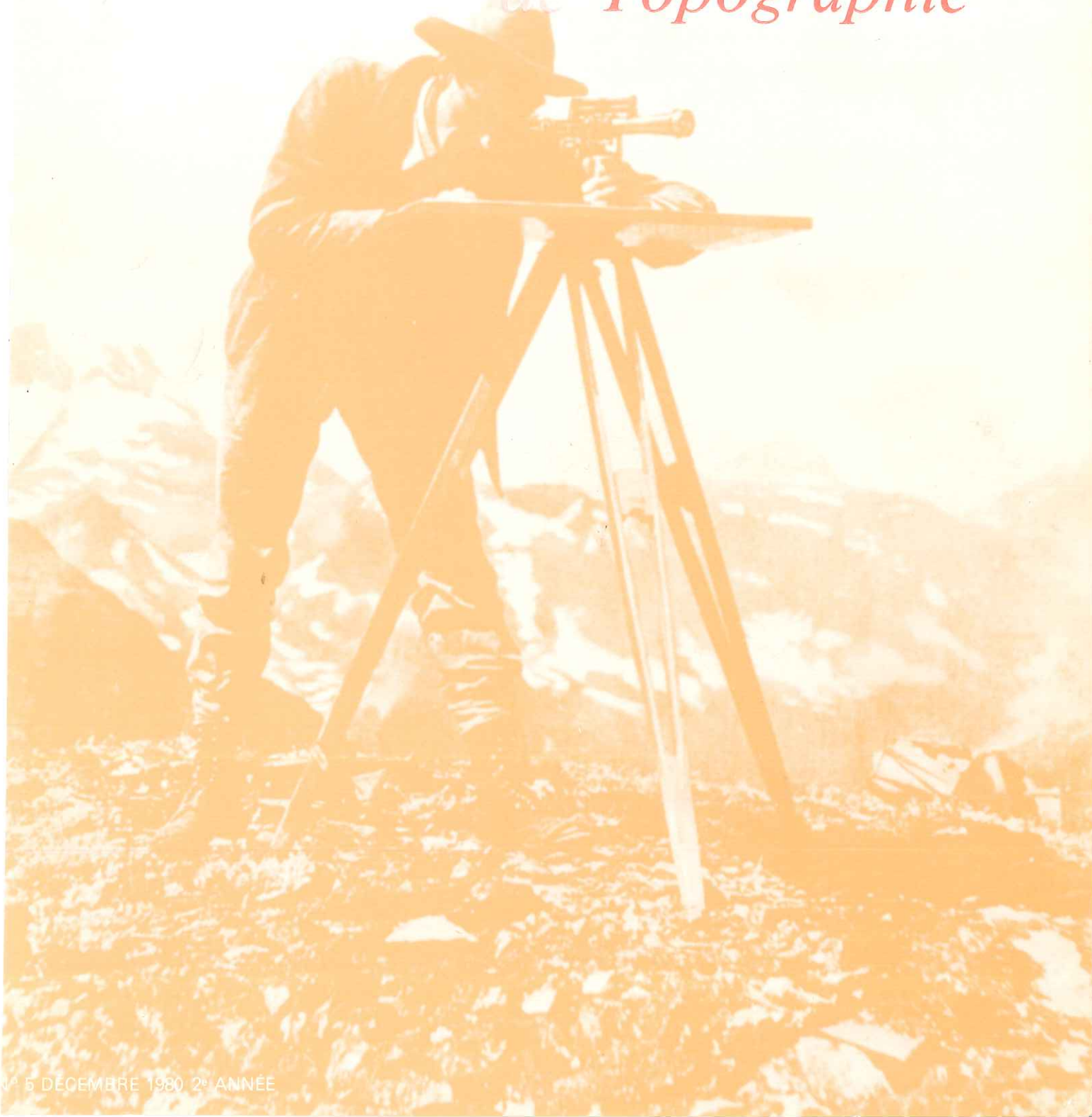


# XYZ

*Revue  
de l'Association  
Française  
de Topographie*



Numéro 5

TRIMESTRIEL

39 ter, rue Gay-Lussac  
75005 PARIS**Comité de Lecture****PRÉSIDENT**

Louis CATINOT

**RAPPORTEUR**

Jean PUYCOUYOUL

**MEMBRES**

Guy DUCHER

Ingénieur en Chef Géographe

Jean GERVAISE

Docteur - Ingénieur - CERN

Jean-Jacques LEVALLOIS

Ingénieur Général Géographe

Roger SCHAFFNER

Géomètre DPLG

Bernard SCHRUMPF

Ingénieur en Chef de l'Armement

Michel TARTACEDE

Géomètre DPLG

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

**Couverture**

Topographe de l'U.S. Géological Survey dans l'exercice de ses fonctions aux alentours de 1920. On notera l'adéquation du couvre-chef à l'utilisation de la planchette et de l'alidade.

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**

Jean PUYCOUYOUL

MAQUETTE

Muriel PEYRONNET

**IMPRIMERIE MODERNE**

U.S.H.A.

AURILLAC (15)

# sommaire

## dossier

La page du Président .....	4
• Métrologie au SIN par K. EGGER et W. KELLER .....	6
• Topométrie industrielle et contrôle qualité par J. GERVAISE .....	15
• Méthodes d'évaluation statistique par M. MAYOUD .....	26
<b>Mini-annuaire</b> .....	31
<b>Journal</b>	
• Nouvelles de partout .....	37
• Assemblée générale du 12 décembre 1980 .....	40
• Emploi .....	42
• Note d'information .....	42
• Revue de presse .....	43
• Bulletin d'abonnement .....	36
• Les publications du Bureau des Longitudes par J.-J. LEVALLOIS .....	46
<b>Rencontre AFT au SICOB</b>	
• Représentation graphique des données numériques par P. CORMIER .....	50
• Compromis entre représentation graphique et géomatique par B. DUBUISSON .....	58



## LA PAGE DU PRÉSIDENT

### POUR CEUX QUI POSENT ENCORE LA QUESTION : POURQUOI UNE A.F.T. ?

“Pour rapprocher, en vue d’une meilleure compréhension et une plus large ouverture de part et d’autre, en les regroupant, tous les professionnels, à quelque titre que ce soit de la topographie”.

C’est ainsi qu’est donnée une partie de la réponse à la question par cette première phrase du premier paragraphe de l’article 2 des statuts de l’A.F.T.

Pour plus de compréhension encore, je rappellerai qu’en dehors des professionnels de l’Institut Géographique, de ceux du Service du Cadastre et des membres de l’Ordre des géomètres-experts, bénéficiant chacun d’une organisation officielle spécifique, les autres professionnels de la topographie se trouvaient tous plus ou moins décimés et inorganisés.

Chacun souffrait de cet isolement et l’image de marque de la profession de topographe en souffrait bien davantage encore.

L’intérêt d’un regroupement au sein d’un organisme d’accueil ouvert à tous les spécialistes - à quelque titre que ce soit - de la topographie devenait dès lors une impérieuse nécessité.

Voilà pourquoi fut créée, le 15 décembre 1978 et officialisée le 1<sup>er</sup> février 1979, l’ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE.

Depuis, nous avons le plaisir de compter parmi les membres de notre Association des ingénieurs géographes de l’IGN, des géomètres techniciens du Cadastre, des membres de l’Ordre des géomètres-experts.

Nous sommes également fiers de compter parmi nous des spécialistes étrangers.

Je les remercie d’avoir voulu nous apporter leur contribution et leur soutien.

Notre but se trouve ainsi atteint et j’espère avoir pu convaincre ceux qui doutaient encore de la nécessité de la création de l’A.F.T.

### LE BILAN 1980

En cette fin d’année, le bilan concernant la gestion de l’A.F.T. présente deux aspects : le premier positif, le second négatif.

#### — Aspect positif :

- Notre association compte un peu plus de 700 adhérents.
- Grâce au dévouement des dirigeants régionaux, les trois colloques prévus en 1980 se sont tenus dans de bonnes conditions.
- Les régions ont organisé des visites et des réunions techniques qui ont permis aux adhérents de mieux se connaître et d’échanger déjà des informations techniques.
- La revue X,Y,Z est parue conformément aux dispositions envisagées.

#### — Mais, en revanche, voici les aspects que je qualifierai de négatifs :

- Peu de techniciens-topographes et notamment ceux appartenant à des Sociétés, des Entreprises, des Constructeurs adhérent à l’A.F.T.
- Nos colloques ont été d’une bonne tenue mais la majeure partie des sujets traités n’ont fait, bien souvent, qu’effleurer les sujets techniques de la topographie. Il s’agit là d’un défaut de jeunesse pouvant facilement s’améliorer.
- Les réunions techniques, notamment celles concernant les commissions sont insuffisantes. Il faudra, en 81, animer davantage ces commissions.
- La revue X,Y,Z unanimement reconnue intéressante engloutit financièrement, après la parution de trois numéros, la totalité du budget annuel de l’A.F.T.

Ces constatations m’amènent à vous demander de bien vouloir accepter quelques menus sacrifices en 1981.

## L'EFFORT

C'est en priorité aux ingénieurs et cadres de l'association que je souhaite m'adresser en leur suggérant d'accepter les contraintes suivantes :

- Admettre une légère augmentation du tarif des cotisations 81 lors de la prochaine assemblée générale.
- Régler si possible cette cotisation 81, dès le 12 décembre, date de la réunion de l'assemblée générale.
- Enfin, parrainer au moins un technicien pour son entrée à l'A.F.T. dès la fin de cette année.

Maintenant, c'est aux techniciens qui ne sont pas encore membres de l'A.F.T., que je voudrais m'adresser :

- Nous avons besoin d'eux au même titre que des cadres et ingénieurs car eux seuls ont une pratique suffisante du terrain, des instruments, des méthodes, des moyens et deviennent, de ce fait, dans leurs actions, le complément indispensable des ingénieurs et dirigeants.
- Notre association n'est pas une société savante, ils y rencontreront certes et heureusement des grands spécialistes de la topographie qui sont tout disposés à leur apporter les techniques et les théories dont ils pourraient avoir besoin.
- Les hommes qui animent notre association sont prêts à leur témoigner confiance et sympathie.
- Nous proposerons une cotisation pour les techniciens dont le montant ne soit plus un motif de rejet de leur adhésion à l'A.F.T.

En plus, je propose que 1981 soit pour l'A.F.T. : L'ANNÉE DU TECHNICIEN-TOPOGRAPHE.

Si vous voulez bien me suivre dans mes propositions, l'année 1981 deviendra également l'année de l'espérance.

## L'ESPÉRANCE

Notre association ne souhaite battre aucun record ni du nombre d'adhérents, ni du nombre de colloques, ni des meilleurs discours...

Elle aspire seulement à fonctionner normalement dès que le nombre de 1 200 adhérents sera atteint.

Elle espère vivre simplement et dignement en essayant de mettre en commun les connaissances de ses membres et d'apporter à tous et en particulier à ceux qui le demandent les informations pratiques, techniques ou théoriques de son ressort.

Elle veut parvenir à cet objectif dans le cadre d'une organisation où émergent en particulier les sentiments de sympathie et d'enthousiasme.

L'A.F.T. souhaite aussi s'enrichir :

- suffisamment sous l'angle matériel (pour ne plus souffrir d'une gymnastique douloureuse en fin d'année),
- surtout spirituellement par cette fructueuse collaboration de tous, orientée vers la promotion de la topographie.

Ce dernier but, vous savez que nous avons déjà commencé à l'atteindre et nous le poursuivrons si telle est votre volonté en 1981.

C'est le message que je vous demande de recevoir en cette fin d'année 80 en vous priant d'accepter une part de mon enthousiasme pour l'association que vous m'avez chargé de présider.



# Métrologie au SIN (Institut Suisse pour la Recherche Nucléaire)

K. EGGER et W. KELLER

## 1 — L'INSTITUT SUISSE POUR LA RECHERCHE NUCLÉAIRE (SIN)

### Organisation et mission du SIN

Le SIN est une annexe de l'École polytechnique fédérale près de Villigen dans le canton d'Aargovie. Sa mission est la construction et l'exploitation d'un laboratoire ayant comme but de produire des faisceaux de particules élémentaires. Ces faisceaux sont essentiellement employés pour des expériences de physique nucléaire, mais aussi pour des recherches de base et la thérapie du cancer. Des groupes de recherche provenant d'universités suisses et étrangères préparent, construisent et, depuis 1974, effectuent les expériences de physique.

### Les installations techniques du SIN

Des installations techniques assez compliquées sont nécessaires pour alimenter les expériences avec les faisceaux de particules (fig. 1). Les problèmes de la métrologie du SIN consistent essentiellement dans le réglage géométrique de ces installations.

En premier lieu, le faisceau de protons est accéléré en deux étapes. L'accélération préliminaire est réalisée par le cyclotron-injecteur construit par la maison Philips. L'énergie des protons est alors de 72 MeV. Ensuite, l'accélération principale atteignant 590 MeV se fait dans l'anneau du cyclotron isochrone (fig. 2).

La particularité des accélérateurs est de fournir un faisceau de protons de grande intensité ( $100\mu\text{A}$ ). Le faisceau de protons est dirigé sur deux cibles (fig. 1 & 6), disposées l'une derrière l'autre. Les faisceaux de particules désirés (pions, muons, neutrons) proviennent des collisions de protons incidents avec des cibles de différentes matières. Ces faisceaux sont alors dirigés vers les zones expérimentales. Des systèmes de guidage de faisceau (fig. 3) maintiennent les protons et autres particules élémentaires sur les trajectoires prévues entre l'injecteur, l'anneau, les cibles et les zones expérimentales. La localisation des trajectoires peut être contrôlée par des électrodes de détection.

Le guidage des faisceaux dans les accélérateurs et dans les transferts se fait grâce à des champs magnétiques produits par des électro-aimants. On distingue les aimants de déviation et les quadrupoles (fig. 3) dont les fonctions peuvent être comparées à celles de prismes et de lentilles en optique. Il s'y ajoute des collimateurs, des séparateurs, des obturateurs et des stoppeurs grâce auxquels on peut capter les particules indésirables.

Pour garantir la qualité des faisceaux et pour avoir un minimum de pertes, tous les éléments de cette installation doivent être mis en position avec grande précision, afin d'avoir le minimum de radioactivité induite pour effectuer les travaux d'entretien.

## 2 — APERÇU DES TÂCHES DE LA MÉTROLOGIE

### Problème général

L'ensemble (fig. 1) est constitué d'un grand nombre de composants divers (fig. 3) qui doivent être mis en position tridimensionnelle avec grande précision. A cet effet, des travaux de métrologie de grande envergure sont nécessaires.

La métrologie fut et est rendue difficile par des circonstances multiples. En même temps que le montage de l'installation, de grands blindages en béton ou en acier sont érigés. De ce fait, le champ visuel est continuellement rétréci. Ces charges importantes sur les fondations entraînent des mouvements des points fixes et des composants déjà réglés. L'installation terminée, on peut distinguer différentes régions (fig. 1) correspondant à différents systèmes de métrologie et qui n'ont comme liaison qu'une relation altimétrique. Par contre, les positions planimétriques ne peuvent guère être contrôlées.

Dans la plupart des cas, les éléments servant au guidage des faisceaux (surfaces polaires des aimants) ne sont plus accessibles à la métrologie après montage. Très souvent, une chambre à vide a été installée autour de ceux-ci et leur position exclut l'emploi des instruments de mesure usuels. La métrologie doit prévoir les moyens nécessaires pour que l'installation puisse être contrôlée et réglée une fois le montage terminé.

Au sein du SIN, il fut souvent discuté si l'application de méthodes géodésiques était appropriée. Par une disposition judicieuse des points de repère, cette application se caractérise par le fait que chaque problème supplémentaire, même imprévu, peut être résolu. La métrologie peut s'adapter aux exigences des travaux de montage.

Dans la suite de cet exposé, les tâches les plus importantes de la métrologie seront énumérées.

### Métrologie de base

Lors de la conception de la métrologie, il fallait prévoir que des installations expérimentales ultérieures, que l'on ne connaissait pas à l'époque, seraient à régler. En vue de ces travaux, une métrologie de base

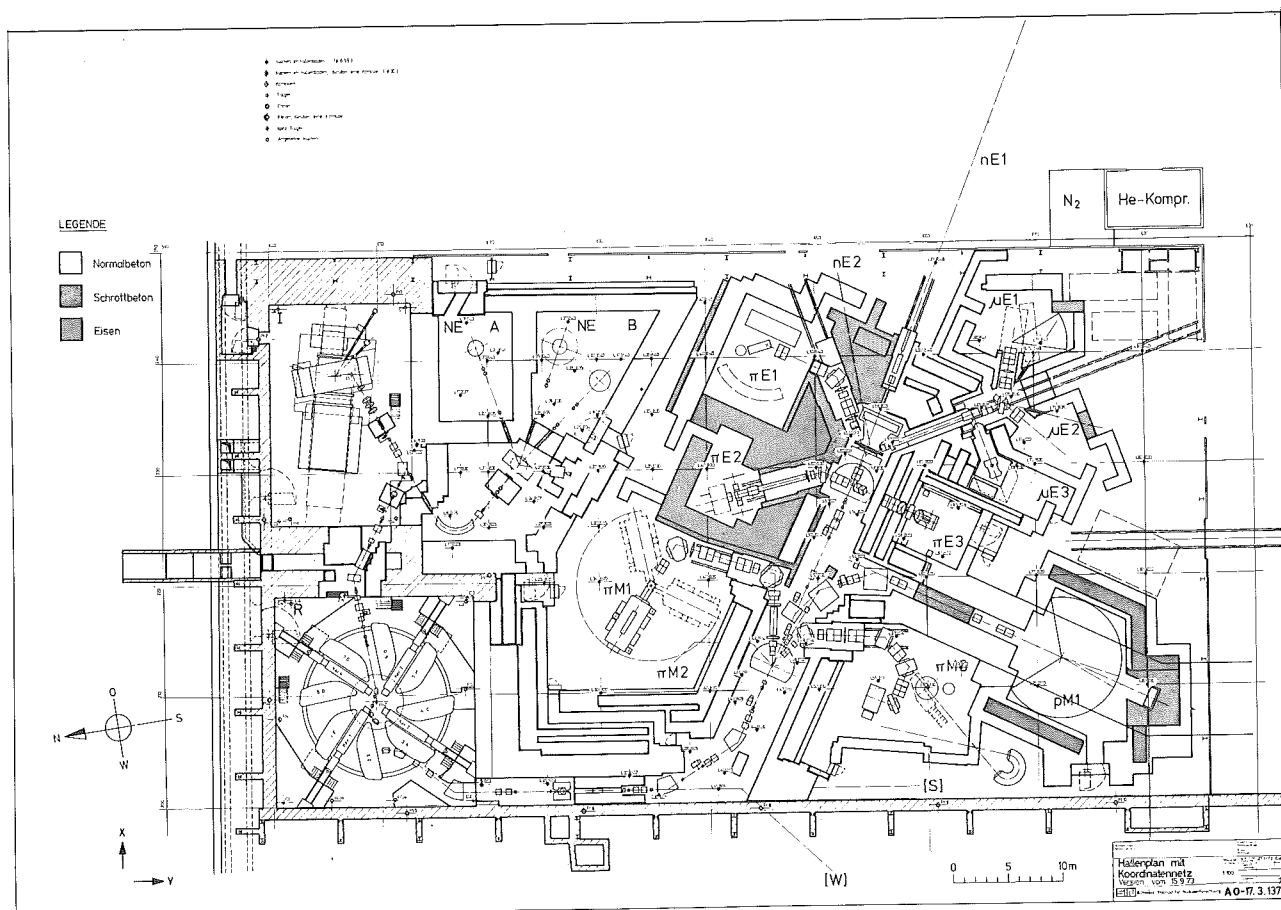


Fig. 1 : Plan du Hall, env. 50 à 90 m. I injecteur, R anneau,  $\pi M1$ ,  $\pi E1$  etc faisceaux de pions,  $\mu E1$ ,  $\mu E2$  etc, faisceaux de muons, pM1 faisceaux de pions polarisés, nE1, nE2 faisceau de neutrons. Cible M produit les  $M1$ , pM1 etc, cible E produit les  $\pi E1$ ,  $\eta E2$  etc, L30B20, L44B06 repères dans le plancher Pf1 - Pf10, RN, RNW, U3 (anneau) etc repères sur piliers et consoles.

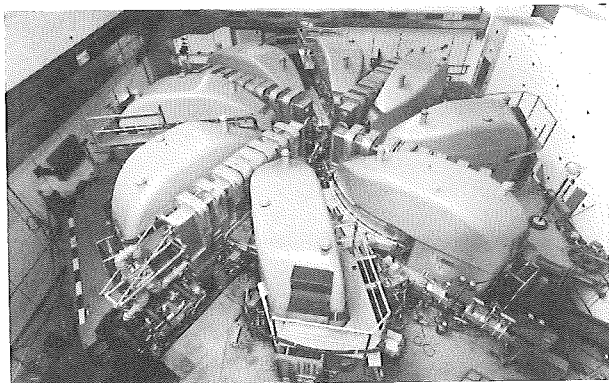


Fig. 2 : Anneau - sur chacun des 8 aimants on aperçoit trois références.

fut établie. Avant le début des travaux de montage, un certain nombre de points de référence fut installé. La triangulation et le nivellement ont fourni les coordonnées exactes de ces points.

### Intercalation de points et mesures de déformation

Une fois l'installation commencée et la disposition des blindages définie, un certain nombre de points supplémentaires a été matérialisé. Par une triangulation étendue complétée par un nivellement, les coordonnées de tous les points ont été déterminées. La plupart des points de la métrologie de base ont pu être compris dans cette nouvelle métrologie. Quelques blindages étant déjà construits, on a tiré des informations concernant la stabilité des fondations.

Pour mesurer ces déformations, des nivellements supplémentaires ont été effectués.

### Mise à jour de la triangulation

Au cours des années, la triangulation fut complétée par de nouveaux points. A cause des affaissements causés par la construction progressive des blindages, l'altitude de certains points a dû être corrigée.

### Contrôle géométrique des composants en usine

Ces dernières années, on a eu à nouveau recours à la métrologie pour le contrôle géométrique des composants servant au guidage des faisceaux. Le contrôle de la géométrie a été réalisé par les méthodes usuelles à l'aide des instruments de géodésie et de jauges.

### Métrologie magnétique

En principe, les champs magnétiques des composants servant au guidage des faisceaux doivent être disposés correctement dans l'espace. A cet effet, le Groupe "Aimant" du SIN a exécuté une mesure du champ magnétique pour déterminer la position théorique des pôles magnétiques. Étant donné qu'il n'est généralement pas possible pour le réglage de se servir des pôles des aimants après montage, ceux-ci sont munis de références (fig. 3). A l'aide de procédés géodésiques, on établit une relation entre la géométrie des pôles et les repères. En vue du réglage des aimants, il y a souvent avantage à mettre les repères dans une position déterminée par rapport aux pôles.

La métrologie des aimants fournit également des informations utiles sur la précision de la géométrie des pôles.

### Implantation et montage des différents composants de l'installation

Avant le début du montage, la position des différents composants est tracée sur le plancher. Le cas échéant, il y a lieu de régler différents éléments des composants en planimétrie et en altimétrie pendant le montage. Un réglage approximatif des composants est réalisé en mettant les dispositifs de réglage en position moyenne à l'aide de moyens mécaniques. Lors du réglage approximatif, des défauts du dispositif de réglage apparaissent également et, du point de vue de la métrologie, ce réglage représente une répétition générale très utile.

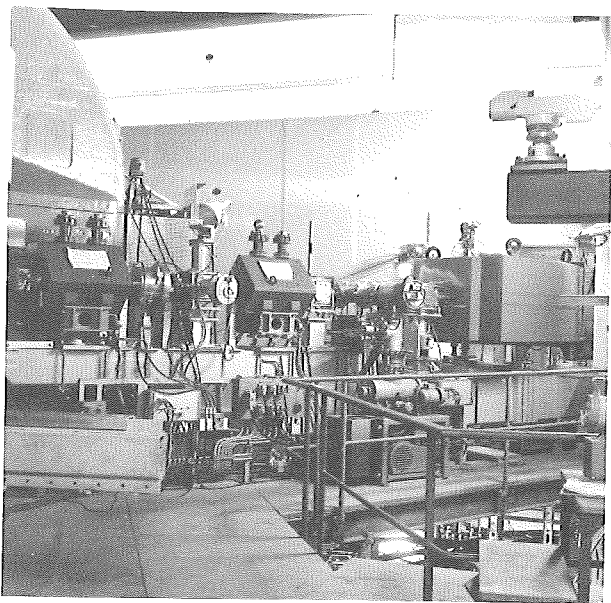


Fig. 3 : Guidage des faisceaux - Extraction du faisceau de protons de l'anneau. De g. à D : quadrupole avec références, électrode de détection, quadrupole avec références, électrode de détection, pompe à vide, électrode de détection, aimant de déviation, console RSW avec niveau Ni 1.

### Réglage de l'installation

Le réglage géométrique de l'installation est la tâche principale de la métrologie. Par réglage d'un composant, nous comprenons l'exécution d'un mouvement qui a pour but de mettre ce composant dans une position théorique partant de la position effective. La position effective peut être déterminée par des procédés géodésiques. Partant des écarts entre les positions effectives et théoriques, on calcule des corrections appropriées et facilement mesurables. On peut exécuter le réglage nécessaire à partir de ces résultats. Finalement, on détermine pour contrôle la nouvelle position effective, qui doit correspondre à la position théorique dans des tolérances données.

### Précision nécessaire du réglage

La question de la précision du réglage est importante, mais il n'est pas facile d'y répondre. En diverses circonstances, le SIN a eu des exigences qui n'avaient aucun rapport avec la précision de l'exécution mécanique des éléments de machine essentiels ou qui, par suite de l'insuffisance des dispositifs de réglage, ne pouvaient pas être atteintes. D'ailleurs la

stabilité des constructions ne correspondait pas toujours aux exigences de précision. En prenant en considération ces difficultés, il fallait examiner si l'on pouvait s'accommoder d'une précision de réglage réduite. Dans le cas contraire, il a fallu chercher des solutions appropriées. Avant tout, des améliorations de la construction entrent en ligne de compte, de même que l'emploi d'aimants de correction. En outre, il est souvent difficile de définir d'une manière appropriée les précisions relatives qui sont d'une importance capitale pour les problèmes de métrologie du SIN. Vu la complexité des installations, il ne fallait pas s'attendre à résoudre en un temps limité le problème de précision partant d'une théorie générale des erreurs de toute l'implantation. Lors de la planification des travaux de métrologie, on a admis que la précision relative entre deux composants voisins devait atteindre :

- erreur moyenne des coordonnées : 0.1 mm
- erreur moyenne des azimuts, angles verticaux, inclinaisons :  $0.1 \text{ mrad} = 64 \text{ cc} = 0.1 \text{ mm/m}$

## 3 — GÉNÉRALITÉS CONCERNANT LE RÉGLAGE DE L'INSTALLATION

Le réglage est le mouvement que subit le corps pour le transporter d'une position effective dans une position théorique. Un mouvement tridimensionnel comprend six degrés de liberté qui doivent être choisis d'une façon appropriée.

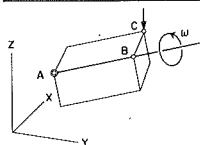
### Définition de la position théorique

Pour indiquer la position théorique d'un corps, il faut en premier lieu, se mettre d'accord sur les éléments de référence. Comme références, entrent en ligne de compte des points, des droites, ou des plans de référence. La position théorique d'un corps se définit alors en indiquant la position théorique des éléments de référence. Les éléments de référence doivent définir la position du corps avec une précision suffisante. Pour cela, il faut que la qualité de l'exécution et les positions réciproques des éléments de référence soient satisfaisantes. Une métrologie est nécessaire pour le réglage : le positionnement des éléments de référence doit s'ajuster aux méthodes de mesure possibles. En fin de compte, le réglage se simplifie si les éléments de référence se situent convenablement par rapport au dispositif de réglage. De ce fait, les coins, les arêtes et les surfaces des pôles magnétiques ne peuvent pas être employés comme éléments de référence. Ces éléments de référence primaires sont remplacés par des repères secondaires.

Il faut six grandeurs, les paramètres de référence, pour définir la position d'un corps. Conformément au choix des éléments de référence, il y a avantage à employer comme paramètres de référence des grandeurs qui sont facilement déterminables géométriquement.

Pour le choix des paramètres de référence des réflexions sur la précision jouent un rôle important. De plus, il faut prendre en considération que, par exemple, deux points définissent une distance, nécessitant six paramètres, alors qu'une droite est définie par quatre paramètres seulement.

Élément de référence	Paramètre de référence
Point	Coordonnées dans un système de coordonnées libre
Droite (axe)	a) Coordonnées de 2 points b) Coordonnées d'un point et azimuth et angle vertical d'une direction. Pour une direction à peu près verticale, on se servira des deux composantes d'inclinaison
Plan	a) Coordonnées de 3 points b) Coordonnées d'un point et azimuth et angle vertical de la perpendiculaire au plan ; pour des plans à peu près horizontaux, on se servira des 2 composantes de la perpendiculaire.



Point A : coordonnées X, Y, Z  
Droite (A, B) : azimuth  $\alpha$ , angle vertical  $\beta$   
Point C : élévation Z

Pour le cas décrit ici, le choix suivant des six paramètres de référence est convenable. (A, B) est l'arête la plus longue et le coefficient différentiel  $dZc/d\omega$  est plus grand que  $dXc/d\omega$  ou  $dYc/d\omega$ .

#### Détermination des valeurs théoriques des paramètres de référence

En principe, la position théorique des dipôles et des quadrupoles est le résultat des mesures des champs magnétiques et des calculs de faisceaux optiques. Pour le réglage, les physiciens fournissent à la métrologie les valeurs théoriques des paramètres de référence qui se basent sur des éléments de référence primaires. En général, ceux-ci ne peuvent pas être employés pour le réglage. Il en découle qu'il faut d'abord munir les aimants d'éléments de référence

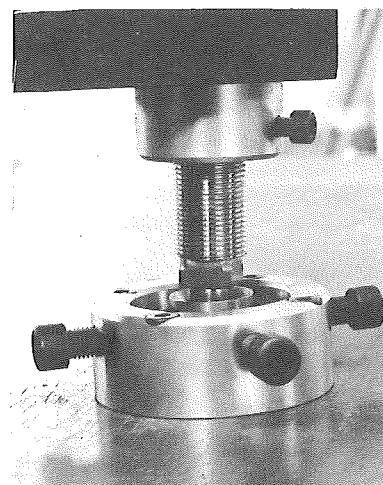


Fig. 4 c : Pied de réglage

secondaires. La métrologie détermine la relation entre les éléments de référence primaires et secondaires, afin de pouvoir transformer les valeurs théoriques des paramètres de référence.

#### Détermination des valeurs effectives des paramètres de référence

Pour la détermination des coordonnées de points, tous les procédés de mesure géodésique sont à disposition. En certains cas, les directions d'axes ou de normales peuvent être déterminées directement (cf § 4). En suivant la pratique géodésique, on se servira autant que possible d'observations surabondantes, surtout pour avoir un contrôle des mesures et des calculs. Dans la plupart des cas, une compensation par la méthode des moindres carrés est inutile.

#### Réglage

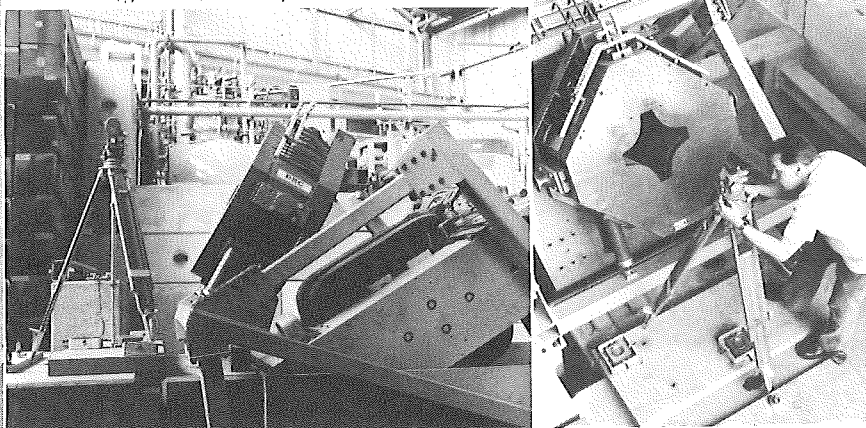
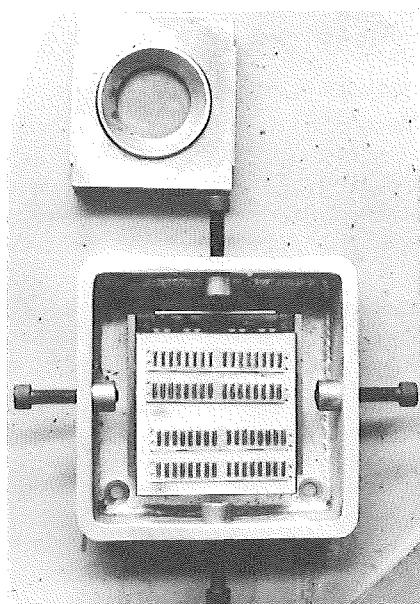
Normalement, les différents composants sont placés sur trois pieds de réglage. Les points d'appui peuvent être déplacés en position et en hauteur.

La précision des procédés de réglage est fonction de celle de la détermination préalable des valeurs effectives des paramètres de référence.

Procédé par itération. Admettons comme paramètre de référence les coordonnées de points et les composants d'inclinaison d'axes à peu près verticaux. Les déplacements de points de référence peu-

Fig. 4 c

Fig. 5 : Réglage des composants du faisceau  $\pi E3$ . L'axe du faisceau est dans un plan vertical. Quadrupoles, aimant de déviation, blindages en acier et en béton. Plomb optique (droite) et DKM-2A (gauche) sur trépied.



vent par exemple être mesurés en observant les différences d'azimut, de distance et de hauteur avec le théodolite, un appareil de mesure de distance et un niveau. Les modifications des composants d'inclinaison peuvent être contrôlées au moyen d'un niveau d'atelier.

On calcule, à partir des différences entre valeur effective et valeur théorique des paramètres de référence, les différences d'observation. En additionnant ces différences d'observations aux observations effectives, on obtient les lectures théoriques.

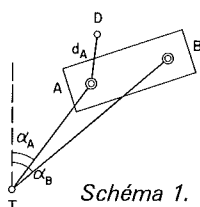


Schéma 1.

Il faut observer 6 grandeurs, par exemple :

- azimut  $\alpha_A, \alpha_B$
- distance  $d_A$
- élévation  $H_A$
- inclinaison  $\xi_A, \eta_B$

T et D sont des points quelconques dont les coordonnées ne doivent pas être connues avec grande précision.

Dans ce procédé différentiel, les erreurs instrumentales ne jouent aucun rôle. Il suffit par exemple d'observer les directions dans une seule position de l'instrument. Finalement, il suffit d'actionner les dispositifs de réglage de manière à ce que toutes les six lectures correspondent aux lectures théoriques. Pour cela, il faut imaginer un procédé d'itération dépendant de la situation des dispositifs de réglage et des éléments de référence qui converge rapidement.

Procédé analytique. Il existe des cas dans lesquels les hypothèses qui sont à la base du procédé par itération ne sont pas applicables. Les déplacements à faire subir aux pieds de réglage peuvent être calculés, étant donné que ceux-ci peuvent être facile-

ment surveillés par des comparateurs. L'inconvénient de ce procédé est que le déplacement des pieds est un peu compliqué à déterminer. En partant des différences entre valeurs théoriques et valeurs effectives des paramètres de référence et de la position approximative des éléments de référence, on calcule les paramètres d'une transformation de coordonnées qui correspond au mouvement de réglage. Si les éléments de référence sont des points, on peut employer le procédé d'une transformation de Helmer tridimensionnelle. Avec les paramètres de transformation et la position approximative des pieds de réglage, on calcule les déplacements désirés des pieds. Ce calcul se fait facilement à l'aide d'un ordinateur. Le procédé analytique est plus précis que celui par itération.

Procédé d'implantation. Ce procédé est une variante du procédé par itération où l'on ne détermine pas de valeurs effectives des paramètres de référence. La précision est moindre que celle du procédé par itération, mais elle suffit dans de nombreux cas. Les valeurs théoriques des coordonnées des points de référence sont données ainsi que les valeurs théoriques des composantes d'inclinaison d'axes approximativement verticales. Il est admis que le point T de la figure ci-dessus soit déterminé avec précision. De cette façon, on peut calculer les éléments d'implantation pour cette station (valeurs théoriques des azimuts et distances). On lit sur les instruments ces valeurs comme lecture théorique. En opposition avec le procédé d'itération, il faut d'abord orienter le théodolite au moyen de directions de rattachement et déterminer la hauteur de l'axe de visée du niveau. Il y a lieu de prêter attention aux erreurs instrumentales, qui doivent être éliminées par des méthodes adaptées à ce procédé de mesure.

#### Contrôle

Après réglage, il faut procéder à un contrôle en déterminant les nouvelles valeurs effectives des paramètres de référence. Celles-ci doivent correspondre aux valeurs théoriques à l'intérieur des tolérances données. Dans le cas contraire, le réglage est à répéter.

## 4 — INSTRUMENTS DE MÉTROLOGIE ET PROCÉDÉS D'OBSERVATION

### Mesures de directions et d'angles verticaux

Le théodolite DKM 2A de Kern (Aarau) s'est révélé bon. Vu la place très restreinte au SIN et vu les exigences de précision, des accessoires appropriés jouent un grand rôle. Le problème des très courtes visées est facilement résolu par des lentilles additionnelles.

Des visées courtes impliquent en général de grands angles verticaux. De ce fait, le théodolite doit être mis rigoureusement à l'horizontale. Avec le DKM 2A, ceci se fait facilement à l'aide des lectures du cercle vertical.

Les problèmes essentiels des mesures de direction et d'angles verticaux au SIN sont la mise en station stable du théodolite et le centrage précis des théodolites et des mires. L'étroitesse de la place rend assez difficile une disposition convenable des points de stationnements (fig. 5, 6 et 11). Pour les points de sta-

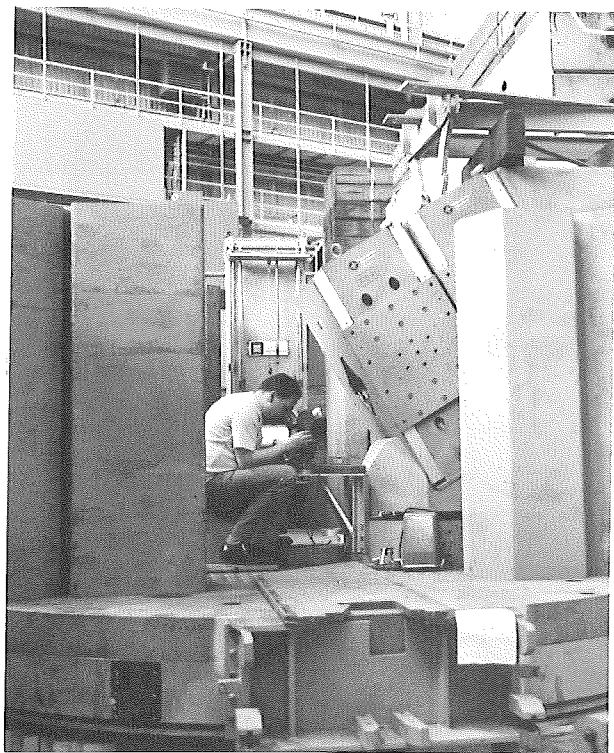
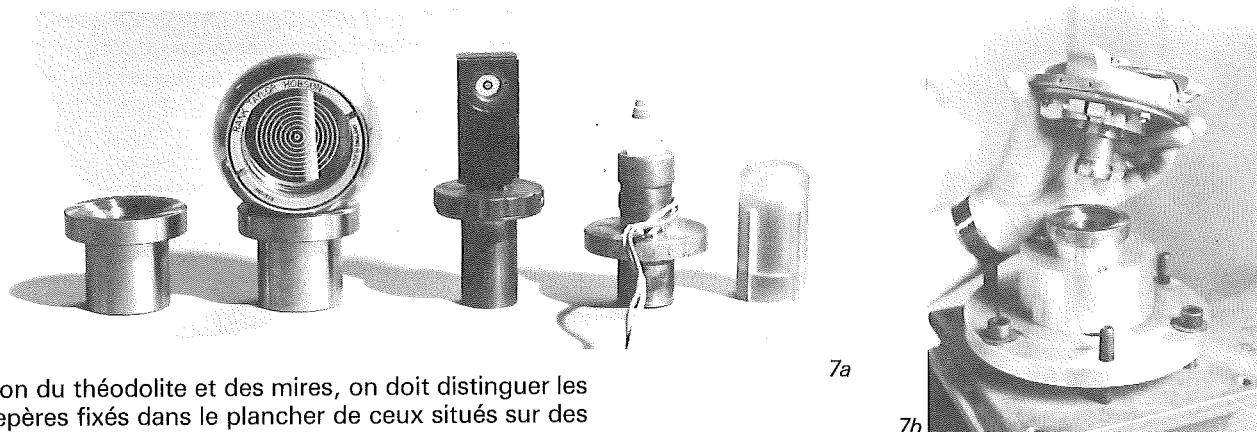


Fig. 6 : Réglage de quadrupoles du faisceau  $\pi E3$ . Station au centre de la cible E. DKM-2A avec lentilles additionnelles et oculaires coudés.



Fig. 7 : Accessoires pour repères sur piliers, consoles et aimants (7 b) plaque intermédiaire pour le centrage d'un DKM-2A avec arrêt azimuthal (7 a de g. à d.) alésages, point de visée Taylor-Hobson, point de visée Wild, point de visée resplendissant avec protection.



tion du théodolite et des mires, on doit distinguer les repères fixés dans le plancher de ceux situés sur des piliers, des consoles ou des aimants.

### Repères dans le plancher de la salle

- Alésages en acier inoxydable, usinage normal, diamètre intérieur 16.5 mm (fig. 8).
- Théodolite sur trépied en bois usuel (trépied à centrage Kern pour DKM 3 (fig. 5).
- Points de mire pour mesure des angles horizontaux et verticaux : mires qui s'emboîtent dans les douilles du plancher ou dans l'alésage central de la tête du trépied.
- Centrage par plomb optique (Kern, Aarau, fig. 9) et mire pour plomb optique (fig. 8) ou bien détermination de l'excentricité.

On a choisi la hauteur des mires de manière à ce que tous les repères indiquent le même point de l'axe de la douille qui peut être un peu incliné. Les douilles sont fixées avec de l'araldite dans les trous forés.

### Repères sur piliers, consoles, aimants

- Alésages de précision en acier trempé, diamètre intérieur 30 mm (alésage CERN, fig. 7).
- Théodolite centré sur plaque intermédiaire avec dispositif d'arrêt azimuthal.
- Points de visée pour des angles horizontaux et verticaux de diverses tailles.
- Centrage des alésages CERN sur les consoles au-dessus des points du plancher par plomb optique sur plaque intermédiaire spéciale et mire pour plomb optique (fig. 9).

La matérialisation des points par des alésages CERN permet une mesure de distance précise avec des fils d'invar ou des jauges. Les alésages usinés avec précision fournissent un axe dont l'inclinaison peut être déterminée avec grande précision. On peut monter les alésages de façon à ce que leur axe soit vertical à 01 mrad (= 64 cc) près. Les alésages CERN

placés sur les aimants ne déterminent pas seulement un point de référence mais aussi une droite de référence.

### Nivellement

Pour la détermination précise des différences de hauteur, nous employons les niveaux Ni 1 (Zeiss Oberkochen) et N3 (Wild Heerbrugg). Le compensateur du Ni 1 rend les mesures très aisées. Le réglage de cet instrument n'est pas très stable et le compensateur est influencé par les champs magnétiques résiduels. Le réglage du niveau est d'une importance capitale étant donné que l'étroitesse des lieux oblige de travailler avec des longueurs de visée inégales. Le N3 n'a pas ces inconvénients et permet une portée minimale de 0.45 m. Les points au sol se nivellent de la manière usuelle en se servant de préférence d'une mire industrielle (fig. 12, graduation sur ruban d'invar) et de chevilles (fig. 8). Il est souvent utile d'employer des alésages CERN sur consoles et aimants comme points de stationnement (fig. 3). En général, celles-ci se trouvent à peu près à la même hauteur, environ à 2.0 m au-dessus du plancher du hall. Pour pouvoir stationner le niveau, on a besoin d'une plaque intermédiaire.

Les différences de hauteur entre les alésages CERN étant petites, des mires courtes suffisent (fig. 13). Pour la détermination de la différence de hauteur point sur plancher-alésage CERN, il existe des trépieds spéciaux (Wild) qui permettent une hauteur de l'instrument de plus de 2 m. Depuis un certain temps, on se sert, vu l'étroitesse des lieux, d'un niveau hydrostatique avec signal sonore lors du contact (fig. 10) pour les mesures altimétriques réciproques entre zones séparées. Les tuyaux de connexion peuvent en partie être installés dans des canaux à câble ou dans

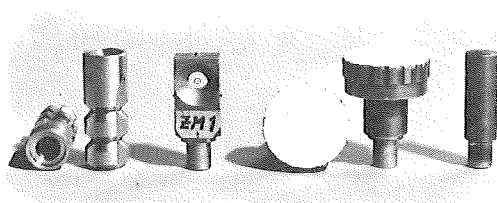


Fig. 8 : Accessoires pour repères dans le plancher du hall. Alésages, point de visée, mire pour plomb optique, cheville de nivellement (de g. à d.).

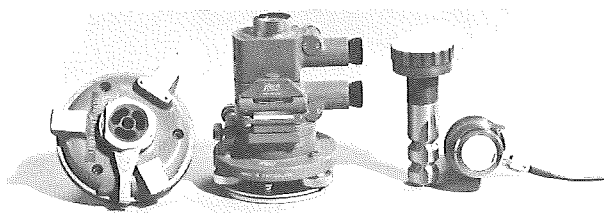


Fig. 9 : Centrage par plomb optique : plaque intermédiaire, plomb optique OL (Kern), mires pour plomb optique (de g. à d.).



les fentes d'aération des écrans de blindage. En considérant les différences de température et de pression dans les divers endroits, les résultats donnent des valeurs correspondant à ce qui était attendu.

### Mesures de distances

La mesure de distance par fils d'invar (fig. 11) se fait selon un procédé développé par le CERN. Pour le

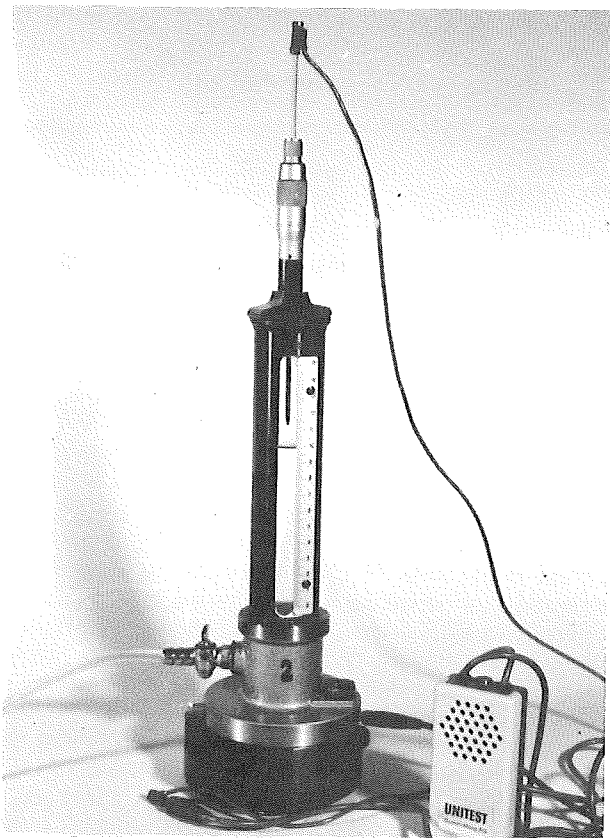


Fig. 10 : Niveau hydrostatique.

SIN, nous nous servons d'un appareil semi-automatique qui a été fabriqué comme DIM-CERN par la maison Huggenberger Zurich, selon les indications du CERN. Le DIM-CERN et le pivot sont placés dans des alésages qui définissent une distance inclinée. Avec l'appareil de mesure on peut appliquer une tension constante du fil d'invar et à l'aide d'un micromètre on lit la différence entre la distance inclinée et la longueur du fil qui est connue. La précision interne de mesure est de 0.01 mm d'erreur moyenne. Pour des travaux précis, les fils furent étalonnés sur le comparateur du CERN. Pour obtenir une longueur des fils aussi constante que possible, ceux-ci furent soumis, avant étalonnage, à un battage. Cette opération a montré que certains fils se raccourcissaient jusqu'à 0.3 mm/m. Le procédé de mesure de distance CERN est pratique et précis mais il a des exigences très strictes quant à l'exécution et à la stabilité des alésages. De plus, les mesures de distances doivent être effectuées en position horizontale — ou presque —.

Pour mesurer des distances courtes, on peut se servir d'une mire de précision horizontale. La figure 12 montre une mesure de distance avec une mire de précision horizontale de 1 m fabriquée spécialement pour les travaux SIN par la maison Kern, Aarau. La mire de précision horizontale se compose d'un tuyau en invar muni de points de mire sans système de réglage. Pour éviter la constante d'addition par rotation de 200 g de la mire de précision horizontale, les points de mire doivent être visibles des deux côtés.

Pour différentes raisons, on a placé des repères circulaires des deux côtés du support. La distance entre les repères a été étalonnée à l'aide d'une machine à mesurer les longueurs sur chaque face des repères. De plus, il faut connaître l'épaisseur du support de repères pour le calcul de la distance. Pour des distances horizontales de moins de 5 m on atteint une erreur moyenne de  $\pm 0.1$  mm. Les restrictions qu'il y

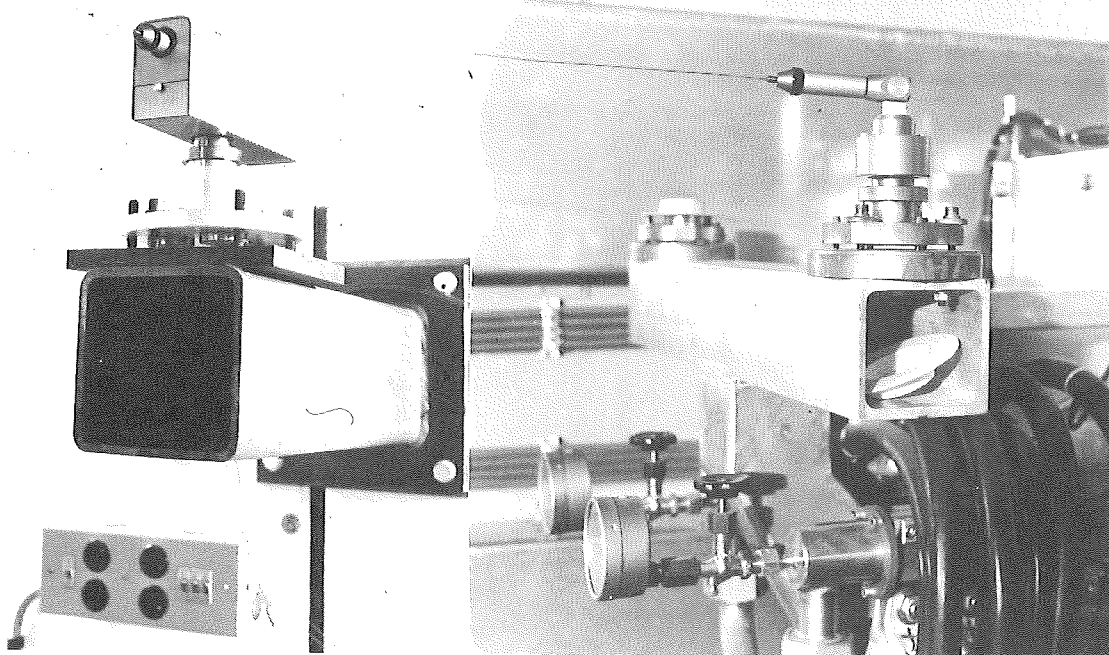


Fig. 11 : Mesure de distances avec fil d'invar. Appareil DIM-CERN sur console RSW, pivot sur AHA/A

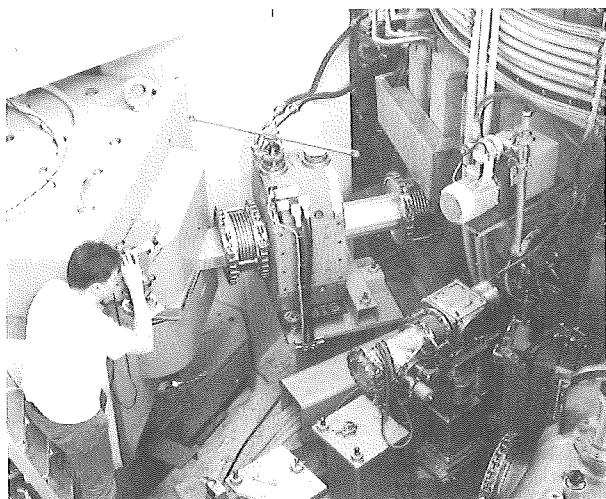


Fig. 12 : Mesure de distances avec mire de précision 1 m (Kern). DKM-2A sur console, fixé à l'aimant de déviation, mire sur quadrupole.

à lieu de faire pour les mesures de distances avec des fils d'invar n'existent pas pour les mesures avec la mire de précision horizontale. Par contre, l'application en est réduite à cause du manque de place.

Par ailleurs, on peut se servir d'instruments de mesure pour les constructions de machines usuelles, par exemple : jauges, pieds à coulisse, micromètres, etc. Pour des distances assez longues, on se servira occasionnellement du Mekometer ME 3000.

#### Détermination de l'inclinaison de droites et de plans

L'inclinaison des droites et des plans peut être déterminée indirectement en mesurant les points de ces éléments. Mais il existe aussi des procédés directs utilisables pour des droites à peu près verticales et des plans à peu près horizontaux. Pour les axes des alésages CERN verticalisés, nous nous servons de la méthode suivante :

- la manière la plus simple est de mesurer les composantes d'inclinaison sur deux directions perpendiculaires l'une à l'autre avec un niveau à bulle,

- pour de plus grandes inclinaisons, nous nous servons d'un clinomètre électrique (Minilevel de Wyler, Winterthur). L'inclinaison de la surface d'appui se lit sur un voltmètre digital.

La mesure de l'inclinaison de plans à peu près horizontaux se fait simplement avec un niveau à bulle.

La mesure de l'inclinaison de plans et de droites quelconques est plus délicate. On peut se servir de la méthode d'autocollimation. Si la droite est un axe mécanique, il est souvent possible de fixer un miroir sur l'arbre, perpendiculairement à l'axe. Pour les plans, on fixe le miroir parallèlement à ceux-ci. À l'aide du théodolite, on peut alors déterminer l'azimut et l'angle vertical de la perpendiculaire du miroir par la méthode de l'autocollimation.

## 5 — QUELQUES PROBLÈMES D'ORGANISATION DES TRAVAUX DE MÉTROLOGIE DU SIN

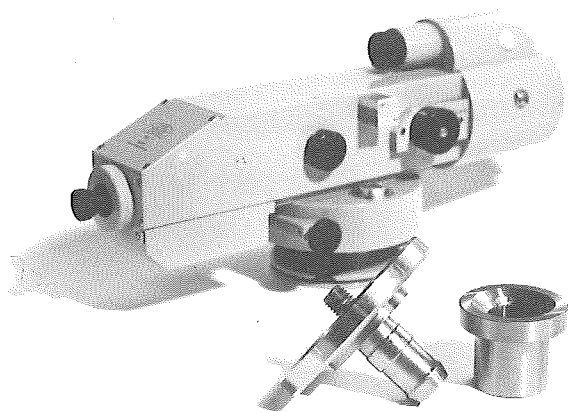
La métrologie au SIN doit résoudre des problèmes à la fois techniques et d'organisation. La solution des problèmes d'organisation est d'une importance primordiale pour la métrologie industrielle.

### Problématique dynamique

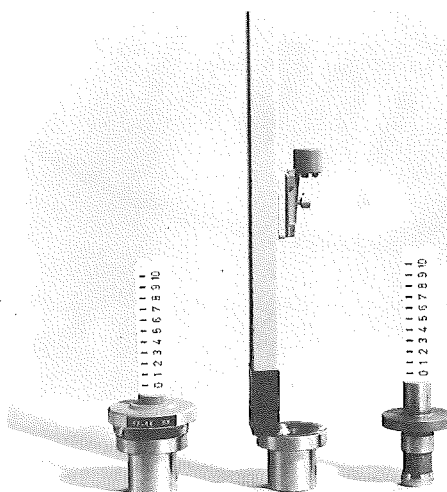
La métrologie doit s'incorporer dans un processus de montage compliqué. L'imprévu joue un rôle assez grand. Les circonstances et les problèmes changent continuellement. Au début des travaux de métrologie, nous ne pouvions pas nous faire une idée exacte de notre tâche. Il n'y avait guère de plans pour nos travaux préliminaires, et les plans existants ont été modifiés ultérieurement à plusieurs reprises. À cet égard, nous avons eu des difficultés particulières avec les blindages qui influençaient considérablement la conception de la métrologie. Grâce à un emploi circonspect des méthodes géodésiques, il a été possible de s'adapter assez bien aux situations.

### Planification des travaux

On évite des difficultés majeures si les mesures nécessaires peuvent être exécutées au bon moment. Il en découle que la planification des travaux est



13a



13b

Fig. 13 : Nivellement sur alésage CERN. Plaque intermédiaire pour centrage du niveau, mires divers : mini - mire Wild, mire industrielle, mire SIN.

d'une grande importance. En collaboration avec les personnes responsables, il faut mettre au clair et en détail ce qui doit être réglé, quand, avec quelle précision et dans quelles conditions. Ces préparations demandent beaucoup de compréhension et de temps. Avant tout il faut chercher et déterminer les cas difficiles, afin d'adapter les méthodes et les instruments.

#### **Problèmes en rapport avec les travaux de transformation et d'entretien**

Si, plus tard, différents composants de l'installation doivent être remplacés, il faudra accepter que le personnel soit exposé à la radioactivité. Cela pose à la métrologie des problèmes particuliers, surtout du point de vue de l'organisation : les travaux doivent être exécutés dans les plus brefs délais. Des composants variés, des exigences de précision différentes et surtout les conditions locales changeantes rendent difficile d'élaborer un procédé standard.

### **6 — APPLICATION DES PROCÉDÉS DE MÉTROLOGIE ET LEURS RÉSULTATS**

Les exigences de la précision de la métrologie géodésique étaient souvent indiquées "aussi précis que possible". C'était l'affaire de la métrologie de trouver

un compromis raisonnable entre la précision et la mise en œuvre nécessaire. Au début, les physiciens étaient très sceptiques à l'encontre de la métrologie. Aujourd'hui, elle est une petite roue dans le mécanisme complexe d'un établissement de recherche nucléaire dont on ne peut plus faire abstraction. Il en découle que la métrologie a manifestement rempli les exigences demandées et elle les remplira encore. Lors de la mise en fonction, l'installation a presque atteint le rendement attendu. Pour les installations récentes, par exemple Desy, Berlin ou Kapstadt, la métrologie fait également partie intégrante de la planification, de l'installation et de l'exploitation.

Le cadre et l'étendue de cet exposé ne permettent pas d'entrer dans les détails de l'application des procédés de la métrologie et de ses résultats. L'emploi des instruments décrits, l'application des procédés de mesure et le dépouillement des résultats représentent un travail de géodésie pénible. La métrologie se fait bien à l'exclusion de la météorologie, mais elle a une quantité d'autres difficultés à surmonter et se tient le plus souvent à la limite de précision instrumentale et du travail consciencieux des personnes qui les manient. Des deux elle exige de grands et suprêmes efforts.

■

**Ets GUIZOU**  
215, RUE DU ROUET  
13008 MARSEILLE



notre parc d'instruments  
topographiques  
à votre disposition



**91/79.41.41**



**ne restez pas  
en panne...**

**louez un appareil.**

**NIVEAUX  
THEODOLITES  
TACHEOMETRES  
DISTOMATS D13S  
LASERS**

Expédition Express sur toute la France  
Tarif location sur demande

# Topométrie industrielle et contrôle qualité

---

J. GERVAISE

Les domaines très voisins de la Topométrie industrielle et de la Métrologie industrielle occupent un créneau très étroit dans l'ensemble de la topographie.

La limite inférieure dans ce domaine commence là où la *métrologie proprement dite*, métrologie de laboratoire ou d'ateliers spéciaux, se termine. La limite supérieure, elle, est impossible à définir.

Dans un référentiel extérieur aux objets à mesurer, la *topométrie* industrielle fournit les paramètres nécessaires à la localisation spatiale de toute structure ou équipement faisant partie d'un ensemble. Tous les problèmes de détermination (X,Y,Z), d'alignement, d'installation, de contrôle, de lissage sont englobés dans cette définition. Cela peut aller du nivellement direct d'une structure linéaire — un rail par exemple — à l'installation géométrique (X,Y,Z) des milliers d'éléments du système de confinement magnétique d'un accélérateur de particules ou d'anneaux de collision.

Dans un référentiel propre à l'objet à mesurer, on désignera par *métrologie industrielle* la détermination ou le contrôle des dimensions et des formes de cet objet — pièce industrielle de grande dimension, détecteur de particules, antenne de radioastronomie, fusée, etc. — Chaque cas est un cas d'espèce et relève d'une méthodologie et d'une instrumentation particulières qui devront tenir compte du volume de l'objet, de sa forme, de sa localisation et de son environnement. Les précisions demandées sur les paramètres, ainsi que le temps imparti aux mesures doivent être discutés pour chaque ensemble d'opérations, en amont avec les responsables du projet, en aval avec les utilisateurs. De même que dans la topométrie industrielle, la liaison avec les mécaniciens et les électroniciens est essentielle. La connaissance des étalons est indispensable. Quand cela est possible, il faut chercher à effectuer des étalonnages fréquents, voire journaliers, exécuter des mesures "on line" sur ordinateur et automatiser les moyens de mesure.

En préparant cet exposé, qui doit servir d'introduction à ce colloque, je me suis rendu compte que les moyens mis en œuvre au CERN pour mener à bien les tâches confiées au Service de Géodésie et de Métrologie, comportaient déjà la notion de "qualité", telle qu'elle sera traitée cette après-midi.

Il est difficile de fixer le point de départ de ces techniques. Il serait bien étonnant que les constructeurs de pyramides n'aient pas fait de métrologie, sans aller jusqu'à faire dire aux mesures, actuellement accomplies, plus qu'elles ne le peuvent en mathématique et en astronomie. De même, dans ce que j'ai appelé la topométrie, prise ici au sens large, la première mesure connue d'un arc de méridien date de quelque 250 ans avant Jésus-Christ. Eratosthène avait noté que le jour du solstice d'été, à midi, le soleil est à la verticale de Syène (Assouan) en Égypte où il illumine le fond des puits ; il mesura sur le sol, à l'aide d'un gnomon (cadran solaire) l'extrémité de l'ombre portée du soleil à Alexandrie d'Égypte ce même jour, et trouva qu'elle faisait avec la verticale un angle de  $1/50^{\circ}$  de circonférence, soit  $7^{\circ}12'$ . Dans l'hypothèse d'une terre sphérique, et en supposant que les deux villes soient sur le même méridien, il suffisait de mesurer la distance les séparant pour connaître la valeur de la circonférence terrestre. Les marcheurs égyptiens, tous champions incontestés du double pas étalonné, évaluèrent cette distance à 5 000 stades égyptiens. La circonférence terrestre était donc de 250 000 stades. Le malheur veut que l'on ignore totalement la valeur en mètre du stade égyptien.

Dès 1795, la loi française mettait en place le système métrique décimal et illustrait son esprit d'universalité en introduisant une unité de longueur acceptable pour tous les pays : le mètre, un dix-millionième du quart du méridien terrestre. On en confectionna une image : une barre plate en platine.

En 1875, fut signée la Première Convention du Mètre et, en 1889, la Première Conférence des Poids et Mesures fit confectionner une nouvelle barre en platine irridié ayant un profil en X. Deux traits microscopiques délimitèrent entre eux une longueur qui, par définition, était adoptée comme le "mètre".

En 1960, lors de la Onzième Conférence générale des Poids et Mesures, trente deux gouvernements ont mis à la retraite, après soixante et onze ans de service, le vieux mètre-étalon. Considérant qu'il était désirable d'adopter un étalon naturel et indestructible, la Conférence décida que le mètre est la longueur égale à 1 650 763,73 longueurs d'onde dans le vide de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux  $2p_{10}$  et  $5d_5$  de l'atome de krypton 86.

En 1980, la nécessité de changer la définition du mètre dans un proche avenir ne provient pas principalement des besoins de la métrologie des longueurs. En effet, pour ces besoins, la réalisation pratique du mètre au moyen du  $^{86}\text{Kr}$  reste suffisamment précise et le laser asservi à 633 nm fournit un étalon secondaire bien adapté. Cette nécessité provient surtout du besoin de conserver l'intégrité de l'unité SI. En plus de la réalisation du mètre au moyen du  $^{86}\text{Kr}$ , il existe à l'heure actuelle trois autres valeurs de référence recommandées qui sont spécifiées avec la même exactitude. Ce sont la vitesse de la lumière  $c$ , la longueur d'onde du laser asservi sur le méthane à 3.39 nm et la longueur d'onde à 633 nm du laser asservi sur l'iode. Les progrès des techniques pour la mesure des fréquences des radiations visibles et la reproductibilité des étalons lasers dans le visible sont tels qu'il est reconnu que la reproductibilité des longueurs d'onde de ces étalons est plus que cent fois supérieure à la reproductibilité de l'étalon du  $^{86}\text{Kr}$  et que l'on peut obtenir des valeurs de leur longueur d'onde de différentes façons, ce qui peut conduire à des résultats cohérents dans les limites des incertitudes actuelles de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  mais dont les écarts sont supérieurs aux incertitudes expérimentales.

Cette situation risque de conduire à des incohérences et à une certaine confusion dans la spécification des longueurs d'onde des transitions spectroscopiques et des étalons de longueur d'onde. Des incohérences peuvent aussi apparaître entre des mesures de longueur extraterrestres qui sont fondées sur des observations de temps de vol et sur la vitesse de la lumière, et des mesures terrestres qui sont généralement fondées sur des étalons de longueur d'onde. Il ne peut être apporté de solution satisfaisante à ces problèmes qu'en changeant la définition du mètre de telle sorte que :

- ou bien l'on choisit un étalon unique de longueur d'onde offrant une reproductibilité appropriée, comme nouvel étalon primaire de longueur et de longueur d'onde,
- ou bien l'on opte pour une formulation qui, en fait, fonde le mètre sur une valeur de  $c$  adoptée conventionnellement.

Les plus récentes déterminations de  $c$  dans le vide sont les suivantes :

- BAY, LUTHER & WHITE (NBS Washington)  
 $c = 299\,792.462 \text{ km/s} \pm 0.18$
- BAIRD & Collab. (NRC Ottawa)  
 $c = 299\,792.457 \text{ km/s}$
- $c = 299\,792.460 \text{ km/s} \pm 0.25$
- EVENSON & Collab. (NBS Boulder)  
 $c = 299\,792.4562 \text{ km/s} \pm 0.011$

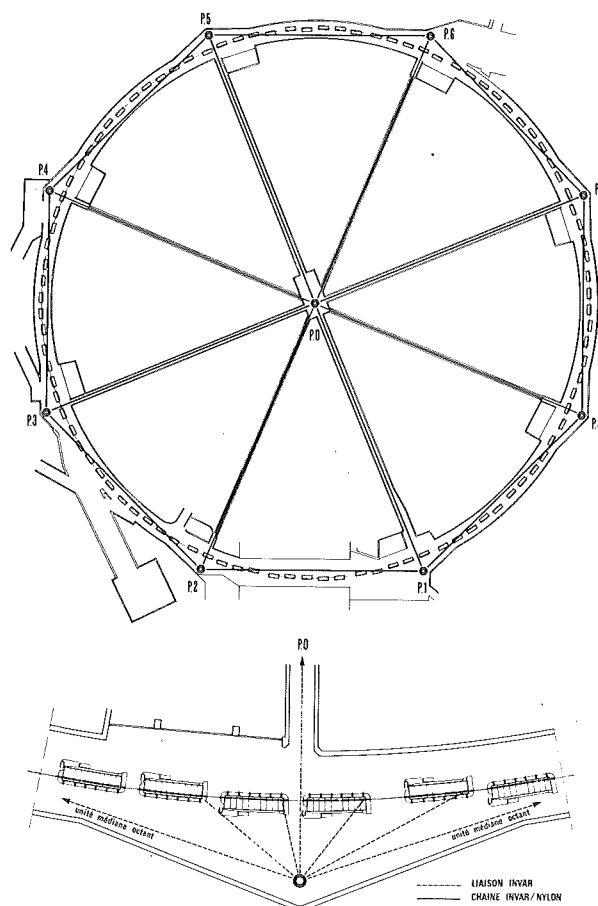
Ces résultats ont encouragé le CCDM à demander au CIPM de prendre en considération la nouvelle définition du mètre suivante :

"Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par les ondes électriques planes pendant une durée de  $1/299\,792\,458$  de seconde"

en vue de la proposer à la CGPM en 1983.

Entre le passé et l'avenir, j'ai choisi parmi les résultats obtenus au CERN, de présenter dans cet exposé les exemples suivants :

1. La mesure traditionnelle des longueurs telle qu'elle a évolué au CERN depuis 1955, ainsi que l'adaptation



Métrologie du Synchrotron à protons de 28 GeV

Fig. 1

des appareils de nivellement aux problèmes de la métrologie ;

2. La nécessité de mesures surabondantes pour pallier l'impossibilité de superposer deux figures de référence, sans la contrainte de devoir choisir arbitrairement des points fixes. Il n'est pas possible de fournir à l'intérieur d'une certaine fourchette les coordonnées X,Y,Z d'un ensemble mesuré plusieurs fois mais seulement d'effectuer le "lissage de la courbe".

## I — MESURE TRADITIONNELLE DES LONGUEURS, TELLE QU'ELLE A ÉVOLUÉ AU CERN DEPUIS 1955 ET ADAPTABILITÉ DES APPAREILS DE NIVELLEMENT AUX PROBLÈMES DE LA MÉTROLOGIE

La figure de référence du synchrotron à protons de 28 GeV (fig. 1) est un octogone régulier à point central. Tous les angles et toutes les distances ont été mesurés. Il fallait une figure de référence simple puisque les ordinateurs, en 1954, n'avaient pas fait leur apparition au CERN. Ceci entraîna le développement d'un ensemble d'instruments dont les performances ont été et restent remarquables.

Le théodolite (fig. 2) est centré sur le microscope de lecture des réglettes du fil d'invar. Le support du microscope est installé dans l'alésage à centrage forcé de la plaque de glissement à coulisses croisées solidaire du pilier de référence. Dans le même axe vertical, sur la lunette du théodolite, sont placés la mire et son éclairage. L'axe vertical est défini grâce à



des nivelles de T3 avec une précision inférieure à  $10\text{ }\mu\text{m}$ . Cet ensemble d'instruments forme un combiné qui évite tout excentrement et qui permet de mesurer à la fois les angles et les distances.

La poulie à couteau (fig. 3) est fixée sur un support indépendant du pilier. La tension appliquée au fil d'invar est de  $196.18\text{ N}$ . Sur les aimants (fig. 4), l'installation du combiné est la même que sur les piliers. Le point fixe permettant les déplacements du fil est supporté par un bras rigide monté sur le pont roulant.

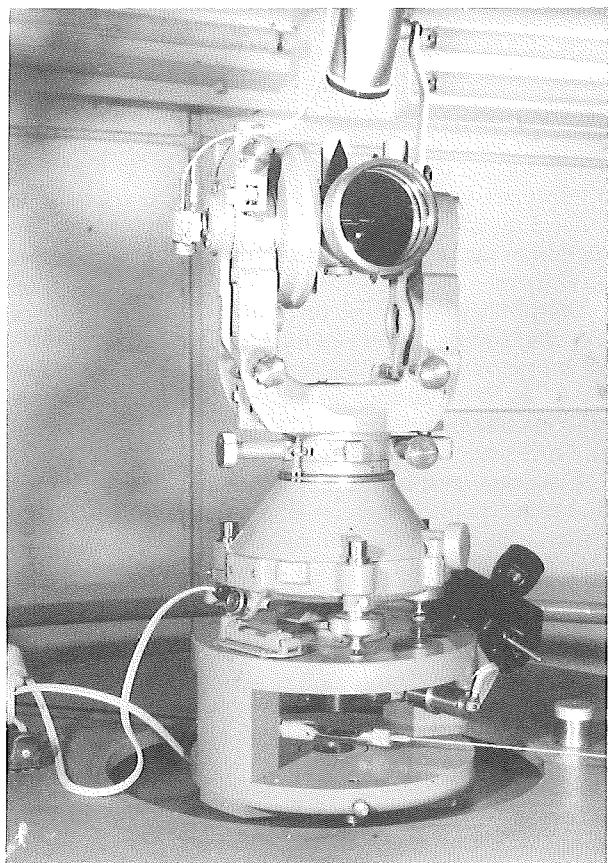


Fig. 2

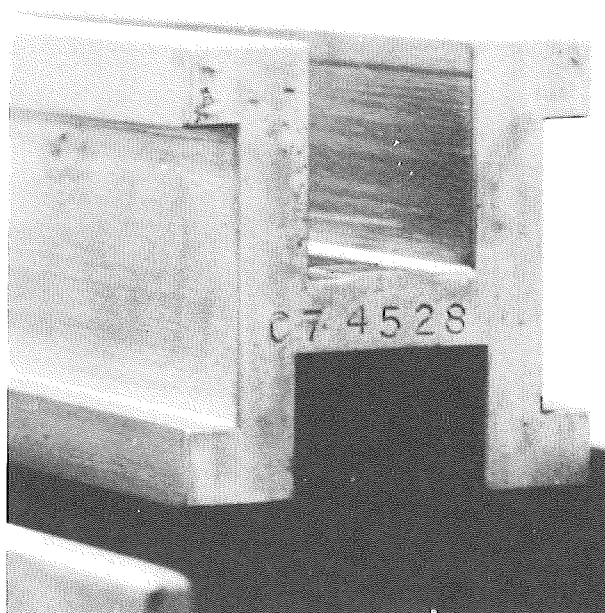


Fig. 5

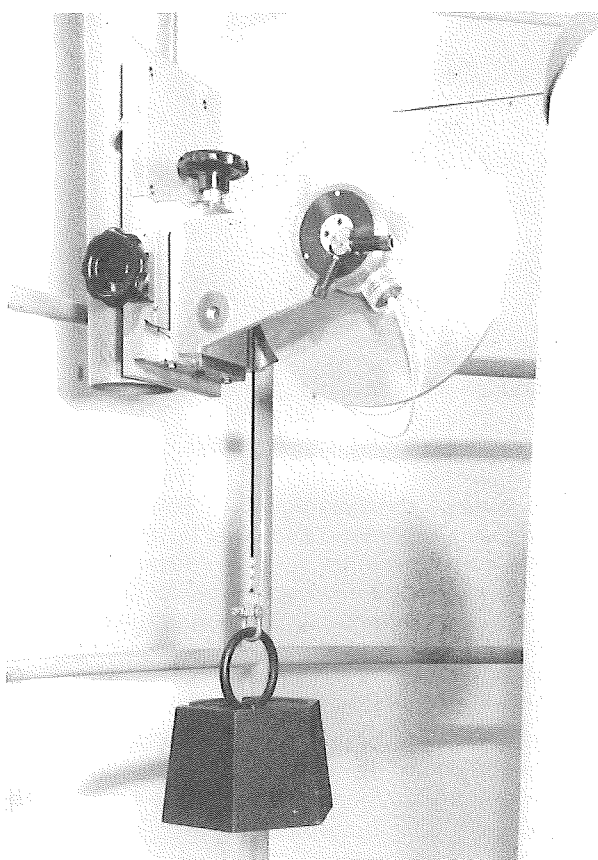


Fig. 3

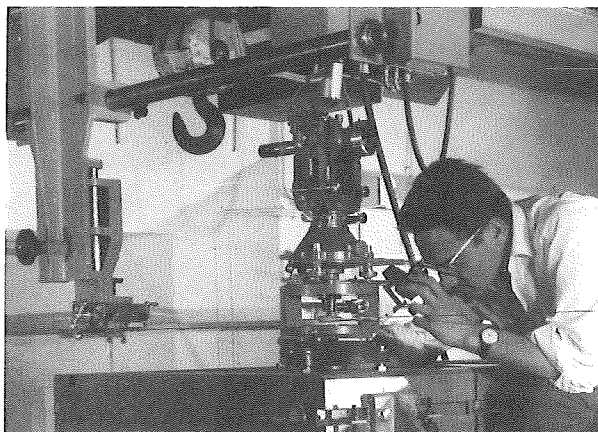


Fig. 4

Les mesures de longueur étant l'élément principal de toute la métrologie des accélérateurs circulaires de particules, il était essentiel de disposer dans le laboratoire de métrologie d'un étalon de longueur qui soit aussi voisin que possible du mètre étalon : une règle étalon de  $4\text{ m}$  en métal invar (fig. 5). Pour pouvoir en suivre l'évolution dans le temps, une règle de  $1\text{ m}$ , provenant de la même coulée est utilisée comme étalon primaire. Elle est comparée à intervalles plus ou moins réguliers à la radiation du krypton 86. La règle de  $1\text{ m}$  (No 10230) fournie par la Société Genevoise d'Instruments de Physique, a été étalonnée lors de sa fourniture, le 2 avril 1962. A cette date, la distance séparant les deux traits définissant la longueur de cette règle était à  $20^\circ\text{ C}$  de  $1\text{ m} + 0\text{ }\mu\text{m}$ . La figure 6 montre les valeurs d'étalonnage de la règle de  $1\text{ m}$  pendant la dernière décade.



Date	Valeur d'étalonnage	Ecart type de cette valeur
02.4.1962	1 m + 0 $\mu$ m	
31.7.1968	1 m + 1,17 $\mu$ m	0,026 $\mu$ m
11.4.1972	1 m + 1,11 $\mu$ m	0,018 $\mu$ m
29.1.1975	1 m + 1,15 $\mu$ m	0,028 $\mu$ m
5.10.1979	1 m + 1,08 $\mu$ m	0,020 $\mu$ m

Fig. 6

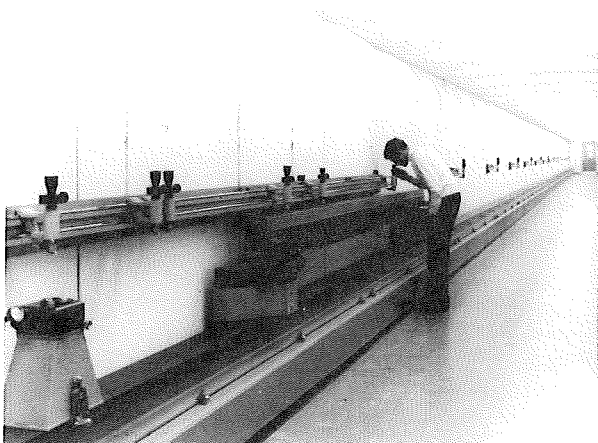


Fig. 7

Dans la base d'étalonnage du CERN (fig. 7), le banc de mesure permet d'étalonner les fils d'invar de longueur comprise entre 0,40 m (distance la plus courte séparant deux microscopes de lecture et deux supports de mire visibles sur la photographie au premier plan à gauche) et 56 m. Pour pouvoir mesurer les longueurs fractionnaires et non multiples de 4 m, le premier mètre de la règle est divisé en millimètres.

On a fait l'hypothèse que, pendant la durée de l'étalonnage d'un fil d'invar, environ un quart d'heure, la paroi du tunnel, recouvert de 4 m de terre

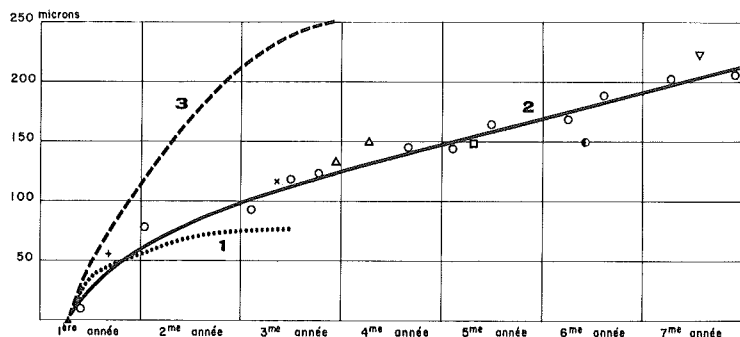
au minimum, restait stable dans ses dimensions. Cette hypothèse qui s'est révélée juste, a permis de fixer sur cette paroi les supports des microscopes. Il y a 13 supports fixes pour les reports de 4 m. Sur une longueur de 4 m, un support en fonte, portant deux rails de guidage en acier trempé, superposés et décalés, permet le positionnement isostatique des microscopes mobiles. Cette partie est utilisée pour l'étalonnage des longueurs fractionnaires. Tous les microscopes sont interchangeables, mais une fois posés sur leur support, ils restent isostatiquement fixes durant la durée de l'étalonnage.

Chaque microscope est équipé d'un objectif KERN de grossissement 3 et d'un micromètre oculaire H 4B de grossissement 10. Le grossissement total est de 30 et la distance focale de 46 mm. L'éclairage en lumière verte de la surface spéculaire de la règle est obtenu par un petit phare et un cylindre d'éclairage muni d'un miroir qui couvre la moitié du champ. La répétition de lecture avec ce type de microscope est de 0,5  $\mu$ m.

Un monorail en forme de double T, de 200 mm par 200 mm, sert de chemin de roulement à la règle de 4 m. Sa forme permet de fixer tous les supports nécessaires à l'étalonnage tout en acceptant avec des déformations très faibles les efforts de traction importants, de l'ordre de 150 à 200 N.

L'allongement de fils ou rubans d'invar en fonction du temps de mise sous tension a été mis en évidence grâce à la sensibilité du matériel utilisé au CERN. Notre attention fut attirée sur ce phénomène dès la première mesure d'un rayon de 105,85 m du synchrotron. En effet, le système de mesure, tel qu'il était réalisé, permettait de mesurer des déplacements de l'ordre de 1  $\mu$ m. Comme nous avons mis en évidence par la suite que l'allongement du fil était fonction de sa longueur, il était donc naturel que, dès le premier emploi des fils les plus longs, nous puissions nous apercevoir de cet allongement. Immédiatement alerté, le Bureau International des Poids et Mesures entreprit une série de tests sur des fils d'invar de 24 m, tests qui vinrent confirmer nos résultats. Ne pouvant nous soustraire à cet allongement, il fallut trouver une méthode de mesure qui élimine ces effets.

Les courbes de la figure 8 montrent les allongements des fils ou rubans de 24 m mesurés au BIPM et au CERN :



- 1 fil d'invar BIPM de 24 m n° 796 - traction 98,09 N
- 2 ruban voyageur BIPM de 24 m n° 2 - traction 98,09 N
- 3 fil d'invar CERN de 24 m - traction 196,18 N

Lieux d'utilisation du ruban voyageur  
 O Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres.  
 ▲ National Bureau of Standards, Washington.  
 + National Physical Laboratory, Teddington.  
 x National Standards Laboratory, Chippendale.

Fig. 8

▲ Institut Central de Recherches Scientifiques de Géodésie, Moscou.  
 □ Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig  
 ● Institut Géodésique de Finlande, Helsinki  
 ▼ Geographical Survey Institute, Tokyo

ALLONGEMENT DE FILS ET RUBANS D'INVAR EN FONCTION DU NOMBRE D'ANNÉES D'UTILISATION

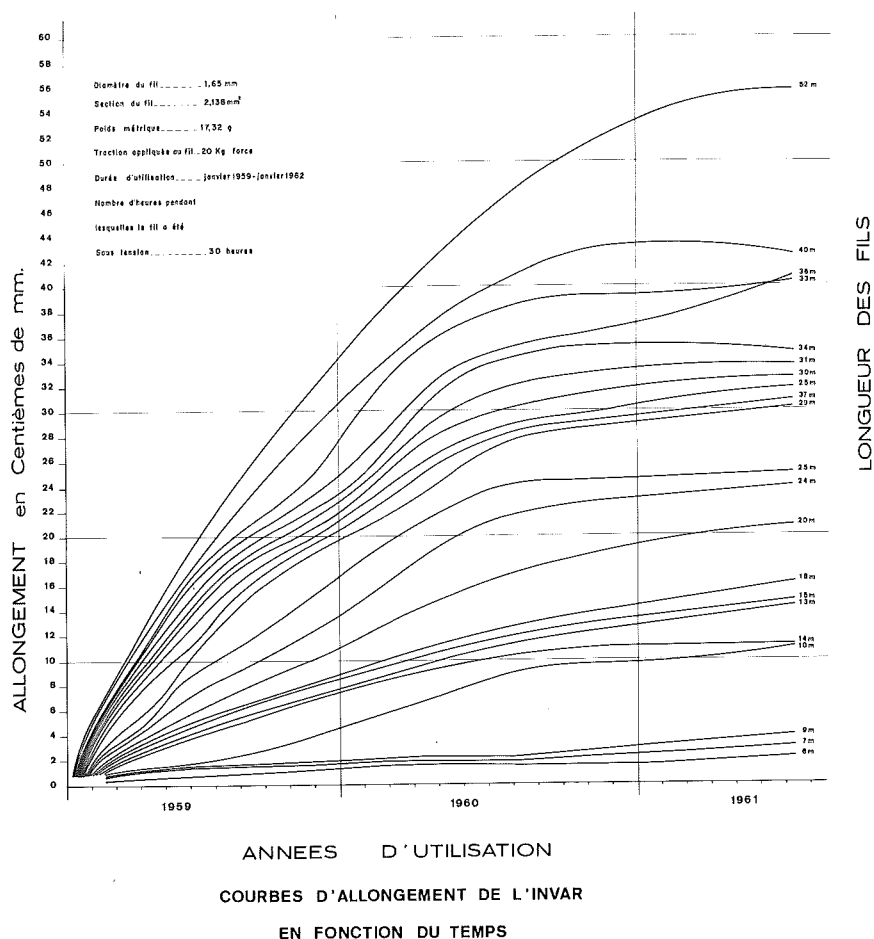


Fig. 9

— La courbe 1 correspond à la moyenne des allongements des fils d'invar de 24 m No 109 et 796 sous traction prolongée de 98.09 N pendant une année.

— La courbe 2 illustre les variations de longueur d'un ruban voyageur du BIPM de 24 m sous traction de 98.09 N en fonction du temps. Le ruban de 24 m en invar circule depuis 1955 dans six laboratoires équipés pour la mesure des étalons géodésiques. Les valeurs trouvées lors des étalonnages dans ces différents laboratoires ont permis de construire cette courbe.

— La courbe 3 est la moyenne de fils de 24 et 25 m étalonnés au CERN pendant plus de deux ans et

de 196.18 N.

La figure 9 montre, en fonction du temps, l'allongement du fil d'invar sous 196.18 N de traction. On voit que l'allongement est directement proportionnel au temps pendant lequel les fils ont été mis sous tension et à la longueur des fils.

La figure 10 illustre la deuxième partie du paragraphe précédent, à savoir qu'à traction constante, pour une même durée d'utilisation, l'allongement est une fonction linéaire de la longueur des fils. L'allongement moyen dans les conditions des étalonnages faits au CERN est, pour une période d'utilisation de

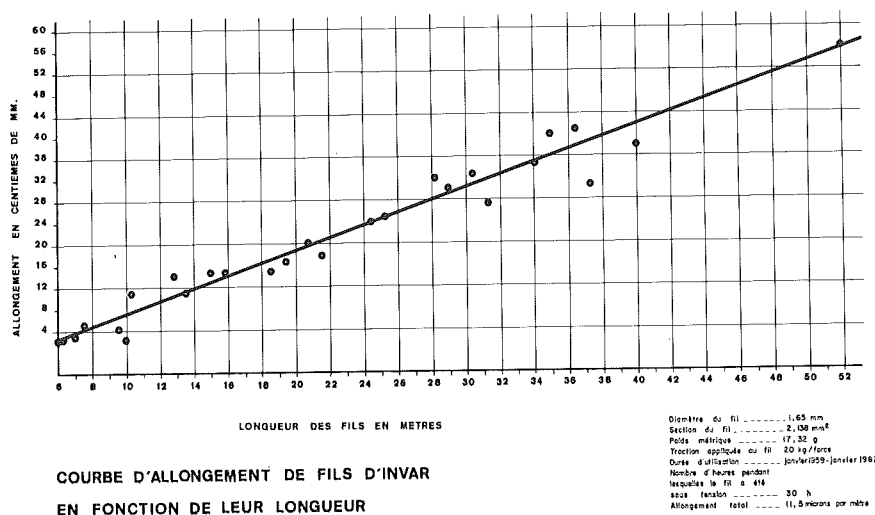


Fig. 10

30 heures échelonnées sur plus de deux ans, de 11,5  $\mu\text{m}$  par mètre. Pour des fils de 105.85 m, on calcule aisément que dans ces conditions, l'allongement du fil sous une traction de 198.16 N est de l'ordre de 0.6  $\mu\text{m}$  à la minute. Cette quantité a été confirmée par l'expérience, car elle est très facilement mesurable avec le système de mesure employé. En fait, ce sont ces résultats qui ont entraîné toute cette étude.

La concordance des résultats trouvés au CERN avec ceux du BIPM montre la qualité de l'appareillage mis au point par l'atelier de mécanique du CERN, ainsi que la qualité des mesures réalisées ; il est aussi significatif de noter que, dans tous les procès-verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures depuis 10 ans, le laboratoire de Métrologie du CERN soit mentionné à propos des études sur l'utilisation de l'invar.

Dans la valeur d'étalonnage des fils, on introduit la variation de longueur due à la dilatation du fil d'invar. En effet, lors de la livraison des torches d'invar, le BIPM prélève à notre demande aux deux extrémités de chaque torche, un échantillon de 24 m de longueur, après étuvage à une température maximum de 76° C.

Chaque échantillon est étudié séparément en le portant successivement à des températures voisines de 40, 22.5, 5, 5, 25.5 et 40° C dans le dilatomètre de 24 m situé dans la base géodésique du Bureau international des Poids et Mesures. Le fil est soumis pendant les mesures à une traction de 10 kg/force. La température est mesurée par huit thermomètres à mercure placés au voisinage immédiat du fil et les allongements sont déterminés à l'aide de deux microscopes micrométriques scellés dans le mur de la base, chacun à une des extrémités du dilatomètre.

Les valeurs du coefficient moyen de dilatation entre 0 et t° C ont été mesurées pour les différentes torches d'invar utilisées au CERN.

La formule employée pour déterminer ce coefficient de dilatation est la suivante :

$$l = l_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

d'où

$$dl = l_0 dt (\alpha + 2\beta t)$$

Ce sont les deux coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  qui figurent dans le tableau (fig. 11).

Les valeurs du coefficient moyen de dilatation entre 0 et t° C ont été mesurées pour les différentes torches d'invar utilisées au CERN.

La formule employée pour déterminer ce coefficient de dilatation est la suivante :

$$l = l_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

d'où

$$dl = l_0 dt (\alpha + 2\beta t)$$

Ce sont les deux coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  qui figurent dans le tableau. Exemple : torche 1 (1957) extrémité A :

$$17^\circ \text{ C} = (-0.012 + 2 \times 0.00315 \times 17) 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$17^\circ \text{ C} = +0.095 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

Dès que le synchrotron de 28 GeV fut entré en fonctionnement, nous avons entrepris le développement et la mise au point d'un appareil nouveau : le Distinvar (fig. 12) qui puisse conserver la précision d'étalonnage dans les reports tout en permettant une plus grande rapidité d'emploi.

Pour tenir compte de l'allongement de l'invar et afin de le maintenir dans des limites raisonnables, il a été

COEFFICIENT MOYEN DE DILATATION POUR LES TORCHES D'INVAR UTILISEES AU CERN				
Année	Torche	Extrémité	$\alpha$	$\beta$
1957 Coulée 80.906	1	A	(- 0.012 + 0.003 15 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
		B	(+ 0.005 + 0.003 12 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	2	A	(+ 0.018 + 0.003 10 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
		B	(+ 0.014 + 0.003 06 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	3	A	(- 0.019 + 0.003 06 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
		B	(+ 0.020 + 0.002 99 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
1962 Coulée 80.906	3	B	(+ 0.020 + 0.003 15 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
1968 Coulée 78.621	2	A	(+ 0.048 + 0.000 80 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
		B	(+ 0.038 + 0.000 71 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	3	A	(+ 0.064 + 0.000 98 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
		B	(+ 0.064 + 0.000 72 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
1971 Coulée 63.404	1		(- 0.054 + 0.002 00 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
			(- 0.073 + 0.001 96 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	2		(- 0.048 - 0.000 02 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
			(+ 0.007 - 0.000 07 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	3		(- 0.062 - 0.000 09 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
			(- 0.068 - 0.000 18 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	4		(- 0.036 - 0.000 05 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
			(- 0.071 - 0.000 02 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
	5		(- 0.050 - 0.000 22 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
			(- 0.071 - 0.000 28 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
1976	1	A	(+ 0.064 - 0.000 18 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$
		B	(+ 0.077 - 0.000 21 t)	$10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Fig. 11

décidé de ramener la traction appliquée au fil d'invar à 147.13 N.

Le Distinvar (fig. 12) a déjà été décrit en détail dans la Revue de l'A.F.T. N° 2, février 1980.

Les figures 13 et 14 montrent les histogrammes de 1 000 mesures effectuées au Distinvar manuel à l'air libre et dans une enceinte à température constante. L'écart-type est de 38.2  $\mu\text{m}$  dans le premier cas et de 14.7  $\mu\text{m}$  dans le second. Depuis 1962 l'emploi intensif du Distinvar a été un des éléments du succès de la méthode du CERN.

Pour pouvoir conserver la précision des mesures dans les opérations de mise en place des éléments fonctionnels des accélérateurs, le groupe de Métrologie a mis au point des vérins d'un type particulier adapté à ce genre de besoin. (fig. 18. 19)

Les "éléments de positionnement" utilisent, non plus des pièces mises en mouvement par des vis soulagées ou non par un système hydro-pneumatique — en général de l'huile — mais des pastilles de polyuréthane (plastique jouissant de propriétés particulières

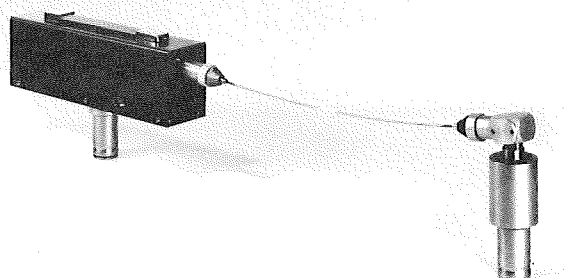


Fig. 12

HISTOGRAMME DE 999 MESURES DE 50 M AU DISTINVAR MANUEL  
A L'AIR LIBRE

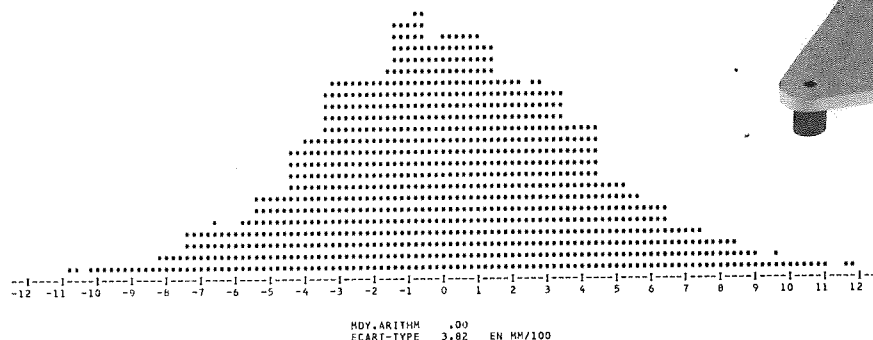


Fig. 13

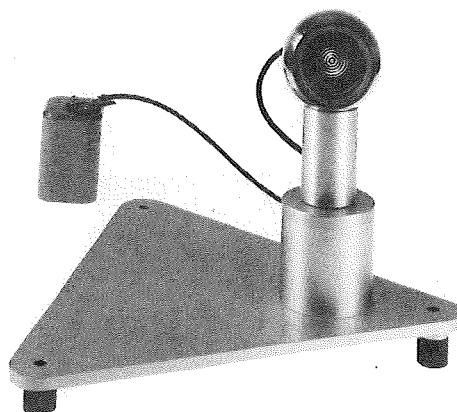


Fig. 16 : Mire Taylor Hobson assurant un pointé sur une référence unique, le centre de la sphère usinée à 1 m.

HISTOGRAMME DE 991 MESURES DE 50 M AU DISTINVAR AUTOMATIQUE  
DANS UNE ENCEINTE A TEMPERATURE CONSTANTE

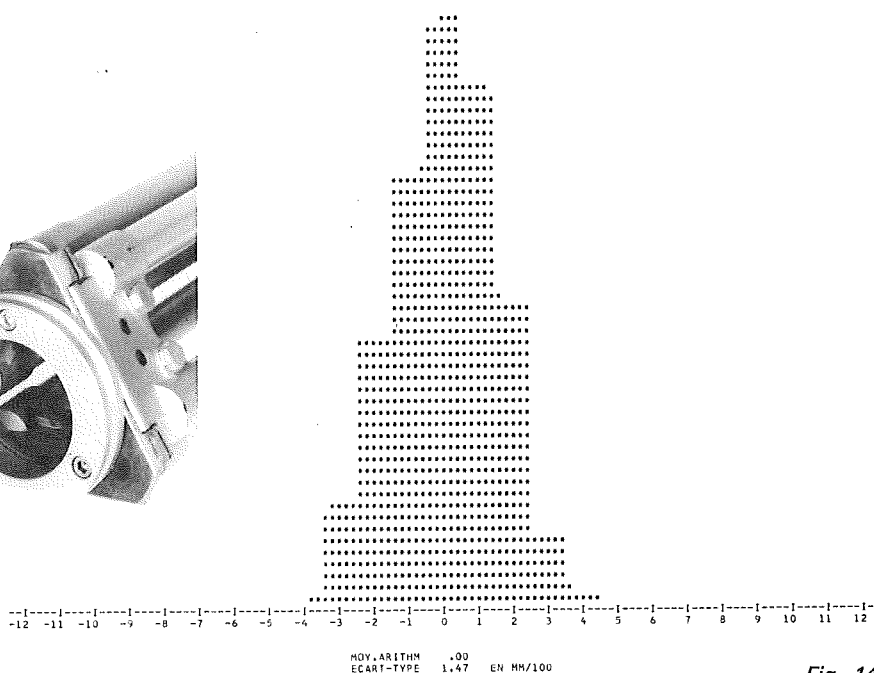


Fig. 14

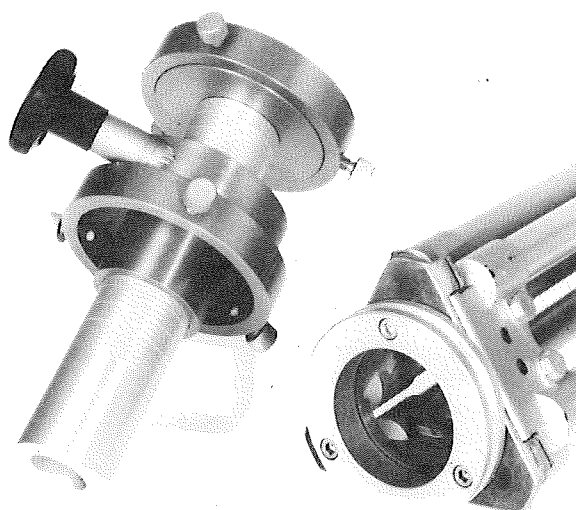


Fig. 15 : Pied ascenseur pour mettre facilement le niveau à la cote cherchée.

# ISR . CORRELATION ENTRE L'ORBITE ET LE NIVELLEMENT DES AIMANTS

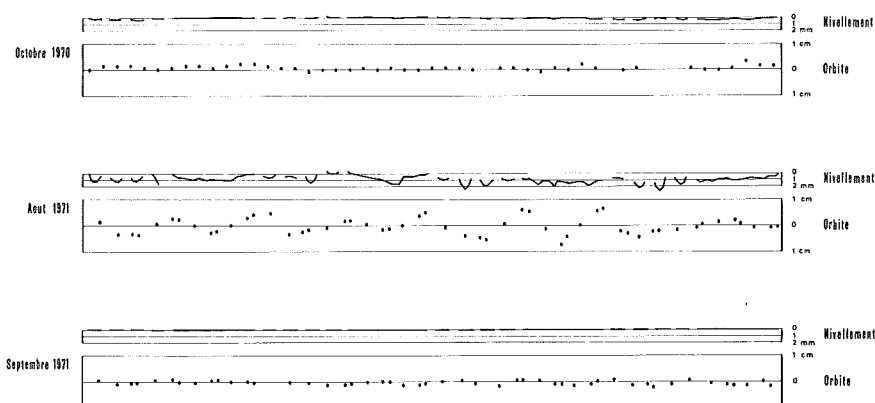


Fig. 17 : Corrélation entre l'orbite fermée des anneaux de stockage à intersections et les résultats du nivellement.

et résistant aux radiations) logées à l'intérieur d'un cylindre (comme un cylindre de moteur à explosion). Sous l'effet de la charge, le polyuréthane remplit totalement le volume du cylindre, toute modification produite par un piston permet un déplacement dans un sens ou dans l'autre, déplacement que l'on peut contrôler à 10 m sans difficulté. Il existe plusieurs milliers de ces éléments de positionnement dans les accélérateurs du CERN. Ils fonctionnent depuis plus de 7 ans sans avoir jamais créé de difficulté.

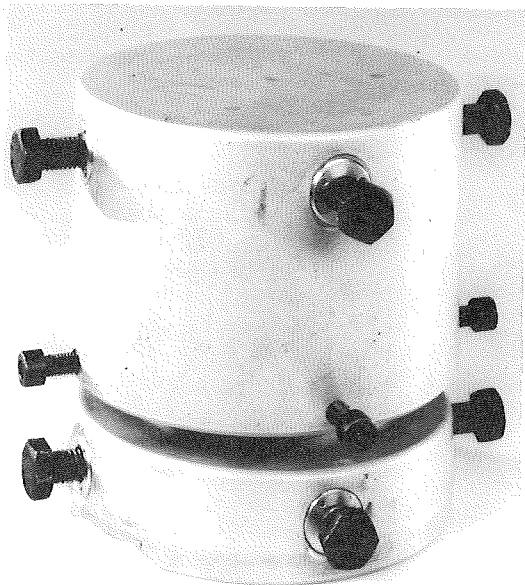


Fig. 18

## II — LA NÉCESSITÉ DES MESURES SURABONDANTES POUR PALLIER L'IMPOSSIBILITÉ DE SUPERPOSER DEUX FIGURES DE RÉFÉRENCE SANS CHOIX ARBITRAIRE DE POINTS FIXES - LE "LISSAGE DE LA COURBE"

La figure de référence servant à la mise en place des aimants des anneaux de collisions est constituée par une chaîne de quadrilatères complets (fig. 20). Ces quadrilatères de longueur 30,64 m et de largeur 12,80 m, soit un facteur 2 entre ces dimensions, ont rendu possible d'effectuer uniquement des mesures de distance pour déterminer les positions X, Y des alésages fixés sur les piliers de référence.

Dans toute triangulation classique, on ferme les triangles pour être sûr que la figure mesurée est géométrique. Il a fallu de même établir la relation qui lie

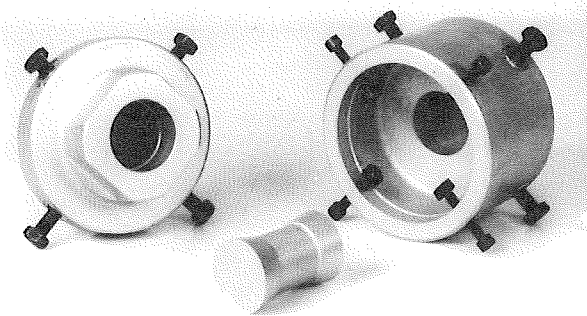


Fig. 19

entre elles les six longueurs d'un quadrilatère complet (fig. 21).

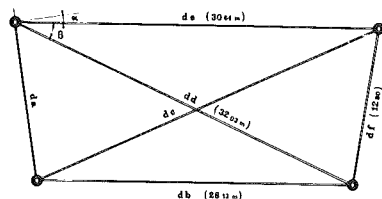
L'histogramme de la figure 22 montre la répartition des écarts de fermeture de 192 mesures, soit 6 fois la chaîne complète de la figure de référence formée de 32 quadrilatères. L'écart-type est de 33,4 μm.

Les dimensions des quadrilatères complets de la figure de base de la métrologie du SPS (fig. 23) ne permettaient pas d'atteindre la même précision du fait de la largeur du tunnel. Le rapport 10 entre la longueur — 32,077 m — et la largeur 3,516 m — était très défavorable. Un grand nombre de mesures des écarts d'alignement dut être effectué soit avec l'appareil d'alignement au fil nylon dans les régions courantes du tunnel, soit avec le système d'alignement laser à récepteur asservi (voir revue de l'A.F.T. N° 2, février 1980). Ces mesures surabondantes assuraient une bien meilleure valeur de la courbure de la figure de référence.

L'estimation a posteriori de la précision est donnée par le coefficient de redondance :  $\tau$

$$\tau = \frac{N \text{ observations}}{n \text{ inconnues}}$$

Dans les anneaux de collision, la valeur  $\tau$  est de 1.28 et de 1.93 pour le SPS.

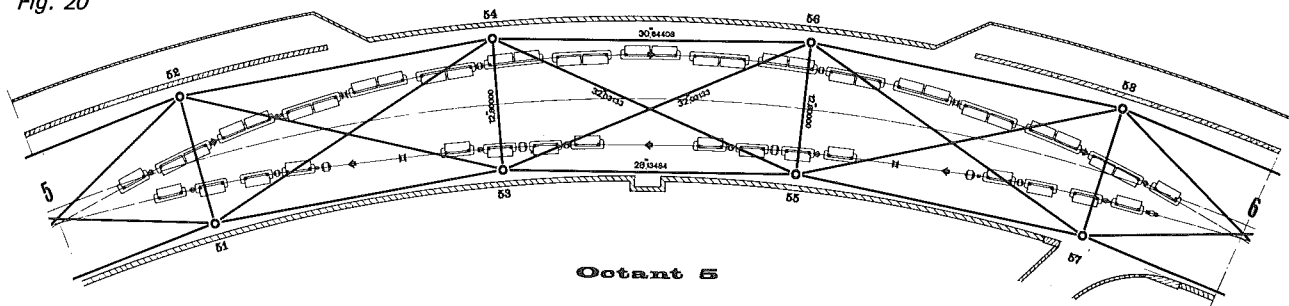


$$c = (da + df) \sin \beta - (dc + dd) \cos \alpha + db \cos \gamma + de \cos \delta \text{ avec } \gamma = (\beta + \alpha) \text{ et } \delta = (\beta - \alpha)$$

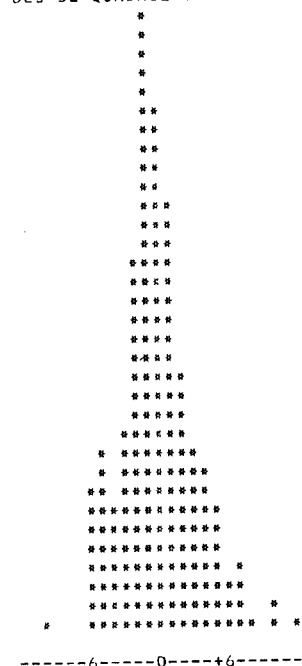
Equation de fermeture d'un quadrilatère ISR

Fig. 21

Fig. 20



# HISTOGRAMME DE 192 EQUATIONS DE CONDITION DES 32 QUADRILATERES ISR



MOY. ARITHM -0.00  
ECART-TYPE 3.34 EN MM/100

Fig. 24

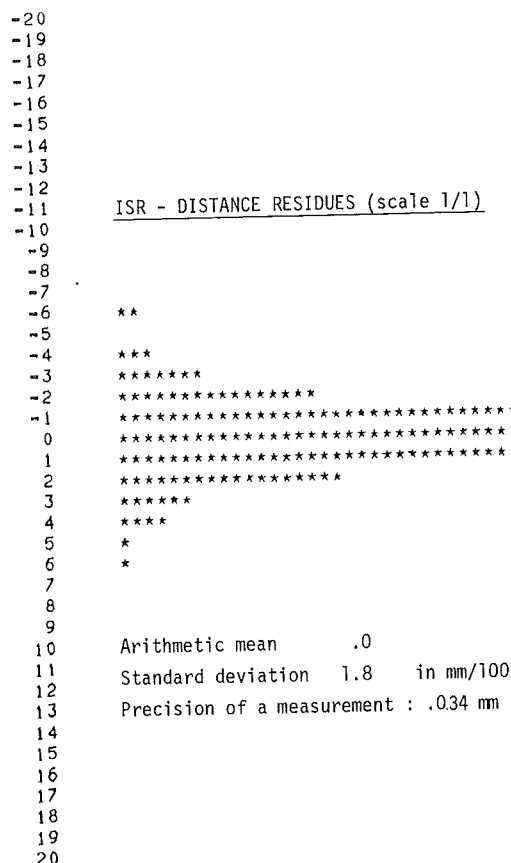


Fig. 22

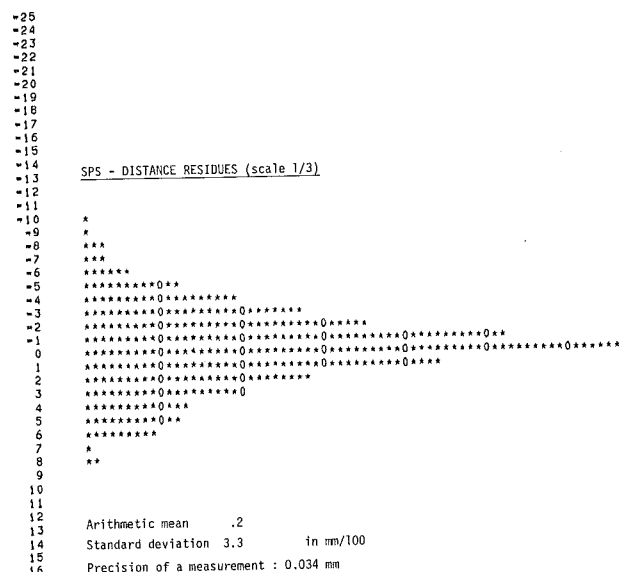


Fig. 25

A partir de la valeur de on obtient :

$$\sigma_{\text{est}} = \sigma \sqrt{\frac{n}{N-n}} = \sqrt{\frac{1}{\tau - 1}}$$

Dans les anneaux de collision (fig. 24) l'étude statistique des résidus après compensation donne un écart-type  $\sigma = 18\mu\text{m}$ , ce qui avec  $\tau = 1.28$ , fournit la valeur estimée de la précision  $\sigma_{\text{est}} = 34\mu\text{m}$ .

Au SPS, la même étude donne pour les mesures et distances, un écart-type  $\sigma = 33\mu\text{m}$ , ce qui, avec un  $\tau = 1.93$ , fournit aussi une valeur estimée de la précision  $\sigma_{\text{est}} = 34\mu\text{m}$ .

Ces résultats montrent qu'après des dizaines de milliers de mesures effectuées au Distinvlar, pendant près de 20 ans, la limite de la précision des mesures se situe entre 30 et 40  $\mu\text{m}$  pour des distances allant jusqu'à 50 m. Cette valeur inclut l'étalonnage et le transport de la mesure entre les pièces à positionner.

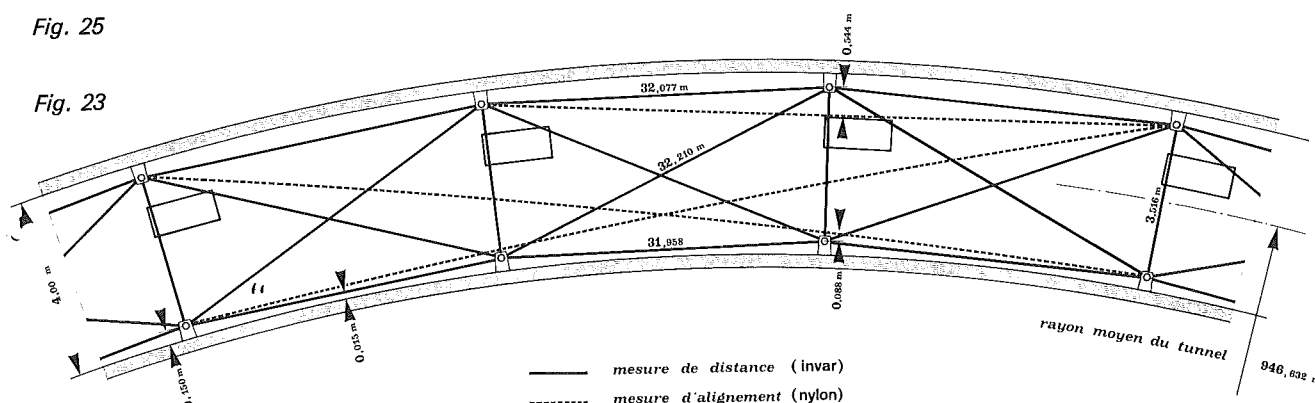


Fig. 23



La figure 26 est d'une grande importance pour la compréhension globale du problème de topométrie industrielle.

Pour chacun des six points issus de la géodésie de surface, au niveau du tunnel, l'écart-type radial par rapport au centre virtuel de l'accélérateur était de 1.3 mm. Pour la chaîne métrologique des potences, calées sur ces 6 points, l'examen des ellipses d'incertitude montre qu'après compensation globale de la circonférence, les incertitudes radiales sont sensiblement analogues pour chaque sextant. Elles croissent progressivement à partir du point de calage, atteignent leur maximum au milieu du sextant pour décroître ensuite et s'annuler au point de calage suivant, décrivant ainsi une enveloppe ayant l'allure d'un fuseau. Pour la dernière mesure complète effectuée, l'écart maximum atteint 1.2 mm.

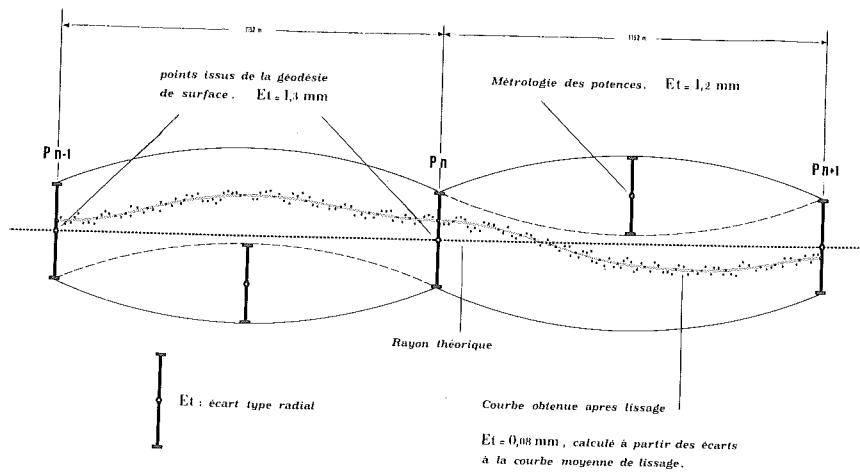


Fig. 26

Les erreurs propres à la mise en place des quadrupoles par rapport aux potences ont été négligées. Du fait de la grande sensibilité des vérins polyuréthanes, on estime que, sur l'ensemble des 216 quadrupoles, l'incertitude par rapport aux potences est inférieure à 0.03 mm. L'ensemble des incertitudes radiales de la géodésie de surface combiné à celles de la métrologie souterraine fournit, pour chaque sextant, une enveloppe en forme d'un cigare de 1.152 m de long et dont la valeur maximum au milieu de chaque sextant atteint 2.5 mm alors qu'elle n'est que de 1.3 mm aux points de calage. Ces dernières valeurs sont sans incidence directe sur la bonne marche de l'accélérateur, pour autant que l'erreur radiale relative  $dr$  de trois quadrupoles successives reste dans la limite étroite fixée par les paramètres de la machine (0.15 mm) contraignant ainsi la courbe des positions successives des quadrupoles à demeurer continue avec une croissance ou une décroissance discrète. Par analogie avec les cheminements en topométrie ou l'aérotirangulation en photogrammétrie, on peut penser que cette courbe suit la loi de déformation des réseaux linéaires, par double sommation des erreurs accidentelles. Son allure générale sera celle d'une courbe du second, ou, plus rarement, du troisième degré. Elle s'inscrit d'une façon aléatoire dans l'enveloppe définie dans la figure 27 et constitue parmi une infinité, une estimation de la ligne théorique implantée.

Les opérations de lissage ont consisté en des mesures successives de la courbure locale exécutées

sur les références des quadrupoles elles-mêmes (fig. 27) grâce aux appareils d'alignement. La comparaison de cette courbure à la courbure théorique permet de connaître localement les positions par rapport à une courbe moyenne dont il n'est pas possible de connaître la localisation (XY) absolue. Ceci s'obtient, dans le calcul par les moindres carrés, en résolvant les relations d'observations sous la double condition " $\sum v^2$  minimum et  $\sum dR^2$  minimum ( $v$  étant les résidus sur les mesures et  $dR$  l'écart à la courbe).

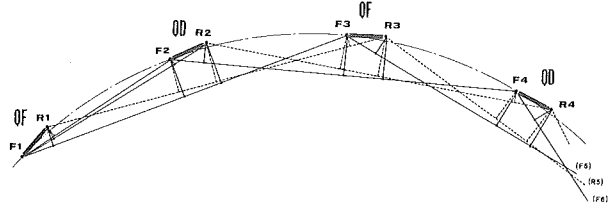


Fig. 27

Le processus est essentiellement un contrôle. Il a permis, lors de la première installation définitive, une estimation directe des erreurs relatives résiduelles. A partir des résultats du lissage, la valeur calculée du paramètre  $dr$ , écart radial d'une quadrupole par rapport aux deux qui l'encadrent, est de  $80 \mu\text{m}$  pour l'ensemble des 216 quadrupoles, réparties tous les 32 m le long de la circonférence du synchrotron. Depuis la mise en marche de l'accélérateur le 17 juin 1976, il n'a pas été nécessaire de reprendre la mesure de l'ensemble des quadrupoles.

Cette année, la nécessité d'adapter la machine à accélérer des anti-protons en même temps que les protons mais en sens contraire, et d'installer dans deux zones d'interactions pp l'appareillage gigantesque que nécessitent les expériences de physique, il va falloir mesurer à nouveau la position des quadrupoles.

Dans l'état actuel des possibilités de la géodésie, on ne fera pas de mesure des sommets des quadrilatères complets matérialisés par les alésages situés dans les potences fixées au mur. En effet, il serait assez difficile de superposer la figure de la géodésie de surface sur celle mesurée en 1976 sans la contraindre. De même, il sera impossible de superposer la chaîne de la métrologie souterraine et de la caler sur les 6 points dont les coordonnées auront changé.

Si l'on devait effectuer ces opérations successives, on obtiendrait, entre les 6 points de calage, de longs cigares qui seraient différents de ceux obtenus en

1976. Déplacer ensuite les quadrupoles en fonction de nouvelles coordonnées des pôtes conduirait à un travail gigantesque et qui ne servirait à rien, car on ne serait pas sûr d'obtenir une meilleure courbe lisse pour les quadrupoles que celle existant actuellement. La seule opération qu'il est réaliste d'envisager est de faire un nouveau lissage de la courbe passant par les alésages fixés sur les quadrupoles. Le lissage se fera pour la position planimétrique et altimétrique.

Les progrès à venir sont, pour les géodésiens, de trouver une solution à ce problème de superposition de figures, non seulement pour les problèmes du CERN, mais pour ceux, beaucoup plus généraux, de la géodésie. Ceci d'ailleurs devient de plus en plus urgent du fait que la précision des instruments diminue les dimensions des ellipses d'incertitudes et réduit par la même occasion les fourchettes dans lesquelles on peut considérer un point comme fixe.

## CONCLUSION

La figure 28 montre de la 54 à la 76 l'évolution des résultats de mesure des paramètres principaux de la géométrie qui ont une influence sur l'orbite des particules accélérées.

dr : écart radial de la position d'une quadrupole par rapport aux deux qui l'encadrent.

	CPS (rayon 100 m)		ISR (rayon 150 m)		SPS (rayon 1100 m)	
	1954	1959	1967	1971	1971	1976
	Et projet	Et résultats	Et projet	Et résultats	Et projet	Et résultats
dr (mm)	0.6	0.15	0.15	0.08	0.15	0.08
dh (mm)	0.3	0.12	0.15	0.10	0.15	0.10
dt (mrad)	—	—	0.02	0.02	0.10	0.02

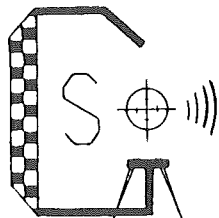
Fig. 28

dh : écart-type vertical d'une quadrupole par rapport aux deux qui l'encadrent. Très voisin du plan horizontal.

dt (tilt) : écart-type de l'inclinaison des aimants.

Dans les trois cas, les écarts-types obtenus ont été inférieurs à ceux qui avaient été fixés dès le début du projet, après de longues discussions entre les responsables du projet et ceux de la géométrie.

Il est possible, il est probable que *localement*, dans des *conditions favorables* en laboratoire et pendant *la durée des mesures*, on obtienne des valeurs de ces incertitudes plus petites. Il reste à savoir comment il sera possible de les exploiter et comment elles évolueront dans le temps. Parler de  $\mu\text{m}$  c'est bien, le conserver, c'est une autre histoire.



# G.T.A.S.

Géodésie Télémétrie Assistance

Tél 806.66.25

Réparation

Vente

Achat

Location

*Toutes Marques*

Niveaux

Théodolites

Tachéomètres

# G.T.A.S.

Géodésie Télémétrie Assistance

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

# Méthodes d'évaluation statistique de la qualité des résultats topométriques

M. MAYOUD  
CERN, Genève

## I. RÉSUMÉ

Si certains paramètres statistiques d'appréciation de la qualité sont bien connus et fréquemment employés, on oublie parfois ou néglige souvent l'usage de certaines quantités dérivées des observations ou des calculs de compensation, qui peuvent parfois se révéler fort utiles.

Le but de cette présentation est donc de rappeler succinctement l'existence et l'emploi de quelques variables statistiques simples pouvant servir notamment à dimensionner un échantillonnage de contrôle, exprimer les intervalles de confiance des moyennes et des écarts-types, effectuer des tests comparatifs, évaluer la signification et l'incidence de la plus grande valeur trouvée dans un contrôle (statistiques d'ordre) ou rejeter sans trop d'arbitraire les valeurs aberrantes d'une série d'observations.

Concernant les tests comparatifs (test t de Student, test du  $\chi^2$ , test F de Fisher), il est important de souligner que leur universalité et la sûreté de leur emploi peuvent être très utiles en cas de contestation des résultats.

Divers usages pratiques de ces variables sont donnés en exemple. D'autres emplois possibles seront simplement évoqués.

## II. ESTIMATION DES PARAMÈTRES

Soit une suite quelconque de variables aléatoires  $x_i$  :

$$\text{moyenne estimée : } \hat{\mu} \simeq E(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{variance estimée : } \hat{\sigma}^2 \simeq E\{(x - E(x))^2\} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

$$\text{d'où écart-type } \hat{\sigma} = \sqrt{\hat{\sigma}^2}$$

NB : Rappel pour programmeurs :

$$\sigma^2 = E\{(x - E(x))^2\} = E\{x^2 - 2x E(x) + E^2(x)\} = E(x^2) - E^2(x)$$

$$\Rightarrow \hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum x_i^2 - \frac{1}{n^2} (\sum x_i)^2$$

$$\text{d'où } \hat{\sigma}^2 = \frac{n}{n-1} \sigma^2$$

## III. PROPAGATION DES VARIANCES

On démontre que, pour toute relation linéaire (ou linéarisée) :

$$Y = AX + B,$$

la matrice de variance de Y résultant de la relation ci-dessus est donnée par :

$$V_Y = AV_X A' \quad (1)$$

$$\text{où } V_X = \begin{pmatrix} \sigma^2 x_1 & \sigma x_1 x_2 & \dots \\ & \sigma^2 x_2 & \\ & & \sigma^2 x_3 \end{pmatrix}$$

est la matrice de variance du vecteur  $\underline{X}$ .

Dans le cas d'une fonction linéarisée, cela ne reste vrai qu'à proximité du point de linéarisation (figure 1).

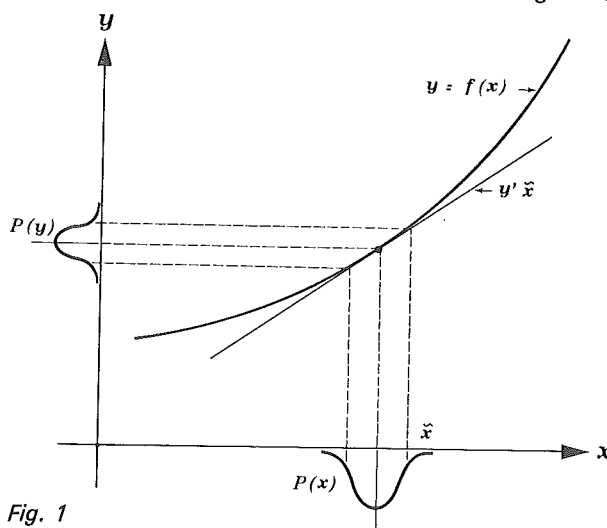


Fig. 1

Dans une compensation par les moindres carrés de la forme :

$$\underline{y} \text{ et } \underline{x} = A(\underline{X}_0 + \underline{\Delta X}) + A_0$$

la normalisation selon  $\|v\|$  minimum conduit à :

$$N \underline{\Delta X} = \underline{h} \text{ avec } \begin{cases} N = A' W_x^{-1} A \\ \underline{h} = -A' W_x^{-1} (A \underline{X}_0 + A_0 - \underline{y}) \\ W_x^{-1} = \text{matrice des poids} \end{cases}$$

d'où les inconnues :

$$\underline{\Delta X} = N^{-1} \underline{h}$$

En appliquant la relation (1) à cette forme linéaire, on trouve :

$$V \underline{\Delta X} = \hat{\sigma}_0^2 N^{-1} \quad (2)$$

où  $\hat{\sigma}_0^2$  ("facteur de variance") est issu des résidus après compensation :

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{r} V' W_x^{-1} V = \frac{\{pVV\}}{r}$$

(r = redondance du système)

La "précision" des résultats d'une compensation se déduit donc de deux sources d'informations :

1.  $N^{-1}$  dépend de la configuration du réseau
2.  $\hat{\sigma}_0^2$  dépend des observations

La matrice variance des inconnues permet d'exprimer, directement ou indirectement :

a) sur la diagonale, les variances des inconnues,  
b) avec les termes rectangulaires, les covariances, par lesquelles on peut exprimer des ELLIPSES D'ERREUR à deux dimensions ou des ellipsoïdes d'erreur à trois dimensions.

Ces ellipses sont une forme d'expression de la distribution des variables aléatoires gaussiennes (ou "variates")  $\underline{x}$  et  $\underline{y}$  d'un point compensé.

Une seule section de ce volume par un plan  $z = z_0$  peut, conventionnellement, exprimer des écarts-types sur les axes  $x$  et  $y$  (figure 2).

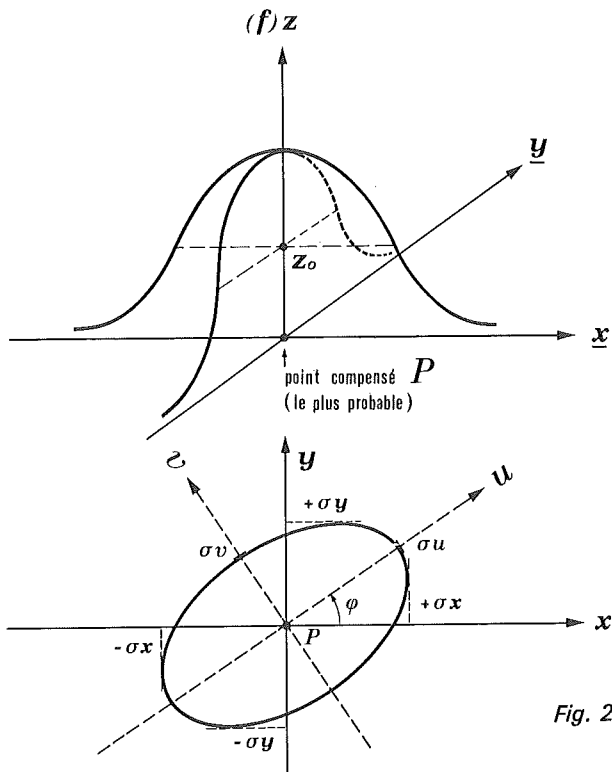


Fig. 2

La recherche des axes de l'ellipse ( $\sigma_u, \sigma_v$ ) se fait en exprimant les valeurs propres de la sous-matrice de variance du point considéré :

$$\begin{pmatrix} \sigma_{xp}^2 & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yp}^2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \sigma_u^2 & 0 \\ 0 & \sigma_v^2 \end{pmatrix}$$

La covariance est nulle dans le système ( $u, v$ ). Il faut prendre garde toutefois que des distorsions de cette estimation sont à craindre pour des systèmes peu redondants.

#### IV. INTERVALLES DE CONFIANCE

L'estimation d'un paramètre est toujours ponctuelle. Comment apprécier et évaluer les écarts possi-

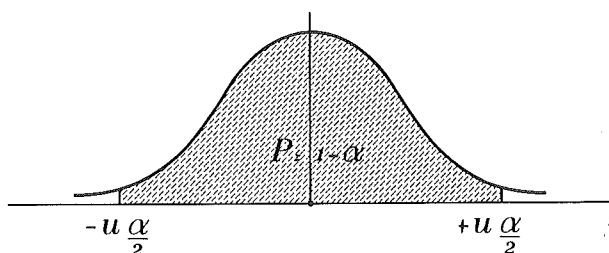


Fig. 3

bles autour de la valeur trouvée une première fois ?

La statistique fournit les distributions des paramètres et on peut donc connaître, pour une probabilité choisie, leur intervalle de variation :

$$P(p_1 < \tilde{p} < p_2) = 1 - \alpha = \int_{p_1}^{p_2} \frac{p_2 f(p)}{p_1} dp$$

$\alpha$  = seuil de confiance ou "niveau de signification"  
 $1 - \alpha$  = niveau de confiance (90 %, 95 % ou 99 %)

#### IV.1. Moyennes

##### IV.1.1. Si la variance $\sigma^2$ est connue

On forme la variable normale déduite :

$$u = \frac{\bar{x} - \mu}{(\sigma/\sqrt{n})}$$

L'intervalle, pour un risque  $\alpha$ , est :

$$\bar{x} \pm u_{\alpha/2} \cdot \sigma/\sqrt{n}$$

$u_{\alpha/2}$  est issu de la loi Normale  $N(0, 1)$  (figure 3).

##### IV.1.2. Si la variance $\sigma$ est inconnue

On la remplace par son estimateur :

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2$$

et on forme la variable  $t$  de Student :

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\hat{\sigma}/\sqrt{n}}$$

qui suit la loi du même nom à  $(n-1)$  degrés de liberté  
intervalle  $\bar{x} \pm t_{\alpha/2} \cdot \hat{\sigma}/\sqrt{n}$

##### IV.1.3. Applications

Dans les deux cas-ci-dessus, la moyenne "vraie" est inconnue. On peut seulement dire qu'elle se situe dans l'intervalle calculé avec la probabilité  $(1 - \alpha)$ .

Mais si l'on dispose d'un estimateur de (valeur d'étalonnage), ou valeur théorique nulle dans le cas des résidus d'une compensation, etc.), on peut ainsi "qualifier" l'écart trouvé en centrant l'intervalle sur la valeur donnée.

*Ceci permet de mettre en évidence le dérèglement d'un instrument ou un systématisme dans une compensation.*

##### IV.1.4. Exemples

a) Soit une distance mesurée quatre fois avec un distancemètre électro-optique dont la moyenne s'établit à 100.000 m avec un écart-type a priori supposé de 3 mm.

Pour  $\alpha = 5\%$ ,  $u_{\alpha/2} = 1.96$

$$P\left\{100. - 1.96 \frac{0.003}{\sqrt{4}} < \mu < 100. + 1.96 \frac{0.003}{\sqrt{4}}\right\} = 0.95$$

$$P\{99.997 < \mu < 100.003\} = 0.95$$

b) Si  $\hat{\sigma} = 0.003$  est l'écart-type d'échantillon (que l'on peut qualifier de maigre),

$$t_{\alpha/2, 3} = 3.18$$

$$P\{99.995 < \mu < 100.005\} = 0.95$$

c) Si  $D = 100.0000$  m est la longueur d'une base d'étalonnage et que la moyenne des quatre mesures ci-dessus ressort à 100.0025, un test unilatéral donnerait :

$$P\{\mu < 100.0025\} = 0.95$$

La constante peut être supposée nulle car il n'y a que cinq chances sur 100 que l'écart trouvé soit significatif.

## IV.2. Variances

Une somme de carrés suit une distribution  $\chi^2$  de Pearson.

L'estimateur  $\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$  de  $\sigma^2$  étant formé

par une somme de carrés, la quantité  $(n-1) \hat{\sigma}^2 / \sigma^2$  est distribuée suivant la loi  $\chi^2$  à  $(n-1)$  degrés de liberté. L'intervalle a pour limites :

$$\frac{(n-1) \hat{\sigma}^2}{\chi^2_{\alpha/2, n-1}} \text{ et } \frac{(n-1) \hat{\sigma}^2}{\chi^2_{1-\alpha/2, n-1}}$$

Tout comme en IV.1., si l'on dispose pour  $\sigma$  d'un estimateur supposé meilleur que celui fourni par l'échantillon (écart-type donné par le constructeur d'un instrument, valeur issue d'un étalonnage sur une population plus importante, etc.), cette procédure devient comparative et permet d'apprécier les variations par rapport à une valeur plus probable.

En outre, si l'on prend pour  $\sigma^2$  la valeur  $(\sigma^2)_{\max}$  imposée par une spécification, la procédure devient absolue et permet de conclure à l'acceptation — ou au rejet — de la série d'observations considérée.

Exemple :

Pour un contrôle rapide de l'instrument précédent ( $\sigma$  a priori = 3 mm), on peut définir l'intervalle de confiance de  $n = 8$  mesures au niveau = 1 %.

$$\chi^2_{\alpha/2, 7} = 20.28 \quad \chi^2_{1-\alpha/2, 7} = 0.99$$

$$P \left\{ \frac{7 \times 9 \text{ mm}^2}{20.28} < \hat{\sigma}^2 < \frac{7 \times 9 \text{ mm}^2}{0.99} \right\} = 0.99$$

$$P \{ 3.11 < \hat{\sigma}^2 < 63.64 \} = 0.99$$

$$\text{soit } P \{ 1.8 \text{ mm} < \hat{\sigma} < 8 \text{ mm} \} = 0.99$$

Pour une appréciation plus sévère, il faudrait prendre un seuil plus significatif ( $\alpha = 10\%$  par exemple). Les valeurs trouvées ci-dessus pour  $\alpha = 1\%$  (probabilité 0.99) montrent clairement que l'écart-type expérimental de notre instrument issu d'un échantillon de seulement huit mesures, peut fluctuer assez largement autour de la valeur attendue.

## V. TESTS COMPARATIFS

### V.1. Principes généraux

En présence de différences dans les paramètres de deux populations, toute décision implique une hypothèse initiale appelée "hypothèse nulle", notée  $H_0$ .

Pour deux valeurs  $p_1$  et  $p_2$  d'un même paramètre, la démarche habituelle est de considérer initialement que leur différence n'est pas significative :

$$H_0 : p_1 = p_2$$

Toute autre hypothèse est appelée "alternative" et sera notée  $H_a$ . On peut tester selon trois alternatives :

$$H_a : p_1 \neq p_2 ; p_1 > p_2 ; p_1 < p_2$$

De même qu'en IV., nous devons choisir un niveau de confiance  $(1-\alpha)$  nous donnant la probabilité de la justesse de la décision lorsque  $H_0$  est vrai.

En outre, nous pouvons introduire une probabilité  $\beta$  avec laquelle nous acceptons le risque de n'avoir

pas repéré un systématisme dans l'estimation de  $p_1$  ou de  $p_2$ .

Inversement, la fonction puissance  $(1-\beta)$  nous donne la probabilité de repérage de cette erreur systématique. Elle est également utilisable pour dimensionner l'échantillon de contrôle.

### V.2. Comparaison de moyennes

#### V.2.1. Si la variance $\sigma^2$ est connue

La distribution de  $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$  est normale, a pour moyenne  $(\mu_1 - \mu_2)$  et pour variance  $\sigma_{1-2}^2 = \frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$

On forme la variable réduite :

$$u = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\sigma_{1-2}^2}}$$

et on teste, avec le risque  $\alpha$ , l'hypothèse nulle  $(\mu_1 - \mu_2) = 0$  contre l'alternative  $\mu_1 \neq \mu_2$ .

Cela revient à chercher si l'intervalle  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 \pm u_{\alpha/2} \cdot \sigma_{1-2}$  contient ou non la valeur 0.

Si  $\sigma_1 = \sigma_2$ , le test permet de vérifier l'appartenance (ou non) à une même population.

#### V.2.2. Si la variance $\sigma^2$ est inconnue

On la remplace par son estimateur :

$$\hat{\sigma}_{1-2}^2 = \frac{(x_1 - \bar{x}_1)^2}{n_1(n_1 - 1)} + \frac{(x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_2(n_2 - 1)}$$

$$\hat{\sigma}_{1-2}^2 = \hat{\sigma}_{x1}^2 + \hat{\sigma}_{x2}^2$$

La variable réduite :

$$v = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}_{1-2}}$$

suit une loi de Student à  $(n_1 + n_2 - 2)$  degrés de liberté.

NB : Si  $\sigma_1 \simeq \sigma_2$ , on peut former :

$$s^2 = \frac{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$\hat{\sigma}_{1-2}^2 \simeq S^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)$$

Dans les deux cas ci-dessus, on peut formuler comme hypothèse initiale que la différence trouvée est significative au niveau  $\beta$  :

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \delta = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$$

En testant unilatéralement contre l'alternative  $\mu_1 - \mu_2 > \delta$ , on peut ainsi reconnaître ou réfuter un systématisme. En procédant par tâlonnement, en plusieurs essais, il est possible de déduire finalement la probabilité  $(1-\beta)$  de cette affirmation.

### V.3. Comparaison des variances

Soient deux échantillons  $(n_1, \hat{\sigma}_1^2)$  et  $(n_2, \hat{\sigma}_2^2)$ .

La variable  $\hat{\sigma}_1^2 / \hat{\sigma}_2^2$  suit la loi F de Fischer-Snedecor si les échantillons ont même variance  $\sigma^2$ .

$$\frac{\hat{\sigma}_1^2 / (n_1 - 1)}{\hat{\sigma}_2^2 / (n_2 - 1)} = F(n_1 - 1, n_2 - 1)$$

On teste alors l'alternative  $\hat{\sigma}_1^2 / \hat{\sigma}_2^2 \neq 1$  (test bilatéral) ou, unilatéralement,  $\hat{\sigma}_1^2 > \hat{\sigma}_2^2$  ou  $\hat{\sigma}_1^2 < \hat{\sigma}_2^2$ .

Ce test peut permettre de savoir si deux équipements de mesure donnent la même précision ou non - ou encore de juger si deux échantillons de contrôle peuvent être rattachés à une même famille.

Exemple :

Un contrôle par un nivellement précis des altitudes Z de points bien identifiés issus d'une feuille photographique donne les résultats suivants :

échantillon 1 :  $n = 8$   $\bar{\Delta}_1 = 0.10$  m  $\hat{\sigma}_{\Delta_1} = 0.32$  m

échantillon 2 :  $n = 12$   $\bar{\Delta}_2 = 0.07$  m  $\hat{\sigma}_{\Delta_2} = 0.26$  m

Si  $\sigma = 0.28$  est la spécification, peut-on rejeter la zone d'échantillonnage N° 1 ?

$$\left. \begin{aligned} H_0 &= \hat{\sigma}_{\Delta_1}^2 = \hat{\sigma}_{\Delta_2}^2 \\ H_a &= \hat{\sigma}_{\Delta_1}^2 \neq \hat{\sigma}_{\Delta_2}^2 \end{aligned} \right\} \alpha = 5\%$$

$$K = \frac{\hat{\sigma}_{\Delta_1}^2}{\hat{\sigma}_{\Delta_2}^2} = 1.429$$

$$F_{\alpha/2, 7, 11} = 3.76$$

$$F < K \Rightarrow H_0 \text{ accepté avec } P = 0.95.$$

Il y a donc 95 chances sur 100 que les deux échantillons appartiennent à une même famille.

#### V.4. Autres tests

Il en existe de nombreux, plus ou moins utiles. Certains peuvent être parfois nécessaires pour juger de la normalité gaussienne d'une distribution histogrammée :

- t et  $X^2$  (déjà cités),
- symétrie et aplatissement,
- irrégularités de classes,
- fréquences marginales.

## VI. DIMENSIONNEMENT DE L'ÉCHANTILLONNAGE DE CONTRÔLE

Après avoir établi que la sûreté d'un estimateur s'accroît pour  $n \rightarrow \infty$ , la littérature semble plutôt sibylline à ce sujet.

### VI.1.

Une première méthode, issue de la loi des grands nombres, utilise l'inégalité de Tchebychev :

Pour toute valeur  $\varepsilon > 0$  et  $0 < \delta < 1$ , il existe un entier n tel que pour tout  $m \geq n$  :

$$P(|\bar{x}_m - \mu| < \varepsilon) > 1 - \delta$$

étant l'incertitude.

$$\text{En posant } \delta = \frac{1}{\alpha^2} \text{ et } \varepsilon = \alpha \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$$

$$P\left\{-\frac{\alpha \sigma_x}{\sqrt{n}} \leq \bar{x} - \mu \leq +\frac{\alpha \sigma_x}{\sqrt{n}}\right\} \geq 1 - \frac{1}{\alpha^2}$$

(inégalité de Tchebychev)

$$\text{Il vient, par substitutions : } m \geq \frac{\sigma^2 x}{\delta \varepsilon^2}$$

Cette dernière formule peut servir à calculer le nombre de séries nécessaires à l'obtention d'une précision souhaitée.

Dans le cas d'un contrôle :

$$\begin{aligned} \Delta_i &= \text{mesuré} - \text{contrôlé (dimension n)} \\ \bar{\Delta} &= \text{moyenne des } \Delta_i = \varepsilon \end{aligned}$$

$\hat{\sigma}_m$  = écart-type des mesures initiales

$\hat{\sigma}_c$  = écart-type du contrôle

$$\hat{\sigma}_{\Delta} = \sqrt{\hat{\sigma}_m^2 + \hat{\sigma}_c^2}$$

Pour que l'échantillon soit suffisant par rapport à  $\varepsilon$ ,

$$\text{avec une incertitude } \delta, \text{ il faut que : } m \geq \frac{\hat{\sigma}_{\Delta}^2}{\delta \cdot \varepsilon^2}$$

Ceci permet de confirmer l'écart moyen  $\bar{\Delta}$  constaté.

### VI.2.

Une autre méthode utilise la fonction puissance des tests u et t pour confirmer ou infirmer la différence de 2 moyennes (figure 4) :

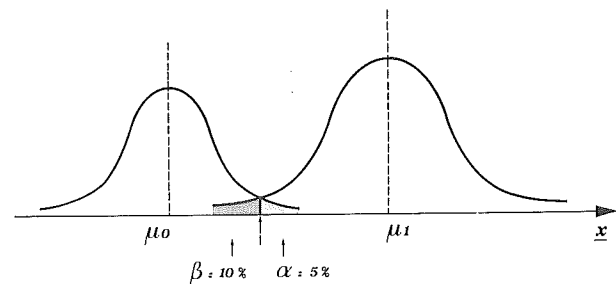


Fig. 4

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_0| \simeq |\mu_1 - \mu_0| = \delta$$

Exemple :

$$\text{Soit } \mu_1 = 26, \mu_0 = 24, \sigma = 3.$$

Quel est le nombre de valeurs nécessaire pour confirmer  $\delta = 2$  avec  $\alpha = 5\%$  (population à contrôler) et  $\beta = 10\%$  (échantillon).

$$u_{(\alpha)} = 1.64 \quad u_{(\beta)} = 1.28$$

$$I = 24 + 1.64 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 26 - 1.28 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\Rightarrow 2\sqrt{n} = \sigma(1.64 + 1.28) = 3 \times 2.92$$

$$\text{d'où } n \simeq 19$$

### VI.3.

Pour le contrôle des variances, deux faits peuvent être considérés :

a)  $\chi^2 \rightarrow N(\mu, \sigma)$  pour  $n \rightarrow \infty$

b) pour n "grand" (terme mal défini dans les références de l'auteur),

la variable  $u = (\hat{\sigma}_1^2 - \hat{\sigma}_2^2) / \sqrt{\sigma_1^2/2n_1 + \sigma_2^2/2n_2}$  est une variable normale réduite. On tiendra donc le même raisonnement que pour la comparaison de deux moyennes (test u).

## VII. STATISTIQUES D'ORDRE (1)

Ces statistiques expriment des fonctions des observations tenant compte de leur **ordre** ou de leur **valeur**.

On forme une suite croissante des observations  $x_i$  de l'échantillon :

$$x_1 < x_2 < \dots < x_i < \dots < x_n$$

dont on retient les valeurs extrêmes  $x_1$  et  $x_n$ , ainsi que l'étendue  $R = x_n - x_1$ .

Par des fonctions linéaires de l'échantillon



ordonné, la statistique peut définir la distribution théorique de chaque rang (ordre i).

Diverses applications ont été développées pour l'étude de la sécheresse, de l'écoulement des fluides, de la fatigue des matériaux. On peut en tirer profit pour certaines évaluations liées à la topométrie. Les exemples ci-dessous sont extraits d'un article du Prof. Bachmann (ref. 1).

### VII.1. Distribution de $x_n$

$$P(x_n < v) = P(x_1 \text{ et } x_2 \text{ et... et } x_n < v) \\ = P(x_1 < v) \times P(x_2 < v) \dots P(x_n < v) \\ P(x_n < v) = \{f_{(v)}\}^n$$

La probabilité de l'évènement  $x_n < v$  est entièrement déterminée par la fonction de distribution de la population X.

En se fixant un seuil de confiance, on montre que :

$$P\{F(x_n) > \beta\} = 1 - \beta^n$$

La fraction des "individus" de la population X ayant une valeur  $x < x_n$  est au moins égale à  $\beta$ .

Exemple : Contrôle par 46 points des écarts planimétriques d'un plan topographique.

$x_n$  est le plus grand écart trouvé. Nous renseigne-t-il sur la précision du levé ?

Hypothèse initiale :

$H_0$  : 95 % des erreurs de tout le levé ont une valeur  $x < x_n$

$$P(H_0 \text{ vrai}) = 1 - \beta^n = 1 - (0.05)^{46} \simeq 91 \%$$

Il y a 91 % de chances qu'au moins 95 % des erreurs  $X_i$  du levé soient inférieures ou égales à l'écart maximum  $x_n$  du contrôle.

### VII.2. Distribution de l'étendue réduite

$$R = x_n - x_1$$

$$r = \frac{1}{\sigma} R = \frac{1}{\sigma} (x_n - x_1)$$

$$P(r) = n \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \cdot \left\{ \int_x^{x+r} f(u) \cdot du \right\}^{n-1} \cdot dX$$

Ceci permet d'accepter ou de rejeter les grandes dispersions.

Exemple : Angle répété neuf fois avec  $\sigma = 3$  cc

$R = x_n - x_1 = 12$  cc est-il acceptable ?

$P\left(\frac{1}{\sigma} R\right) = 0.893$  soit une chance sur neuf de dépasser. L'écart de 12 cc est donc acceptable.

## VIII. AUTRES MOYENS, AUTRES SUJETS

### VIII.1. Déviation systématique des observations

Outre les moyens exposés en V.2., on peut signaler l'existence de la méthode des différences successives ou critère d'Abbe (4).

$$q^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i)^2$$

$$\delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$r = q^2 / \delta^2$$

Pour  $n > 20$  → loi normale

$$P(r < r_\alpha) = \alpha$$

### VIII.2. SYSTÉMATISMES COMPLEXES (2, 4, 5)

Pour les courbes, surfaces, vecteurs de déformation, etc, connus ponctuellement, formuler (par régression) une loi mathématique sur la "tendance" du phénomène.

Tester ensuite la validité de cette loi ( $\sigma^2$  écarts, ou coefficient de corrélation de la régression). Le moyen suprême en la matière est le "filtrage par moindres carrés" qui exprime la fonction de covariance des observations. Une application remarquable de cette méthode permet d'exprimer la déformation des films aériens (5).

### VIII.3. "Lissage" d'observations

Il utilise les mêmes moyens qu'en VIII.2. pour résorber les écarts relatifs.

Au CERN, sur les accélérateurs de particules, on effectue une mesure indépendante de ces écarts relatifs puis la résolution sous une double condition de minimum :

$$(\|v\| \text{ et } \|dR\|) \text{ mini.}$$

### VIII.4. Collocation par moindres carrés (5)

Il s'agit de la combinaison des techniques d'ajustement, d'interpolation et de filtrage.

La méthode permet de se "situer" mathématiquement sur des surfaces complexes avec le meilleur rapport signal/bruit possible.

## IX. RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

Hormis certaines méthodes particulières ou relativement récentes, qui sont directement citées en référence dans le texte, tous les moyens exposés dans cet article ressortent de la Statistique Générale et peuvent être trouvés dans de nombreux cours et ouvrages.

Les sources utilisées pour cette présentation sont mentionnées ci-dessous :

- (1) W.K. Bachmann - "Estimation stochastique de la précision des mesures", Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie, Fachheft 4/73, décembre 1973.
- (2) Centre d'Actualisation Scientifique et Technique (CAST) - "Cours de statistiques de l'ingénieur", 1974, 2<sup>e</sup> édition.
- (3) International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC) -
  - a) "Statistique élémentaire", J. Kure, M. Tienstra, J.A. de Sousa, Delft, 1967.
  - b) "Introduction à la théorie des observations", E.P. Bosman, Delft, 1967.
- (4) Y.V. Linnik - "Méthode des moindres carrés", Dunod, 1963.
- (5) E.M. Mikhail - "Observations and least squares", Harper & Row, New York.
- (6) Tables statistiques diverses - ne pouvant être reproduites dans cet article - disponibles dans toute librairie technique.

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

*membre d'honneur : J.J. LEVALLOIS*

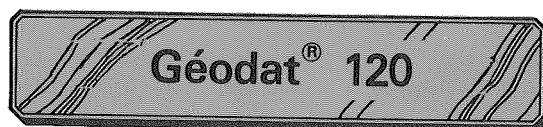
1	CATINOT Louis	(75)	62	BADUEL Jacques	(13)	125	BLOCH Maurice	(78)
2	SCHAFFNER Roger	(78)	63	BERRY Gérard	(54)	126	BONGIBAUT Georges (décédé)	(63)
3	VINCENT Robert	(75)	64	BURETTE Daniel	(33)	127	CAUDRON Jean-Charles	(89)
4	MEMIER André	(38)	65	CARBONNELL Maurice	(94)	128	GENTIS Guy	(37)
5	FUHRER Jacques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

# NOUVEAU

## POUR UN INVESTISSEMENT RENTABLE ET COMPETITIF

### Voici la nouvelle gamme AGA

**Le plus grand choix de distancemètres électroniques adaptés à chaque besoin.**  
**Un instrument unique de saisie de données sur le terrain.**



Le Géodat 120 permet **d'enregistrer les données du levé de terrain** dans une mémoire à semi-conducteurs.

Par rapport aux systèmes à cassettes ou à bandes perforées, l'avantage est qu'il n'y a pas de pièces en mouvement et donc moins de risques d'incident.

La capacité du Géodat 120 est 32 K, **soit 700 à 1 000 points levés**. Le Géodat 120 est couplable aux géodimètre AGA 120 et 112.

Une copie de l'enregistrement peut être faite sur cassette.

On peut l'utiliser aussi avec d'autres équipements, il suffit d'enregistrer au clavier les données de terrain. **L'accès dans la mémoire est immédiat et on peut rechercher, visualiser, corriger, effacer des données enregistrées.**

L'écran du Géodat indique à l'opérateur les données à introduire (ou introduites).

- **Traitement sur les calculateurs** HP, Wang, Tektronix, Canon, Olivetti, Micral, ordinateurs IBM, PDP... via l'interface V 24/RS 232. Plus de temps perdu à introduire au bureau les données dans le calculateur. Couplable aussi à des modems, et coupleurs acoustiques pour lignes téléphoniques.
- **Plus de problèmes sur le terrain :** pluie, froid, erreurs d'écriture...

**Petit, léger, pratique**

**Peu encombrant**

**C'est un véritable carnet électronique de terrain.**

**AGA GEOTRONICS S.A.R.L.**  
12, avenue du 8 Mai 1945 - 95200 SARCELLES  
Tél. : 990.45.98 - Télex AGAGEOM 695740 F

**AGA GEOTRONICS S.A.R.L.**  
12, avenue du 8 Mai 1945 - 95200 SARCELLES  
Tél. : 990.45.98 - Télex AGAGEOM 695740 F

Je désire recevoir votre documentation G 120

NOM \_\_\_\_\_

PROFESSION \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

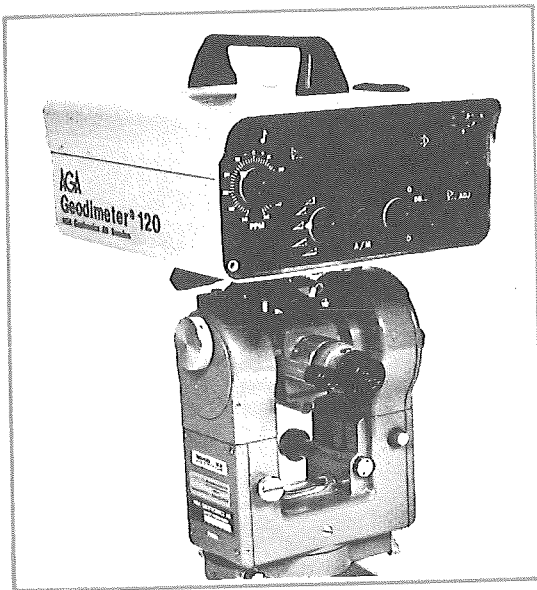
\_\_\_\_\_ TELEPHONE \_\_\_\_\_

# NOUVEAU

## POUR UN INVESTISSEMENT RENTABLE ET COMPETITIF

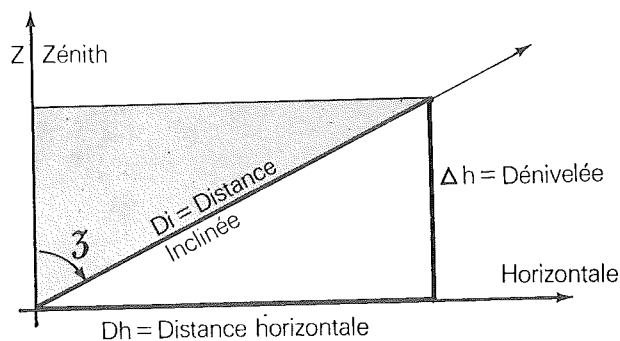
### Voici la nouvelle gamme AGA

**Le plus grand choix de distancemètres électroniques  
adaptés à chaque besoin.  
Un instrument unique de saisie de données sur le terrain.**



**Géodimètre® AGA M 120**

C'est un véritable autoréducteur.



Le pendule électronique de l'appareil mesure l'angle vertical. Le M 120 calcule et **affiche la dénivelée et la distance horizontale instantanée**. Le M 120 affiche aussi l'angle vertical. Plus besoin de lire et d'introduire un angle vertical au clavier d'une calculatrice. La mesure en tracking est instantanée : 0,4 seconde.

**Montable sur la plupart des théodolites**

**Portée :** sur 1 prisme : 1 200 m, sur 3 prismes : 2 300 m.

**Connexion prévue** pour branchement sur l'enregistreur AGA Géodat 120 à mémoire électronique. D'où calcul, traitement, report automatiques.

**Implantations :** distance horizontale instantanée. Donc gain de temps énorme.

**Levés de plans :** les éléments du report Dh et Δh sont affichés directement ou enregistrés dans le Géodat. **On a sensiblement le même service qu'avec un appareil intégré pour un coût bien moins élevé.**

**AGA GEOTRONICS S.A.R.L.**  
12, avenue du 8 Mai 1945 - 95200 SARCELLES  
Tél. : 990.45.98 - Télex AGAGEOM 695740 F

Je désire recevoir votre documentation M 120

NOM \_\_\_\_\_

PROFESSION \_\_\_\_\_

ADRESSE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

TELEPHONE \_\_\_\_\_

**Idéal pour :**

- vos implantations.
- vos levés et calculs, reports automatiques

**AGA GEOTRONICS S.A.R.L.**  
12, avenue du 8 Mai 1945 - 95200 SARCELLES  
Tél. : 990.45.98 - Télex AGAGEOM 695740 F

186	BRISSOT Alain	(60)	270	LACAZE Jean	(31)	353	LASSALE François	(63)
187	SAINT-SULPICE François	(39)	271	MAYOUD Michel	(01)	354	LANGLAIS Jacques	(54)
188	DUMAZ Jean-Claude	(92)	272	LANFRAY Armand	(38)	355	DUCROUX Michel	(13)
189	DE FONTGUYON Pierre	(16)	273	LEVADOU Philippe	(33)	356	DUPONT Jean	(69)
190	LAPOINTE Lucien	(94)	274	GUILLON Gérard	(66)	357	VANONE Serge	(59)
191	FASER Roland	(67)	275	PENCREC'H Pierre	(81)	358	FROMENT Francis	(59)
192	MARCHE Jacques	(59)	276	MANSAUD Pierre	(75)	359	OSTERMANN Albert	(57)
193	LANQUETOT Jacques	(41)	277	SABATHIER Michel	(33)	360	DELAUNAY Jean-Marie	(35)
194	THIBAUT Christian	(42)	278	LACREUSE Michel	(38)	361	SEVAUX Guy	(35)
195	DUPLAA Maurice	(38)	279	BERTRAND Jean	(95)	362	VAILLE Jean-Claude	(01)
196	DOLL André	(68)	280	GAREAU Bernard	(75)	363	DUPONT Pierre	(69)
197	BAYARD Paul	(38)	281	CAUDAL Claude	(78)	364	GUIGUE Raymond	(69)
198	CLERGET Jean	(90)	282	BOILLET Jean	(94)	365	ALLAIS Jean-Marie	(13)
199	CHUZEVILLE Michel	(69)	283	CARDINAL Jean-Pierre	(89)	366	ABEL Clément	(78)
200	ROMAN Roger	(05)	284	BOVIER Jean-Robert	(Suisse)	367	COURMONT Jean-Michel	(78)
201	MAZUE Pierre	(75)	285	PERRIN Jean-Luc	(03)	368	ERNOULT Didier	(13)
202	TIBERGHIEN Vincent	(92)	286	DUBUISSON Bernard	(75)	369	CHAIX Paul	(05)
203	LE GROUMELLE Yvan	(38)	287	PENICAUT Jean-Philippe	(38)	370	MAILLET Guy	(03)
204	GUEDON Maurice	(74)	288	DISSAC Daniel	(73)	371	LECOMTE Jean	(03)
205	LASSEUR Christian	(01)	289	CAMIAT Daniel	(94)	372	GODET Roger	(03)
206	MERMET Marius	(38)	290	LEGORGEU Jean-Claude	(67)	373	DUBERGA Jacques	(33)
207	MINICH Laurent	(Congo - 38)	291	COLLOMB Léon	(73)	374	BEAUBATON Armand	(33)
208	TARDY Jean-Marie	(06)	292	CORBEAU Maurice	(51)	375	BOURGEOIS Gustave	(35)
209	DESJARDINS Michel	(13)	293	EYROLLES Serge	(75)	376	SCHRAMM Pierre	(67)
210	JOSEPH Jean-Michel	(73)	294	GUERIN Jean-François	(33)	377	BRUNOLD Maurice	(87)
211	GODARD Michel	(69)	295	FROGER Gérard	(36)	378	BROUX Jacques	(87)
212	MICHELETTI Guy	(13)	296	POULAUD Paul	(50)	379	DEGAUD Ernest	(38)
213	AUROSSEAU Robert	(39)	297	GUYON Jean-Claude	(29)	380	GUATELLI Pierre	(06)
214	MOREL Georges	(01)	298	SCHRUMPF Bernard	(75)	381	Melle PATUREAU Anne-Marie	(75)
215	ROUDET Claude	(38)	299	DUBOIS Pierre	(06)	382	SEGUIN Jean	(12)
216	PAILLARES André	(31)	300	TOUZEAU Jean-Luc	(91)	383	KOPF Didier	(67)
217	MASMONTEIL Maurice	(94)	301	LAMBERT André	(95)	384	BLAUSTEIN Maurice	(13)
218	SAURY Roger	(09)	302	DAURAT Robert	(06)	385	DEHEINZELIN Hervé	(13)
219	RAIA Philippe	(95)	303	BARRON Michel	(77)	386	MEULEY Jean-Luc	(72)
220	GERVAISE Jean	(01)	304	LAGARDE Christian	(95)	387	GUERENNEUR Alain	(35)
221	CORNU Yves	(69)	305	DELMAS Claude	(34)	388	DALLOZ Claude	(75)
222	DUBOIS François	(38)	306	PLACE Jean-Claude	(63)	389	RUCH Charly	(78)
223	ROLLIN Philippe	(13)	307	GUILLEMINOT Jacques	(64)	390	BILET Gérard	(06)
224	GOUDARD Christian	(78)	308	BLOY Pierre	(75)	391	WOLF Ernest	(67)
225	GAGNEUX Pierre	(92)	309	MALLET Bernard	(94)	392	ANTONI Albert	(67)
226	RAYNAUD Philippe	(972)	310	MENAERT Christian	(33)	393	GAUTIER Gérard	(67)
227	MASSONNET Georges	(31)	311	COLLET Marc	(78)	394	RICHARD Marc	(13)
228	DESLANDES Dominique	(38)	312	SASSINOT Paul	(94)	395	GRATIAS Philippe	(67)
229	LOQUIN Jacques	(31)	313	COPPALLE Michel	(49)	396	COPONAT Pierre	(38)
230	GAILLARD Michel	(45)	314	COCHERIL Marcel	(29)	397	PIOVANO Bernard	(38)
231	HUART César	(59)	315	CHAMBAZ Jean	(73)	398	GRUEAU Bernard	(35)
232	AEBY Francis	(60)	316	QUESNEL Jean-Pierre	(01)	399	TIXIER Jean-Pierre	(19)
233	PAUCHARD Georges	(95)	317	SCHALLER Claude	(67)	400	LEBORGNE Jean	(59)
234	SCHULTZ Alphonse	(67)	318	MOREAU Maurice, Michel	(44)	401	BENET Maurice	(31)
235	HERBRECHT Antoine	(68)	319	MAHOT Louis	(44)	402	MAILLARD J.-Pierre	(27)
236	DESPAGNE Jean-Luc	(59)	320	LE RAY Henri	(35)	403	FADY Pierre	(38)
237	RENARD-SANNINI Jean-Pierre	(13)	321	SAUVAGER Alain	(35)	404	FIAT Robert	(38)
238	DESSENS Maurice	(31)	322	MET Henry	(35)	405	BOISSONNAT Gérard	(38)
239	GUIZOU Roger	(13)	323	GIORGETTI Jacques	(35)	406	EYBERT René	(38)
240	GUIRAND Albert	(13)	324	BERTIN Marcel	(35)	407	DENIAU Jean-Pierre	(38)
241	FLACELIÈRE Bernard	(06)	325	TOQUET André	(42)	408	ESCALON Jacques	(38)
242	DUCLOS Jacques	(06)	326	KELLER Jean-François	(13)	409	MONNE André	(67)
243	ARLABOSSE Thierry	(06)	327	CHEVALIER Robert	(78)	410	VENNIN Dominique	(35)
244	RAGUIN André	(94)	328	LAUNAY Philippe	(44)	412	Mme ROUBAUD-FARGUES	(13)
245	MINAULT Maurice	(78)	329	PATOUT Georges	(31)	413	BLANC Jean	(13)
246	LISZEWSKI Raymond	(75)	330	LE GUELLEC Michel	(29)	414	TERRAS Jacques	(13)
247	THEZE Jacques	(35)	331	PRIMAULT Michel	(54)	415	BOUJU Marcel	(78)
248	HUCKI Lothaire	(95)	332	BOULO Charles	(58)	416	CHATELARD Gaston	(73)
249	CHEVALIER-CURT Louis	(38)	333	CORBIÈRE Denis	(35)	417	GODARD Alain	(44)
250	GIANTI Jean	(06)	334	LASFARGUE Jean-Noël	(81)	418	RIFFAULT Jacques	(91)
251	PATRY Pierre	(06)	335	BATAILLON Georges	(14)	419	GHERNAOUTI Claude	(91)
252	BALLEROY Alain	(06)	336	DUMERY Sylvain	(72)	420	PERRAUD J.-François	(69)
253	TARTACEDE Michel	(75)	337	TESLUTCHENKO Claude	(67)	421	GOY Georges	(01)
254	RICHTER Émile	(67)	338	DOUET Donatien	(49)	422	de TOUZALIN Michel	(89)
255	ACQUIER Élie	(31)	339	LE MAO Michel	(56)	423	BUSSIÈRE Roger	(13)
256	VERGNE Jacques	(33)	340	GODEFROY Pierre	(35)	424	SIMONET Jacky	(67)
257	LAVILLE Jean-Pierre	(33)	341	PERCHE Michel	(59)	425	TIZON J.-Paul	(35)
258	BAURE Jean	(33)	342	BERLEM Joël	(59)	426	CHALON J.-Claude	(38)
259	DUPLÉIX Jean-Philippe	(33)	343	LEFESVRE Jacques	(59)	427	DESCOMBES François	(71)
260	TREVISAN Bertrand	(33)	344	CASTAN Élie	(81)	428	BEHURE Claude	(73)
261	VALLEE Jean-Marie	(33)	345	BERTHIER Max	(31)	429	ERIEAU Michel	(06)
262	DEGRAVE Jean-Claude	(33)	346	CORNILLE Dominique	(59)	430	FLIPPE Claude	(13)
263	DUPUY Jean-Louis	(87)	347	BARRIÈRE Jean-Jacques	(72)	431	BISIO Jacques	(63)
264	DUMONT André	(74)	348	EL AMRI Habib	(Tunisie)	432	BOURGUIGNON J.-Yves	(69)
265	GROUSSIN Pierre	(36)	349	RIVAIN François	(72)	433	FRANÇOIS Marc	(91)
266	PIVOT Jean-Pierre	(69)	350	GOYON Roger	(13)	434	FROISSART Jacques	(26)
267	FARGEIX Georges	(91)	351	HUBERT Jean-François	(35)	435	CHABERT André	(38)
268	AGUILHON René	(11)	352	LEHMANN (Meschenmoser)	(67)	436	FAYE Jean-Claude	(69)

437	DEVISE Bernard	(07)	520	CHENEZ	(Jordanie)	603	BOINET Jean	(19)
438	LEVARDE Denys	(38)	521	FOUGEROUSE Paul	(26)	604	BUTHIER Francis	(13)
439	HODOT Yves	(26)	522	JEANJEAN Pierre	(31)	605	REIGNER Gérard	(45)
440	ZELLER Jean-Marie	(56)	523	BAQUIE Jean	(33)	606	GRUFFAZ Raymond	(73)
441	BODU Gilles	(03)	524	LABAILLE Serge	(51)	607	ALAPETITE Jean	(91)
442	SOMPAYRAC Lucien	(31)	525	BRUCH Dominique	(38)	608	DANDRIMONT Yves	(91)
443	FALEZ Jean-Pierre	(59)	526	MINET Henri-Claude	(35)	609	LANGLOIS René	(78)
444	RAY Bernard	(38)	527	LECHENE Jean-Luc	(35)	610	BOURGEOIS Jean	(89)
445	VOUREY Michel	(84)	528	FEURER Gérard	(88)	611	SURPLY Jean-Michel	(83)
446	DEPEAU Roger	(84)	529	FABRE Robert	(84)	612	BONNIOT Guy	(57)
447	GUERY Claude	(93)	530	GUERET Christian	(11)	613	SAGNAL Gérard	(83)
448	CLAUDE Émile	(38)	531	FAVRE François	(Tunisie)	614	LOCATELLI Jean-Claude	(13)
449	SITTIER Guy	(91)	532	BRION Pierre	(08)	615	FRAISE Bernard	(13)
450	LABBE Didier	(14)	533	PHILIPPEAU Jean-Luc	(45)	616	PEYROL Jean	(13)
451	GAUTHIER Michel	(74)	534	SALOMON Pierre	(45)	617	FLEURY Benoît	(25)
452	DUBOUIX Pierre	(35)	535	DJAOUI Bernard	(93)	618	DAGUIN Pierre	(77)
453	CHARBONNIER Roger	(63)	536	SENI André	(06)	619	COUCKE Didier	(74)
454	JOLY René-Claude	(14)	537	SANSAC Pierre	(31)	620	MIGNAVAL Paul	(CH)
455	BAZILLOU Gilbert	(97)	538	CROZAT Jacques	(78)	621	PALANQUE Lucien	(13)
456	AMIEL Louis	(31)	539	THOMAS Roger	(45)	622	GILLIER Bernard	(75)
457	FOSSI Enrique	(Maroc)	540	NISSE Maurice	(94)	623	JAUSSAUD Jean	(63)
458	PIJOURLET Pierre	(69)	541	BAULARD Pierre	(77)	624	LAB Gérard	(77)
459	CATALA-COTTINI Bern.	(13)	542	TARIEL Jean	(N.L.)	625	NOMIKOSSOFF Ivan	(77)
460	MOURGUES Claude	(13)	543	FRANÇOIS Guy	(32)	626	FALCON Albert	(48)
461	DELMARE Alain	(13)	544	BORNUAT René	(65)	627	FUCHS André	(67)
462	PALOMBO Jacques	(13)	545	PRIGENT René-Loïc	(35)	628	ISATTELLA Claude	(07)
463	FAURE Louis-Charles	(13)	546	ROUX Daniel	(38)	629	VEYRIER André	(87)
464	MOREL Jacques	(73)	547	PERRIN Eugène	(03)	630	GOYET Frédéric	(37)
465	PERRIER Lucien	(74)	548	JACQUET Jacques	(63)	631	NIZON Bernard	(35)
466	JACQUET Pierre	(74)	549	LUBIKU Lusienze Belani	(ZAIRE)	632	MOTHES Gilbert	VEN
467	MOREL Henri	(03)	550	CANELLAS Guy	(13)	633	CRUVILLIER François	Ar. Seoud.
468	BOCHET Bertrand	(59)	551	GARABIGE Lucien	(70)	634	VALLEISE Louis	(73)
469	CALLENS Bertrand	(59)	552	VIENNOT Dominique	(137)	635	CIVITELLO Denis	(06)
470	DEMERVILLE Christian	(62)	553	HENRY Jean-Yves	(59)	636	SICOT Francis	(13)
471	LONCKÉ Étienne	(59)	554	DUCHESNE Jean	(35)	637	POUSSINEAU Éric	(38)
472	BOURGOIN Antoine	(59)	555	RIVIER Alain	(64)	638	SIFFERMANN Roland	(67)
473	DEREGNAUCOURT Stéph.	(59)	556	SOMSON Jacques	(65)	639	BARBACANNE Edmond	(94)
474	DEVIN Gérard	(62)	557	FAURE Pierre	(81)	640	CATHABARD Roger	(04)
475	LEBLANC Pierre	(59)	558	FIORELLI Albert	(13)	641	HURTER Christian	(69)
476	LEHEMBRE Georges	(59)	559	ROSTAND Paul	(74)	642	GLAT-BACHON Jean-Pierre	(13)
477	SANDT André	(59)	560	LEBLANC Léo	(89)	643	LACROIX Guy	(71)
478	MARKARIAN J.-Pierre	(19)	561	PUBELLIER Pierre	(63)	644	WOLFF Maternne	(67)
479	CHARPENTIER Henry	(78)	562	TRANZER Denis	(68)	645	POEY Michel	(76)
480	FRANCES Pierre	(78)	563	Melle FAUGERAS Gisèle	(95)	646	DUHAMEL François	(80)
481	GRELIER Pierre	(85)	564	CHEVALIER Jean-Claude	(53)	647	LANSSELLE Pierre	(27)
482	MILLIOTTE Éric	(75)	565	HAAS Henri	(67)	648	DOMMANGEAT Jean	(63)
483	REBION Gilbert	(44)	566	BRETON Denis	(30)	649	MONTEAU Raymond	(13)
484	REUMAUX Frédéric	(59)	567	CASANO Dominique	(93)	650	TOUTIN Thierry	(95)
485	MARTIN Claude	(52)	568	SCHUBERT Hervé	(71)	651	DEMOLIN Daniel	(70)
486	FAVERJON Alain	(38)	569	PANET Bernard	(87)	652	GIVORD Maurice	(62)
487	BERTRAND André	(31)	570	LAMOUREUX Dominique	(48)	653	ORTOLLAND Lucien	(75)
488	ROBERT André	(93)	571	CHAZALET Gérard	(38)	654	DELMAS Jean-Marie	Nlle Calédonie
489	MATHISS Georges	(67)	572	DELEBECQUE Francis	(31)	655	DUPOUY Jacques	(59)
490	DARNAUD Guy	(92)	573	RIGOET Paul	(78)	656	CHEGUILLAUME François	(44)
491	GERBAUD Jacques	(32)	574	BESSON Marcel	(03)	657	BLONDEAUX Henri	(71)
492	VANIER André	(CDN)	575	LICHTFOUSE Michel	(38)	658	BODIN François	(89)
493	GARNERY Claude	(37)	576	GIRARD Maurice	(Nouvelle Calédonie)	659	ROGER Michel	(26)
494	LHOTE Jean, René	(49)	577	VERNERIE Guy	(28)	660	VERNET Guy	(71)
495	DEFLERS René	(93)	578	ROBERT Claude	(39)	661	LOYER Yves	(69)
496	FRANÇOIS Philippe	(82)	579	MASSONNEAU Robert	(85)	662	LAURENT Pierre	(71)
497	BLANC André	(06)	580	MORINIERE Bernard	(85)	663	LORIDAN Michel	(84)
498	BREYTON Pierre	(92)	581	PAPAIX Jean-Luc	(06)	664	CORTOPASSI Philippe	(91)
499	ABRAHAMIK Casimir	(91)	582	JACQUIER Guy	(06)	665	LEMONNIER François	(76)
500	DEMARWE Claude	(92)	583	GERALD Jacques	(78)	666	BERENI Philippe	(13)
501	BACON Jacques	(45)	584	TEISSIER André	(24)	667	LECOMTE Emmanuel	(30)
502	GAUBERT Patrice	(45)	585	DEPOND Jean-Philippe	(50)	668	MALET Hervé	(44)
503	PREVOT Marcel	(78)	586	AUBRION Bernard	(12)	669	BALLARINI Claude	(57)
504	MONVOISIN Philippe	(75)	587	MOREL Bruno	(01)	670	LEROY Jean	Niger
505	ÉLISABETH Raymond	(26)	588	SCHAEFFER Robert	(67)	671	BANC Daniel	(26)
506	SAMOULLIER Bernard	(75)	589	BICAIL François	(13)	672	LEDOUX Roger	(67)
507	ALBENQUE Robert	(45)	590	CHALLINE René	(75)	673	CABARAT Christophe	(28)
508	HEYMANN Robert	(94)	591	DUCHEVET Dominique	(31)	674	CUNIETTI Mariano	Italie
509	OLLIVIER Jacques	(61)	592	CAILLIAU Philippe	(59)	675	LEVEILLE Jean-Claude	(61)
510	BRET Pierre	(57)	593	CHAZEL Daniel	(30)	676	MIRISKY Gérard	(71)
511	BARANOFF Yves	(95)	594	DAVOT Jacques	(78)	677	Melle ALDORF Odile	(06)
512	CHEREL Pierre	(35)	595	RIOU Fernand	(78)	678	ALEXANDRE Michel	(39)
513	VERNIER Jean-Pierre	(50)	596	HECQUET Pierre	(35)	679	LAMBERT Guy	(71)
514	LEROY Gérard	(35)	597	RICHOUD Jean-Claude	(82)	680	MERCIER Dominique	(85)
515	ALBENQUE Bertrand	(45)	598	VERGNES Jacques	(47)	681	CENTRE D'ESSAIS DES LANDES	(40)
516	NOLL Alain	(97)	599	BESANCENEY Michel	(70)	682	BOULLIER Serge	(13)
517	RIVIER Daniel	(06)	600	NEVEU Philippe	(95)	683	BERREHOUC Michel	(29)
518	DEDIEU Moïse	(31)	601	PRUNET Pierre	(78)	684	GIRAULT Pierre	(86)
519	ARCIN Roger	(82)	602	LEGRAND Daniel	(75)	685	ROUCHER-SARRAZIN Rémi	(73)



686	LOURD Daniel	(69)	697	ZELASCO José	(92)	708	GOXE Clément	(89)
687	CHIMCHIRIAN Jean-Marie	(94)	698	BRET Jean	(91)	709	SIMON Jacques	(68)
688	HENNEBIQUE Xavier	Cameroun	699	WILUSZ Zdzislaw	(92)	710	BARJON Claude	(63)
689	MORESTIN Pierre	(93)	700	PERROT Bernard	(41)	711	HELIAS Étienne	(72)
690	JAMBON Yves	(91)	701	DESMEDT Jean-Marc	(59)	712	CUGERONE Jean	(26)
691	DELMONTE Ettore	Venezuela	702	LANDAIS Bertrand	(78)	713	COLTAT Daniel	(54)
692	BOCQUEL Philippe	(92)	703	HUGON Patrick	(39)	714	Mme VIVIES Christine	(17)
693	HOSPITAL Michel	(93)	704	DUFOUR Raphaël	(21)	715	MOUGIN Bernard	(76)
694	DENELLE Frank	(92)	705	GRANZOTTO Pierre	(78)	716	CHENE Frédéric	(41)
695	GRAMOND Alain	(75)	706	LEMAIRE Jean-Louis	(57)	717	LANG Joseph	(16)
696	DELCOURT Olivier	(75)	707	MONTROGNON Claude	(91)	718	FAURE Claude	(14)

## MEMBRES DE SOUTIEN

1 Wild + Leitz France

2 Aga Geotronics S.A.R.L.

3 Chambre Syndicale Nationale  
des Photogrammètres privés

4 Office de la Topographie et de la Cartographie Tunis

5 Slom-Essilor

6 Chambre des Ingénieurs-Conseils de France

7 SOFRIG

# Abonnement 1981 à la revue xyz de l'Association Française de Topographie

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

## ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

### " Abonnements "

39<sup>er</sup> rue Gay-Lussac  
75005 PARIS

### Abonnement 1 AN (4 numéros)

- FRANCE = 160 F
- AUTRES PAYS = 200 F

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

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

**Achat d'un seul numéro** - même adresse que ci-dessus.

(sous réserve de disponibilité)

- FRANCE = 50 F
- AUTRES PAYS = 60 F

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



# NOUVELLES DE PARTOUT

*Du Vice-Président R. Schaffner*

## CALENDRIER 1980

**14 novembre 1980** : Assemblée régionale de la région NORD

**12 décembre 1980** : Assemblée générale de l'A.F.T.

**4 avril 1981** : Assemblée régionale de la région Lyon  
**22-23 mai 1981** : Tours, colloque "Auscultation topographique des grands ouvrages".

## DES RÉGIONS...

### RÉGION NORD

L'assemblée régionale se réunira le 14 novembre après-midi et sera présidée par Robert VINCENT, secrétaire général de l'Association. Le matin G. COUSIN, président régional organise une visite de la centrale nucléaire de GRAVELINES, Jean COMBES fera à cette occasion un exposé sur le rôle de la topographie dans la construction des centrales.

### RÉGION LYON

Programme de la réunion annuelle qui se tiendra le 4 avril 1981 dans les salons de l'Hôtel Terminus à la Gare LYON-PERRACHE.

14 H 00 : Réunion du bureau régional A.F.T. Rhône-Alpes.

14 H 30 : Exposé de M. Jean BOUTONNIER, Membre du Bureau National. Le rôle des géomètres dans l'électrification d'une ligne S.N.C.F. (par exemple : LYON-GRENOBLE). Discussion.

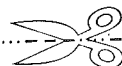
15 H 30 à 17 H 30 exposés par des Ingénieurs de l'I.G.N. :

- la cartographie numérique à grande échelle à partir des données photographiques
- la représentation graphique de données numériques localisées des dossiers administratifs.
- Discussion.

17 H 30 : Assemblée régionale A.F.T. Rhône-Alpes. Discussion sur les sujets soulevés sur demande écrite par les membres avant 14 H 30. Projet de voyage en Suisse à l'Usine WILD-HEERBRUGG.

18 H 30 : Réunion restreinte des membres A.F.T. désirant participer à une réunion régionale de travail dans le cadre de la Commission n° 5 de l'A.F.T. "Représentation des données physiques" (Cf Revue XYZ n° 3 page 30).

20 H 00 : Fin de la réservation des salons de l'Hôtel Terminus.



**BON D'INSCRIPTION** à retourner avant le 01.03.1981 à :

A.F.T.  
108 bis rue Hénon  
69004 LYON

M .....

ADRESSE .....

Participera à la réunion AFT Lyon du 4 avril 1981 et demande à recevoir sur place le dossier de documentation prévu notamment par l'Institut Géographique National.

## RÉGION ILE-DE-FRANCE - NORMANDIE

La prochaine réunion régionale aura lieu début 1981. Elle sera suivie de la visite du chantier R.E.R. de la Gare du Nord.

• Dans le courant de l'année il est prévu deux autres visites :

- les ateliers THOMSON-L.M.T. (Système NACOR)
- le chantier du T.G.V. à Montereau-Pont-Yonne.

• Une assemblée plénière Ile-de-France sera organisée en ouverture de l'Assemblée générale de l'Association, en décembre 1981.

## RÉGION PROVENCE ALPES-CÔTE D'AZUR

Une journée d'études, le 21 novembre 1980, sera consacrée à l'hydraulique au service de l'électricité. Au programme la visite du barrage-usine de Sainte-Croix, des villages de Bauduen et Sainte-Croix, des Falaises de Saint-Pons et la présentation du projet d'aménagement du Verdon.

## DES COMMISSIONS...

### Commission 7 — Grands Travaux et Aménagements (Responsable : M. DAUGE)

En vue du colloque "Auscultation topographique des grands ouvrages" qui sera organisé en mai 1981

à TOURS, les personnes désirant présenter une communication à ce colloque sont priées d'en adresser le texte, ainsi qu'un résumé, au secrétariat de l'Association, 39 ter rue Gay-Lussac, avant le 15 février 1981.

## ANNUAIRE DE L'A.F.T.

L'annuaire de l'Association est en gestation pour une parution prévue en mai-juin 1981. Nous comptons sur le concours de tous pour :

- La mise à jour du fichier. Tous les changements d'adresse ou de situation sont à signaler au secrétariat de l'Association, 39 ter rue Gay-Lussac, PARIS 75005.

- Les suggestions concernant les divers classements à retenir. Adresser les propositions en ce sens à André MEMIER BP3 38240 MEYLAN.

Nos annonceurs sont également invités à retenir le plus tôt possible leurs emplacements auprès du secrétariat de l'A.F.T.

## COLLOQUE DE STRASBOURG

Le colloque "Formation et enseignement (Ingénieurs)" s'est déroulé à Strasbourg à l'École Nationale des Arts et Industries le 20 octobre. Le compte rendu complet ainsi que les textes des conférences paraîtront dans les prochains numéros de XYZ. En voici le programme général :

- Allocution d'accueil prononcée par M. PICHOR, directeur de l'E.N.S.A.I.S.

En présence de M. DERSY, chargé de la sous-direction des enseignements technologiques supérieurs.

- Exposés des directeurs et professeurs des écoles d'ingénieurs sur le thème "objectifs de formation, profil des élèves sortants, stages en fin de scolarité".

E.N.S.A.I.S. : M. GRUBER

E.N.S.G./I.G.N. : M. D'HOLLANDER

E.N.C./Toulouse : M. DELEBECQUE

E.S.T.P. : M. DUBUISSON  
E.S.G.T./I.T. : M. AMADIEU

- Expérience de transfert de technologie à l'Étranger : M. LAPOINTE.
- Débat animé par M. KOECHER, président de séance.
- Exposés des représentants des écoles sur les actions de formation continue ou de perfectionnement — débat animé par M. DELEBECQUE —.
- Première analyse des réponses au questionnaire, par M. LAPOINTE, sur l'enseignement et la formation.
- Conclusion et clôture du colloque, par M. SCHAFFNER vice-président de l'A.F.T.
- Visite de l'E.N.S.A.I.S., dirigée par M. PICHOR.

## DE L'ÉTRANGER...

### INDUSTRIAL AND ENGINEERING SURVEY CONFERENCE

Notre collègue Jean GERVAISE nous a adressé le compte rendu suivant de cette conférence qui s'est tenue à Londres du 2 au 4 septembre.

Cette conférence était parrainée par l'Impérial College of Science and Technology, le Polytechnic South Bank, Portsmouth Polytechnic, le City Univer-

sity London et l'University College of London, conjointement avec la Commission 6 de la F.I.G. et la Commission 5 de la Société Internationale de Photogrammétrie.

Elle réunissait 130 participants venus de l'Europe entière. Le programme était chargé et très éclectique. Les interventions des orateurs étant cependant limitées strictement à vingt minutes, il y eut, à chaque session, la possibilité de poser des questions.

Le programme fut le suivant :

#### Session 1 : "Management"

- L'instrumentation pour l'alignement et la mise en place dans l'industrie - Applications à la construction et à l'installation des réacteurs nucléaires  
H.W. Boulton, Nuclear Power Co. (Whetstone) Ltd
- Le marché de la géométrie - qui est responsable ?  
W.S. Longdin, Longdin & Browning (Surveys) Ltd

#### Session 2 : "Instrumentation et Automation"

- Métrologie appliquée et photogrammétrie  
Dr. J.W.C. Gates, National Physical Laboratory  
On y exposait le besoin croissant d'améliorations des systèmes de mesure tridimensionnelle dans le génie mécanique et la recherche de l'utilisation des techniques photogrammétriques pour l'enregistrement, le report et l'analyse des mesures
- L'amélioration de la précision des mesures de courte distance avec des appareils électro-optiques  
Dr. A.L. Allan, University College London
- Instrumentation de contrôle des mesures de génie civil - quelques exigences et nouveautés.  
J. Cheney, Building Research Establishment

#### Session 3 et 4 : "Applications industrielles"

- Utilisation de la photogrammétrie pour les déformations de structures  
M.A.R. Cooper, The City University London
- Quelques applications de l'alignement optique au domaine du génie mécanique  
B.S. Pearn, Rank Taylor Hobson
- Les aspects photogrammétriques de la reconstruction du Schwebebahn  
W. Wester-Ebbinghaus, Institut für Photogrammetrie, Bonn
- Problèmes de mesure et leurs solutions possibles dans le génie mécanique et la construction automobile  
Prof. Dr.-Ing. K. Linkwitz, Universität Stuttgart
- Les applications de la photographie par taches laser (laser speckle photography) pour les mesures inférieures au micron  
D.A. Gregory, British Aerospace
- Photogrammétrie par rayons X  
P.A.E. Armstrong, Rolls Royce Ltd

#### Session 5 : "Enseignement et formation en Europe"

- Formation des géomètres pour l'industrie en Europe

Prof. L. Hallermann, Geodätisches Institut, Bonn

- Formation des géomètres pour l'industrie dans le Royaume Uni

P.F. Gardner, Portsmouth Polytechnic

- Définition de la précision, tolérances de construction pour les géomètres

A. Whitehouse, Greater London Council

#### Session 6 : "Saisie des données et leur analyse"

- Approche structurale des problèmes de compensation géodésique par un ingénieur des structures

R.W. Horsington, University of Birmingham

- Une revue des techniques d'analyse des réseaux de géométrie industrielle

Prof. J.E. Alberda, Technische Hogeschool, Delft

- Compenser ou ne pas compenser dans les travaux de géométrie ?

Dr. W. Proszynski, Institut Geodezji Gospodarczej Politechnika, Warsaw

#### Session 7 : "Applications au génie civil"

- L'application de la photogrammétrie à stations multiples aux structures industrielles  
S.I. Granshaw, Oxford Polytechnic

- Améliorations de la précision de la photogrammétrie à courte portée

Prof. K. Torlegard, Royal Institute of Technology, Stockholm

- Un ensemble de logiciels pour l'orientation du modèle dans un restituteur analytique

Dr. M. Stephani, Technische Universität, Munich

#### Session 8 : "Auscultation d'ouvrages"

- Auscultation de haute précision des structures  
K. Egger, Walter Schneider Ltd, Switzerland

- Mesures de contrôle et d'auscultation sur le barrage de Darmouth, Australie  
J.D. Konings & I.R. Trezise, State Rivers and Water Supply Commission of Victoria, Australia

- Auscultation de déformations millimétriques

Prof. V. Ashkenazi, Dr. A.H. Dodson & S.A. Crane, University of Nottingham

#### Session 9 : Discussion générale et fin de la Conférence

L'organisation de ces journées a été parfaitement réussie. Par contre, la multiplicité des sujets traités dans les neuf sessions n'a pas permis un approfondissement suffisant de chacun d'eux. Les noms des auteurs des conférences ont été indiqués afin que les personnes intéressées puissent prendre contact avec eux.

L'ensemble des sessions couvrait à peu près les activités des Commissions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 de l'Association Française de Topographie.

# \_\_\_ ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 12 DÉCEMBRE 1980 \_\_\_

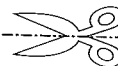
## DÎNER du vendredi 12 décembre 1980

A l'issue de l'Assemblée Générale de l'Association, vous êtes conviés à participer au dîner dansant qui aura lieu le :

VENDREDI 12 DÉCEMBRE 1980  
à 20 H 30  
dans un Salon du GRAND HÔTEL, rue Scribe à PARIS  
(près de la Place de l'Opéra)

Pour la bonne organisation de cette soirée, nous vous remercions par avance de bien vouloir nous adresser, dès maintenant, et en tout cas avant le 1<sup>er</sup> décembre, le bulletin réponse ci-dessous, à l'adresse du Secrétariat de l'A.F.T., 39 ter rue Gay Lussac - 75005 PARIS.

Le Secrétaire Général  
R. VINCENT



### BULLETIN RÉPONSE à retourner au Secrétariat de l'A.F.T. avant le 1<sup>er</sup> décembre 1980

NOM..... Prénom.....  
J'assisterai au Dîner dansant  
(rayer la mention inutile) — seul  
— accompagné de ..... personnes  
Total ..... personnes

La participation aux frais s'élève à F 150, par personnes.

Je joins à ce bulletin un chèque d'un montant de F..... représentant ma participation aux frais.

Date

Signature

## CONVOCATION

Vous êtes instamment invités à participer à l'Assemblée Générale de l'Association Française de Topographie qui se tiendra le :

VENDREDI 12 DÉCEMBRE 1980

à l'ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES  
GÉOGRAPHIQUES, I.G.N.

2, avenue Pasteur  
94160 - SAINT-MANDE,

selon l'ordre du jour et l'horaire suivant :

### ORDRE DU JOUR

- 9 H - Accueil des participants,
- 10 H - Ouverture de l'Assemblée Générale par le Président
  - Nomination de 2 vérificateurs aux comptes, choisis parmi les membres présents
  - Rapport moral par le Secrétaire Général
  - Rapport financier par le Trésorier
  - Adoption du barème des cotisations 1981
- 11 H 15 - Élection du 12<sup>e</sup> membre national du Conseil pour la période 1979-1985  
Candidatures reçues, arrêtées à la date du 31 octobre 1980 :  
Jean GERVAISE
- 12 H - Pause pour le déjeuner prévu à I.G.N., à 13 H 15
- 14 H 30 - Résultat de l'élection
- 14 H 35 - Activités des régions et des commissions avec débat (compte rendu succinct par les Présidents régionaux et Responsables de commission)
- 16 H - Clôture de l'Assemblée Générale

Le Secrétaire Général de l'A.F.T.  
R. VINCENT

## ÉLECTION D'UN DOUZIÈME MEMBRE NATIONAL DU CONSEIL DE L'ASSOCIATION

Conformément à la délibération de l'Assemblée Générale Ordinaire du 21 juin 1980, l'élection d'un douzième membre national du Conseil de l'Association aura lieu lors de l'Assemblée Générale du 12 décembre 1980.

Une seule candidature a été enregistrée à la date limite du 31 octobre 1980 : celle de Monsieur Jean GERVAISE.

Si vous ne pensez pas pouvoir assister à l'Assemblée Générale du 12 décembre prochain, vous pouvez voter par correspondance (article 12 des statuts). Pour ce faire, vous devez faire parvenir votre vote avant le 11 décembre de la façon suivante :

Glisser votre bulletin de vote manuscrit dans une première enveloppe cachetée qui ne devra comporter aucune mention. Cette enveloppe sera mise dans une deuxième enveloppe qui sera adressée à l'ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE, 39 ter rue Gay Lussac 75005 PARIS

et qui portera en outre au recto la mention "vote du 12 décembre 1980", au verso votre nom et votre numéro d'adhérent (ceci afin de pouvoir pointer les votants).

Le Secrétaire Général  
R. VINCENT

**LART**  
PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE  
5, RUE DE LA VEGA - 75012 PARIS  
347.15.92

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

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



## EMPLOI

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

### DEMANDES D'EMPLOI

- Chef de Brigade 1<sup>er</sup> éch., 33 ans, solide expérience professionnelle, cherche emploi en Ile-de-France. Disponible immédiatement.  
Écrire à l'AFT, référence DE 14.

- Diplômé I.T., libéré obligations militaires cherche stage pour février 1981, région indifférente.  
Écrire : Serge GARRIGOU  
Liboussou Saint-Vite  
47500 FUMEL

### FORMATION CONTINUE

C.E.I.F.I.C.I. - 6, rue Vital - PARIS 75016 - Tél. : 504.55.02

- 28, 29, 30 octobre 1980. Études et Réalisations de pointe dans les Travaux Maritimes.

CAST - Centre d'Actualisation Scientifique et Technique.  
Institut National des Sciences Appliquées  
20, avenue Albert Einstein  
69621 VILLEURBANNE CEDEX

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS  
DU BÂTIMENT ET DE L'INDUSTRIE  
57, bd Saint-Germain  
75240 PARIS CEDEX 05  
Tél. : 329.21.99

Le Laboratoire de Photogrammétrie Analytique de CACHAN organise durant l'année scolaire 1980-1981, sous la direction de l'Ingénieur Général DUBUISSON quatre types de stages de Photogrammétrie Analytique.

- Journée d'information (1 jour)
- Stage "Ingénieur" (2 semaines)
- Stage "Technicien Supérieur" (4 semaines)
- Stage "Technicien" (2 semaines + 4 semaines)

Tous les stages comportent des démonstrations ou des travaux pratiques sur le stéréorestituteur analytique TRASTER de MATRA. Les premiers stages débutent le 1<sup>er</sup> décembre 1980 et se succèdent ensuite sans interruption.

CREUFOP Centre Régional Universitaire de Formation Permanente I.U.T.  
99, avenue d'Occitanie  
34075 MONTPELLIER CEDEX  
Tél. : (67) 63.48.03

14 au 21 novembre - Informatique Graphique pour Géomètres

- Offre de matériel. Notre collègue Evenou propose de faire don à une école intéressée d'un autographe WILD A5 en parfait état de marche, dont il n'a plus l'emploi. Contacter l'AFT, ou Evenou, C.F.T.P. 11, rue des Petites-Écuries, Paris 10. Tél. : 824.63.06.

## NOTE D'INFORMATION

**sur l'enseignement et la formation continue en photogrammétrie analytique.**

C'est une première que réalise l'École Spéciale des Travaux Publics dans le cadre de ses enseignements de topographie et de métrologie, en ouvrant un laboratoire de photogrammétrie analytique dès l'année scolaire 1980-1981.

Aussi avons-nous pensé qu'il convenait de porter cette information à la connaissance de nos collègues.

Nous avons, en effet, estimé qu'il convenait de démythifier cette nouvelle photogrammétrie qui s'ouvre encore plus largement à des domaines nouveaux de la métrologie, comme à la topographie et à la cartographie, avec une productivité accrue.

Les activités de ce laboratoire sont diverses, puisqu'elles comportent tant l'enseignement aux étudiants pendant leur cycle normal, que l'information

aux professionnels pour lesquels sont organisés, à titre individuel ;

- soit une journée dite d'"information",
- soit des stages approfondis de 2, 4 ou 6 semaines, dans les conditions habituelles de la "formation continue".

Le programme comprend essentiellement des travaux pratiques sur un système Traster et des indications technologiques spécifiques. Deux professeurs assistants de l'École y sont affectés.

Il est vivement souhaité que cette initiative favorise les contacts et les échanges entre les collègues que cette discipline intéresse.

B. DUBUISSON

## REVUE DE PRESSE

**Sauf indication contraire, les articles sont rédigés dans les langues du Pays :  
(D) = Allemand, (E) = Anglais, (F) = Français.**

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

N° 7/07.1980

Numéro consacré au panorama de la littérature professionnelle de l'année 1979 ; avec quelques annexes.

N° 8/08.1980

— Routes et chemins sur les cartes topographiques ; remarques critiques au sujet de la classification d'après l'état d'entretien.

— L'effet juridique réel des rectifications de limites d'après la loi fédérale sur la construction - un faux pas du législateur.

— Terminologie scientifique exacte en matière de recherches sur l'environnement.

— Relations entre les valeurs altimétriques constatées et les influences anthropogènes dans la vallée supérieure du Rhin.

— La rénovation partielle, alternative de la rénovation intégrale du cadastre foncier.

— La cartographie cadastrale en pays de Hesse depuis 1945.

— Rapport 1979 sur les examens d'ingénieurs gradués, diplômés et assistants de service d'arpentage.

N° 9/09.1980

— La rénovation rurale ; amélioration des structures agraires et tâche urbanistique.

— Les développements en série pour le calcul de l'arc de transition à l'aide d'une ligne de courbure sinusoïdale modulée.

— Remembrement et contribution au désenclavement.

— La protection des données dans l'information sur les valeurs foncières.

— Le Haram-el-Khabil. Sépulture des patriarches à Hébron et la conception du "péribolos" (E).

N° 10/10.1980

— La compensation tridimensionnelle d'un réseau avec altitudes approchées.

— La collocation et les fonctions analytiques de Splines.

— La preuve de l'altération d'une surface de niveau par des méthodes de mesures astro-géodésiques.

— Estimation maximum de vraisemblance des covariances et de moyenne pondérée avec application aux observations électroniques répétées de distances.

— Écoles supérieures et formation professionnelle. Bilan de 1979 relatif aux examens d'ingénieurs et d'assistants de Service d'arpentage.

### **Revue de l'Association Autrichienne d'Arpentage et de photogrammétrie.**

*"Österreichische Zeitung für Vermessungswesen" (ÖZ)*

N° 2/1980

— La signification socio-politique du remembrement.

— Sur la représentation inverse de Gauss-Krüger.

— Réflexions sur la détermination du géoïde en Autriche.

### **Revue de l'Association Australienne**

*"The Australian Surveyor"*

N° 2/06.1980

— Détermination photogrammétrique de la précision théorique des volumes.

— 22<sup>e</sup> Congrès et 27<sup>e</sup> Assemblée Générale.

— La profession et la réforme foncière.

— Les personnalités de la profession. etc...

### **Revue de l'Américain Congress on Surveying and Mapping (A.C.S.M.) U.S.A.**

*"Bulletin"*

N° 70/08.1980

— Compte rendu général de la rencontre de printemps 1980 à Saint-Louis.

— La conception du cadastre polyvalent et le rôle du topographe - une perspective nord-américaine.

— L'expérience du topographe pendant la construction du "Monde de Walt Disney"

— Le nouvel ajustement du réseau nord américain au Groënland.

— METRICORNER - Exposés des problèmes posés par l'introduction du système métrique aux U.S.A.

— Nouvelles des Associations des États.

— Le géomètre-topographe et la loi.

### **Revue de l'Association Danoise des Géomètres**

*"Landinspektoren"*

N° 1/02.1980

— La nouvelle loi sur la protection des sites et monuments.

— Les erreurs en aérotriangulation.

— L'indemnité d'expropriation.

— Confusion et suppression de servitudes.

— Jugements contre des géomètres.

— Jugements d'arbitrage.

— Réponses ministérielles

— Programmes pour les T.I. 58 et 59 et HP 97.

N° 2/04.1980

— Sur les mesures de contrôle des fours à ciment en mouvement.

- Rapports 1978 du médiateur.
  - Le service de l'Enregistrement.
  - La formation cartographique danoise.
  - Réponses ministérielles.
- N° 3/06.1980
- L'avenir de l'enregistrement des conduites.
  - Huit années avec la loi sur les matières premières.
  - Réponses ministérielles.
  - L'assurance professionnelle des géomètres.

#### **Revue de l'Association des topographes et géomètres de Norvège.**

*"Kart og Plan"*

N° 3/1980

- La campagne scandinave 1979 d'observations Doppler.
- Photogrammétrie industrielle - une solution générale de résection spatiale.
- Le règlement des conflits de propriété en application de la nouvelle loi foncière.
- Un modèle pour l'élaboration des plans communaux.
- Résolutions des commissions techniques de la S.I.P.T. au congrès du 25.07.80 à Hambourg.

#### **Revue du Collège Officiel des Ingénieurs Techniciens en Topographie d'Espagne.**

*"Tecnica-Topografica"*

N° 35/06.1980

- L'utilisation correcte des distancemètres en topographie.
- La formation des ingénieurs-techniciens en topographie.
- Voyages de fin d'études.
- Les pratiques volontaires (ou stages) de travaux.
- Conception de base du radar latéral interférométrique aérotransporté et son utilisation en cartographie (suite III)

#### **Revue de la Société Suisse des Mensurations et Améliorations Foncières (S.S.M.A.F.)**

*"Mensuration-Photogrammétrie-Génie Rural"*

N° 8/1980

- Les journées internationales de Lindau sur les systèmes d'information terrestres (S.I.T.) (D).
- Rôle du géomètre dans l'État, la Société et l'Économie.
- Organisation des levés officiels en R.F.A., Autriche et Suisse.
- But et organisation des S.I.T.
- Réflexions sur un S.I.T. en Allemagne.
- But et organisation d'un S.I.T. en Autriche.
- Point de vue Suisse sur le but et l'organisation d'un S.I.T.

N° 9/1980

- Journées d'information à Coire sur la conception générale pour l'emploi de l'informatique pour la mensuration cadastrale.
- Conception officielle du traitement automatique des données (D).

- L'informatique dans le cadastre des cantons de Vaud, Neuchâtel et Genève (F).

- Conception des modèles par les géomètres fonciers sur la future introduction du traitement électronique des données dans le levé parcellaire (D).

- L.E.S.A. - un organisme de services pour les levés généraux (D).

- Rapports et remarques sur ces journées d'information (F).

- Les réflexions de la S.S.M.A.F. sur la conception d'un S.I.T. (D).

- Bulletin n° 26 de la F.I.G. relatif à la session du 47<sup>e</sup> Comité Permanent à Edimbourg (F).

N° 10/1980

- L'atlas de vues aériennes de Bâle-Ville (D).

- Les glissements de montagne à Flühli (D).

- Application des calculs d'interpolation dans la triangulation générale (D).

- La mise en œuvre des mensurations foncières numériques (D).

- Quand le plan cadastral ne joue pas (F).

- Compte rendu du symposium de la Commission Enseignement de la F.I.G. (F).

#### **Bulletin de l'I.T.C.**

- (Institut International de levés aériens et sciences de la terre) PAYS-BAS

N° 1/1980

- Édition sur la Cartographie (E).

- Les systèmes de repérage au poinçon.

- Les projets finaux, synthèse des cours de Cartographie de l'I.T.C.

- La production d'atlas, une contribution à l'enseignement de la Cartographie.

- Exercice pratique, avant la théorie, de préparation de cartes polychromes.

- Les travaux de terrain dans l'enseignement de la Cartographie.

- Principes de base de la production de cartes polychromes.

- Éléments de base des systèmes d'information géographique.

- La production de cartes polychromes à l'aide de l'ordinateur.

- Un dispositif d'échange normalisé de données cartographiques.

- L'utilisation de la densitométrie dans la détermination des échelles à paliers égaux pour les cartes.

- L'enseignement de la Cartographie à l'Université Technique de Delft.

- La révision des cartes.

- Les récents développements de la technique de reproduction des cartes.

- Aspects de la gestion de production cartographique.

- Les "exonymes", obstacles à la normalisation des noms géographiques.

- Documentation cartographique et politique d'information.

## Revue de l'Association Hongroise de Géodésie et de Cartographie.

*"Géodézia és Kartográfia"*

N° 2/1980

- Le développement de l'arpentage foncier d'état au regard des règles juridiques.
- Les modifications de la loi sur la pratique de la topographie et de la cartographie.
- Variantes de l'ajustement des lignes droites.
- Modèles mathématiques pour la transformation de réseaux géodésiques.
- Le mérite de Sterneck dans le domaine des mesures gravimétriques.
- Les travaux géodésiques relatifs au pont sur la Theiss à Szeged.
- L'équipement pour l'exploitation des données photogrammétriques.

N° 3/1980

- Deux questions primordiales sur l'utilisation des sols.
- Une expérience de triangulation stellaire en Hongrie.
- Le progrès des services topographiques d'état et leurs conséquences sur l'activité des experts.
- Le rôle des géomètres-experts en matière de litiges fonciers.
- Relations entre les activités de mesurage foncier, de l'autorité judiciaire et de la construction.
- Contrôle de qualité des mesurages d'experts, compte tenu des tolérances.
- Méthodes, instruments et matériels actuels de travail de la justice, du mesurage et de l'expertise.

— Réflexions au sujet d'un article sur les sources de croissance des entreprises géodésiques et cartographiques.

— Rôle des systèmes inertiels et des modèles terrestres mécaniques en géodésie.

— Une méthode simple pour le relèvement du contenu des informations des prises de vues.

— Les cassettes enregistreuses de données de travaux de terrain.

**Les cahiers de l'OPIT, revue trimestrielle de l'Opération Pilote Interministérielle de Télédétection, 39 ter, rue Gay-Lussac.**

N° 3/1980

— La télédétection des forêts.

— L'apport de la télédétection à la connaissance de la forêt : l'exemple des massifs de Haguenau et de Fénétrange.

— Les incendies de la forêt méditerranéenne.

— Télédétection des incendies de forêt en région méditerranéenne.

— La cartographie des forêts à partir du satellite Landsat.

— Télédétection et forêts tropicales.

— Une application forestière de la télédétection bientôt opérationnelle : le projet FRIS de la St-Régis Paper Company.

— La télédétection pour la forêt d'Aquitaine ?

— Forêt landaise et télédétection.

— Où en sont les géologues en télédétection ?



## PARMI LES LIVRES

Quelques titres relevés à l'exposition "Cartes et Figures de la Terre" du Centre Georges Pompidou :

- Exploration de la Terre par les Satellites  
par Alex et Marc Chabreuil Hachette
- La Cartographie par André Libault Que Sais-je ?
- La cartographie par Fernand Joly  
Presses Universitaires de France

- L'Instrument de Marine par Jean Randier Arthaud
- La France à l'échelle - Histoire de la Cartographie  
par Jean-Luc Margot-Duclot Solar
- Cartes et Figures de la Terre Centre Georges Pompidou
- Mesures du Temps et de l'Espace Bibliothèque des Arts
- La Carte, Image des civilisations  
par Georges Kish Le Seuil

# LES PUBLICATIONS DU BUREAU DES LONGITUDES

par J.-J. LEVALLOIS  
*Ingénieur Général Géographe en retraite*  
*Membre d'honneur de l'A.F.T.*

C'est la Convention nationale qui par la loi du 7 Messidor, an III (25 juin 1795) institua le Bureau des Longitudes, chargé en particulier aux termes de son règlement promulgué peu après, de publier un Annuaire "propre à régler ceux de la République".

Dans sa structure actuelle codifiée par le décret du 8 janvier 1970, le Bureau proprement dit se compose de 13 membres titulaires, de membres en service extraordinaire — par exemple certains chefs des services dont les tâches sont en rapport étroit avec les préoccupations du Bureau — et de 32 correspondants. Un service des calculs est chargé d'assurer les travaux nécessaires à l'édition de ses publications et poursuit d'autre part des recherches sur les sujets connexes (astronomie fondamentale, mécanique céleste, etc...)

L'activité du Bureau se manifeste par des publications bien connues :

- L'annuaire du Bureau des Longitudes (1795-....)
- La connaissance des temps\* (1795-....)
- Les éphémérides nautiques (1889-....)

Depuis quelques années, une évolution profonde s'est dessinée dans la présentation et même dans la conception de certaines de ces publications par suite des problèmes que soulevaient les questions de prix de revient, l'évolution des goûts du public, les progrès scientifiques, les nouveaux moyens que la technique moderne mettait entre les mains du bureau des calculs et des utilisateurs. Ce sont les modifications issues de cette évolution que nous nous proposons d'évoquer.

**L'Annuaire :** L'annuaire ancien, dans sa célèbre couverture classique rose saumon s'était peu à peu gonflé sous l'influence de l'accroissement des connaissances jugées nécessaires, de la prolifération des rédacteurs, etc... si bien que la publication annuelle initiale avait évolué peu à peu vers une rédaction fractionnée à base biennale ou quadriennale, certaines matières n'étant traitées ou révisées qu'avec cette périodicité.

En 1968 fut adoptée une première modification de structure : l'annuaire comportait 8 parties.

A — Une "première partie" à périodicité annuelle, contenant essentiellement les éphémérides et les éléments astronomiques pour l'année en cours ; on y relevait entre autres :

- les définitions de base de l'astronomie de position,
- les prédictions pour l'année en cours (calendrier, éphémérides du soleil, de la lune, des planètes),
- position des étoiles, etc...
- les données relatives aux comètes apparues l'année précédente,

— la prédiction des marées sur les côtes françaises, les éléments de la déclinaison magnétique, le temps, ses échelles, son aspect légal international, sa diffusion, les satellites artificiels et leurs lancements récents, les particularités des divers calendriers.

B — Quatre parties à parution de cadence triennale :

- la géodésie et la géophysique (réparties sur les 3 ans)
- l'astronomie et la géophysique (réparties sur les 3 ans)
- la physique (répartie sur les 3 ans)
- la géographie physique et économique de la France et la démographie (réparties sur les 3 ans)

C — Une sixième partie relative aux prédictions astronomiques pour l'année suivante (éphémérides, éclipses, etc...)

D — Des notices scientifiques destinées à faire le point de l'actualité - variables d'une année à l'autre.

E — La table des matières - Index.

L'annuaire a ainsi paru sous cette forme (couverture grise) jusqu'en 1976.

A partir de 1977 d'importants changements ont été apportés à la publication : chaque année paraissent deux publications distinctes :

- un volume dit "Annuaire du Bureau des Longitudes - Ephémérides pour l'an..." (format 15,5 x 24)
- un tome d'une publication de périodicité quinquennale nommée "Encyclopédie scientifique de

\* En fait elle fut créée en 1679. Le Bureau des Longitudes ne s'en chargea qu'à partir de 1795.

l'Univers" (format 21,5 x 30,5) dont les 3 premiers tomes sont parus :

1977 — La terre, les Eaux, l'Atmosphère (Géophysique)

1978 — Les Étoiles, le Système Solaire (paru au début de 1979)

1979 — La Galaxie, l'Univers extra-galactique (paru au début de 1980)

Le quatrième tome (1980) prévu pour paraître en fin d'année est consacré à la Physique, le cinquième tome (1981) reprendra à son compte la Géographie.

Nous donnons ci-dessous les principaux titres de la table des matières de l'Annuaire proprement dit :

Chapitre I : Données sur les calendriers.

Chapitre II : Définitions générales (astronomie de position, etc... données générales).

Chapitre III : Emploi des Éphémérides de position.

Chapitre IV : Positions du Soleil et de la Lune.

Chapitre V : Position des planètes et des satellites.

Chapitre VI : Ephémérides pour les observations physiques.

Chapitre VII : Étoiles.

Chapitre VIII : Éclipses et phénomènes astronomiques.

Chapitre IX : Prédiction des marées océaniques.

Chapitre X : Déclinaison magnétique en France.

Il s'agit donc du contenu classique de la première partie de l'ancien annuaire, remise en ordre après révision.

En ce qui concerne l'encyclopédie les changements sont plus profonds. En dehors des questions de format, les différentes livraisons groupent en un seul volume les sujets par centres généraux d'intérêt : d'autre part l'esprit de la collection s'oriente vers un aspect plus didactique de l'exposé qui se propose de faire "le point des sciences qui entrent dans les attributions du Bureau des Longitudes" en restant "d'un niveau accessible à tout lecteur cultivé". Pour donner une idée plus précise du contenu de cette collection nous reproduisons un abrégé de la table des matières du tome I qui est d'intérêt plus immédiat pour notre Association.

Première partie : La Terre

Chapitre I : Géodésie

Chapitre II : Rotation de la terre

Chapitre III : Marées terrestres

Chapitre IV : Sismologie

Chapitre V : Plaques lithosphériques - Tectonique globale

Chapitre VI : Le champ magnétique terrestre

Chapitre VII : Constitution physique de la terre

Deuxième partie : Les Eaux, l'Atmosphère

Chapitre VIII : Les marées

Chapitre IX : Courants marins

Chapitre X : La houle, les vagues

Chapitre XI : L'atmosphère

Chapitre XII : La météorologie

Chapitre XIII : La circulation des eaux

Chapitre XIV : Neige et glaciers

L'ouvrage édité chez Gauthier Villars comprend 228 pages.

**La connaissance des temps** : on a bien connu ce recueil vénérable à couverture bleue dont Claude

Farrère disait que la mère la plus rigide pouvait sans crainte le laisser entre les mains de sa fille\*.

Sa publication était devenue pour le Bureau des Longitudes — et l'éditeur — un problème financier insoluble malgré l'aide qu'apportait la reproduction photographique directe des calculs issus de l'ordinateur, si bien que cet ouvrage dont la diffusion est a priori fort limitée, était extrêmement cher et que de surcroît la concurrence d'éphémérides étrangères le faisait délaisser par certains usagers.

Une réforme hardie a permis de lui redonner vie.

La nouvelle série en service depuis l'année 1980 (format 21 x 29,5) présente sous forme condensée, toutes les données classiques, à charge à l'utilisateur d'en faire l'interpolation par calculatrice de poche (ou ordinateur). Là encore le mieux est de laisser la parole à l'avertissement de la publication\*\* et de reproduire la table des matières :

"Pendant trois siècles les éphémérides publiées dans la Connaissance des Temps étaient présentées sous forme de tableaux des valeurs des coordonnées pour des valeurs équidistantes du temps, tableaux qu'il fallait interpoler pour calculer les coordonnées pour un instant quelconque. Ce procédé était alors le seul possible du point de vue pratique dans la mesure où les utilisateurs disposaient de moyens de calcul réduits, mais il entraînait, du fait de la grande précision atteinte par les théories, la publication d'un nombre de pages élevé. Il était même pratiquement impossible de publier des tables interpolables des coordonnées des corps rapides comme les satellites de Jupiter.

L'emploi de plus en plus répandu d'ordinateurs dans les centres de calcul des observatoires et des laboratoires de recherche et la présence maintenant courante de petits calculateurs peu coûteux sur la table de travail du chercheur, sous la coupole de l'astronome ou même dans la poche de l'amateur, rendent possible la représentation des coordonnées des astres par des développements polynomiaux tels les développements en polynômes de Tchebychev adoptés ici. Cette nouvelle présentation réduit considérablement le volume des données publiées tout en leur conservant la précision maximale ; l'utilisateur doit, à partir d'un tableau de coefficients, remonter aux coordonnées de l'astre considéré à un instant donné au moyen de calculs assez simples qui sont expliqués plus loin.

Le contenu de la Connaissance des Temps, Nouvelle Série, est sensiblement le même que celui de ce même ouvrage sous son ancienne forme. On donne les coefficients des développements en polynômes de Tchebychev des coordonnées du Soleil, de la Lune, des planètes principales, des quatre petites planètes les plus importantes (Cérès, Pallas, Junon, Vesta) et des satellites galiléens de Jupiter. On donne aussi une éphéméride de la Polaire, présentée sous forme classique, permettant de calculer la hauteur et l'azimut de cette étoile dans un lieu donné.

On a été amené à alléger le contenu de la Connaissance des Temps dans la mesure où l'utilisateur dis-

\* "Combats et batailles sur mer".

\*\* Du à M. B. Morando, correspondant du Bureau des Longitudes directeur du Service des Calculs.



pose d'autres ouvrages qui contiennent toutes les données dont il pourrait avoir besoin. Ainsi on trouve dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'année en cours les renseignements concernant les éclipses, les phénomènes et les configurations des satellites de Jupiter, les occultations d'étoiles ; dans les Apparent Places of Fundamental Stars publiées par l'Astronomisches Rechen Institut de Heidelberg, les positions moyennes (et aussi, bien entendu, apparentes) des étoiles du FK4 ; dans les Éphémérides Nautiques publiées par le Bureau des Longitudes, les tables de réfraction à l'horizon peu utilisées par les astronomes.

En dehors des éphémérides proprement dites, la Connaissance des Temps contient de nombreuses explications, des données astronomiques, des formules de calculs courants et des exemples. Ces textes ont été rédigés de telle sorte qu'ils conservent toute la rigueur qu'exige l'astronomie professionnelle mais aussi qu'ils soient accessibles à des personnes peu familiarisées avec certaines notions mathématiques, dans la mesure où le Bureau des Longitudes souhaite que l'ouvrage peu coûteux ainsi présenté au public se répande non seulement dans les observatoires mais chez tous les amateurs intéressés par l'observation astronomique ou par les mouvements des astres du système solaire.

Le contenu et la présentation de la Connaissance des Temps pourraient évoluer dans les années à venir pour tenir compte des progrès des théories ou pour respecter d'éventuelles décisions de l'Union Astronomique Internationale ou les souhaits des utilisateurs (il a d'ailleurs déjà été tenu compte de quelques remarques formulées à propos des deux premiers volumes de la Connaissance des Temps, Nouvelle Série). Il faut cependant que le lecteur n'oublie pas qu'il est souvent coûteux de publier des données astronomiques qui ne seraient utiles qu'à un très petit nombre mais qu'en revanche le Service des Calculs du Bureau des Longitudes est prêt à fournir à ceux qui en feraient la demande des éphémérides ou des données particulières sous forme de bandes magnétiques, de cartes perforées, de listings ou de photocopies de documents."

## Chapitre I — UTILISATION DES ÉPHÉMÉRIDES

### A — Développement en polynômes de Tchebychev

1. Polynômes de Tchebychev
2. Représentation d'une fonction
3. Représentation des éphémérides
4. Précision des résultats
5. Description des éphémérides
6. Calcul du temps  $t$  pour lequel une coordonnée a une valeur donnée

Tableau synoptique

### B — Contenu des éphémérides

1. Soleil
  - a) Temps sidéral de Greenwich. Nutation en longitude et en obliquité. Précession. Aberration. Obliquité moyenne. Fraction d'année tropique

Obliquité vraie  
Précession en longitude  
Aberration

- b) Rayon vecteur, longitude, latitude
- c) Ascension droite, déclinaison, temps universel du passage du Soleil au méridien international
- d) Coordonnées rectangulaires
2. Lune
3. Planètes
  - a) Coordonnées héliocentriques
  - b) Coordonnées géocentriques
4. Satellites galiléens de Jupiter
5. Tables de la Polaire
6. Constantes pour les corrections d'aberration. Aberrations du Soleil.

## Chapitre II — DONNÉES ASTRONOMIQUES

### A — Le nouveau système UAI des constantes astronomiques

Constante de définition  
Constantes primaires  
Constantes dérivées  
Système des masses  
Rayons équatoriaux des planètes  
Masses des petites planètes  
Masses des satellites  
Champ de gravitation des planètes  
Champ de gravitation de la Lune

### B — Les échelles de temps

1. Temps sidéral
2. Temps solaire vrai. Temps solaire moyen
3. Temps universel
4. Temps des éphémérides
5. Temps atomique international
6. Nouvel argument des éphémérides astronomiques

### C — Quantités nécessaires au calcul de la précession

### D — Données concernant le système solaire

1. Éléments héliocentriques des orbites des planètes
2. Éléments de l'orbite de la Lune

## Chapitre III — CALCULS ASTRONOMIQUES

### A — Correction de précession. Coordonnées moyennes

1. Passage des coordonnées équatoriales moyennes d'un astre à un instant  $t_1$  à celles pour un instant  $t_2$
2. Variation de l'inclinaison et de la longitude du nœud d'une orbite, entre deux instants.
3. Passage des coordonnées écliptiques moyennes d'un astre à un instant  $t_1$  à celles pour un instant  $t_2$

### B — Correction de nutation. Coordonnées vraies

### C — Corrections d'aberration. Coordonnées apparentes.

1. Aberration annuelle des fixes

2. Aberration diurne
3. Aberration planétaire

#### **D — Corrections de parallaxe**

1. Parallaxe annuelle des étoiles
2. Parallaxe diurne. Coordonnées topocentriques.

#### **E — Réduction des étoiles**

#### **F — Correction de réfraction**

#### **G — Formules utiles diverses**

1. Changements de coordonnées
2. Lever et coucher des astres
3. Détermination de la hauteur et de l'azimut de la Polaire, à un instant donné.

### **Chapitre IV — EXEMPLES**

#### **ÉPHÉMÉRIDES POUR L'ANNÉE SOLEIL**

Temps sidéral, nutation en longitude, nutation en obliquité

Longitude, latitude, rayon vecteur

Ascension droite, déclinaison, temps universel

Coordonnées rectangulaires (X,Y,Z)

#### **LUNE**

Longitude, latitude, distance à la Terre, ascension droite, déclinaison, parallaxe

#### **PLANÈTES**

Coordonnées héliocentriques (longitude, latitude, rayon vecteur)

Mercure

Vénus

Mars

Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune

Coordonnées géocentriques (ascension droite, déclinaison, distance à la Terre)

Mercure

Vénus

Mars

Jupiter

Saturne

Uranus

Neptune

Pluton

Cérès

Pallas

Junon

Vesta

#### **SATELLITES GALILÉENS DE JUPITER**

Coordonnées différentielles (X,Y)

Satellite 1 (Io)

Satellite 2 (Europe)

Satellite 3 (Ganymède)

Satellite 4 (Callisto)

#### **ÉTOILE POLAIRE ET ABERRATION**

Éphéméride de la Polaire pour le passage supérieur au méridien international (ascension droite et déclinaison)

Constantes pour la correction d'aberration

Aberration du Soleil

### **CALENDRIER**

L'accueil réservé par le public à cet "aggiornamento" des publications est encourageant : en dehors de la clientèle privée, la Société Astronomique de France a adopté le contenu du nouvel Annuaire pour ses "Éphémérides" annuelles (environ 6 000 abonnés) publiées sous couverture spéciale.

L'Encyclopédie a été flatteusement accueillie par la critique et les divers tomes s'épuisent rapidement. La nouvelle conception leur confère un caractère d'ouvrages de base relativement accessibles parce qu'ils n'entrent pas dans le détail quoique l'aspect scientifique y soit absolument conservé, traitant de sciences attrayantes, dont les progrès sont à l'ordre du jour, mais que les programmes ignorent — en particulier dans l'enseignement du second degré. Ils conviennent particulièrement à tous ceux qui, non spécialistes, s'intéressent à l'aspect fondamental des sciences de l'Univers.

On pourra regretter et je le déplore personnellement que certaines données numériques rares ou curieuses mais parfois nécessaires aient disparu des nouvelles publications et qu'il faille recourir à l'ancien annuaire pour les dénicher.

Pour les habitués de l'ancienne Connaissance des Temps, le changement est important en particulier la publication de petits extraits de la Connaissance des Temps résultant d'entente directe avec l'édition n'est plus possible, mais il faut vivre avec son temps et, compte tenu du prix modique\* de la nouvelle série d'une part, de l'existence dans tous les cabinets topographiques de calculatrices de poche programmables d'autre part, les possibilités antérieures subsistent intégralement : le Chapitre IV (exemples) de la nouvelle Connaissance des Temps donne toutes les explications pratiques nécessaires à l'exploitation des données du recueil d'où le topographe pourrait sans peine déduire les programmes d'application à insérer dans sa calculatrice.

Quant aux "Éphémérides nautiques" qui sont pratiquement inchangées depuis 1956 et qui ne subiront que de très légères modifications en 1981, le développement des sports de voile, provoquant une demande croissante de la part des plaisanciers, en a largement développé la diffusion.

\* Le prix de l'ancienne publication est divisé par un facteur de l'ordre de 10.

## RENCONTRE AFT AU SICOB



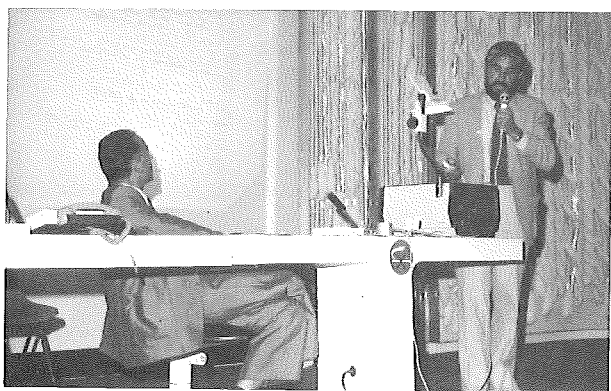
*Guy Ducher et André Bailly pendant l'exposé de G. Gros.*

Cette manifestation organisée par Guy DUCHER et André BAILLY dans le cadre du SICOB a connu un vif succès tant par le nombre des assistants que par la qualité des intervenants et des sujets traités ; 105 participants, 8 orateurs, 10 constructeurs en table ronde... et le 700<sup>e</sup> membre de l'AFT, tel est le bilan en chiffres.

Nous publions dans ce numéro les exposés de MM. CORMIER et DUBUISSON, les autres interventions trouveront place dans les prochains numéros de XYZ.

## LA REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES DONNÉES NUMÉRIQUES LOCALISÉES DES FICHIERS ADMINISTRATIFS

*par P. CORMIER  
Ingénieur en Chef Géographe*



Cet exposé fait le point d'une étude effectuée en 1976 par l'Opération Pilote Interministérielle sur les Données Administratives (en abrégé O.P.I.).

Il est bon de rappeler, en préambule, ce qu'est cet organisme qui a donné naissance au CEESI (Cen-

tre d'Etudes et d'Expérimentations des Systèmes d'Information).

Créé par arrêté conjoint du Ministre de l'Économie et du Ministre de l'Industrie et placé auprès de ce dernier, c'est un organisme national à vocation interministérielle, qui intervient dans le domaine des applications de l'informatique et de la télématique. Il associe des administrations de l'État, des collectivités locales et des organismes du secteur public et para-public dans la conception et la réalisation d'expériences pilotes en vraie grandeur relatives à des systèmes d'information d'intérêt collectif.

Le siège est situé à Marseille\*, les chefs de projets de l'O.P.I. étant détachés pour les besoins propres de ces projets par leur service d'origine (D.G.I., INSEE, D.B.T.P.C., MIPI, IGN, etc...).

Les 7 projets initiaux étaient articulés ainsi, par numéros d'ordre :

1) Le R.G.U. (Répertoire Géographique Urbain) : son amélioration (fiabilisation sur la commune d'Avi-

\* C.E.E.S.I., 343 bd Romain Rolland 13009 MARSEILLE.

gnon, en particulier l'adresse postale), son emploi, son extension hors de la zone dense, etc...

Le R.G.P. (Répertoire Géographique des Parcelles) : son évaluation, sa création (toujours sur Avignon), son emploi, ses possibilités, en particulier en liaison avec le R.G.U. (Cf. fig. 1 : éléments du Système SILOE).

2) Le R.B.L. (Répertoire des Bâtiments et Locaux) : sa faisabilité, sa procédure de mise en œuvre, ses possibilités.

3) Les logiciels de normalisation et de correction des adresses postales et les logiciels de cartographie automatique thématique.

4) Le fichier SIRANA : Système informatisé prolongeant SIRENE aux établissements administratifs et aux équipements collectifs ; scindé ensuite en deux projets, le second étant aujourd'hui opérationnel sous le nom de FRESC (Fichier Régional d'Équipements et de Services Collectifs).

5) Aide aux villes nouvelles : avec application à la ville de FOS-SUR-MER.

6) Études urbaines sur une ville témoin (Avignon) grâce au R.G.U., au R.G.P. et aux fichiers numériques existants, pour des problèmes divers d'urbanisation (étude des COS) et de gestion urbaine (tournées de facteurs, de ramassage d'ordures ménagères, de relevés et maintenance de compteurs d'eau, etc...).

7) Évaluations foncières : prix des terrains bâtis et non bâtis en fonction de divers paramètres. Ce projet a débouché sur le fichier FIEF (Fichier Informatisé des Évaluations Foncières).

Tous ces projets nécessitaient l'emploi de l'ordinateur, de logiciels et particulièrement de logiciels de cartographie automatique thématique pour visualiser sur écran ou sur papier les statistiques ou données figurant habituellement sous forme de listages volumineux, assez peu utilisables à un niveau de synthèse élevé, celui des "décideurs" par exemple, parce que peu expressifs.

Le projet 3 était donc un projet pivot, qui a été abordé dès le début et réalisé sur une seule année pratiquement, mis à part certaines études initiales.

Le but en était, à court terme, de rendre service efficacement aux autres projets de l'O.P.I. et, évidemment à long terme, aux administrations et municipalités pouvant être intéressées, du fait notamment de la création de nouveaux répertoires nationaux de géocodification, dont le coût élevé était précédemment un obstacle à ce type de visualisation.

C'est à ce titre que l'on a érigé ces travaux d'études de logiciels en projet et que l'on en a étendu le champ à des logiciels qui n'étaient pas strictement indispensables à l'O.P.I.

Une évaluation de certains de ces logiciels devait aussi être apportée, à la suite d'une expérimentation sur une sélection de départ.

Avant de décrire la conduite du projet et de ses résultats, examinons d'abord comment se présente une chaîne complète de logiciels de traitement de données aboutissant à une visualisation sous forme de carte selon un ou plusieurs thèmes choisis. (Cf. tableau O).

On trouve d'abord, à partir des données de localisation, les logiciels de création de fichiers de géocodification, ceux qui permettent d'attribuer des coor-

données à un certain nombre de points, de lignes, de zones, compte tenu de leurs qualités intrinsèques : détail planimétrique, limite administrative, etc... Rappelons que la saisie des données peut être faite directement sur le terrain (par points du sol, du sur-sol, du sous-sol ; manuellement ou semi-automatiquement), par vecteurs aérospatiaux (photos à partir de satellites ou avions), ou à partir de cartes existantes (saisie manuelle par suivage de lignes ou semi-automatisée, saisie automatique par balayage avec définition en mode maillé de la zone de travail "scanner" à plat ou à tambour).

Le logiciel sera le plus souvent un logiciel de contrôle : validité des coordonnées, topologie de l'enchaînement des points ou des lignes, affectation de codes, ou un logiciel d'aide interactive sur console.

On aboutit finalement, à la suite de ce premier groupe de logiciels, au "Fichier de Géocodification" que l'on peut aussi appeler "Répertoire Géographique". C'est en général un fichier-passerelle permettant, à partir d'un localisant (tel l'adresse postale, un numéro de parcelle cadastrale, un numéro de code de commune) de passer à un autre localisant plus fin, plus descriptif de l'espace (coordonnées x,y et/ou z). Ainsi sont le R.G.U. le R.G.P. (Cf. fig. 1), le R.L.C. (Répertoire des Limites de Communes), le R.G.C. (Répertoire Géographique des Communes : coordonnées du Chef-lieu de commune ou de son centroïde), le R.L.D. (Répertoire des Limites de Départements), le F.T.C. (Fichier Topographique Cadastral), etc...

Il existe, par ailleurs, un certain nombre important de fichiers administratifs qui sont déjà informatisés soit dès leur création, soit ultérieurement (Cf. l'étude STERIA 1971-72 pour la Délégation à l'Informatique, et qui est contenue en substance dans le rapport de fin de projet O.P.I.). Ce que doit contenir un tel fichier pour pouvoir être introduit dans une chaîne de cartographie automatique est évidemment un (ou

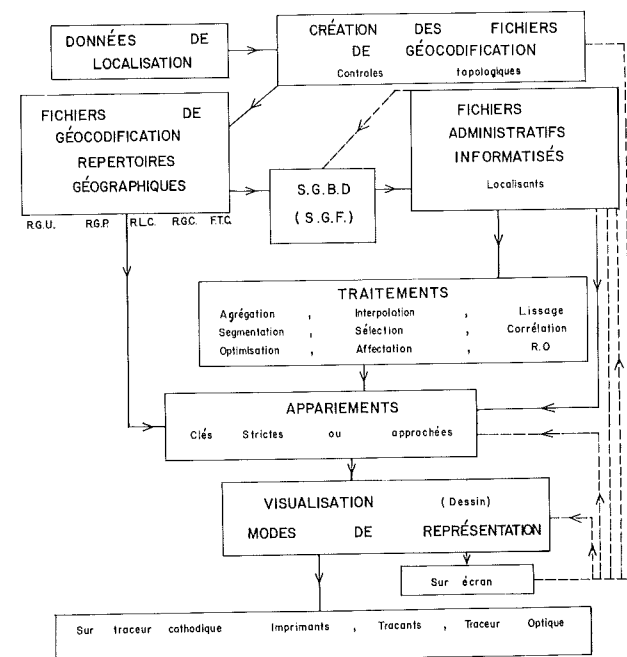
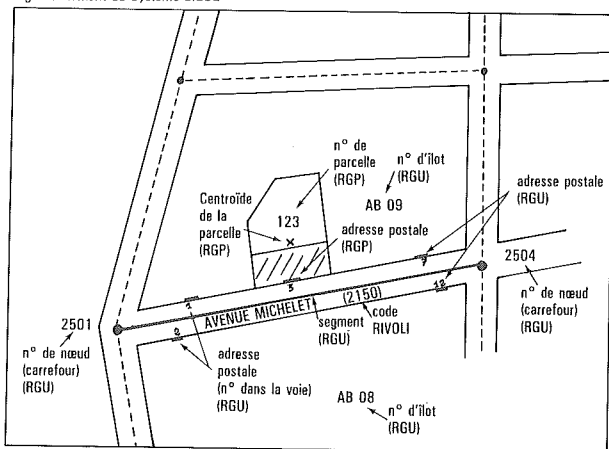


Tableau O - Chaîne Complète de Logiciels de Carto - thématique

plusieurs) "localisant". A défaut, il faudra créer des tables de passage d'un fichier à un autre pour rattacher un "identifiant" donné à tel ou tel "localisant" dûment répertorié et utilisé. C'est une partie du rôle de ces répertoires géographiques de constituer ainsi de telles tables de passage.

Fig. 1 : Élément du Système SILOE



Un autre type de logiciel apparaît à ce niveau qui, bien que apparemment assez en dehors parfois de la chaîne cartographique, est assez indispensable pour sélectionner les données, surtout si elles sont en nombre très élevé : c'est le S.G.B.D. (Système de Gestion de Base de Données). D'ailleurs, un tel logiciel peut être vraiment traité de géographique s'il est capable de sélectionner les données à partir de leurs coordonnées déjà contenues dans le fichier (par exemple une zone définie par son pourtour).

Viennent ensuite les logiciels de **traitement** de ces données administratives : on peut citer entre autres traitements courants, les agrégations de données (résumé des valeurs de plusieurs points à un seul point moyen), les interpolations, les lissages ; la segmentation des données (qualités ou valeurs) en classes statistiques avec représentation de l'histogramme (souvent en interactif pour faire un choix plus judicieux et plus expressif), la sélection, la corrélation (avec le degré de corrélation en valeurs de natures différentes si l'on désire représenter plusieurs types de données à la fois sur une même carte) ; l'optimisation (de trajets entre points d'un graphe, par ex.) ; l'affectation (d'établissements à des quartiers de villes), etc...

On trouve ensuite les logiciels d'**appariement** entre les données localisées et les répertoires géographiques, sur clés strictes (codes parfaitement définis logiquement) ou approchées (noms de rues avec orthographes diverses : il existe deux logiciels recommandés par l'O.P.I. pour effectuer cet appariement ; FRANSTAN qui normalise l'adresse postale, UNIMATCH qui apparie malgré des erreurs de graphie avec un certain taux de réussite).

Enfin, les logiciels de visualisation proprement dite, qui permettent une sortie graphique et qui peuvent être par exemple les logiciels de dessin des constructeurs de machines : écrans cathodiques, traceurs cathodiques, tables traçantes, traceurs optiques (à lasers), traceurs électrostatiques, traceurs à jets d'encre, voire imprimante d'ordinateur, avec la possibilité du noir et blanc ou de la couleur, l'emploi du mode vecteur ou du mode balayage (mode T.V.).

A partir du schéma de cette chaîne ainsi organisée, le **comité de projet** composé de membres de l'Équipement (DAFU, D.B.T.P.C.), de l'Économie et des Finances (D.G.I., INSEE-SIL), de l'Industrie et de la Recherche (MIPI) et de l'O.P.I. a étudié une **critériologie** des logiciels avec de très nombreuses rubriques pour permettre une description extrêmement fine des produits, de manière à déboucher sur une **typologie** donnant la possibilité de regrouper les logiciels par groupes ou chapitres. (cf. tableau 3 en fin d'article.)

### L'enquête :

Une enquête des ressources et des besoins a été menée de façon à recenser les produits logiciels utilisés en France, d'une part, et les utilisateurs potentiels, d'autre part.

Deux types d'imprimés d'enquête ont été lancés auprès de 260 organismes et des consultations directes ou par téléphone ont été effectuées. Les réponses à l'enquête "ressources" ont permis de déboucher sur un catalogue des logiciels (à l'imitation de ce que font couramment les américains), véritable inventaire descriptif détaillé et qui a été envoyé en remerciement à chacun des 70 organismes ayant répondu au questionnaire. Les résultats de l'enquête "besoins" figurent dans le rapport final de fin de projet (Réf. 4226/OPI/PC/MT - Mars 1977).

Le **champ** de l'enquête a été étendu à tout logiciel traitant de coordonnées x,y,z, à l'exception toutefois des logiciels bien spécifiques de géodésie classique ou spatiale, de photogrammétrie (aérotriangulation, formation de modèles spatiaux), de reconnaissances de formes, de calculs de points à partir d'observations au sol aériennes ou spatiales. L'enquête inclut donc les logiciels non seulement thématiques mais également topographiques décrivant les éléments du sol (courbes de niveau) du sur-sol (planimétrie, volumétrie urbaine), et du sous-sol (réseaux).

On s'est limité, par contre, aux seuls logiciels élaborés en France et aux quelques logiciels étrangers qui y sont couramment utilisés.

### Le Catalogue des Logiciels de cartographie automatique :

Ce catalogue (réf. 4228 /OPI/PC/MT - Mars 1977) n'est pas destiné à faire une comparaison des logiciels concurrents, mais il permet de rechercher le ou les produits correspondants à un besoin donné. Cette recherche peut s'effectuer selon deux approches : soit que les fonctions attendues du logiciel soient connues, soit que l'on s'intéresse seulement à un certain "secteur" sans chercher un logiciel donné.

Pour faire cette recherche, on a présenté plusieurs tableaux qui s'utilisent ainsi :

- 1) **2 tableaux de présélection** (cf. tableaux 1 et 2 en fin d'article) comportant, sous forme d'organigramme, des numéros de renvoi à **2 tableaux annexes de noms de logiciels** regroupés sous ces numéros.
- 2) Un **index alphabétique** des logiciels selon leur sigle, auquel il suffit de se reporter après avoir choisi un nom dans l'une des listes précédentes, et qui renvoie au chapitre et à la page concernés.
- 3) Les **Chapitres**, au nombre de 9 (cf. le sommaire et les têtes de chapitres III, IV, V et VI). Les logiciels

sont décrits dans des colonnes : la 1<sup>ère</sup> donne le nom de la chaîne, des différentes phases, des programmes et des sous-programmes appelés. La 2<sup>e</sup> décrit l'objet et comporte des lettres de renvoi à des fonctions d'un tableau synoptique, montrant les possibilités diverses et variées d'un logiciel donné. La 3<sup>e</sup> donne les noms des organismes créateurs (avec la date), utilisateurs et celui ayant assuré le financement. La 4<sup>e</sup> décrit le système, le langage, le nombre d'instructions, l'encombrement mémoire, le nombre de fichiers, la 5<sup>e</sup> les machines utilisées avec leurs périphériques. Enfin la 6<sup>e</sup> renseigne sur le niveau de maintenance, la documentation, la diffusion, le mode d'obtention (loué/vendu).

4) Les problèmes de **vocabulaires** entre différents spécialistes et les **abréviations**, très nombreuses, utilisées figurent dans deux autres tableaux.

5) Le **tableau synoptique** (cf. tableau 3 en fin d'article) permet de renvoyer soit au chapitre (I à IX), soit à un type de logiciel (lettre de A à X), types qui sont rappelés dans la colonne objet des chapitres. Ces types, sont en fait des fonctions particulières.

6) On a ajouté une **liste des organismes** (120) par ordre alphabétique dont l'adresse figure, par ailleurs, dans une annexe du rapport final.

7) Un tableau complémentaire fournit des réponses de détail sur certains logiciels mieux décrits, avec un essai de classement selon la critériologie de l'O.P.I.

#### L'expérimentation :

Elle a conduit à des fiches descriptives détaillées figurant en annexe au rapport. On décrit également l'emploi qui a été fait à l'O.P.I. On indique aussi surtout ce qu'il est possible d'attendre des répertoires et des fichiers informatisés pour ce type d'application automatique.

#### Le rapport final :

Il contient, outre une description de l'enquête, du projet, de sa conduite et des conclusions :

- l'étude des besoins
- une bibliographie
- la liste des fichiers informatisés de l'administration
- les questionnaires établis pour mener l'enquête
- le répertoire des organismes avec leurs adresses
- les fiches d'expérimentations
- les fiches de descriptions des logiciels.

Pour conclure, il est intéressant de montrer quelles sont les activités actuelles du CEESI (12 programmes), ce qui fait bien ressortir l'emploi grandissant qui peut être fait de la cartographie automatique thématique à partir des fichiers existants ou en voie de création.

#### Programmes

- 1) Systèmes d'information fonciers
- 2) Systèmes d'information sur les équipements collectifs et les établissements administratifs FRESC - Fichiers régionaux d'équipements et de services collectifs SIRENE-SECTEUR-PUBLIC
- 3) Catalogues d'informations
- 4) Systèmes nationaux d'informations administratives pour le grand public : emploi du vidéotex (sur Vélizy)
- 5) Simplification des procédures administratives pour les entreprises. Transfert de données sociales. Déclaration des entreprises en un lieu unique
- 6) Système d'information en milieu rural
- 7) Systèmes d'information des collectivités locales
- 8) Système d'information municipal pour le grand public, assisté par la télématique - Opération Grenoble
- 9) Systèmes d'information du Parlement
- 10) Emploi à distance
- 11) Système documentaire sur les systèmes d'information
- 12) Service d'information pour les petites et moyennes entreprises - Opération Poitou-Charentes

L'exposé a été suivi de la projection d'une série de diapositives montrant différents types de cartes, sorties "géothématiques" de l'I.G.N. avec en particulier :

- l'emploi du système SEMIO pour la visualisation à partir de fichiers maillés saisis sur tambour rotatif, de cartes sur console couleurs interactive ou sur films couleurs séparées, insolés par une caméra à laser,
- l'emploi du système de gestion de fichiers GITAN mis au point à l'I.G.N. et le R.G.U., R.L.C., R.G.C., F.T.C., etc... en plus des fichiers de topographie urbaine obtenus par voie photogrammétrique.

#### ANNEXE 1 : EXEMPLE DE CARTOGRAPHIE STATISTIQUE "BALANCE MIGRATOIRE" (ENCART JOINT) ANNEXE 2 : LE CATALOGUE DES LOGICIELS DE CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE.

#### SOMMAIRE DU CATALOGUE

	Pages
I Logiciels aptes à utiliser le "Répertoire Géographique Urbain" .....	4
II Logiciels de création, de contrôle et mise à jour de répertoires géographiques .....	7
III Logiciels conçus pour la cartographie topographique et spécialisés dans la planimétrie, ou volumétrie urbaine .....	10
IV Logiciels conçus pour la cartographie topographique et spécialisés dans l'altimétrie (courbes de niveau) .....	16
V Logiciels de cartographie thématique, c'est-à-dire aptes à une restitution cartographique statistique .....	26



VI Logiciels de recherche opérationnelle utilisables en amont d'une restitution graphique et prenant en compte une description de l'espace .....	33
VII Logiciels (modules de base) <b>généraux, communs</b> à d'autres .....	37
VIII Systèmes de gestion de <b>bases de données</b> utilisés à des fins cartographiques .....	41
IX Logiciels conçus pour la cartographie <b>géographique</b> (petite échelle, continents, monde) .....	44
Titres des colonnes .....	47
Index alphabétique des logiciels .....	48
Index alphabétique des organismes concernés .....	52
Abréviations .....	55
Tableau synoptique des logiciels (typologie des logiciels de cartographie automatique et logiciels associés) .....	57
Classement de certains logiciels selon la critériologie de l'OPI .....	58
Tableaux d'emploi du catalogue (1, 1 bis, 2, 2 bis, 3) .....	59
Vocabulaire .....	64

## Résumé du contenu des chapitres III, IV, V, VI

### III — LOGICIELS CONÇUS POUR LA CARTOGRAPHIE TOPOGRAPHIQUE

et spécialisés dans la **planimétrie**, y compris les vues perspectives et coupes de bâtiments ou ouvrages (volumétrie urbaine) (Cartographie de réseau : segments, polygones, facettes, polyèdres).

Ces logiciels utilisent une géocodification à un niveau élevé de précision en x, y, z des objets du sol, du sous-sol ou des superstructures visibles (bâti, limites, etc...) ou invisibles (limites cadastrales, réseau souterrain, contacts géologiques, etc...).

Ils fournissent des résultats graphiques tels que vues en plan, profils, perspectives (architecture), coupes (représentations des VRD : voies et réseaux de distribution), blocs diagrammes, représentation en trois dimensions.

### IV — LOGICIELS CONÇUS POUR LA CARTOGRAPHIE TOPOGRAPHIQUE

et spécialisés dans l'**altimétrie** (courbes de niveau) donc aptes à traiter des fonctions  $Z = F(x, y)$  et applicables à des techniques connexes, géophysique par exemple.

Ensemble de techniques permettant de visualiser et d'estimer les variations d'une fonction continue  $Z = F(x, y)$  définie sur une partie compacte (polygone) du plan. La fonction est elle-même définie par un certain nombre de valeurs affectées à des points d'un réseau aléatoire ou maillé (maille régulière ou non). Les interpolations sont classiques (linéaires, quadratiques, à bicubiques glissantes "spline") ou obtenues par lissages (moindres carrés, filtrages divers, krigeage).

La description de la surface, qui peut être le sol, se fait à un niveau de précision plus ou moins élevé.

Les résultats graphiques sont des courbes de niveau dans le cas des vues en plan. Ils peuvent aussi être des coupes, des profils, des perspectives, des blocs diagrammes, des vues en trois dimensions.

Les traitements peuvent donner lieu à des calculs de surface, de cubature, de pente, d'ensoleillement et de recherche de profils favorables ou optimisés.

### V — LOGICIELS DE CARTOGRAPHIE THÉMATIQUE

c'est-à-dire aptes à une restitution cartographique statistique.

Par opposition aux logiciels dits topographiques, ils utilisent une géocodification plus sommaire, plus lâche du terrain (semis de points, centroïdes de parcelles et valeurs attachées, graphe orienté des voies, tel le R.G.U., limites de communes, de départements, de régions).

Ils permettent de visualiser l'information, après analyse statistique, par cartes :

- sous forme linéaire : valeurs le long des éléments du graphe (flux de distribution),
- sous forme zonale : valeurs reportées sur les différentes zones limitées par le graphe (grisés, cercles de rayons variables),
- par lignes isovaleurs.

Ont été regroupés sous ce titre les logiciels de télé-détection : décodage et visualisation des bandes magnétiques comportant des données enregistrées par satellites artificiels ou par avions dans plusieurs canaux de longueurs d'ondes différentes de la lumière visible et du rayonnement invisible.

### VI — LOGICIELS DE RECHERCHE OPÉRATIONNELLE

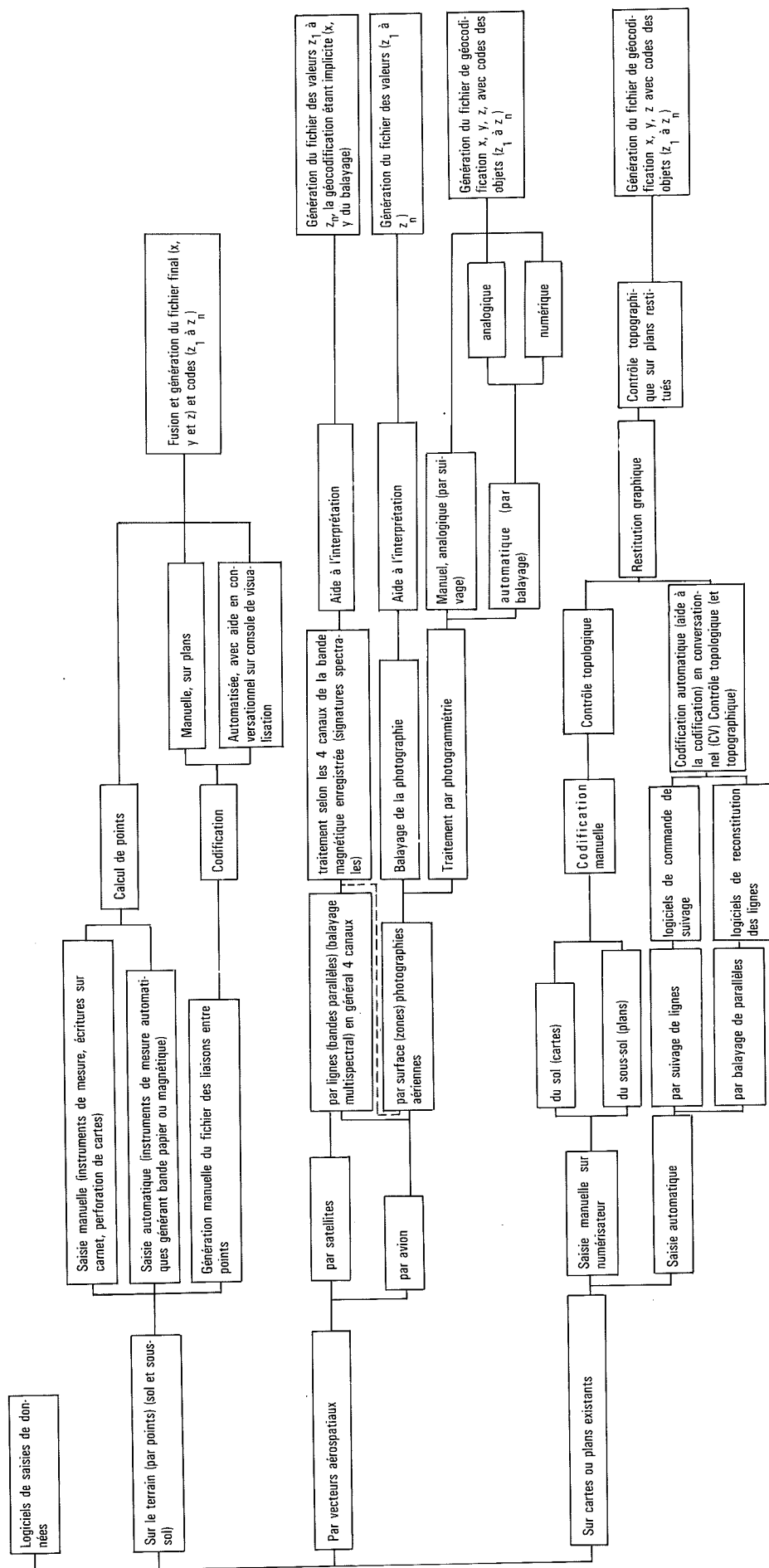
utilisables en amont d'une restitution graphique et prenant en compte une description de l'espace par coordonnées géographiques, tels :

- Optimisation de trajets (tournées de ramassage, emploi de parcs de véhicules)
- Affectation d'équipements collectifs (écoles, hôpitaux, etc...)

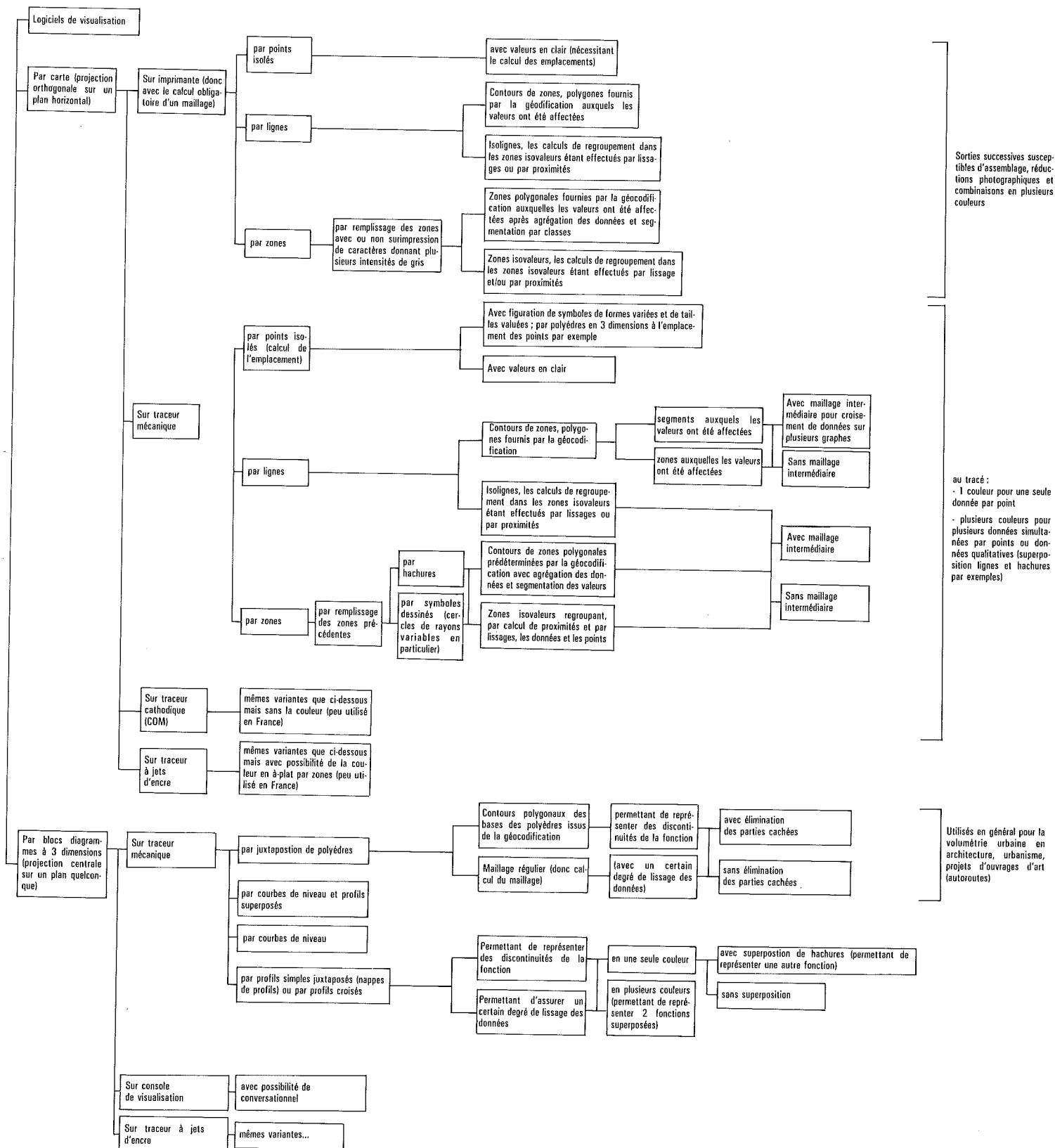
Bien que tous ne débouchent pas sur une sortie graphique, ils ne demandent dans ce cas que peu d'instructions supplémentaires pour générer une bande magnétique utilisable sur un traceur, visualisant ainsi le phénomène quantifié ou présenté sous forme de listes ou de tableaux. La compréhension pour l'aide à la décision finale est ainsi facilitée.

Ces logiciels étaient du champ de l'ancien projet 3.3 de l'OPI, inclus par la suite dans 3.2.

**TABLEAU 1 - LOGICIELS DE CRÉATION DE BASES DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES (GÉOCODIFICATION)**



**TABEAU 2 - LOGICIELS DE VISUALISATION DE DONNÉES (FONCTIONS Z (X, Y)  
A PARTIR DE LA BASE DE AÉOCODIFICATION (X, Y) ET DES FICHIERS UTILISATEURS Z<sub>1</sub> A Z<sub>n</sub>**



**TABEAU 3 TABLEAU SYNOPTIQUE DES LOGICIELS**  
**TPOLOGIE DES LOGICIELS DE CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE ET LOGICIELS ASSOCIÉS**  
**(AIDE A L'UTILISATION DU CATALOGUE)**

thématique	A calculs de points à partir de mesures topographiques, photogramétriques (aérotriangulation), géodésiques, par satellites	II	A' avec tracés de contrôle
	B agrégation de données		
	C analyses de données, traitements statistiques		
	D analyse syntaxique de questions		
	E appariement de fichiers (sur clés strictes ou approchées)		
	F recherche opérationnelle tels : optimisation de tournées affectation d'équipements	VI	F' avec sorties graphiques
	G système de gestion de base de données	VIII	G' spécialement géographiques c.à.d avec tests possibles sur les x, y
	H création de fichiers de géocodification après numérisation	II	H' compaction des données, généralisation
	I correction de fichiers de géocodification (conversationnel ou non)	II	I' pertinence, sécurité des données
	J dessin des constructeurs de traceur Bibliothèque	VII	J' niveau de base " fonction " application
	K transformation de coordonnées géographiques y compris anamorphoses diverses (jeu du papier)	VI	
	L transformant un semis irrégulier de points en un maillage régulier avec lissage du z (ou filtrage) Recherche d'une surface passant par les points	VI	avec éventuelle compression des données (pas variable de la maille)
	M génération de courbes de niveau à partir d'une matrice régulière		
	N calculs d'indices morphologiques, de surfaces, de cubatures		
	O générant des profils pour vues en bloc-diagrammes de surfaces continues		
	P gérant des lignes pour la représentation d'objets linéaires	V	P' topographie, routes, côtes, etc... P'' statistiques agrégées au segment
	Q gérant des surfaces (polygones) pour la représentation d'objets zonaux	V	Q' topographie Q'' statistiques agrégées à la zone
	R gérant des volumes (polyèdres) pour la représentation d'objets à 3D ou de surfaces discontinues	III	
	S gestion d'écritures (positionnement de noms, codes, symboles)	III-V	
Cartographie automatique	T cartes maillées télédétection	Ex : Inventaire forestier avec regroupements de zones, de facteurs y	
	U génération de contour de cartes, titres, habillage	VII-IX	
	V modules de base : recherche point-polygone, décomposition en domaines, construction de triangles	VII	V' avec types de représentation symboles, etc...
	W s'appliquant au RGU RGP à des contours administratifs (RLC, PLD)	I	
	X reconnaissance de formes : caractères, symboles, images photographiques		

N.B. : Les logiciels de sorties sur traceur, sur imprimante, pseudo-imprimante (gouttelettes d'encre), tube cathodiques (COM) permettant ou non les couleurs, ne sont pas particularisés dans cette typologie.

Légende : Logiciels non typiquement cartographiques (non pris en compte par l'étude)

Logiciels non cartographiques, mais intermédiaires obligés	
Y Logiciels cartographiques dans le domaine du topographique	III
Z Logiciels cartographiques permettant de traiter le thématique	V

N.B. : — La lettre en début de case représente le type de logiciel qui figure dans le catalogue après chaque désignation  
— Le chiffre romain en fin de case représente le chapitre du catalogue plus spécialement concerné par le type de logiciel.

# PROBLÈMES DE COMPROMIS ENTRE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE ET GÉOMATIQUE

*par B. DUBUISSON, Ingénieur Général*

## LE PROBLÈME DU CHOIX

Il faut être conscient de ce que la cartographie géométrique et thématique est fondamentalement la première arme du conquérant, dans l'ordre : politique, idéologique, militaire, maritime, spatial, économique.

Depuis des millénaires, jusqu'à cette dernière décennie, tous ses besoins ont été satisfaits en mode uniquement graphique.

Nous assistons au développement de la cartographie assistée d'ordinateur laquelle, sans se substituer au graphisme, le rend modulaire.

Sa définition : saisie et traitement d'informations cartographiques, graphiques, topométriques ou photogrammétriques sous forme numérique (digitale), soit dans une phase intermédiaire de la production, soit pour la phase finale.

Ainsi, une carte digitale peut être considérée comme une collection d'informations sous forme digitale, représentant l'image d'une carte.

Les cartes graphiques peuvent donc aujourd'hui résulter d'un dessin conventionnel manuel, aussi bien que d'un système assisté d'ordinateur. Celui-ci réduit les délais et soulage l'opérateur de tâches manuelles astreignantes ; mais ces cartes digitales ne sont pas un sous-produit de la procédure cartographique, leur coût est d'ailleurs souvent supérieur à celui des cartes graphiques. Leur intérêt réside dans leurs applications, spécialement dans le domaine thématique.

Mais ces cartes apportent une telle perturbation dans la profession, qu'il s'agisse de connaissances des hommes, ou des moyens technologiques, ou de l'économie de systèmes, qu'il convient tout d'abord de se poser des questions sur les arguments pratiques qui militent pour leur usage.

Ceux qui viennent à l'esprit peuvent être :

1. la facilité de synthèse des informations de sources digitales variées pour produire une cartographie nouvelle ;
2. la réduction du délai entre la saisie des mesures et l'édition du plan ;

3. la facilité de production de cartes géométriques et thématiques diverses à partir des mêmes informations saisies à la même source ;

4. la facilité des variations d'échelle d'une même carte par l'adoption, lors de la phase d'édition, de signes conventionnels appropriés à l'échelle correspondante ;

5. la facilité de la mise à jour ou révision des plans ;

6. l'élimination du dessin manuel, de celui des écritures et des cartouches des planches d'édition ;

7. la facilité d'analyse classifiée des informations ;

8. la facilité de l'automatisation de nouveaux orthophotoplans à partir de saisies altimétriques initiales ayant créé un modèle mathématique permanent du terrain ;

9. en cartographie, la facilité apportée à l'expression des estompages du relief, ou/et au dessin des cartes des pentes et/ou des vues perspectives, etc...

L'importance relative de ces arguments, pour une organisation donnée, dépend de la nature de sa production et de sa structure, ainsi que du point de vue où l'on se place, du court, du moyen ou du long terme.

Elle dépend aussi du développement d'un réseau normalisé de displays et terminaux dans l'organisation du Service ou du Territoire ; mais à coup sûr dans un temps très proche, cette dernière considération assurera la priorité absolue aux cartes digitales.

On peut aussi se demander quelles sont les contraintes à s'imposer pour résoudre l'important problème des échanges des saisies numériques. Il est certain que la possibilité de recourir à un format informatique compatible permettant des échanges standard est, pour un Pays, un problème actuel important.

L'établissement des bases de données rejoint celui de la cartographie assistée. Ces bases peuvent être d'abord le moyen intermédiaire ou permanent d'archivage des données géométriques et des codifications des éléments du plan lui-même. Mais elles peuvent être aussi et surtout des données socio-économiques qui ont le besoin d'être associées à des facteurs localisant des informations issues de la cartographie numérique.

## LES PHASES ESSENTIELLES D'UNE OPÉRATION ASSISTÉE D'ORDINATEUR

Sur le plan international, la philosophie générale d'une opération assistée comporte les six phases élémentaires suivantes, généralement combinées et répétées :

1. le planning des opérations ;
2. les saisies des informations digitales et sémantiques codées ;
3. la détection des fautes, leurs corrections et le contrôle pour l'obtention d'informations "propres" (édition des anglo-saxons) ;
4. le traitement en ordinateur des saisies corrigées (ou processing), à savoir : restructuration, reformatting, transformations métriques éventuelles, présentation, synthèses, généralisations, compression des données, etc...
5. la présentation graphique des résultats traités des saisies, suivant l'un des modes ci-après : dessin graphique, dessin photographique, ou soft-copy d'une unité de display ;
6. la reproduction : préparation et impression.

Nous nous limiterons à évoquer en quelques grandes lignes les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> de ces phases et les questions qu'elles peuvent poser.

Les saisies des informations comportent la digitalisation et la codification sémantique.

La digitalisation est "stationnaire" (point par point) ou "continue" (dynamique), manuelle ou automatique.

La nature du document objet des saisies peut être :  
- un stéréomodèle photogrammétrique, - une carte ou plan graphique déjà établi, - la topométrie, - ou un orthophotoplan.

Les composants hardware de ces saisies sont :  
Soit des instruments photogrammétriques :

— Les restituteurs analytiques qui sont les mieux adaptés et allient vitesse, précision, confort et méthodologie nouvelle de haute productivité.

— Les éléments surajoutés aux restituteurs analogiques : le calculateur, le processeur contrôlant la sortie des codeurs de digitalisation et une table à dessin semi-automatique, des systèmes d'enregistrement automatique. Le travail du calculateur digital étant souvent fait "off line".

Soit des digitaliseurs cartographiques, contrôlés manuellement ou automatiques (suiveurs de lignes ou scanners).

Avec ces moyens et le soft. associé, les éléments planimétriques sont saisis comme : points, lignes ou surfaces. La digitalisation altimétrique est faite soit par courbes de niveau, soit par modèle mathématique du terrain avec certains moyens de calculateur.

Jusqu'alors, la plupart du temps, on pratique de la "digitalisation aveugle", à moins que l'on fasse simultanément de la restitution graphique. Mais, de plus en plus, la digitalisation est contrôlée directement en temps réel sur un système display (CRT). Il est évident que la digitalisation aveugle deviendra très vite inacceptable aux opérateurs et que le système interactif s'impose aujourd'hui (ou tout au moins le dessin restitué simultanément).

Deux types de questions se posent : ceux relatifs aux codifications à l'entrée du système et ceux relatifs aux moyens hardware.

**1<sup>o</sup> Question.** Dans quels cas l'entrée simultanée de la digitalisation et des attributs sémantiques est préférable à l'introduction de ces derniers éléments après digitalisation, et vice-versa ?

La **réponse** fréquente est : en principe, le 1<sup>er</sup> cas est préféré pour la carte topographique, alors que le 2<sup>e</sup> cas l'est pour le cadastre. Mais la discussion de ces points de vues est complexe et loin d'être close.

Les bases techniques des "entrées des éléments" peuvent être numérique ou alpha-numérique, ou "au menu", ou à "la voix". Actuellement, la numérique est la plus employée (keybord des anglo-saxons), car adaptée à l'ordinateur et favorable à une structure hiérarchique.

La technique "du menu" est une synthèse des autres, mais nécessite une certaine mémorisation.

L'entrée "à la voix" n'est qu'expérimentale, mais intéressante au point de vue productivité, bien qu'exigeant des moyens spéciaux d'introduction pour le filtrage des informations étrangères à la voix sélectionnée.

**2<sup>o</sup> Question.** Les restituteurs analytiques sont désignés en premier lieu pour l'aérotriangulation, la production de cartes graphiques et le traitement de photographies non conventionnelles. Bien que les composants hard. le permettent, les facilités pour la production de cartes digitales ne sont pas toujours appréciées (problème de contrôle, editing). Y a-t-il besoin d'une amélioration dans le futur ?

La **réponse** proposée est qu'ici, la question est mal posée. Le restituteur analytique est capable de tout faire, surtout les cartes digitales, par exemple, pour le Traster avec sa console graphique, comme pour l'Anaplot avec ses feuilles gravées. Contrairement à ce que l'on pense souvent, c'est surtout à cela qu'ils peuvent servir. Mais le but est d'utiliser les restituteurs analytiques avec une procédure méthodologique toute nouvelle — qui reste à parfaire — et qui leur donne toutes leurs possibilités réelles de productivité.

**3<sup>o</sup> Question.** Dans l'assistance du calculateur aux instruments analogiques,

a) quelles sont les plus importantes caractéristiques souhaitées pour un système : - la rapidité du processus d'orientation, - la précision avec référence au contrôle de qualité et détection des erreurs techniques, - le traitement "on line" des saisies et editing ?

b) quels sont les problèmes essentiels relatifs à l'ordinateur équipant les systèmes : - standardisation des composants, - maintenance, - développement du soft. ?

c) quel est le principal critère de sélection des ordinateurs pour ces systèmes : - les ordinateurs centralisés, - les mini. - ou microprocesseurs, - est-il idéal de souhaiter une combinaison des trois ?

**Réponse** proposée. Ce domaine a été développé dans les années 60 : se rappeler les "chaînes numériques" de production automatisée des plans urbains des quatre entreprises françaises, assistées du C.E.T.E. d'Aix-en-Provence, qui ont ouvert effectivement la voie pratique à la photogrammétrie analyti-

que d'aujourd'hui. Les buts alors poursuivis sont enfin totalement réalisés par les reconstituteurs analytiques. Ces développements analogiques évoqués sont très prudents, puisqu'ils conservent en parallèle la production conventionnelle. Les softs sont souvent modestes et les composants proviennent parfois de fabricants divers. Ce n'est que récemment que les constructeurs d'appareils photogrammétriques se sont intéressés à ces systèmes, soucieux qu'ils étaient d'assister leurs clients lors de l'arrivée des reconstituteurs analytiques sur le marché.

J'ai maintes fois eu l'occasion de donner le schéma de ces systèmes, aujourd'hui complétés par des displays avec un soft. substantiel.

Le choix est orienté par la nature et l'importance des travaux à effectuer et l'étude du coût-bénéfice de l'opération.

La détection des fautes d'enregistrement et leur élimination (editing) se fait suivant l'un des deux modes : interactif et "batch processing".

En interactif, on fait usage d'un display avec organes de correction par modification et de contrôle immédiat. C'est la solution évoluée actuelle.

Le "batch processing" comporte un dessin de test, édition visuelle des erreurs avec le curseur du digitalisateur et correction ultérieure à l'ordinateur. C'est une solution ancienne encore utilisée. Mais il est des erreurs qui seront toujours détectées automatiquement en "batch processing" : format d'enregistrement, lissage des lignes, non orthogonalité des maisons, superposition défectueuse des lignes de jonction, etc...

L'évolution technologique très marquée tous les cinq ans nous fait poser quelques questions.

**1° Question.** Un système graphique interactif est-il une nécessité absolue pour produire des cartes digitales ?

**Réponse :** Aucun besoin n'est absolu. Mais la sécurité dans la production l'accélère et la valorise.

**2° Question.** Quelles sont les fonctions d'editing qui sont actuellement nécessaires dans la pratique ?

**Réponse :** Les displays ne sont pas spécialement conçus pour la cartographie — marché industriel mineur —, mais pour un ensemble de besoins industriels dont il faut s'accommoder ou aménager. Au surplus, ils suffisent généralement.

**3° Question.** La disponibilité d'un tube graphique interactif à chaque station de restitution ou de digitalisation offre de grands avantages. Est-ce que dans tous les cas ils compensent le coût élevé des investissements ?

**Réponse :** Oui si le système est en usage permanent et non s'il n'est qu'occasionnel.

**4° Question.** Quel est l'impact des "technologies stationnaires traditionnelles" sur les techniques d'editing ?

**Réponse :** C'est le problème fondamental quotidien que nous devons traiter à tous les niveaux et dans tous les cas d'usage : celui de la transition utile et efficace du graphisme à la digitalisation pour ceux des documents graphiques antérieurs utiles pour l'avenir.

## LES RELATIONS HOMME-MACHINE, LA FORMATION CONTINUE ET L'ENSEIGNEMENT DANS LES TECHNIQUES DIGITALES

Peut-être a-t-on eu un peu trop tendance à ne considérer la cartographie assistée d'ordinateur que sous son aspect technologique et financier.

Je propose aujourd'hui de considérer aussi l'homme créateur de cartes, derrière ces machines, car finalement, il compte aussi : on gagne des batailles avec des troupes en haillons à Valmy et Marengo et on en perd à Azincourt avec les meilleurs destriers du royaume.

L'automation complète est, de toutes façons, loin de la réalité et le rôle de l'opérateur humain est significatif.

Résumons : l'aide de l'assistance fournie par l'ordinateur semble être la plus utile pour :

- l'automatisation de certaines tâches convenables ;
- la communication immédiate des résultats avec les données classées ;
- la coopération avec les efforts des interprètes spécialistes divers ;
- éviter la subjectivité de certaines décisions ;
- recevoir les prescriptions des séquences successives des opérations ; etc...

On peut considérer que les points critiques du système assisté d'ordinateur sont que :

- le facteur humain limite l'efficacité technologique à un niveau optimum et la détermination de celui-ci est le champ d'action même de l'ergonomie ;
- l'automatisation peut aussi conduire l'homme à la négligence, comme à l'inquiétude intellectuelle ou à d'autres effets psychologiques néfastes.

Tirons donc quelques conclusions :

- Le rôle de l'ergonomie est d'accroître l'efficacité en limitant la fatigue ;
- Le facteur de limitation de production est l'énerverment ou stress de l'opérateur ;
- Le dommage mental sur l'opérateur peut être plus sérieux que la fatigue, aussi convient-il d'investir également sur les études ergonomiques, concernant le développement du matériel et des procédures.

Le problème fondamental se résume en la controverse du "coût" et des "besoins ou exigences humains".

Les intervenants dans la solution sont, à la fois :

- Le fabricant du système,
- Le producteur de cartes (homme de l'art et opérateur),
- Les hommes de science et de technique représentés par les "experts".

Les intérêts des deux premiers sont à la fois convergents et différents ; ceux du troisième sont neutres donc indépendants, susceptibles d'être consultés par les uns et les autres pour obtenir l'objectivité requise.

Nos machines constituent une partie de l'environnement humain. Or l'homme ne s'adapte pas lui-même automatiquement aux circonstances nouvelles qui apparaissent ; il peut seulement prendre conscience de la nécessité de cette adaptation.



L'étude ergonomique s'impose donc ; mais comment peut-on financer convenablement ces recherches ? Il y a peu d'illusions à se faire, mais on peut penser que cela puisse être l'œuvre de grandes associations sans but lucratif.

Dans le domaine de la formation continue et de l'enseignement, la Commission de l'Enseignement de l'Association Française de Topographie trouve une tâche permanente dans le problème de la communication homme-machine.

Évoquons par exemple quelques questions qui sont fréquemment posées :

- Le manipulant doit-il être formé à saisir tous les aspects d'un système ?

- Faut-il encore subdiviser la profession en y introduisant de nouveaux spécialistes ?

- Peut-on uniquement compter sur une bonne communication interactive homme-machine ?

- Peut-on concevoir que le soft. pour applications photogrammétriques et cartographiques soit centralisé : chez les fabricants, chez des spécialistes, ou être au moins en partie à la discrétion de l'utilisateur pour son développement ?

- Pourrions-nous prendre quelques conventions concernant l'usage des programmes et de leurs entrées-sorties de telle sorte que des packages de programmes de différentes sources permettent de travailler dans une voie plus coopérative ?

- N'éprouve-t-on pas le besoin de quelque standardisation dans la teneur des informations saisies : fixation de catégories de paramètres décrivant la localisation et la sémantique, les séquences et formats des informations ?

- Les usagers ayant parfois des difficultés dans l'évaluation des packages de soft offerts sur le marché, que peut-on faire ?

- La cartographie assistée a-t-elle des conséquences sur les exigences à avoir concernant les capacités du staff d'une organisation ?

Toutes ces questions sont, en fait, relatives au niveau des connaissances nécessaires ; chacune d'elles mériterait une longue discussion.

Mais elles se réduisent à deux seules :

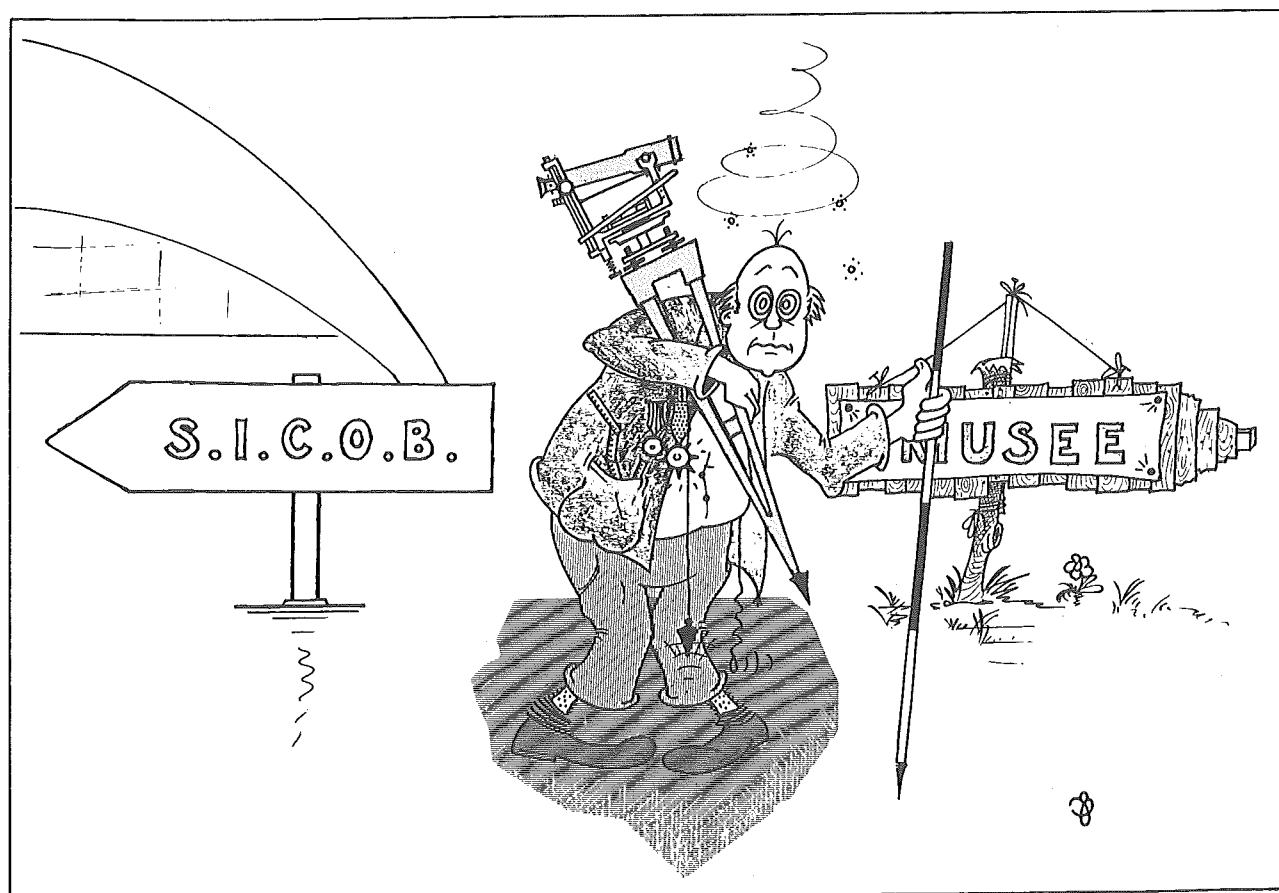
- "Faut-il concevoir que l'enseignement lui-même s'oriente vers les techniques de cartographie assistée par ordinateur" ?

La réponse est formellement OUI.

"Par des substituts divers, peut-on éviter le recyclage de "formation continue" des professionnels en exercice à tous niveaux" ?

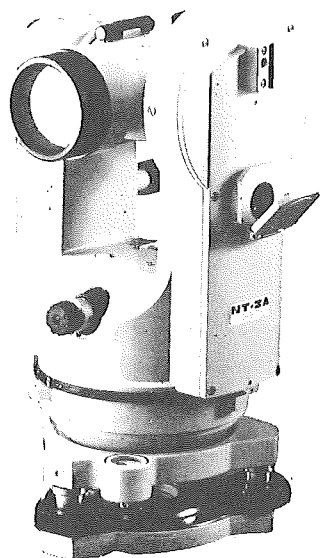
La réponse non moins formelle est NON.

**NOTAM** — Cette étude, faite à la suite du Congrès International de Photogrammétrie de Hambourg, exprime le point de vue personnel de son auteur, tel qu'il ressort de discussions post-Congrès avec diverses personnalités internationales, parmi lesquelles il faut citer : MM. Pr Konecny, Pr Jerie, Dr Makarovic, P. Stefanovic, D. Hobbie, F. Goudswaard, K. Grabmaier, B. Kunji, C. Paresi, M. Radwan, L. Van Zuylen, H. Yzerman.



*Mondialement renommé pour la qualité de son optique et ses matériels de précision **Nikon** vous propose une nouvelle gamme d'instruments de Topographie !*

Quelques exemples choisis à votre intention :



## 2 THEODOLITES au MILLIGRADE \*

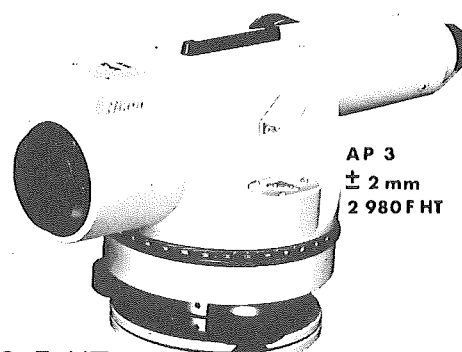
- ▶ NT-2A – Lecture avec micromètre digital 12.860 F HT
- ▶ NT-2S – Lecture directe sur échelle (\* estimé) 13.460 F HT.
  - Lunettes images droites - 30 x 45 mm
  - Collimation automatique verticale
  - Embase amovible - plomb optique
  - Coffret spécial antichoc - Trépied universel
  - Possibilité d'adaptation de vos Télémètres électro-optiques

## 2 NIVEAUX de HAUTE PRECISION :

Images droites - Coffret antichoc

$\pm 1,5$  mm/km nivellé<sup>mt</sup> double

- ▶ AE-5 – Automatique - fiable - compact 4.480 F HT.
- ▶ E-5 – Nivelle à coïncidence observée dans le champ 3.920 F HT.



CONSTRUITS POUR DURER, CES APPAREILS SONT VENDUS AUX PRIX DE SIMPLS INSTRUMENTS DE CHANTIER ! VOUS NE PAIEREZ PAS LA PRECISION : **Nikon** VOUS L'OFFRE

**Nikon** Le choix des professionnels

Mr. .... désire recevoir documentation et tarif sur

Adresse ..... ☐ Théodolites

..... ☐ Niveaux

☐ Arpentage

☐ Stéréoscope

☐ Dessin - Divers

☐ Location

Agent Général Nikon Géodésie : **GEOMAT tp**  
24, rue Léon Frot - 75011 PARIS - Tél. 367.22.51  
A 2 pas du C.N.E.T.G.E.F.

SARL au Capital de 45 000 F