

XYZ

*Revue
de l'Association
Française
de Topographie*

PARIS 1984 — 1^{er} CONGRÈS
INTERNATIONAL DE L'AFT



Universellement efficace

le théodolite informatique



Une précision qui introduit de nouveaux critères de qualité

Le théodolite informatique THEOMAT T 2000 est doté du système de mesure le plus précis qui soit, avec un écart type de 0,5" (0,15 milligon).

Un aspect modulaire qui le rend totalement flexible

Le T 2000 offre des possibilités illimitées et ses différents modes de mesure permettent de l'adapter efficacement à toutes les tâches. Avec un DISTOMAT DI 4, DI 4 L

ou DI 20, il devient un tachéomètre électronique à hautes performances. Avec le terminal de terrain GRE 3, il se transforme en un système d'acquisition de données programmable et entièrement automatique.

Un maximum de confort, d'efficacité et de fiabilité

Vous pourrez vous fier à votre T 2000, il sera votre compagnon de travail quotidien, même dans les conditions climatiques les plus difficiles (- 20 °C à + 50 °C). Il se charge de l'alimentation et du contrôle du

DISTOMAT et du GRE 3, dont il pilote toutes les fonctions. Son clavier de contrôle centralise et affiche l'ensemble des instructions et des résultats.

THEOMAT WILD T 2000 : le système de lever modulaire qu'attendait votre ordinateur.



Kern DM 502

Télémètre électro-optique

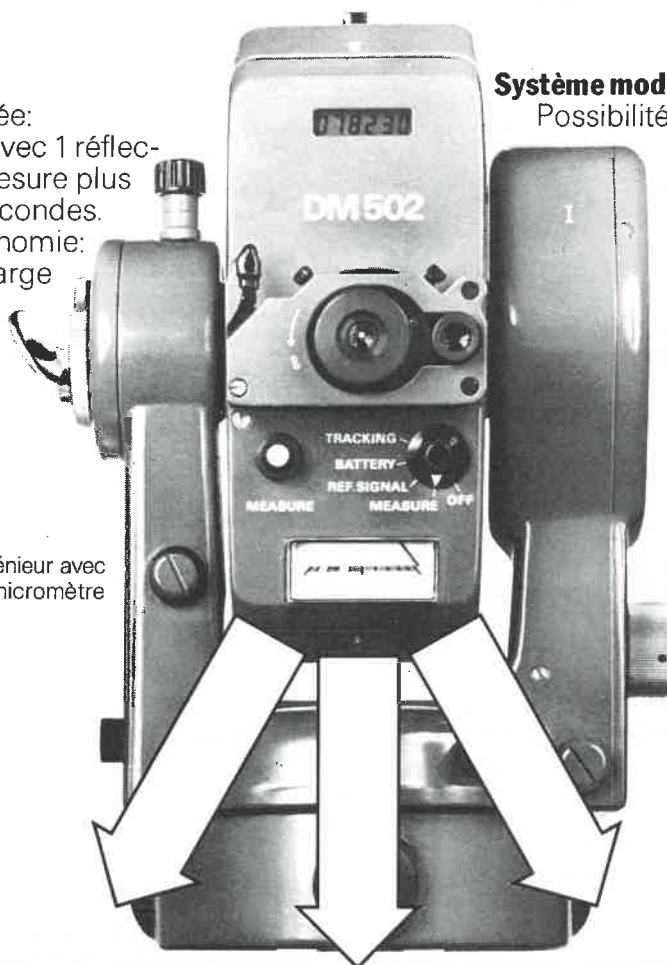
Nouveau:

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

Système modulaire d'appareils Kern:

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

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



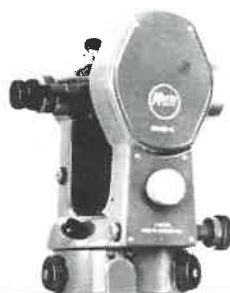
Système
modulaire
d'appareils Kern



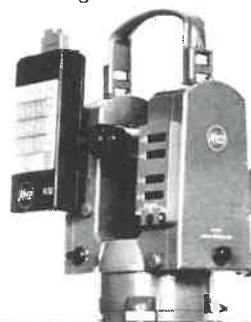
Kern K1-S. Théodolite d'ingénieur
avec lecture sur échelles



Kern DKM 2-A.
Théodolite à secondes



Kern E1. Théodolite électronique
avec enregistreur



thormann

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

Coupon

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

Nom

Profession

Adresse

Téléphone

BLANCHET **LOCATOR**

**Fait part de son changement d'adresse
à dater du 15 janvier 1985 :**

**8, rue Jasmin - 75016 PARIS
Tél. : (1) 224.01.40
Télex : 615165 F**

**Livraison et retrait de matériel
7, rue Robert Turquan
75016 PARIS**

COUVERTURE

L'Hôtel de Ville de Paris. Les Congressistes de l'AFT y ont été reçus par M. Jacques Chirac, Maire de Paris.

La photo de couverture de XYZ n° 20 de septembre 1984 provient de M. Michel GRIOT photographe à Olivet

TRIMESTRIEL

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

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

**Comité de lecture
PRÉSIDENT**

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

RAPPORTEUR

Jean PUYCOUYOUL
Ingénieur E.P.

MEMBRES

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

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Jean PUYCOUYOUL

IMPRIMERIE MODERNE

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

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

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

sommaire

1^{er} Congrès International de l'AFT

- Allocution de M. Jacques Chirac, Maire de Paris, prononcée à l'occasion du 1^{er} Congrès International de l'Association Française de Topographie 4
- Remerciements de M. Robert VINCENT Président de l'AFT à M. le Maire de Paris, lors de la réception à l'Hôtel de Ville de Paris des participants au 1^{er} Congrès International 6
- Orient et Orientation
par R. VINCENT 7
- Paris 1984 - Le 1^{er} Congrès International de l'Association Française de Topographie 8
- Les grandes orientations définies par la commission nationale de l'information géographique
par Michel SAUTREAU 10
- Hydrographie et Bathymétrie
par M. LE GOUIC 18
- Examen rétrospectif et perspectives d'avenir
par Dr. Ing. Cheldy FEZZANI 32

Gazette de l'AFT

- Calendrier 39
- Nouvelles 40
- Emploi 42
- Assemblée générale 1984 - Compte rendu de séance 43
- Rapport Moral
par Jean COMBE 44
- L'architecture en représentation 48

Colloque du Creusot

- Métrologie tridimensionnelle d'un détecteur de particules
par J.-P. QUESNEL 50
- Le centenaire d'une loi locale
par R. KOECHER 56
- Trois cents ans de géodésie Française (suite)
par J.-J. LEVALLOIS 60

Allocution de M. Jacques Chirac Maire de Paris, prononcée à l'occasion du 1^{er} Congrès International de l'Association Française de Topographie

Monsieur le Président,
Mesdames, Messieurs.

C'est avec le plus grand plaisir que je souhaite la bienvenue dans les salons de notre Hôtel de Ville aux membres de l'Association Française de Topographie à l'occasion du premier congrès international qu'ils organisent dans notre capitale.

Il m'est particulièrement agréable d'y accueillir votre président d'honneur, M. Louis Catinot, premier adjoint du Maire d'Argentat, non seulement parce que c'est un Corrèzien et qu'il est mon ami, mais encore parce que — M. Pierre Celles me le disait récemment encore — je sais combien il s'est dévoué pour faire connaître et reconnaître votre jeune association.



MM. J. Chirac, R. Vincent et le Professeur Milanov.

Sa création, il y a cinq ans, répondait à une évidente nécessité. A l'heure où "l'honnête homme" du 17^e siècle, celui dont l'ambition se limitait à "des clartés sur tout" a fait place au spécialiste seul garant désormais d'une recherche et d'une connaissance en profondeur, le topographe se trouvait dans une situation assez mal définie. On considérait volontiers en effet sa profession comme une activité hybride que l'on rattachait à celle de l'ingénieur, ou du géographe. C'était injustement oublier que l'étendue de ses connaissances scientifiques et techniques comme les rigoureuses exigences que lui imposait l'exercice même de sa profession avaient associé le topographe, c'est-à-dire l'homme de terrain, à tous les chantiers et édifications humaines.

Aussi bien avez-vous voulu, en créant votre association qu'il sorte de l'anonymat, que la spécificité de son activité soit mise en lumière et que la haute valeur technique de ses prestations soit reconnue à l'heure où les perspectives que fait naître le prodigieux essor de la science ouvrent à son activité un champ d'action renouvelé.

Et c'est dans ces perspectives que d'ores et déjà avec courage et lucidité vous vous situez résolument puisque vous avez choisi pour thème de votre premier congrès international "la topographie de l'an 2000".

Le topographe demeure en effet, rejoignant en ceci le navigateur, l'homme des grands espaces et des larges horizons. Ses connaissances physiques se sont toujours exercées à l'échelle du monde. C'est lui qui, avant le géographe, définit le territoire et le milieu de vie de l'homme, de sa famille, puis de son clan, de sa tribu, enfin de sa nation. Il est également le témoin de la présence et de l'interpénétration des peuples qui, au cours des âges, ont inscrit leur civilisation sur le sol. Parce qu'il connaît mieux que personne les sites et les hommes il est apte à prévoir et à orienter les échanges entre les sociétés humaines et à rationaliser les moyens propres à assurer aussi bien la coopération technique que l'assistance mondiale. Parce qu'il est familier des fonds sous-marins, il sait comment mettre en valeur les richesses des grandes profondeurs et déceler leur potentiel énergétique.



M. Jacques Chirac remet à M. Robert Vincent la médaille de la Ville de Paris.



M. Robert Vincent remerciant M. Jacques Chirac.

De toute évidence, la science de l'an 2000 lui permettra de développer dans tous ces domaines ses moyens d'investigation. La cartographie par satellite, l'utilisation des processeurs, les possibilités de mesurer les distances par ondes électro-magnéti-

ques lui donneront la possibilité d'actualiser de façon permanente les documents dont il dispose et d'accroître à la fois la précision et la rapidité de ses conclusions. Mais parallèlement le déploiement de l'homme terrestre vers les cosmos ouvrira au cartographe de demain un champ d'action infini, celui que réserve encore la conquête de l'espace interplanétaire et avec elle, la définition d'une géodésie spatiale.

Telles sont, n'en doutons pas, les perspectives maintenant prochaines dans lesquelles vont se dérouler vos travaux. Il suffit de les évoquer pour souligner, par là même, l'importance de vos échanges et l'audience que trouveront ceux-ci auprès des savants, des spécialistes, comme aussi de tous ceux que fascine "l'avenir du futur". Permettez-moi de m'en faire l'écho en vous remerciant de votre visite à notre Hôtel de Ville où je vous renouvelle mes souhaits de bienvenue et en vous exprimant les sentiments de profonde estime des Parisiens et de leurs Élus.



Allocution de M. Jacques Chirac. On reconnaît de gauche à droite : Mme Sautreau, M. Vincent, M. Catinot, Mme Daugé, Mme Catinot, M. Daugé, M. Milanov.

Remerciements de M. Robert Vincent Président de l'AFT à M. le Maire de Paris, lors de la réception à l'Hôtel de Ville de Paris des participants au 1^{er} Congrès International

Monsieur le Maire,

Vous avez bien voulu nous accueillir en votre Hôtel de Ville et nous vous sommes infiniment reconnaissants de l'honneur que vous faites ainsi à notre profession.

J'ai le plaisir de vous présenter aujourd'hui les topographes venus à Paris participer au premier Congrès international de topographie organisé par l'Association Française de Topographie pour son 5^e anniversaire. Plus de 10 nationalités sont représentées.

Nous sommes d'autant plus sensibles à votre accueil que parmi tous ceux qui œuvrent aux grandes réalisations de l'homme, nous avons estimé — et c'est la première raison tout à fait essentielle de la création de notre Association — que le Topographe était trop souvent oublié.

Il faut bien reconnaître que la part de notre profession dans la vie économique de notre pays est relativement modeste. Pour fixer les idées on peut chiffrer à 1 pour 1 000 la proportion des français vivant de la Topographie.

Cela explique que les médias ignorent généralement nos faits et gestes, nos soucis et nos espoirs et même parfois, chose pire, ces médias parlent de Topographie en termes plutôt cocasses, jugez-en, quand on nous dit que le "casse" de Nice a été réussi grâce à une étude minutieuse de la topographie des lieux !

L'extrême diffusion des topographes dans de nombreuses disciplines où elle s'est implantée : cartographie générale, cadastre, travaux publics, génie civil, métrologie, etc... ne donnait pas a priori un sentiment d'unité professionnelle. Le Topographe d'EDF était avant tout un électricien, celui de la SNCF un cheminot, celui du cadastre un fonctionnaire du Ministère des Finances, celui de telle entreprise des Travaux Publics un constructeur ou un bâtisseur.

Seuls l'IGN et la profession libérale de Géomètre-Expert ont pu créer une image de marque professionnelle qui leur est propre.

C'est donc aussi pour cette deuxième raison : créer une famille d'accueil à tous ces divers topographes que notre Association a vu le jour.

Lors d'un de nos Colloques en Corrèze en novembre 1981, nous avons eu l'honneur d'être accueilli par M. Charles Ceyrac dans sa Mairie de Collonges-la-Rouge. Il nous a confirmé notre troisième raison d'être. Se faire reconnaître comme étant ce que nous sommes : des spécialistes de tout ce qui touche à la description, et partant, de l'espace terrestre.

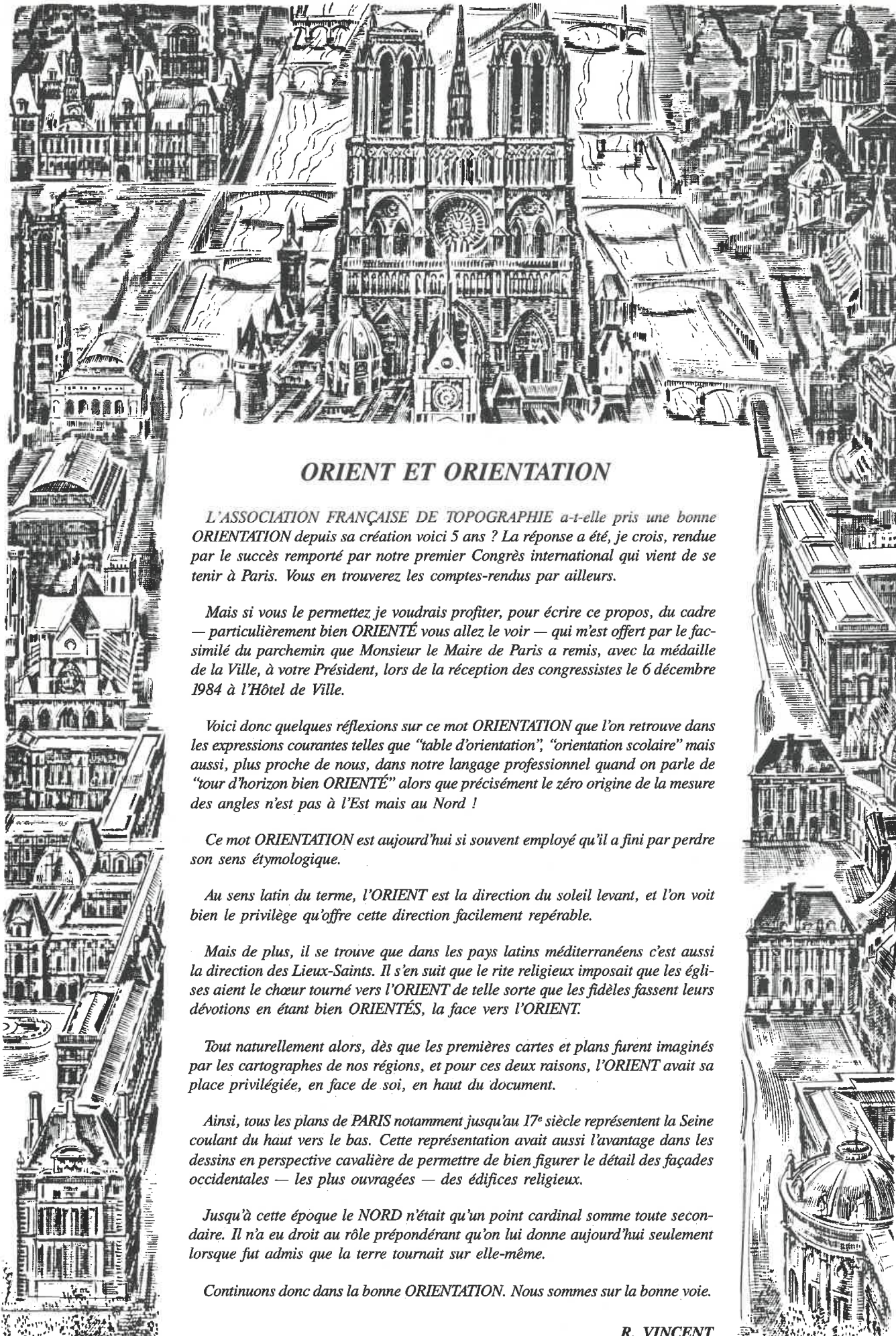
Une illustration montre bien pourtant parfois l'oubli dans lequel notre profession peut être tenue : je veux parler de la réglementation des Plans d'Occupation des Sols qui aurait eu bien besoin de la collaboration des géomètres et topographes de ce pays.

Heureusement les grandes réalisations modernes ne peuvent se faire sans nous, et c'est notre fierté de dire que tout ce qui touche par exemple à la production de l'énergie sous toutes ses formes (pétrole, houille blanche, centrale nucléaire, etc...) et à son transport exige pour sa réalisation l'intervention du topographe.

Il en est de même pour tout ce qui touche aux transports des hommes et biens : construction des routes, autoroutes, du TGV par exemple où la parfaite géométrie du tracé donne au voyageur l'impression d'être détaché des contingences terrestres.

Je voudrais évoquer pour terminer la plus grande joie que notre profession vient de trouver — indirectement il est vrai — dans l'attribution du prix Nobel de Physique à deux physiciens du Centre Européen de la Recherche Nucléaire près de Genève. En effet, leurs éminents travaux sur les particules élémentaires de la matière ont été menés à bien grâce à une géométrie rigoureuse des trajectoires des particules, elle-même obtenue par un remarquable travail d'une équipe de topographes, français pour la plupart, à laquelle nous rendons publiquement hommage aujourd'hui.

M. le Maire, j'ai commencé mon propos en vous remerciant de nous avoir accueillis. Je le terminerai en vous remerciant de nous avoir écoutés. De cette rencontre nous vous assurons que nous en sortons tous réconfortés. Ce fut un beau jour.



ORIENT ET ORIENTATION

L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE a-t-elle pris une bonne ORIENTATION depuis sa création voici 5 ans ? La réponse a été, je crois, rendue par le succès remporté par notre premier Congrès international qui vient de se tenir à Paris. Vous en trouverez les comptes-rendus par ailleurs.

Mais si vous le permettez je voudrais profiter, pour écrire ce propos, du cadre — particulièrement bien ORIENTÉ vous allez le voir — qui m'est offert par le fac-similé du parchemin que Monsieur le Maire de Paris a remis, avec la médaille de la Ville, à votre Président, lors de la réception des congressistes le 6 décembre 1984 à l'Hôtel de Ville.

Voici donc quelques réflexions sur ce mot ORIENTATION que l'on retrouve dans les expressions courantes telles que "table d'orientation", "orientation scolaire" mais aussi, plus proche de nous, dans notre langage professionnel quand on parle de "tour d'horizon bien ORIENTÉ" alors que précisément le zéro origine de la mesure des angles n'est pas à l'Est mais au Nord !

Ce mot ORIENTATION est aujourd'hui si souvent employé qu'il a fini par perdre son sens étymologique.

Au sens latin du terme, l'ORIENT est la direction du soleil levant, et l'on voit bien le privilège qu'offre cette direction facilement repérable.

Mais de plus, il se trouve que dans les pays latins méditerranéens c'est aussi la direction des Lieux-Saints. Il s'en suit que le rite religieux imposait que les églises aient le chœur tourné vers l'ORIENT de telle sorte que les fidèles fassent leurs dévotions en étant bien ORIENTÉS, la face vers l'ORIENT.

Tout naturellement alors, dès que les premières cartes et plans furent imaginés par les cartographes de nos régions, et pour ces deux raisons, l'ORIENT avait sa place privilégiée, en face de soi, en haut du document.

Ainsi, tous les plans de PARIS notamment jusqu'au 17^e siècle représentent la Seine coulant du haut vers le bas. Cette représentation avait aussi l'avantage dans les dessins en perspective cavalière de permettre de bien figurer le détail des façades occidentales — les plus ouvragées — des édifices religieux.

Jusqu'à cette époque le NORD n'était qu'un point cardinal somme toute secondaire. Il n'a eu droit au rôle prépondérant qu'on lui donne aujourd'hui seulement lorsque fut admis que la terre tournait sur elle-même.

Continuons donc dans la bonne ORIENTATION. Nous sommes sur la bonne voie.

R. VINCENT

... premier congrès international de l'AFT

PARIS 1984

Le premier Congrès International de l'Association Française de Topographie

Sans céder à l'autosatisfaction, il semble bien que le premier Congrès International, organisé à Paris par l'Association Française de Topographie cinq ans seulement après sa création officielle ait été un succès complet. L'hommage rendu aux topographes par M. Chirac, Maire de Paris, dans son allocution de bienvenue à l'Hôtel de Ville en est une preuve. Le nombre et la qualité des congressistes : plus de 250 personnes représentant quinze nationalités différentes en est une autre. Avec le thème de ce congrès, la topographie du futur, l'AFT a visé loin et juste, car c'est précisément maintenant que doivent se dessiner les nouvelles orientations de la topographie.

C'est en 1985 que doit se concrétiser le texte du décret d'application des principales conclusions du rapport de la Commission Nationale de l'Informa-

tion Géographique (CNIG). Mais c'est aussi maintenant que, face à l'explosion des moyens techniques d'acquisition et de traitement, face à la vulgarisation et la diversification de la demande, les topographes doivent assurer leur avenir, en implémentant, selon l'expression de l'Ingénieur général géographe Ducher dans son rapport de synthèse, leur rôle de spécialiste de la topométrie à celui de généraliste de l'information géographique.

Nous ne reprendrons pas ici les résumés des quatorze exposés successivement présentés, ils ont été remis à chaque congressiste dès leur arrivée. On retrouvera leur texte intégral, ainsi que celui du rapport de synthèse de M. Ducher soit dans ce numéro, soit dans les numéros suivants de XYZ.

Un coup d'œil au programme du Congrès convaincra de sa richesse et de sa qualité.

PROGRAMME DU 1^{er} CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

Président d'Honneur : M. Roger Ginocchio

Président de l'Institut Français de Gestion

Jeudi 6 décembre

MATIN

Président de séance : M. Guidez
Président de l'Ordre des
Géomètres-Experts

9 h 00 Accueil des participants.

9 h 30 Allocutions de bienvenue par
MM. le Président de l'AFT
le Président d'Honneur du Congrès
le Président de la Fédération Inter-
nationale des Géomètres repré-
senté par M. Milanov.

9 h 45 Les grandes orientations définies par la
Commission Nationale de l'Information
Géographique
par M. Michel Sautreau - *Direction Générale
du Cadastre - France.*

10 h 45 Inauguration de l'Exposition de Matériels
et Travaux.

11 h 15 Systèmes d'Information du Territoire
Principes - Problèmes - Perspectives
par M. le professeur Chevalier - *École
Polytechnique de Lausanne - Suisse.*

12 h 30 Déjeuner sur place.

APRÈS-MIDI

Président de séance : M. D'Hollander
Ingénieur Général Géographe

14 h 00 Les Méthodes et Matériels de Terrain du
Topographe de demain
par M. Michel Kasser - *Ingénieur Géogra-
phe de l'Institut Géographique National -
France.*

15 h 00 Les Applications de NAVSTAR à la Topo-
graphie
par M. Nard - *Ingénieur à la Société d'Étu-
des, Recherches et Constructions Electro-
niques - SERCEL - France.*

15 h 45 Pause.

18 h 15 Photogrammétrie : une Technologie d'Ac-
quisition de Données pour des Systèmes
d'information Géographique
par M. le professeur Van Der Zee - *Insti-
tut International des Levés Aériens et des
Sciences de la Terre - Pays-Bas.*

18 h 00 Réception des congressistes à l'Hôtel de
Ville
par M. le Maire de Paris.

Vendredi 7 décembre

MATIN

Président de séance : M. Traizet
Directeur des Programmes
au Centre National d'Études
Spatiales

- 9 h 00** Géodésie Spatiale : Possibilités actuelles et perspectives
par M. Boucher - *Ingénieur Géographe en Chef de l'Institut Géographique National - France.*
- 10 h 00** Applications Topographiques et Cartographiques de SPOT par M. Brachet - *Directeur Général de la Société SPOT IMAGE, Président de la Société Française de Photogrammétrie et de télédétection.*
- 11 h 00** Pause.
- 11 h 30** Télédétection appliquée à la Foresterie : méthodologies actuelles et perspectives d'avenir par le Dr Tzschupke - *Ingénieur des Forêts - République Fédérale d'Allemagne.*
- 12 h 30** Déjeuner sur place.

APRÈS-MIDI

- 14 h 00** Une visite technique à choisir parmi les suivantes :
- Service de la Documentation Nationale du Cadastre - *Saint-Germain-en-Laye.*
 - Institut Géographique National - *Saint-Mandé.*
 - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées - *Paris XV.*
 - Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics - *Saint-Rémy-les-Chevreuse.*
 - Laboratoire d'Électricité de France - *Chatou.*
 - Observatoire de Meudon.
- 18 h 30** Assemblée Générale de l'AFT à la Maison des Centraux.
- 20 h 30** Soirée annuelle de l'AFT à la Maison des Centraux.

Projection permanente de films pendant les trois journées.

Titres des films : Silène, Frig le grand rendez-vous, Le grand jardin de la France, Rivière des hommes, Techniques à la carte, Le cadastre français, Le TGV, Télédétection : un nouveau regard sur la terre. Des cartes et des méthodes, Wild-Reporter sur le terrain.

Encore un mot pour témoigner de la réussite et de l'amicale ambiance de la soirée annuelle de l'AFT, et l'on comprendra la satisfaction du Comité d'Organisation, qu'un sympathique déjeuner post-congrès réunit un peu plus tard au Cercle de la Mer. Photo ci-contre : MM. Schaffner, Fuhrer, Puycouyoul, Sautreau, Combe, Vincent, Barbacanne, Boutonnier, D'Hollander.

J. P.

Samedi 8 décembre

MATIN

Président de séance : M. Catinot
Ancien Président et Membre
d'Honneur de l'AFT

- 9 h 00** Hydrographie et Bathymétrie
par M. Le Gouic - *Ingénieur de l'Armement au Service Hydrographique et Océanographique de la Marine - France.*
- 10 h 00** Une Métrologie de Transition pour le LEP
par M. Coosemans - *Ingénieur au Centre Européen pour la Recherche Nucléaire - Suisse.*
- 11 h 00** Pause.
- 11 h 30** Application pratique du Système Inertiel
par M. Van Den Herrewegen - *Directeur de la Géodésie à l'Institut Géographique National - Belgique.*
- 12 h 30** Déjeuner sur place.

APRÈS-MIDI

Président de séance : M. Bourgoïn
Directeur du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

- 14 h 00** Modèles numériques de terrain
par MM. Gros - *Délégué Général de l'Institut des Sciences et des Techniques de l'Équipement et de l'Environnement pour le Développement - Dufour - Ingénieur en Chef Géographe et Julien Ingénieur Géographe - France.*
- 15 h 00** La Cartographie Africaine : Examen rétrospectif et Perspectives d'avenir
par M. Fezzani - *Président de l'Association Africaine de Cartographie.*
- 16 h 00** Pause.
- 16 h 30** Synthèse du Congrès
par M. Ducher - *Directeur de la Recherche à l'Institut Géographique National - France.*
- 17 h 00** Clôture du Congrès.



... premier congrès international de l'AFT

Les grandes orientations définies par la Commission nationale de l'Information géographique

Par Michel SAUTREAU
Directeur divisionnaire au Service
central du Cadastre

Monsieur le Président,
Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs,

C'est une entreprise difficile que d'analyser en 45 minutes un rapport de 150 pages représentant lui-même le fruit de 14 mois d'un travail intense et de tous les instants, fourni tant par les membres de la Commission nationale de l'Information géographique, que par les présidents — tout particulièrement actifs — des groupes de travail qu'elle a suscités ou par les rapporteurs.

Je m'y risquerai néanmoins, sachant par avance que je peux compter sur votre indulgence.

I — La Commission nationale de l'Information géographique

"Engager une réflexion associant les partenaires intéressés, publics et privés, afin de définir une politique globale de la cartographie française", tel était le mandat de la Commission nationale de l'Information géographique créée en mars 1982 par M. Michel Rocard, alors ministre du Plan et de l'Aménagement du territoire.

L'objectif était de favoriser un développement coordonné des activités géographiques françaises, bien entendu dans le cadre du IX^e Plan 1984-1988, mais également à l'horizon plus prospectif de la fin de ce siècle.

Placée sous la présidence de M. Lengagne, alors député-maire de Boulogne-sur-Mer, devenu depuis lors secrétaire d'État à la Mer, cette commission réunit trente-quatre membres, représentant :

- Toutes les administrations, services ou organismes publics concernés par l'information géographique (Institut géographique national, Cadastre, Agriculture, Urbanisme et Logement, Transports, Armées, Tourisme, CNRS...),
- Le secteur privé (Ordre des géomètres-experts et Chambre syndicale nationale des photogrammètres privés),
- Les collectivités territoriales (trois députés-maires et un conseiller général),
- Les personnels de l'IGN et du Cadastre.

Au cours d'une première phase, qui s'est étendue sur neuf mois (avril 1982-décembre 1982), cinq groupes de travail ont été chargés, respectivement :

- de dresser un bilan de la cartographie française et de son évolution ;
- de prospecter les besoins nationaux et régionaux en information géographique ;
- d'analyser, de même, les besoins au niveau local ;
- d'étudier la prospective des besoins à l'étranger ;
- d'estimer enfin l'évolution des matériels et des techniques à l'horizon de l'an 2000.

La synthèse de l'ensemble de ces travaux a été réalisée dans un rapport dit "intermédiaire" qui a essentiellement permis à la Commission de définir, en fonction des premières grandes orientations esquissées, les thèmes qu'il convenait d'approfondir pour aboutir au rapport final.

C'est ainsi que, dans une seconde phase (janvier 1983 - juin 1983) furent plus particulièrement examinés :

- les aspects économiques de la production, tant actuelle que prévue ;
- les besoins des utilisateurs, notamment en plans à grande échelle ;
- les problèmes relatifs à la mer, qui n'avaient pas été étudiés lors de la première phase ;
- la place de la production industrielle française face à la concurrence étrangère, les mesures à prendre pour promouvoir les matériels français et les soutiens propres à assurer l'avenir de ces matériels.

Toutes ces questions se retrouvent, bien évidemment synthétisées, dans le rapport final de la Commission, rapport qui fut publié en décembre 1983 et que l'on peut actuellement se procurer à la Documentation française (1).

Le document est composé de trois parties :

- la première, que je qualifierai de "pédagogique" — mais qui n'en est pas moins fort intéressante et fort instructive, même pour des techniciens avertis — décrit, d'une part, les composants de l'information géographique (modes de positionnement planimétrique, altimétrique, spatial ; nature et diversité des thèmes représentés), d'autre part, les diverses techniques de mémorisation de cette information (cartes et plans, photographies aériennes ou spatiales, orthophotoplans, fichiers informatisés,...) ;
- la deuxième dresse le bilan et les perspectives de la production d'informations géographiques ;

— la troisième, enfin, définit les grands axes d'une politique nationale dans ce domaine.

Ce sont ces deux dernières parties que je voudrais analyser aujourd'hui.

II — Bilan et perspectives de la production d'informations géographiques

La deuxième partie du rapport commence par un premier constat, à savoir la dégradation du secteur géographique. Celui-ci représente près de 20 000 personnes (environ 12 000 pour le secteur public et 8 000 pour le secteur privé) et l'estimation des dépenses globales consacrées à la production est de l'ordre de 3,3 milliards de francs (données 1981).

Or, alors même que de nouvelles techniques et de nouveaux instruments de saisie et de traitement des données se développent, exigeant une adaptation radicale des moyens de production, force est de constater que le potentiel géographique français connaît, à la fois :

- une baisse de ses effectifs, touchant particulièrement le secteur privé (l'Ordre des géomètres-experts, notamment, estime à environ 2 000 les pertes d'emploi pour les seules années 1981 - 1982) ;
- une diminution notable des investissements publics (presque de moitié entre 1972 et 1981) ;
- une dépendance quasi-totale vis-à-vis de l'étranger en ce qui concerne l'équipement en matériel topographique, photogrammétrique ou informatique.

Deuxième constat, non moins important que le premier : les produits cartographiques actuels sont, généralement, inadaptés aux besoins locaux. Le rapport rappelle, à cet égard, que ces besoins sont de deux sortes :

- d'une part, d'ordre technique : pour mener à bien tous les travaux d'infrastructure ou d'aménagement du territoire, il faut que les acteurs locaux puissent disposer de documents descriptifs reflétant tout ce que l'on voit sur le terrain ainsi que le "modèle" du territoire concerné (sous forme de courbes de niveau et/ou de points cotés) ; ces documents constituent ce que l'on appelle des "plans topographiques" ;
- d'autre part, de nature juridique pour l'application de tous les projets qui tendent à modifier ou à réglementer la propriété du sol (expropriation, remembrement, plan d'occupation des sols...) ; dans ce second cas, ce sont alors des documents de type parcellaire (complétés, le cas échéant, d'informations topographiques et altimétriques) qui se révèlent nécessaires.

Au cours des quinze dernières années, l'évolution rapide et générale des opérations d'urbanisme et d'aménagement a généré des productions de plus en plus nombreuses en cartes et plans à grande échelle (de 1 : 10 000 à 1 : 500), de l'une ou l'autre

catégorie. Ce phénomène est appelé à se poursuivre, en s'amplifiant, dans l'avenir. Une solution globale apparaît dès lors indispensable, ne serait-ce que pour mettre un terme à une situation relativement anarchique.

Sur ce point, je ne saurais mieux faire que de citer, in-extenso, le rapport de la Commission nationale :

"On estime actuellement à 840 millions de francs (1982) les dépenses annuelles consacrées à la production de plans à grande échelle, sans autre contrepartie que de répondre à des besoins spécifiques et immédiats. Les documents ne sont en effet pas tenus à jour ; ils ne sont ni exhaustifs dans leur contenu, ni homogènes dans leur qualité les uns par rapport aux autres, de sorte qu'ils ne peuvent généralement satisfaire d'autres besoins que ceux pour lesquels ils ont été réalisés ; enfin, ils sont le plus souvent ignorés des usagers, lesquels n'ont dès lors d'autre solution que de financer de nouveaux produits pour traiter tout phénomène nouveau exigeant de recourir à l'instrument cartographique".

"Toutes ces initiatives dispersées montrent à l'évidence par leur ampleur, la nécessité et l'urgence de définir une politique globale dans le domaine des grandes échelles et, plus précisément, pour ce qui concerne les échelles de 1 : 5 000 et de 1 : 2 000, de loin les plus utilisées".

"La clé de voûte de cette politique réside dans la confection - à l'image des réalisations étrangères (Allemagne, Suisse, Grande-Bretagne...) - d'un plan général aux échelles ci-dessus. Une telle entreprise, unanimement demandée d'ailleurs par les nombreux acteurs locaux consultés, doit être considérée comme une œuvre d'intérêt national et intégrée, de ce fait, dans l'équipement géographique de base du territoire, au même titre que le sont actuellement la carte au 1 : 25 000 ou les plans cadastraux".

Je reviendrai ultérieurement sur cet objectif qui constitue l'une des propositions majeures de la Commission.

Ainsi donc, le secteur géographique français est en crise et les produits sont inadaptés aux besoins locaux. Cette double constatation aurait suffi, à elle seule, à susciter une vaste réflexion afin de dégager les perspectives de nature à porter remède à la situation. Mais, parallèlement, les activités de ce secteur sont soumises à une forte évolution technologique qui ouvre de nouveaux horizons, de nouvelles possibilités, et, par là même, engendre de nouveaux besoins.

De ce point de vue, le rapport met l'accent sur deux phénomènes appelés à bouleverser de nombreuses habitudes de saisie et de traitement des données géographiques, à savoir : "l'explosion thématique" et les mutations techniques.

1 - L'explosion thématique

La réalisation de documents thématiques, destinés à compenser les insuffisances des cartes de base de l'IGN ou du plan cadastral pour l'analyse de certains phénomènes spécifiques, est un processus entamé depuis longtemps.

(1) La Documentation française, 29-31 Quai Voltaire, 75340 Paris Cedex 07.

... premier congrès international de l'AFT

Mais, aujourd'hui, avec les immenses capacités de traitement offertes par l'informatique, la masse des informations fournie par la télédétection, les nombreuses possibilités de restitution liées à l'automatisation du dessin, le processus s'accélère à telle enseigne qu'il n'est pas exagéré de parler "d'explosion thématique".

Par l'emploi de cette expression, le rapport a voulu mettre l'accent sur la tendance inéluctable à descendre de plus en plus profondément dans la connaissance des facteurs qui régissent ou orientent l'occupation du sol et de l'espace. On ne se contente plus, désormais, de résultats globaux dès lors que l'on dispose de la possibilité technique d'appréhender des interactions fines entre ces facteurs ; d'où :

- des cartes thématiques nombreuses, variées et surtout très localisées dans l'espace et dans le temps ;

- des classifications plus détaillées des données de géographie physique, humaine ou économique, tenant compte des particularismes spatiaux ou temporels.

Cette évolution est irréversible et doit être encouragée.

Afin de progresser plus sûrement dans ce domaine, le rapport propose de définir les produits par rapport aux besoins et aux possibilités nouvelles en procédant à des opérations pilotes. On devrait ainsi aboutir à la création de cartes thématiques de base, que l'on inscrira dans la vocation de service public des établissements chargés de l'établir.

2 - Les mutations techniques

Dans tous les secteurs de l'information géographique, les progrès techniques réalisés, notamment dans la saisie automatique des données et dans leur traitement informatique, créent les conditions d'une véritable mutation des méthodes de production.

C'est ainsi que :

- 1) Le positionnement en géodésie spatiale est en voie d'être abordé entièrement par des machines depuis le lancement des satellites Transit.

- 2) De nouveaux types d'images, nés de l'utilisation combinée de l'électronique et de l'informatique, sont venus s'ajouter aux photographies aériennes (images thermo-graphiques, radar, multispectrales). Pour l'instant ces images proviennent essentiellement des satellites américains Landsat ; mais, le lancement en 1985 du satellite d'observation de la terre SPOT (1), décidé en 1978 au plan national français avec une participation de la Suède et de la Belgique, va modifier notablement cette situation.

- 3) On assiste, enfin, à la numérisation des documents graphiques, à l'automatisation du dessin, à la visualisation et à la mise à jour interactive des fichiers de données géographiques.

Toutes ces possibilités technologiques doivent être analysées, normalisées, coordonnées, car elles aboutissent aux grandes banques de données, en particulier foncières et urbaines, qui apportent, par

(1) Système probatoire d'observation de la terre.

le croisement de fichiers littéraires et numériques, toutes les informations susceptibles d'aider les élus locaux ou les services techniques dans la réalisation de leurs projets.

En conclusion - et, là je me référerai une fois encore aux termes mêmes du rapport de la Commission nationale :

"...les efforts des uns et des autres ne réussissent pas à assurer un développement harmonieux de l'information géographique **qui souffre, en premier chef, de l'absence d'une véritable politique nationale.** Le législateur ne s'est pas souvent soucié du sort de la cartographie en tant qu'équipement fondamental et cet équipement n'a été accroché à aucune loi de finances, ni à aucun Plan. De même, aucun organisme n'a été mis en place pour définir une politique et veiller à son exécution".

"Au moment où la France fait un investissement considérable avec le lancement du satellite SPOT, il devient extrêmement urgent de coordonner les actions de recherche et de normalisation en matière d'information géographique. Il faut éviter à tout prix que se perpétue la situation anarchique actuelle. Tous les utilisateurs de l'informatique ou de la télédétection demandent une large concertation pour aboutir à la fixation d'objectifs réalistes et de normes nationales".

"Cette exigence de cohérence est une preuve de jeunesse et de dynamisme ; les chercheurs et les producteurs ont su se plonger dans les mutations techniques pour en découvrir le maximum d'applications nouvelles. Les voies ont été explorées et ouvertes, il reste à les consolider".

"La politique nationale doit donc aboutir à une meilleure harmonie entre les objectifs anciens et nouveaux. Pour y arriver, il faudra aider les services publics par des augmentations des crédits d'investissement, mais aussi, dans une moindre mesure, des crédits de fonctionnement pour accélérer leurs missions traditionnelles. Certaines retombées vers le secteur privé sont à encourager, si on veut que ce dernier réussisse à se relever de la crise actuelle, en particulier par une meilleure coordination de l'exportation et par un partage équilibré des résultats des recherches du secteur public".

Cela nous mène, directement à la troisième et dernière partie du rapport.

III — Définition d'une politique nationale de l'information géographique

Une telle politique fait l'objet de quatre grands volets de propositions concernant, respectivement :

- la poursuite des productions de service public ;
- la modernisation et la valorisation du potentiel productif actuel ;
- l'adaptation de l'information géographique aux besoins des acteurs locaux ;
- la mise en place de nouvelles structures de coordination des travaux.

1 - Poursuite des productions de service public

C'est le premier volet de la politique géographique nationale. Il ne demande pas de refonte radicale, ni même — sauf pour la Mer — des crédits importants. Il a simplement pour objectif de redonner à certaines fonctions traditionnelles les moyens dont elles n'auraient jamais dû être privées, pour assurer leur continuation sous une forme plus moderne et mieux adaptée aux impératifs actuels.

Ces moyens visent, successivement :

1) L'Institut géographique national, qui devrait être mis en mesure :

- de poursuivre la réfection (ou la révision) des réseaux de triangulation et de nivellement et de réunir l'ensemble des données correspondantes dans une "banque de données géodésiques" ;
- d'assurer l'entretien des cartes de base à 1 : 25 000 et 1 : 50 000, selon un rythme plus accéléré qu'actuellement pour ce qui touche notamment la réfection des feuilles les plus anciennes.

2) Le Cadastre, auquel il appartient :

- d'achever dans quelque 200 communes, les travaux de rénovation entrepris en 1930 ;
- d'exécuter la conservation permanente du plan cadastral au rythme même des changements ;
- d'amplifier les opérations de remaniement ayant pour objectif l'amélioration de la qualité de certains plans cadastraux.

3) Les départements et territoires d'Outre-Mer, pour lesquels une réfection complète de l'infrastructure géographique de base est à envisager.

4) Les levés du domaine maritime, exécutés par le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, qui, outre un effort de standardisation et de rénovation des cartes existantes, impliquent l'adoption d'urgence d'un programme complet de construction de navires modernes.

Enfin, le rapport propose également l'extension à l'imagerie spatiale des attributions du Centre de documentation de photographies aériennes de l'IGN et esquisse, par ailleurs, les bases d'une "banque de données documentaires".

2 - Modernisation et valorisation du potentiel productif

Les actions à entreprendre pour répondre aux mutations techniques évoquées précédemment concernent, en premier lieu, l'automatisation de la saisie et du traitement des données géographiques qui conduit, à terme, vers la constitution de "banques de données". Mais, parallèlement, il faut maintenir et adapter un énorme potentiel productif ; le nouveau ne se substitue pas, en effet, à l'ancien ; il lui donne une nouvelle valeur, lui ouvre de nouvelles perspectives. Tout cela ne peut s'accomplir qu'avec des ressources humaines et matérielles, certes, mais exige aussi un développement de la recherche, assorti d'une politique industrielle dynamique propre à revigorer les exportations dans un secteur où elles sont particulièrement défaillantes.

Le deuxième volet de la politique géographique nationale aborde de ce fait, les quatre thèmes suivants, visant à moderniser et valoriser le potentiel productif :

- la recherche et les enjeux industriels,
- la télédétection,
- la numérisation des produits géographiques,
- l'exportation.

2.1 La recherche et les enjeux industriels

Il est proposé dans ce domaine de créer une Commission Permanente de la Recherche Géographique, à vocation inter-ministérielle, dépendant du futur Conseil National de l'Information Géographique et opérant en liaison avec le Conseil Supérieur de la Recherche et de la Technologie. Cette structure, qui confronterait les expériences en cours et dynamiserait les secteurs prioritaires, formulerait des propositions afin d'élaborer une politique nationale de recherche dans le domaine des informations géographiques.

La CPRG serait chargée d'assurer une normalisation permanente, de veiller à l'existence d'une documentation répondant aux besoins modernes, d'impulser la cartographie thématique, d'appuyer l'enseignement et la formation permanente, de favoriser la coopération scientifique et technique avec les pays étrangers, de promouvoir la recherche d'exploitation des inventaires.

Pour ce qui touche les enjeux industriels, le rapport constate que :

"Le déclin actuel, en dehors de quelques créneaux préférentiels, n'est pas inéluctable. Il appartiendra à la CPRG d'examiner, dès sa création, les matériels et systèmes intégrés les plus justiciables d'interventions immédiates, de choisir les formes de soutien les plus indiquées selon les constructeurs (encouragement à créer des PME, aides de l'ANVAR, crédits de recherche-développement aux laboratoires publics...), d'inscrire ces perspectives dans celles ouvertes par les programmes mobilisateurs et les filières correspondantes (électronique, robotique, métrologie, recherche Plan-Image...), en tenant compte des enquêtes de marché, à l'intérieur et dans le monde, des possibilités des industriels et de l'effet d'entraînement à l'exportation que certains matériels peuvent avoir plus que d'autres dans le domaine de l'information géographique".

Les travaux de la Commission nationale ont montré que toute la profession était sensibilisée à ce problème et prête à apporter son concours à la programmation et au succès d'une telle entreprise. Cependant, pour s'inscrire dans le moyen et le long terme, toute régression nouvelle doit être freinée.

2.2 La télédétection

Les perspectives ouvertes par cette technique — ainsi que par le lancement du satellite SPOT — amènent à proposer la constitution d'un "Inventaire dynamique de l'occupation du sol". Cette proposition se situe au niveau national, c'est-à-dire dans une plage de précision compatible avec celle des données satellitaires (10 à 20 mètres).

On est, certes, loin des inventaires déjà réalisés à partir de photographies aériennes ou d'enquêtes

... premier congrès international de l'AFT

au sol, plus précis et plus fins en classification. Mais, cet inconvénient sera largement compensé par l'acquisition automatisée de données répétitives sur une courte période, autorisant ainsi des comparaisons et des études d'évolution beaucoup plus fréquentes.

Corrélativement, le rapport préconise la création d'une "banque de données géographiques". Ce projet consiste à choisir certains thèmes de base qui composeront un fond utilisable par tous et, sur ces thèmes seulement, à exiger un certain formatage des données, soit directement dans les bases particulières, soit par transfert à un centre serveur. La mise à jour resterait à la charge des producteurs qui naturellement soumettraient annuellement leur plan de charge à un organisme de coordination, et qui, pour certains types d'informations, seraient tenus à des règles de confidentialité et de secret.

Le regroupement de données ainsi opéré, au niveau national, devrait décupler les possibilités de recoupement par la mise à la disposition rapide des informations géographiques les plus essentielles. La banque diffuserait ses données vers les utilisateurs dispersés sur tout le territoire ; ces derniers auraient ainsi une base de référence commune en positionnement comme en thématique.

2.3 La numérisation des produits géographiques

Sur ce point, la Commission propose de concrétiser l'évolution inéluctable qui conduit à substituer à la notion actuelle de la cartographie de base établie graphiquement à une échelle donnée, celle de "bases de données géographiques" traitées numériquement. Ces bases, constituées de fichiers informatiques précis et complets, contiendraient les informations cartographiques indispensables aux utilisateurs, à savoir : le parcellaire et les bâtiments, la voirie, l'hydrographie, la végétation..., l'altimétrie, la toponymie.

Les données seraient issues, concurremment, de la digitalisation des plans cadastraux, de l'exploitation numérique de photographies aériennes, d'interventions sur le terrain pour la saisie des données non visibles sur les photos (canevas, complètement, etc.), voire de tous les documents topographiques réguliers à jour disponibles. Les sorties possibles seraient soit numériques, soit graphiques (à diverses échelles et selon certains thèmes), soit orthophotographiques (avec ajout possible des courbes de niveau et de la toponymie).

L'ensemble des données devra être mis sous forme numérisée selon des normes nationales homogènes et actualisé périodiquement par chaque organisme responsable.

Dans ces perspectives, deux "bases de données d'intérêt national" sont à créer.

a) La base de données topographiques et altimétriques

Cette base est à constituer à partir d'une restitution numérique d'une couverture photographique aérienne. Son objectif prioritaire est de permettre

la production, par voie automatique, de la carte de base à 1 : 25 000, et, corrélativement, d'assurer celle de la carte à 1 : 50 000, les deux opérations étant effectuées simultanément.

Mais l'intérêt d'une telle base de données dépasse cet objectif initial. En effet, outre la possibilité d'en tirer des fonds pour la cartographie thématique, cette base constituera un instrument indispensable à la réalisation du plan de base à grande échelle.

La responsabilité de la constitution de la base de données topographiques incombe à l'Institut géographique national en raison même de son objectif initial. Cette constitution devrait être normalement réalisée en 30 ans, après la nécessaire phase préliminaire de mise au point. A cet égard, il importe de signaler que l'IGN a déjà acquis, au cours des dernières années, une expérience indéniable dans les domaines de la restitution numérique et de la cartographie automatique.

b) La base de données cadastrales

Cette base est à constituer à partir de la digitalisation des plans cadastraux. A cet égard, il est signalé que l'informatisation des plans cadastraux, entreprise en 1972 au titre des expérimentations, est d'ailleurs bien engagée puisqu'elle est réalisée, à ce jour, sur dix communes urbaines dont la capitale, Paris, et quatre des plus grandes villes françaises (Lyon, Marseille, Bordeaux et Saint-Étienne). Au surplus, une procédure de mise à jour interactive de ces plans est actuellement opérationnelle. Ainsi, les techniques de constitution et d'actualisation d'une base de données cadastrales se trouvent maîtrisées, même si des études doivent encore être effectuées en vue de les améliorer.

En ce qui concerne la programmation des travaux, l'opération ne saurait cependant concerner, même à l'horizon de l'an 2 000, les 580 000 feuilles de plan cadastral couvrant actuellement le territoire national. Une programmation sélective est à faire en raison même de son importance en volume et en coût. Une approche réaliste de ce problème pourrait consister à traiter en priorité les zones urbaines et péri-urbaines, c'est-à-dire là où s'expriment, précisément, les besoins les plus urgents et se développent - ou vont se développer - des systèmes d'information urbains. Toutefois, cette priorité ne doit pas conduire à une exclusion systématique du milieu rural dont certaines zones pourraient être comprises dans la programmation initiale.

2.4 L'exportation

Afin de pallier les difficultés que connaît ce secteur et qui résultent, notamment, de la trop grande dispersion des intervenants, de la lourdeur des conditions imposées par le système bancaire et de l'adaptation de l'industrie française à la production de matériels compétitifs, le rapport prévoit la création d'un "Comité permanent de l'exportation géographique" dont les missions seraient les suivantes :

— être un interlocuteur privilégié de toutes les personnes intéressées par une action d'exportation cartographique ;

- constituer un diffuseur de l'information recueillie à sa diligence ou par ses membres ;
- être un lieu de rencontre des intervenants privés et publics ;
- aider les entreprises à trouver l'interlocuteur qu'elles recherchent dans les administrations françaises chargées des relations avec l'extérieur (DREE, COFACE, CFCE, ministère des relations extérieures, coopération et développement) ;
- aider au montage d'actions en commun en se mettant à la disposition des entreprises françaises désireuses de travailler ensemble.

Sa présidence pourrait être assurée par une personnalité issue, par exemple, du Ministère du Commerce extérieur. Il devra disposer d'un secrétariat permanent et d'un budget de fonctionnement.

3. Adaptation de l'information géographique aux besoins des acteurs locaux

Le troisième volet de la politique géographique nationale précise les orientations arrêtées dans la deuxième partie du rapport à la suite du constat d'inadéquation des documents à grande échelle existants aux besoins locaux. Il comporte trois grands projets :

- la confection d'un plan de base à grande échelle ;
- un dispositif de soutien aux collectivités territoriales ;
- enfin, la constitution d'un groupe de travail chargé d'étudier la réalisation d'un cadastre "numérique".

3.1 Le plan de base à grande échelle

On devrait parler, en réalité, des plans de base puisqu'aussi bien deux productions distinctes sont envisagées : l'une à 1 : 5 000, l'autre à 1 : 2 000. Les deux documents ont cependant la caractéristique commune d'être, chacun, à la fois topographiques et parcellaires.

Pour ce qui concerne le 1 : 5 000, le plan devra couvrir, à terme, l'ensemble du territoire. Il sera obtenu, pour la partie topographique et altimétrique, en sous-produit de la base de données topographiques dont la constitution a été préconisée précédemment. Les informations parcellaires seront apportées, par ailleurs, en exploitant les plans cadastraux existants.

Le plan de base à 1 : 2 000 est, par contre, réservé aux seules zones dites "sensibles" du territoire, c'est-à-dire urbaines, périurbaines ou en voie de développement. Pour ce plan le rapport précise, explicitement, que :

"La majorité des acteurs locaux consultés ont reconnu la nécessité de disposer systématiquement d'un parcellaire cadastral - qui fournit l'état de la propriété foncière. La nature même des études à mener en zones urbaines ou périurbaines ainsi que les possibilités de croisement des informations parcellaires avec les autres données foncières détenues par le Cadastre (propriétaires, nature des terrains, consistance des locaux...) est à l'origine de ce choix.

Le plan de base à 1 : 2 000 sera donc constitué :

- soit par la restitution automatique de la base de

données cadastrales au fur et à mesure que celle-ci sera mise en service (solution informatique) ;

- soit à partir d'un fond de plan issu généralement de la réduction à cette échelle des plans cadastraux au 1 : 500 ou au 1 : 1 000 existants (solution graphique) ;

- soit par toute autre méthode que l'organisme, chargé de la production du plan de base, jugera techniquement et financièrement préférable".

Cependant, pour répondre pleinement à la demande des usagers, des informations topographiques et altimétriques ne figurant pas sur les plans du Cadastre doivent être apportées.

Pour ce qui touche l'altimétrie, la précision doit être adaptée à la diversité de la demande ; les courbes de niveaux et les points cotés seront donc tirés, suivant les cas, soit de la base de données topographiques, soit d'une restitution issue d'une prise de vues à grande échelle (1 : 8 000 ou plus), soit, pour certains besoins spécifiques, de nivellements directs au sol.

La même variété de solutions se retrouve au niveau des compléments topographiques, en raison même de la diversité des besoins et des applications. Une réponse unique est de ce fait impossible. Aussi, est-il apparu judicieux de s'en tenir à une solution minimale. Cette solution consiste à exploiter la même base de données que celle envisagée pour la production du plan de base à 1 : 5 000 décrit précédemment (base de données topographiques).

Dans cette perspective, les collectivités territoriales qui estimerait nécessaire de disposer, en surcharge du fond parcellaire à 1 : 2 000, de données altimétriques et topographiques, plus précises devraient assurer la charge financière du surcoût de l'opération.

Cela étant, qu'il s'agisse du plan de base à 1 : 5 000 ou à 1 : 2 000, le rapport prévoit que la production sera confiée à un nouvel organisme, à créer, ne dépendant ni de l'IGN, ni du Cadastre. Le rôle de cet organisme serait celui d'une maîtrise d'ouvrage déléguée de l'État, appelée à assurer l'exécution des travaux d'État planifiés à l'échelon national et de programmer, avec les collectivités territoriales, les adaptations indispensables à l'adéquation du produit aux besoins locaux. A cet effet, elle disposerait d'un budget autonome lui permettant de confier aux producteurs nationaux publics ou privés la combinaison des informations issues de l'IGN et du Cadastre, ainsi que les adaptations et compléments nécessaires. Elle contribuerait également à la recherche de financements complémentaires et à la conception de montages financiers, si cela se révélait nécessaire pour la satisfaction de besoins spécifiques.

3.2 Le soutien aux collectivités territoriales

Dans ce domaine, deux orientations sont proposées :

- d'une part, apporter aux collectivités territoriales une aide technique dont nombre d'entre elles ont besoin, notamment en matière de formation, de conseil, d'expertise, d'assistance, voire de maîtrise d'ouvrage déléguée. A cet effet, une structure

... premier congrès international de l'AFT

légère et souple est à créer au niveau régional, sous la responsabilité d'un élu et composée de techniciens des secteurs privés et publics (Cadastre et IGN). Elle s'appuierait sur le réseau des organismes locaux exerçant cette fonction (centres d'études techniques de l'équipement, comités départementaux d'information sur les levés à grande échelle, subdivisions des ministères, universités) ;

— d'autre part, favoriser, dans le prolongement des deux bases de données nationales (topographiques et cadastrales), le développement de "systèmes d'information urbains" permettant aux acteurs locaux de maîtriser la gestion et les traitements des données géographiques concernant leur territoire et, partant, d'améliorer le fonctionnement de leurs services techniques, d'assouplir les conditions de production et de diminuer les prix de revient.

M. le Professeur Chevallier, qui va prendre la parole dans quelques instants, développera les principes, les problèmes et les perspectives de tels systèmes.

3.3 Le projet de cadastre numérique

En l'état actuel de la législation, le plan cadastral fournit une présomption en cas de contestation sur l'emprise juridique des immeubles. Établi avec le concours des propriétaires pour définir, sur le terrain même, les limites de leurs biens, le plan traduit certes un accord de ces derniers sur la position de leurs limites, mais cet accord n'a pas pour effet de délimiter juridiquement les parcelles en cause. Quant à la superficie des parcelles enregistrée dans la documentation cadastrale, elle est plus ou moins proche de la superficie réelle, selon que le plan cadastral a fait l'objet d'un levé de plus ou moins bonne qualité ou que les limites ont été ou non levées à leur emplacement exact.

Afin d'améliorer la valeur d'usage du cadastre pour la définition physique des propriétés et pour l'aménagement, l'Ordre des géomètres-experts a proposé d'étudier la mise en place d'un "plan numérique national" dont la constitution serait fondée sur les principes suivants :

A l'occasion de chaque première mutation (vente, succession, partage...) d'un immeuble, celui-ci serait délimité et borné contradictoirement par les propriétaires concernés. Les frais de délimitation et de bornage seraient pris en charge par les parties intéressées. Bien entendu, le travail ne serait fait qu'une seule fois. Le géomètre chargé de l'opération calculerait les coordonnées des sommets périmétriques du terrain délimité en s'appuyant sur des points de canevas préalablement mis en place. Le géomètre serait ensuite tenu de transmettre ces renseignements au Service du Cadastre et aux collectivités locales intéressées, qui les reporteraient sur leurs documents. Cette proposition suppose que, pour le rattachement des levés, l'on dispose d'un canevas complémentaire relativement dense et pérenne de points connus en coordonnées.

La mise en place de ce "cadastre numérique" conduit à informatiser et stocker les données réelles du parcellaire puis du bâti, à créer donc un système

foncier moderne qui, dépassant les seuls objectifs fiscaux, serait une mine d'informations incontestables pour l'ensemble du pays. L'examen de ce projet devra être engagé rapidement au sein d'une commission spécialisée, car ses implications techniques, administratives, juridiques et financières sont grandes. Cette commission devra, en particulier :

— déterminer les zones d'application prioritaires (l'augmentation de la précision se justifiant essentiellement par la valeur du terrain) ;

— chiffrer le coût de la densification préalable du réseau géodésique existant pour constituer un canevas complémentaire de base ;

— examiner les moyens techniques, financiers et réglementaires permettant de conserver et d'archiver les bornes de propriétés et les points de canevas ;

— étudier les aspects juridiques et politico-économiques liés à l'imposition de mesures contraignantes aux propriétaires ;

— traiter des conditions de mise à jour du plan numérique.

A partir des conclusions de cette commission spéciale, un projet de loi pourrait être établi et faire l'objet d'un débat parlementaire afin d'aboutir à la promulgation de nouveaux textes législatifs.

4. La coordination des travaux géographiques

Il s'agit là du quatrième et dernier volet de la politique nationale. Il pose comme principe la nécessité de la transformation de l'actuel Comité central de Travaux géographiques en un "Conseil national de l'information géographique" (CNIG) ayant des compétences plus étendues et une composition plus à l'écoute des besoins nationaux ou locaux. Le conseil émettra des avis sur les orientations générales à donner à la politique de l'information géographique, en particulier lors de la préparation du plan, sur les programmes de production nationaux, sur la diffusion de l'information géographique, sur les améliorations techniques à apporter aux travaux et sur les textes législatifs réglementaires. Il pourra être consulté par le gouvernement et les départements ministériels concernés sur toute question relative à l'information géographique. Il présentera au Gouvernement un rapport annuel sur l'ensemble des travaux financés par l'État et les collectivités publiques.

Certains principes d'organisation et de fonctionnement devront être respectés :

— participation de l'ensemble des partenaires concernés : utilisateurs, élus, producteurs publics et privés, représentants des personnels des principaux organismes de production,

— interministérialité du conseil, dont la présidence pourrait être assurée par le Premier Ministre, la Vice-Présidence étant confiée au ministre chargé de l'information géographique,

— amélioration et fonctionnement assurés par un secrétariat permanent relativement étoffé et reflétant la diversité de la composition du Conseil.

En tant que co-rapporteur, avec mon camarade André Fontaine, Ingénieur géographe en chef à l'IGN, de la Commission nationale de l'information géographique, il ne m'appartient pas de porter un jugement sur les orientations que je viens de vous énoncer, aussi complètement que possible dans le court délai qui m'était imparti. Je voudrais, cependant, dire ceci pour conclure : sans vouloir prétendre que toutes les questions ont été abordées, il a néanmoins été possible à la Commission de répondre aux interrogations les plus essentielles qui se posent à un secteur en pleine évolution. Face à une demande de plus en plus exigeante en quantité et en qualité d'informations, face à d'inéluctables mutations technologiques, l'outil de production — qu'il s'agisse du secteur public ou des entreprises privées — avait tant bien que mal réagi, en s'adaptant au coup par coup, mais de façon quelque peu anarchique. Il fallait mettre un terme à cette situation. De ce point de vue, le rapport de la Commis-

sion, en réactualisant la production géographique autour d'objectifs précis, a parfaitement rempli sa mission.

Une dernière précision, enfin, car je sais bien que ce sera l'une des premières questions posées. C'est volontairement que je n'ai pas évoqué les moyens, tant en personnel qu'en crédits, nécessaires pour mener à bien toutes les propositions de la Commission. Ces moyens sont importants ; ils ont été chiffrés, avec la meilleure approximation possible, et sont énoncés clairement dans le rapport. Tout ce que l'on peut souhaiter, c'est qu'ils soient effectivement dégagés afin que l'ensemble du secteur géographique connaisse un nouveau développement à la mesure même de ses possibilités et de ses ambitions.

Monsieur le Président, Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs, je vous remercie de votre attention.

ABONNEMENT 1985 A LA REVUE XYZ de l'Association Française de Topographie

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

ASSOCIATION FRANÇAISE
DE TOPOGRAPHIE

"Abonnements"

39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Abonnement 1 AN (4 numéros) : 350 F.

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

Les abonnements sont en principe souscrits par année civile.

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

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

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

1^{er} Congrès International de l'Association Française de Topographie - "La Topographie du futur"

Hydrographie et Bathymétrie

par M. LE GOUIC
Ingénieur au Service Hydrographique
et Océanographique de la Marine

1 — Introduction

1.1 - Avant de commencer cet exposé, il est bon de revenir sur son titre : "Hydrographie et Bathymétrie". Beaucoup y verront un pléonasmе, considérant que le levé hydrographique a pour objet de donner une image fidèle de la topographie sous-marine, c'est-à-dire d'en observer la bathymétrie.

L'hydrographie peut être considérée comme la part de l'océanographie qui se consacre à l'information nautique, c'est-à-dire, à l'ensemble des éléments permettant d'utiliser l'océan comme moyen de communication. Parmi ces éléments figure, en bonne place, la représentation bathymétrique des fonds, mais aussi tout ce qui peut aider le navigateur (géo-désie, amers, topographie terrestre, marée, courants, localisation...).

D'autre part, il n'existe pas de représentation bathymétrique unique, contrairement à ce qui peut arriver — partiellement — sur terre : cette polyvalence relative de la carte terrestre est en grande partie liée au fait que le cartographe terrestre voit la réalité du terrain et en a donc une connaissance qualitative. Dans un levé bathymétrique, il faut deviner ce que l'on ne voit pas et le travail à effectuer est bien plus considérable qu'à terre.

Plus considérable et plus coûteux, car il immobilise des moyens importants, l'idée de réaliser un levé marin exhaustif, polyvalent est probablement irréaliste pour des zones étendues. Du fait de la difficulté, de la lenteur et du coût des levés en mer, à chaque époque on se contente de parer au plus pressé, tenant compte des connaissances déjà acquises, des techniques existantes et des moyens disponibles. Longtemps les besoins se sont confondus avec ceux de la navigation dont ils ont suivi l'évolution. Les levés effectués pouvaient servir à d'autres besoins — recherche scientifique, aménagement du littoral, génie océanique... — mais ils n'étaient pas conçus en fonction de ces usages.

En réalité on en avait peu conscience car l'instrumentation manquait pour faire des levés plus adaptés. Depuis quelques années moyens et besoins se développent simultanément et on a mis en évidence une certaine divergence entre les objectifs correspondant aux différents travaux bathymétriques.

Pour illustrer cette non polyvalence des levés bathymétriques, on peut analyser sommairement le besoin principal de différentes catégories d'utilisateurs.

Thème	Objectif principal	Caractéristiques du levé marin
Navigation	Sécurité	— Recherche des points hauts
Géologie Géophysique	Analyse structurale Evolution morphologique	— Analyse statistique des structures — Levé local (en général sur les reliefs en creux, fosses ou canyons)
Océanographie physique	Circulation	— Étude des passages profonds de communication entre bassins
Exploitation minière	Inventaire	— Analyses statistiques et évaluation des volumes
Travaux sous-marins	Morphologie	— Mesure des pentes
.....

Cette divergence partielle des besoins nous conduira à utiliser deux expressions distinctes pour parler des levés : le levé bathymétrique qui vise à déterminer la topographie du fond sans spécifier l'objectif, et le levé hydrographique au sens strict qui a pour finalité la navigation et comporte une part importante de bathymétrie.

1.2 - Puisque le levé hydrographique a pour but de fournir les éléments nécessaires à la sécurité de navigation, on peut penser qu'après 2 siècles de travaux et en dehors des zones évolutives, la tâche de l'hydrographe devrait être faible. En fait il n'en est — bien sûr — rien :

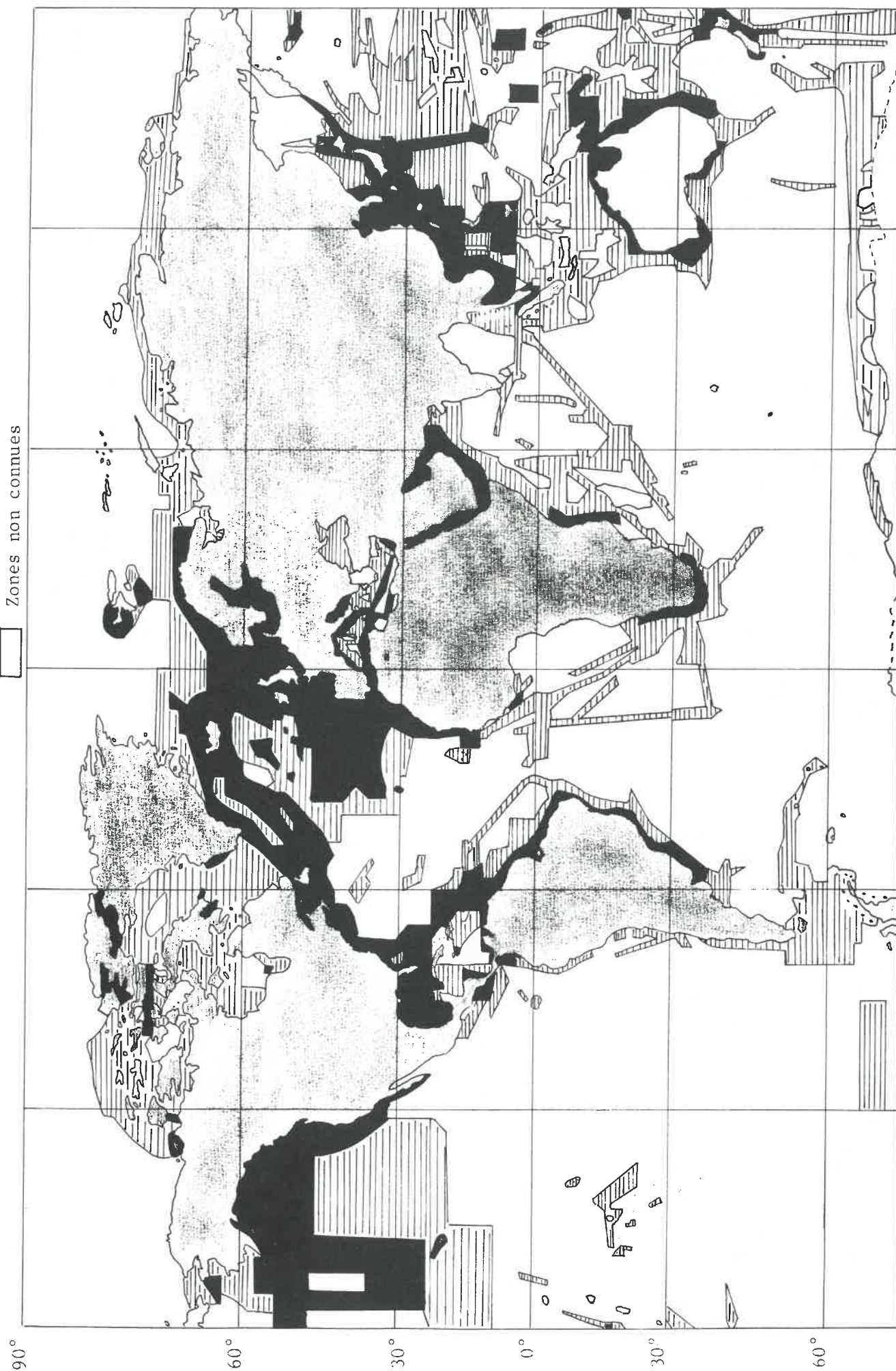
— que ce soit pour la simple reconnaissance de l'océan mondial (planche 1) puisque malgré la coopération internationale (politique d'échanges, GEBCO...), la plus grande partie des fonds ne bénéficie même pas d'une description valable des grandes structures ;

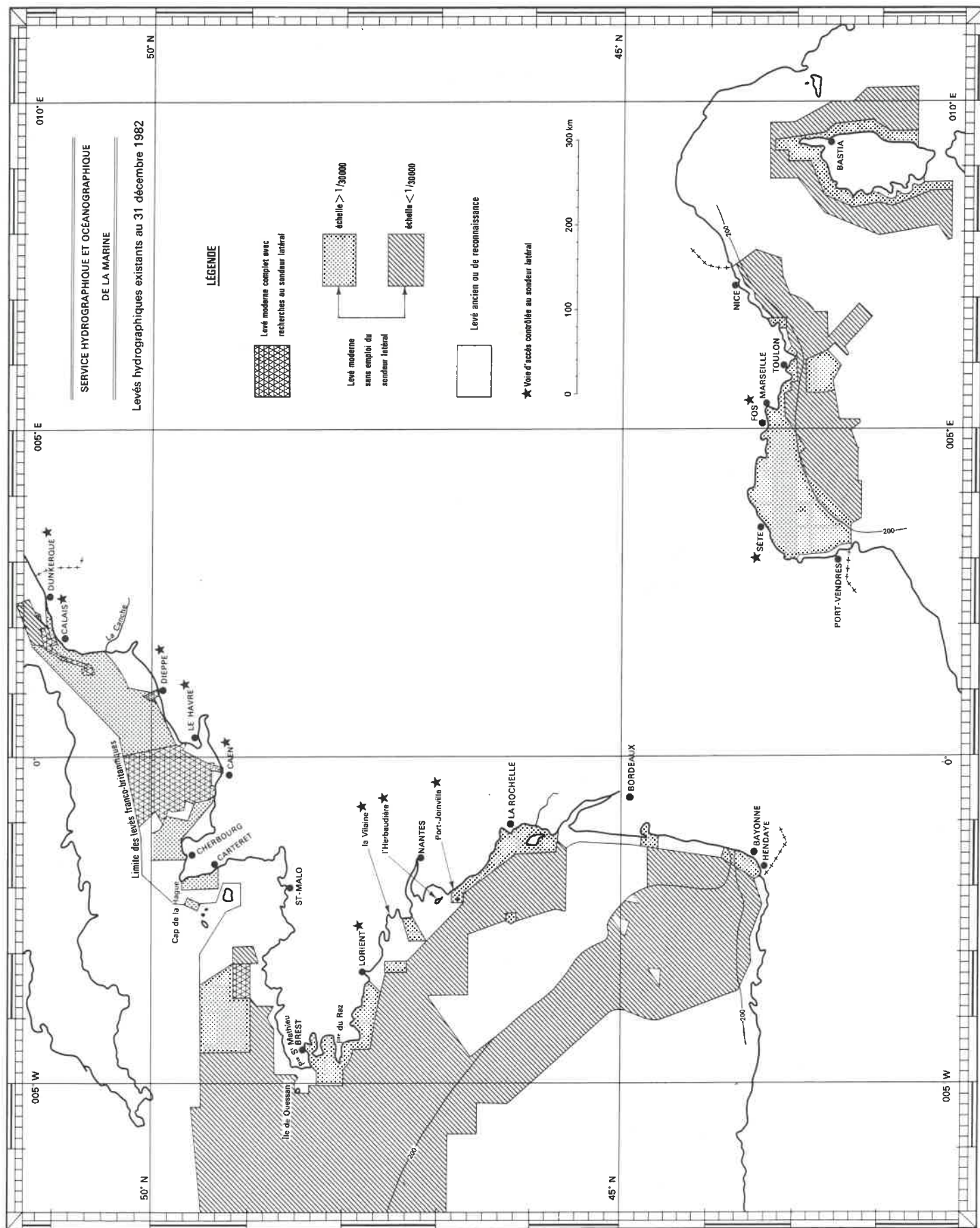
— que ce soit pour la couverture systématique des eaux nationales pour lesquelles les plans de charge

Zones où la densité des sondages permet de décrire les grandes structures du fond

Zones où la densité des sondages ne permet pas d'évaluer les grandes structures du fond

Zones non connues





des différents Services Hydrographiques couvrent plusieurs décennies (planche 2) et suivent les règlements internationaux (ZEE, échanges...) ;

— que ce soit pour réactualiser les levés selon les normes de qualité fixée par l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI) en fonction des moyens techniques disponibles, ou en fonction des besoins nouveaux à satisfaire (navires à fort tirant d'eau, séparation de trafic, remorquages d'engins (chaluts, sonars...), navigation sous-marine...) : on peut ainsi noter que la plupart des levés français antérieurs à 1970 sont aujourd'hui probablement caducs.

Devant l'importance des travaux à réaliser, on assiste à une diversification des méthodes bathymétriques et à un développement des capteurs déjà opérationnels.

2 — Principes généraux d'un levé bathymétrique classique

Une détermination idéale de la topographie sous-marine devrait associer à chaque parcelle du fond une position dans les trois dimensions, c'est-à-dire une position horizontale et une profondeur, l'une et l'autre rapportées à un système de référence bien spécifié (ce qui suppose d'ailleurs, que les profondeurs soient réduites de la marée). Dans un levé hydrographique, les notions de localisation, et de sondage bathymétrique, ne sont pas indépendantes.

2.1 - Bathymétrie

Avec les moyens classiques, une position du bâtiment sondeur ne fournit d'information que sur une parcelle du fond. Il faudrait donc que le bâtiment occupe successivement toutes les positions possibles à la surface de la mer. C'est évidemment exclu, et les mesures sont conduites suivant des routes régulièrement espacées, les profils de sondes constituant ce qu'on appelle le levé régulier. On déduit du levé régulier les parties critiques qui méritent une étude plus fine.

Cet espacement des sondages conduit au problème important de l'interpolation : entre 2 points de mesure, nous n'obtenons que des valeurs probables de la profondeur et des détails importants de fond peuvent échapper complètement à l'exploration initiale ou ne pas marquer suffisamment les enregistrements pour justifier une étude particulière.

2.1.1 - Les mesures actuelles sont acoustiques. Le principe consiste à mesurer le temps mis par une onde sonore ou ultra-sonore (qui sont les seules à se propager avec une faible atténuation dans l'eau) pour traverser la tranche d'eau, se réfléchir sur le fond, et revenir vers l'hydrophone de réception. Ce temps est converti en distance en associant une vitesse de propagation du son dans l'eau, dépendant des conditions locales de température et de salinité. On réalise grâce à une haute cadence d'interrogation, une mesure quasi-continue le long d'un profil.

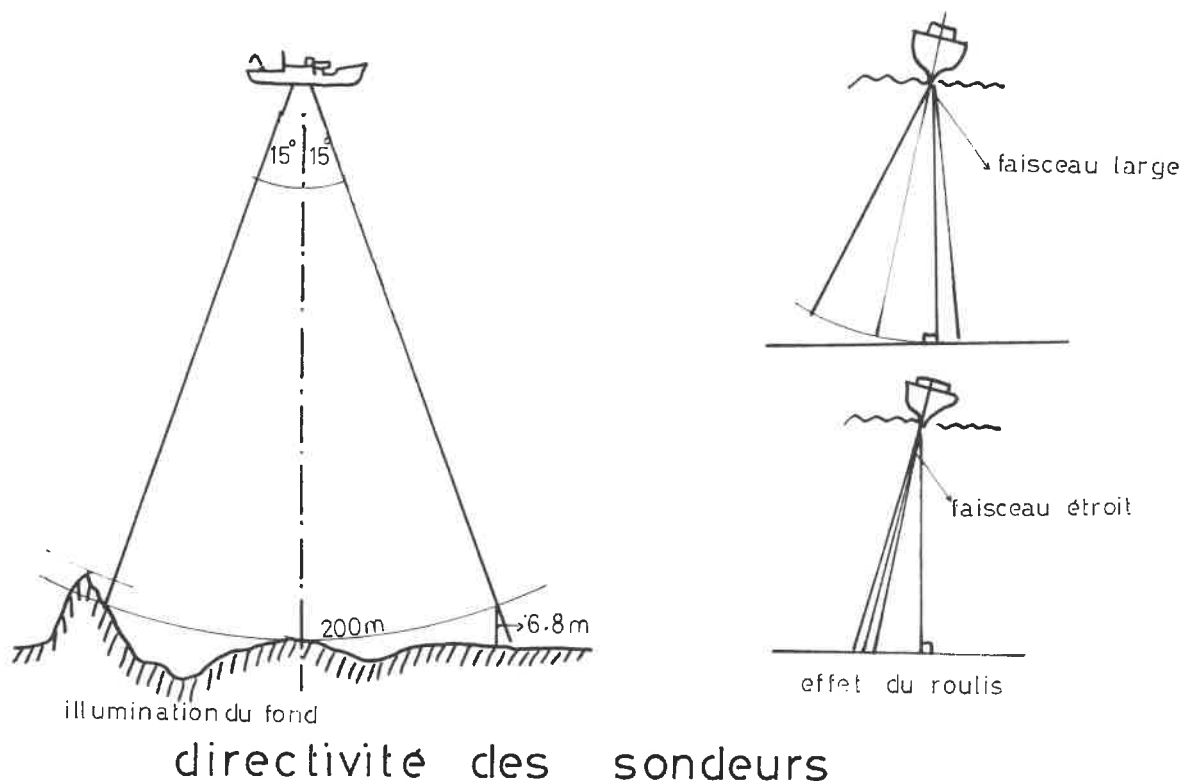


Fig. 3

... premier congrès international de l'AFT

Un émetteur sonore rudimentaire crée des ondes qui se propagent dans toutes les directions et atteignent une grande surface du fond dont chaque parcelle réfléchit une quantité plus ou moins grande d'énergie sonore. Le début de la réception correspond au point situé à la distance minimale de l'émetteur et qui n'est que rarement situé à la verticale du navire : l'image du fond est déformée (relief émoussé, faibles pentes...) (figure 3). On améliore la directivité du faisceau sonore en augmentant la taille de la base d'émission (limitée par les possibilités d'installation) ou la fréquence (avec une diminution de portée), ce qui assure une meilleure fidélité de la représentation mais au détriment de la taille de la zone insonifiée, donc au détriment de la sécurité de détection.

Les sondeurs à faisceaux larges (demi-ouverture du lobe d'émission de 10 à 15°), quoique créant des déformations importantes de l'image du fond, ont plusieurs avantages en hydrographie et sont donc considérés comme le meilleur compromis aujourd'hui :

- la surface du fond "interrogée" est importante et la probabilité de détecter les relèvements de fonds est satisfaisante ;
- la plupart des navigateurs sont équipés de sondeurs de ce type ;
- la déformation du fond se fait systématiquement dans le sens des profondeurs plus faibles, donc dans le sens de la sécurité ;

2.1.2 - Pour les différentes phases du levé, de l'exploration initiale aux recherches finales, on

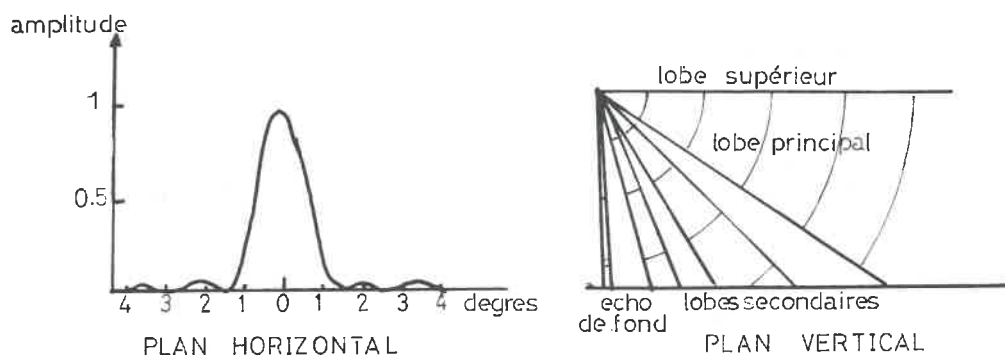
adopte des normes qui visent à ne gaspiller ni le temps, ni l'argent, et sont donc fonction non seulement des moyens technologiques disponibles et des caractéristiques de la zone, mais aussi des objectifs du levé. A titre d'exemple, l'espacement des profils du réseau régulier est actuellement le plus souvent de 100 m par petits fonds, de 200 m sur le reste du plateau continental, et de 500 à 2 000 m au-delà : ils ont été définis d'après les qualités des sondeurs actuels et des systèmes de positionnement disponibles.

La représentation du fond obtenue ne correspond à la réalité qu'avec une certaine probabilité, d'autant plus grande que le réseau régulier est plus serré. Les dangers ponctuels ont les plus grandes chances de ne pas être décelés.

2.2 - Détection des obstructions

Une obstruction (naturelle ou artificielle) est un danger qui du fait de ses dimensions horizontales, a toutes chances d'échapper au sondage régulier ; il peut s'agir d'une épave, d'un obstacle artificiel, d'un pâtre de corail... Pour qu'un levé hydrographique d'aujourd'hui soit complet, il faut, en plus du levé régulier probabiliste, offrir des garanties que l'on n'a pas laissé échapper d'obstruction dangereuse entre 2 profils.

Pour offrir, par exemple, la garantie qu'aucun relèvement de fond supérieur à 1 % de la profondeur ait échappé au cours du levé régulier, il faudrait réduire la distance entre 2 profils à un quart de la profondeur. En sondant à 10 nœuds, 24 heures sur 24 (ce qui est impossible), lever un carré de 10 M



Géométrie du sondeur latéral

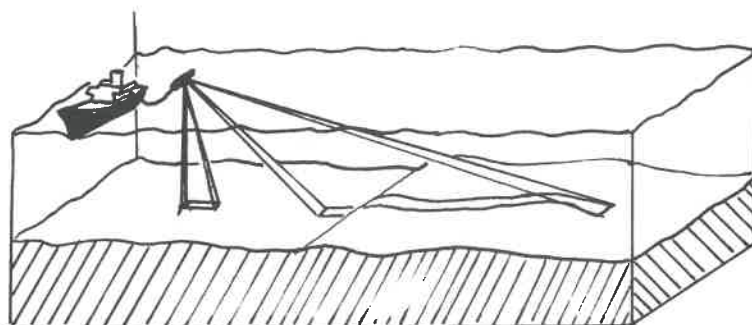


Fig. 4

× 10 M (ce qui représente une petite zone) par 20 mètres de fonds prendrait plus de 5 mois !

On allège cette tâche de détection des obstructions en utilisant des moyens d'investigation transversale : ce sont les sondeurs latéraux et les sonars hydrographiques. Un sonar émet des ondes acoustiques qui ont une grande directivité en azimut et une forte incidence par rapport au fond. Ces ondes atteignent le fond suivant une bande étroite, dont chaque parcelle est alors caractérisée par son azimut, sa distance à l'émetteur, et une certaine mesure de l'énergie retournée.

Avec le sondeur latéral (figure 4), le balayage du fond est obtenu par déplacement de la base émettrice-réceptrice, remorquée à une certaine immersion choisie en fonction de la profondeur du fond. Avec le sonar hydrographique (figure 5), le balayage est

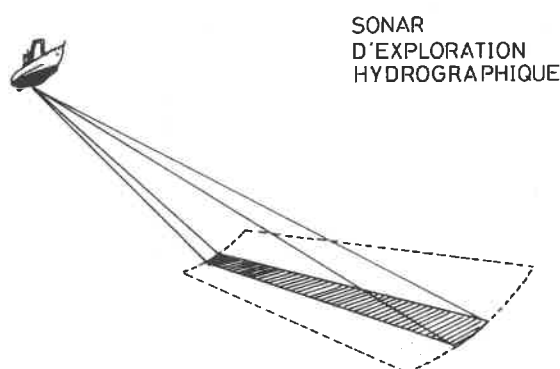


Fig. 5

réalisé électroniquement en modifiant l'orientation du faisceau ; par rapport au sondeur latéral, les faisceaux sont stabilisés et les informations recueillies ne sont pas tributaires de la navigation d'un engin remorqué : il est par contre beaucoup plus cher et son installation est fixe dans le bateau.

Dans les 2 cas, l'image acoustique obtenue sur l'enregistreur (papier) ou sur écran de contrôle ressemble à un négatif de photographie où les obstacles laissent une trace foncée (haute énergie réfléchie) suivie de l'ombre portée. Cette image ne donne que des renseignements qualitatifs (sauf à faire des hypothèses hardies sur la structure hydrologique de la tranche d'eau) : pour obtenir une information sur la profondeur des obstacles, il faudrait en plus de la distance et de l'azimut de l'obstacle à l'émetteur, mesurer son site : c'est ce que réalisent les sondeurs multi-faisceaux (cf. § 3).

2.3 - Localisation

Sans entrer dans les détails de la localisation marine, on peut dire que dans le schéma classique, le problème du positionnement est résolu en 2 temps : on détermine d'abord les positions précises d'un certain nombre de points à terre, et c'est par rapport à ces points géodésiques qu'on détermine les positions du moyen flottant.

Les différents systèmes radio-électriques utilisés se distinguent les uns des autres par diverses caractéristiques, notamment la fréquence des ondes. En

général, précision et portée sont deux qualités contradictoires : deux fois la portée optique et une précision métrique pour le Trident III par exemple, une portée de plusieurs milliers de km et une précision de quelques hectomètres avec le Loran C.

Au large, il n'existe actuellement qu'un système n'exigeant pas d'infrastructure terrestre : c'est le système de satellites Transit, mais qui même couplé avec une centrale d'estime performante (loch Doppler ou gyroscope par exemple) ne permet guère qu'une précision de 500 mètres au mieux.

Ces considérations de portée et de précision sont importantes en hydrographie, car il est nécessaire que la précision lors des levés soit supérieure à celle dont auront besoin les utilisateurs d'une part, et que l'on puisse réaliser des mesures intercalaires entre deux points sondés d'autre part. L'échelle du levé bathymétrique doit en tenir compte.

Une évolution — décisive — est en vue avec le système Navstar. Les utilisateurs qui pourront bénéficier de la précision maximale, seront en mesure de se localiser à quelques mètres près en n'importe quel point du globe. C'est dire que ce système suffirait à lui seul à satisfaire la plupart des besoins de localisation hydrographique, sans opérations géodésiques préliminaires !

Aspect complémentaire de cette évolution, les exigences cartographiques des navigateurs vont croître (une imprécision de quelques centaines de mètres sera intolérable dès lors qu'ils auront les moyens de connaître leur position avec une incertitude bien moindre) et de nombreux levés hydrographiques satisfaisants aujourd'hui seront à reprendre !

Ayant précisé les principes généraux et caractéristiques principales des levés hydrographiques, nous allons examiner les tendances actuelles vers des solutions plus efficaces aux problèmes que pose la réalisation de levés bathymétriques. En premier lieu, nous allons considérer les mesures effectuées depuis un navire.

3 — Mesures acoustiques

Nous avons vu qu'avec les techniques acoustiques classiques, il faut faire un choix entre les sondeurs à faisceau large qui assurent une bonne couverture du fond lors des levés mais qui déforment l'image de la topographie sous-marine, et les sondeurs à faisceau étroit qui sont plus justes, mais également très directifs, la bande insonifiée étant très étroite.

Une solution pour regrouper dans un même outil les qualités contradictoires de ces deux types de sondeurs est de couvrir le fond par plusieurs sondes juxtaposées, chacune correspondant à un sondeur élémentaire de faible ouverture angulaire. On associe ainsi les qualités de couverture (par la multiplication des mesures) et de précision.

Des essais ont été faits par les Services Hydrographiques Canadiens et Finlandais pour installer

... premier congrès international de l'AFT

sur une rampe perpendiculaire à l'axe d'un navire des transducteurs juxtaposés : mais l'équipement ainsi réalisé ne peut fonctionner qu'en eaux très calmes (figure 6).

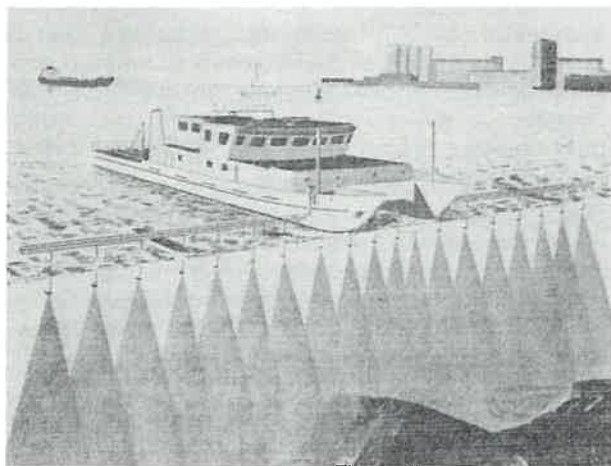


Fig. 6

Le développement des techniques de traitement du signal a permis la réalisation d'une catégorie révolutionnaire de sondeurs, dits multifaisceaux, dans lequel les sondes élémentaires sont créées électroniquement. A l'émission, un volume très étroit dans l'axe du navire, mais très ouvert transversalement est insonifié. A la réception, au contraire, une forte directivité en site est assurée à une série d'hydrophones juxtaposés. La composition des figures d'émission et de réception fournit des sondes élémentaires s'appuyant sur des parcelles du fond de faible surface (figure 7). Le bateau se déplaçant, l'ensemble de ces parcelles couvre complètement une bande du fond dont la largeur est fonction de l'inclinaison des faisceaux extrêmes et de la profondeur.

Pour l'hydrographe qui doit faire de ces mesures une exploitation quantitative, la révolution vient de ce qu'il n'est plus inconcevable de recueillir une information sur toute parcelle du fond. L'image obtenue est certes lissée en fonction de la taille des parcelles de terrain "éclairées", mais c'est un lissage tel qu'on connaît avec rigueur les dimensions des détails qui ont pu être éliminés.

Le sondeur multifaisceaux résout le problème d'interpolation, en réalisant en temps réel un levé surfacique, et la connotation probabiliste du mot sondage doit être supprimée.

Pour que le temps nécessaire à la couverture (complète) d'une zone ne soit pas prohibitif, il faut qu'à chaque cycle de mesure, une bande de largeur suffisante soit couverte. Avec le Sea Beam de la General Instrument Corporation, cette bande représente les 3/4 de la profondeur : une conséquence est que ce Sea Beam ne pourra être utilisé avec profit que pour les fonds importants.

Si l'on veut travailler sur le plateau continental ou dans les eaux littorales, la couverture recherchée pour une bonne efficacité représente plusieurs fois la profondeur. Ceci est très difficile à réaliser, car aux problèmes de génération des faisceaux élémen-

taires, s'ajoutent des difficultés de stabilisation, de directivité et surtout les effets de la réfraction liée à la structure hydrologique de la tranche d'eau. Ces difficultés expliquent que le seul sondeur multifaisceaux civil actuellement opérationnel soit destiné aux grands fonds.

Néanmoins, devant l'apport décisif que laissent entrevoir la possibilité d'accéder à des levés surfaciques les sondeurs multifaisceaux, le SHOM a demandé à la société Thomson/CSF d'étudier la réalisation d'un sondeur à faisceaux multiples destiné à travailler par petits fonds.

Il est d'ores et déjà certain que les levés des services hydrographiques équipés de tels sondeurs (grands ou petits fonds) vont tendre vers une polyvalence plus grande. En effet, pour un travail en mer de durée sensiblement égale à celle aujourd'hui nécessaire, l'hydrographe pourra relever un véritable modèle numérique de terrain dont l'exploitation couvrira davantage que les simples besoins de la navigation. Il est d'ailleurs probable que les normes des levés hydrographiques "modernes" devront suivre cette évolution majeure (puisque l'on passe d'un levé linéaire à un levé surfacique) et que bien des levés jugés aujourd'hui satisfaisants seront rapidement considérés caducs.

Une question reste néanmoins en suspens : les sondeurs multifaisceaux permettront-ils d'éviter les opérations spécifiques de recherche d'obstructions ? Les faisceaux générés n'auront probablement pas la finesse nécessaire pour représenter sans ambiguïté la nature de l'obstruction, mais seule l'expérience pourra trancher.

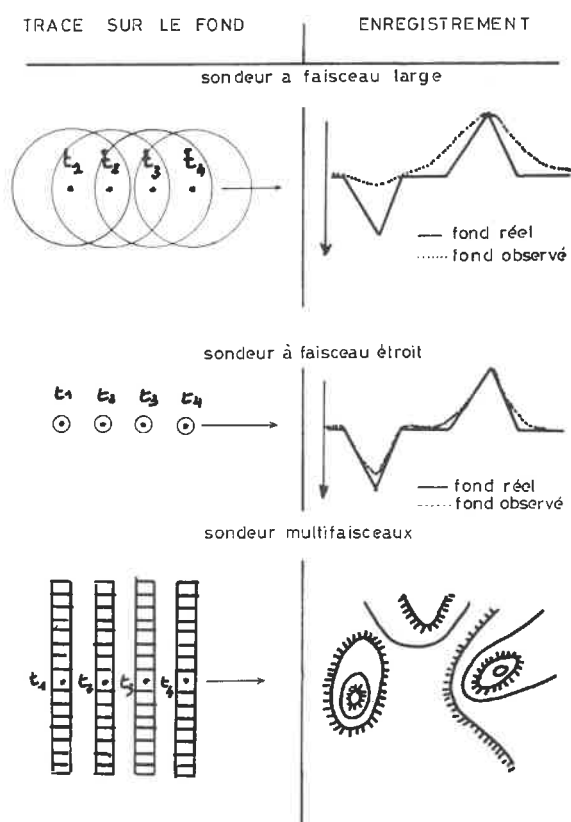


Fig. 7

Les sondeurs acoustiques utilisés en hydrographie sont mis en œuvre à partir de bâtiments de surface et la rapidité d'exécution des levés est tributaire de la vitesse de ces navires. Le phénomène de cavitation et les bruits hydrodynamiques ne permettent pas d'envisager des vitesses supérieures à 30 nœuds. Les dangers propres à la navigation en eaux peu profondes constituent une limitation supplémentaire.

La télédétection à partir d'aéronefs ou de satellites offre théoriquement la possibilité de s'affranchir de ces contraintes mais concerne exclusivement le domaine des petits fonds (techniques optiques ou hyperfréquence).

4 — Levés aéroportés

4.1 - Photobathymétrie

L'utilisation des photographies aériennes pour la restitution topographique des terres émergées — qui est une composante d'un levé hydrographique — est courante et ce sont les techniques de la photogrammétrie terrestre qui sont appliquées.

En examinant de près le cliché d'une zone côtière, on s'aperçoit que lorsque l'eau est assez claire, le fond est très nettement visible et que l'on peut également représenter la topographie du fond marin en eaux peu profondes.

Les difficultés proviennent de la transition air-eau, milieux d'indices différents, en particulier :

- il faut tenir compte de la réfraction du rayon lumineux non seulement pour le calcul des profondeurs, mais aussi pour le pointé sous-marin (parallaxe résiduelle lorsque les modèles ont été formés sur terre) ;
- il faut pouvoir enchaîner deux clichés dont la partie commune est uniquement marine ;
- la surface de la mer est agitée et les clichés d'une même portion d'eau ne représentent pas exactement la même surface ;
- la réflexion du soleil sur la surface cause des reflets parasites.

Les deux premiers points sont résolus avec les restituteurs analytiques, où l'on peut calculer des grilles de déformation pour la propagation sous l'eau. Il faut prendre en compte les deux autres points dès la réalisation de la mission de prise de vues. Les contraintes affectant les missions photographiques sur le littoral sont ainsi plus grandes que pour les missions terrestres :

- position du soleil : il doit être suffisamment haut pour que la tranche d'eau soit éclairée ($>30^\circ$) mais pas trop, pour éviter la réflexion spéculaire (fonction des focales, de la taille des clichés, de l'orientation des axes de prise de vues) ;
- marée : dans les zones à fort marnage, il faut observer simultanément au vol les hauteurs d'eau. On ne travaille alors qu'au voisinage d'une basse mer de vive eau ;
- conditions météorologiques : le vent doit être faible, non seulement pour assurer une bonne stabilité au vol de l'avion, mais surtout pour que la

houle n'affecte pas les clichés. L'absence de brume est obligatoire car il n'est pas possible d'utiliser les filtres jaunes classiques (masque sur l'eau) ;

— localisation : une localisation fine de l'avion doit être assurée non seulement pour guider l'avion, mais aussi pour préparer la mise en place des clichés. Avec un système Trident III, associé à un altimètre laser (ou mieux un lidar), on obtient une précision absolue d'environ 2 mètres en planimétrie et un mètre en altitude.

Si ces précautions sont respectées lors de la prise de vues, l'efficacité des méthodes photogrammétriques joue pleinement, et ce d'autant plus que la zone à lever est plus tourmentée et donc plus dangereuse (récif corailien par exemple). La prise en compte des divers paramètres (caméra, marée, réfraction, localisation...) est confiée au calculateur qui pilote le restituteur analytique. Le fait de disposer du plan d'eau comme référence d'horizontalité (surface équipotentielle) et d'altitude (marée connue) est un atout important lorsque l'infrastructure géodésique est peu dense.

Le rendement du levé photobathymétrique est grand et les profondeurs hydrographiques peuvent atteindre 10 mètres dans les eaux claires. La comparaison avec les documents classiques (issus de mesures acoustiques) est difficile car le levé photobathymétrique est continu puisqu'on représente les courbes de niveau et non un échantillonnage de valeurs ponctuelles.

Notons cependant, qu'avant la diffusion de ces levés aux navigateurs, un contrôle par des méthodes acoustiques est nécessaire pour valider l'ensemble de la restitution.

4.2 - Lasers hydrographiques

Les performances des mesures bathymétriques à partir de photographies aériennes, pour intéressantes qu'elles soient, sont limitées par les contraintes météorologiques strictes et la transparence de l'eau. En France métropolitaine, il est rare de voir le fond au-delà de 2 ou 3 mètres.

Pour améliorer les possibilités des mesures aéroportées, on est conduit à utiliser une technique active de mesures. Les ondes acoustiques se propagent difficilement dans l'air, les ondes hyperfréquences pas du tout dans l'eau. Il reste l'optique dont la fenêtre de transparence maximum se situe, pour la mer, entre 530 et 580 nm en tenant compte des teneurs probables en pigments dissous.

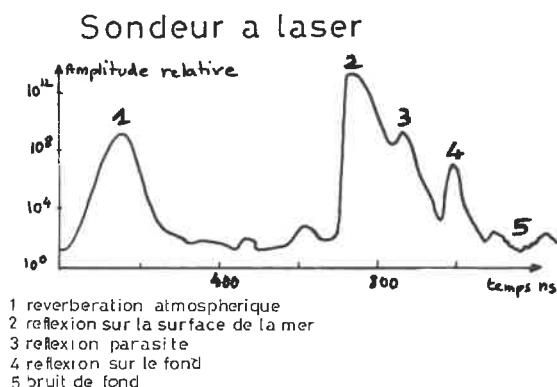
Pour assurer une bonne directivité aux faisceaux optiques émis, on utilise un système laser. Un balayage du rayon lumineux permet d'obtenir une couverture satisfaisante (l'angle maximum d'incidence étant voisin de 40°).

L'énergie émise doit rester faible pour ne pas causer de dommage aux êtres vivants susceptibles de croiser le rayon laser. La largeur des impulsions fixe la résolution : 0,3 mètre par fonds de 30 mètres avec une largeur de 3 ns.

Le récepteur se compose d'un objectif équipé de filtres sélectifs (destinés à réduire les bruits parasites de réverbération et de réflexion), couplé à un dispositif de détection, d'amplification et de comptage.

... premier congrès international de l'AFT

Dans l'enregistrement retour (figure 8), le signal correspondant au fond est un pic local beaucoup plus faible que l'écho de la réflexion sur la surface ou que le signal de la réverbération atmosphérique, ce qui rend sa détection difficile.



SIGNAL RECU PAR UN SONDEUR A LASER

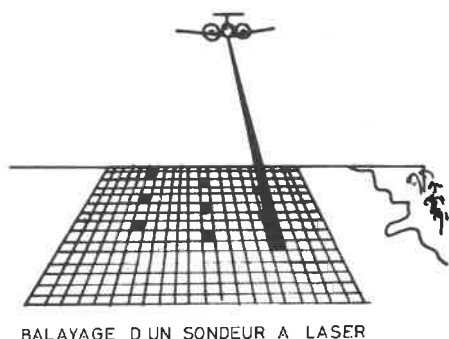


Fig. 8

Avec les réalisations actuelles (Canada, USA, Australie), la densité des sondages est élevée : 10 m dans les deux directions, ce qui correspond à un levé à 1/1 000. Mais la notion de profil disparaît : en effet, pour avoir une densité longitudinale comparable à celle obtenue en sondage acoustique (0,5 m le long du profil), il faudrait une fréquence de balayage 20 fois plus élevée, ce qui est difficilement accessible avec la technologie actuelle. C'est pourtant une évolution nécessaire si l'on veut garantir la détection des obstructions dangereuses de faible dimension.

Les performances obtenues avec les systèmes opérationnels varient de 10 à 50 mètres pour la portée et de 0,5 à 1 m pour la précision (chiffres comparables aux normes fixées par l'OHI). Elles sont très largement dépendantes de la transparence de l'eau (qui limite la portée jusqu'à une profondeur nulle si la turbidité est importante), des conditions atmosphériques (opérations nocturnes, sans pluie ni brouillard, vol à basse altitude) et de l'état de la mer (le vent doit être présent (vagues capillaires qui conditionnent la réflexion à la surface de la mer) mais faible pour ne pas déformer les échos réfléchis).

La faisabilité des sondages hydrographiques par laser aéroporté ne fait aucun doute, mais les restrictions d'emploi et de propagation de la lumière dans l'eau font qu'il est aujourd'hui difficile d'évaluer la rentabilité d'un tel sondage. Le SHOM a entrepris le développement d'un laser aéroporté pour ses levés côtiers.

L'utilisation des avions pour effectuer des levés hydrographiques, permet d'augmenter les rendements des opérations en mer mais la préparation des travaux reste délicate et la réalisation parfois aléatoire. D'où l'idée de profiter des qualités propres aux satellites : rapidité de survol, répétitivité des passages, taille importante des zones observées, indépendance relative aux infrastructures terrestres. Malheureusement, l'éloignement limite la précision des mesures et les méthodes satellitaires ne concernent que des levés de reconnaissance.

5 — Télédétection spatiale

5.1 - Radiométrie passive

Un satellite d'observation de la terre (Landsat, Spot...) découpe perpendiculairement à sa trace une bande de quelques dizaines de kilomètres de large, cette bande étant segmentée mécaniquement ou électroniquement en parcelles élémentaires (pixels) sur lesquelles l'énergie radiométrique réémise par le sol est mesurée (figure 9). L'avance du satellite sur son orbite permet de couvrir complètement une bande de terre située autour de sa trace au sol. L'observation se fait dans plusieurs canaux qui couvrent généralement le domaine visible et le proche infra-rouge.

ILLUSTRATION DE LA TECHNIQUE DU BALAYAGE PUSH BROOM

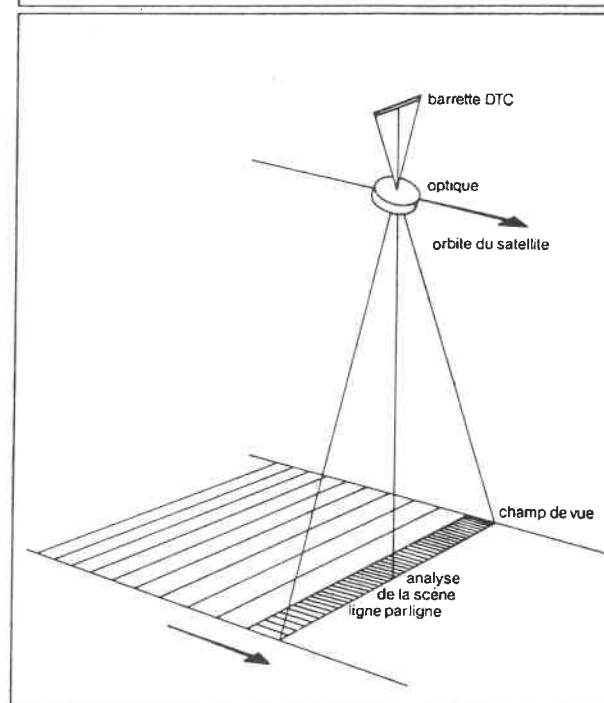


Fig. 9

Au-dessus des eaux littorales, le rayonnement est absorbé sélectivement par l'eau (pénétration nulle en infra-rouge puis croissante vers le bleu) et proportionnellement à la longueur du trajet. En théorie, il est possible, si le fond est visible, de relier les variations de profondeurs avec celles des signaux enregistrés. Les paramètres influençant cette mesure sont nombreux : absorption par les molécules d'eau et les pigments dissous, réflectance du fond, turbidité, bruits de fond atmosphériques et instrumentaux (figure 10).

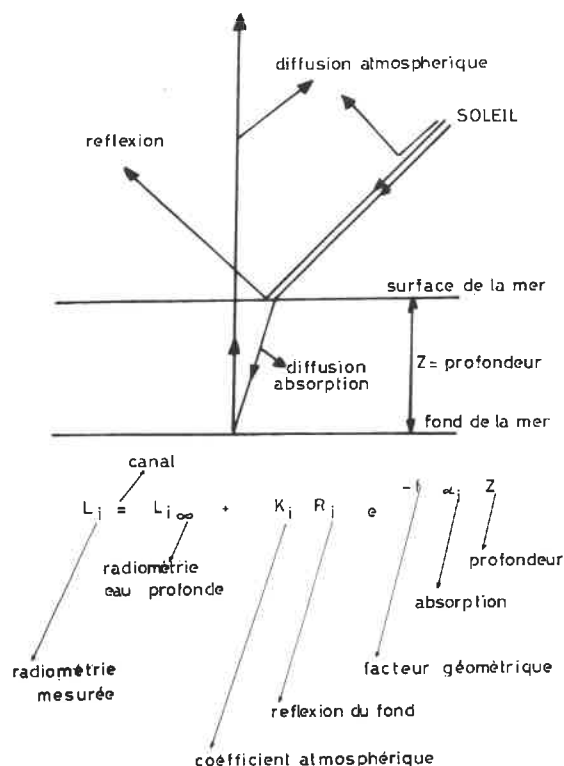


Fig. 10

La détection du fond ne pourra se faire que si l'association concurrentielle de ces paramètres, composant le signal radiométrique, se fait en faveur de la réflectance du fond. En utilisant les caractéristiques optiques de plusieurs canaux de mesure, on établit un modèle bathymétrique ajusté sur quelques valeurs connues (ce qui est toujours possible en hydrographie, puisqu'au cours des levés de reconnaissance du siècle dernier, quelques profondeurs étaient systématiquement observées). La précision peut être dans de bonnes conditions de 10 % jusqu'à des profondeurs de 30 mètres. L'échelle de la restitution est fonction de la taille des pixels et de la précision de leur localisation sur la surface de la terre : elle varie de 1/250 000 à 1/100 000 avec le satellite. La représentation bathymétrique obtenue ne peut pas être assimilée à un levé hydrographique, mais servira à optimiser l'utilisation des navires et à préparer les calendriers de travaux

nécessaires. Ce sont des levés de reconnaissance qui permettent de représenter le trait de côte, de détecter les hauts fonds et de fournir une évaluation bathymétrique rapide de zones insuffisamment connues (figure 11).

5.2 - Capteurs actifs

Avec un radar, on peut s'affranchir de la dépendance des mesures radiométriques aux conditions locales d'observation (nuages en particulier). Mais du fait de l'altitude élevée des satellites porteurs (les orbites optimales se situent entre 600 et 800 km d'altitude), on ne peut concevoir une antenne dont la taille permette une résolution au sol suffisante (antenne de 2 km pour une résolution de 10 m) : on contourne cette impossibilité physique en réalisant par le calcul une antenne synthétique (SAR : Synthetic Aperture Radar) : le principe consiste à corréler les signaux reçus de plusieurs interrogations successives sur un point et le résultat est la création mathématique d'une antenne de grandes dimensions (figure 12).

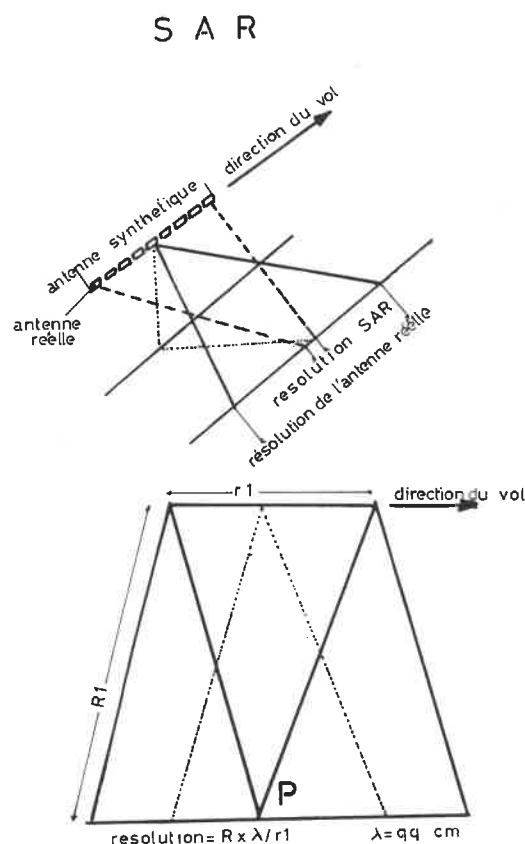
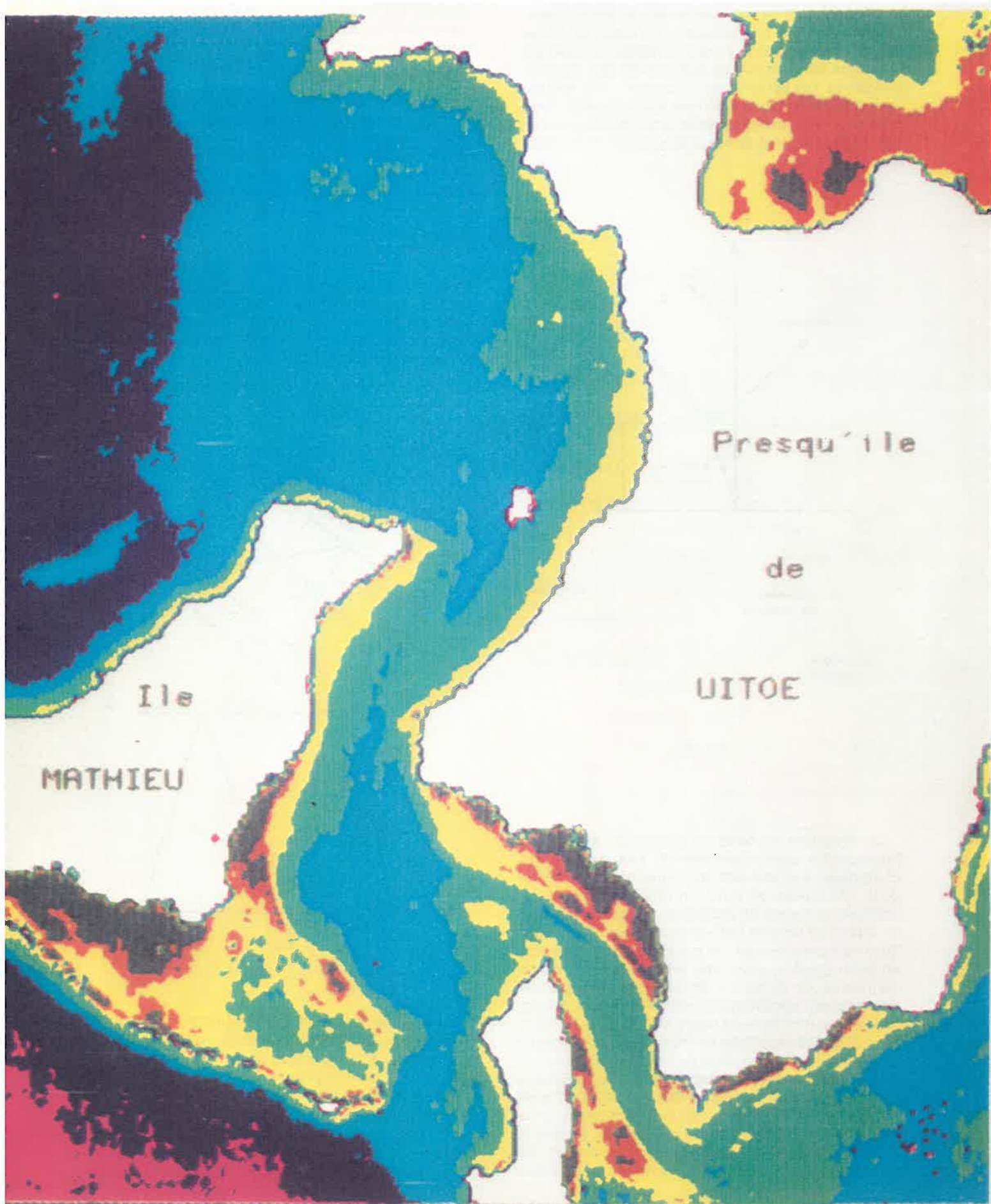


Fig. 12

Les ondes radars ont une fréquence de quelques GHz et ne pénètrent pas dans l'eau. Seules les observations de la surface de la mer sont donc possibles et la topographie du fond marin ne sera visible que si elle laisse une trace en surface.

Le processus d'observation de la bathymétrie peut être schématiquement décrit comme suit. Tout d'abord pour qu'il y ait réflexion de l'onde radar sur la surface de la mer, il faut qu'il y ait commensura-



Canal XSI-XS3 lisse.Axel3.
SPOT NOUVELLE CALEDONIE (simulation)

bilité entre sa longueur d'onde et celle des rugosités en surface : les ondes SAR sont centimétriques, elles s'appuieront donc sur les ondes capillaires générées par le vent (modéré, sinon seule la houle sera perceptible). Si la tranche d'eau est animée d'un courant laminaire (de marée par exemple), l'écoulement sera modifié au passage sur les discontinuités du fond et, si la profondeur n'est pas

Observation de la topographie avec un radar

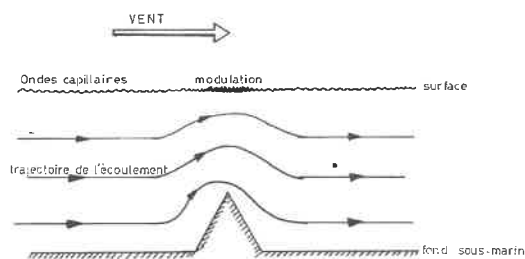


Fig. 13

trop importante, cette modification pourra être transmise par la couche d'eau jusqu'à la surface (figure 13). C'est cette modulation, témoin de la variation d'écoulement et donc de la topographie sous-marine, que percevra le SAR (figure 14).

Bien sûr, l'information recueillie n'est que qualitative et ne peut pas se substituer à un levé hydrographique. Mais dans les fonds à grande variabilité et très fréquentés (Pas-de-Calais par exemple), nécessitant des levés détaillés très réguliers (tous



Fig. 14

les 2 à 3 ans), le suivi de l'évolution des obstructions principales est alors possible, sans avoir à recourir à une mobilisation importante de moyens. La préparation et la réalisation des levés de contrôle en sera grandement facilitée. C'est dans ce sens que les SAR (satellites ou aéroportés) peuvent être considérés comme des aides à l'hydrographie.

6 — Conclusion

Je me suis limité à la présentation des techniques actuellement opérationnelles ou prometteuses, qui permettent d'effectuer ou d'assister un levé hydrographique. Toute une partie d'études en cours n'a pas été évoquée (sonars interférométriques, altimétrie satellitaire, méthodes magnétiques aéroportées, sonars laser...) car elles n'en sont qu'au stade de la prospective. Le tableau ci-dessous résume les moyens actuels ou prévisibles qui permettent d'avoir accès à la description de la topographie sous-marine.

Domaine	Moyen	Objectif	Support	Etat de l'art au SHOM
Acoustique	Sondeur classique Sondeur multifaisceaux	Levé bathymétrique Levé bathymétrique polyvalent	Bateau Bateau	Opérationnel En développement
	Sonars Sonar interférométrique	Détection d'obstructions Cotation des obstructions	Bateau Bateau	Opérationnels Veille scientifique
Mixte	Laser-acoustique		Bateau	Veille scientifique
Optique	Radiomètres Photobathymétrie Laser Sonar laser	Reconnaissance bathymétrique Levé hydrographique Levé bathymétrique Détection d'obstructions	Satellite Avion Avion Bateau	En développement Opérationnel En développement Veille scientifique
Hyperfréquence	SAR et SLAR Altimètres	Description topographique Description topographique	Avion et satellite Satellite	En développement Veille scientifique
Magnétisme	Magnétomètre et générateur de champ	Levé bathymétrique	Avion	Veille scientifique

Vente promotionnelle

à 9 990 Francs H.T. avant mars 1985

SANYO 550 - V (192 Ko)

avec un moniteur SANYO SG 26 monochrome vert

Voici les options complémentaires (supplément de prix indiqué H.T.) :

Extension à 256 Koctets :	1 600 F
Imprimante SP 100 graphique d'écran :	5 000 F
Interface RS 232 SANYO 550 - V	1 050 F
Deuxième unité disquette 180 Ko (si disponible) :	1 400 F
Deux disquettes de 720 Ko (555/3 à la commande) :	6 000 F
Relecture automatique pour vérifier la disquette :	100 F
Disque dur externe 10 Mo formaté :	20 000 F
Calculateur HP 41 CX JV sans module :	6 000 F
Module HP 603C JV pour HP 41 CX JV :	3 000 F
Convertisseur HP RS 232 C avec câble et logiciel	3 850 F

Adresser les commandes à :

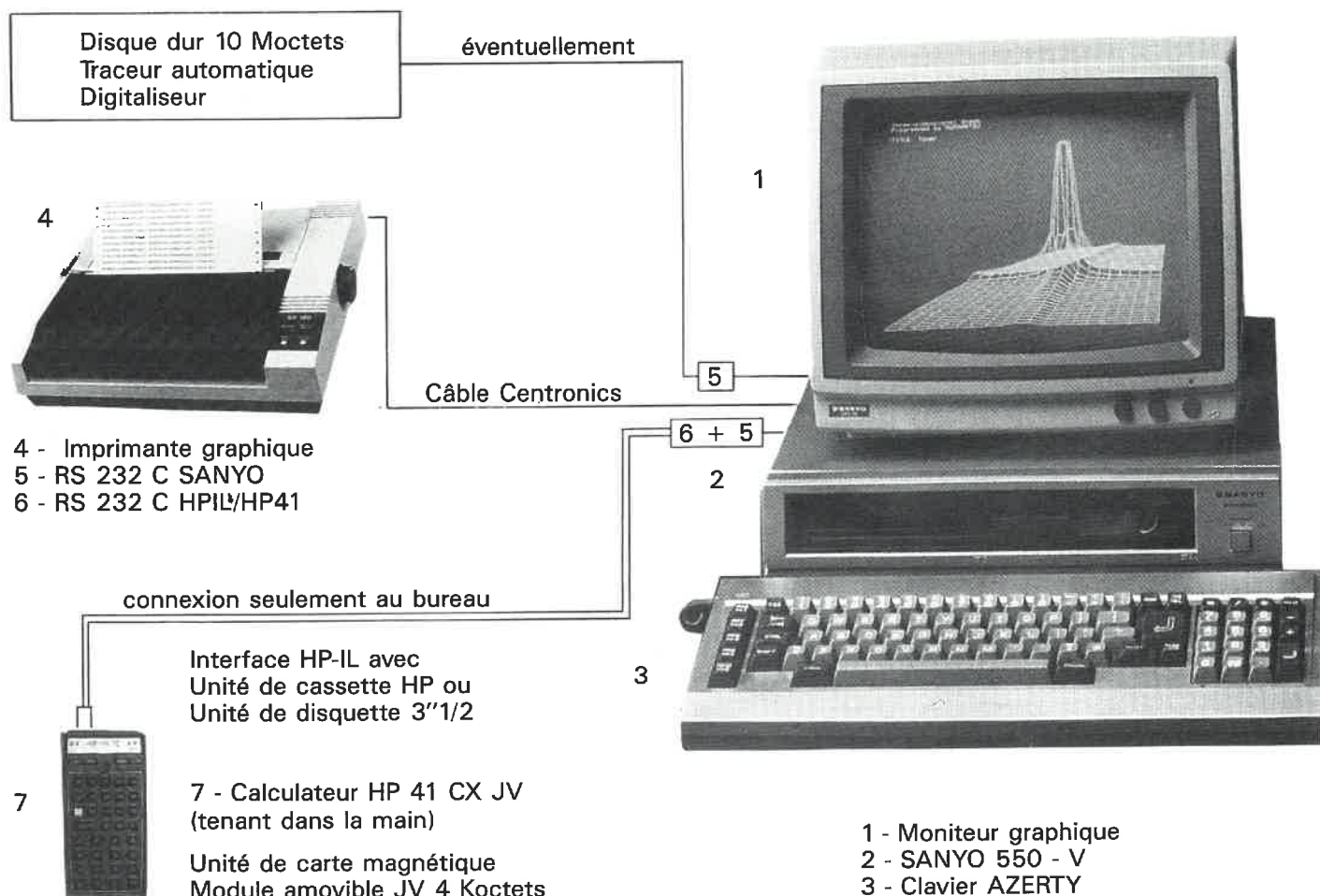
M. J. VAUCELLE, La Chasserie, 35133 Romagné

Acompte de 30 % et solde après livraison sous un mois, port en plus.

Pour tous renseignements, s'adresser à :

Yves ALAJOUANINE

Association Française de Topographie, Commission Méthodes et Techniques Fondamentales,
108 bis rue Hénou, 69004 LYON. Tél. (7) 830.80.50.



Le Système Graphique Informatique Vaucelle

Ce système permet la "Saisie des Observations de Topométrie Moderne" ensuite exploitée avec un "Logiciel de Tracé Automatique Direct".

— 1) L'ordinateur de poche HP 41 CX - JV est accéléré ($\times 1,5$). Il utilise 4 batteries CaNi de 150 mA, interchangeables avec 4 éléments fournis dans un chargeur indépendant. Sa mémoire vive de 2 233 octets répartie en 319 registres est étendue à deux mémoires auxiliaires en modules amovibles CX 603 C - JV de 4 221 octets maintenus 10 heures au moyen d'un condensateur. Ceux-ci sont rechargés en une minute quand le géomètre les replace dans le calculateur HP 41 CX JV, qui alterne leur emploi dans les ports 1 (réserve de programmes) et 3 (saisie fiable pour l'enregistrement illimité des données sur des modules). L'ensemble des données topométriques et des instructions graphiques est transféré sur minicassettes HP 82167A de 131 Koctets au moyen de l'unité HP 82161A, ou sur disquette 3" 1/2 de 600 ko grâce à l'unité HP 9114A. Le module de la boucle HP-IL d'interface est enfilé dans le calculateur HP 41 CX JV, soit sur le terrain, soit au bureau. L'interface HP 8216A4 (RS 232) se connecte à divers équipements tels qu'ordinateurs de bureau, imprimantes, traceurs et digitaliseurs de formats divers.

— 2) L'ordinateur de bureau SANYO 550 - V amélioré de M. J. VAUCELLE peut utiliser le programme S.O.T.M. version MS-DOS 2,11 si un carnet électronique d'observations topométriques est tenu avec HP 41 CX JV sur le terrain (calcul des XYZ : canevas et points de détails), mais autrement avec emploi du clavier afin d'introduire les informations nécessaires au "Logiciel de Tracé Automatique Direct" développé pour 1985 sur SANYO 550 - V. Lorsque celui-ci a un interface RS 232 C, le Système Graphique Informatique VAUCELLE élabore directement le plan sur l'écran vidéo avec un interface HP 82164A (RS 232 C), grâce à une minicassette ou une microdisquette, constituée grâce à la Saisie des Observations de Topométrie Moderne, effectuée sur un calculateur HP 41 CX JV équipé en modules CX 603C JV.

Le micro-ordinateur SANYO 550 - V est du type 16 bits "IBM PC". Ses mesures font en mm : façade 380 ; profondeur 360 ; hauteur 112. Son microprocesseur INTEL 8088 utilise une horloge de fréquence 3,6 Mhz.

Un choix important de logiciels est disponible pour son utilisation. Les 2 langages fournis sont un Basic graphique et le MSDOS 2,11 avec des programmes : adressage de fichiers, traitement de texte, tableur type Unicalc avec 256×256 cellules contenant chacune 255 caractères. Être informaticien s'apprend avec la documentation française remise. L'unité centrale dispose d'une mémoire morte ROM de 8 Ko et d'une mémoire vive RAM de 128 Ko extensible jusqu'à 256 Ko par tranche de 64 Koctets. Le clavier AZERTY comporte 85 touches, dont 19 forment un bloc numérique, et cinq assignent dix fonctions prédéfinies. Le clavier mesure $442 \times 45 \times 174$ mm. Une unité utilise des disquettes de 180 Ko format 5" 1/4 compatibles IBM PC, avec possibilité facile de duplication de la disquette. L'affichage s'effectue sur 25 lignes comprenant 80 caractères, et en mode graphique au moyen de 640×200 points en 8 couleurs (sur un moniteur non compris dans ce lot).

Les options complémentaires sont les suivantes : extension de mémoire vive RAM jusqu'à 192 Ko ou 256 Ko ; interface RS 262 C ; moniteur en couleur 36 cm CD 3185 N, ou monochrome vert (4 grisés différents) 31 cm SG 26 ; câble vidéo, câble péritel, câble imprimante ; modèle SANYO 555/3 - V avec deux lecteurs de disquettes 5" 1/4 de 720 Ko, ce qui permet de lire des disquettes au format standard 360 Ko IBM-PC ; disque dur externe 10 Mégaoctets formatés.

L'imprimante matricielle SP100 fait la copie graphique de l'écran du SANYO 550 - V. L'impression du texte est bidirectionnelle optimisée. Ses mesures font en mm : façade 401 ; profondeur 337 ; hauteur 104.

Communication du Secrétaire Général de l'Association Africaine de Cartographie

Examen rétrospectif et perspectives d'avenir

*par Dr. Ing. Cheldy FEZZANI
Ingénieur en chef Géographe*

Qu'il nous soit permis tout d'abord d'adresser nos vifs remerciements aux organisateurs de cette importante manifestation pour nous avoir convié à développer la situation de la cartographie particulièrement en Afrique.

Nous ne pouvons trouver meilleure tribune pour exposer nos préoccupations et manifester notre volonté de renforcer les liens de coopération avec tous ceux qui souhaitent nous aider à promouvoir ce domaine vital et considéré universellement comme l'instrument privilégié du développement économique.

Depuis plusieurs années, l'Afrique a pris conscience de l'importance revêtue par la cartographie, comprise au sens large du terme, afin de doter les planificateurs d'un outil leur permettant de renforcer l'autonomie collective et les rendre plus aptes à identifier, analyser et formuler les stratégies nécessaires à la conduite des opérations de développement.

Cette prise de conscience se trouve renforcée par les recommandations des plus hautes instances africaines à travers le plan d'action de Lagos pour le développement économique de l'Afrique 1980-2000.

La composante essentielle de ce plan vise l'inventaire des ressources naturelles qui ne peut pas être acquis sans un développement approprié de la cartographie africaine.

Plusieurs institutions régionales et intergouvernementales ont été créées à cet effet, principalement l'Association Africaine de Cartographie "AAC" et le Conseil Africain de Télédétection "CAT" dont les objectifs fondamentaux consistent à :

- promouvoir et développer ces sciences en Afrique ;
- encourager et contribuer à la création d'institutions nationales dans les pays qui en sont démunis ;
- coordonner les organes communs inter-pays ;
- organiser des séminaires, conférences, expositions...
- stimuler et encourager les échanges de personnels, d'idées, de données d'expérience...
- susciter et encourager la création des centres de formation sur le territoire des pays membres...

Deux voies quasiment parallèles, entreprises depuis 1963, (celle de l'OUA et de la CEA-Nations-Unies) ont permis progressivement la création en 1975 de l'Association Africaine de Cartographie dont le siège est à Alger et qui dispose d'un accord de siège avec le gouvernement algérien lui conférant rang et privilège d'organisation internationale.

- 29 pays africains sont membres de l'AAC ;
- 14 organismes sont membres associés dont particulièrement l'IGN France et Géokart Pologne.

Malgré ses très modestes moyens financiers, l'AAC n'a cessé d'œuvrer depuis sa création dans le sens de la résolution 131 (VI) (19 février 1948) du Conseil Économique et Social des Nations-Unies afin de :

- sensibiliser l'attention des gouvernements africains pour accélérer leur programme cartographique ;
- encourager la dynamisation de la formation des spécialistes à tous les niveaux dans les domaines des sciences géographiques ;
- contribuer à la concrétisation des programmes prioritaires fixés par le Conseil de l'AAC, l'OUA et la CEA ;
- favoriser la coopération bilatérale africaine et internationale.

Quatre grands projets sont inscrits parmi les priorités et peuvent être cités comme modèles de projets régionaux. Il s'agit :

- Du projet OUA de la carte hydrogéologique internationale de l'Afrique confié à l'AAC pour coordination. Cette grande œuvre vise une meilleure mise en application et une meilleure harmonisation des politiques nationales de développement des projets d'inventaire et de mise en valeur des ressources en eau de tous les États Africains et pour appliquer la stratégie de lutte contre la sécheresse et la désertification.

Le rapport de la deuxième réunion des experts tenue à Dakar en décembre 1983, approuvé par la 40^e session du Conseil des Ministres de l'OUA en février 1984, résume l'effort réalisé dans le sens de la concrétisation de cet important projet. L'étude détaillée de mise en œuvre de ce projet a été diffusée à tous les organismes de coopération et l'AAC espère mobiliser le concours international pour sa réalisation.

- Du projet de réseau continental de géodésie pour lequel l'AAC a créé un Consortium Africain de Traitement de Données "CATD" agissant en tant que deuxième centre africain de calcul. Ce consortium, regroupant les Instituts d'Algérie, de Côte-d'Ivoire et de Tunisie, est un modèle d'une coopération africaine multilatérale combinée judicieusement à la coopération internationale. En moins d'un an, ce consortium est déjà opérationnel au centre d'Alger et le logiciel Géodop V, offert gracieusement par le CSTG, est mis en place sur un équipement approprié sans aucun apport extérieur.

- Du projet portant sur l'évaluation des besoins en formation et de l'inventaire des structures de formation existantes en Afrique. D'importantes décisions ont été prises à Dakar par le Conseil de l'AAC sur la base des études, effectuées dans ce sens.

- Du projet en cours portant sur l'harmonisation des bases mathématiques et des spécifications techniques des cartes topographiques en Afrique permettant d'ouvrir la voie à une cartographie régionale géoscientifique...

Un comité, composé de plusieurs hautes personnalités africaines, a été mis en place par la résolution 477 (XVIII) du Conseil des Ministres de la CEA et en accord avec l'OUA. Il œuvre à harmoniser les activités des institutions africaines afin d'introduire une nouvelle dynamique sur le plan continental conduisant à :

- favoriser, susciter et définir le cadre approprié de la coopération africaine dans ces domaines ;
- canaliser, structurer et renforcer cette action ;
- analyser, assister, suivre et participer à l'exécution de projets communs...

Les résultats de cette action ne manqueront pas d'accélérer la mise en œuvre des recommandations des plus hautes instances africaines.

Il n'est jamais assez de rappeler que l'intérêt de la cartographie ne se manifeste qu'à long terme et de façon indirecte plutôt que sous une forme immédiatement perceptible. Force est de reconnaître que les traditions professionnelles héritées et maintenues dans un grand nombre d'institutions africaines se trouvent largement dépassées par les énormes progrès scientifiques en la matière.

L'absence ou l'insuffisance des documents cartographiques en Afrique est souvent comblée par la mise en place de travaux isolés, de précisions hétérogènes, souvent archivés ailleurs que dans l'institution officielle et de ce fait soustraits à la connaissance de tous ceux qui en auraient fait d'autres usages.

La cartographie : nécessité universelle et mission d'état indispensable

Bien que certains milieux politiques et économiques soient aujourd'hui acquis à cette conception de la cartographie, préalable et indispensable, le retard subsiste encore dans le monde et en Afrique, faute de crédits entraînant un manque de connaissances techniques et de personnel qualifié.

Pour répondre aux espoirs du plan d'action de Lagos, il ne nous incombe pas uniquement d'inventorier les ressources disponibles par des estimations plus ou moins vagues mais il faut les mesurer et les cartographier avec précision.

Seule la cartographie, mission d'État indispensable, permet l'étude en parfaite connaissance de cause d'une multitude de problèmes et la conduite de façon méthodique d'un grand nombre d'entreprises.

A cet effet, depuis quelques dizaines d'années, une signification nouvelle a été donnée à la cartographie à la lumière des besoins croissants de nouveaux types de cartes exprimés parallèlement au développement scientifique, industriel et technique ainsi qu'à l'évolution économique et sociale. Le Conseil Economique et Social des Nations-Unies œuvre inlassablement, depuis son appel de prise de conscience tel que stipulé dans la résolution 131 (VI), en faveur d'une coopération accrue dans ce domaine afin d'engager les pays du tiers monde sur la voie de l'analyse scientifique de leurs ressources naturelles et de leurs exploitations rationnelles grâce aux documents cartographiques.

Ces travaux d'infrastructure de base constituent une condition préalable d'un développement approprié des ressources mondiales. Ils facilitent le commerce international, favorisent la sécurité de la navigation maritime et aérienne et renforcent la coopération internationale pour et entre tous les peuples.

Parmi les multiples phénomènes ayant eu une influence directe sur l'extension des besoins en cartes, on peut citer notamment :

- les prédictions relatives à la pénurie des ressources naturelles et la nécessité d'entreprendre de plus en plus d'études de planification, d'inventaire et d'exploitation rationnelle de ces ressources ;
- la recherche accrue des ressources naturelles et les problèmes posés par le développement agricole, l'irrigation, l'alimentation en eau...
- l'exploitation minière et la modernisation des moyens de transport ;
- l'expansion démographique et notamment celle enregistrée dans le tiers monde ;
- le développement des réseaux de télécommunication, des ports et des aéroports et le transport d'énergie ;
- les problèmes posés par l'urbanisation pour satisfaire les besoins (50 % de la population en l'an 2000 sera urbanisée dans les pays en développement contre 8 % en 1920) ;
- la dynamisation du cadastre et une meilleure connaissance de l'occupation du sol ;
- la protection de plus en plus marquée de l'environnement ;
- les besoins militaires...

Un effort d'organisation pour la production des cartes en Afrique est donc devenu nécessaire car plus le temps passe plus la tâche sera difficile et onéreuse pour faire face à l'accumulation des données.

... premier congrès international de l'AFT

Mais, compte tenu de la diversité d'options possibles lors de la planification des programmes nationaux de cartographie, il est essentiel de ne pas commettre d'erreurs graves dans les conceptions et décisions en ce domaine car elles engagent l'avenir et sont ensuite difficiles à réparer.

Souvent pour des raisons de prestige ou d'amour-propre professionnel, on a tendance à fixer des critères de précision et de présentation déraisonnables. Une telle attitude peut avoir des conséquences défavorables. Il faut trouver le compromis judicieux entre tous les critères en jeu et corrélés constamment l'investissement à réaliser et les profits économiques espérés résultant des besoins exprimés.

Situation de la cartographie en Afrique et aspects économiques

L'Afrique est le continent le plus en retard dans la production des cartes de base.

Les statistiques des Nations-Unies (cf. article Brandenberger - cartographie mondiale Nations-Unies) révèlent qu'à fin 1980 :

- 23,8 % et 17,2 % seulement du continent africain sont couverts par une cartographie à 1/50 000 et à 1/100 000 contre 42,8 % et 44,1 % respectivement pour la moyenne mondiale ;

- la révision des cartes éditées est de 5,8 % et 5,5 % pour les échelles 1/50 000 et 1/100 000 contre respectivement 8,9 % et 13,4 % pour la moyenne mondiale ;

- la progression annuelle de la cartographie à l'échelle mondiale est de l'ordre de 1 % alors que le taux de progression des couvertures aériennes est de 4,4 % et celui des réseaux géodésiques de 0,4 %. La densité est de 1 point (X,Y) tous les 390 km² et 1 point en (Z) tous les 230 km² en Afrique contre une moyenne mondiale respectivement de 1 point par 42 km² en (X,Y) et un point par 46 km² en (Z) et contre 1 point en (X,Y) et (Z) tous les 3 km² pour l'Europe ;

- l'Afrique dispose d'un appareil de restitution pour 180 000 km² contre 1 pour 13 000 km² en Europe et 1 pour 60 000 km² pour la moyenne mondiale.

A ce rythme, il faudrait 50 ans encore pour couvrir l'Afrique par une cartographie, aux échelles 1/50 000 et 1/100 000 fondamentale à l'inventaire des ressources. Une telle situation compromet dangereusement les objectifs visés par le plan d'action de Lagos et est en parfaite contradiction avec la volonté politique exprimée par les plus hautes instances à travers le plan de Lagos.

Plusieurs pays en voie de développement s'aventurent dans l'acquisition d'équipements de plus en plus sophistiqués croyant pouvoir résoudre par ce biais leur retard. Cette voie est hasardeuse et conduit inévitablement à un sous-emploi de ces équipements si leur acquisition n'a pas été planifiée préalablement dans un programme cadre identifiant tous les facteurs qui le régissent ainsi que les corrélations et contraintes existantes entre elles

(Nature du produit à réaliser, potentialités humaines disponibles et à former, aptitudes à tirer profit de ces équipements...).

Les dépenses consacrées en Afrique à la cartographie sont loin de satisfaire les besoins et sont en moyenne 4 fois inférieures à la moyenne des dépenses mondiales par km².

La portée économique de la cartographie n'est plus à démontrer et les spécialistes que nous sommes, se doivent de tirer les sonnettes d'alarme comme l'indiquent les exemples ci-dessous :

- lors de la 7^e Conférence cartographique des Nations-Unies pour l'Asie et l'Extrême-Orient, les États-Unis ont fait mention d'une étude révélant que l'emploi des cartes régulières par les services fédéraux procurent des économies annuelles évaluées à 900 millions de \$ US ;

- les pertes annuelles pour l'économie mondiale, dues à la faible progression de la cartographie, sont 3 à 5 fois supérieures aux dépenses officiellement consacrées chaque année à ce domaine. Cette perte a été estimée pour 1975 entre 10 et 15 milliards de \$ US. En ne considérant que le critère des superficies, cette perte se chiffre approximativement à 3 milliards de \$ US par an pour l'Afrique (cf. article Brandenberger - cartographie mondiale).

Mais il n'y a pas de meilleure illustration que celle déjà mémorable, relevée lors de la construction du premier chemin de fer américain où les deux équipes chargées d'entreprendre le levé par les deux extrémités sans géodésie préalable se dépassèrent de 300 km sans se rencontrer.

Plus de 100 millions de km² sur 136 millions de km² des terres émergées dans le monde appartiennent à des pays en développement (126 pays) où le type d'économie est pré-industriel (84 pays) et industriel (42 pays). Cette situation, applicable à l'Afrique, conduit au choix sans équivoque d'une cartographie généralisée à 1/50 000 nécessaire à la planification des ressources.

Si notre objectif en Afrique vise essentiellement à fournir aux planificateurs du développement l'instrument permettant de renforcer considérablement leur collaboration et leur faculté de trouver au plus vite de nouveaux modèles et des stratégies novatrices et plus efficaces tant au niveau national que régional, on doit admettre :

- un taux optimum de progression annuelle du canevas géodésique de 4 à 5 % en Afrique ;

- un taux de progression moyen de la cartographie officielle au moins égal à celui de la croissance démographique (soit 3 à 4 % par an). Ce taux de progression annuelle est un seuil optimum car les disponibilités sont 5 fois inférieures aux besoins (cf. Konechy : cartographie mondiale vol. X et XIV Nations-Unies) ;

- un accroissement substantiel des budgets consentis par les États à cette œuvre pour atteindre au moins 0,1 % du PNB.

La réalisation des gigantesques programmes africains de cartographie implique :

- la mise en place d'infrastructures géodésiques à base scientifique et à caractère utilitaire ;

- la définition des spécifications techniques des cartes à réaliser ;
- le choix des modes d'expression et de représentation ;
- la maîtrise des technologies avancées et des techniques de production sur la base d'une meilleure productivité du potentiel humain et matériel disponible.

Il faut pour cela posséder une vision exacte des choses et une bonne identification de quelle technologie faut-il mettre au service de quel développement.

Seule donc une approche rigoureuse permettra de se garder des enthousiasmes imprudents car les grandes déceptions dues à une croyance trop naïve à l'applicabilité universelle des technologies récentes conduisent le plus souvent à retomber dans la routine.

L'espoir trop subit, créé par la télédétection, provoque chez certains la déraison et chez d'autres la déception car elle ne pouvait être la réponse unique et magique à toute interrogation sur n'importe quelle donnée localisable.

Tout l'art est de tirer profit judicieusement de la complémentarité :

- entre les systèmes aériens et spatiaux ;
- entre les méthodes analogiques et numériques.

L'art de faire les cartes évolue dans un monde automatisé. Pour mieux préparer l'avenir, la cartographie a non seulement besoin de mains et d'yeux d'experts mais aussi d'esprits aiguisés.

Oeuvre commune et renforcement de la coopération bi ou multilatérale

La cartographie est par excellence un acquis de "matière grise" hélas non transférable facilement. En examinant la structure de charge des institutions officielles, on remarque que la masse salariale représente en moyenne 70 % de l'ensemble des dépenses. Cette donnée explique l'une des causes fondamentales du retard de l'Afrique dans ce domaine, à savoir l'absence de techniciens qualifiés en nombre suffisant.

D'après l'enquête AAC, les besoins en formation, optique 1990, sont deux 2 fois supérieurs à l'effectif actuel des institutions officielles.

Ces besoins dénotent une prise de conscience de l'effort à accomplir dans ce domaine en Afrique.

11 % de ces besoins sont pour la géodésie.

7 % pour la photogrammétrie

49 % pour la topographie.

Si les effectifs planifiés pour la géodésie correspondent à la moyenne espérée, ceux de la photogrammétrie restent faibles comparativement à ceux de la topographie. Cela dénote les difficultés rencontrées pour introduire les techniques photogrammétriques.

Plus de 36 % des besoins ne seront pas satisfaits par des structures nationales existantes.

Seule donc une coopération accrue tant sur le

plan africain que sur le plan international permettra de répondre à cet impératif.

L'œuvre à entreprendre en Afrique est une œuvre commune car cette voie constitue la seule issue pour satisfaire au mieux la réalisation des programmes projetés.

Plus que jamais, il nous appartient, en tant que cadres africains, de préparer les bases d'une ère nouvelle de la cartographie africaine en :

- entreprenant sur le plan national toutes les actions pour une planification rigoureuse et la réalisation des programmes de géodésie, de cartographie et de cadastre basés sur des actions de formation solidement structurées et parfaitement adaptées ;

- consolidant et favorisant la coopération bi ou multilatérale pour atteindre ces objectifs tant au niveau conceptuel de ces programmes qu'à celui de leur réalisation ;

- sensibilisant les gouvernements pour un intérêt soutenu aux activités cartographiques nationales et régionales.

L'année 1986 constituera un grand événement de la cartographie africaine. Nous devons saisir l'opportunité de la proclamation de cette année de la cartographie en Afrique pour un examen rétrospectif responsable et le lancement de la décennie véritable de la cartographie africaine.

Les bases d'une coopération réussie

L'Afrique est héritière d'un important patrimoine scientifique dans ce domaine et il est temps de l'exploiter à bon escient en le consolidant, l'adaptant pour assurer les bases des décisions fondamentales de son développement.

Le réseau géodésique continental unifié connu par "ADOS" servira à :

- remédier à l'absence quasi absolue de réseaux de base dans une grande partie de l'Afrique ;

- appuyer le développement des réseaux nationaux nécessaires au développement de la cartographie tant sur le plan national que régional ;

- assurer la jonction entre les divers réseaux nationaux permettant de lancer les bases d'une coopération scientifique et technique entre les divers pays ;

- fournir une meilleure détermination du géoïde ;

- ouvrir des horizons à la recherche scientifique en Afrique et notamment celle relative aux mouvements de l'écorce terrestre et à la détermination des dimensions et de la forme de la terre.

Associé aux deux grands résultats déjà acquis à l'échelle continentale :

- la détermination de la chaîne du 12° parallèle ;

- la jonction des divers tronçons du 30° méridien ;

ce réseau continental formera une ossature pour les réseaux nationaux dont la compensation sur ce super-réseau évitera les distorsions mathématiques obtenues par le passé sur les limites extérieures sous l'effet de l'accumulation des erreurs à partir de l'intérieur.

... premier congrès international de l'AFT

La deuxième étape, connue par post-ADOS, comportera deux niveaux d'intervention :

- le premier, à mener sur le plan national par l'institution officielle par ses propres moyens ou en faisant appel à la coopération internationale, vise à maîtriser les acquis nationaux en géodésie, nivellement de précision et gravimétrie par une analyse de l'état de l'existant et par la conception d'un programme de travaux de densification de ces infrastructures nationales de base ;
- le second à mener sur le plan sous-régional et même continental pour définir et réaliser les jonctions entre les réseaux inter-Etats soit dans le cadre de la coopération directe entre les diverses institutions officielles africaines soit avec le concours de la coopération internationale.

Par ailleurs, bien que l'on doive reconnaître qu'il est essentiel que les cartes satisfassent avant tout les impératifs nationaux, nous ne devons pas négliger la recherche d'une certaine normalisation cartographique à l'échelle régionale ou continentale afin de :

- faciliter la coopération régionale et internationale entre toutes les nations visant la production de cartes d'intérêt commun et favorisant le développement d'une cartographie géoscientifique africaine ;
- permettre aux cartes africaines de s'étendre d'une façon continue au-delà des frontières internationales en vue de faciliter les opérations régionales d'aménagement ;
- échanger des données d'expérience, source inestimable d'une coopération scientifique accrue entre les institutions spécialisées.

Pour satisfaire ces exigences, l'héritage de l'Afrique dans ce domaine est un atout majeur qu'il faut exploiter judicieusement.

En effet, en cumulant les superficies couvertes par les différents systèmes de projection et les ellipsoïdes utilisés, on obtient pour :

Les principales projections

UTM	15 555 km ²	soit 51,6 %
TM (avec Afrique du Sud et Namibie)	9 720 km ²	32,2 %
Lambert + UTM	4 280 km ²	14,2 %
Mercator et Mercator Oblique	590 km ²	2,0 %
	30 145 km ²	(surface approximative de l'Afrique)

Les ellipsoïdes

• Clarke 1880 et 1880 modifié (incluant Afrique du Sud et Namibie)	25 900 km ²	soit 85,9 %
• Clarke 1866	800 km ²	2,7 %
• International	2 420 km ²	8,0 %
• Plusieurs ellipsoïdes	1 025 km ²	3,4 %
	30 145 km ²	

La projection UTM, utilisée par 24 pays en tant que projection de base, couvre 52 % des surfaces du continent.

La projection TM couvre 32 % et est utilisée par 15 pays africains. La majorité des pays utilise avec cette projection un quadrillage UTM. Cette projection se distingue notamment de l'UTM par la largeur variable des zones utilisées.

Pour ce qui est de la projection Lambert, elle est surtout utilisée en Afrique du Nord en combinaison avec l'UTM pour les zones désertiques. Son adoption est plus une question d'héritage.

L'ellipsoïde le plus utilisé en Afrique est celui de Clarke 1880 (86 % du continent).

La quasi-totalité des pays africains utilise le découpage dérivé de la carte internationale du monde "CIM" et les échelles métriques sont généralisées.

Toutes ces données sont autant de facteurs favorables pour atténuer les particularismes entre les différents programmes africains et nous conduisent à recommander aux organismes officiels de cartographie en Afrique de procéder, à leur avantage, à un essai de standardisation lors d'une production de nouvelles séries de cartes nationales.

Nous savons pertinemment qu'il n'est pas toujours possible d'adopter intégralement des normes standardisées pour l'ensemble du continent africain mais elles peuvent tout au moins être acceptées dans leur ensemble, comme une sorte d'idéal à atteindre.

Ces recommandations visent à :

- généraliser l'emploi de l'ellipsoïde de Clarke 1880 ;
- adopter la projection UTM en fuseaux de 6° pour les cartes de base ;
- adopter les découpages dérivés de la CIM ;
- utiliser la charte de couleurs et la légende des signes conventionnels définis d'un commun accord ;
- mettre en place des comités sous-régionaux de toponymie pour les différentes régions linguistiques d'Afrique chargés d'appuyer les commissions nationales...

Ces recommandations doivent être appliquées immédiatement, tout au moins, aux petites échelles à partir de 1/200 000 ou 1/250 000 à défaut de leur généralisation aux grandes et moyennes échelles.

Les résultats de nos investigations à l'AAC corroborent les principes retenus et les recommandations de la conférence scientifique africaine (Johannesburg 1949) et de la réunion des spécialistes en cartographie et levés topographiques (Bukavi septembre 1953).

Ces approches de normalisation et d'unification des infrastructures de base constituent les fondements d'une coopération réussie dans ce domaine tant sur le plan africain qu'international.

Conclusion

Il serait téméraire de prétendre avoir tout dit sur la cartographie africaine.

La présente communication n'a fait qu'aborder, probablement d'une façon désordonnée, la grande sensibilisation des confrères africains pour promouvoir ce domaine vital et les innombrables difficultés rencontrées pour atteindre cet objectif.

Henri de Saint-Blanquat dans son article "la cartographie automatique" a, à juste titre, exprimé que "les cartes géographiques furent d'abord des monuments : l'œuvre de générations, utilisables par des générations".

Il convient aujourd'hui que les rencontres internationales dépassent la dimension de simples recommandations afin de trouver le canevas d'une véritable coopération et complémentarité car la pauvreté, la sécheresse et la désertification ne se solutionnent à long terme que par la maîtrise des potentialités du sol et du sous-sol et par leur exploitation rationnelle.

Le géographe d'aujourd'hui perpétue la mission pionnière et son apport est considérable dans le rapprochement des peuples et l'épanouissement de la coopération internationale.

Grâce aux actions de l'AAC, l'année 1986 est officiellement adoptée par les conseils des Ministres de la CEA et de l'OUA comme année de la cartographie en Afrique.

Nous espérons que cette année sera riche d'événements scientifiques : conférences, expositions, séminaires spécialisés... et où tous les thèmes seront analysés pour préparer les conditions de développement de ce domaine et atteindre les objectifs fixés par les plus hautes instances africaines.

Nous espérons obtenir votre appui pour le succès de cette année de la cartographie africaine et sommes disposés à étudier toute proposition dans ce sens.

L'AAC se félicite de ses résultats positifs de coopération entre ses membres et membres associés, concrétisés à plusieurs reprises par la conception de plans nationaux africains de cartographie et le lancement de leur réalisation. Elle ne ménagerait aucun effort pour renforcer ces actions.

Telles sont les quelques réflexions que nous avons tenu à exposer à votre auguste assemblée et en espérant avoir répondu à l'attente des organisateurs.



AERIAL

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

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

PHOTOTHEQUE

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

HALTE AU VOL!

Toujours au service de la profession,

**BLANCHET
LOCATOP**

se propose de publier chaque mois dans **GÉOMÈTRE** et **XYZ** les vols d'appareils qui lui seront signalés.

Si vous êtes victime d'un vol, communiquez-nous en la marque, le type, le numéro, la date et le lieu du vol.

Si on vous proposait la vente d'un appareil, n'oubliez pas de consulter notre liste avant tout achat pour ne pas risquer d'être considéré comme receleur.

Deux listes d'appareils volés, tous de marque WILD, vous ont été communiquées dans les revues GÉOMÈTRE de mai, juin, juillet, septembre et octobre 1984, auxquelles il conviendrait de se reporter.

Ci-après un nouvel appareil volé dans la région de Caen : Niveau Wild N3, n° 333-095.

Sur le trajet Thonon-Bordeaux a été volé également un tachéomètre autoréducteur Tari 4181, n° 191 398.

**LOCATION ET VENTE, NEUF ET D'OCCASION,
D'ÉQUIPEMENTS TOPOGRAPHIQUES ET D'ENSEMBLES
INFORMATIQUES HEWLETT PACKARD.**

**BLANCHET
LOCATOP**

S.A. au Capital de 2 400 000 Frs

**8, rue Jasmin - 75016 PARIS
Tél. : (1) 224.01.40 - Télex : 615165 F**

GAZETTE DE L'AFT

Calendrier 1984 à... 1992

Afin que nul n'en ignore les dates...

NATIONAL

BREST - AFT

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

AIX-EN-PROVENCE - AFT

21-23 Novembre 85 - Colloque sur "La topographie dans les Plans d'Occupation des Sols"
- Assemblée Générale de l'AFT.

INTERNATIONAL

GRAZ - Autriche

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

DÜSSELDORF - RFA

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

PROGRAMMES DES ASSOCIATIONS INTERNATIONALES JUSQU'EN 1992

ANNÉES	Fédération internationale des Géomètres — F.I.G. —	Association internationale de Cartographie — I.C.A. —	Société internationale de photogrammétrie et de Télédétection — I.S.P.R.S. —	Association internationale de Géodésie — I.A.G. - (I.U.G.G.) —
1985	Comité permanent 9-16 juin à Katowice (Pologne)		A.G. en Australie Perth août 84	
1985	Comité Permanent en Pologne (Varsovie)	Comité Exécutif		
1986	Congrès de Toronto (CA) du 1 ^{er} -11 juin	Comité Exécutif	Symposium	
1987	Comité Permanent en Norvège (Oslo)	Congrès à Mexico		Congrès
1988	Comité Permanent en Australie	Comité Exécutif	Congrès au Japon	
1989	Comité Permanent	Conférence Technique		
1990	Congrès à Helsinki	Comité Exécutif	Symposium	
1991	Comité Permanent	Congrès		Congrès
1992	Comité Permanent	Comité Exécutif	Congrès	

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

Région Rhône-Alpes

Visites du service du plan de la ville de Grenoble

Le 31 octobre et le 16 novembre 1984

Monsieur Marc Filhon, Ingénieur responsable de la cartographie automatique (Service du Plan) de la ville de Grenoble, a reçu deux groupes de membres de l'AFT limités à une dizaine de participants chaque fois pour respecter la climatisation locale du système informatique durant les démonstrations, observées après un exposé magistral sur l'objectif recherché et l'utilisation de l'équipement (*).

Le choix mûrement réfléchi de l'automatisation de la cartographie permet la restitution des levés faits au 1/2 000 à d'autres échelles, de modifier le découpage des plans, de sélectionner l'information et d'intégrer les réseaux localisés du sous-sol en fouille ouverte, à partir d'une station libre pour former ainsi



Les stations graphiques



La présentation de M. Marc Filhon.

progressivement une banque de données topométriques complète. Cette connaissance permet par exemple d'envisager le fonçage horizontal pour établir de nouvelles canalisations souterraines.

(*) Voir l'article de M. Marc Filhon dans la revue "Ingénieurs des Villes de France" 8 & 9 - 1983.

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur-Corse

• Réunion technique du jeudi 21 juin 1984 : visite de l'autoroute A8

L'autoroute A8, entre le viaduc du Paillon (échangeurs de Nice-Est, Nice-Centre) et la barrière de La Turbie a été mise en service en février 1978. Pour permettre de différer une partie des investissements, cette section a été réalisée en deux phases :

Dans la première phase, seule la chaussée Sud a été construite entre le viaduc du Paillon et le viaduc des Vignasses.

Dans la deuxième phase, commencée en septembre 1982 et dont l'achèvement est prévu durant l'été 1985, le chantier comporte :

- la construction de deux tunnels : Paillon, Turbie
- la construction de trois viaducs : Oli, Nuec, Vignasses
- la construction à trois voies de la chaussée Nord entre le viaduc du Paillon et celui des Vignasses
- l'élargissement à trois voies de la chaussée descendante entre le viaduc des Vignasses et la barrière de La Turbie
- la construction de lits d'arrêt pour poids lourds, tout au long de la descente Turbie-Paillon.

Ce sont ces travaux que nous avons visités le

21 juin : sous la conduite et avec les explications de M. Bondil, chargé de la conduite des travaux par le Maître d'œuvre, la Société Scetauroute, vingt membres de l'AFT (y compris son Président, M. Vincent) ont pu se rendre compte de la complexité de cette réalisation, due aux techniques mises en œuvre, à la nature et à la topographie du terrain, à la proximité de l'ouvrage en service...

Ponts poussés (viaducs de l'Oli et de la Nuec : 625 et 253 m), pont en encorbellement sur équipement mobile (viaduc des Vignasses : 228 m), tunnels du Paillon et de Rosti, ces grands ouvrages suscitèrent de nombreux commentaires.

Après le déjeuner, certains poursuivirent la visite pour voir les travaux au Nord de Monaco et aussi profiter du paysage...

Région Alsace

• Visite de l'usine Carl Zeiss à Oberkochen (RFA)

Après un départ matinal de Strasbourg le jeudi 29 novembre 1984, les dix participants, sous la conduite de Monsieur Koecher, Ingénieur en Chef au Service de l'Arpentage de la Communauté Urbaine de Strasbourg, sont chaleureusement accueillis dans l'enceinte de l'usine Carl Zeiss à Oberkochen. D'entrée, les imposantes unités de fabrication donnent l'impression d'une ville dans la ville, sentiment encore renforcé par le contexte social particulier de la firme (proche d'une autogestion participative). Au fur et à mesure on découvre les travaux permanents de restructuration des bâtiments, conséquence de l'extension constante de la firme.

Un circuit de visite guidée par groupe de trois ou quatre personnes commence par le montage de stéréorestituteurs analogiques et la programmation informatique de restituteurs analytiques sur la base de micro-ordinateurs H.P.

Puis, un des points hauts de la journée, la construction d'un télescope géant — le deuxième dans le monde — à destination de l'Irak. Et tout d'abord, nos collègues se voient expliquer l'élaboration de la lentille de ce télescope, qui mesure un peu moins de cinq mètres de diamètre pour une soixantaine de centimètres d'épaisseur, et pèse plus de quarante tonnes ! Le corps même du télescope, ensuite, en cours de montage, ainsi que son équipement électronique de guidage, sont présentés sous six étages successifs. La visite se poursuit dans le même bâtiment où sont également fabriqués les microscopes électroniques de pointe.

Les unités de production de lentilles de toutes formes et pour tous usages sont ensuite présentées.

Ce sont les éléments de base de l'optique Carl Zeiss, que l'on retrouve dans tous les produits de la firme, et en particulier dans les lunettes de vue qui représentent trente pour cent de son chiffre d'affaires.

Nos collègues passent ensuite dans les ateliers de montage des appareils optiques, tels les microscopes, théodolites et autres niveaux de chantier. La fabrication des différents carters est fortement automatisée : le fraisage, arasage, etc... se font sur table automatique munie de palpeurs, ce qui permet l'élaboration de pièces complexes en monobloc. Le montage lui-même est automatisé sur un tapis roulant qui aboutit au contrôle de finition.

Enfin, la visite matinale se termine par la cellule topographique proprement dite, avec la démonstration des appareils de terrain bien connus (Elta 46 + carnet de saisie électronique, Elta 2, 3, 4 et 20, niveaux à lame à faces parallèles...), ainsi que les stéréorestituteurs couplés à des tables traçantes. Ces produits de qualité ne représentent cependant qu'une faible partie (env. 8 %) de l'ensemble des activités de la firme Zeiss.

Un bref repas dans la cantine modèle de l'usine, laisse encore le temps à nos collègues, avant de regagner l'Alsace, de visiter le Musée de l'Optique Zeiss, où l'on peut contempler des premières lunettes de vue, d'origine chinoise (X^e siècle), aux morceaux de pellicule photographique ramenés de la lune par la NASA qui utilise l'optique Carl Zeiss, en passant par les longues-vues, jumelles, appareils photo et microscopes à travers les âges, bref, tout un historique de l'optique universelle, où il faut convenir de la place prépondérante des produits Carl Zeiss à Oberkochen.

Les participants ont découvert avec beaucoup d'intérêt une entreprise aux activités surprenantes dans un contexte économique-social très favorable.

Rubrique gratuite réservée aux membres de l'AFT

OFFRES D'EMPLOI

GROUPE DE DIMENSION INTERNATIONALE

recherche

INGÉNIEUR de HAUT NIVEAU

possédant une expérience de quelques années
en **RÉDACTION CARTOGRAPHIQUE**

Après une période d'adaptation au fonctionnement de l'entreprise, il sera destiné à prendre en charge un département important au sein du service cartographique.

Des connaissances en informatique seraient souhaitables.

Cette situation d'avenir pourrait convenir à un ingénieur d'environ 32 ans, alliant à une compétence technique élevée des qualités de commandement et d'organisation. Le poste est basé à Paris.

Discrétion assurée.

Adresser curriculum vitae à **INTERMEDIA n° 561, 9 bis, rue Labie - 75017 Paris** qui transmettra.

Technicien Géomètre Topographe

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

AGA GEOTRONICS recherche

1 INGÉNIEUR COMMERCIAL de formation topographique

ayant quelques années d'expérience commerciale,
des connaissances en informatique
et de bonnes notions d'anglais.

Adresser C.V. et prétentions
Monsieur Fogelstrom
AGA GEOTRONICS
12, avenue du 8 Mai 1945
95200 Sarcelles

DIVERS

- Tous travaux de bathymétrie sur devis, location sondeur avec ou sans opérateur, avec ou sans bateau. Tél. : (3) 978.01.84.

- Qui pourrait prêter quelques jours à un membre de l'AFT des cours de l'Institut de Topométrie. Ecrire AFT.

- Chambre photogrammétrique Wild P 32 à vendre excellent état, neuf, prix intéressant. Tél. : (7) 846.09.19.

DEMANDES D'EMPLOI

- ESGT, 27 ans, 3 ans d'expérience variée France et Etranger cherche emploi de préférence dans région Rhône-Alpes ou Etranger.

Ecrire à : M. Bernard Mugnier
Le Bourget
73250 Saint-Pierre-d'Albigny

- Technicien géomètre, 23 ans, formation FPA Meaux 1984, cherche emploi toutes spécialités. France ou Etranger.

S'adresser à :
M. Jean-François Estrade
18, route de Limoges
23300 La Souterraine
Tél. : (55) 63.23.15

- Futur ingénieur ESGT libéré OM, 18 mois d'expérience topométrie de précision cherche emploi préf. région Rhône-Alpes.

Ecrire à : Louis Martin
Colombard
42450 Sury-le-Comtal
Tél. : (77) 53.51.90

- Ingénieur ESGT, 29 ans, 3 années d'expérience comme chef de mission en topographie et topométrie + expérience cabinets recherche emploi. Étudie toutes propositions.

Ecrire à : Philippe Picot
28, avenue Albert Gravy,
Varennes-sur-Seine
77130 Montereau
Tél. : (6) 432.58.65

DEMANDE DE STAGE

- Élève-ingénieur, 1^{ère} année ESTP, section topographie, cherche stage vacances durée 1 mois pour juillet ou août.

Ecrire à : Melle Françoise Hardange
47, rue d'Alleray
75015 Paris
Tél. : (1) 250.15.45

Assemblée Générale 1984

Compte rendu de séance

1. L'assemblée est ouverte à 18 heures 30 par le Président Robert Vincent, dans une salle de la Maison des Centraux (rue Jean-Goujon, 75008 Paris).

2. Vérification aux comptes

Deux membres de l'Association acceptent de procéder à la vérification des comptes, il s'agit de : MM. Bernard Louis, AFT n° 725, Jacques Vincent, AFT n° 115.

Les dossiers de comptabilité leur sont remis et ils se retirent dans un salon parallèle pour entreprendre leur contrôle.

3. Rapport moral

Le secrétaire général donne lecture du rapport moral (publié par ailleurs). Mis aux voix, il est adopté à l'unanimité.

4. Rapport financier

En l'absence du trésorier, retenu par des obligations professionnelles, M. Jacques Furher, Vice-Président, donne lecture du rapport financier :

- les recettes s'élèvent à 421 449,18 F
 - les dépenses s'élèvent à 453 265 ,50 F
- soit un excédent de dépenses de 31 816,32 F.

La situation de la trésorerie est donc ramenée de 89 491,47 F au 31 octobre 1984 à 57 675,13 F au 31 octobre 1984.

A l'issue des opérations de vérifications, Bernard Louis et Jacques Vincent n'ayant aucune observation à formuler sur la comptabilité, le président soumet le rapport financier à l'approbation de l'assemblée. Le rapport est adopté à l'unanimité.

5. Fixation du montant des cotisations 1985

Sur proposition du Conseil, les tarifs de cotisation pour 1985, présentés ci-dessous, sont proposés à l'assemblée générale.

Catégorie	Total
Ingénieurs, Cadres, Personnes morales	300
Techniciens, Agents de maîtrise Retraités Cadres et Ingénieurs	180
Etudiants, Stagiaires, Service National, Retraités Techniciens et Agents de maîtrise	130

Les frais d'inscription demeurent les mêmes que l'année dernière. Les barèmes sont acceptés à l'unanimité.

Le tarif d'abonnement de la revue passe de 325 F à 350 F.

6. Membres d'honneur et membre correspondant

Le Président déclare que, à l'occasion du 1^{er} Congrès International de l'AFT, le Conseil de l'Association avait décidé de proposer à l'assemblée la nomination de 3 membres d'honneur.

A savoir :

Jean Cruset, Ingénieur Général Géographe (en retraite). Ancien Président de la Société Internationale de Photogrammétrie et de Télédétection.

Chedly Fezzani, Secrétaire Général de l'Association Africaine de Cartographie.

Roger De Preester, Chargé de Mission à l'Inspection Générale du Ministère de l'Éducation Nationale et qui a présidé nos 5^e et 9^e colloques sur l'enseignement.

L'assemblée approuve à l'unanimité la proposition du Conseil et applaudit vivement à la nomination de ces personnalités comme membres d'honneur.

Par ailleurs, M. José Zelasco (membre n° 697) est proposé comme membre correspondant pour l'Argentine et éventuellement pour l'Amérique Latine.

L'assemblée approuve à l'unanimité cette proposition.

7. Revue XYZ

Jean Puycouyoul, Directeur de la Publication, fait part à l'assemblée de quelques informations concernant la Revue et souhaite que de nombreux membres écrivent des articles, non seulement techniques, mais également sur leurs souvenirs ou leurs recherches sur le passé. Il cite à ce sujet la rubrique 300 ans de Géodésie Française et "O Kerrata". A suivre.

8. Commissions

Roger Thomas, Président de la Commission 1 dit quelques mots au sujet du glossaire des termes de topographie dont s'occupe actuellement la commission.

M. Vinot souhaite que l'AFT tienne à jour un registre des publications sur la topographie. A suivre.

M. Combe, Président de la Commission 8, rappelle que cette commission a eu la charge de l'organisation du Colloque du Creusot et travaille actuellement sur celle de Brest.

Maurice Dauge rappelle que le Conseil avait émis le vœu que chaque commission soit régionalisée, ce qui faciliterait les possibilités de réunion. Ce projet sera repris à la prochaine réunion du Conseil.

9. Régions

Quelques Présidents régionaux font part à l'assemblée de leurs réunions locales, en particulier :

- M. Alajouanine (Rhône-Alpes). Visite du Service Technique de la Ville de Grenoble.
- M. Pierre Second (Provence-Côte d'Azur). Visites concernant :
 - Topographie dans une commune rurale.
 - Réalisation de la 2^e chaussée de l'Autoroute A8 Nice-La Turbie.
- M. Louis Catinot (Limousin). Organisation de la région.

- M. Jacques Theze (Bretagne). Visite du CELAR.
- MM. Kœcher et Royer (Alsace, Lorraine, Champagne). Visite de Sacilor et EDF Cattenom.

L'assemblée générale est close à 19 heures 15 par le Président.

10. Assemblée Générale extraordinaire

Le président déclare ouverte l'Assemblée Générale extraordinaire, constate que le quorum (1/2 des membres) n'étant pas atteint, cette assemblée ne peut valablement délibérer, et remet les questions à l'ordre du jour (Comité de Parrainage) à une prochaine Assemblée Générale extraordinaire qui statuera en 2^e convocation.

Rapport Moral

par Jean COMBE
Secrétaire Général

Mesdames, Messieurs.

Le rapport moral de notre Association que j'ai l'honneur de vous présenter aujourd'hui revêt un caractère particulier. Je parlerai bien entendu de l'activité de notre Association depuis notre dernière Assemblée Générale qui s'est tenue le 1^{er} décembre 1983 à Olivet, mais il s'agit surtout de jeter un coup d'œil en arrière et de mesurer le chemin parcouru en 5 ans. En effet, vous le savez notre Association a été constituée le 15 décembre 1978 et le premier bureau a été élu le 30 janvier 1979. C'est donc bien sur ces 5 années que doit porter notre bilan.

Mais, par ailleurs, puisque notre Congrès actuel s'intitule "Topographie du futur", il me semble également que nous devrions ensemble évoquer le futur de notre Association.

1 — Administration

Depuis 1979 un secrétariat est assuré les mardi et vendredi matin. Pour les autres jours un répondant automatique assure la continuité de la réponse aux questions posées par les Membres ou par d'autres. Notre Président fait beaucoup (trop peut-être !) puisqu'il assure lui-même la plupart des réponses, des contacts... Je crois que nous devons lui adresser des remerciements pour cette activité qui somme toute ne ressortit pas à son rôle de Président. Notre Secrétaire (Mme Cabanettes) est présente aussi les mardi et vendredi.

Pour le futur, si notre Association se développe, nous devons envisager un secrétariat beaucoup plus étoffé, ce qui ne manquera pas de créer des problèmes financiers. Je laisse au trésorier le soin de vous en parler.

2 — Adhésions

Par quelques chiffres, nous pouvons constater le chemin parcouru.

Année	Adhésions	Décès Démissions Radiations	Reste
1979	486		
1980	730		
1981	865	51	814
1982	953	104	849
1983	1 046	121	925
1984	1 115 (25/11)	199	914

Comme vous pouvez le constater, le nombre d'inscriptions continue à augmenter ; cette année nous avons dû procéder à de nombreuses radiations pour non-paiement, si bien que le nombre de membres actifs demeure sensiblement le même que l'année dernière.

Il apparaît nécessaire de faire un effort de recrutement, et j'invite les Présidents Régionaux à déployer tous leurs talents.

Déjà quelques-uns de nos Membres nous ont quittés, pour cette année nous voudrions signaler le décès de M. Pierre Faure.

3 — Assemblées Générales

Aujourd'hui nous sommes réunis pour notre 5^e Assemblée Générale Ordinaire. Pour ce qui est des Assemblées Générales extraordinaires dont la finalité est de modifier les statuts, je rappelle celles de :

— juin 1981 — Lyon — portant sur : personnes morales qui peuvent adhérer et le nombre de Régions ;

— novembre 1981 — Brive — portant sur : composition du bureau.

A l'issue de cette Assemblée Générale Ordinaire, vous êtes convoqués à une Assemblée Générale extraordinaire pour modifier les statuts afin de mettre en place un Comité de Parrainage qui comprendrait diverses personnalités de la profession, dont certains directeurs des Services Publiques.

Le texte en est le suivant :

Modification des statuts de l'Association : article 4 - moyens d'actions ; il est proposé d'ajouter un paragraphe 9 :

9 - La constitution d'un Comité de Parrainage.

4 — Conseil

Le Conseil de l'Association s'est réuni quatre fois cette année :

- le 1^{er} décembre à Olivet (sessions n° 29)
- le 26 janvier à Paris (session n° 30)
- le 22 avril à Paris (session n° 31)

Le 20 septembre 1984 a eu lieu la 32^e séance du Conseil. Je ne voudrais pas revenir sur les 31 qui précèdent, mais simplement rappeler que c'est à l'occasion de ces séances du Conseil que sont décidées les orientations de l'Association en particulier en ce qui concerne les statuts, les commissions, les régions, les colloques, et même le montant des cotisations ; propositions qui sont soumises à votre approbation lors des assemblées générales.

5 — Publications

M. Puycouyoul, responsable de la publication de XYZ, nous en parlera plus longuement, simplement je rappelle que maintenant, depuis 1982, nous avons des pages de couverture en couleur, qu'elle est toujours aussi appréciée quant à son contenu et qu'elle est promise à un bel avenir, puisque étant tous des membres très éminents, vous ne tarderez pas à nous envoyer des articles sur vos activités, vos recherches, vos façons de procéder, etc...

Par ailleurs le FIL continue d'assurer une liaison entre les revues ; cette année il est paru en février, avril, juillet, octobre (n° 5 à 8 inclus).

6 — Commissions

Les responsables des Commissions ici présents nous feront le point de leurs activités un peu plus tard. Je voudrais simplement rappeler que les Commissions ont aussi la charge de l'organisation technique des colloques, ce qui prend énormément de temps. Aussi comme toutes ces activités s'ajoutent au travail quotidien, nous ne devons pas nous étonner si certaines Commissions se trouvent un peu débordées actuellement. Par ailleurs nous cherchons toujours un responsable pour les Commissions 3, 5, 6, en remplacement de MM. Bacchus, Ducher, Schaffner.

7 — Régions

Je ne reviendrais pas sur les Présidents et Délégués Régionaux déjà élus ou désignés. En 1984, le Conseil a nommé M. Bernard Louis (Géomètre à Fecamp), qui a accepté, délégué provisoire pour les Régions Basse et Haute-Normandie ; qu'il me soit encore permis de remercier les Présidents et Délégués Régionaux, car c'est grâce à eux que se fait le recrutement et la promotion de l'AFT.

Ceux qui sont ici présents vous rendront compte dans quelques instants de leurs activités régionales et des manifestations qu'ils ont organisées.

8 — Colloques Nationaux

Le rythme de 2 colloques annuels dont un avec l'Assemblée Générale, semble maintenant une bonne solution.

Depuis 1979 nous avons organisé 10 colloques dans diverses régions, dont 3 sur la formation professionnelle et le 10^e au Creusot sur la Topométrie et Photogrammétrie industrielles. Ce colloque a réuni pour 48 heures 120 personnes au Novotel de Montchanin. En plus des conférences, la visite de l'Usine du Creusot et de ses ateliers de métrologie ont été très appréciés.

Notre Congrès s'annonce déjà comme un succès.

Pour 1985, nous prévoyons deux colloques :

- les 30 mai et 1^{er} juin à Brest - Bathymétrie,
- en novembre à Toulouse - Télédétection.

D'autres sont déjà prévus pour 1986 qui pourraient porter sur les POS (Aix-en-Provence) ; les travaux souterrains, la photogrammétrie, etc...

9 — Formation continue

Depuis 1983, l'AFT est reconnue comme organisme pouvant assurer une formation continue. Des actions ont déjà été réalisées dont M. Memier a fait le point l'année dernière et sur lesquelles je ne reviendrai pas. Par contre, je crois que pour l'avenir il semble souhaitable que le potentiel technique que représente l'AFT (aussi bien pour la diversité des professions que par la qualité de ses Membres) puisse entreprendre de rentables actions de formation continue suivant deux formules :

- réponse à la demande au sein de l'Entreprise en constituant le groupe de personnes nécessaires. Cette solution est celle qui s'est déjà pratiquée ;
- perfectionnement sur un thème donné par nos colloques sous la seule réserve de les rendre encore plus "pointus", c'est-à-dire en limitant volontairement les sujets.

Il y a ici un avenir certain pour notre Association.

10 — Conseil

Les prochaines élections de Membre du Conseil auront lieu fin 1985 à l'occasion de notre prochaine Assemblée Générale.

11 — Orientation (vers le futur Congrès)

Notre Association ne comporte hélas que peu de techniciens, malgré les efforts financiers que nous avons fait pour les accueillir (dès 1982). Il y a là une question qui doit nous interroger ; il est souhaitable que chacun de nous essaie de faire comprendre à ces techniciens, l'intérêt à adhérer à notre Association. Il est dit aussi que notre revue est trop savante, qu'il y a peu d'articles concernant les techniciens ; c'est peut-être vrai, vous verrez, je crois dans le numéro 21, quelques pages écrites par des techniciens. Essayons de faire porter nos efforts sur ce point.

Par ailleurs, le rayonnement de notre Association à l'extérieur de l'hexagone est en bonne voie ; nous avons même quelque 50 membres hors de l'hexagone. Mais, puisque la France a été le berceau des

sciences géographiques, il faudrait qu'elle maintienne le rayonnement de la topographie.

Je crois aussi que nous devrions nous atteler ensemble à une grande œuvre, par exemple la publication de l'encyclopédie de la topographie sous forme de fiches techniques, mises à jour périodiquement, avec une grande diversité de thèmes correspondant à la pluralité des applications de notre profession. Nous parlerons de ce projet lors de notre prochain Conseil.

Il faut aussi que l'AFT soit présente dans les diverses commissions nationales (Enseignement, AFNOR, etc...) où se décide l'avenir de notre métier.

Enfin s'il est permis d'émettre un vœu au sujet de notre prochain congrès international (en 1989 ou 1990) je souhaiterais que nous nous retrouvions tous en bonne forme dans une association comprenant 2 fois plus de membres et dont le dynamisme déborderait largement le cadre de l'hexagone.

REPRODUCTION PHOTOGRAPHIQUE

- agrandissements
- réductions
- remises à l'échelle en tous formats
- réductions/assemblages de plans à échelle imposée
- confection
- reproduction
- travaux spéciaux sur mosaïques topographiques
- travaux sur supports polyester
- typons offset
- tramés ou trait

HAUTE PRECISION

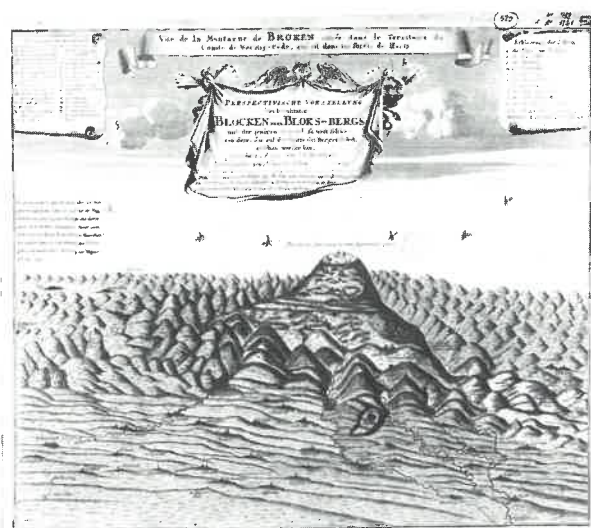
LART

PHOTO-REPROGRAPHIE PHOTO-CARTOGRAPHIE

LES APPLICATIONS DE LA
REPRODUCTION TECHNIQUE

5, rue de la Véga
75012 PARIS

☎ 347.15.92



XYZ met le monde à l'envers. Dans notre numéro 20 les reproductions de la carte du massif du Mont Blanc par E. Viollet-le-Duc et de la montagne de Brocken par L.S. Bestehorn ont été fâcheusement retournées. Nous prions nos lecteurs de nous en excuser et de trouver dans ce numéro les mêmes montagnes à l'endroit.

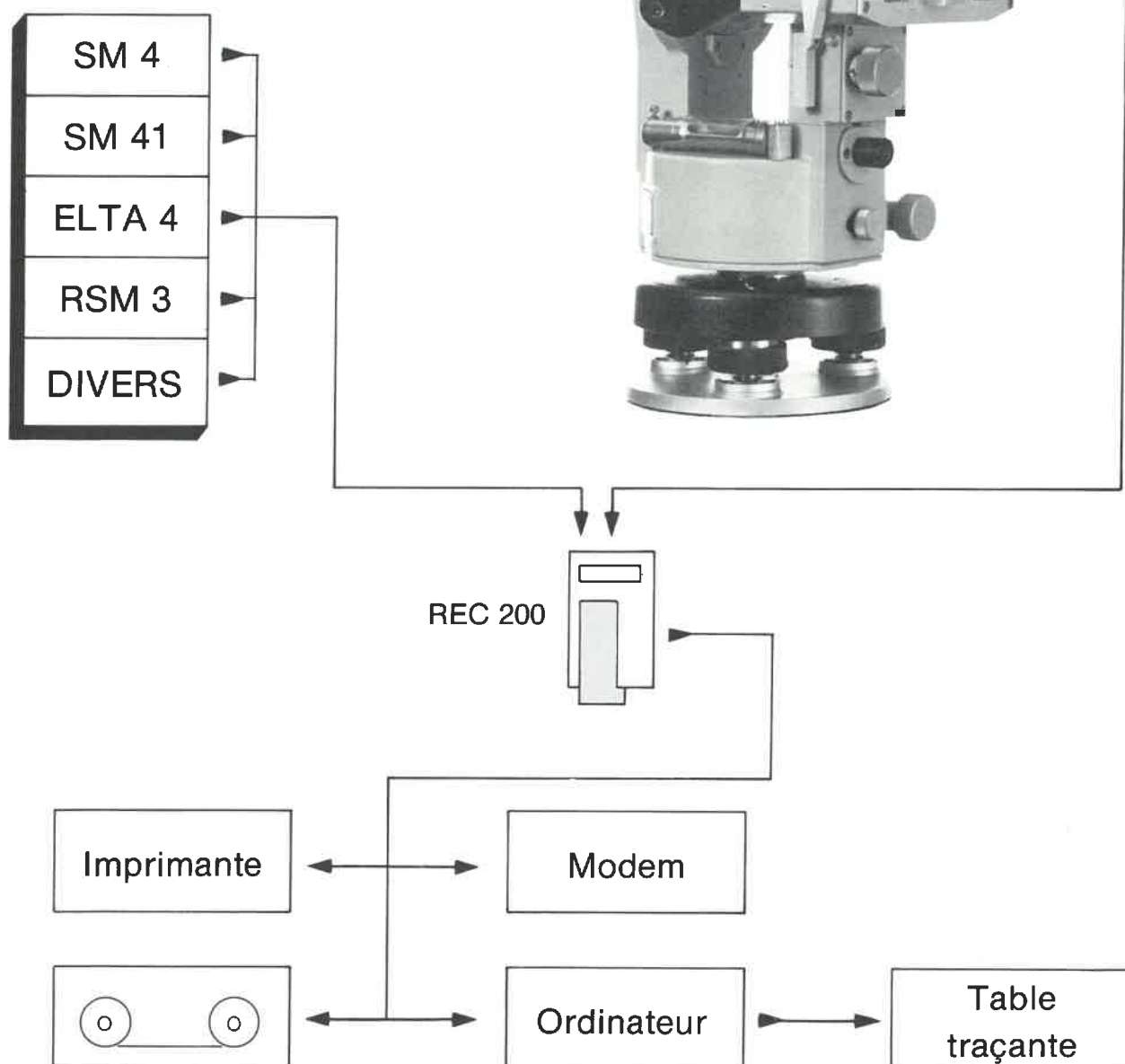
SLOM et l'enregistrement ZEISS

ELTA 46 R + REC 200 =

Enregistrement
automatique :

ELTA 46 R → REC 200

Enregistrement manuel :



Documentation et démonstration sur simple demande à :

SLOM

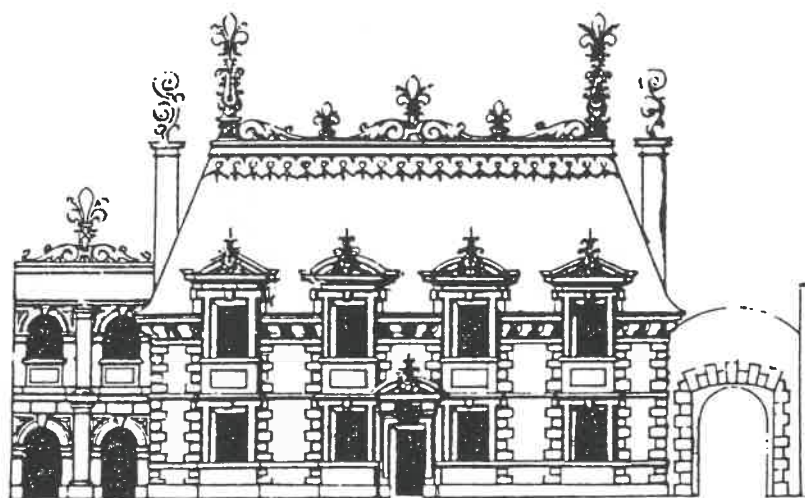
11 bis, rue du Perche
75003 PARIS



Tél. : (1) 271.28.30
Télex : 240 729 F

EXPOSITION AU SERVICE DE L'INVENTAIRE

L'ARCHITECTURE EN REPRÉSENTATION



Poitiers (Vienne)

Projet pour une école de médecine
et un jardin botanique
(vers 1621)

“face intérieure de la salle, chambres hautes et cabinets”

Paris - Salle d'exposition de l'Inventaire général - Hôtel de Vigny
10, rue du Parc Royal, 75003

3 janvier - 28 février

Ouvert du lundi au vendredi, de 12 h à 18 h - Entrée gratuite

Renseignements : Sous-direction de l'inventaire - Tél. : (1) 271.22.02

Cette exposition, organisée à l'occasion de l'ouverture du centre national de documentation du patrimoine et dans le cadre de la célébration du vingtième anniversaire de l'inventaire général des monuments et des richesses artistiques de la France, propose de montrer les images de la représentation d'architecture, et bien au-delà des effets plastiques, de recenser les modes de fabrication, du crayon à l'ordinateur.

Plus de douze cents documents anciens et contemporains sont projetés dans un parcours jalonné d'œuvres choisies comme réfé-

rences ; un audiovisuel interactif permet aux spectateurs de visualiser les innombrables modes et factures de la représentation ; un “atelier” regroupant ordinateur, tables traçantes et restituteur photogrammétrique, présente les nouvelles images de l'architecture.

Un ouvrage de près de 300 pages et regroupant 500 illustrations tant en noir qu'en couleur analysera à travers plus de cinquante articles d'architectes, d'historiens, de sociologues... la pratique de la représentation d'architecture.

ITINÉRAIRE

Au commencement de la représentation de l'architecture il y a l'œil, cet œil dans lequel au 18^e siècle Claude Nicolas Ledoux inscrit le théâtre de Besançon ; c'est sur une nouvelle image de l'œil transcrite par ordinateur que s'ouvre l'exposition qui se déroule en sept points de projection.

L'architecture en représentation est la 117^e exposition réalisée par le service de l'Inventaire Général des Monuments et des

Richesses Artistiques de la France. Collecteur d'images d'architecture, producteur de relevés, l'Inventaire général ouvre aujourd'hui l'ensemble de ses dossiers au public dans le Centre national de documentation du patrimoine à l'Hôtel de Vigny.

Une grande partie de la documentation offerte dans l'exposition provient de cette masse documentaire considérable qui couvre déjà le 7^e du territoire de la France ; la représentation de

l'architecture contemporaine vient compléter les mille images présentées et ouvre sur la pérennité des pratiques de représentations et l'actualité des technologies nouvelles.

La documentation est volontairement regroupée autour d'un nombre limité d'édifices pour faciliter les comparaisons, mesurer l'évolution des usages et des modes et techniques.

Signalé par une peinture anonyme du 18^e siècle conservée au Musée historique lorrain de Nancy, le château de Commercy (Meurthe-et-Moselle) indique à travers ses représentations la démarche de l'exposition.

Les multiples usages de la représentation illustrés par un projet pour le château de Lauture qu'Hector Horeau dessine en 1866 ainsi que par un plan en relief de 1701 d'une partie de la ville de Perpignan occupent la seconde salle du parcours.

Les lois de l'espace pour "organiser, comme le dit André Chastel, l'expérience de l'espace" dressent l'inventaire des procédés de représentations : images en deux dimensions : perspectives, géométriques, vues cavalières ou axonométriques, mais aussi en trois dimensions : moulages et maquettes réelles et ces maquettes virtuelles que sont les vues stéréoscopiques ou les hologrammes. Dans cette section une sculpture de Patrice Alexandre éclaire le rôle de l'image architecturale dans l'inspiration artistique. Autre représentation spatiale, les profils de zinc pour la taille de la pierre d'une baie de la basilique de Saint-Nicolas-de-Port, constituent l'exemple d'une représentation à construire trop souvent négligée.

Au-delà de leurs qualités esthétiques, les deux dessins de Bernard Tschumi réalisés pour l'aménagement du parc de La Villette et confrontés à l'hologramme du même projet, montrent la permanente nécessité d'une coexistence de tous les modes de représentations pour étudier et visualiser l'architecture.

Le projet de Viollet-le-Duc pour la façade de la cathédrale de Clermont-Ferrand et le relevé qu'en donne un siècle plus tard la photogrammétrie, introduisent à l'opposition dessin-projet/dessin-relevé, envisagée à travers les technologies traditionnelles.

L'atelier qui rassemble chambres et restituteur photogrammétriques, ordinateur et table traçante forme la démonstration permanente de ces nouvelles images pour l'architecture que l'informatique et sa mémoire prodigieuse offrent aux praticiens pour la conception des projets, la construction et la restauration du bâti. Enfin le Théâtre de l'architecture, comme se nommaient certains livres anciens, propose une mémoire de 486 images gérées par ordinateur ; sélections typologiques sur les modes et les moyens de la représentation, morceaux choisis d'architecture ou images au hasard, regroupements monographiques et topographiques, autant de questions que le visiteur peut poser, pour qu'une fois franchies, les illusions multipliées de l'anaglyphe, s'ouvrent ou se poursuivent les débats et la réflexion sur les représentations de l'architecture.

Œuvres exposées : Château de Commercy (Meurthe-et-Moselle), peinture anonyme du 18^e siècle. Musée historique lorrain de Nancy. □ Projet pour le château de Lauture (Tarn-et-Garonne), dessin de Hector Horeau, 1866 (Coll. part.). □ Perpignan (Pyrénées-Orientales) : plan en relief, 1701, 1/600^e. Musée des Plans reliefs, Hôtel des Invalides, Paris. □ Architecture n° 2, sculpture, terre cuite, Patrice Alexandre. □ Saint-Nicolas-de-Port, (Meurthe-et-Moselle), basilique : calepinage de la baie de la sacristie avec profils en zinc pour la taille des pierres (Société nouvelle France-Lanord et Bichaton, 1983). □ Parc de La Villette : folie éclatée (mars 1984) ; trois systèmes d'organisation du site (octobre 1982) dessins Bernard Tschumi. □ Projet lauréat pour l'aménagement du parc de La Villette, hologramme. Agence Bernard Tschumi Architecte (Musée des sciences et des techniques de La Villette, Paris). □ Clermont-Ferrand, cathédrale, élévation antérieure, projet par Eugène Viollet-le-Duc, décembre 1864 (Centre de Recherche des Monuments historiques). □ Clermont-Ferrand, cathédrale, élévation antérieure, restitution photogrammétrique Inventaire général Michel Maumont 17100^e, 1979. □ Photothéodolite focale : 200 mm, format 13 × 18 cm, SOM, vers 1930 (Coll. J. Cl. Stamm).

LECTURE

L'architecture rassemble de manière ambiguë tout un faisceau d'images et de besoins, d'habitudes et de plaisirs. Sa taille en fait la seule œuvre d'art inévitable celle qu'on ne peut dissimuler dans le coffre d'une banque ou montrer de façon parcimonieuse dans un musée ; omniprésente dans le parcours de l'homme elle satisfait son besoin le plus élémentaire d'être abritée, elle répond à ses exigences de vanité et d'harmonie, elle exprime ses instincts grégaires et manifeste son degré de socialisation. Toujours L'ARCHITECTURE EST EN REPRÉSENTATION et profère un discours de l'homme sur lui-même. Comme en écho, le discours sur l'architecture et les multiples représentations qu'il adopte réverbère des intentions diverses, n'exclut aucun langage et ne refuse aucun support. C'est à cet exercice de rhétorique que nous convie d'abord cet ouvrage et l'exposition qu'il accompagne.

L'ANATOMIE de la représentation d'architecture envisage les modes innombrables qu'elle revêt et dont aucun n'est exclusif. La qualité plastique des représentations d'architecture que de multiples expositions ont révélé au grand public ne doit pas pour autant masquer ses fonctions et son emploi par des corps de métiers aussi divers que l'architecte et l'historien, le maçon et le charpentier, l'urbaniste et le sociologue, l'artiste et l'élus. Outil pour IMAGINER et CONCEVOIR la représentation d'architecture constitue le médiateur pour CHOISIR et DÉCIDER ; elle offre la documentation indispensable pour CONSTRUIRE et TRANSFORMER, pour RESTAURER ; elle devient l'instru-

ment privilégié pour RESTITUER les genèses et les analyses ; elle s'ouvre sur les autres domaines de l'activité humaine en proposant des ressources formelles pour INSPIRER l'artiste et PROVOQUER l'aboutissement des processus mentaux en contribuant à l'expression d'images et de questionnements. Ce sont donc sur les usages que nous avons fait porter toute notre attention en multipliant les interventions de praticiens. En final trois parties loin de conclure ouvrent les débats tant il est vrai que les problèmes posés par la représentation d'architecture sont actuels et liés aux exigences et besoins de notre époque.

La FABRICATION de la représentation d'architecture fait la part des techniques les plus banales comme celles des technologies les plus avancées ; du crayon à l'ordinateur, de la photographie au laser, elle participe constamment de la tradition et de la culture, de l'actualité ; elle s'inscrit dans les adaptations scientifiques, créatrices de progrès et probablement d'essor économique.

Son ENSEIGNEMENT, à travers les hésitations des recherches et de la pédagogie débordent rapidement sur les interrogations sociologiques et philosophiques.

Son ARCHIVAGE en lui imposant des limites insinue des paradoxes qui ne sont pas les moindres effets de la "bibliothèque de Babel" qu'il tente de réunir. Il débouche sur les nécessités fondamentales d'un musée de l'art de bâtir bien au-delà d'une trop stricte représentation de l'architecture et de pratiques muséologiques inadéquates.

Métrologie tridimensionnelle d'un détecteur de particules

par J.-P. QUESNEL

Ingénieur dans le Groupe de Géodésie et Métrologie du CERN

I. INTRODUCTION

En 1983, deux équipes de chercheurs physiciens ont réussi au CERN, en étudiant des collisions de protons et d'antiprotons, à mettre en évidence les bosons intermédiaires W et Z_0 . Cette découverte, qui vient ainsi vérifier les prédictions de la théorie, permet de réunifier les forces faibles et électromagnétiques.

Ces résultats fondamentaux sont le fruit de plusieurs années de travaux préparatoires ; il a pour ce faire, fallu savoir créer des antiprotons, les rassembler pour les faire circuler dans une chambre à vide circulaire, et rendre possible des collisions à certains endroits précis de l'orbite. C'est ce qui a été réalisé dans le projet P.P au CERN, qui utilise l'anneau du Super Proton Synchrotron comme anneau collisionneur, et sur lequel deux zones ont été aménagées pour étudier les phénomènes engendrés dans de telles collisions. La collision de particules crée des particules secondaires, qui peuvent être détectées par mesure d'énergie, par analyse des traces dans des chambres à dérive. Pour cela, les physiciens ont conçu un détecteur, capable d'entourer en tous sens le point de collision théorique, et d'observer les événements physiques par tous les moyens autorisés par la technologie actuelle.

L'un des points de collision sur l'anneau est situé près du puits n° 4 du SPS. Il est construit par le CERN et par deux collaborations regroupant des universités italiennes et françaises.

Nous étudierons comment est constitué ce détecteur, pourquoi les physiciens se sont assurés le concours du service de métrologie et par quels moyens et avec quelles méthodes ce service a mené à bien le montage et le positionnement du détecteur sur l'orbite des particules.

II. LE DÉTECTEUR UA2/UA4

Les détecteurs de particules sont basés sur le principe électromagnétique. Les plus employés actuellement sont :

- les détecteurs à fils multiples
- les compteurs Cerenkov
- les calorimètres
- les chambres à dérives.

Les chambres à dérives sont très employées dans cette expérience. Leur principe en est le suivant : le

passage d'une particule chargée dans un gaz libère des électrons. Ceux-ci migrent dans un champ électrique et sont alors détectés par un fil compteur. En multipliant le nombre de plans de fils, et si on connaît la position de ces fils, on peut alors reconstituer la trace des particules dans l'espace, et déterminer alors leurs caractéristiques physiques : quantité de mouvement, charge électrique, masse, énergie cinétique. Le géomètre doit donc fournir les positions spatiales de ces chambres à dérives.

Le détecteur est constitué de quatre parties principales. Chaque partie est elle-même l'assemblage de plusieurs systèmes de détection (fig. 1).

La partie centrale du détecteur est un calorimètre, au centre duquel est inséré un ensemble de chambres à fils de forme cylindrique. Elle est fermée par deux aimants à champ toroïdal. Elle est fixe sur le support général de l'expérience.

De part et d'autre de la partie centrale, sont montés sur un cadre mobile sur rails trois séries de détecteurs. Une première série est constituée par un ensemble de douze paquets de chambres préassemblées trois par trois, et distribuées telles un parapluie autour de l'axe longitudinal de l'expérience. Quatre boîtes contenant chacune six chambres à fils, arrangées pour former un cube, constituent la seconde partie, qui est située dans un tube de 1 m de diamètre, axé sur l'expérience. La partie arrière du cadre est recouverte par douze autres chambres à fils qui sont montées sur deux supports mobiles.

Enfin, latéralement à l'expérience, un ensemble de chambres à fils et de détecteurs de verre au plomb est monté sur un support spécial.

Les trois premières parties du détecteur sont montées sur une même plate-forme. Tous les détecteurs ont été descendus à 60 m sous terre, profondément à laquelle circule le faisceau SPS en cet endroit, pour être assemblés sur cette plate-forme dans une caverne de montage. Ce travail de montage a duré une année. Il est périodiquement repris pour changer des éléments défectueux. Une fois le tout construit, la plate-forme est transportée sur coussins d'air sur une distance de 20 m environ dans une deuxième caverne pour être installée sur l'orbite des faisceaux de protons et d'antiprotons, là où ont lieu les collisions. L'ensemble qui pèse 300 T doit alors être aligné. Le géomètre doit ensuite fournir la position spatiale réelle de toutes les chambres à fils du détecteur (144) par rapport au faisceau, avec une précision relative globale de ± 0.5 mm. Ce travail est programmé sur une période de 8 jours.

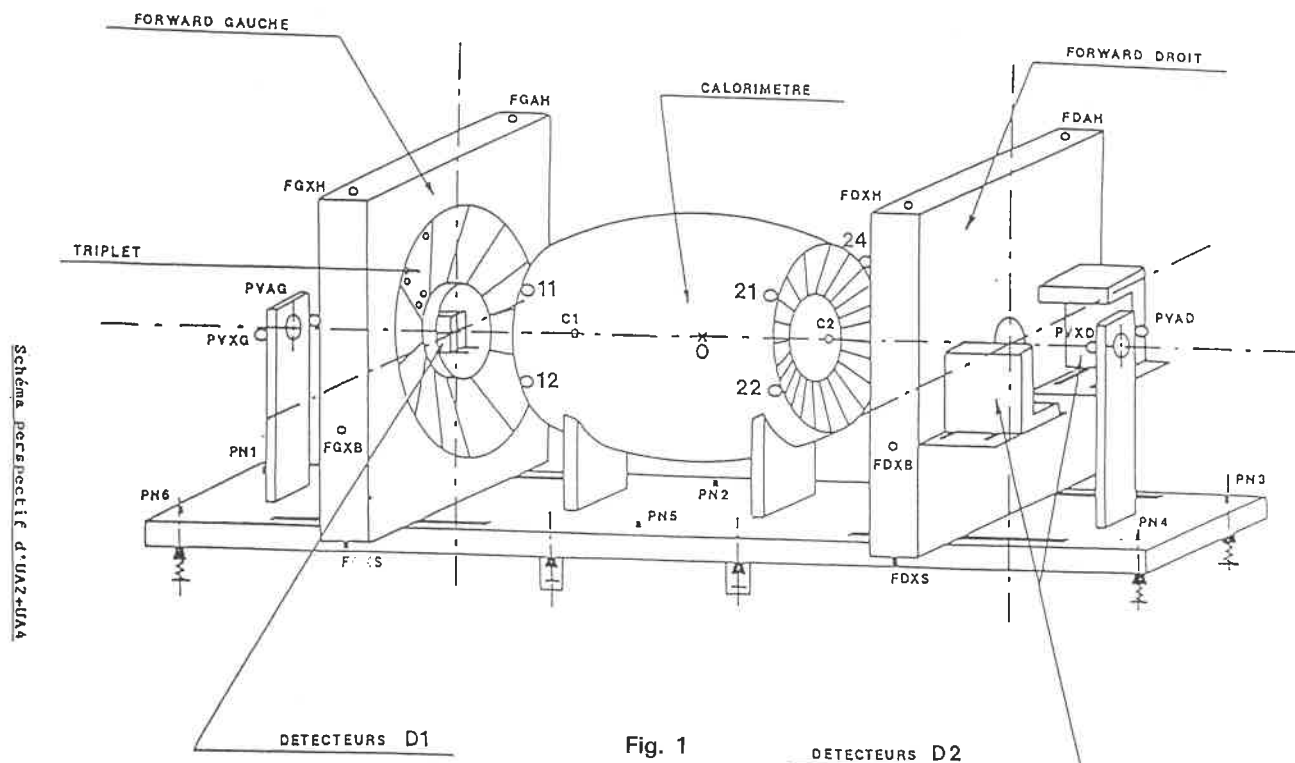


Fig. 1

L'assemblage des différentes pièces est donc un travail de réglage et de mesures dans l'espace : toutes les pièces doivent s'emboîter les unes dans les autres, telles des tables gigognes, et ceci dans un ordre précis puisque l'accessibilité aux détecteurs les plus centraux n'est que temporaire.

Le géomètre se trouve donc confronté à plusieurs problèmes. Il doit d'abord assurer le montage des différents éléments, mesurer leurs positions relatives dans l'espace, et établir des relations géométriques entre ces éléments et des repères fixés aux sous-ensembles définis précédemment. C'est le problème du montage. Il doit ensuite, quand l'ensemble est amené en position de fonctionnement, régler la plate-forme à sa place théorique, puis mesurer les points caractéristiques de chaque sous-ensemble afin de déduire la position spatiale de chaque détecteur et cela dans un délai de temps très court. Enfin, la précision finale souhaitée par les physiciens sur les résultats est de $\pm 0,5$ mm en homogénéité globale.

III. INSTRUMENTS

Pour atteindre ces objectifs, le groupe de métrologie a utilisé des instruments devenus traditionnels au CERN, parce que largement employés pour la mise en place des accélérateurs. En règle générale, tous les instruments utilisés permettent d'obtenir des précisions sur les mesures inférieures à 0,1 mm :

- les distances ont été mesurées avec le Distinvar,
- les alignements ont été mesurés avec l'écartomètre à fil nylon,
- le théodolite, associé à un calculateur programmable, a permis de mesurer les angles.
- l'altimétrie a été déterminée soit directement avec le niveau Wild NA2, soit indirectement avec le théodolite.

Saisie automatique des données

Pratiquement toutes les mesures topométriques effectuées sur cette expérience, ont été directement enregistrées sur ordinateur, soit manuellement, soit automatiquement dans le cas des mesures d'angles. L'acquisition est faite sur les calculateurs HP41 et EPSON H X 20. Des programmes de traitement des observations pour vérification immédiate et de stockage, ont été développés. Cette vérification est fondamentale, et n'est possible qu'avec un carnet de terrain "intelligent".

Ainsi, un programme permet de réduire immédiatement avant stockage, les tours d'horizon, et de vérifier les collimations. De même, pour le nivellement direct, un autre programme calcule les doubles dénivelées entre les points mesurés, et les contrôles.

Ces calculateurs sont ensuite directement connectables sur les gros ordinateurs du CERN, pour y transférer les données afin d'y assurer leur traitement.

Moyens de calcul

Nous pouvons considérer que les programmes de calcul sont aussi des moyens à la disposition des géomètres. Le groupe de métrologie a développé des programmes de compensation planimétrique de réseaux de points, de compensation altimétrique, et aussi de compensation spatiale. Ces programmes permettent de traiter un très grand nombre de mesures, les compensent par la méthode des moindres carrés, et analysent les résultats, ce qui permet de chiffrer les précisions obtenues. Le géomètre n'est donc pas limité, dans le choix des méthodes à utiliser, par les moyens de calcul. Un programme d'adaptation par moindres carrés dans les trois dimensions a aussi été développé.

Tout ce bagage a été très largement utilisé pour la métrologie de cette expérience.

IV. MÉTHODES UTILISÉES

Nous ne nous attacherons pas à étudier les méthodes mécaniques qui ont pu être utilisées pour assembler des petites pièces entre elles. Ces méthodes d'atelier ont été très vite limitées à la mesure de références externes au boîtier des chambres à fils vu les dimensions du détecteur à construire. Nous tenterons de dégager ici une technique de l'utilisation des méthodes topométriques dans le cas de la métrologie de ce détecteur.

IV.1 CANEVAS

IV.1.a Choix du réseau

Toute opération de géométrie commence par l'établissement d'un réseau géodésique stable, constitué d'un ensemble de repères répartis judicieusement autour de l'expérience.

a) Ce réseau de haute précision encadre l'objet à mesurer de telle manière que les points critiques de cet objet soient directement accessibles.

b) Ces repères doivent être contrôlables en permanence et être connus avec une précision suffisante puisque c'est d'eux que dépendra la précision finale de la géométrie de l'expérience.

c) Ce réseau doit avoir une précision homogène en tout point, et les zones moins stables doivent être évitées.

d) Il doit être très dense, pour tenir compte de l'évolution possible de la construction, et pour ainsi éviter la création de nouveaux points qui seraient à redéterminer par la suite.

IV.1.b Réseau de montage

Ces quatre critères ont permis dans le cas présent, d'établir un réseau de 31 points, répartis sur trois niveaux, à partir duquel a été construite l'expérience.

Trois rangées de repères sont fixées sur la paroi de chaque côté de la caverne qui se présente comme un cylindre horizontal, à trois niveaux différents. Deux repères sont situés sur l'axe longitudinal de l'expérience. Les points sont espacés de 2,50 m. De plus, huit repères sont fixés sur la partie centrale du détecteur lui-même. Ces repères permettent d'atteindre optiquement les chambres disposées en parapluie sur les chariots mobiles.

Les mesures sont faites au distivar et au système d'alignement nylon. La liaison entre les trois étages est assurée par les mesures de distances en pente, des quadrilatères inclinés. Aucune mesure au théodolite n'est faite à ce stade. Sur de telles distances (entre 15 et 22 m) la précision des mesures d'angles n'est plus homogène avec les autres types de mesures. Les repères sont connus dans un système de coordonnées quelconque.

IV.1.c Réseau de positionnement

Pour le réglage et la mesure du détecteur en position de fonctionnement sur le faisceau, nous avons créé un autre réseau, indépendant du précédent puisqu'il n'est pas situé dans la même partie de la

X	Y	Z
-40	-40	-40
2 ^{ème} MESURE		
192 résidus		
30	-30	-30
-20	-20	-20
-10	-10	-10
0	0	0
10	10	10
20	20	20
30	30	30
40	40	40
± 0.19	± 0.05	± 0.06

caverne. Trois étages de repères ont été installés, qui permettent d'accéder aux différents points fondamentaux du détecteur. Un des étages est en liaison directe avec le réseau métrologique qui sert à surveiller la position de l'anneau collisionneur SPS. Les points sont connus en coordonnées dans un système lié à la position théorique du faisceau de particules.

Les mesures planimétriques ont été effectuées au distivar et au dispositif nylon avec des mesures angulaires d'appui pour lier les étages entre eux. On a aussi pour ce même besoin ajouté des descentes de verticales réalisées avec les oculaires coudés.

Les mesures de nivellement sont toujours faites en nivellement direct.

IV.1.d Calculs. Précision obtenue

Le traitement des mesures altimétriques et planimétriques est réalisé séparément, malgré l'existence d'un programme de compensation spatiale et ceci afin de faciliter l'analyse des résultats. Une étude stochastique des résidus permet d'évaluer la validité des mesures, et de chiffrer la précision des résultats obtenus. Ainsi, une mesure du réseau de positionnement a donné, pour 63 inconnues et 114 observations, une $EMQ_{DH} = \pm 0.05$ mm, avec des ellipses d'erreur

... colloque du Creusot

l'orbite du faisceau. Quatre repères servent pour le réglage altimétrique ; ils sont situés quasiment à la verticale des quatre vérins supports, afin que les mouvements mesurés ne soient pas influencés par d'éventuels bras de levier. La planimétrie est assurée par la mesure de deux repères situés sur le calorimètre central, à la chaîne étalonnée à partir de canevas de positionnement. Quand la plate-forme est réglée, et que les différents chariots mobiles sont amenés en position de fonctionnement, le géomètre mesure alors les quatre références extérieures de chaque sous-ensemble. Cette opération est très rapide si les positions relatives des repères à mesurer et du réseau de positionnement sont bien choisies. Elle est effectuée par des mesures de distances à l'invar, et d'angles horizontaux et verticaux.

Les coordonnées des points sont calculées, puis, par adaptation spatiale, les coordonnées des fils de toutes les chambres sont déduites en utilisant les relations établies pendant la construction.

Ainsi, la mesure de 32 points en XYZ suffit à déterminer la position dans l'espace de quelques 200 chambres à fils ou détecteurs, soit les coordonnées de 800 points.

IV.3.b Précision finale

Il est permis de se demander quelle est la précision finale obtenue après une telle succession de mesures, sur les coordonnées fournies aux physiciens. Une analyse des résidus des adaptations successives réalisée pour un sous-ensemble ayant nécessité quatre étapes pour établir la relation R, a montré une précision finale $\sigma = \pm 0.35$ mm. Si on ajoute l'incertitude sur la détermination de positionnement, on voit que la valeur de ± 0.5 mm demandée au départ par les physiciens a été atteinte.

TABEAU RECAPITULATIF

	mes 2	mes 3	mes 4	resultat
X	0.19	0.16	0.16	0.29
Y	0.05	0.17	0.10	0.20
Z	0.06	0.10	0.10	0.15
				0.39

valeurs en mm

V. CONCLUSION

La construction d'un tel détecteur de particules met en évidence une fois de plus l'utilité des méthodes topométriques appliquées à l'industrie.

Le géomètre est intervenu très tôt dans le projet de construction du détecteur. Cela lui a permis de concevoir avec précision le système de métrologie à adopter, et d'adapter les outils dont il disposait pour ce travail particulier.

Seul, l'usage intensif de programmes de compensations, pour traiter des mesures systématiquement surabondantes a permis de chiffrer les précisions obtenues.

Il faut, dans le domaine de la physique, être très souple. Les programmes de montage changent très souvent, il faut donc pouvoir facilement s'adapter. De plus, les travaux de géomètres nécessitent bien souvent des conditions d'environnement qui ne sont pas satisfaites, et l'on est bien loin des mesures de laboratoire — bruit, poussières, ambiance —. Ces facteurs doivent être pris en compte, car ils sont loin d'être négligeables pour la précision finale.

Enfin, notons que l'usage de capteurs de position électroniques tend à se généraliser. De tels instruments devraient simplifier la tâche du géomètre, pour contrôler les éventuels mouvements des équipements mobiles. Malheureusement, à l'heure actuelle, un certain doute accompagne toujours les résultats de ce matériel. Pourtant, face à la complexité des nouvelles expériences qui sont à l'étude pour le projet LEP, une fiabilité totale de tels capteurs de position sera vivement souhaitable.

BIBLIOGRAPHIE

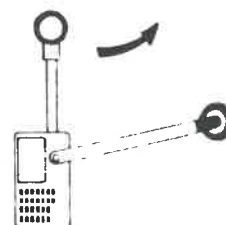
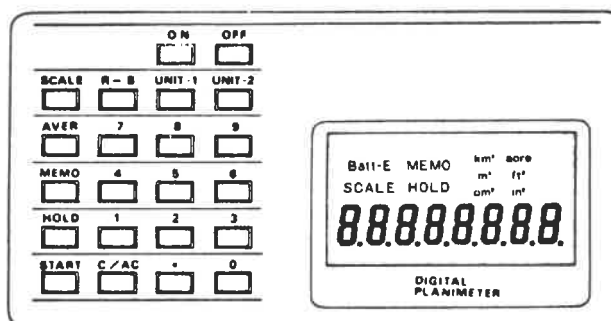
1. J.-P. Lagnaux, "Classification et interaction des particules". Enseignement technique 1979.
2. J. Gervaise, "Géodésie de Positionnement des accélérateurs circulaires de particules", cours à l'École Supérieure des Géomètres et Topographes, Paris 1972.
3. P. Bonament, "Métrologie d'une expérience à collision Protons-Antiprotons au CERN", mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENSAIS. Janvier 1984.
4. "Appareil automatique de mesure précise de distance. Distinvar". Note technique S2 CERN 1979.
5. "Système d'alignement au fil de nylon". Note technique S6 CERN 1979.
6. C. Lasseur, J.-P. Quesnel, Métrologie des expériences P-P", rapport Interne.



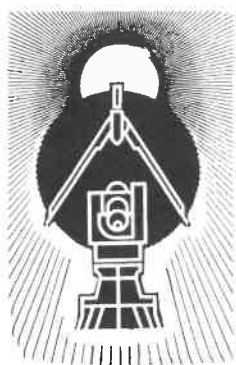
VENTE
LOCATION
RÉPARATION

INSTRUMENTS
DE
TOUTES MARQUES

FOURNITURES :
TOPOGRAPHIE
DESSIN

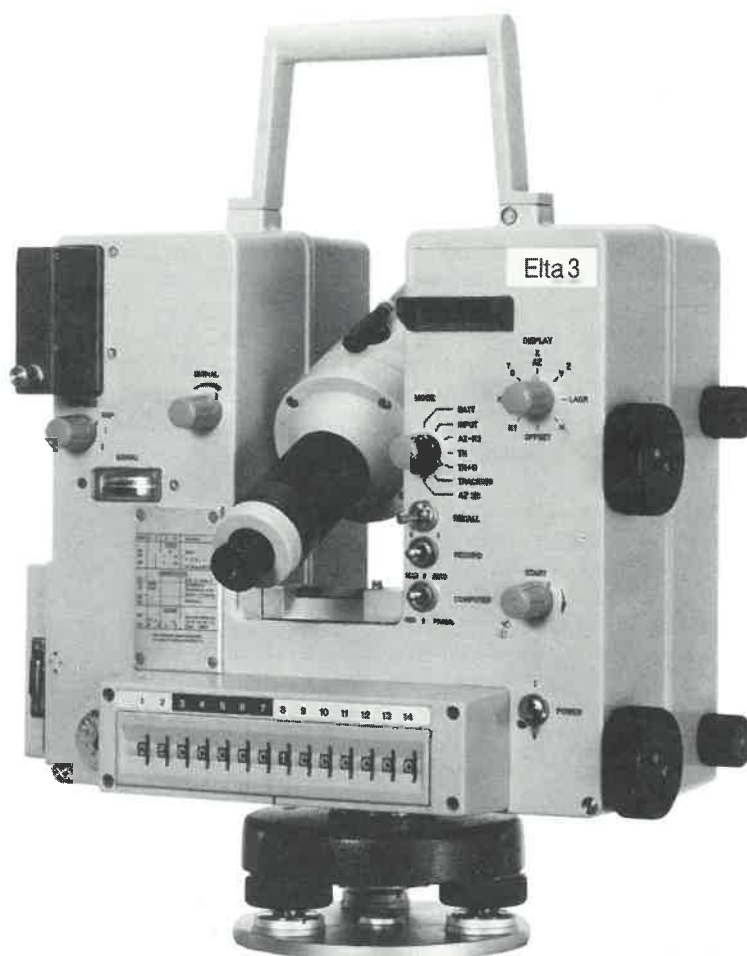


démonstration
DOCUMENTATION
ET TARIF
SUR DEMANDE



Ets A. THOMAS

Magasin de vente et bureaux :
12, rue Friant, 75014 PARIS
Tél. : 543.55.25
Télex : TOPODIF 203590



Le Centenaire d'une loi locale

Le 31 mars 1884 fut promulguée la loi locale sur le cadastre d'Alsace-Lorraine

René KOECHER

*Président de la Région Alsace-Moselle
de l'Association Française de Topographie*

*Avec extraits du livre "Le Cadastre Français"
de R. HERBIN et A. PEBEREAU
Éditions Francis LEFEBVRE*

Cette loi remplaça pour les deux provinces rattachées en 1871 à l'Allemagne le cadastre napoléonien. En effet, c'est Napoléon 1^{er} qui promulga en 1807 la loi qui prescrivit de couvrir toutes les communes de France d'un cadastre parcellaire. Ses intentions étaient surtout d'obtenir une assise précise et juste pour la répartition des impôts fonciers que les décrets du 23 novembre et 1^{er} décembre 1790 venaient d'instituer en remplacement des anciens impôts féodaux. En même temps cette loi dotait la France d'une cartographie à grande échelle utile pour beaucoup des futurs projets d'aménagement. Mais le génie de l'Empereur désirait aussi jeter les bases d'un véritable état civil de la propriété foncière. En effet, chaque parcelle - en dehors du domaine public - fut identifiée par un numéro dans la Section, celle-ci étant elle-même une subdivision du ban communal. La parcelle qui vit sa surface calculée dans le tout récent système métrique en hectare, ares et centiares, constitue encore aujourd'hui l'entité de définition de la propriété du sol.

Le travail de titan permit de couvrir toute la France entre 1811 et 1845 de plans et de registres cadastraux. D'ailleurs beaucoup des États allemands ont imité cette initiative. Malheureusement on devait se rendre compte assez rapidement que le cadastre napoléonien souffrait de graves lacunes. C'était ainsi qu'aucun système de mise à jour du plan et du tableau de correspondance - dit état de Section - n'avait été organisé. Les aménagements de nouvelles routes, lignes de chemin de fer et canaux, les modifications et extensions dans les villes et les campagnes ne purent être traduites dans les plans, dont la valeur d'origine avait pourtant été honnête, quelquefois même bonne, surtout après 1827. L'absence de délimitation des parcelles sur le terrain et un système insuffisant de localisation et de numérotage des fractions de parcelles obtenues par des découpages nécessités par les modifications des biens-fonds entraînèrent des confusions très fréquentes et de nombreux procès.

Dans le cadastre napoléonien les changements de propriétaires ne furent aussi qu'imparfaitement enregistrés. En outre l'égalité dans la répartition des

impôts fonciers se trouvait gravement compromise à l'échelle du territoire national faute d'une conception rationnelle des évaluations et ceci malgré les intentions politiques multiples fois exprimées.

En outre dans le rapport d'une commission spécialement créée en 1837, en vue de conseiller les mesures à prendre pour l'amélioration du cadastre, on avait déjà renoncé à l'idée première d'élever le cadastre au rôle d'un livre foncier des propriétés de l'ensemble de la France.

Conscient des insuffisances du cadastre existant et en voie d'achèvement, le Gouvernement Français avait en 1846 soumis aux Conseils Généraux un nouveau projet de loi sur le cadastre. Une loi de 1850 permit de réviser le cadastre des communes cadastrées depuis plus de trente ans, mais mettant les frais des nouvelles opérations à charge des communes ou des départements, elle vit son application limitée.

Malgré des discussions souvent très intenses, rien ne se passait pour doter la France d'un cadastre plus performant et répondant aux besoins modernes.

Entre-temps, l'Alsace et la Moselle avaient été rattachées à l'Empire Allemand. Les études et réflexions furent reprises immédiatement, dès 1873, par le Gouvernement provincial mis en place. Prenant exemple sur ce qui existait depuis peu dans la plupart des États Allemands, Bade, Bavière, Hesse et surtout en Prusse, la Délégation d'Alsace et Lorraine posa la question de l'institution de livres fonciers descriptifs de l'état juridique des immeubles, destinés à remplacer les registres tenus par les conservations des hypothèques pour la transcription des actes translatifs de propriété immobilière et pour l'inscription des privilèges et des hypothèques.

On estima que cette réforme du mode de publicité immobilière devait s'appuyer sur un bon cadastre, permettant d'identifier avec certitude l'emprise des immeubles et d'en indiquer exactement la contenance. Ainsi, la rénovation du cadastre apparaissait comme le préliminaire indispensable du livre foncier.

Il est ainsi à remarquer que la loi du 31 mars 1884 sur le cadastre ne fut pas inspirée par des priorités d'ordre fiscal, mais par des considérations d'ordre juridique dans le domaine du droit immobilier.

On peut regretter qu'encore aujourd'hui l'Administration Française des Services Fiscaux, à laquelle est confié le cadastre, méconnaisse l'aspect fondamental de la définition des droits de propriété immobilière et se confine dans un rôle uniquement fiscal. Et ceci malgré les expériences étrangères remarquables, y compris dans nos anciennes colonies, malgré les moyens techniques modernes offerts par l'informatique et malgré de nombreuses études convergentes des praticiens du foncier. C'est ainsi qu'en 1970, l'ordre des Géomètres avait proposé l'introduction d'un livre foncier en France. Le thème du Congrès de 1984 était à nouveau très proche. : "La propriété foncière, exigences et garanties".

La loi locale du 31 mars 1884 prit corps assez rapidement puisqu'elle fut votée moins de cinq ans après la conclusion de la première étude d'ensemble.

Qu'est-ce qui caractérise le cadastre d'Alsace-Lorraine ?

Deux modes de rénovation sont possibles, et peuvent se rencontrer dans une même commune.

1) La révision qui n'est qu'une simple mise à jour des pièces cadastrales existantes, par exemple les parties forestières jugées suffisamment précises pour ne pas nécessiter des arpentages nouveaux. Elle est toujours ordonnée d'office et la dépense est presque intégralement supportée par l'État. Après avoir opéré surtout par voie de simple révision de 1884 à 1890 sans méthode et parfois sans discernement (encore un exemple d'économie mal prise) on a fini - sauf en Moselle - par abandonner à peu près complètement ce mode de rénovation pour ne faire que du renouvellement du cadastre par voie d'arpentage parcellaire.

2) Le renouvellement du cadastre. La commune prend à sa charge la réparation des dégâts commis lors des opérations, le salaire des arbitres et des indicateurs, et rembourse à l'État 3/10 de la dépense lorsque le renouvellement est ordonné d'office ou même 5/10 lorsque le renouvellement est demandé par la commune ou les propriétaires (la majorité possédant plus des 2/3 de la surface totale de la commune). Très souvent les produits des baux de chasse dans les communes furent consacrés à ces travaux jugés indispensables. Les frais du bornage obligatoire sont imputés aux propriétaires.

En effet, et c'est le point le plus important, la délimitation des propriétés s'accompagne obligatoirement - sauf dans les terrains de peu de valeur - du bornage des limites de toute nature. La délimitation est faite sur le terrain en présence des propriétaires qui se mettent d'accord, avec l'aide du géomètre, sur les limites à borner. Ce n'est qu'en cas de désaccord qu'un arbitre, désigné par le Conseil Municipal, indique une limite provisoire sur laquelle les parties ont à prendre position définitivement dans un délai de deux ans, quitte à faire juger l'affaire par voie judiciaire.

Contrairement aux autres départements, le domaine public est entièrement délimité et les parcelles cadastrées, ce qui élimine les conflits entre public et privé.

Délimitation contradictoire et abornement systématique sont complétés par des méthodes de mesurage, de cartographie et de calcul très précises et très complètes. L'ensemble des mesures prises sur le terrain est d'ailleurs conservé sur des croquis en vue de l'insertion des modifications ultérieures. De même chaque borne disparue peut être rétablie ainsi rigoureusement à son emplacement primitif. Grâce à toutes ces précautions et aux soins particuliers mis à assurer la concordance des nouveaux documents cadastraux avec le livre foncier, le cadastre d'Alsace-Lorraine constituait la preuve irréfutable de la définition de la propriété...

...Jusqu'au 1^{er} janvier 1925, date de la réintroduction de la Législation Civile Française. Les principes du Code Civil Français, disant que les empiétements au-delà des limites et les possessions trentenaires de terrains pouvaient suffire pour permettre d'acquérir par prescription, remettaient la solidité de l'édifice en cause. La duplicité des deux législations a amené à retirer au Livre Foncier sa force probante absolue en matière de définition des propriétés - par voie de conséquence aussi au cadastre - et à retomber dans les ornières bien connues du cadastre fiscal qui n'a pas la prétention de se mêler de droit civil.

Le mouvement de désagrégation se fait très lentement, sous les coups de boutoir des jurisprudences et des interprétations dans l'Administration elle-même par des fonctionnaires nouvellement venus. Cependant, les cadres locaux bien formés perpétuaient la qualité du travail et aussi la foi dans la loi locale, ce qui permit de tenir la qualité technique encore facilement jusqu'après 1955.

Il faut dire qu'un service spécial du cadastre avait été constitué en Alsace et Lorraine pour l'application de la loi locale du 31 mars 1884. Ce service, dont l'organisation générale avait été maintenue après la désannexion, comprenait au 1^{er} janvier 1945 :

- 50 inspecteurs et contrôleurs du cadastre, de formation ingénieur-géomètre diplômé, chargés soit de la rénovation du cadastre en qualité de chef de brigade d'arpenteurs (4 brigades), soit de la gestion des bureaux de conservation (30 bureaux) ;
- 66 géomètres également chargés
ingénieurs diplômés de l'exécution
- 56 techniciens géomètres des travaux d'art
- 30 techniciens de la rénovation
dessinateurs du cadastre
- 1 maître-imprimeur chargé des travaux de reproduction des plans, tous travaux centralisés à Strasbourg ;
- 78 commis.

Divers textes prescrivirent que seuls étaient compétents pour les travaux de conservation cadastrale les ingénieurs diplômés assermentés. En 1946, vinrent s'y ajouter les géomètres-experts fonciers.

Des mesures de centralisation (la loi locale ne

concerne que 3 % du territoire national) ont fait disparaître ce service spécial, l'imprimerie, les ingénieurs géomètres, la compétence technique, la qualité de la rénovation et de la conservation annuelle des documents.

La fusion des cadres techniques du cadastre dans les corps des fonctionnaires du fisc en 1956 a porté un coup très grave au niveau de compétence de cette administration, en effet les postes d'encadrement supérieur sont trop souvent occupés par les personnels administratifs auxquels un court stage ne peut évidemment pas apporter les connaissances techniques acquises par les ingénieurs des grandes écoles. Pourtant les personnels venus d'autres horizons et d'autres régions comprennent progressivement la valeur exceptionnelle du cadastre à la mode locale et s'en font souvent les défenseurs convaincus en face de leur puissante administration centrale.

Cependant la délimitation n'étant plus un objectif d'un cadastre fiscal, les opérations pourtant prescrites par la loi sont menées en prenant des risques et les procès après rénovation cadastrale sont maintenant trop fréquents, alors qu'il y a trente ans il n'y en avait guère encore.

Simultanément l'abornement semble être devenu une corvée et la précision "n'est plus qu'un luxe".

Une transposition des plans dans le système de projection nationale dite "réédition" a eu pour effet de laisser une incertitude sur les points caractéristiques qui se compte en décimètres sur le terrain. Les méthodes de levé des constructions sont insérées avec le même manque de rigueur - sans parler des retards - alors que les instruments topographiques modernes permettent la précision pratique du centimètre. L'inconvénient de ces graves imprécisions se traduit surtout lors du rétablissement des limites sur le terrain par les pires complications et un renchérissement sensible du coût des opérations.

Actuellement, il ne reste plus que quelques dizaines de communes d'Alsace-Lorraine dont le cadastre est à rénover. Et bien que parmi celles-ci il y ait quelques villes de moyenne importance, l'ouvrage devrait être considéré comme achevé d'ici moins de dix ans.

Entre-temps l'Administration du cadastre, imbriquée dans les Services Fiscaux, a bénéficié de l'apport des technologies nouvelles mises en œuvre par leurs propres géomètres ou par les cabinets de géomètres-experts : instruments automatiques et précis sur le terrain ; cartographie, calculs et gestion des nombreuses données foncières, personnelles, fiscales etc... grâce à l'informatique.

Parallèlement les réflexions continuent pour aller vers un livre foncier dans toute la France. Ce qui évidemment suppose le préalable d'un cadastre adapté à cet objectif. Selon que l'on traite la propriété - matière éminemment politique et philosophique - en vue de la garantir ou seulement pour la "presser" à la manière fiscale, on réalisera des projets fondamentalement différents.

Ce qu'il est essentiel de dire c'est qu'un cadastre moderne doit être polyvalent, c'est-à-dire pouvoir servir aux besoins fonciers, juridiques, fiscaux, mais aussi de l'agriculture, de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire, etc...

A titre d'exemple le plan cadastral des quartiers centraux de la ville de Strasbourg fut doté du relevé des trottoirs, des affleurements des réseaux, des arbres, lampadaires, etc... et préfigurait déjà le plan universellement souhaité des réseaux souterrains. Conçus vers 1888 et réalisés vers 1910 ces types de plans constituaient alors un exemple unique au monde. Si tant de besoins étaient simultanément satisfaits pour la Nation, le seul Ministère des Finances ne pourrait plus se retrancher derrière l'argument du coût d'un tel ouvrage, car actuellement il faut constater un gâchis par le fait de rédiger et de tenir à jour plusieurs plans pour des besoins divers.

Dans les trois départements la loi du 31 mars a montré la voie de la faisabilité, il reste à souhaiter qu'elle serve d'exemple à l'ensemble de la France lorsque l'on songera à réaliser le cadastre de la troisième génération, celui qui sera polyvalent, numérique et entièrement informatique.

Et comme déclarait en 1807, l'Empereur Napoléon à Mollien, son Ministre du Trésor : **"Les demi-mesures font toujours perdre du temps et de l'argent.** Le seul moyen de sortir d'embarras est de faire procéder sur le champ au dénombrement général des terres dans toutes les communes de l'Empire, avec arpentage et évaluation de chaque parcelle de propriété. Un bon parcellaire sera le complément de mon nouveau Code, en ce qui concerne la possession du sol. Il faut que les plans soient assez exacts et assez développés pour servir à fixer les limites des propriétés et empêcher les procès".

Au temps où nous n'avons plus à guerroyer dans le monde, trouverons-nous des esprits assez clairvoyants pour apporter à la France le cadastre précis et polyvalent fonctionnant en mode informatique, ainsi que le livre foncier du 20^e siècle ?

De tels esprits existaient en **1884** en Alsace-Lorraine !



Sélecteur pour affichage de la distance horizontale, verticale ou inclinée. Toutes les valeurs sont affichées automatiquement.

En première position, le sélecteur établit la communication phonique avec le porte-réflexeur, le son étant de très bonne qualité sur une distance pouvant atteindre 1 600 mètres.

Le sélecteur étant réglé sur les autres positions, la communication phonique reste possible mais la portée du son est réduite en conséquence.

Support pour batterie interne ou le Tracklight.

Sorties pour communication bidirectionnelle des données et raccordement d'une batterie externe.

Sélecteur de fonction pour:
 [0] = Position de réglage pour constante prismatique et correction atmosphérique.

[1] = Mesure standard avec réflecteur immobilisé.

[2] = Mesure rapide (tracking) avec réflecteur mobile et lecture de la distance horizontale à raison de 2,5 fois par seconde.

[3] = Dénivelée en continu pour implantation et mesure altimétrique.

[4] = Valeur arithmétique moyenne d'une série de mesures à répétition automatique.

DÉCOUVREZ LE GEODIMETER 220.

Le Geodimeter 220 est un télémètre de conception entièrement nouvelle. Un "Micro-EDM" qui servira de norme aux futurs instruments de mesure.

Un puissant microordinateur incorporé combiné avec un capteur d'angle vertical de grande précision qui, en 0,4 seconde, produit automatiquement la distance horizontale et la distance verticale outre de nombreuses fonctions augmentant sensiblement la productivité des opérations.

Malgré son faible encombrement, le Geodimeter 220 autorise une portée pouvant atteindre 1 600 mètres avec un prisme et 3 200 mètres avec huit prismes par visibilité normale.

De plus, l'instrument peut être équipé du Track-

light — faisceau visible permettant au porte-réflexeur de découvrir rapidement le faisceau de mesure.

En réunissant ces particularités dans le Geodimeter 220, le concepteur vous offre un tout petit télémètre aux performances extraordinaires. Un instrument qui vous dispense de lire les cercles gradués, faire les calculs ou introduire les valeurs d'angle tout en s'intégrant parfaitement dans le système que vous utilisez actuellement.

Geodimeter® 220



Geodimeter 220

Je souhaite recevoir de plus amples informations.

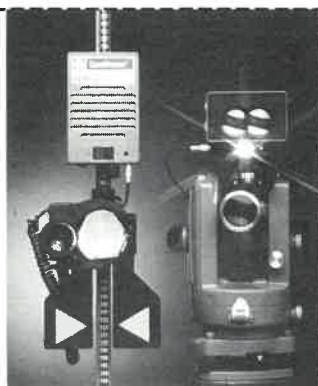
Nom :

Société :

Adresse :

Localité :

Pays :



Trois cents ans de géodésie française (suite)

par J.-J. LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe

VI — Les acquisitions théoriques

Tandis que les travaux de terrain se poursuivaient et se développaient, des études théoriques entreprises par des mathématiciens de haute classe apportaient à la science des contributions décisives, dont la portée dépasse de loin le secteur exploré par les géodésiens, mais dont ceux-ci surent tirer parti à l'usage de leurs problèmes particuliers.

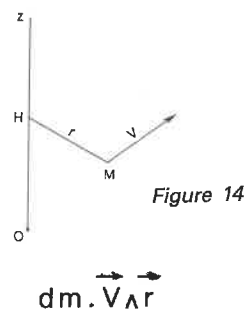
La mécanique, développée depuis Newton par une pléiade de savants, parmi lesquels on doit citer en dehors des étrangers (les Bernouilli, Euler, etc.) d'Alembert et Lagrange, la mécanique céleste surtout, c'est-à-dire l'étude des mouvements des corps du système solaire selon la loi de l'attraction universelle, domaine favori de Clairaut et de Laplace, ce géant, devaient entraîner, directement ou indirectement d'importantes retombées. Nous évoquerons certains de ces problèmes parce que leurs conséquences géodésiques étaient ou sont encore importantes, voire fondamentales.

Précession des équinoxes et nutation : on sait que l'axe de rotation terrestre décrit sur la sphère des fixes (étoiles) un cône sensiblement de révolution d'angle au sommet $23^{\circ}27'$ dont le pôle de l'écliptique est l'axe ; c'est le mouvement de précession des équinoxes, dont la période est de l'ordre de 26 000 ans.

Ce cône est festonné par un mouvement dit de nutation, d'amplitude petite mais non négligeable (ordre de $9'',2$) et de période 18 ans $2/3$.

Ces deux mouvements ont été découverts par l'observation, le premier par Hipparque vers 150 avant notre ère, le second par Bradley de 1727 à 1745. Ils se traduisent par une variation continue (précession) et périodique (nutation) des positions apparentes des étoiles.

Newton avait pressenti que le phénomène de précession était causé par l'action perturbatrice que l'attraction solaire et lunaire exercent sur le renflement équatorial terrestre. C'est d'Alembert (1717-1783) qui dans son ouvrage "Recherches sur la précession des équinoxes et sur la nutation de l'axe de la terre dans le système Newtonien" en donna en 1749 la théorie mécanique. Son raisonnement revient à peu près à ceci : considérons un corps (la terre) admettant la symétrie équatoriale et de révolution autour d'un axe passant par le centre des masses (axe du monde), si on appelle moment cinétique le vecteur d'origine O, ayant pour valeur la somme géométrique des moments des quantités de mouvement du corps en rotation, ces vecteurs sont tous parallèles au plan équatorial, donc orthogonaux à l'axe du monde. Le moment cinétique de l'un deux est égal au produit :



(V vitesse linéaire, dm masse, $r = MH$ distance à l'axe, ω vitesse angulaire) d'où pour le moment cinétique total

$$\omega \int r^2 \cdot dm = C \omega$$

où C est le moment d'inertie du corps en rotation, par rapport à l'axe polaire (qui en première approximation peut être confondu avec l'axe de symétrie de révolution du corps). Le vecteur moment cinétique a donc pour support l'axe de symétrie de révolution de l'ellipsoïde et pour valeur

$$2 \pi C / T$$

(T période de rotation, soit 1 jour sidéral de 86 164 secondes).

Si un couple perturbateur agit sur le corps, son moment viendra s'ajouter au moment cinétique, qui ne gardera plus la même direction spatiale, entraînant avec lui le corps en rotation (addition des couples).

L'énoncé du théorème de mécanique est le suivant : à un instant donné t, la vitesse de l'extrémité du moment cinétique est égale au moment du couple perturbateur.

Soit S (soleil ou lune) le point perturbateur, il exerce une action attractive, dont la résultante passe par S, mais n'est pas dirigée strictement suivant OS, puisque S n'est pas en général (sauf aux équinoxes) dans le plan équatorial. Cette attraction

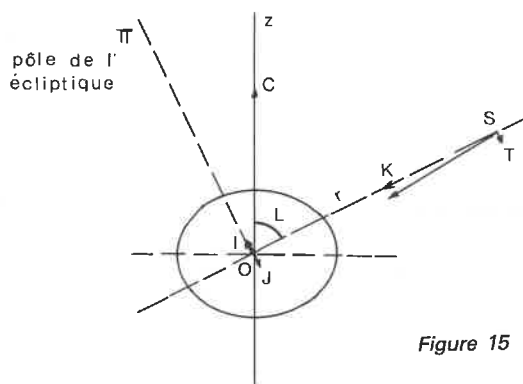


Figure 15

peut être décomposée en une force (principale) dirigée suivant OS et suivant la perpendiculaire ST. Menons par O, 2 vecteurs OI et OJ opposés (somme nulle) parallèles et égaux en module à ST (fig. 15).

L'ensemble (ST, OI) de bras de levier OS, formera le couple perturbateur dont le moment est égal à la vitesse du moment cinétique, perpendiculaire au plan de symétrie SOC. Le vecteur OJ s'ajoute à l'attraction SK, suivant OS, du corps perturbateur, et ajoute une petite perturbation au mouvement céleste du point O. L'effet total de précession par rapport au plan fixe de l'ecliptique est dû aux couples conjoints du soleil et de la lune ; on démontre, en développant les calculs, que le support du moment cinétique décrit le cône festonné dont nous parlions plus haut (voir calculs très simplifiés dans (21,3)). Au point de vue géodésique, l'observation des variations des coordonnées des étoiles permet de tirer des valeurs numériques des constantes mécaniques de la terre en particulier le rapport

$$(C - A)/C = 1/305,6$$

où C est le moment d'inertie selon OZ et A le moment d'inertie selon un axe équatorial. Cette quantité est en rapport étroit avec l'aplatissement terrestre, on la nomme parfois l'aplatissement dynamique.

Pesanteur et gravité : c'est d'Alembert qui fit la distinction de vocabulaire entre pesanteur et gravité. Il appelle gravité à la surface de la terre, l'action attractive suivant la loi de Newton de toutes les masses terrestres sur la masse unité, et pesanteur la somme de la gravité et de l'accélération centrifuge : toute masse fixée à la surface terrestre est soumise à la pesanteur, mais les satellites artificiels ne sont soumis qu'à la gravité.

Attraction des ellipsoïdes : dès qu'il fut acquis que la terre était un sphéroïde aplati et que la loi de l'attraction universelle eut triomphé, les géomètres qui savaient, parce que Newton l'avait démontré, qu'une sphère exerce son attraction comme si toute sa masse était concentrée en son centre, se posèrent deux types de problèmes.

1° Quelle figure d'équilibre doit adopter un corps fluide homogène en rotation, sous l'action de l'attraction newtonienne réciproque de toutes ses particules et de la force centrifuge.

2° Etant donné un ellipsoïde solide à trois axes trouver son champ de gravité.

Mac Laurin en 1742 indiqua que, sous certaines conditions reliant la masse, la densité et la vitesse angulaire de rotation (lente), l'ellipsoïde de révolution était une telle surface d'équilibre.

Nous avons vu d'autre part les résultats de Clairaut (1743) beaucoup plus généraux sur lesquels nous reviendrons un peu plus loin.

Le second problème devait susciter d'importants travaux mathématiques de Lagrange (1736-1813) de Legendre (1752-1833) et de Laplace (1749-1827) qui furent également résolus par Ivory, Lejeune-Dirichlet, Green, à l'étranger et prolongés par Poisson et Chasles en France.

Le potentiel terrestre : rappelons succinctement la définition du potentiel au sens de la mécanique.

Un champ de vecteurs défini en tout point de l'espace, dépendra d'un potentiel, s'il existe une fonction $V(x, y, z)$ telle que les composantes X, Y, Z du vecteur du champ en (x, y, z) soient les dérivées partielles respectives par rapport à x, y, z de la fonction V .

$$X = V'_x \quad Y = V'_y \quad Z = V'_z$$

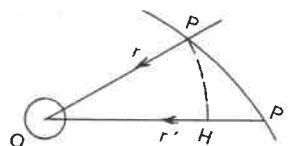
Le vecteur de composantes X, Y, Z est souvent appelé le gradient de V . Si on considère un déplacement élémentaire dx, dy, dz du vecteur gradient, le produit scalaire $\text{grad. } V \cdot P \cdot P'$ est égal à :

$$V'_x dx + V'_y dy + V'_z dz$$

C'est donc par définition la différentielle totale exacte dV de V , par conséquent, en intégrant, le travail du gradient entre 2 points A et B est :

$$\int_A^B dV = V_A - V_B$$

Il ne dépend que des valeurs V_A et V_B et non de l'itinéraire emprunté par le point M. La force d'attraction newtonienne dépend d'un potentiel O et si le point matériel P se déplace en P' sous l'action de la force attractive $F = -G \frac{mm'}{r^2}$ où m et m' sont les



masses respectives des centres O et M , r la distance, G la constante de l'attraction universelle, on a :

$$F \cdot ds = -G \frac{mm'}{r^2} dr$$

$$\text{différentielle du potentiel } V = \frac{G mm'}{r}$$

On suppose en général que m' est la masse unité le potentiel newtonien V de la masse m au point P est alors égal à $G \frac{m}{r}$ et si on considère un volume continu dont dm serait la masse élémentaire le potentiel au point P sera l'intégrale.

$$V = G \int \frac{dm}{r}$$

(Potentiel de gravité)

Si d'autre part le point P est entraîné dans le mou-

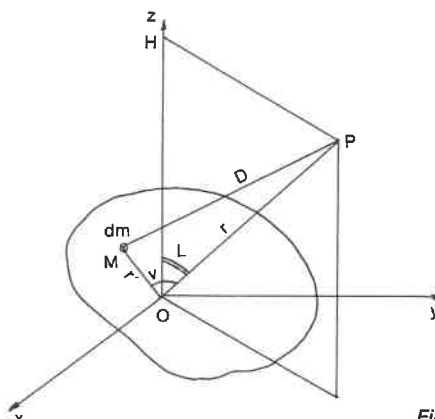


Figure 16

vement de la rotation terrestre autour du centre des masses O la force centrifuge sera le vecteur :

$$\omega^2 \cdot \overline{HP} \text{ (}\omega \text{ vitesse angulaire)}$$

Elle se décompose en 3 composantes $\omega^2 x, \omega^2 y, \omega^2 z$, O et dépend donc du potentiel

$$1/2 \omega^2 (x^2 + y^2) = 1/2 \omega^2 r^2 \sin^2 L$$

Le potentiel de la pesanteur en P sera donc :

$$V = G \int \frac{dm}{D} + 1/2 \omega^2 r^2 \sin^2 L$$

Si on appelle surfaces équipotentielles — ou surfaces de niveau — les surfaces sur lesquelles V (x, y, z) est constant, on a par définition $dV = 0$ pour un déplacement sur une telle surface ; autrement dit les composantes du gradient dans le plan tangent à une surface de niveau sont nulles, le vecteur gradient est donc orthogonal aux surfaces de niveau et sa valeur est la dérivée du potentiel suivant la normale à ces surfaces : $g = dv/dn$.

Il en résulte que la verticale du fil à plomb est normale aux surfaces de niveau terrestres, par conséquent la surface des eaux d'un lac, celle des océans (abstraction faite des marées et des courants), sont des portions de surfaces équipotentielles de la pesanteur.

La surface d'un corps fluide, en rotation ou non, sous l'action de sa propre pesanteur, sera donc limitée par une surface équipotentielle, mais bien entendu les surfaces équipotentielles d'un solide quelconque ne coïncident pas avec sa surface limite : la surface extérieure d'un ellipsoïde, homogène ou non, n'est pas une équipotentielle, sauf par exemple dans le cas d'un ellipsoïde de Mac Laurin.

Potentiel d'un sphéroïde : nous appellerons sphéroïde un corps dont la surface limite diffère peu de celle d'une sphère. Le champ de gravité ou de pesanteur de ces solides a été étudié par Legendre et surtout Laplace ; leurs résultats sont encore utilisés de nos jours pour le calcul des orbites des satellites artificiels !

Legendre, considère l'intégrale au point P

$$V = G \int \frac{dm}{r} \quad (\text{fig. 16})$$

et exprime la quantité D par le théorème élémentaire :

$$D^2 = r^2 + r'^2 - 2 r r' \cos v,$$

qui ramène l'origine au point fixe O, centre des masses du corps. Il montre alors que cette intégrale peut être développée en série sous la forme :

$$V = \frac{G}{r} \int [P_0 + P_1 (\cos v) \cdot \frac{r'}{r} + P_2 (\cos v) \left(\frac{r'}{r}\right)^2 + \dots + P_n (\cos v) \left(\frac{r'}{r}\right)^n + \dots] dm$$

expression dans laquelle r est fixe, c'est la distance OP, et l'axe OP sert d'origine aux angles v, la quantité r' est variable évidemment, mais l'intégration portera uniquement sur r' et v. Cette série est certainement convergente si $r' < r$.

Les quantités $P_n (\cos v)$ sont des polynômes, compris entre - 1 et + 1, nommés polynômes de Legendre, qui en a explicité la forme et a donné les expressions de transformation de ces polynômes, lorsqu'on les ramène par la formule fondamentale de

la trigonométrie sphérique aux axes terrestres, pôle équateur en fonction des colatitudes géocentriques L_1 et L_2 et des longitudes M_1 et M_2 des points P et M :

$$P_n (\cos v) = P_n (\cos L_1 \cos L_2 + \sin L_1 \sin L_2 \cos (M_2 - M_1))$$

Le développement de Legendre utilise les fonctions sphériques de Laplace.

Fonctions sphériques : dans son traité de mécanique céleste, Laplace développe les conséquences d'une très célèbre équation aux dérivées partielles qui porte son nom. Il démontre en effet que le potentiel V en un point extérieur à la masse attirante, satisfait l'équation :

$$\frac{d^2 V}{dx^2} + \frac{d^2 V}{dy^2} + \frac{d^2 V}{dz^2} = 0 \quad V = G \int \frac{dm}{D}$$

où (x, y, z) sont les coordonnées du point agi P. Cette équation est invariante dans un changement d'axes de coordonnées rectangulaires ; on appelle fonctions harmoniques les fonctions qui y satisfont. Il transforme cette équation en l'exprimant en coordonnées polaires (r, L, M) et trouve :

$$\frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{dV}{dr} \right) + \frac{1}{\sin L} \frac{d}{dL} \left(\sin L \cdot \frac{dV}{dL} \right) + \frac{1}{\sin^2 L} \frac{d^2 V}{dM^2} = 0$$

Il intègre cette équation en lui cherchant des solutions de la forme :

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \text{ où } V_n \text{ est de la forme}$$

$$f_n (L) g_n (M) / r^{n+1}$$

$f_n (L)$, $g_n (M)$ étant déterminées par l'équation ci-dessus. Il montre que le produit prend la forme :

$$Y_n = [C_n^0 P_n^0 (\cos L) + \dots + P_n^p (\cos L) (C_n^p \cos pM + S_n^p \sin pM + \dots)]$$

où $0 \leq p \leq n$ et les C_n^0 , C_n^p , S_n^p sont des constantes numériques dépendant de la forme et de la structure interne du corps attirant, les $P_n^0 (\cos L)$ sont des fonctions parfaitement déterminées de la latitude du point potentié P (L, M), qui se réduisent au polynôme de Legendre de degré n, P_n^0 pour $p = 0$. Le développement du potentiel V est donc de la forme (a longueur unité voisine du rayon moyen du sphéroïde).

$$V = \frac{GM_0}{r} \left(1 + \dots + \left(\frac{a}{r} \right)^n Y_n + \dots \right) \quad (M_0 \text{ la masse du corps})$$

où les Y_n sont les fonctions sphériques dont chacune d'elles Y_n contient $(2n + 1)$ termes. Laplace montre enfin que toute fonction continue décrite sur la surface de la sphère peut être développée en une série de fonctions sphériques, il réalise ainsi une véritable analyse harmonique de la surface, que facilite d'ailleurs certaines propriétés mathématiques de ces fonctions (orthogonalité).

La notion de potentiel n'est pas propre aux attractions du type newtonien, (gravitation, électrostatique, magnétisme) elle s'étend à d'autres théories de mécanique. Au point de vue historique elle a été entrevue dans certains cas particuliers par Huygens, Euler, et les raisonnements de Newton et de Clairaut qui font appel à des équilibres de fluides dans des tubes canaux forcés dans la masse en sont des pressentiments très nets. Lagrange l'utilise, en particulier dans son étude du champ de gravité dans un ellipsoïde homogène à trois axes, et obtient les

composantes de l'attraction X, Y, Z par dérivation d'une fonction V qu'il ne nomme pas, mais qui est le potentiel de gravité intérieur "la recherche de l'attraction du sphéroïde dépend donc simplement de la détermination de la quantité V". C'est Laplace qui selon Legendre lui donnera définitivement son nom.

Application : la structure des fonctions Y_n montre que les termes en $\cos pM$, $\sin pM$ qui expriment des propriétés rattachées à la longitude, n'existent pas dans des volumes de révolution. Si d'autre part on admet que le développement de Legendre-Laplace se réduit principalement aux premiers termes, le potentiel de la pesanteur sera donné sur la surface terrestre par :

$$V = G \frac{M_0}{r} \left(1 - J_2 \left(\frac{a}{r} \right)^2 \frac{3 \cos^2 L - 1}{2} \right) + 1/2 \omega^2 r^2 \sin^2 L$$

où $P_2^0 = \frac{3 \cos^2 L - 1}{2}$ est le 3^e polynôme de Legendre et J_2 un coefficient.

La terre est couverte aux 3/4 par les océans, sa surface peut donc être considérée comme en équilibre hydrostatique, aux reliefs près, et on sait par les mesures d'arc que son rayon varie peu ; a/r sera donc voisin de 1. L'équipotentielle terrestre définie en moyenne par la surface des océans sera donc :

$$r = G \frac{M_0}{V} \left(1 - J_2 \frac{3 \cos^2 L - 1}{2} \right) + \frac{1}{2} \omega^2 \frac{a^3 \sin^2 L}{V}$$

Elle est donc de la forme $r = a (1 - \alpha \cos^2 L)$ et se rappelant que la quantité V est voisine de $\frac{GM_0}{a}$ on trouve par identification (au 2^e ordre près) α

$\alpha = 3/2 J_2 + 1/2 m$ 1^{ère} relation de Clairaut (voir IV)

La 2^e s'obtient en écrivant que la pesanteur est la dérivée suivant la normale, soit pratiquement dV/dr , et identifiant sur les valeurs g_p et g_e au pôle et à l'équateur. Il résulte d'autre part d'un calcul tout à fait classique que le nombre J_2 est égal à $(C - A)/M_0 a^2$,

où C et A ont la signification donnée plus haut, M_0 est la masse de la terre, a son 1/2 grand axe ou une valeur du Rayon, il n'importe, si on se contente comme nous le faisons d'une approximation du 1^{er} ordre.

Dans le développement du potentiel, le terme GM_0/r correspondrait à celui d'une masse sphérique M_0 ; c'est donc pour un sphéroïde la partie principale de l'attraction, le terme :

$$GM_0 \frac{C - A}{2r^3} (1 - 3 \cos^2 L)$$

et ceux qui le suivraient sont donc des termes "perturbateurs", dus à l'écart entre une structure sphérique et la structure de la terre.

Si maintenant nous considérons la force qu'exercerait l'action gravifique d'un point matériel très éloigné S de masse M_1 , sur un élément de masse dm de la terre, ce serait

$$- G \int \frac{M_1 dm}{r^2} = - GM_1 \int \frac{dm}{r^2} ;$$

cette force se déduit donc du potentiel terrestre en S, et si nous revenons au problème de la précession (fig. 15) nous voyons que la composante ST, de la force engendrant le couple (OI, ST) est égale à

$\frac{dV}{rdL}$, perpendiculaire à OS. Son moment par rapport à O,

$$\frac{rdV}{rdL} = dV/dL.$$

Ce sera donc : $3 GM_1 \frac{C - A}{r^3} \sin L \cos L$

tel est donc le moment du couple perturbateur engendrant la précession. La précession totale sera la somme de l'action solaire et de l'action lunaire, quant à la nutation, elle est engendrée par des variations de la position du pôle de l'orbite lunaire par rapport au pôle de l'écliptique autour duquel il tourne avec un rayon sphérique de 5°,9 et une période de 18 ans 2/3.

On trouvera dans (27) une étude historique très détaillée de toutes ces questions et de bien d'autres encore.

Géométrie de l'ellipsoïde : Picard, Cassini, Maupertuis, Bouguer, La Caille, mesuraient et calculaient des méridiens. Ils considéraient les triangles observés comme plans, répartissant par 1/3 l'erreur de fermeture et calculaient les côtés par la trigonométrie plane ils en faisaient alors la projection orthogonale sur la méridienne ; (2) indique "... depuis Picard et à son exemple, tous les astronomes... ont préféré la méthode des perpendiculaires abaissées sur la méridienne, et choisissant les côtés qui approchaient le plus de la direction Nord et Sud, ils en faisaient les hypothénuses de triangles rectilignes rectangles, dont les bases étaient les parties consécutives de la méridienne... ils supposaient les méridiens parallèles dans toute l'étendue de leur arc...". Delambre apporte les corrections nécessaires et procède au calcul de la longueur de l'arc, après avoir ramené au plan horizontal les angles des triangles qui ont été observés dans leur plan.

Legendre avait proposé une méthode basée sur son théorème, dont nous avons donné l'énoncé (V).

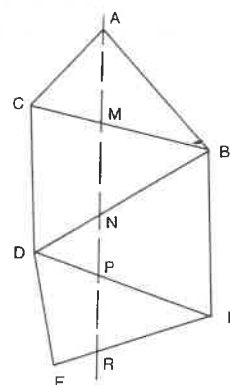


Figure 17

Il calcule les triangles obliques tels que AMB, BMN, DNP, etc... connaissant l'azimut de départ en A. Le côté AM résulte du triangle ACM par exemple et des angles en A et C, de même pour MN par le côté BM (BC - CM) et les angles B et M désormais connus : il suffit pour chaque triangle de calculer son excès sphérique, ce qui est facile par une première approximation (fig. 17).

Delambre reproche à cette méthode "d'exiger toujours deux corrections successives et différentes pour le même angle... les angles opposés par les sommets (tels que M) sont égaux, mais, appartenant à des triangles inégaux en surface, il leur faut

des corrections inégales...". Il préfère donc à cette méthode celle de projection sur le méridien, et, pour le calcul des côtés de triangulation, l'emploi direct des formules de trigonométrie sphérique, qui exigent il est vrai des tables de logarithmes à 10 décimales, ou la méthode "des cordes" des triangles sphériques avec passage de la corde à l'arc par les rapports tabulés $A/\sin A$.

Le théorème de Legendre a trouvé son plein emploi dans les réseaux étendus en surface, à l'époque où l'on procédait au calcul direct des coordonnées géographiques, pour faire la compensation du réseau. Legendre avait montré que son théorème pouvait en gardant la précision du centimètre être étendu à des côtés de l'ordre de 250 kilomètres - et Gauss l'avait généralisé à des surfaces plus compliquées que l'ellipsoïde (21).

Legendre était d'ailleurs allé beaucoup plus loin ; son théorème est énoncé en (11, 1787) dans un "Mémoire sur les opérations trigonométriques qui dépendent de la figure de la terre" sans démonstration ; mais dans son "Analyse des triangles tracés sur la surface d'un sphéroïde" (1806) il expose une méthode de calcul des grandes distances géodésiques, valable sur un hémisphère de l'ellipsoïde - méthode qui sera reprise par Puissant en 1836-1838 dans son "Nouvel essai de trigonométrie sphéroïdique".

Cette méthode est basée sur une équation due à Clairaut, qui montre que sur une surface de révolution, il existe une intégrale première de l'équation différentielle des lignes géodésiques. Elle exprime que sur chaque ligne géodésique de la surface, le produit $r \sin Z$ du rayon du parallèle par le sinus de l'azimut Z de la ligne géodésique est invariant (sur la sphère, ce théorème se traduit par la relation des sinus).

On peut alors établir une correspondance ponctuelle biunivoque entre grands cercles de la sphère et géodésiques de l'ellipsoïde de révolution qui conserve les rayons de parallèles et les azimuts ; les longitudes ne sont pas conservées, mais le passage des longitudes ellipsoïdiques aux longitudes sphériques est facile : on peut donc utiliser en conservant la trigonométrie sphérique, des méthodes de calcul sur l'ellipsoïde commodes, mais qui exigent des tables de lignes trigonométriques à 9 ou 10 décimales.

Cette méthode, excellente, avait été entièrement perdue de vue en France, dans la pratique comme

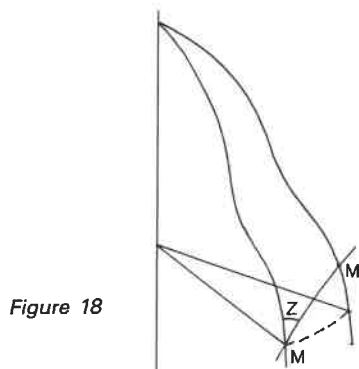


Figure 18

dans l'enseignement, à tel point que les géodésiens du Service Géographique de l'Armée qui en 1940

avaient à calculer des arcs de géodésique de 500 à 600 kilomètres, eurent recours à des méthodes curieuses, inventées vers la fin du XIX^e siècle, incroyables taupinades qui voulaient généraliser à de telles distances le théorème du 1/3 de l'excès sphérique, moyennant des termes "correctifs" dont le calcul était extraordinairement compliqué, et sans vérification.

En 1947 le bureau technique de la géodésie de l'IGN partant de l'équation de Clairaut, réinventa en toute candeur la théorie de Legendre, sans savoir que ce résultat "nouveau" existait depuis 130 ans ! Curieuse lacune de l'enseignement ; il est vrai qu'en 1940 on n'avait guère le temps de faire de la bibliographie.

Moyens et méthodes de calculs : Pascal avait inventé l'arithmomètre, première machine à calcul et fait réaliser le prototype en 1645.

Cependant le grand instrument de calcul du XVIII^e et du XIX^e fut la table de logarithmes, ou ultérieurement, les tables de multiplication de Crelle encore utilisées en 1930, ainsi que des tables diverses servant d'auxiliaires pour les calculs spécialisés. Vers la fin du XVIII^e siècle, Prony, un des promoteurs du système métrique fit calculer des tables des valeurs naturelles des lignes trigonométriques à 22 décimales dites tables du cadastre, avec entrée de centigrade en centigrade, dont sont issues la plupart des tables en service avant l'invention de l'ordinateur ; il fit faire également des tables de logarithmes à 12 décimales des nombres de 1 à 200 000 et des lignes trigonométriques de milligrade en milligrade, que Legendre considérait comme un "des plus beaux monuments érigés à la science". Au XVIII^e, XIX^e et au début du XX^e siècle, ces tables étaient les moyens les plus utilisés ; les gens de ma génération se rappellent l'époque où les formules de trigonométrie subissaient des transformations pour les rendre "calculables par logarithmes".

Autre problème, astronomes, géodésiens, physiciens étaient à la recherche de méthodes permettant de tirer partie au mieux des observations surabondantes. On utilisait évidemment la moyenne arithmétique pour les observations directes (mesures angulaires par exemple) mais le traitement des observations indirectes était encore très empirique, et on se rappelle que Maupertuis par exemple n'essaya pas moins de 12 combinaisons différentes de ses triangles — et n'en choisit que 2 dont il prit la moyenne — pour calculer son arc.

C'est encore Legendre qui publia le premier une solution devenue célèbre sous le nom de méthode des moindres carrés. On sait que des disputes de priorité se sont élevées à ce sujet et que Gauss affirmait avoir depuis plusieurs années utilisé cette méthode sans la publier ; nous verrons plus loin à ce sujet l'opinion de Laplace.

Dans la préface de son ouvrage "Nouvelles méthodes pour la détermination des orbites des comètes" Legendre s'exprime ainsi : "Pour cet effet, la méthode qui paraît la plus simple et la plus générale (sic) des erreurs" et dans l'appendice de cet ouvrage il explique ce qu'il entend par là ; nous

reproduisons littéralement le début de son texte, plutôt que de le paraphraser.

"Dans la plupart des questions où il s'agit de tirer des mesures données par l'observation, les résultats les plus exacts qu'elles peuvent offrir, on est presque toujours conduit à un système d'équations de la forme :

$$E = a + bx + cy + fz + \text{etc...}$$

a, b, c, f sont des coefficients connus qui varient d'une équation à l'autre et x, y, z,... sont des inconnues qu'il faut déterminer par la condition que la valeur de E se réduise pour chaque équation à une quantité nulle ou très petite... mais le plus souvent le nombre des équations est supérieur à celui des inconnues et il est impossible d'anéantir toutes les erreurs. Dans cette circonstance... il entre nécessairement de l'arbitraire dans la distribution des erreurs et on ne doit pas s'attendre que toutes les hypothèses conduiront exactement aux mêmes résultats, mais il faut surtout faire en sorte que les erreurs extrêmes, sans avoir égard à leur signe, soient renfermées dans les limites les plus étroites qu'il est possible. De tous les principes qu'on peut proposer pour cet objet, je pense qu'il n'en n'est pas de plus général, de plus exact, ni d'une application plus facile que celui... qui consiste à rendre minimum la somme des carrés des erreurs. Par ce moyen, il s'établit entre les erreurs une sorte d'équilibre qui, empêchant les extrêmes de prévaloir est très propre à faire connaître l'état du système le plus proche de la vérité".

Legendre note la symétrie diagonale du système, note aussi que la méthode reste valable si le nombre des équations égale celui des inconnues, et que "... l'on voit que la somme des carrés des erreurs aura pour variation une quantité du 2^e ordre par rapport à dx, dy, dz... ce qui s'accorde avec la nature du minimum".

Il fait remarquer que cette méthode donne pour une seule inconnue la moyenne arithmétique, le centre de gravité pour un nuage de points etc...

Il est difficile de résumer plus clairement les bases de cette méthode que Legendre applique à un petit exemple numérique tiré d'ailleurs de l'étude de la méridienne de Delambre et Méchain.

Dans sa "Théorie analytique des probabilités", Laplace consacre un chapitre entier intitulé "De la probabilité des erreurs des résultats moyens d'un grand nombre d'observations et des résultats moyens les plus avantageux" à l'étude des méthodes proposées ; il y utilise en particulier la fameuse expression de l'intégrale

$$\int_{v_1} \frac{v_2^2 - h_1^2 v_1^2}{e} dv$$

dont il déduit que la solution correspondant à un minimum des carrés des résidus : $h_1^2 v_1^2 + h_2^2 v_2^2 + \dots + h_n^2 v_n^2$ est celle qui est la plus probable ; il ajoute, parlant des méthodes empiriques de calcul d'inconnues liées par des observations indirectes "... Pour éviter ces tâtonnements, M. Legendre a eu l'idée simple de considérer la somme des carrés des erreurs d'observation et de la rendre un minimum, ce qui fournit directement autant d'équations finales qu'il y a d'éléments à corriger. Ce savant géomètre est le premier qui ait publié cette méthode ;

mais on doit à M. Gauss, la justice d'observer qu'il avait eu, plusieurs années avant cette publication, la même idée dont il faisait un usage habituel, et qu'il avait communiquée à plusieurs astronomes". L'inventeur de la loi de Gauss-Laplace paraît avoir été bien placé pour formuler son opinion, qui n'enlève rien au mérite ni à la parfaite bonne foi de Legendre.

Aplatissement terrestre : nous reviendrons ultérieurement sur le parti que Radau tira vers 1885 de

la valeur de l'aplatissement dynamique $\frac{C-A}{C}$ que fournit la théorie de la précession.

L'étude du mouvement de la lune et la théorie de Laplace, mettaient en évidence deux anomalies (28,3), (26,2) l'une relative au mouvement en latitude céleste, l'autre à son mouvement en longitude. Leur cause est due à la force OJ (fig. 15) qui se compose avec l'attraction lunaire sur le centre des masses terrestres ; leur expression est de la forme

$k \frac{C-A}{Moa^2} \sin D$. D étant une elongation, K une constante numérique que l'on peut tirer de l'observation,

et on reconnaît dans le terme $\frac{C-A}{Moa^2}$, le facteur J2 de la 1^{re} formule de Clairaut. Appliquant donc la 1^{re} équation de Clairaut : $\alpha = 3/2 J_2 + 1/2 m$, Laplace avait tiré de l'étude de ces perturbations : $\alpha = 1/304.6$ et $1/305.5$ sans sortir de son fauteuil (29).

Il l'avait également calculé par la connaissance améliorée des valeurs de la pesanteur connues à son époque, dans un de ses mémoires cité par (27) il donne les 13 valeurs suivantes de la longueur du pendule simple battant la seconde (en lignes).

Latitude	L	Latitude	L
0,0	439.21	51°31'	440.75
9°34'	439.30	58°15'	441.07
18°27'	439.47	58°26'	441.10
33°18'	440.14	59°56'	441.21
41°54'	440.38	66°48'	441.27
48°12'	440.56	67°04'	441.41
48°50'	440.67	—	—

Par une simple résolution graphique, portant en ordonnées L et $\sin^2 \phi$ en abscisse on trouve $L = L_0 (1 + \beta \sin^2 \alpha)$ et pour $\sin^2 \phi = 1$, $L = 441.80$ $L_0 = 439.23$ soit :

$\beta = (441.80 - 439.23)/439.23$ $\beta = 0.00585$ et

par la formule $T = \pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ on trouve $g_0 = 977.91$

(valeur fortement erronée).

Le coefficient β donne pour l'aplatissement $\alpha = 5/2 m - \beta = 0.00282$ soit $\alpha = 1/356$ - Laplace trouve 1/359.

Les valeurs de Laplace confortaient les valeurs 1/308.6 ou 1/334 adoptées respectivement par Delambre et la Commission. Mais les valeurs tirées de la partie strictement française de l'arc étaient en contradiction avec ces valeurs comme on l'a déjà vu.

La notion de déviation de la verticale : Legendre dans l'ouvrage précité fait une application de la méthode des moindres carrés à l'arc de la méridienne de France et, supposant l'arc elliptique et l'aplatissement inconnu, le calcule et en déduit des corrections aux latitudes astronomiques observées. Il obtient un aplatissement de l'ordre de 1/148. Il reprend son calcul en supposant l'aplatissement égal à celui qu'adopte Delambre ; il obtient les corrections suivantes :

Dunkerque + 3''06 ; Paris 0''0 ; Evaux - 5''38 ; Carcassonne - 0''88 ; Montjuich 3''62.

Il ajoute "Au reste les anomalies dans les latitudes, qui sans aucun doute ne doivent pas être attribuées aux observations, tiennent vraisemblablement à des attractions locales qui agissent irrégulièrement sur le fil à plomb". On ne saurait être plus clair ; en 1804 on n'hésite plus à rejeter la notion de méridien strictement elliptique. Ceci, nous l'avons vu avait déjà été pressenti par Bouguer (expérience du Chimborazo) et La Caille dont nous avons reproduit le texte y relatif (IV). Delambre effectivement reconnaît qu'il est impossible d'accorder les latitudes astronomiques de son arc de méridien, étendu entre temps de Greenwich à Formentera (Baléares), si on veut lui attribuer la forme elliptique ; il a cette phrase désabusée (2) : "... le système des irrégularités locales explique tout, et par conséquent il n'explique rien ; il rend tout possible mais il rend tout incertain". Il essaie un certain nombre de combinaisons qui l'amènent toujours à constater une incompatibilité entre les stations astronomiques en particulier celle d'Evaux à laquelle il doit apporter une forte correction ; il ajoute "j'y consens à cause des montagnes... on pourrait multiplier les essais de ce genre, mais je crois que ce serait perdre son temps" (2).

Les mesures modernes de l'IGN (vers 1956), confirment ces anomalies et leur cause : il y a bien une bosse des surfaces de niveau au centre de la France (Massif Central) et c'est elle qui est responsable de l'aplatissement que l'on peut déduire des mesures d'arc de Delambre et Méchain. On ne peut donc qu'approuver la décision de Delambre de combiner son arc avec celui du Pérou, pour calculer l'aplatissement moyen, mais tout cela montrait qu'il fallait aller plus loin et rejeter le dogme du mètre "dix millionième partie du quart du méridien terrestre", puisque les méridiens n'étaient pas identiques. La définition théorique du mètre devait donc être changée, elle n'était pas reproductible.

Représentations planes. Travaux de Lambert : revenons un peu en arrière au point de vue chrono-

logique. En 1772 le Mulhousien J.-H. Lambert publie un ouvrage "Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land und Himmelscharten" qui contient du nouveau. Résumant les desiderata essentiels de la représentation cartographique :

— ne pas déformer le pays, respecter les dimensions relatives ;

— conserver l'échelle des distances, les alignements ;

— permettre le calcul des coordonnées ;
il ajoute que ces exigences ne sont pas compatibles et aborde une méthode générale de représentation de la surface sphérique capable de conserver les angles, énonçant la proposition que la seule hypothèse de similitude des éléments différentiels des figures infiniment petites de la sphère aux éléments correspondants du plan suffit à assurer la conformité de la représentation plane.

Il applique ce principe à la projection conique à méridiens rectilignes et obtient, par la méthode encore employée de nos jours, les expressions classiques de notre projection Lambert. Il généralise ses méthodes aux projections à méridiens circulaires — parmi lesquelles les projections de Lagrange — et, avec la collaboration de ce dernier, montre que toute représentation conforme de la sphère sur le plan peut s'obtenir par une expression $z = f(\zeta + iM)$ avec $i = \sqrt{-1}$, ζ et M les variables de la projection de Mercator, $z = x + iy$, coordonnées planes - ceci 70 ans avant Riemann.

Il obtient également les expressions de la projection conforme dite de Mercator transverse, de la sphère, de la projection équivalente dite de Lorgna etc... et calcule des tables de sa projection conique pour un ellipsoïde d'aplatissement 1/230.

La France devait cependant choisir la projection équivalente de Bonne pour sa carte de l'État-Major au 1/80.000. Ce n'est que bien plus tard qu'elle adoptera les projections de Lambert dans des circonstances que nous verrons, et quant à la projection dite de Mercator transverse de l'ellipsoïde très utilisé, c'est une descendante de ses idées, pénible d'ailleurs à calculer sur l'ellipsoïde.

Lambert était-il français ? La question est sujette à controverse : il était né Mulhousien (1728), le petit Larousse le déclare Allemand, Mulhouse était à l'époque indépendante etc... Laissons les historiens en débattre au vu des traités, sachons seulement qu'en 1772 sont publiés les bases mathématiques essentielles de la définition de notre canevas de coordonnées rectangulaires actuelles.

Bibliographie

(1) Mémoires de l'Académie Royale des Sciences - Tome VII - 1666-1699.

(2) J.-B. Delambre : Grandeur et figure de la terre. Publié par les soins de G. Bigourdan-Gauthier Villars 1912.

(3) J.-B. Delambre : Histoire de l'Astronomie - Tome III - Astronomie moderne.

(4) L. Gallois - L'Académie des Sciences et les origines de la Carte de Cassini - Annales de géographie - 1909 - N. 99.

- (5) R. Taton : J. Picard et la Mesure de l'Arc de Méridien Paris-Amiens - Colloques internationaux du CNRS n° 590. La découverte de la France au XVII^e siècle.
- (6) Colonel Berthaut - La carte de France 1750-1898.
- (7) J.-J. Levallois : La détermination du rayon terrestre par J. Picard en 1669-1671 - Bulletin géodésique - Vol. 57 n° 3 - 1983.
- (8) Annuaire du Bureau des Longitudes (1974).
- (9) A. Danjon et A. Couder : Lunettes et télescopes.
- (10) La Hire : Traité de Nivellement par Mr. Picard ; de l'Académie Royale des Sciences, avec une relation de quelques nivellements faits par ordre du Roy... Mis en lumière par les soins de Mr. de La Hire.
- (11,N) Mémoires ou histoire de l'Académie Royale des Sciences (année N).
- (12) J. Cassini : Traité de la grandeur et de la figure de la terre (1722).
- (13) Cassini de Thury : La méridienne de l'Observatoire Royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du Royaume... (1744).
- (14) Cassini de Thury : Description géométrique de la France (1783).
- (15) Maupertuis : Œuvres de Mr. de Maupertuis (4 tomes).
a) Discours sur les différentes figures des astres.
b) Mesure de la terre au cercle polaire.
c) Relation du voyage fait par ordre du Roi au cercle polaire, pour déterminer la figure de la terre.
- (16) Outhier : Journal d'un voyage au Nord en 1736 et 1737.
- (17) P. Bouguer : La figure de la terre, déterminée par les observations de Mr. Bougaer et de La Condamine.
- (18, a) Ch. de La Condamine : Journal d'un voyage fait par ordre du Roi à l'Equateur.
- (18, b) Ch. de La Condamine : Mesure des trois premiers degrés du méridien dans l'hémisphère austral.
- (19) Florence Trystam : Le procès des étoiles - Seghers 1979.
- (20) Clairaut : Théorie de la figure de la terre tirée de l'hydrostatique.
- (21) J.-J. Levallois : Géodésie générale (tome 3).
- (22) J. Svanberg : Exposition des opérations faites en Laponie, pour la détermination d'un arc du méridien, en 1801, 1802 et 1803.
- (23) Y. Leinberg : Uber die Ergebnisse der Maupertuischen Gradmessung in Lappland (C.R. de la quatrième séance de la Commission Géodésique Baltique - 1929).
- (24,n) J. Delambre : Les Bases du système métrique décimal (3 tomes).
- (25) G. Bigourdan : Le système métrique des Poids et Mesures.
- (26, n) F. Tisserand - Traité de mécanique céleste - Tome n.
- (27) Todhunter - History of the theories of attraction and of the Figure of the Earth.
- (28, n) Laplace - Traité de mécanique céleste - Livre n.
- (29) G. Perrier - Petite histoire de la géodésie.
- (30, n) Mémorial du Dépôt de la Guerre - Tome n.
- (31) Comptes rendus des séances du Bureau des Longitudes (1803... 1809).
- (32) Biot et Arago - Recueil d'observations géodésiques et astronomiques... exécutées par ordre du Bureau des Longitudes.
- (33) Col. Berthaut : Les Ingénieurs géographes militaires.
- (34) L. Puissant : Traité de géodésie - 3^e édition - 1842.

Répertoire des Annonceurs

AERIAL	37
AGA GEOTRONICS	59
BLANCHET LOCATOP	2-38
COMPAGNIE GÉNÉRALE DE PHYSIQUE	68
LART	46
SLOM	47
THOMAS	55
THORMANN	1
TOPOCENTER	IVcv
VAUCELLE	30-31
WILD	2-3 cv

RETA *et* RECOTA

*visez... déclenchez...
enregistrez*

RETA

tachéomètre électronique à saisies
et affichage automatiques des données
du terrain, portée jusqu'à 3000 mètres.

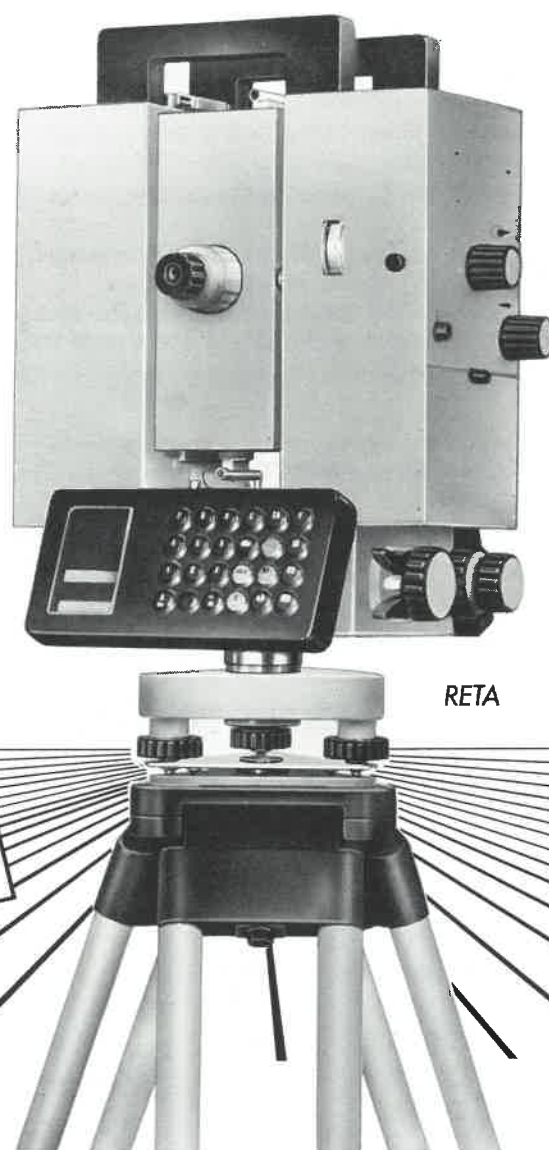
- Calculs de réduction et de dénivelées
- Tracking distance et angle Hz et V
- Enregistrement sur mémoire vive Micronic 32 K ou 48 K
- Affichage LC
- Interfaces V 24 / RS 232 C et interface de données pour traitement par ordinateurs courants

RECOTA

Performances complémentaires :

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

en option DTK1, système de visualisation et de transfert d'informations multidirectionnel.



RETA: 74620 F.h.t
au 1^{er} Juillet 1984
(mémoire en sus)



efficience et fiabilité

Agent général CARL ZEISS JENA pour la France :

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE PHYSIQUE

48, boulevard de la Bastille - 75012 PARIS

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

Bon pour recevoir une documentation gratuite

NOM : _____ SOCIÉTÉ/CABINET : _____

ADRESSE : _____ TÉL. : _____