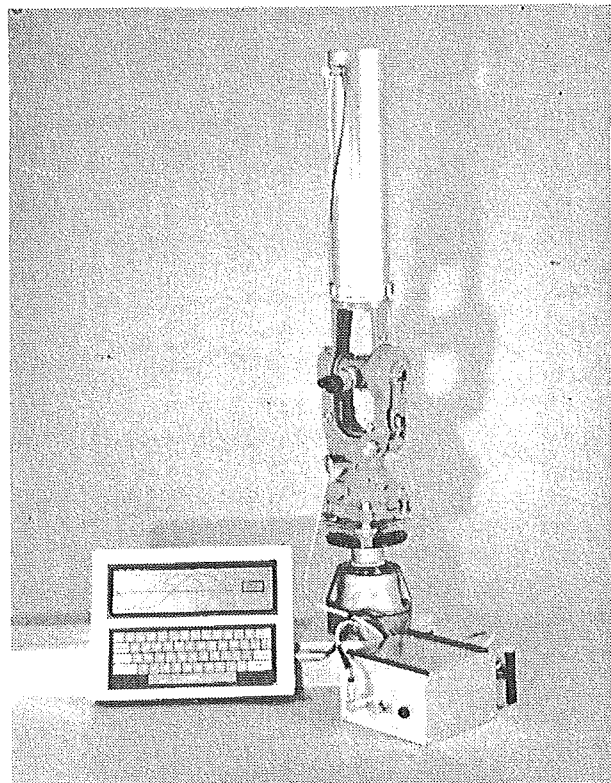


Figure 11 : Gyroscope, terminal portable, alimentation

IX — L'ordinateur de terrain

IX.1 — Le choix

Pour être utilisé efficacement, les instruments automatisés devront être connectés à un système informatique parfaitement adapté aux travaux de métrologie.

Après étude des besoins, les principales caractéristiques d'un tel système sont :

- être facilement transportable,
- pouvoir fonctionner sur batterie et sur secteur,

- avoir une capacité de mémoire suffisante pour contenir les programmes d'acquisition de données et de mesures, les fichiers de guidage pour les opérations de métrologie, les fichiers de coordonnées et les fichiers de mesures,

- posséder un support mémoire non volatile déconnectable du système pour le transport de l'information,

- offrir la possibilité de connecter en même temps plusieurs instruments de mesure,

- posséder une imprimante,

- être compatible avec le réseau d'ordinateurs CERN pour permettre le transfert des informations contenues dans les mémoires de l'ordinateur de terrain vers les mémoires de masse du système d'ordinateurs central et inversement,

- être programmable par l'utilisateur,

- être commandé par un terminal autonome et portable.

Aucun ordinateur actuellement proposé sur le marché ne peut répondre à ces besoins. Il a donc été décidé de construire notre propre système (Figure 12).

IX.2 — Description

Cet ordinateur a été construit autour d'un microprocesseur MOTOROLA 68000 travaillant à 8 MHz à partir de mots de 16 bits et pouvant gérer plus de 16 Mégabytes de mémoire à l'aide de son bus d'adresses de 24 bits (Figure 13).

Le système est entièrement contenu dans une valise de $0,52 \times 0,42 \times 0,17$ m. Son poids total est de 12 kg. L'alimentation se fait, soit par l'intermédiaire de deux batteries au plomb de 6 V/9 AH montées en série, et contenues dans la machine, soit par une batterie extérieure, soit par le secteur. Quand l'ordinateur de terrain est connecté au secteur, les batteries sont automatiquement remises en charge. La charge des batteries peut être contrôlée par programmation.

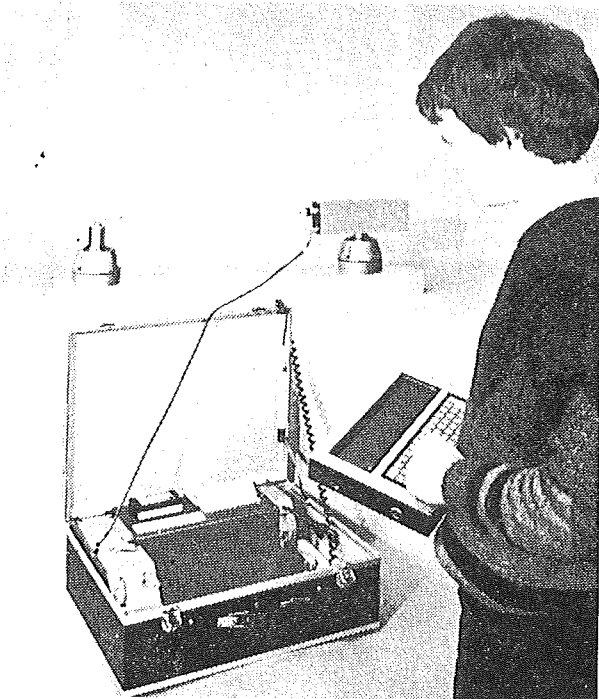


Figure 12 : Ordinateur de terrain, terminal portable

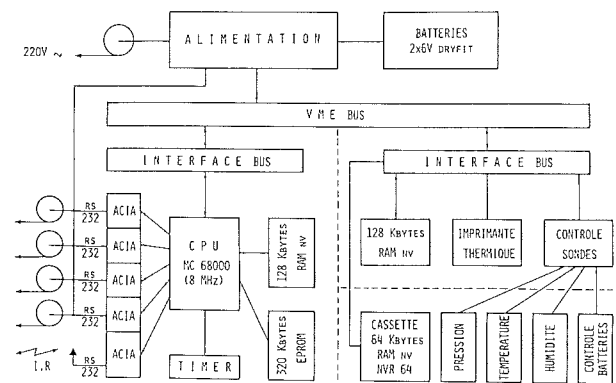


Figure 13 : Structure de l'ordinateur de terrain

320 kbytes (320 000 octets) de mémoire morte sont réservés pour le système d'exploitation, le moniteur, le langage et des programmes d'utilisation générale. Cette partie ne peut pas être modifiée par l'utilisateur. La mémoire accessible peut contenir 256 kbytes. Elle est sous la forme de mémoire vive non volatile. Une pile au lithium en assure la sauvegarde. Ses capacités pourront être étendues en fonction des besoins et de la venue sur le marché de composants plus performants.

Le support mémoire mobile est réalisé par l'intégration d'une cartouche mémoire vive non volatile de 64 kbytes.

Cinq liaisons RS 232 permettent la communication avec les instruments. Ces liaisons sont paramétrables par programmation (vitesse de transfert, parité, nombre de bits, etc...). Une de ces liaisons est utilisée pour la communication par infrarouge avec le terminal. Les câbles de liaison avec les instruments, d'une longueur de 5 m, sont insérés dans l'ordinateur de terrain et maintenus sur des enrouleurs automatiques. L'alimentation électrique des instruments se fait également par ces câbles.

L'imprimante thermique utilise du papier de 0,129 m pour 40 caractères par ligne. La vitesse d'écriture est de 80 caractères à la seconde.

La compatibilité avec le réseau d'ordinateur est assurée par l'utilisation d'une liaison RS 232.

Deux types de langage seront utilisés, un langage compilé et un langage interprété. Les programmes écrits en langage compilé s'exécutent rapidement et occupent peu de place en mémoire. Ils ne sont pas accessibles directement par l'utilisateur qui voudrait les modifier sur le terrain. Un langage interprété est plus lent et occupe beaucoup plus de place en mémoire. Les programmes écrits de cette façon sont directement accessibles par l'utilisateur.

Actuellement, des programmes écrits en Pascal compilés fonctionnent dans l'ordinateur de terrain. Des essais sont faits avec deux langages interprétés, le BASIC et le PILS (Portable Interactive Language System). Ce dernier est développé au CERN dans le département qui s'occupe des ordinateurs centraux.

Trois sondes, pour la température, la pression et l'hygrométrie, sont incorporées dans l'ordinateur de terrain. Elles sont directement accessibles par programmation.

Le terminal du système mettant l'ordinateur de terrain sous contrôle de l'opérateur (Figures 11 et 12) est

construit autour du même micro-ordinateur que les instruments de mesure. Il peut être classé dans la catégorie des terminaux intelligents portables. Il est alimenté électriquement par des batteries internes. Il communique avec l'ordinateur de terrain par infra-rouge ou par un des quatre câbles RS 232 ; ses batteries sont alors automatiquement mises en charge. Il possède 24 kbytes de mémoire morte pour le langage, le moniteur et des fonctions spécifiques facilitant son utilisation. L'utilisateur dispose de 16 kbytes de mémoire vive ; 16 autres kbytes de mémoire vive sont réservés à la gestion de l'écran graphique. Le clavier standard QWERTY est du type "plat à grenouilles". L'écran est alphanumérique, graphique et tactile. Il possède 8×52 caractères ou 63×312 points, ou 7×20 zones tactiles. Ces trois possibilités peuvent être utilisées simultanément. Il est équipé d'un lecteur de codes à barres capable de déchiffrer n'importe quel code.

X — Exemple d'utilisation

Le matériel décrit dans les chapitres précédents sera utilisé dans les différentes phases de l'installation du LEP. Il sera également mis en œuvre dans les autres machines et dans les halls d'expériences où ce type de matériel est régulièrement utilisé pour des mesures de micro-géodésie ou de métrologie.

C'est dans la phase de mise en place des éléments que l'utilisation des systèmes automatiques sera la plus spectaculaire. En effet, dans cette phase, le distivar, l'écartomètre nylon, le clinomètre et le nivellement automatique sont utilisés en même temps.

La figure 14 montre un scénario possible pour l'installation d'un élément par rapport aux deux qui l'encadrent. Il faut se rappeler qu'au moment de cette mise en place, toutes les références des éléments ont été mesurées et leurs coordonnées réelles calculées.

L'opérateur arrive devant l'unité à installer. Il branche l'ordinateur de terrain. Au moyen du lecteur de code à barres, il fait alors l'acquisition du nom de l'élément. Celui-ci est transmis par le terminal à l'ordinateur de terrain qui charge en mémoire les coordonnées des références qui seront utilisées. Il donne à l'opérateur les informations pour la mise en place du matériel de mesure :

- une mire de nivellement et son système de communication radio en R 12,
- le fil nylon tendu entre R 11 et R 32,
- un écartomètre en R 21 et en R 22,
- le distivar en R 22, le point fixe en R 31,
- les clinomètres (C 1, C 2) sur les références mécaniques de l'élément,
- une mire de nivellement en R 21,
- le laser et son optique entre R 12 et R 21.

Le matériel en place est connecté à l'ordinateur. Celui-ci fait démarrer une première série de mesures. Les résultats sont comparés avec les valeurs calculées par l'ordinateur de terrain. Cette opération a pour but de confirmer le fait que les références utilisées n'ont pas bougé depuis la dernière mesure. Les différents mouvements qu'il faut faire sur les vérins (V 1, V 2, V 3) pour amener l'élément à sa position théorique sont calculés. Ces déplacements étant effectués, une nouvelle série de mesures est faite, les coordonnées des références sont calculées et comparées aux coordonnées théoriques. Si nécessaire, le cycle calcul - déplacement - mesure - calcul recommence. Les mesures qui suivent le dernier déplacement sont enregistrées dans l'ordinateur de terrain. On peut passer à l'élément suivant. Pendant toute l'opération, il n'a pas été nécessaire de déplacer le matériel de mesure.

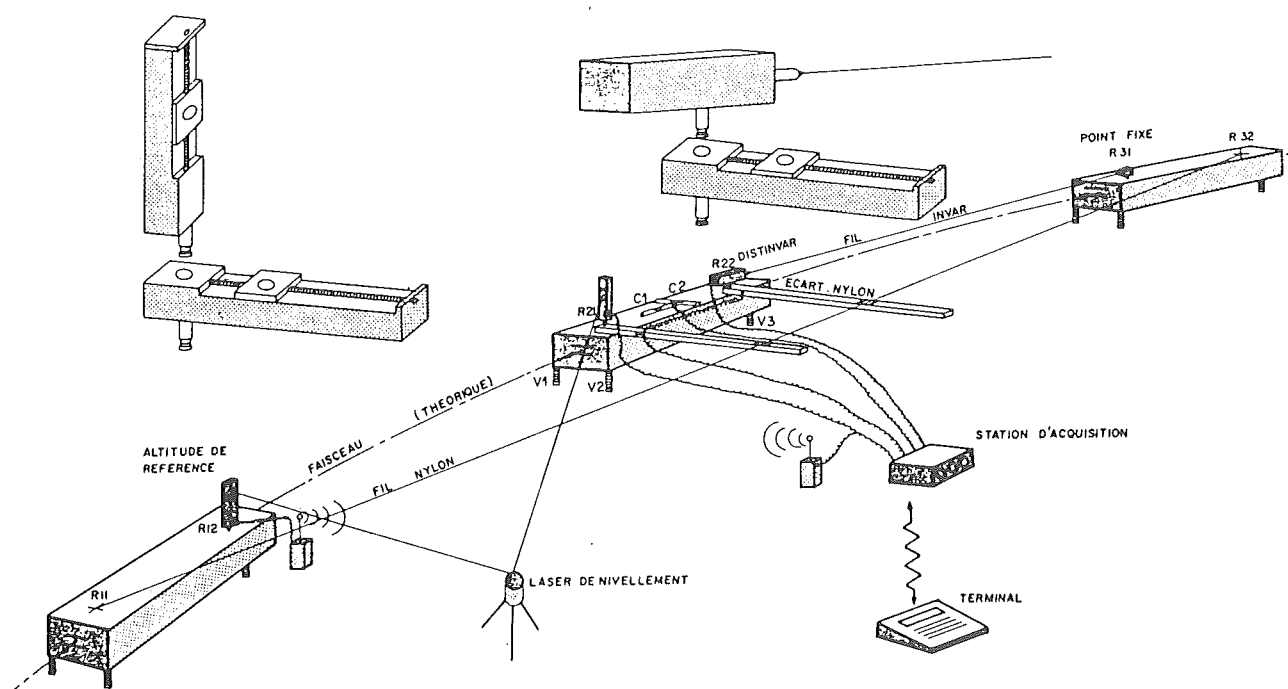


Figure 14 : Scénario de mise en place d'un aimant

XI — Conclusion

Le CERN n'a pas la vocation de construire du matériel en série. Pour cette raison, après avoir développé, fabriqué et testé au moins deux prototypes, un dossier de fabrication est constitué. Ce dossier est utilisé pour lancer un appel d'offres dans l'industrie européenne en vue de la fabrication en série. Après avoir honoré la commande CERN, la société choisie garde le dossier et le droit de fabriquer sous sa responsabilité, pour d'autres personnes, l'instrument en question. C'est le cas du distinvar qui est actuellement fabriqué par la société ENRAF-NONIUS à Delft (NL).

Ce nouveau matériel sera utilisé par de nombreuses équipes de techniciens. Ce personnel devra s'adapter à de nouvelles méthodes de travail. Le choix qui a été fait d'utiliser du matériel dont les principes sont connus va faciliter cette adaptation. Seul l'emploi intensif de l'informatique et des micro-ordinateurs sera une nouveauté. C'est dans ce but que, depuis 1982, le Groupe de Géodésie Appliquée a développé une politique de formation en informatique en inci-

tant tout son personnel à utiliser au maximum les possibilités offertes par le réseau d'ordinateurs du CERN et en dotant les équipes de micro-ordinateurs portables programmables en BASIC.

Bibliographie

BAIN G., BORE C., COOSEMANS W., DUPONT J., FABRE J.-P., GAVAGGIO R., PERON F., "Automatisation par Micro-ordinateur d'un Instrument géodésique de Mesure de Distance, le Distinvar", CERN 84-07, Division Installations Physique Expérimentale, CERN, Genève, 1984.

GERVAISE J., "Résultats de Mesures Géodésiques avec le Terramètre, Appareil électronique de Mesure de Distance à deux longueurs d'Ondes", Mensuration, Photogrammétrie, Génie Rural N° 6/84, Zurich, 1984.

GERVAISE J., "Applied Geodesy for CERN Accelerator - High Precision Geodetic Measurements" presented at the Facolta di Ingeneria di Bologna, October 1984.

Appel	Description	Réponse de la fonction
A = USR (0)	Initialisation générale du distinvar. Cette fonction qui doit impérativement être appliquée au début de tout programme, a pour effet visible d'amener la platine mobile en position "fil détendu".	A = 1 : commande exécutée normalement. $\varnothing \rightarrow$ A = 1 : Erreur. En particulier si A = - 1200 la lecture de la constante de calibration a été mal faite.
A = USR (3)	Lecture de l'état des interrupteurs de fin de course.	A = 0 : aucun interrupteur n'est actionné A = 1 : interrupteur inférieur actionné. A = 2 : interrupteur supérieur actionné. Sinon : erreur.
A = USR (4) CPD	Contrôle de la mémoire EEPROM (capacité de 16 données numériques). C'est un code qui décrit la fonction à exécuter. P est la position de la donnée concernée (à ne spécifier que si C = 4, 8 ou 12). D est la valeur de la donnée concernée (à ne spécifier que si C = 4).	C = 0 : interdiction de modifier les données. C = 2 : effacement des 16 données. C = 3 : autorisation de modifier les données. C = 4 : écriture de la donnée D en position P. C = 8 : lecture de la donnée qui est en position P. C = 12 : effacement de la donnée qui est en position P $0 \leq P \leq 15$. - 32768 \leq D \leq + 32767.
A = USR (5)	Arrêt de la platine avec retour immédiat au Basic.	A = 1 : commande exécutée correctement. Sinon : erreur.
A = USR (6)	Arrêt de la platine avec retour au BASIC seulement lorsque l'arrêt est effectif.	A = 1 : commande exécutée correctement. Sinon : erreur.
A = USR (7)	Lecture de la position de la balance.	A = - 128 : contrepoids en position basse extrême. - 127 \leq A \leq 0 : fil insuffisamment tendu. A = 0 : contrepoids à l'équilibre. 0 \leq A \leq 126 : fil trop tendu. A = 127 : contrepoids en butée supérieure. Sinon : erreur.

A = USR (8)	Lecture de la position de la platine. Unité 2 m. La position minimale est d'environ 3 000 et peut varier d'un distinvar à l'autre.	$3\,000 < A < 32\,767$: position de la platine. Sinon : erreur.
A = USR (9).T	Déplacement de la platine en la position de coordonnée T. Unité 2 μ m.	A = 1 : commande exécutée correctement. Sinon : erreur. En particulier $A = -2\,000 : T < 0$.

Exemple du programme

```

10 REM DISTINVAR
11 I = USR (0) : REM INITIALISATION
12 PRINT "PRESSER LA TOUCHE RETURN..."
13 PRINT "... POUR COMMENCER LA MESURE"
15 INPUT DUM
25 IF I <> I THEN 455
30 B = USR (7)
35 IF B < -128 THEN 470
40 W = B + 10
50 IF B > -10 THEN 440
60 G = USR (9), 32700 : REM DÉPLACEMENT PLATINE
70 P = USR (8)
80 IF P > 27000 THEN 440
90 B = USR (7)
100 IF B < W THEN 70
110 S = USR (6) : REM MESURE TENSION FIL
120 WAIT 1
130 P = USR (8)
150 FOR I = P - 60 TO 1000 STEP - 5
160 G = USR (9).I
170 P = USR (8)
180 IF P > I THEN 170
190 B = USR (7)
200 IF B < 0 THEN 220
210 NEXT I
220 FOR K = 1 TO 2 : REM DEUX MESURES SUCCESSIVES
230 WAIT 1
240 S = 120:L = h 120
250 FOR I = 1 TO 290 : REM AMPLITUDE OSCILLATION CONTREPOIDS
260 B = USR (7)
270 IF B > L THEN L = B
280 IF B < S THEN S = B
290 NEXT I
300 E = L - S : REM NOUVEL OBJECTIF PLATINE
302 M = (L + S)/2
304 IF M < -80 THEN 60
310 IF E > 240 THEN 230
340 P = USR (8)
350 X = P-M/3
360 G = USR (9).X : REM DÉPLACEMENT PLATINE
370 GOTO 230
380 Q (K) = USR (8) * 2
390 NEXT K
400 IF ABS (Q(1)-Q(2)) > 5 THEN 220
410 M = (Q(1) + Q(2))/2
415 M = 65534-M-8270 : REM NORMALISATION DU RÉSULTAT
420 PRINT M
430 GOTO 11 : REM PROCHAINE MESURE
440 PRINT "ERREUR DE FIL" : REM GESTION DES ERREURS
447 I = USR (0)
448 IF. I I THEN 455
450 STOP
455 PRINT "INIT ERROR"
460 STOP
470 PRINT "USR (7) ERROR"
10 000 END

```

S1 Interféromètre à réflecteur asservi

But recherché

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

L'interféromètre à laser

L'interféromètre à laser est construit par Hewlett Packard et comprend un laser Helium-Néon stabilisé ($\lambda = 632,8$ nm, puissance de sortie : 120 mW), un prisme interférométrique avec un réflecteur fixe, un réflecteur mobile, un récepteur et un système d'affichage.

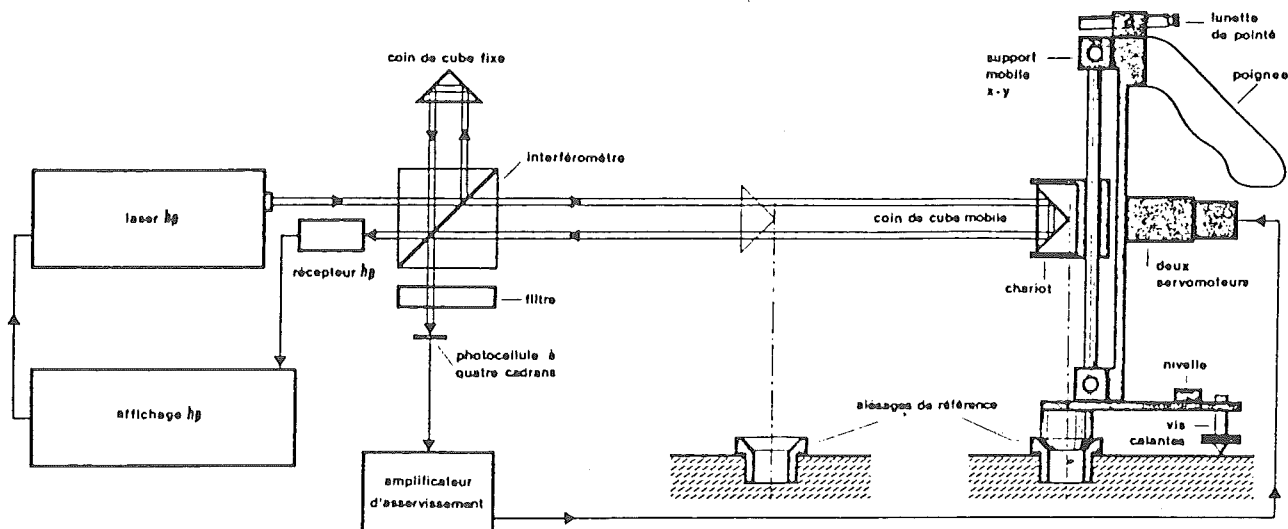
Le faisceau du laser est séparé en deux par le prisme de l'interféromètre ; la première partie est renvoyée sur le prisme par le réflecteur fixe, la seconde partie

Support et chariot mobile en XY

Le réflecteur est monté sur un chariot qui peut être déplacé verticalement et horizontalement par deux moteurs asservis. Ces moteurs sont montés sur le support mobile XY et meuvent le chariot grâce à un système de fils tendus. Les moteurs sont contrôlés par l'amplificateur d'asservissement qui reçoit les signaux de la phot cellule quatre quadrants. On obtient ainsi une boucle d'asservissement qui, en bougeant le réflecteur mobile, maintient le faisceau laser retour centré sur la phot cellule.

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

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



par le réflecteur mobile. Les deux parties du faisceau se recombinaient 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. 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. Par conséquent, 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.

Mode opératoire

Le système laser avec son prisme interférométrique et le récepteur sont réglés afin que le faisceau laser soit aligné à environ 2 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 au télescope. Le support est verticalisé à l'aide du niveau à bulle.

Une fois l'amplificateur asservi 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 peut alors être lue sur le système d'affichage.

S6 Système d'alignement au fil de nylon

But recherché

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.

Principe de base

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.

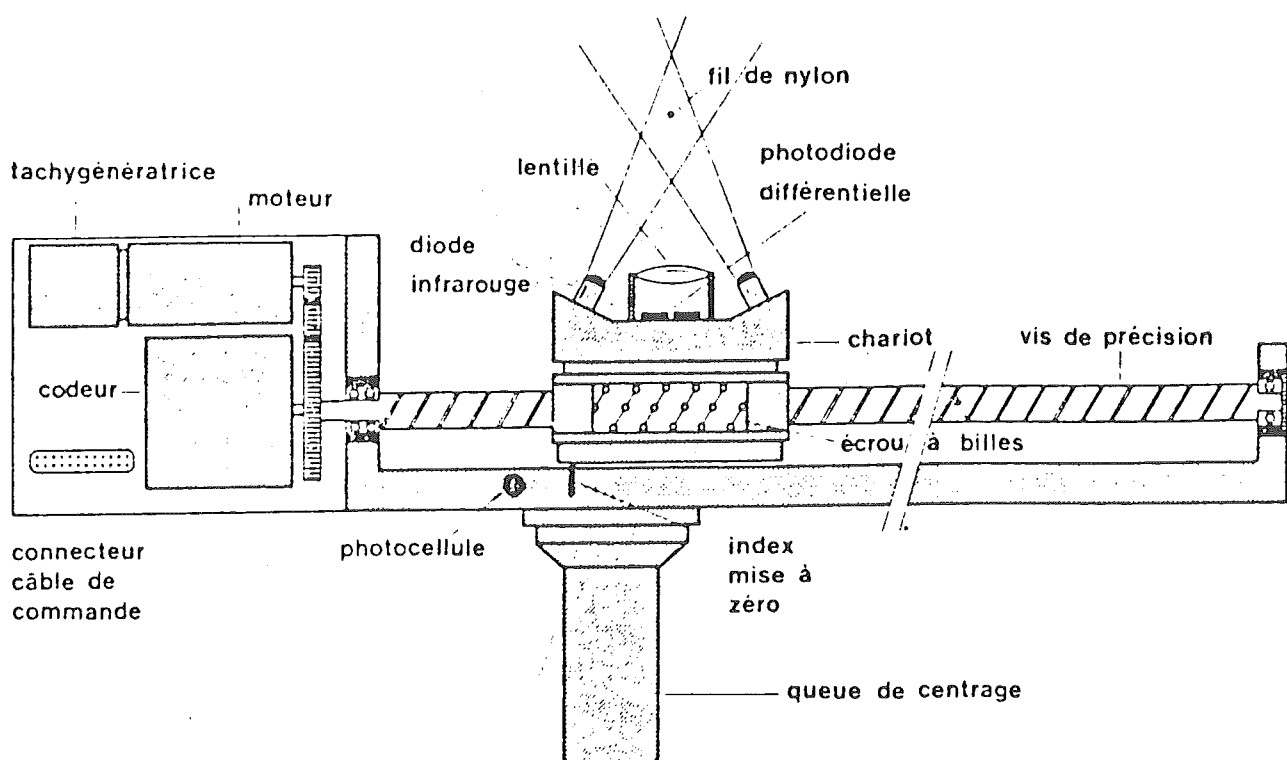
Description et caractéristiques

Le système comprend trois parties : le fil, la règle et le détecteur, la boîte de commande. 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 un 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 iodes infrarouges situées symétriquement de part et d'autre du fil. La réflexion 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.

Électronique

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 980 Hz et le modulateur de diode infrarouge. Afin d'éliminer des signaux parasites comme le 50 Hz, 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 de 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.

Mode opératoire

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'instru-

ment 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.

Performance

La course totale 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 (S5) doit remplacer celui à fil de nylon.

Référence

— J. Gervaise, "Geodesy and Metrology at CERN, a Source of Economy for the SPS Programme", CERN 76-19, 17 November 1976.

S5 Appareil d'alignement laser à récepteur asservi

Mesure des écarts

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.

L'émetteur

L'émetteur comprend un laser He-Ne de 1 mW et, afin de permettre des mesures jusqu'à 100 m, un système 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 μ m 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 récepteur

Le chariot du récepteur photo-électrique, mû par une vis hélicoïdale de précision, est asservi à rester centré sur le faisceau laser. Sa position le long de la vis est mesurée par un codeur qui fournit 100 impulsions par mm 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 1000 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.

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.

Performances

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

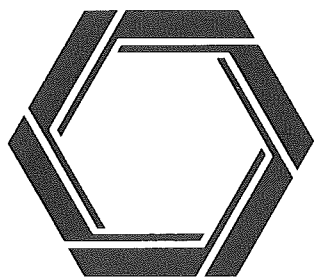
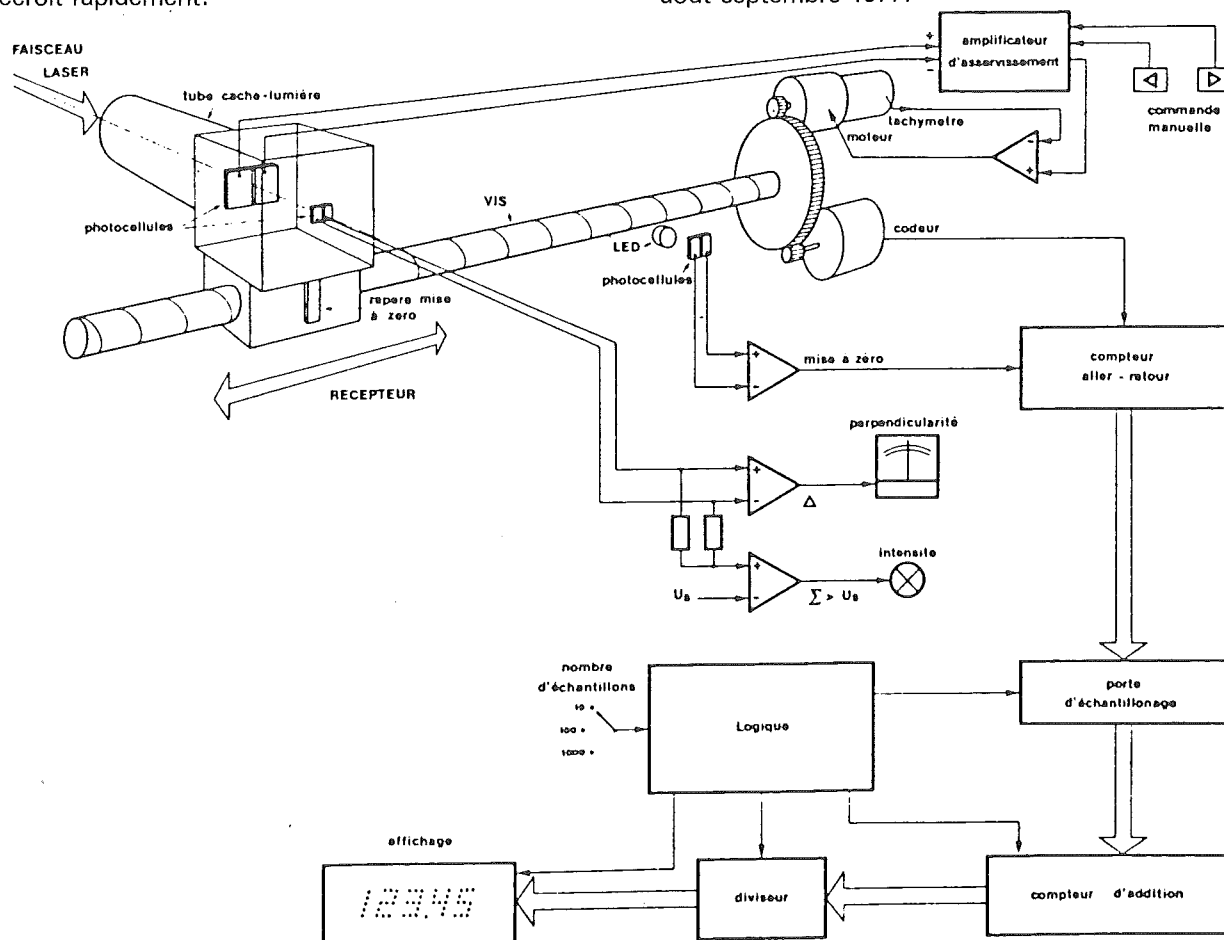
des photocellules réceptrices. Le décalage du zéro du codeur se détermine par simple retournement.

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 décroît rapidement.

Références

— J. Gervaise, "Geodesy and metrology at CERN : a source of economy for the SPS programme", CERN 76-19, 17 novembre 1976.

— J. Gervaise, "Evolution de la métrologie laser au CERN de 1971 à 1976", revue géomètre n° 8-9, août-septembre 1977.



AERIAL

*PRISES DE VUES AERIENNES
pour la photogrammétrie,
la photo-interprétation,
les études,
l'information...*

PHOTOTHEQUE

Z.I. D'AIX-EN-PROVENCE
13763 LES MILLES CEDEX
Tél. (42) 60.05.45
Télex Aéromap 401 140 F

*REPROGRAPHIE DE PRECISION
pour la cartographie,
le dessin,
les arts graphiques...*

RETA *et* RECOTA

*visez... déclenchez...
enregistrez*

RETA

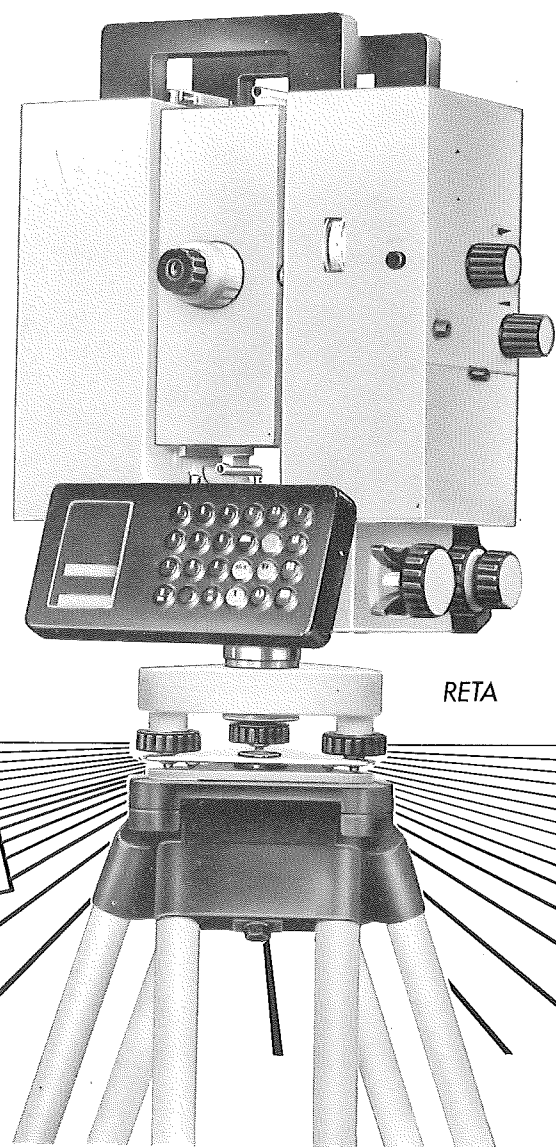
tachéomètre électronique à saisies
et affichage automatiques des données
du terrain, portée jusqu'à 3000 mètres.
● Calculs de réduction et de dénivelées
● Tracking distance et angle Hz et V
● Enregistrement sur mémoire vive Micronic
32 K ou 48 K ● Affichage LC ● Interfaces
V 24 / RS 232 C et interface de données
pour traitement par ordinateurs courants

RECOTA

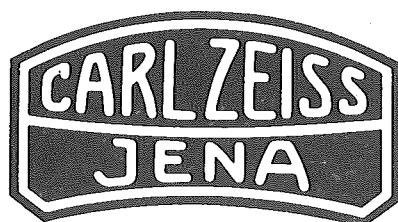
Performances complémentaires :

● Calculateur et programmes de traitement
des données du terrain en temps réel
(système modulaire)

*en option DTK 1, système de visualisation et
de transfert d'informations multidirectionnel.*



RETA : 74 620 F.h.t
(mémoire en sus)
au 1^{er} Juillet 1984



efficience et fiabilité

Agent général CARL ZEISS JENA pour la France :

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE PHYSIQUE

48, boulevard de la Bastille - 75012 PARIS

Tél. : (1) 344.12.34 - Télex : 220231 Cogéphy Paris

Bon pour recevoir une documentation gratuite

NOM : _____ SOCIÉTÉ/CABINET : _____

ADRESSE : _____ TÉL. : _____

