

XVZ

Revue de l'Association Française de Topographie

Sur les zones urbaines et périurbaines, le Plan Cadastriel Normalisé a servi de support à l'établissement du P.U.S. de la ville d'Aix en Provence.



COUVERTURE

On reconnaîtra quelques fragments du Plan d'Occupation des Sols d'Aix-en-Provence, où s'est tenu le 12^e Colloque Technique National de l'AFT. "Quelle topographie pour le Plan d'Occupation des Sols ?".

TRIMESTRIEL

Le numéro : 95 F
L'abonnement d'un an
(4 numéros) : 370 F

Secrétariat de l'AFT
et Rédaction XYZ
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS
Tél. : (1) 43.54.19.21 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

André BAILLY
Ingénieur ETP

MEMBRES

Jean COMBE
Ingénieur ESGT
Guy DUCHER
Ingénieur Général Géographe
Jean-Jacques LEVALLOIS
Jean PUYCOUYOUL
Ingénieur E.P.
Ingénieur Général Géographe
Roger SCHAFFNER
Géomètre DPLG
Bernard SCHRUMPF
Ingénieur en Chef
de l'Armement

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

André BAILLY

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

- Une nouvelle loi qui concerne tous les Géomètres-Experts et les Topographes..... 4
- Trois cents ans de géodésie française (suite)
par J.-J. LEVALLOIS 6

Colloque de Brest

- Investigations bathymétriques, topographiques et photographiques nécessaires aux études d'aménagement des fleuves et des rivières
par R. DELBARD 17
- Perles topographiques
par M. SAUTREAU 24

Gazette de l'AFT

- Calendrier 1986-87 28
- La Topographie et la TVA..... 29
- Assemblée Générale du 22 novembre 1985 30
- Rapport Moral..... 31
- Emploi..... 32
- Nouvelles..... 33

- Il y a cinquante ans
Remise du prix Nobel de chimie pour l'année 1935
à Irène Joliot-Curie et Frédéric Joliot..... 34
- Le système de saisie des observations de topométrie moderne
par Y. ALAJOUANINE..... 42
- Analyse Mathématique des possibilités cartographiques du système Spot
par Th. TOUTIN..... 53

Additif à XYZ n° 24

- Modèles Numériques de Terrain, recherche automatique de points et lignes remarquables
par H. DUFOUR
Planches destinées à illustrer l'article paru dans XYZ
n° 24..... 69

Une nouvelle loi qui concerne tous les Géomètres-Experts et les Topographes

Le Journal Officiel de la République Française, dans son numéro 303 daté des 30 et 31 décembre 1985, a publié le texte de la loi n° 85-1408 du 30 décembre 1985 portant amélioration de la concurrence.

Cette loi dans ses articles 7 à 12, modifie sur plusieurs points très importants la loi 46-942 du 7 mai 1946, instituant l'Ordre des Géomètres-Experts.

La motivation du législateur de 1985 dans le vote de l'article 9 de la nouvelle loi, a été, si l'on suit le rapporteur de la commission devant l'Assemblée Nationale, "de rectifier l'erreur matérielle qui s'est glissée dans la loi de 1946".

Ainsi l'article 9 de la nouvelle loi modifie le paragraphe 2 de l'article 7 de la loi du 7 mai 1946 qui devient :

"Exerce illégalement la profession de géomètre-expert celui qui, sans être inscrit au tableau de l'Ordre, ni être admis au stage dans les conditions prévues à l'article 4 ci-dessus, exécute habituellement des travaux prévus par le paragraphe 2 de l'article premier ci-dessus, ou en assure la direction suivie".

Pour bien comprendre les conséquences de la modification apportée il est nécessaire de relire l'article premier de la loi du 7 mai 1946 :

"Est géomètre-expert le technicien qui, en son propre nom et sous sa responsabilité personnelle, exerce la profession libérale comportant les activités suivantes :

1° A titre habituel et principal, lève et dresse à toutes échelles les documents topographiques ou les plans des biens fonciers, procède à toutes opéra-

tions techniques ou études s'y rapportant ou en découlant.

2° A titre spécial, fixe les limites des biens fonciers, procède à toutes opérations techniques ou études sur l'évaluation, le partage, la mutation ou la gestion de ces biens".

Il faut rappeler enfin que dans le paragraphe 1° de cet article premier l'expression : "lève et dresse à toutes échelles les documents topographiques ou les plans des biens fonciers" avait été jugée par les Tribunaux (arrêt de la Cour d'Appel d'Aix-en-Provence en 1967 confirmé par l'arrêt de la Cour de Cassation de 1968) comme signifiant : "lève et dresse à toutes échelles des documents topographiques de toute nature ainsi que des plans des biens fonciers".

La jurisprudence reconnaissait depuis, aux membres de l'Ordre des Géomètres-Experts, un monopole sur l'ensemble de la topographie et plusieurs topographes furent ainsi condamnés ces dernières années pour exercice illégal de la profession de géomètre-expert.

La loi nouvelle :

- rend caduque cette jurisprudence,
- définit le monopole de l'Ordre des Géomètres-Experts comme portant seulement sur la délimitation des biens fonciers et sur les opérations techniques ou études connexes,
- traduit la volonté gouvernementale d'affirmer le caractère commercial et concurrentiel de la profession de topographe,
- veut faciliter l'exercice de la profession de géomètre-expert.

XYZ

Répertoire des Annonceurs

AERIAI.....	33
AGA GEOTRONICS.....	68
BLANCHET-LOCATOP.....	II CV
LART.....	43
MESURES ET SYSTEMES.....	1
SLOM.....	75
THOMAS.....	52
TOPO CENTER.....	IV CV
ZEISS IENA-COMPAGNIE-GENERALE DE PHYSIQUE.....	76
CERN ACCELERATOR SCHOLL.....	2
WILD + LEITZ FRANCE.....	III CV
ZEISS.....	41,67

LOI n° 85-1408 du 30 décembre 1985
portant amélioration de la concurrence (1)

L'Assemblée nationale et le Sénat ont délibéré,

L'Assemblée nationale a adopté,

Le Conseil constitutionnel a déclaré conforme à la Constitution,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

Art. 1^{er}. -

Art. 2. -

Art. 3. -

Art. 4. -

Art. 5. -

Art. 6. -

Art. 7. - Il est inséré, après l'article 6 de la loi n° 46-942 du 7 mai 1946 instituant l'ordre des géomètres experts, un article 6-1 ainsi rédigé :

« Art. 6-1. - En vue de l'exercice en commun de leur profession, les géomètres experts peuvent constituer entre eux ou avec d'autres personnes physiques des sociétés de géomètres experts. Ces sociétés peuvent grouper des géomètres experts inscrits aux tableaux des différentes circonscriptions régionales.

« Elles peuvent prendre les formes suivantes :

« - sociétés civiles professionnelles ou interprofessionnelles régies par la loi n° 66-879 du 29 novembre 1966, à l'exclusion du deuxième alinéa de l'article 2 de ladite loi ;

« - sociétés anonymes ou sociétés à responsabilité limitée régies par la loi n° 66-537 du 24 juillet 1966.

« Ces sociétés peuvent se placer sous le régime de la coopération prévu par la loi n° 47-1775 du 10 septembre 1947, ainsi que par les lois particulières régissant les différentes formes de coopératives et notamment la loi n° 78-763 du 19 juillet 1978.

« Toute société de géomètres experts doit être inscrite à un tableau de circonscription régionale et communiquer au conseil régional de l'ordre ses statuts et la liste de ses associés ainsi que toute modification apportée à ces statuts et à cette liste.

« Aucun géomètre expert ne peut être associé majoritaire de plusieurs sociétés de géomètres experts. »

Art. 8. - Il est inséré, après l'article 6 de la loi n° 46-942 du 7 mai 1946 précitée, un article 6-2 ainsi rédigé :

« Art. 6-2. - Lorsqu'une société de géomètres experts est constituée sous la forme d'une société anonyme ou d'une société à responsabilité limitée, elle doit se conformer aux règles ci-après :

« 1° Les actions de la société doivent revêtir la forme nominative ;

« 2° Plus de la moitié du capital social doit être détenue par des géomètres experts ;

« 3° L'adhésion d'un nouvel associé est subordonnée à l'agrément préalable de l'assemblée générale statuant à la majorité des deux tiers ;

« 4° Le président du conseil d'administration, le directeur général s'il est unique, la moitié au moins des directeurs généraux, des membres du directoire et des gérants, ainsi que la majorité au moins des membres du conseil d'administration et du conseil de surveillance doivent être géomètres experts.

« A titre transitoire, les sociétés existantes disposeront d'un délai de deux ans à compter de la publication de la loi n° 85-1408 du 30 décembre 1985 pour se mettre en conformité avec ces dispositions. »

Art. 9. - Dans le deuxième alinéa de l'article 7 de la loi n° 46-942 du 7 mai 1946 précitée, à la référence : « paragraphe 1° », est substituée la référence : « paragraphe 2° ».

Art. 10. - Le premier alinéa de l'article 8 de la loi n° 46-942 du 7 mai 1946 précitée est remplacé par les dispositions suivantes :

« La qualité de membre de l'ordre est incompatible avec une charge d'officier public ou ministériel ou avec toute occupation ou tout acte de nature à porter atteinte à son indépendance.

« La qualité de membre de l'ordre est notamment incompatible avec l'acceptation de tout mandat commercial ou de tout emploi rémunéré par traitement ou salaire, même chez un autre géomètre expert, sauf les cas de missions temporaires de l'Etat ou d'une collectivité publique, ou des géomètres experts associés dans une société commerciale de géomètres experts. »

Art. 11. - Le deuxième alinéa de l'article 9 de la loi n° 46-942 du 7 mai 1946 précitée est ainsi rédigé :

« Le montant des honoraires est convenu librement avec leurs clients dans les limites fixées, le cas échéant, par l'Etat en vertu de ses prérogatives générales en matière de prix. Toutefois les géomètres experts exerçant une activité au sein d'une société de géomètres experts dont ils sont par ailleurs associés peuvent percevoir une rémunération en contrepartie de leur activité même si la société a la forme anonyme et qu'ils en sont administrateurs ou membres du conseil de surveillance. »

Art. 12. - Il est inséré, après l'article 9 de la loi n° 46-942 du 7 mai 1946 précitée, un article 9-1 ainsi rédigé :

« Art. 9-1. - Tout géomètre expert, personne physique ou morale, dont la responsabilité peut être engagée à raison des actes qu'il accomplit à titre professionnel ou des actes de ses préposés, doit être couvert par une assurance. Lorsque le géomètre expert intervient en qualité d'associé d'une société de géomètre expert constituée sous la forme d'une société anonyme conformément à l'article 6-1, la société dont il est l'associé est seule civilement responsable des actes professionnels accomplis pour son compte et souscrit l'assurance garantissant les conséquences de ceux-ci. »

Art. 13. -

Art. 14. -

La présente loi sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 30 décembre 1985.

FRANÇOIS MITTERRAND

Par le Président de la République :

Le Premier ministre,

LAURENT FABIUS

Le ministre de l'économie, des finances et du budget,

PIERRE BÉRÉGOVOY

Le garde des sceaux, ministre de la justice,

ROBERT BADINTER

Le ministre de l'urbanisme, du logement et des transports,

JEAN AUROUX

Le ministre du commerce, de l'artisanat

et du tourisme,

MICHEL CRÉPEAU

(1) Travaux préparatoires : loi n° 1408.

Assemblée nationale :

Projet de loi n° 2787 ;

Rapport de M. Malgras, au nom de la commission de la production, n° 2958 ;

Discussion et adoption, après déclaration d'urgence, le 2 octobre 1985.

Sénat :

Projet de loi, adopté par l'Assemblée nationale, n° 14 (1985-1986) ;

Rapport de M. Colin, au nom de la commission des affaires économiques, n° 54 (1985-1986) ;

Discussion et adoption le 12 décembre 1985.

Assemblée nationale :

Rapport de M. Malgras, au nom de la commission mixte paritaire.

Sénat :

Rapport de M. Colin, au nom de la commission mixte paritaire, n° 91 (1985-1986).

Assemblée nationale :

Projet de loi, modifié par le Sénat, n° 3053 ;

Rapport de M. Malgras, au nom de la commission de la production, n° 3110 ;

Discussion et adoption le 6 décembre 1985.

Sénat :

Projet de loi, modifié avec modifications par l'Assemblée nationale en deuxième et nouvelle lecture, n° 167 (1985-1986) ;

Rapport de M. Colin, au nom de la commission des affaires économiques, n° 188 (1985-1986) ;

Discussion et adoption le 13 décembre 1985.

Assemblée nationale :

Projet de loi, modifié par le Sénat en deuxième et nouvelle lecture, n° 3195 ;

Rapport de M. Malgras, au nom de la commission de la production, n° 3199 ;

Discussion et adoption le 16 décembre 1985.

Conseil constitutionnel :

Décision n° 85-199 DC du 28 décembre 1985, publiée au *Journal officiel* du 29 décembre 1985.

Trois cents ans de géodésie française (suite)

par J.-J. LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe

X — Vers la nouvelle triangulation

L'éclipse

Le Colonel Puissant, véritable exécutif testamentaire de Laplace dans le domaine de la géodésie trigonométrique, meurt en 1843. Peytier observe en 1844 les derniers triangles de premier ordre complémentaire du réseau des Ingénieurs géographes, les ultimes visées de 2^e et 3^e ordre des feuilles de la carte d'Etat-Major seront observées en 1854 (Rozet - feuilles de Digne et de Saint-Martin-Vésubie). Le Dépôt de la Guerre concentre alors toute son activité sur la topographie de la carte au 1/80 000 et les géodésiens y sont affectés ou procèdent en Algérie à des travaux expédiés : le Colonel Levret qui a succédé en 1854 à Peytier, lui-même successeur de Corabœuf à la Direction "géodésie, topographie, dessin et gravure" du Dépôt de la Guerre, n'a plus de brigade géodésique sous ses ordres en France métropolitaine.

En fait et déjà depuis un certain temps la géodésie française subissait une rude concurrence et perdait du terrain par rapport à l'Etranger ; nous essayons ci-dessous d'en rechercher quelques causes.

— L'œuvre de Delambre et Méchain avait suscité à l'Etranger une immense émulation scientifique et attiré, sur la géodésie, l'attention de quelques savants de premier plan qui avaient à la fois poursuivi les études théoriques, perfectionné l'instrumentation et les méthodes d'observation, procédé à des opérations importantes (Gauss, Bessel, Struve, Everest, Airy, Clarke...).

— Inversement la tendance française était de considérer qu'au point de vue de la science fondamentale tout était dit depuis l'époque de la méridienne de France et de son prolongement espagnol jusqu'aux Baléares et que le sujet était, au moins momentanément, épuisé.

D'autre part, en 1817, la Commission Royale de la Carte de France avait décidé que l'exécution du canevas trigonométrique serait confiée au Corps Royal des Ingénieurs Géographes militaires, comme nous l'avons vu ; l'Observatoire de Paris était donc amené à s'occuper d'autre chose et à délaïsser les études géodésiques : les autres sujets ne manquaient pas.

— Le Bureau des Longitudes, par son statut, aurait eu vocation à stimuler l'Observatoire dont il

assurait alors la direction et à servir de mentor scientifique aux opérations géodésiques du Dépôt de la Guerre, il était même prévu que "les observations astronomiques, notamment celles de longitude, relatives à la perpendiculaire de Strasbourg à Brest" lui seraient réservées, mais elles furent, sur leur demande, confiées aux Ingénieurs géographes Bonne et Henry, dont le travail examiné ultérieurement, fut sérieusement critiqué par Puissant, (6) et dut être repris au moins partiellement. La liaison scientifique était donc mal assurée.

— Le Corps des Ingénieurs Géographes avait été supprimé — une fois de plus — en 1831 et fusionné avec le Corps d'Etat-Major. Cette disposition, à peine critiquée dès 1835 par Ch. Dupin (6), fut cependant maintenue. Elle permettait sans doute d'initier les jeunes officiers d'Etat-Major aux travaux géodésiques et topographiques, donc d'augmenter le nombre des opérateurs disponibles pour la confection de la carte au 1/80 000 ; mais en imposant aux Ingénieurs Géographes authentiques l'affectation d'Etat-Major, elle ne pouvait que les inciter à s'y assimiler, et, ne serait-ce que pour leur avancement, à infléchir une partie de leurs activités vers d'autres sujets au détriment d'études et de réflexions sur l'évolution de la géodésie.

De plus, la discipline militaire, l'extrême minutie des instructions sur les méthodes d'observation et de calcul, ne favorisaient guère l'esprit d'initiative individuelle ni la discussion des méthodes, d'autant plus que l'achèvement de la carte au 1/80 000 avait la haute priorité.

Peytier, sous-directeur du Dépôt de la Guerre en 1852 et 1853, n'a sous ses ordres que des brigades de détail et se plaint du manque d'intérêt pour la Géodésie. "On laisse perdre la tradition, on ne forme plus d'élèves pour la géodésie. On ne pense qu'à une chose : finir la carte le plus tôt possible" (38).

Bref, coupée des sources scientifiques renouvrières, négligée par ceux-là même qui auraient dû en assurer le présent et l'avenir, la géodésie française, propriété privée du Dépôt de la Guerre, assez mal entretenue, sans communication avec l'extérieur, était en plein déclin.

Les sujets d'études et de réflexion ne manquaient pourtant pas. Les travaux étrangers avaient montré :

— que la mesure des bases devait être perfectionnée,

— que les méthodes de mesures angulaires, ainsi que les instruments pouvaient et devaient être améliorés,

— que l'influence des masses extérieures au géoïde devait être étudiée et évaluée avec soin, si on voulait pouvoir comparer correctement les déterminations astronomique et géodésique d'une même station,

— que l'invention toute récente de la télégraphie avec fil (Morse - USA - 1835) apportait au problème des longitudes astronomiques une solution très satisfaisante,

— que les méthodes de calcul des réseaux étaient insuffisantes.

Pris en permanence par le service : six mois de terrain en Algérie, calculs de la mission de retour en France, les congés nécessaires, le peu de géodésiens qui restaient n'avaient pas le temps d'échapper à la routine.

Longitudes télégraphiques

On rappelle que le problème des longitudes consiste à mesurer l'angle du méridien d'une station inconnue avec le méridien origine. Il revient à déterminer l'heure sidérale locale qui, comme on sait, découle uniquement de l'observation des étoiles, et à connaître **au même instant** l'heure sidérale du méridien origine. Il avait reçu en navigation des solutions admissibles par l'emploi de chronomètres perfectionnés réglés sur l'heure du méridien origine, conservant cette heure à quelques secondes près. Géodésiens et astronomes étaient beaucoup plus exigeants.

— La simultanéité des déterminations de l'heure sidérale était à l'époque de Cassini assurée par l'observation des éclipses des satellites de Jupiter.

— Ultérieurement, par observation des signaux de feu, permettant de comparer les horloges.

— Le télégraphe, par sa transmission quasi instantanée, dont la vitesse pouvait être évaluée dans un circuit connu, permettait un réglage beaucoup plus précis.

Les américains avaient vers 1840 fait des expériences concluantes.

En mai 1845 Arago, Directeur de l'Observatoire de Paris, présentait au Bureau des Longitudes, un appareil conçu par Bréguet pour les expériences de télégraphie électrique, et expliquait que ce mode de communication pourrait servir à la détermination précise de la différence de longitude entre les points les plus éloignés du Royaume (compte rendu du B.d.L. du 14.05.1845).

En 1851-1852 le gouvernement faisait connaître son intention de relier dans un même réseau télégraphique les chefs-lieux de tous les départements et faisait part de son projet à l'Académie des Sciences.

L'astronome Faye saisit la balle au bond : "... Je propose de déterminer, par les procédés nouveaux dont la science dispose, non seulement les longitudes mais encore les latitudes astronomiques de tous nos chefs-lieux et de les comparer aux coordonnées géodésiques déjà connues, afin de... met-

tre en relief les irrégularités locales dont la surface du sphéroïde terrestre peut être affectée..." (CRADS - 1852), sur quoi le Général Blondel, qui venait de prendre en 1853 le commandement du Dépôt de la Guerre, qu'il exercera jusqu'en 1867, répondait dans une lettre à l'Académie : "... Les idées exprimées par M. Faye... avaient déjà occupé la pensée des officiers d'Etat-Major du Dépôt de la Guerre... Ils s'applaudiraient de marcher dans cette voie sous les inspirations de l'Académie des Sciences... Dans cette idée, j'ai cru convenable d'offrir à l'Académie des Sciences, sauf l'approbation du Ministre..., les concours des Officiers d'Etat-Major du Dépôt de la Guerre pour la réalisation des projets préconisés par M. Faye...". Au cours de cette séance, Arago faisait connaître, comme suite à cette lettre, que le Bureau des Longitudes et l'Observatoire de Paris étaient sur le point d'aborder le problème et de mesurer la différence de longitude entre Paris et Greenwich pour laquelle on n'attendait plus que l'accord des Anglais, dont les préparatifs étaient en cours.

Arago mourait peu après, Le Verrier lui succéda.

Dès sa nomination, il se préoccupait de la question, préparait le matériel, les instruments et les méthodes, si bien qu'en 1856, assisté du Commandant Rozet du corps d'Etat-Major, il mesurait la différence de longitude télégraphique entre l'Observatoire de Paris et un point de la région de Bourges, rattaché par triangulation à la station de 1^{er} ordre du réseau des Ingénieurs Géographes, et en 1861, s'attaquait à la différence de longitude Paris-Le Havre : il s'agissait en effet d'installer dans cette station une horloge très précise, réglée sur l'heure sidérale locale, susceptible de régler les chronomètres des navires au long cours.

Il disposait de la lunette méridienne de Gambéy, à Paris, et d'une lunette méridienne du Dépôt de la Guerre installée au Havre, chacune d'elle déterminant l'heure sidérale locale et l'enregistrant sur l'horloge. Les deux observateurs (Le Verrier et Lepissier) avaient comparé au préalable leurs équations personnelles. Pour comparer les 2 horloges et assurer la simultanéité des lectures du temps. Le Verrier avait fait implanter dans chaque station un électro-aimant (relais) excité par les "tops" d'un même signal très bref. Les retards en avaient été soigneusement étudiés ; la vitesse de propagation fut jugée quasi instantanée. C'est ainsi qu'il obtint :

le 17.11.61 : 8 m 55 s 06
Paris-Le Havre le 18.11.61 : 8 m 55 s 31
(CRADS 1863) le 19.11.61 : 8 m 55 s 05
le 20.11.61 : 8 m 54 s 95

à comparer avec la dispersion dans la mesure par signaux de feu.

Il faisait en même temps sonder les azimuts de la méridienne de Delambre par Yvon Villarceau, un de ses fidèles, qui y constatait de graves anomalies, sur lesquelles nous reviendrons ultérieurement.

Dès 1859, il s'était préoccupé de perfectionner les méthodes et appareils de mesure des bases (CRADS - 1863).

Cependant, tout le monde ne voyait pas ces travaux d'un bon œil.

Querelles intestines

Le Verrier (1811-1877) fut, et est encore, un des grands noms de l'astronomie française. C'était un virtuose de la mécanique céleste et on sait que, se basant sur les perturbations de l'orbite de la planète Uranus (découverte en 1781) il prédit l'existence d'une planète transuraniennne inconnue dont il fixa par d'immenses calculs la position probable, où on la découvrit (Neptune - 1846).

Il établit également les théories numériques des mouvements du soleil et des principales planètes du système solaire (Connaissance des Temps).

C'était un caractère difficile, personnel et intranigeant, de plus fort habile et bien placé au point de vue politique, qui comme le dit Darboux (38) "relevait volontiers ce que les autres laissaient tomber".

Les autres, c'était le Bureau des Longitudes. On sait que le décret initial de création avait placé l'Observatoire de Paris sous sa coupe.

Dès sa prise de direction, Le Verrier se débarrassa de cette tutelle en faisant prendre en 1854 un décret qui l'en affranchissait, en même temps qu'il s'efforçait patiemment de rendre intenable à l'Observatoire la vie du Bureau des Longitudes qui y était installé.

Le tout était attisé par des rivalités de personnes qui telles que Delaunay — autre très grand nom de la mécanique céleste — ne se laissaient pas faire sans protester.

Un nouveau décret pris en 1862 maintenait la séparation, mais donnait au Bureau des Longitudes toute possibilité de donner des avis sur les questions scientifiques relatives à la géophysique, la géodésie, l'astronomie (39). Il commença par la géodésie, nomma une commission (Delaunay, Faye, Laugier) chargée de lui en faire rapport, qui fut adopté fin 1862.

Ce rapport proposait le programme suivant (39) :

- 1° étudier l'influence des attractions locales sur la verticale. Les calculer,
- 2° vérifier les parties douteuses de la méridienne de France,
- 3° reprendre des déterminations de longitudes astronomiques et de pesanteur sur le parallèle de Paris et le parallèle moyen,
- 4° comparer les étalons géodésiques des différents pays,
- 5° "établir un concert permanent entre le Dépôt de la Guerre et le Bureau des Longitudes",
- 6° consacrer un établissement spécial aux études de la géodésie.

Ce programme faisait pièce aux entreprises de Le Verrier, sur lequel le Bureau des Longitudes cherchait visiblement une revanche : l'occasion lui en fut fournie par une initiative de l'étranger, dont il convient de dire quelques mots.

Elève et disciple de Bessel, le Général prussien Jakob Baeyer avait commandé le Service Géodésique prussien et prenait sa retraite en 1857. Quatre ans après il expose dans une proposition à son

Ministère de la Guerre, un projet de coopération internationale dans le domaine de la géodésie, soulignant les progrès scientifiques qui résulteraient d'une mise en concurrence des données géodésiques européennes, de l'unification des méthodes d'observation et de calcul, d'une collaboration dans les recherches.

Le projet faisait son chemin et par voie diplomatique, un protocole était adressé à toutes les nations européennes. Dès 1862, le Danemark, la Saxe, le pays de Bade, la Bavière, le Mecklembourg, le Hanovre, la Suisse, la Russie, l'Autriche, la Suède, la Norvège, la Belgique, les Pays-Bas, l'Italie faisaient connaître leur intention de participer à cette organisation.

Ce fut initialement "l'Europäische Gradmessung", ancêtre de l'Association Géodésique internationale - voir plus loin.

Le protocole fut transmis à l'Académie des Sciences, et il fit l'objet d'un rapport confié à Faye (CRADS - 1863) ; en même temps, le Ministre de l'Instruction Publique l'envoyait pour examen et avis à Le Verrier.

Faye fit un rapport général très favorable, Le Verrier fit, de son côté, valoir ses longitudes et promit le concours de l'Observatoire...

Il fut sèchement repris par Faye et Delaunay qui expliquèrent que l'Observatoire sortait de ses attributions et que c'était au Bureau des Longitudes qu'il appartenait d'établir les plans de travaux de géodésie scientifique, en accord avec le Dépôt de la Guerre "chargé de la géodésie, comme le disait M. Le Verrier avec lequel le Dépôt de la Guerre avait depuis 1857 renoncé à toute collaboration" (ce qui était vraisemblable).

Toutes ces disputes qui sont rapportées dans les comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences de l'année 1863 et qui rappellent étrangement les interminables polémiques de Bouguer et La Condamine, s'apaisèrent assez rapidement, chacun restant sur ses positions, mais en définitive elles furent très salutaires à la géodésie française.

— Elles avaient attiré l'attention des hautes autorités sur la nécessité de moderniser le réseau géodésique des Ingénieurs Géographes, en particulier, le Président du Bureau des Longitudes de 1860 à 1870, le Maréchal Vaillant, était alors Ministre de la Guerre et pouvait par conséquent faire parvenir directement des ordres au Dépôt de la Guerre.

— Le programme du Bureau des Longitudes traçait des lignes à suivre.

— Les excellents travaux de Le Verrier et Villarceau avaient relevé les insuffisances de la méridienne de Delambre et montré la voie pour la détermination des contrôles astronomiques du réseau géodésique.

Pendant toute la crise, le Dépôt de la Guerre s'était tenu soigneusement à l'écart, occupé par la finition de la carte au 1/80 000 et par des travaux géodésiques dont nous allons maintenant parler, mais la leçon avait été comprise et retenue en haut lieu, ce qui explique les ménagements et la concer-

tation scientifique auxquels s'astreignit F. Perrier pour concevoir, faire connaître et approuver ses projets géodésiques, ainsi que les extraordinaires facilités qui lui furent octroyées pour les poursuivre pour le plus grand bien de la géodésie française.

Le lecteur nous pardonnera donc d'avoir évoqué ces discordes assez en détail, elles rappellent d'ailleurs que les savants sont aussi des hommes.

Le rattachement franco-anglais (1861)

La jonction observée en 1787, qui avait servi de test d'épreuve pour les cercles de Borda, fut reprise en 1825 sur la demande des géodésiens anglais. Elle avait été très soigneusement préparée de part et d'autre et fut observée du côté français par Arago et Mathieu. Les résultats des observations furent remis aux officiers anglais, malheureusement, leur chef (Capitaine Ketter) auquel ils avaient été confiés, mourut peu après et l'on ne put jamais retrouver les registres d'observation.

Le Gouvernement anglais présenta en 1860 une nouvelle proposition au Dépôt de la Guerre. Elle tombait bien mal à propos. On vient de voir qu'à cette époque on n'y formait plus de géodésiens. Le Colonel Levret, Chef de la Géodésie, de la topographie, dessin, gravure de 1854 à 1862, fut chargé de la direction des opérations du côté français ; il était pratiquement le seul survivant en activité des observateurs de 1818-1845 et avait surtout opéré en Algérie.

D'autre part le matériel d'observation était en mauvais état ; le détachement français disposait de 3 cercles répéteurs à bout de souffle et de 2 théodolites.

Les opérations s'achevèrent tant bien que mal du côté des français, qui avaient pu comparer avec envie les moyens de leurs collègues anglais aux leurs.

Les opérateurs étaient les Capitaines Beaux et François Perrier, qui faisait à cette occasion ses premiers pas dans la géodésie. Il décrira plus tard ses impressions en ces termes. "La comparaison fut éclatante... j'en fus si profondément frappé que je résolus dès lors de consacrer ma vie à la régénération du service géodésique de l'Armée, si tristement tombé en défaillance..."

François Perrier : il est parfois mal venu ou trop facile d'attribuer à un seul personnage le mérite d'opérations collectives qu'il a dirigées sans être l'âme ou le cerveau de l'exécution ni avoir participé aux opérations proprement dites. Tel n'est pas le cas : François Perrier (1833-1888) a non seulement participé aux travaux de terrain pendant 20 ans, comme opérateur et comme chef de mission, mais, vigoureuse personnalité, bien soutenu par le Directeur du Dépôt de la Guerre, le Général Blondel dont nous avons vu l'intervention de 1853, il sut à la fois convaincre les autorités politiques et militaires, solliciter et écouter les avis des autorités scientifiques, présenter un projet simple, adéquat, le réaliser et donner aux résultats la publicité nécessaire, former une équipe soudée et assurer sa succession. Il a bien mérité à tous ces titres, de laisser un grand nom dans la géodésie française.

Son œuvre scientifique est décrite et consignée avec un soin méticuleux dans (30, 12, 13, 14). Elle est toute d'application et sera poursuivie par ses disciples, Bassot, Penel, Desforges, Bourgeois, Georges Perrier son fils (1872-1946) et leurs collaborateurs ; son influence se ressentait encore dans les méthodes d'observations du Service Géographique de l'Armée en 1937 et de l'Institut Géographique National.

Travaux de triangulation

Triangulation de la Corse

En 1862 le Dépôt de la Guerre entreprit le levé de la carte au 1/80 000 de la Corse. La reconnaissance montra que la triangulation de Tranchot avait, à l'exception de 6 sommets, entièrement disparu.

Réobservée par Bugnot, Perrier et Proust, elle se compose de 65 triangles de 1^{er} ordre, dont les sommets furent soigneusement reliés par nivellement géodésique. L'échelle fut fournie par l'un des côtés de Tranchot dont les extrémités avaient été retrouvées. La liaison géographique avec la France aurait pu être assurée par le rattachement direct observé par Durand en 1827 à partir des sommets de la Haute Provence d'où il avait visé le Cinto et Paglia d'Orba, mais comme ces points n'étaient point signalés alors et que Durand avait visé des silhouettes, on préféra le rattacher au côté Granier-Colombier de la triangulation des I.G. par une chaîne de 109 triangles empruntant la traversée du Golfe de Gênes par les Iles Toscanes, les triangulations de Ligurie et les Alpes Italiennes. A titre de vérification, la discordance entre la longueur du côté commun de la triangulation Tranchot et sa valeur par la transmission Austro-Sarde était de 1,07 m pour 11 918,8 m (6). On s'en contentera pour la carte.

Le parallèle Nord-Algérien

Les travaux géodésiques entrepris depuis 1830 en Algérie étaient des travaux expédiés. C'est vers 1863 que le Dépôt de la Guerre décida de procéder à des opérations régulières et d'observer entre les frontières tunisienne et marocaine, une chaîne parallèle au rivage méditerranéen qui servirait de base de départ pour 3 chaînes méridiennes. Le travail fut confié aux Capitaines Versigny et Perrier.

Cette chaîne s'étend sur une longueur de 900 kilomètres. Elle est appuyée sur les trois bases de Bone, Blida, Oran. Versigny fut chargé de la partie orientale, qu'il observa au cercle répéteur, Perrier de la partie occidentale. C'est à cette occasion qu'il montra les avantages de la méthode de réitération, préconisée par Faye et qu'il avait vu appliquer par les géodésiens anglais lors de la jonction de 1861-1862. Il avait fait construire dans ce but, et "à ses frais" (38) un nouvel instrument de mesures des angles azimutaux : le cercle azimutal, qui sera jusqu'en 1945 l'instrument utilisé pour les mesures primordiales en France.

Les défauts de la méthode de répétition et des cercles répéteurs étaient nettement apparus au cours de la triangulation des IG :

— la répétition n'est pas adaptée à l'observation sur héliotropes ; elle exige que les stations visées soient visibles en permanence, et que la stabilité du pilier soit assurée pendant la durée d'une répétition (environ 20 à 30 minutes) ;

— la multiplicité des axes concentriques emboîtés était une cause de jeux et d'usure rapide des cercles et de détérioration des mesures ;

— Arago avait montré que les mesures zénithales au cercle répétiteur étaient entachées d'erreurs systématiques, fonction de la distance zénithale.

— les angles azimutaux devaient subir des corrections pour être ramenés au plan horizontal... etc...

Le cercle azimutal que Perrier avait fait construire par Brunner à cette occasion, avait un limbe de 32 centimètres de diamètre divisé en décigrades. La lecture angulaire était la moyenne des lectures de 2 microscopes opposés à 200 grades. La lunette de distance focale 54 centimètres avait un objectif de 5,3 cm et un micromètre focal à fils mobiles.

Plus tard, cet appareil fut perfectionné pour les observations de la méridienne de France : le nombre des microscopes du limbe fut porté à 4, opposés à 100 grades, le limbe gradué à 42 centimètres de diamètre. J'ai eu l'occasion de me servir de ces cercles entre 1938 et 1943 : ils étaient stables et sûrs et donnaient de très bons résultats quoique de maniement assez lent (1 couple en 10 minutes environ) ce qui du reste n'est pas forcément un défaut.

Les grands projets

F. Perrier était revenu d'Algérie, mûrissant des projets importants qui avaient pris corps pendant la mesure du parallèle.

Il avait à l'automne 1869 aperçu de la région d'Oran et rattaché à son réseau les silhouettes de deux sommets principaux de la triangulation espagnole. Le Maroc était à l'époque pratiquement impénétrable, c'est pourquoi la liaison par le détroit de Gibraltar évidemment plus praticable, n'était pas réalisable. Il en conclut que, s'il était réellement possible d'observer les directions angulaires correspondantes, on pouvait disposer d'un arc de méridien de 30° d'amplitude s'étendant des Iles Shetland par la triangulation de Grande-Bretagne la liaison franco-anglaise, la méridienne de France, la triangulation espagnole jusqu'au Sahara, par le parallèle Nord-Algérien et la méridienne de Laghouat alors en projet : "On peut donc espérer que dans peu d'années les bases géodésiques de la Grande-Bretagne, de la France, de l'Espagne, de l'Algérie, rapportées à un étalon unique de longueur, seront reliées entre elles par une chaîne continue de triangles..."

Dans ce but il fallait au préalable :

— réviser la méridienne de France dont les chaînes des IG et les observations de Villarceau avaient révélé les faiblesses ;

— réaliser matériellement la jonction (que ceux qui ont observé des visées de 250 kilomètres lèvent le doigt !) Perrier dans ce but soumettait son projet, pour examen scientifique, au Bureau des Lon-

gitudes, où la Commission de Géodésie (Delaunay, Faye, Laugier) venait de s'adjointre Villarceau (signe d'apaisement). Le Bureau faisait un rapport très favorable, l'adressait au Ministre de l'Instruction Publique, son ministre de tutelle, en le priant de le transmettre au Ministre de la Guerre pour décision.

Celui-ci, le Maréchal Niel, faisait appeler Perrier, l'écoutait et décidait de passer à exécution. Copie de sa réponse figure dans les procès-verbaux du Bureau des Longitudes (19.05.1869). "En réponse à la dépêche accompagnée d'une notice du B.d.L. que vous m'avez adressée le 16 avril dernier, j'ai l'honneur de vous informer que j'approuve bien volontiers la proposition de faire effectuer par les officiers d'Etat-Major du Dépôt de la Guerre, d'abord la révision des parties reconnues défectueuses de la méridienne géodésique de France et ensuite le prolongement de cette méridienne jusqu'en Algérie. En conséquence, je ferai recommencer dès l'année prochaine par M. le Capitaine Perrier, aidé de plusieurs adjoints, ce travail de révision qui durera trois ans environ selon toute apparence. Quand cette opération sera terminée, c'est-à-dire probablement en 1873, le Dépôt de la Guerre chargera les mêmes officiers du prolongement de la méridienne, en faisant appel alors au concours scientifique gracieusement offert par le Bureau des Longitudes. Agréez... etc...". Signé Niel.

Perrier avait donc — habile politique — obtenu à la fois le feu vert de l'autorité hiérarchique et l'approbation des milieux scientifiques — exploit prodigieux —.

Il remplira son programme avec compétence et persévérance, malgré l'interruption forcée de la guerre franco-allemande de 1870-1871 où il sera pris sous Metz. Il rentrera en juin 1871 (38).

La nouvelle méridienne de France

Les opérations avaient commencé en 1870 par la reconnaissance de la partie méridionale de la chaîne (côté Canigou-Forcerail).

Elles furent bientôt interrompues par la guerre, et reprises presque immédiatement après le retour de captivité de Perrier.

Le trajet est sensiblement celui de Delambre et Méchain, mais la signalisation avait été particulièrement soignée. On évitait les clochers, sources de difficultés de stationnement et de rattachement ; on opérait soit au sol surtout dans la partie méridionale, la plus facile, soit sur signaux en charpente, où l'appareil était stationné sur un échafaudage indépendant de celui qui supportait la plate-forme des observateurs.

Les visées angulaires étaient effectuées soit sur miroir solaire soit, de nuit, sur projecteurs, après une expérimentation soignée, préconisée par Villarceau. Ce n'est pas sans réticence que Perrier s'y essaya : les observations de nuit n'avaient pas la faveur du Dépôt de la Guerre, mais Perrier se rendit compte que pour les mesures azimutales elles sont très bonnes, à condition de disposer de projecteurs dont l'optique soit rigoureusement étudiée et exécutée (projecteurs catadioptriques de Mangin). Ce qui n'a pas toujours été le cas par la suite.

La chaîne a été observée entre 1872 et 1888. Ce long délai, comparé aux 3 ou 4 ans prévus par le Maréchal Niel, est dû en grande partie au fait que les géodésiens, peu nombreux, devaient également opérer en Algérie où la triangulation était poursuivie simultanément. En 1874, on atteignait le parallèle moyen (Bourges), en 1882 on observait le rattachement de la base de Melun, en 1888 la chaîne était terminée (6).

Observations angulaires : chaque angle fut mesuré par réitération à raison de 20 couples.

La statistique des erreurs de fermetures angulaires est la suivante :

	- 10"	- 8"	- 6"	- 4"	- 2"	0	2"	4"	6"	8"	10"
Nombre	2	1	9	26	18	23	20	9	3	2	

(secondes centésimales)

L'écart type d'une fermeture de triangle est de $\pm 3''3$ ce qui par une formule dite de Ferrero correspond à un écart type $3''3/\sqrt{3}$, soit $1''9$ par angle ou $1''4$ par direction.

On trouve également dans (30, 12-1) la valeur des fermetures des équations aux côtés des figures à détermination surabondante (quadrilatères complets, polygones fermés etc.). On rappelle à ce propos que ces équations expriment la discordance entre deux valeurs d'un même côté de triangulation lorsque deux enchaînements angulaires permettent de le calculer (ex. accord de base, accord d'un côté d'un polygone fermé).

Perrier les exprime en unités de la 6^e décimale des logarithmes décimaux.

Elles se traduisent toujours en écrivant qu'un certain produit de sinus des angles compensés doit être égal au produit d'un nombre égal de sinus d'angles opposés : par exemple dans le quadrilatère ABCD à point central I (figure 34) où tous les angles ont été observés, la propriété de fermeture des côtés par calcul en chaîne s'exprimerait par l'équation $P_1^4 (\sin 1) = P_2^4 (\sin 2)$ (P signifiant produit) ce qui se traduit en logarithmes $S_1^4 (\log \sin 1) - S_2^4 (\log \sin 2) = 0$ (S : somme de). La fermeture est la discordance des deux sommes de log (sin) des angles observés.

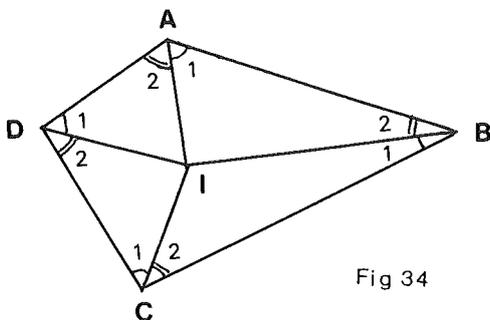


Fig 34

La statistique des valeurs absolues de ces fermetures est la suivante :

	0.	2.	4.	6.	8.	10.
Nb de fermetures	24	17	7	5	2	1

(en unité de la 6^e décimale des logarithmes)

Elles se rapportent en général à des enchaînements faisant intervenir 6, 8, 10 angles. Si on se rappelle que le logarithme du sinus d'un angle a la variation suivante pour 1 seconde centésimale en unités de la 6^e décimale :

Angle	30 G	40 G	50 G	60 G	70 G	80 G	90 G	100 G
D (1'')	1.34	0.94	0.68	0.50	0.35	0.22	0.11	0.0

On peut en déduire, en considérant que l'enchaînement moyen est de 8 angles (carré à point central), que l'écart type de fermeture est de l'ordre de 4 ; d'où l'on tire un ordre de grandeur de l'écart type d'un angle :

$4 = e \times D \sqrt{8}$... pour $D = 0.7$ on trouve $e = \pm 2''$ ce qui est bien du même ordre de grandeur que ce que donnait la formule de Ferrero. Pour un enchaînement de 8 angles de 60 grades, on aurait $2''8$.

Tout ceci prouve au moins la parfaite rectitude des opérations : l'épreuve des équations aux côtés, opposée à celle des fermetures des triangles est un critère sévère qui décide tout de suite si la fermeture des triangles a été un peu "aidée".

On peut comparer les valeurs des angles communs, sur des sommets identifiés, à celles des devanciers ; nous donnons ci-dessous un certain nombre d'exemples, tous pris dans la partie sud de la méridienne.

Stations	Perrier	Corabreuf	Mechain	Angle
Espira	107.3725,6 64.1717,4	107.3722,3 64.1733,3	64.1725,3	Tauch-Forceral Vernet-Salces
Forceral	61.7537,5 46.1063,7 61.2796,5 88.0524,1	61.7537,6 46.1060,6 61.2789,3 88.0517,4		T.Sud-Espira Tauch-Espira Tauch-Bugarach Bugarach-Canigou
Canigou	55.7080,4	55.7080,2		Forceral-Bugarach
Tauch	241.6911,0 92.1129,7 46.5216,3	92.1134,2 46.5213,5	241.6908,9	Alaric-Espira Bugarach-Forceral Forceral-Espira
Alaric	38.7191,7 183.9491,0		38.7169,6 183.9492,8	St-Pons-Noré Noré-Tauch
Noré	104.2049,8		104.2044,7	Alaric-St-Pons
St-Pons	57.0766,1		57.0779,2	Noré-Alaric

Mesure des bases

La méridienne est appuyée sur trois bases : la base de Cassel, au Nord, la base de Juvisy près de Paris, la base de Perpignan, au Sud.

Le projet initial de Perrier était d'utiliser les deux bases de la méridienne de Delambre, de Melun et de Perpignan, mais la mesure des bases avait fait des progrès depuis Borda ; les dispositifs étrangers avaient été étudiés et Hossard, ancien ingénieur géographe, compagnon et adjoint de Peytier sur le parallèle des Pyrénées — s'intéressait, dès 1850, à des matériels nouveaux conçus par Porro (6) (30, 10) dont voici le principe :

l'étalon était une règle bimétallique, d'une longueur de 3 mètres, contenue dans un caisson ouvert très rigide. Elle était graduée à ses deux extrémités et on la disposait, par transport horizontal de son caisson sous une succession de microscopes micrométriques portés par des trépieds indépendants disposés à environ 3 mètres les uns des autres, alignés selon la base, soigneusement nivelés : dans ces conditions, ce sont les zéros des microscopes micrométriques qui servaient de témoin de distance, on lisait leurs appoints et on transportait la règle sous la paire de microscopes suivants, un ou deux trépieds arrière étant laissés en place en cas de fausse manœuvre, puis reportés vers l'avant pour devenir trépied n° 4 quand on était sûr du segment 2 - 3 etc..., le tout était abrité par une baraque mobile.

Brunner réalisa l'appareil, qui effectivement servit aux mesures des trois bases. Les opérations n'étaient guère abrégées par rapport à celles de Delambre, on peut facilement en imaginer le déroulement fastidieux : une équipe entraînée comprenant 40 hommes plus les 4 observateurs, mesurait 30 à 35 portées à l'heure, soit 100 mètres environ. Les résultats de Villejuif et de Perpignan occupent un gros volume (30, 12, 2), plein de chiffres (lectures de microscopes, etc...).

En 1882, on rattacha la base de Melun au réseau de la méridienne, mais on s'aperçut qu'une nouvelle mesure directe de la base était impossible. C'est alors que l'on reconnut sur le parcours déjà illustré par Picard et les Cassini, une nouvelle base de 7 200 mètres environ à laquelle on rattacha la méridienne et la base de Melun, mais dont la mesure ne fut entreprise qu'en 1890. Le résultat fut en accord de 1 centimètre avec la base de Melun.

La fermeture de la chaîne entre la base de Melun et la base de Perpignan était de 0,35 m, ce qui sur un tel enchaînement est très honorable, mais on décida cependant (1891) de remesurer la base de Perpignan. On mit ainsi en évidence une différence de 0,29 m entre la mesure de Delambre et celle de Bassot ; d'autre part les termes de Delambre avaient été retrouvés absolument intacts...

Les chiffres sont les suivants (6) :

Delambre	11.706,40	mesure directe
Bassot	11.706,69	mesure directe
Calcul	11.706,74	enchaînement

On ne saura probablement jamais d'où provient l'erreur trouvée sur la base de Delambre ; un calcul, antérieur à la reprise de la base de Perpignan, s'appuyant sur la base espagnole de Vich (Catalogne) et remontant la méridienne assurait un excellent raccord avec les côtés belges et anglais malheureusement Bassot (40) omet de citer au passage l'accord de la base de Vich avec celle de Perpignan et de Melun : il me paraît très vraisemblable que c'est précisément le désaccord de la base de Vich et de la mesure de Delambre qui provoqua la décision de remesurer la base de Perpignan, alors que l'accord des bases de Melun et de Juvisy semblait garantir la rigueur du matériel de Borda.

Quant à la base de Cassel mesurée en 1892 elle était destinée à assurer l'échelle dans la région du raccord avec les triangulations anglaise et belge.

Observations astronomiques

En 1883 fut arrêté le réseau de triangulation destiné à fixer, par voie astronomique, des coordonnées à la croix du Panthéon, comme l'avaient fait Delambre et Méchain, le zéro des longitudes étant le pilier origine de l'observatoire de Paris, qu'il convenait donc de rattacher aussi. On choisit dans ce but les stations de Rosny, Fort-de-Chatillon, Mont Valérien, Morlu qui furent stationnées au cercle méridien (figure 35).

Rattachement du PANTHEON et de la BASE de PARIS
à la MERIDIENNE de FRANCE

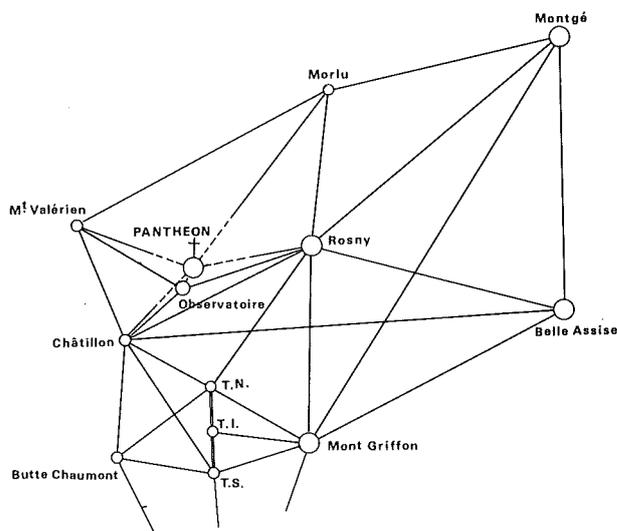


Fig. 35

Ultérieurement lorsqu'on eut fait choix d'un ellipsoïde (Clarke 1880) et fixé un azimut fondamental, on put calculer les coordonnées correspondantes en y ajoutant quelques stations supplémentaires, ce qui donne :

Station	Lat. Panthéon
Bry/Marne	48°50'46''40
Morlu	48°50'46''75
Chatillon	48°50'45''63
Mont Valérien	48°50'47''58
Montsouris	48°50'46''49
Observatoire	48°50'46''39

à comparer avec la valeur retenue par Delambre et Méchain (48°50'49''37). D'autres stations astronomiques furent également déterminées sur la chaîne notamment à Rosendaël (Dunkerque), Rivesaltes (Pyrénées-Orientales), Lihons (dans la Somme), Chevry (près de Montargis), Arpheuille (près de Montluçon) ce qui compléta par les stations de Villarceau (1861-1865) à St-Martin-du-

Terre, à Bourges, Rodez, Carcassonne, La Bastide du Haut-Mont jalonnait la méridienne et devait permettre d'étudier les variations du degré en fonction de la latitude.

Toutes furent observées par application des méthodes mises au point par Villarceau de 1855 à 1864.

Méthodes de Villarceau

Le nom d'Yvon Villarceau était associé pour les élèves de spéciales de l'entre deux guerres à celui d'un théorème de géométrie de description du tore. Villarceau fut, en fait, un très remarquable astronome du XIX^e siècle, qui mit au point les méthodes et les instruments d'observation d'astronomie géodésique par observations du cercle méridien.

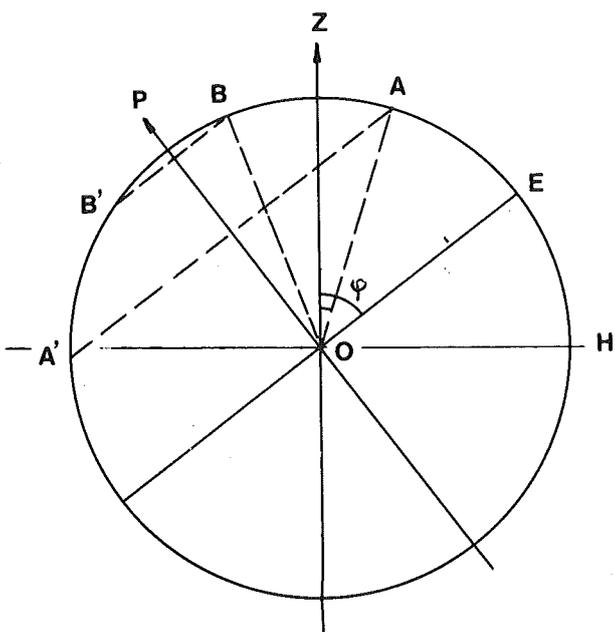
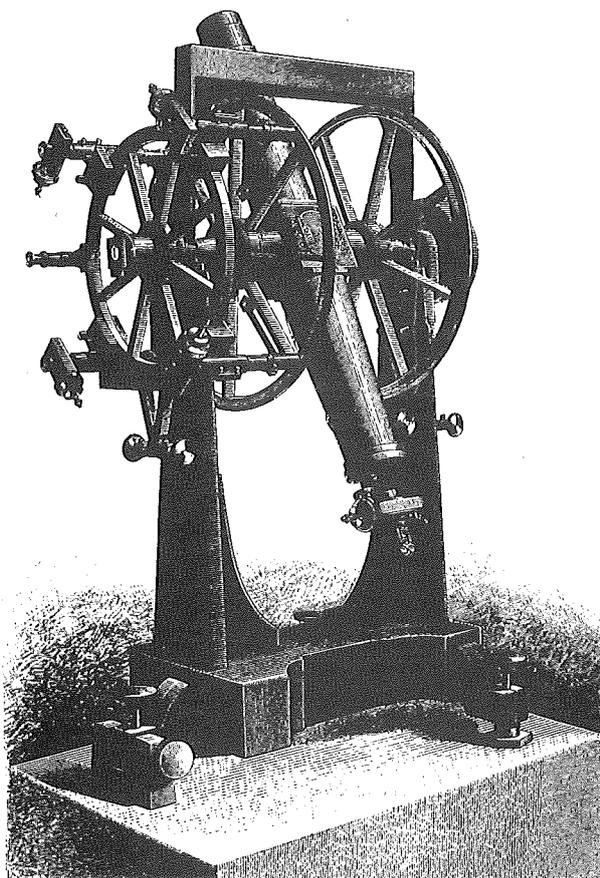


Fig. 36

1° On sait que la détermination de latitude dans le méridien revient à mesurer la distance zénithale d'étoiles connues par leurs coordonnées équatoriales : soit OP la direction du pôle OE la trace de l'équateur sur le méridien du lieu, OZ la verticale (fil à plomb). La latitude est égale à l'arc ZE. Au passage méridien, l'étoile (A ou B) a pour distance zénithale ZA (ZB) et la déclinaison est AE. On a donc : $ZE = AE + ZA = BE - ZB$.

ZA, ZB sont mesurés au cercle méridien. Les déclinaisons AE, BE sont connues par les catalogues d'étoiles d'où la latitude $\varphi = \delta \pm z$.

Ceci est l'opération algébrique. L'opération astronomique proprement dite est très délicate, il faut corriger les distances zénithales de la réfraction atmosphérique, de la flexion de lunette, surveiller la fixité par rapport à la verticale de la graduation du cercle vertical soit par calage d'un niveau très sensible, soit par observation du nadir par réflexion sur bain de mercure (autocollimation), mesurer soigneusement l'inclinaison des tourillons de la lunette, etc... La méthode de Villarceau consiste



CERCLE MÉRIDIEN PORTATIF DE BRUNNER

Grand modèle.

Fig 37

à éliminer par symétrie l'influence de la réfraction et de la flexion qui sont toutes deux des fonctions symétriques de la verticale, en observant au cours d'une même soirée des étoiles passant très sensiblement à égale distance zénithale de part et d'autre de la verticale : on connaît toujours une valeur approximative de la latitude, issue d'une mesure expéditive, on peut donc dans un bon catalogue sélectionner des paires Nord-Sud, telles que $Z_A \# \varphi_0 - \delta_A \# Z_B \# \delta_B - \varphi_0$ pour lesquelles, réfraction et flexion étant identiques seront éliminées du résultat :

$$2\varphi = [(Z_A + \delta_A) + (\delta_B - Z_B)]$$

Les étoiles d'une paire ne sont pas nécessairement consécutives à l'observation, ni rigoureusement symétrique, il y aura donc correction différentielle de réfraction.

2° Pour déterminer la longitude astronomique, Villarceau disposait à la station d'une horloge astronomique réglée en temps sidéral et il enregistrait la lecture de cette horloge lors de la réception des signaux horaires télégraphiques du méridien origine. Il connaissait donc à chaque instant, par interpolation, l'heure sidérale du méridien origine, HSo.

Son instrument étant installé dans le méridien local, il observait le passage méridien d'étoiles connues. Il connaissait donc également l'heure sidérale locale HS puisqu'elle est égale à l'ascension

droite AR de l'étoile qu'il pointait sur son horloge. La différence des longitudes (M-Mo) est égale à HS - HSo.

Un certain nombre de corrections instrumentales doivent être apportées à la mesure de l'instant de passage de l'étoile au fil central de la lunette, elles dépendent :

- de la collimation de la lunette et de l'aberration diurne ;
- du petit azimut DZ du plan vertical que décrit réellement la lunette qui n'est pas rigoureusement installée dans le méridien ;
- de l'inclinaison de l'axe des tourillons de la lunette.

Collimation et inclinaison de l'axe des tourillons sont mesurables. L'aberration diurne est bien connue ; l'azimut DZ est une des inconnues du problème : son influence sur le temps de passage est essentiellement (sous les latitudes inférieures à 60°) fonction de la déclinaison D de l'étoile observée, elle est maxima pour les étoiles voisines du pôle.

Il reste finalement pour chaque observation d'étoile une relation du type :
 $(M-Mo) + f(D), DZ + W = O...$
 W terme numérique connu.

On traite l'ensemble par une méthode de calcul (moindres carrés par exemple) qui donne (M-Mo) différence de longitude et DZ azimut du plan vertical du fil central de la lunette méridienne. Ramenant alors la lunette en position horizontale, on en déduit l'azimut astronomique d'une mire lointaine placée à dessein dans le champ de la lunette au voisinage du méridien ; on mesure au micromètre à fil mobile le petit angle entre le plan du fil central et la direction de la mire. Celle-ci sera prise dans le tour d'horizon géodésique qui est ainsi orienté par rapport au méridien astronomique.

Toutes ces mesures sont d'une extrême minutie ; on en trouvera une description très détaillée dans (43). F. Perrier et ses collaborateurs les ont utilisées pour tous les travaux astro-géodésiques de l'époque et elles furent appliquées pendant 70 ou 80 ans par les géodésiens français.

C'est par cette méthode que Villarceau déterminera l'azimut fondamental de la nouvelle triangulation à la station de Saint-Martin-du-Tertre, sur la croix du Panthéon qui tombait dans le champ de la lunette méridienne, à quelques minutes du fil central (cf CRADS en date du 5 novembre 1866).

Equation de Laplace-Villarceau : en une station géodésique, l'azimut géodésique d'une direction quelconque est l'angle que fait cette direction avec le méridien de l'ellipsoïde de référence. Il se calcule de proche en proche par les formulaires appropriés, mais il ne résulte pas d'une observation directe. Si en cette même station on détermine les coordonnées astronomiques, par exemple par les méthodes de Villarceau on peut associer les résultats géodésiques et astronomiques, calculer les différences :

$$\xi = L_A - L_G$$

$$\eta = (M_A - M_G) \cos L$$

et comparer les azimuts astronomiques et géodésiques

d'un même signal, Z_A et Z_G . Laplace a montré qu'il existe une équation reliant $M_A - M_G$ et $Z_A - Z_G$.

Soit en effet H le plan horizontal de la station S, P la direction du pôle V_G et V_A les verticales géodésiques et astronomiques (fig. 38).

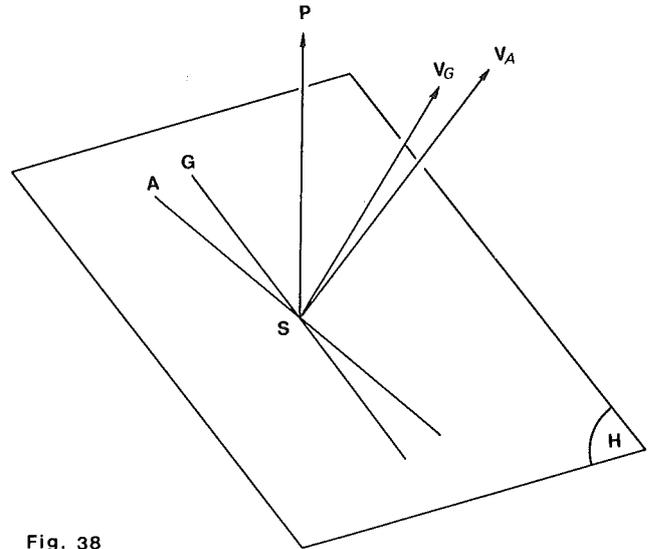


Fig. 38

Par définition, le méridien géodésique est déterminé par les deux droites SP, SV_G ; le méridien astronomique par SP, SV_A . L'intersection de ces plans est la droite SP, ils font entre eux l'angle $(M_A - M_G)$ et coupent le plan H suivant les directions SG et SA, directions respectives des méridiens géodésique et astronomique. L'angle ASG, égal comme on le voit facilement à $(M_A - M_G) \sin L$,

est donc la quantité dont, quelle que soit la cause des différences des longitudes (référence inadaptée, déviation locale de la verticale) doivent différer les azimuts astronomique et géodésique, pourvu que les mesures soient référées au même pôle au point fondamental comme à la station S. A cette réserve près c'est une condition impérative.

Villarceau au cours de ses vérifications de la triangulation des IG, autour des années 1864, observa un certain nombre de stations astronomiques, rattachées à la géodésie. En voici un tableau comparatif partiel :

Station	$L_A - L_G$	$M_A - M_G$	$Z_A - Z_G$
Brest	+ 0''1	- 5''1	- 7''5
Biarritz		+ 4''8	
Nantes		- 5''5	
Marennés		- 4''1	
Le Havre		- 5''4	
Dunkerque	- 2''7	+ 5''2	
Paris	- 1''3	0''0	+ 1''8
Saint-Martin	- 2''3		
Bourges		+ 6''0	
Soligny	+ 1''6		- 15''2
Rodez	+ 1''6	+ 8''4	- 21''6
Carcassonne	+ 1''3	- 5''0	- 35''2
Lyon	+ 2''7	- 1''6	
Strasbourg	- 0''7	+ 8''1	- 1''7

En France, le sinus de la latitude est grosso modo de l'ordre de 0.75. Considérant les différences de

longitude, et tenant compte d'une erreur de l'ordre de 1'' sur les azimuts et sur les longitudes, soit $\pm 1''5$, on constate que certains écarts $Z_A - Z_G$ sont incompatibles avec l'équation de Laplace : c'est donc à la transmission des angles depuis l'azimut fondamental qu'il faut les attribuer ; cette équation, contrairement à ce qu'en pensait Laplace lui-même, est donc impropre à déterminer la déviation verticale en longitude, mais par contre, tout à fait indiquée pour réorienter les réseaux par corrections angulaires, si l'on dispose de bonnes longitudes astronomiques, et c'est un des mérites de Villarcieu de l'avoir signalé.

La méridienne de France de Perrier-Bassot est l'épine dorsale de la nouvelle triangulation du pays ; la partie Nord fut entièrement réobservée après les destructions de la guerre de 1914-1918 ; des calculs d'ensemble furent repris selon des méthodes de compensation plus correctes, mais rien d'essentiel n'y fut changé. L'expérience des années ultérieures a montré qu'on ne faisait pas mieux au point de vue triangulation primordiale et jusqu'à ce jour, en attendant que les nouvelles méthodes spatiales dont l'exploitation paraît très proche, permettent de faire mieux, c'est encore sur elle et sur les travaux dont elle fut le modèle qu'est basé le canevas trigonométrique français.

La liaison hispano-algérienne

Ce fut une opération à grand spectacle. La triangulation espagnole était alors activement poussée (Général Ibanez) et atteignait la région visée par Perrier en 1868. Après contacts diplomatiques (1878) la reconnaissance était activement poussée des deux côtés, et montra que des moyens matériels très inusités seraient nécessaires, que seuls des projecteurs éclairés à l'arc électrique (la lampe à incandescence n'existait pas encore) avaient des chances de matérialiser les visées et qu'il fallait donc acheminer sur les 4 sommets retenus, les machines de Gramme, actionnées par des machi-

nes à vapeur de quelques chevaux, nécessaires à l'alimentation des arcs.

Ceci posa en particulier à la station espagnole de Mulhacen des problèmes de transport, d'intendance et de campement d'une extrême difficulté, et du côté français des problèmes d'ordre militaire à la frontière marocaine.

La jonction géodésique proprement dite prit les 3 dernières semaines de septembre 1879. Elle fut très mouvementée au Mulhacen (orages, tempêtes) mais elle fut heureusement terminée par un succès complet.

La figure de jonction est un quadrilatère diagonalisé dont les 4 sommets sont (fig. 36) Tetica (2080 m) et Mulhacen (3481 m) en Espagne, M'Sabiha (585 m), Filhaoussen (1136 m) en Algérie (figure 39).

Les triangles sont évidemment de grandeur inusitée, à la limite des possibilités d'application du théorème de Legendre. Nous donnons ci-dessous leurs excès sphériques et les erreurs de fermeture correspondantes.

Triangles	Exc sphérique	Fermeture
Filhaoussen, Mulhacen, Tetica	167''18	+ 0''81
Tetica, M'Sabiha, Filhaoussen	185''42	+ 2''94
M'Sabiha, Filhaoussen, Mulhacen	218''35	- 2''20

L'équation aux côtés ferme à 2.203 unités de la 9^e décimale des logarithmes décimaux.

Calculés à partir d'une compensation intrinsèque du quadrilatère et de la valeur espagnole du côté Mulhacen-Tetica, on trouve les valeurs suivantes des côtés :

Mulhacen-Tetica : 82.827,20 m
 Tetica-Filhaoussen : 257.412,28 m
 Filhaoussen-Mulhacen : 269.926,93 m
 M'Sabiha-Mulhacen : 269.847,24 m
 M'Sabiha-Tetica : 225.712,49 m
 M'Sabiha-Filhaoussen : 105.179,35 m
M'Sabiha-Filhaoussen : 105.178,56 m

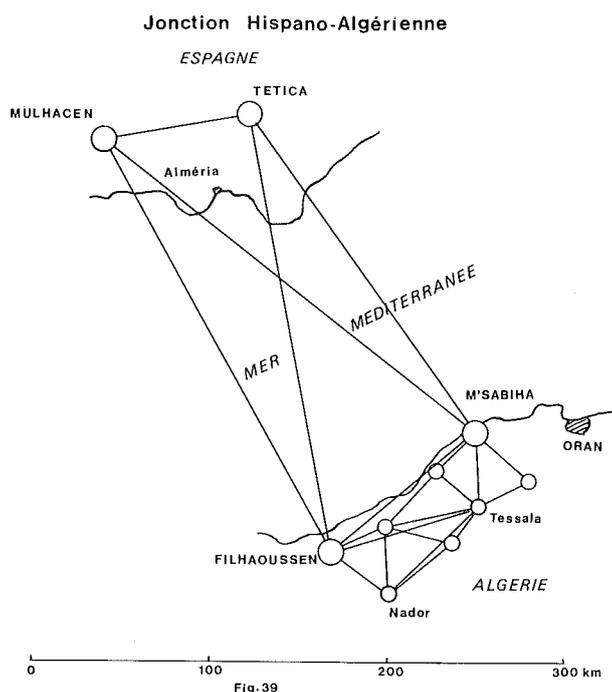
La 2^e valeur du côté algérien est celle qui résulte du calcul par la chaîne côtière soit une différence de 0,79 m avec la valeur espagnole.

Cette grande opération s'acheva par une détermination de la différence de longitude astronomique entre M'Sabiha et Tetica. Faut de câble sous-marin les observateurs observaient des signaux lumineux rythmés de leurs projecteurs, en tenant compte de leurs équations personnelles aux mesures de temps et aux éclipses lumineuses. Leurs séries sont très correctes et dispersent de 0,10 seconde de temps.

Le vœu de Biot et Arago était accompli.

Cette opération hardie, parfaitement préparée et organisée, favorisée par la chance et couronnée par une réussite complète, valut à ses participants une renommée scientifique universelle, les honneurs académiques et les récompenses officielles.

Ce fut la dernière campagne de F. Perrier sur le terrain où il observait depuis 18 ans.



Bibliographie

- (1) *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences Tome VII - 1666-1695.*
- (2) J.-B. Delambre : *Grandeur et Figure de la Terre* Publié par les soins de G. Bigourdan.
- (3) J.-B. Delambre : *Histoire de l'Astronomie, Astronomie moderne - Tome III.*
- (4) L. Gallois : *l'Académie des Sciences et les origines de la Carte de Cassini - Annales de géographie - 1909 n° 99.*
- (5) R. Taton : *J. Picard et la mesure de l'arc du Méridien Paris-Amiens - Colloques internationaux du CNRS - n° 590. La découverte de la France au XVII^e siècle.*
- (6) Colonel Berthaud : *la carte de France 1780-1898. Service géographique de l'Armée - 1898.*
- (7) J.-J. Levallois : *la détermination du rayon terrestre par J. Picard en 1669-1671 - Bulletin géodésique - Volume 57 - 1983.*
- (8) *Annuaire du Bureau des Longitudes - 1974.*
- (9) A. Danjon et A. Couder : *Lunettes et Télescopes A. Blanchard - Paris.*
- (10) *La Hire : Traité du Nivellement par M. Picard de l'Académie des Sciences, avec une relation de quelques nivellements faits par ordre du Roy... mis en lumière par les soins de M. de La Hire.*
- (11,n) *Mémoires ou Histoire de l'Académie des Sciences (année N).*
- (12) J. Cassini : *Traité de la grandeur et de la Figure de la Terre (1723).*
- (13) Cassini de Thury : *La méridienne de l'Observatoire Royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du Royaume (1744).*
- (14) Cassini de Thury : *Description géométrique de la France (1780).*
- (15) *Maupertuis : Œuvre de M. de Maupertuis (4 tomes).*
 a) *Discours sur les différentes figures des astres.*
 b) *Mesure de la terre au cercle polaire.*
 c) *Relation du voyage fait par ordre du Roi au cercle polaire, pour déterminer la figure de la Terre.*
- (16) Authier : *Journal d'un voyage au Nord en 1736 et 1737.*
- (17) P. Bouguer : *La figure de la Terre, déterminée par les observations de MM. Bouguer et La Condamine.*
- (18,a) Ch. de La Condamine : *Journal d'un voyage fait par ordre du Roi à l'Equateur.*
- (18,b) Ch. de La Condamine : *Mesure des trois premiers degrés du Méridien dans l'hémisphère austral.*
- (19) Florence Trystram : *Le procès des étoiles - Seghers 1979.*
- (20) Cl. Clairaut : *Théorie de la figure de la Terre tirée de l'Hydrostatique.*
- (21) J.-J. Levallois : *Géodésie générale (tome III).*
- (22) J. Svanberg : *Exposition des opérations faites en Laponie, pour la détermination d'un arc de Méridien en 1801, 1802 et 1803.*
- (23) J. Leinberg : *Über die Ergebnisse der Maupertuischen Gradmessung in Lappland (CR de la quatrième séance de la Commission géodésique Baltique - 1929).*
- (24,n) J. Delambre : *Les bases du système métrique décimal (3 tomes).*
- (25) G. Bigourdan : *Le système métrique des Poids et Mesures.*
- (26,n) F. Tisserand : *Traité de Mécanique Céleste (tome n).*
- (27) Todhunter : *History of the theories of Attraction and of the Figure of the Earth.*
- (28,n) Laplace : *Traité de mécanique céleste (livre a).*
- (29) G. Perrier : *Petite histoire de la géodésie.*
- (30,n) *Mémorial du Dépôt de la Guerre (tome n).*
- (31) *CR des séances du Bureau des Longitudes (1807-1809).*
- (32) Best et Arago : *Recueil d'observations géodésiques et astronomiques exécutées par ordre du Bureau des Longitudes.*
- (33) Ch. Berthaut : *Les ingénieurs Géographes Militaires.*
- (34) L. Puissant : *Traité de géodésie - 3^e édition - 1842.*
- (35) Breton de Champ : *Traité de Nivellement.*
- (36) L. Puissant : *Traité de Topographie, d'Arpentage et de Nivellement.*
- (37) B. Pascal : *Œuvres complètes - Edition de la Pléiade.*
- (38) G. Darboux : *Eloge historique de François Perrier (AdS).*
- (39) G. Bigourdan : *Le Bureau des Longitudes (Annuaire de 1928-1929-1930-1931-1932-1933).*
- (40) Bassot : *Bulletin de la Société de géographie. La Géodésie française (1891).*
- (41) *Le Service géographique de l'Armée - Son histoire, son organisation, ses travaux. Imprimerie du SGA (1938).*
- (42) *Le Nivellement général de la France de 1878 à 1926 - Ch. Lallemand - E. Prévot.*
- (43) P. Tardi et G. Laclavère : *Traité de géodésie (1955) tome II - Astronomie géodésique de Précision.*
- (44,n) *Bureau des Longitudes. Encyclopédie Scientifique de l'Univers. Volume n ; n = 1. La terre, les eaux, l'atmosphère.*
- (45,n) *Bulletin Astronomique, année n.*
- (46) R. P. Pierre Lejay : *Développements modernes de la gravimétrie.*
- (47,n) *Comptes rendus annuels des travaux du Service Géographique de l'Armée.*

Investigations bathymétriques, topographiques et photographiques nécessaires aux études d'aménagement des fleuves et des rivières

par Robert DELBARD, Ingénieur ETP
Géomètre-Expert DPLG

RESUME :

Les fleuves, les rivières et tous les cours d'eau en général sont l'objet de nombreux projets :

- *les uns concernent leur vocation fonctionnelle, hydraulique, c'est-à-dire le fait d'assurer des débits d'écoulement ou des conditions de retenue conformes aux besoins de projets,*
- *les autres, de plus en plus nombreux, sont relatifs à des études d'environnement et d'aménagement paysager.*

Les rivières sont souvent le cadre de loisirs des pêcheurs, des amoureux de la nature, des promeneurs et des sportifs. On donne volontiers à de tels projets des titres suggestifs tels que : Ardèche Claire...

Le milieu intéressé est d'abord le lit mineur du cours d'eau mais souvent aussi le lit majeur et toute la zone de vallée.

La connaissance de ce milieu, indispensable aux études, nécessite des documents spécifiques exprimant bien la situation bathymétrique et topographique.

Les projets d'aménagement sont étudiés en fonction d'une progressivité maintenant bien normalisée qui comprend l'établissement :

- du programme
- de l'avant-projet sommaire
- de l'avant-projet détaillé
- du projet d'exécution

De même les documents supports de ces études s'établiront suivant une progression logique, modulaire, adaptée d'abord aux investigations d'approche et évoluant vers des éléments précis nécessaires à l'exécution.

Enfin la connaissance des situations de la propriété foncière, et de ses modifications éventuelles liées au projet, est souvent aussi un besoin important de l'étude.

Avoir une bonne connaissance, un bon portrait de nos rivières et de leurs abords... Pourquoi ?

Le terme bathymétrie est surtout utilisé pour mesurer la profondeur et connaître les fonds des océans ou des lacs ; on peut hésiter à l'utiliser dans le cas de cet autre domaine aquatique que constituent les fleuves et les rivières, même si, étymologiquement, il n'y a pas d'anomalie à utiliser ce terme. Parlons donc plutôt d'**investigations topographiques** destinées à définir le milieu qui nous intéresse maintenant.

Nombreux sont les Services ou Collectivités concernés par ce milieu :

– dans chaque département, dans chaque région et au niveau central les grands services de l'Etat, Transports, Agriculture, Environnement, ont une cellule importante spécialisée dans les problèmes de l'eau (Service hydraulique, Service de la navigation, Service Régional de l'Aménagement des Eaux, Service hydrologique d'annonce des crues, etc...),

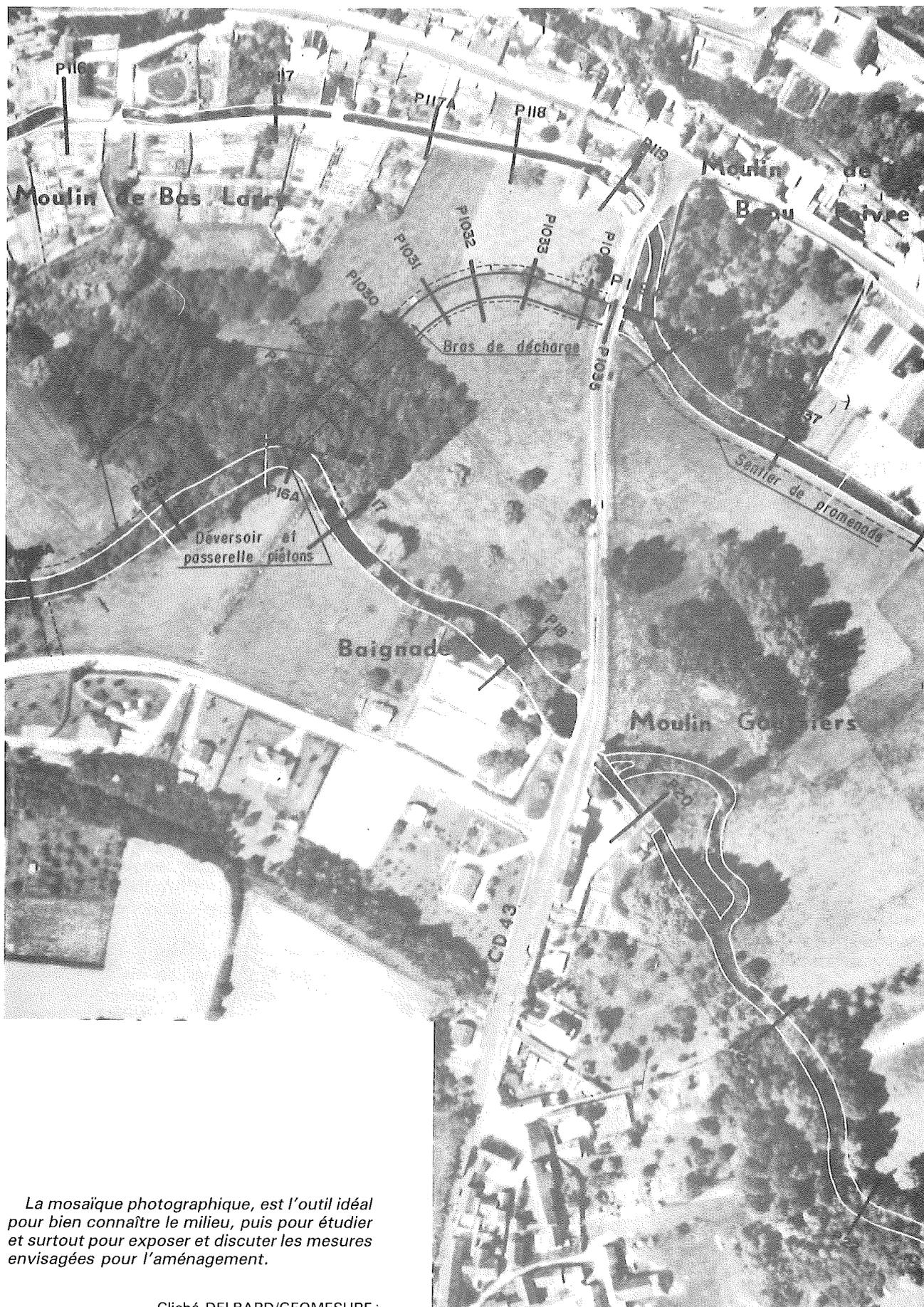
– de grands organismes nationaux : Electricité de France, Sociétés régionales de mise en valeur (Compagnie Nationale du Rhône, Société Nationale d'Aménagement du Bas Rhône et du Languedoc etc...) effectuent de nombreuses études sur les cours d'eau,

– les Comités et Agences de bassin se préoccupent des problèmes divers de l'eau dans les limites des bassins versants de nos fleuves principaux,

– des Etablissements Publics sont constitués pour étudier et réaliser des ouvrages destinés à régulariser les débits.

Cette énumération, pourtant très résumée, montre bien tout l'intérêt qui s'attache aux problèmes de l'Eau et à la connaissance de nos cours d'eau.

Face à ce constat, chacun sait que **ce milieu est certainement celui qui est le plus mal cartographié, le plus mal analysé et le moins bien connu.**



La mosaïque photographique, est l'outil idéal pour bien connaître le milieu, puis pour étudier et surtout pour exposer et discuter les mesures envisagées pour l'aménagement.

Cliché DELBARD/GEOMESURE

Naguère les préoccupations classiques des projecteurs, en relation avec le rôle fonctionnel des cours d'eau, étaient d'intervenir sur les débits d'écoulement, sur les conditions de retenue par installation de barrages, sur les possibilités de navigation par mise à gabarit, selon l'aptitude et l'importance de ces cours d'eau.

Aujourd'hui, un souci nouveau se manifeste dont l'objet est lié aux préoccupations d'environnement :

- il faut dépister les pollutions et les combattre, dans le souci d'améliorer la qualité de l'eau,
- il convient d'aménager, le long des cours d'eau, un cadre de loisirs pour les pêcheurs, les promeneurs, les sportifs, y créer des parcours de pêche, des sentiers de randonnées.

Et pour toutes ces études, il faudra disposer de supports spécifiques et adaptés.

Suivant le niveau de ces études (programme, avant-projet sommaire, avant-projet détaillé, projet d'exécution), ces supports devront eux aussi suivre une progression logique et modulaire.

Nous en parlons maintenant.

L'inventaire hydraulique Moyen de connaissance et d'analyse

Bien connaître une rivière et sa vallée, c'est évidemment nécessaire pour la surveiller et la gérer, et aussi pour l'aménager.

L'inventaire hydraulique, parfois appelé "cadastre hydraulique", est un document qui décrit de façon aussi complète que possible la rivière et sa vallée, et ce à l'aide de deux catégories de documents :

- une mosaïque photographique renseignée,
- un mémoire et des fiches d'inventaire.

Pour préciser l'exposé, nous prendrons le cas d'une rivière d'importance moyenne, à savoir le Cher dans sa traversée du département de l'Allier.

L'inventaire "Connaissance du Val du Cher" nous fut confié par le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie et par le Conseil Général de l'Allier. Son objectif est de faire apparaître de façon objective et expressive un ensemble d'informations concernant :

- le portrait photographique de la rivière et de la vallée,
- l'état des prélèvements et des rejets,
- l'inventaire des carrières et sablières,
- diverses informations telles que : niveaux des plus hautes eaux, zones inondables, possibilités d'extraction de granulats, richesse en eau de la nappe alluviale, etc...

Première partie de l'inventaire : les mosaïques photographiques

Les photographies aériennes ont été prises suivant un plan de vol bien défini, dominant au mieux le lit du cours d'eau et permettant un assemblage par sections homogènes. La mosaïque est confectionnée sur film reproductible aux échelles du

1/5 000^e en zone rurale et du 1/2 000^e en zone urbaine, ces échelles étant approximatives mais très approchées puisqu'il s'agit de photographies assemblées. C'est un outil avant tout documentaire.

Les informations sont localisées par rapport à une échelle kilométrique, avec sens des PK croissants de l'amont vers l'aval et origine des PK : 1 000 km au confluent du Cher et de la Loire.

Le kilométrage d'une rivière est aussi utile que celui d'une route pour situer un incident, une pollution par exemple, car les services ou personnes concernés sont nombreux et il faut se comprendre pour agir vite.

Sur cette mosaïque sont figurés avec des mentions ou des signes conventionnels, de couleur bleu vif,

- les terrains gérés par des collectivités, notamment les stations de pompage,
- les installations de caractère industriel ou agricole,
- les zones sensibles à l'érosion,
- les carrières en cours d'exploitation,
- les carrières dont l'exploitation est terminée,
- les déversoirs d'eaux pluviales, d'eaux usées, d'eaux industrielles, traitées et non traitées,
- les niveaux de plus hautes eaux.

Deuxième partie de l'inventaire : les fiches inventaires

Etablies par commune, les fiches inventaires rassemblent les informations localisées (PK) concernant :

- les prélèvements et rejets (nature et origine),
- les carrières et sablières (état d'exploitation et référence d'autorisation),
- et quelques autres renseignements singuliers éventuels.

Troisième partie éventuelle : un mémoire explicatif

A une étude hydrologique abstraite, nous avons préféré une description de situations précises et diverses, ceci pour exprimer le comportement de la rivière vis-à-vis de son environnement.

Cette façon de faire fut très appréciée des responsables municipaux et départementaux et même des techniciens.

Ainsi à telle date, après une pluviométrie de telle intensité, le Cher débitait à tel point 250 m³/sec. Les conséquences étaient les suivantes... A tel autre moment, dans des circonstances différentes, il se passait ceci ou cela... Un classement progressif de ces cas permet de bien définir les diverses situations.

Ce genre de travail nécessite la consultation des renseignements centralisés à EDF ou auprès des services hydrologiques. Il convient ensuite d'ajuster ces indications aux témoignages de gens qui ont vécu ces événements et qui se rappellent les niveaux atteints et les zones couvertes par les crues.

COMMUNE de REUGNY

CODE	P.K. RIVIERE		PRELEVEMENTS	REJETS	CARRIERES	DIVERS
NPHE	716.310					Repères des crues du Cher dans la Station de pompage de la Mitte.
P	716.370		S.I.A.E.P. DE LA REGION MINIERE DE L'ALLIER - STATION DE POMPAGE ET DE TRAITEMENT DE LA MITTE Siège Social : mairie de Doyet Nombre de puits de captage : 22 Production journalière moyenne : 4 500 m ³ Nombre d'habitants desservis : 22 000 habitants.			
B	716.380		S.I.A.E.P. DE LA REGION MINIERE DE L'ALLIER Barrage construit en 1976 pour rehausser le niveau du plan d'eau (+ 1,40 m) et maintenir la nappe en charge pour l'alimentation des puits.			
CA	716.620		Entreprise ROLAND Frères. Siège Social : Avenue d'Antibes AMILLY (45) demande d'ouverture de carrière effectuée le 17 octobre 1974 pour la parcelle AD 160 de la Commune de VAUX.			
CA	716.750		Société des Sablières du Haut-Cher exploitation terminée			

DOCUMENT DREASP en OCTOBRE 1978

INVENTAIRE HYDRAULIQUE
 Exemple de la fiche inventaire
 par commune

COMMUNE de REUGNY

CODE	P.K. RIVIERE		PRELEVEMENTS	REJETS	CARRIERES	DIVERS
D	717.730					Digue de Protection du Canal du BERRY
CA	717.860		Société Nouvelle des Sablières d'Estivareilles Transfert des installations de l'exploitation arrêté préfectoral du 4 novembre 1977 installation en cours			
CA	717.980		Syndicat Intercommunal pour l'aménagement du Site de ROUERON Syndicat créé le 29 décembre 1976 entre les Communes de REUGNY et AUDES. Ancienne carrière acquise par le Syndicat en vue d'aménagement.			
CA	718.450		Entreprise ALZIN S.A. Commentry exploitation autorisée par arrêté préfectoral en date du 23 juin 1975 exploitation non commencée			
CA	718.830		THIENNOT Michel - Montluçon Exploitation autorisée par arrêté préfectoral de 1973. Sablière en fin d'activité nouvelle demande en cours depuis novembre 1977 pour extension.			

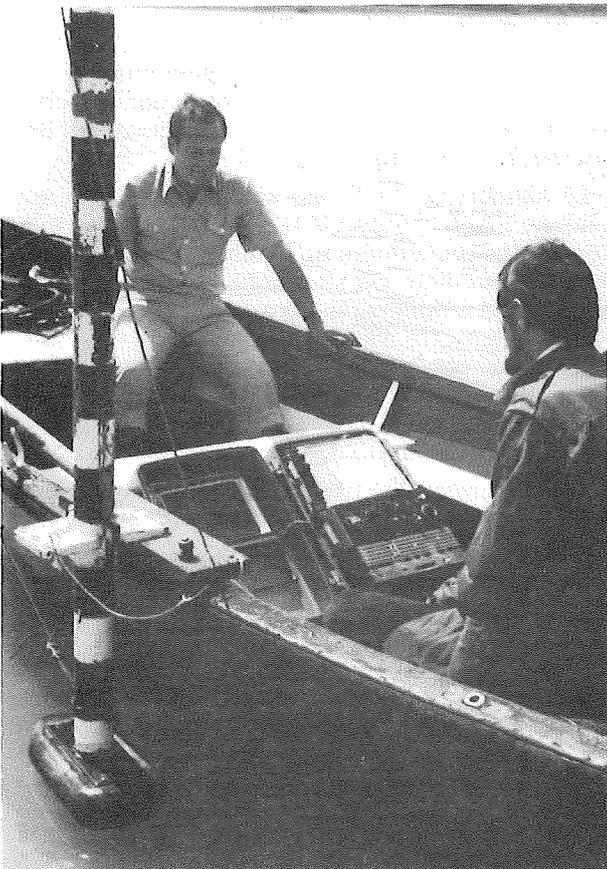
Le mémoire peut rappeler aussi des indications sur la situation juridique et administrative du cours d'eau, elles seront également utiles au gestionnaire et à l'aménageur.

Quatrième partie éventuelle : des profils en long et en travers pour définir la conformation de la rivière

Les mosaïques décrites plus haut ne comportent aucun renseignement altimétrique. Or il est souvent nécessaire de disposer d'un profil en long et des profils en travers de la rivière, notamment si on désire calculer les données d'écoulement : débit, vitesse, niveaux en fonction des débits.

Ces profils sont relevés par des nivellements traditionnels qui peuvent être complétés

- soit par des sondages effectués en fonction du niveau du plan d'eau utilisé comme référence d'horizontalité,
- soit par emploi du sondeur classique utilisant des mesures acoustiques et porté par un bateau (voir article de M. Le Gouic Ingénieur du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, revue XYZ n° 21 de décembre 1984).



L'ECHOGRAPHE, carter ouvert, sur le bassin de MOISSON.

(cliché ABEL)

Dans le cas de levers de rivières, les profils sont généralement matérialisés par des piquets sur berges. Ces piquets serviront de repères pour des interventions ultérieures de recalibrage.

Si le cours d'eau est peu large, les sondages sont effectués à la mire le long d'un câble gradué, les

points étant définis soit en altitude mesurée directement, soit par référence au plan d'eau.

Pour des rivières dont la largeur du lit dépasse 15 mètres, on utilisera le bateau équipé d'un sondeur.

Un exemple très concret de ce genre d'opération est présenté à ce colloque par mon confrère M. Abel et concerne la base de loisirs de Moisson près de Paris. L'échographe hydrographique mesure les profondeurs et les exprime par un échogramme. La localisation précise de chaque mesure est obtenue par des visées d'intersection ou par des observations en rayonnement.

La méthodologie et la présentation des divers matériels sont assez détaillés dans les autres exposés de ce colloque pour que nous n'en parlions pas davantage ici.

Les matériaux sont prêts, ... en avant les études !

Les études les plus diverses peuvent être sollicitées ; elles concernent :

- des aménagements hydrauliques, curages, recalibrages, reprofilages, mise à gabarit, création de retenues, de ponts, protection de berges,
- des aménagements de loisirs, création de plans d'eau, de parcours de pêche, d'aménagements piscicoles,
- des aménagements paysagers, plantations, sentiers de promenade,
- des installations de lutte contre les pollutions, stations de traitement, etc...
- l'institution de mesures de réglementation opposables aux usagers de l'eau, aux riverains, aux exploitants de sablières.

Ces études se développent suivant une progression très classique visant à élaborer des solutions de plus en plus précises et affinées, successivement élaborées par le projeteur et admises par les maîtres d'ouvrages.

Les documents, supports de ces études, devront s'adapter à cette progression. Pour des raisons d'efficacité et de moindre coût, ils devront être adaptés à chaque phase de l'étude, puis enrichis et précisés, pour convenir aux phases suivantes.

Le projeteur doit être, grâce à eux, bien armé pour définir ses propositions, mais il a besoin d'être aussi bien armé pour exposer son projet et convaincre les multiples interlocuteurs intéressés. Et c'est peut-être là qu'une documentation fiable et expressive rendra le plus grand service et assurera la meilleure efficacité.

1^{re} phase de l'étude : l'élaboration du programme

Un programme est l'expression d'une première intention et l'ébauche des solutions approchées qu'on peut apporter à certains problèmes. Il permet de mesurer si "ça accroche", si la dépense à prévoir reste raisonnable...

On peut affirmer que grâce à l'inventaire hydraulique ci-dessus présenté, le projeteur aura un matériau de premier choix pour effectuer son travail et

le présenter aux tiers concernés. La mosaïque photographique montre le terrain avec fidélité, ce qui interdit toute fantaisie dans un exposé justificatif.

Elle montre aussi de façon concrète les premières prévisions du projet. Le milieu en cause est complexe, les projets y sont délicats à imaginer et à concrétiser. Pour gagner la confiance des responsables, il faut disposer de documents sérieux exposant et justifiant bien les intentions du projet.

Pour illustrer notre exposé nous présentons quelques diapositives montrant le programme d'aménagement d'une rivière, dont nous avons été chargés : cette rivière est un affluent du Loing : le Fusin ; son bassin versant se trouve en partie sur le Loiret et en partie sur Seine-et-Marne et elle arrose notamment la petite ville de Château-Landon, dans le cadre d'un site classé, ce qui ne manque pas de créer des contraintes très sérieuses.

Le programme est situé grâce à la mosaïque annotée des principales dispositions prévues. Bien sûr on aura en annexe diverses pièces écrites justificatives : devis descriptif, détail estimatif, etc...

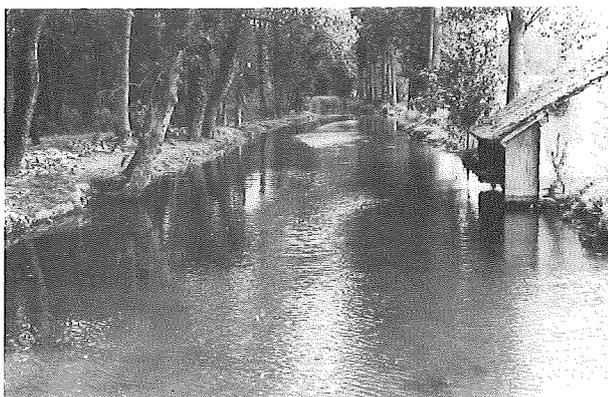
2^e phase de l'étude : l'avant-projet sommaire

Si les réactions consécutives à la présentation du programme sont favorables, on passera à l'étude de l'avant-projet sommaire (APS). Ce document est généralement global : il intéresse tous les aména-



*la rivière est maintenant propre...
le sentier piéton est aménagé au long...
la passerelle construite...
l'eau s'écoule normalement et les riverains sont satisfaits.*

(Château-Landon - clichés DELBARD)



gements prévus, avec un niveau d'élaboration et de précision plus important que celui du programme.

Pour étudier et définir les travaux, pour évaluer les avant-métrés des terrassements, on utilise des plans au 1/2 000 ou au 1/1 000 qui sont levés ou déduits du plan cadastral, suivant le degré de précision nécessaire. Une mise à jour sérieuse est faite sur le terrain ; elle est accompagnée d'un nivellement précisant les informations altimétriques du profil en long et des profils en travers. Ceci est indispensable pour définir les données d'un recalibrage du cours d'eau et aussi pour arrêter les futurs niveaux de retenues à inscrire dans un éventuel "règlement des eaux".

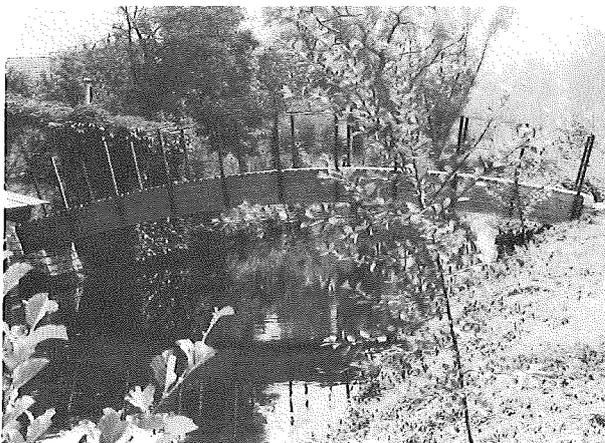
Dans le cas courant la topographie nécessaire est effectuée par des levés terrestres. Parfois, pour des cours d'eau importants, on fera appel à la photogrammétrie en réutilisant la mission aérienne qui a déjà servi à confectionner la mosaïque. Les levés photogrammétriques sont généralisés lorsque les surfaces intéressées sont importantes, par exemple pour les sites de barrages.

3^e phase de l'étude : l'avant-projet détaillé (APD)

Il est destiné à améliorer les dispositions envisagées à l'APS. Généralement dressé par tranches fonctionnelles, il va permettre la "commande" des ouvrages et travaux.

Le support de l'APD est souvent le même que celui de l'APS. Toutefois la prise en compte à ce niveau des procédures de réalisation impose souvent de connaître les situations foncières, la propriété et les propriétaires, de manière à avoir la maîtrise de l'assiette des ouvrages. D'où la nécessité de disposer de plans parcellaires et d'états parcellaires, à partir desquels seront entreprises les formalités d'acquisition amiable, ou d'expropriation ou de création de servitudes.

Les supports qui ont servi à l'étude et à la présentation de l'APS et de l'APD serviront à nouveau, après exécution du projet, pour le dossier des ouvrages exécutés (DOE) qui est indispensable au gestionnaire de l'ouvrage.



*Les bords du Fusin affluent du Loing.
La nature est encore plus belle lorsque l'homme sait la mettre en valeur.*

CONCLUSION

Les études hydrauliques sont très délicates à conduire car elles concernent un milieu qui est sujet à de nombreuses réactions physiques et humaines.

Pour bien connaître ce milieu et pour le façonner dans le sens souhaité, il faut que le projeteur dispose de documents d'étude qui soient fiables et expressifs. Faire comprendre ses idées, en susciter la discussion, les faire adopter par d'autres, est dans ce domaine une préoccupation aussi délicate que celle de produire l'étude elle-même.

C'est au niveau de l'établissement du programme que cette préoccupation est alors plus aiguë. L'inventaire hydraulique avec sa mosaïque photographique, complétée par un mémoire explicatif, sera le document essentiel. Les autres phases de l'étude font appel ensuite à des supports moins originaux, qui ont besoin d'être élaborés en toute connaissance de la progression des études.

1^{er} juin 1985
R.D.

ABONNEMENT 1986 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) : 370 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) 43.54.19.21 pte 310 mardi et vendredi de 10 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.

Les perles topographiques

par Michel SAUTREAU

Certains collectionnent les papillons ; d'autres, les timbres, les pochettes d'allumettes ou les boîtes de camembert. On les appelle, selon le cas, philatélistes, philuménistes ou tyrosémiophiles. Moi, ce sont les perles topographiques, mais je n'en connais pas la définition sémantique. Au cours d'une carrière déjà longue, j'en ai recueilli tout un chapelet. J'en ai même confectionné quelques-unes, pour faire bonne mesure, en période de pénurie ; elles ne tranchent cependant pas sur le lot. Je vous laisse d'ailleurs faire le tri entre la réalité et la fiction ; mais croyez-moi, celle-ci est de loin moins fréquente que celle-là.

La première perle de ma collection date de 1953. J'étais alors à l'école du cadastre. Le professeur de topographie y enseignait une astuce pour amortir les oscillations d'un fil à plomb, à savoir, le plonger dans un seau d'eau. Vient la composition. L'un de mes camarades, sans doute distrait pendant les cours, aménagea d'une façon toute personnelle ce problème d'amortissement :

"Laisser reposer le fil à plomb dans un seau de sable !".

C'était effectivement la solution la plus efficace ; et la seule possible, au demeurant, dans le lever du Sahara.

Peu de temps après, en visite dans un service technique, j'eus connaissance d'une note ainsi rédigée :

"Le Chef de Chantier à Monsieur l'Ingénieur de la Voirie,

Je vous informe que la cote du repère de nivellement NGF N° 125 scellé dans la façade de l'immeuble du 3, rue de la République doit être diminuée de 65 mm **très exactement**, suite au remblaiement de la même importance de la chaussée au niveau dudit repère".

Ce chef de chantier était certainement un chaud partisan du nivellement par la base ! C'est avec cette note que me vint l'idée de collectionner les perles topographiques. J'avais, à l'époque, comme directeur, un homme charmant. Fonctionnaire remarquable, il était cependant aussi peu doué pour les questions mathématiques qu'il se révélait brillant pour les problèmes juridiques ou fiscaux. A la demande de notre Direction Générale, il m'avait chargé d'une étude sur les tarifs de rétribution des travaux cadastraux exécutés à l'entreprise. C'était ma première tâche importante. Je voulus me distinguer et glissai dans mon rapport la phrase suivante :

"Le tarif T à l'hectare en fonction du morcellement moyen M des propriétés foncières est donné par la formule $T = a\sqrt{M} + bM + c$, représentée par un arc de parabole, formule dans laquelle les

coefficients a, b et c seront déterminés, par moindres carrés, à partir de n couples de valeurs expérimentales $(T_1, M_1), (T_2, M_2), \dots, (T_n, M_n)$ ".

A l'évidence, troublé par ces considérations d'allure scientifique, mon cher directeur me demanda, en premier lieu, de ne pas utiliser le raccourci "...", qui faisait trop "expédié". S'agissant d'un rapport destiné à la Direction Générale, il importait d'écrire exhaustivement **tous les couples de 1 à n !**

Au surplus, en souvenir sans doute de ses études secondaires où la seule parabole connue était alors $y = ax^2 + bx + c$, il tint absolument à compléter comme suit mon texte initial :

"..., représenté **approximativement** par un arc de parabole, ...".

"Souvenez-vous, me dit-il, qu'il faut toujours être très prudent dans ses conclusions quand on s'adresse à la hiérarchie".

Cette prudence devait être illustrée plus tard par un de nos inspecteurs, qui ne manquait pas d'esprit pour autant. Il venait en effet de recevoir une machine à écrire qui s'obstinait à imprimer la lettre z quand on actionnait la touche e, et vice versa. Il renvoya dès lors l'engin au service central, accompagné de cette note :

"J'ai l'honnzuz de vous fairz connaîtrz quz la machinz à écrivz quz vous m'avze livrez szmblz dzvoir prészntzr un pztit défaut dz frappz...".

On admirera la tournure bien administrative "semble devoir présenter", en même temps que l'atténuation "petit défaut". Nul fonctionnaire n'est à l'abri d'une erreur de jugement, même face à l'évidence ; aussi, se doit-il de présenter ses conclusions avec toutes les précautions permettant à ses supérieurs de conclure autrement.

Ces mêmes précautions sont d'ailleurs parfois de règle au plus haut niveau de la hiérarchie. Je me souviens, en particulier, d'avoir adressé un jour une "Demande-Réponse" qui se terminait par cette question :

"Compte tenu des caractéristiques de ce chantier, je serais très obligé à l'Administration de bien vouloir me faire savoir si le lever des intérieurs d'îlots doit être exécuté par les procédés terrestres ou par photogrammétrie".

Après quelques mois d'attente, me revint cette réponse éclairante :

"Manière de voir partagée".

Fort de cette indécision, j'optai finalement pour la photogrammétrie. Puisque cette dernière discipline est évoquée, je dois dire que c'est un domaine plein de pièges pour les non-initiés. Les traducteurs

et les dactylos, notamment, en savent quelque chose.

Ainsi, en 1972, au congrès international de photogrammétrie de Lausanne, j'eus la surprise de recevoir dans mes écouteurs cette version très curieuse de l'exposé d'une communication en langue anglaise :

"La mission photographique a été réalisée avec une chambre à air de 210 millimètres !"

Non ; il ne s'agissait pas d'une nouvelle technique de prise de vues ; la chambre à air en question n'était autre que la traduction un peu rapide et tout à fait libre de "aerial camera". Il faut dire, à la décharge des charmantes dames qui assurèrent cette traduction, qu'elles avaient opéré, peu de temps auparavant à la Foire Internationale du Cycle suisse !

Dans le même style, mais en plus égrillard, une dactylo transforma un jour ma demande de viseurs zénithaux, pour effectuer les descentes de toits, en viseurs "génitaux" ! J'accédais ainsi, du même coup, à la naissance d'une science nouvelle : la topopornographie.

Je ne m'étendrai pas dans un domaine aussi scabreux, ne serait-ce que pour maintenir le standing avéré de la revue XYZ. Je me bornerai à le clore par ce titre d'un article que j'avais rédigé en 1958 et qu'une petite fée du clavier AZERTY composa comme suit :

"Les menstruations cadastrales en Suisse".

Le moins que l'on puisse en dire est que les règles en la matière n'étaient pas conformes à la pratique.

Tiens, à propos de règles, il m'en revient une savoureuse, que les anciens apprécieront, de même que ceux qui opèrent encore avec ces instruments dans les départements d'Alsace-Moselle. D'aucuns se souviennent sans doute que, dans les premières instructions du Cadastre, les cheminements principaux étaient figurés en rouge et les secondaires en bleu. Cela étant, à l'issue d'une livraison de matériel technique à un département, je reçus cet avis :

"J'ai l'honneur de vous accuser réception des règles en bois de 5 mètres parvenues au service le... Conformément aux instructions en vigueur, j'ai affecté les règles de couleur rouge aux mesurages de la polygonation principale, et celles de couleur bleue à ceux de la polygonation secondaire".

Avouons-le ; ce n'est pas toujours de la tarte — pardonnez-moi l'expression — pour le non-spécialiste de se dépêtrer du jargon et des techniques qui nous sont propres. A cet égard, on m'a rapporté la perle suivante, émanant d'un intendant d'une grande école de topographie (authenticité non garantie) :

"Monsieur le professeur,

Suite à votre demande de vingt tables de logarithmes pour vos élèves, je vous prie de bien vouloir me préciser si lesdites tables doivent être livrées avec ou sans tiroirs".

Là, il exagère, l'ami Sautreau, penserez-vous. Et pourtant, ce n'est pas plus excessif que cette

réflexion selon laquelle, à partir du moment où l'on avait remplacé les chaînes d'arpenteur de 10 mètres par des rubans de 20 mètres, il allait être possible de réduire de moitié les aides-géomètres !

Et que penser de ce candidat DPLG qui, de toute évidence troublé par l'enjeu, envisageait de ramener à l'horizontale la valeur des angles azimutaux mesurés au T 2 ? Ou de celui-là, simple manœuvre il est vrai, qui posait la question de savoir avec quel véhicule on allait assurer le transport du point approché en recoupement avec station excentrée !

Comme quoi, il faut toujours bien s'expliquer si l'on veut être bien compris. Si j'avais suivi ce principe élémentaire, je n'aurais pas perdu mon manœuvre local lors de mes débuts en triangulation. A l'issue de la première journée de travail, je lui avais en effet fixé rendez-vous, le lendemain, à notre "point de rattachement", sans autre précision. Le résultat fut qu'il alla m'attendre au café du village !

C'est le même qui pensait à une entorse alors que je pestais contre mon pied qui marchait mal ! il s'agissait, vous l'aurez deviné, du pied de mon théodolite !

Ah, la topographie, quelle source inépuisable de quiproquos pour les profanes ! Comment d'ailleurs n'en serait-il pas ainsi quand les points se choisissent "dans un chapeau", quand certains cheminent "en se mordant la queue", quand d'autres "coincident la bulle à l'horizontale", quand ils utilisent des mires "parlantes", quand le 50 000^e est une "petite" échelle alors que le 500^e en est une "grande".

Quelle belle source aussi de jeux de mots ; tenez, jugez-en :

Jadis, certains nivellements étaient exécutés avec des baromètres "à hémorroïde" ; d'où, sans doute, la valeur approximative des altitudes "orthopédiques" et la nécessité de passer à "l'hygiène 69".

Celle-là est inventée, bien évidemment. Je vous garantis, en revanche, l'authenticité de celles-ci, qui proviennent de diverses frappes dactylographiques à partir de minutes manuscrites difficiles à décrypter :

"La méthode des moindres canés... !"

"Un théodolite au milligramme... !"

"Un réflecteur orientale... !"

"Des rubans en fibre de bois... !"

"Une minette de risée... !" (1)

"Les six joints de collage du couple photogramétrique... !"

"La conversation du cadastre... !"

Mais, les fausses interprétations ne sont pas toujours aussi clairement transcrites. Il faut parfois savoir faire preuve d'imagination pour découvrir la perle qui se dissimule dans un message. Dans ce domaine, la meilleure du lot, à mon avis, est celle que j'ai trouvée un jour dans une note de service.

(1) Traduisez : "Une mirette de visée..."

Cette dernière était affichée dans le hall d'entrée d'une administration installée, à l'époque, dans des locaux fort anciens et peu salubres ; en voici le texte intégral :

NOTE DE SERVICE

"Il a été constaté que certains agents ou visiteurs se servaient du porche d'accès à la cour comme d'un WC à telle enseigne que, chaque matin, il faut en nettoyer les abords.

Je me bornerai à signaler ce fait déplorable, sans autre commentaire, en espérant que, désormais, chacun y mettra du sien".

Celle-là, pour la dénicher, ce n'était pas de l'imagination qu'il fallait, c'était plutôt du flair ! Et je n'ai jamais su si les intéressés étaient restés sourds à ce muet appel !

Le truisme est également à l'origine de nombreuses perles. Ainsi, cette lettre adressée un jour à mon bureau :

"J'ai l'honneur de vous informer que, pour ma région, de nombreux retards sont à signaler dans la réalisation des prises de vues. Ainsi, au 1^{er} mai — soit deux jours avant le passage de l'avion — le chantier de L... n'était pas encore photographié".

Ne cherchez pas ; il ne s'agit pas du chantier de La Pallice !

Les relations possibles de cause à effet méritent aussi d'être soigneusement analysées, si l'on veut éviter des conclusions inattendues. Que penser, par exemple, de ce message émanant de l'un de nos géomètres :

"Suite au passage de Monsieur l'Inspecteur, veuillez me faire parvenir un tachéomètre neuf".

Quant à ceux qui ne savent pas compter, ils sont légion. Je n'en citerai qu'un cas. C'était en 1975. Tous nos responsables départementaux au plus haut niveau avaient été convoqués pour recevoir la bonne parole du Ministre de l'Economie et des Finances de l'époque, M. Fourcade. La réunion se tenait au Palais des Congrès de la Porte Maillot. Elle fut rapportée en ces termes par un grand quotidien :

"Cinquante directeurs, venus des quatre-vingt quinze départements, assistaient à ce colloque qui...".

Les intéressés avaient, de toute évidence, le don d'ubiquité !

D'aucuns par ailleurs, dans la rédaction de leurs rapports, ne se méfient pas assez des constructions alambiquées ; ils rompent la structure classique de la phrase française en y incluant des incidences qui aboutissent au burlesque, telle celle-ci :

"Le tour d'horizon malgré le crachin matinal effectué par le géomètre a pu néanmoins être observé dans des conditions satisfaisantes".

Mais, revenons à la photogrammétrie. Nul n'ignore qu'elle a de farouches opposants. Parmi ces derniers, un géomètre alsacien, fort sympathique au demeurant, me posa récemment un problème juridique difficile à résoudre. Il me soutint en effet que les procédés photogrammétriques ne pouvaient être utilisés légalement pour la rénovation du cadastre en Alsace-Moselle.

"Je n'en veux pour preuve, me dit-il, que lesdits procédés ne sont pas cités dans la loi allemande qui régit encore les opérations cadastrales dans nos départements".

Et pour cause ; cette loi date de 1884 ! Et ses rédacteurs, malgré toute leur science, ne pouvaient égaler Jules Verne !

Autre opposant, ce géomètre-expert qui, dans le feu de la discussion, me lança un jour cette exhortation, en pleine réunion :

"Ne sabotez pas votre lever avec la photogrammétrie, faites le, plutôt, avec des procédés terrestres !"

Je lui rétorquai que "moins un spécialiste est plus convaincu de ses idées, plus il est moins convaincant en les exprimant. "Mais, je ne suis pas certain d'avoir été compris.

La photogrammétrie conduit également, parfois, à de drôles de sujétions. Le cadastre, on le sait, appartient à la Direction générale des Impôts, laquelle a toujours le souci de l'économie des deniers publics et de la rentabilité de certains investissements. C'est à ce double titre que j'eus, par deux fois, à rédiger des rapports qui me firent transpirer, dans tous les sens du terme.

Le premier était le préalable à la constitution d'un atelier de photogrammétrie ; je dus y exposer les avantages présentés par les stéréorestituteurs "pour le contrôle fiscal" !

Le second, visait à remplacer les missions aéro-photographiques traditionnelles — d'un coût jugé excessif — par des prises de vues à l'aide d'un 24 × 36 arrimé à la nacelle d'un aérostat, lui-même téléguidé à partir du sol !

Je me crus transplanté en 1858, l'année où Félix Tournachon, plus connu sous le pseudonyme de Nadar, impressionnait sur la pellicule ses premières photographies aériennes, qu'il proposait d'utiliser pour les levés photographiques. Quoi qu'il en soit, je pense m'être bien tiré de ces pensums puisque, depuis lors, notre parc de stéréorestituteurs s'est considérablement accru et que la bonne vieille caméra RC 8 continue d'être employée avec ses vecteurs traditionnels.

Le pêcheur de perles se doit cependant d'être éclectique. Aussi, ai-je ouvert ma collection au jargon administratif. "Pourquoi faire simple quand on peut faire compliqué ?" ; en voici trois exemples, des plus significatifs :

1 — Extrait du livre de Mathématiques de sixième de Boutin Novelli (Edition L'Ecole) :

"Pour faire la preuve par 9 d'une division, on calcule : le reste de la division par 9 du diviseur et du quotient, le reste de la division par 9 du produit de ces deux restes, augmenté du reste de la division par 9 du reste de la division, le reste de la division par 9 du dividende, les deux derniers restes doivent être égaux".

CQFD !

2 — Extrait du décret n° 54-541 du 26 mai 1954 relatif au régime de l'indemnité de résidence des fonctionnaires et agents de l'Etat :

“Article premier. — A compter du 1^{er} juillet 1954 et dans la limite des crédits qui seront dégagés, le troisième alinéa de l'article 1^{er} du décret n° 51-618 du 24 mai 1951 est remplacé par les dispositions suivantes :

“Les taux ci-dessus fixés s'appliquent :

Pour les personnels bénéficiant d'une rémunération principale comprise entre la rémunération afférente à l'indice 100 et le triple de cette rémunération, à la rémunération effectivement perçue majorée du tiers de la différence entre le triple de la rémunération afférente à l'indice 100 et le rémunération effectivement perçue”.

Et pour ceux qui n'auraient pas compris, l'alinéa suivant du décret met les point sur les i :

“Pour les personnels bénéficiant d'une rémunération égale ou supérieure au triple de la rémunération afférente à l'indice 100, à la totalité de la tranche égale au triple de la rémunération afférente à l'indice 100 majorée des trois quarts de la rémunération supérieure à cette tranche”.

Il y a vraiment de quoi s'en payer une tranche !

3 — Extrait du Bulletin Officiel des Contributions directes (n° 42 du 27 novembre 1968) ; objet : revenus des capitaux mobiliers :

“Il semble que l'on doit en déduire de la même façon que dans le cas où une société mère distribue en 1967 des dividendes qu'une filiale a répartis en 1966 en franchise de précompte et de la retenue de 12 % (du fait des crédits revalorisés) par prélèvement sur des produits qu'elle a reçus en 1965 d'une sous-filiale de la première société mère les crédits imputables sur la retenue frappant les distributions effectuées en 1967 par cette société à des non-résidents peuvent comprendre la quote-part correspondant à la participation de la société mère dans la société filiale, de la retenue de 24 % pratiquée en 1965 sur les dividendes que cette dernière a reçus de la sous-filiale et que, par suite, le crédit imputable sur la retenue frappant les distributions de la société mère, à raison de la participation détenue par elle dans la filiale, est identique à celui qui aurait été imputé par celle-ci, dans le cas où la distribution qui a été opérée au profit de la société mère l'aurait été au bénéfice d'un non-résident”.

C'est transparent comme une échelle double ! Près de 190 mots, si j'ai bien compté, dans une seule phrase, avec seulement 6 virgules, c'est un record ! Mais il ne faudrait pas croire que ce travers est un phénomène nouveau ; déjà La Bruyère écrivait de ces champions du pathos et de l'amphigouri : “ils laissaient aux vulgaires l'art de parler d'une manière intelligible. Une chose dite entre eux peu clairement en entraînait une autre, encore plus obscure, sur laquelle on enchérissait par de vraies énigmes, toujours suivies par de longs applaudissements”.

Heureusement, tous les textes de mon sottisier ne sont pas aussi hermétiques ; certains n'en ont que plus de saveur et je terminerai avec ces derniers.

1 — Au Journal Officiel du 23 septembre 1953 (page 8396) :

“Associations. — Syndicat des inséminateurs de la Creuse. But : soutien, entr'aide et défense des intérêts de ses membres”.

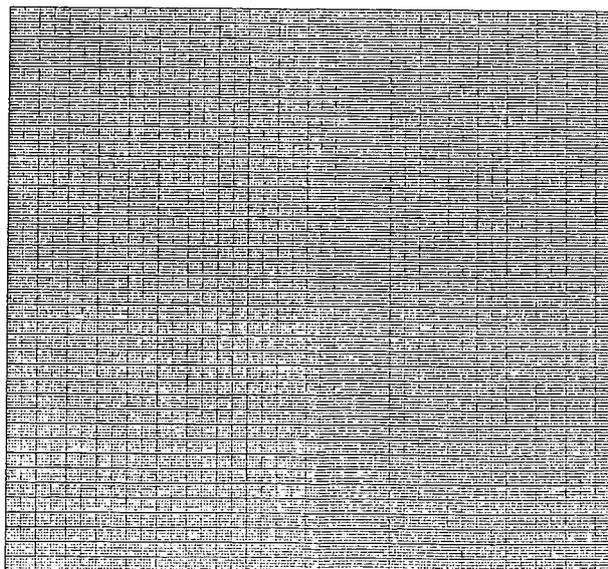
2 — Au Journal Officiel du 26 octobre 1954 (page 10124) :

“Logement et reconstruction. — Déclaration d'utilité publique et d'urgence de l'acquisition d'un terrain supportant des constructions provisoires à caractère définitif”.

3 — Extrait du bulletin d'une organisation syndicale (17 septembre 1976) :

“La plate-forme revendicative nous paraît tourner autour des quatre axes fondamentaux suivants...”.

4 — Rapport de la commission exécutive nationale d'une autre organisation syndicale (mars 1980) :



J'arrête là. J'espère que ce qui précède vous a fait sourire. Pour ma part, je me suis bien amusé à remuer ces souvenirs qui ont égayé ma carrière. Et je suggère *, pour terminer, que la rédaction ouvre une nouvelle rubrique, intitulée par exemple “Les perles d'XYZ”, où chaque lecteur pourrait apporter son écot. J'apporterai immédiatement le mien à ce projet avec cette pancarte que j'ai vue affichée dans le hall d'une perception de la région parisienne :

DEFENSE DE CRACHER

A vous de jouer, maintenant.

* La rédaction de XYZ souscrit à la proposition de M. Sautreau et offre en outre un prix spécial pour toute perle ou coquille relevée dans le présent article.

GAZETTE DE L' AFT

Calendrier 1986-87

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

FRANCE

DATE	MANIFESTATION	LIEU	ORGANISATEURS
27 octobre 1985 20 janvier 1986	France industrie technologie Exposition sur l'industrie et les technologies françaises.	Paris - Grande halle de la Villette	ANVAR, 43, rue Caumartin, 75009 Paris Tél. : 42.66.93.10
21-29 janvier 1986	Colloque National "L'Académie des Sciences et la Figure de la Terre" du XVIII ^e siècle à l'Ere spatiale. Célébration du 250 ^e anniversaire des "Missions de l'Académie des Sciences en Laponie et au Pérou" pour la mesure d'arcs du Méridien.	Paris	
24-28 février 1986	CFAO et Infographie MICAD 86	Paris Palais des Congrès	Secrétariat de la Conférence MICAD 86 Chemin du Pré-Carré - ZIRST 38240 Meylan, France
24-26 avril 1986	"La topographie dans la prévention des risques et technologies majeurs".	Grenoble	AFT
26-30 mai 1986	EURO-CARTO 5 et Symposium Commission ACI "Cartographie thématique dérivée des images satellites".	IGN - Saint-Mandé	
9-11 juin 1986	L'eau, la ville et le développement.	Marseille	ISTED, 5, rue Madame 75006 Paris
16-18 juillet 1986	Colloque Société Française d'Optique sur la qualité des images	Paris	
Automne 1986	Colloque sur la Télédétection et les premiers résultats de SPOT.	Toulouse	AFT et SFPT
24 novembre 12 décembre 1986	Océanographie spatiale.	Toulouse	GDTA - Formation 18, avenue Edouard Belin 31056 Toulouse Cedex (France)
7-11 sept. 1987	12 ^e conférence d'histoire de la cartographie.	Paris, France	

ETRANGER

DATE	MANIFESTATION	LIEU	ORGANISATEURS
16-21 mars 1986	ASP-ACSM Annual Convention (Congrès annuel des sociétés américaines des sciences géographiques).	Washington (DC), (EUA)	
18-20 avril 1986	4 ^e Symposium THOMPSON.	Université de Birmingham (GB)	
5-8 mai 1986	10 ^e Symposium Canadien de télédétection.	Edmonton (Alberta, Canada)	
26-30 mai 1986	Symposium Commission II, SIPT (systèmes pour le traitement des données)	Baltimore (EUA)	

ETRANGER

DATE	MANIFESTATION	LIEU	ORGANISATEURS
1 ^{er} -11 juin 1986	Congrès FIG - Géomètres "Terre et Espace Horizons illimités pour les Géomètres (Topographes)".	Toronto, Canada	"FIG CONGRESS '86", PO BOX 186 6 Station Q. CA-TORONTO-Ont. M4T 1M2, (Canada)
16-19 juin 1986	Symposium Commission V, SIPT, "Photogrammétrie en temps réel, un nouveau défi".	Ottawa (Ontario) Canada	
Août-Sept. 1986	Conférence régionale sur les pays méditerranéens.	Barcelone, Espagne	UGI
18-22 août 1986	Symposium Commission III, SIPT, (traitement numérique des données).	Helsinki (Finlande)	
25-29 août 1986	Symposium Commission VII, SIPT, (télé-détection pour la gestion de l'environnement et le développement des ressources).	Enschede (ITC) (Pays-Bas)	
1 ^{er} septembre 1986	Symposium Commission I, SIPT, (système d'acquisition de données)	Stuttgart (RFA)	
8-12 sept. 1986	Symposium Commission IV, SIPT, (Applications cartographiques et aux banques de données, acquisition et révision, utilisation de données spatiales).	Edimbourg (Ecosse, GB)	
14-19 sept. 1986	Auto Carto London 86 Conférence ACJ, saisie, traitement, sortie d'informations géographiques numériques.	Londres, Royaume-Uni	Royal Society, ACI
22-26 sept. 1986	Symposium Commission VI, SIPT, (photogrammétrie et télédétection dans le développement économique).	Badagry (Nigéria)	
Octobre 1987	Congrès ACI (Association Internationale de cartographie).	Morelia, Mexique	
1988	Congrès photogrammétrie.	Japon	SIPT

Pour d'autres manifestations, consultez également le "FIL"...

Saviez-vous que... Saviez-vous que... Saviez-vous que... Saviez-vous que... Saviez-

Il y a Topographie et Topographie... d'après la TVA

L'article 261-4-5° du Code général des Impôts exonère les prestations de service et les livraisons de biens effectuées, dans le cadre de leur activité libérale, par les auteurs des œuvres de l'esprit désignées à l'article 3 de la loi n° 57-208 du 11 mars 1957 sur la propriété littéraire et artistique, à **l'exclusion des opérations réalisées par les architectes**. Il est exact que cet article 3 mentionne, parmi les œuvres de l'esprit, les plans, croquis et ouvrages plastiques relatifs à la topographie. **Mais le caractère "d'œuvres de l'esprit" au sein de la loi citée n'est reconnu, par la jurisprudence, qu'aux documents dont la confection relève incontestablement d'une activité de création.** Tel pourrait être le cas pour les plans de parties du territoire, de sites, de villes ou de quartiers, reproduits dans les livres, les guides, les revues ou les autres publications, **dans la mesure où la présentation de ces plans dénote une véritable originalité. En revanche, les relevés topographiques établis par les géomètres-experts doivent repro-**

duire aussi exactement que possible la configuration des biens fonciers en respectant les conventions (échelle, mode de tracé, signes distinctifs, etc.) en usage dans ce domaine. Les travaux d'expérience effectués à cette occasion ne peuvent, par définition même, laisser aucune place à l'imagination créatrice de sorte que deux praticiens exécutant la tâche qui leur serait confiée pour un même terrain devraient obtenir des résultats tout à fait comparables sinon même strictement identiques. La nomenclature des activités économiques classe d'ailleurs les services rendus par les géomètres parmi les activités d'études, de conseil et d'assistance, puisque les intéressés ne sont pas des artistes mais des experts dont la profession est réglementée. Il en résulte que les résultats des travaux topographiques effectués, sur le terrain et dans leur bureau, par les géomètres-experts ne peuvent pas bénéficier de l'exonération prévue par le 5° de l'article 261-4 du Code général des Impôts. Il n'est donc pas possible de réserver une suite favorable à la demande présentée. (R.M Economie, Finances et Budget, J.O. déb. A.N 28 janvier 1985, p. 364, extrait BODGI 3 A-8-85).

ASSEMBLEE GENERALE DU 22 NOVEMBRE 1985

COMPTE RENDU DE SEANCE

L'Assemblée Générale de l'Association s'est réunie le 22 novembre 1985 à 18 h au Domaine de Tournon (Les Pinchinats - Aix-en-Provence) sur convocation du Président et avec l'ordre du jour suivant :

1. Ouverture de l'Assemblée Générale par le Président.
2. Nomination de deux vérificateurs aux comptes.
3. Nomination d'un Président du Bureau de vote et de deux scrutateurs pour le dépouillement des votes à l'élection des membres du Conseil.
4. Election, vote pour le renouvellement de quatre membres nationaux du Conseil.
5. Rapport moral par le Secrétaire Général,
6. Rapport financier par le Trésorier.
7. Fixation de la cotisation 1986.
8. Revue XYZ par le Directeur de la Publication.
9. Compte rendu d'activité des Commissions par les Responsables de Commissions.
10. Compte rendu d'activité des régions par les Présidents Régionaux (rapport moral et financier).
11. Résultat de l'élection des quatre membres nationaux du Conseil.
12. Clôture de l'Assemblée Générale.

Renouvellement du Conseil

Les points 4 et 11 à l'ordre du jour concernaient le renouvellement de quatre membres nationaux du Conseil. Quatre candidatures ont été déposées pour le 15 octobre 1985 à savoir :

- Maurice Daugé (AFT n° 10), Ingénieur des Travaux Ruraux, Société du Canal de Provence.
- Raymond d'Hollander (AFT n° 11), Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur Général Géographe, ancien Directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques.
- André Memier (AFT n° 4), Ingénieur ESGT, licencié en droit, Géomètre-Expert, Photogrammètre,
- Jean Puycouyoul, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, Ingénieur Hydrographe (AFT n° 12).

Le vote est le suivant :

Votants : 219
Bulletin blanc : 1
Exprimés : 218
Bulletins nuls : 6
Reste : 212.

Ont obtenu : MM. Daugé, 208 voix - élu. D'Hollander, 207 voix - élu. Memier, 206 voix - élu. Puycouyoul, 209 voix - élu.

Rapport moral

Le Secrétaire Général donne lecture du Rapport Moral qu'on lira par ailleurs. Ce rapport est adopté à l'unanimité.

Rapport Financier

Le Trésorier présente le compte de Trésorerie pour l'exercice de 11 mois scindé en deux parties :
1° Période du 1^{er} novembre au 31 décembre 1984. Les recettes s'élèvent à F 135.612,76 et les dépenses à F 135.177,34 ce qui fait ressortir un solde positif de F 435,42. Le solde de trésorerie qui était de F 57.675,15 au 31 octobre 1984 s'est trouvé porté à F 58.110,57 au 31 décembre 1984.

2° Période du 1^{er} janvier au 30 septembre 1985. A partir du 1^{er} janvier 1985 la comptabilité de l'Association a été traitée sur informatique. Les recettes hors taxes s'élèvent à F 385.459,87 et les dépenses H.T à F 414.262,73 ce qui fait ressortir un solde négatif H.T. de F 28.802,86. Pendant cette période des créances pour F 10.108,00 ont été recouvrées. La situation financière de l'Association qui présentait un solde de Trésorerie de F 58.110,57 au 31 décembre 1984 s'établit au 30 septembre 1985 à F 58.110,57 + F 10.108,00 - F 28.802,86 soit F 39.415,71. Cette situation tient compte des créances à recouvrer et des dettes à payer à la fin de l'exercice. Sur proposition des vérificateurs aux comptes MM. Siegfried Haberl (AFT n° 1154) et André Blanc (AFT n° 497), le rapport financier est approuvé à l'unanimité.

Cotisation 1986

Sur proposition du Conseil, l'Assemblée Générale a adopté les tarifs suivants :

Catégorie	Cotisation	Adhésion
— Ingénieur, géomètre-expert, cadre indépendant, personne morale.	F 320	F 50
— Technicien, agent de maîtrise, retraité cadre ou ingénieur.	F 190	F 30
— Etudiant, stagiaire, service national retraité technicien et agent de maîtrise.	F 140	F 10

La séance a été close à 19 h.

Le nouveau bureau de l'Association

Une réunion du Conseil a également eu lieu dans les mêmes locaux, immédiatement après l'Assemblée Générale. Le nombre des membres du Conseil étant de 22, le quorum nécessaire était de 11. Il y avait 14 présents. Cette réunion avait pour but de désigner la nouvelle composition du bureau.

Ont été élus :

Président : Robert Vincent.
Vice-Présidents : Maurice Daugé - Roger Schaffner - Jacques Fuhrer.
Secrétaire Général : Jean Combe.
Trésorier : André Memier.

L'ensemble des candidatures n'ayant pu être connu en ce qui concerne les postes de secrétaire

général adjoint, directeur de la Publication, directeur adjoint de la Publication, les élections ont été remises à la prochaine réunion du Conseil.

Le Conseil s'est réuni à nouveau le 19 décembre 1985. Il y avait 12 présents.

Ont été élus :

Secrétaire Général Adjoint : Edmond Barbacanne.

Directeur des Publications : André Bailly.

Directeur Adjoint des Publications : Jean Puy-couyoul.

Rapport Moral

Jean COMBE
Secrétaire Général

Mesdames, Messieurs,

J'ai l'honneur et le plaisir de vous présenter comme chaque année, le rapport moral de notre Association. Il sera relativement bref, étant donné que peu de choses extraordinaires ont marqué la vie de l'AFT depuis notre dernière assemblée tenue lors du Congrès de Paris.

1. Administration

Pour cette année, rien de particulier à signaler.

2. Adhésions

Quelques chiffres pour faire le point.

Année	Adhésions	Décès Démissions Radiations	Reste
1979	486		
1980	730		
1981	865	51	814
1982	953	104	849
1983	1046	121	925
1984	1115 (25/11)	199	914
1985	1182 (07/11)	235	947

L'analyse de ce tableau fait apparaître une légère croissance par rapport à l'année 1984 (+ 33).

L'Association adresse ses félicitations à M. Raymond D'Hollander (Ingénieur Général Géographe, ancien Directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques, membres de l'AFT) qui vient d'être promu au grade de Commandeur dans l'Ordre National du Mérite.

Nous devons par ailleurs déplorer le décès de M. Swoboda, membre éminent de notre Association résidant en Pologne.

En 1986, une nouvelle édition de l'annuaire est envisagée. La dernière édition remonte à 1983. Cette édition proviendra d'un traitement informatique du fichier des adhérents.

3. Assemblée Générale

Notre Assemblée Générale ordinaire d'aujourd'hui

est la 6^e depuis la naissance de l'AFT. Elle sera suivie par le renouvellement d'1/3 des membres nationaux du Conseil, et de l'élection du nouveau bureau.

Nous avons par ailleurs tenu à Brest, une assemblée générale extraordinaire en 2^e convocation, au cours de laquelle vous avez décidé la création d'un comité de parrainage de l'AFT.

4. Conseils

Le Conseil de l'Association s'est réuni trois fois cette année.

33^e réunion le 7 février,

34^e réunion le 25 avril,

35^e réunion le 25 septembre.

Par ailleurs, plusieurs réunions restreintes ont eu lieu pour la préparation des colloques de Brest et d'Aix-en-Provence.

5. Publications

M. Puycouyoul, Directeur des publications fera, je pense, un compte rendu de ses activités. Pour ma part, je signale que la revue continue à se maintenir à un haut niveau, notamment avec la publication des articles de M. Jean-Jacques Levallois, de ceux du Congrès de Paris et des premiers du Colloque de Brest.

6. Commissions

Le Cahier des Clauses Techniques Générales, applicable aux marchés publics de travaux de Topographie aux grandes échelles, élaboré par le Ministère de l'Urbanisme, Logement et Transport, et auquel l'AFT a participé est paru en 1985 (fascicule n° 50, disponible 26, rue Dessaix, 75727 Paris Cedex 15).

La Commission de l'enseignement a envisagé la publication de ses travaux sur un dictionnaire du vocabulaire géographique et une proposition d'un système cohérent de symboles en topographie.

La commission 8 a réuni un groupe de travail qui a proposé à l'AFNOR un ensemble de tolérances applicables à la construction.

Ces derniers documents devraient voir le jour en 1986.

7. Régions

Les présidents régionaux qui sont présents dans la salle nous rendront compte de leurs activités s'ils le désirent.

8. Colloques Nationaux

Le Congrès de Paris a connu un éminent succès dont nous nous souvenons tous.

Grâce à la compétence des cameramen du CFP A d'Egletons, 4 fiches vidéo retraçant les interventions du Congrès de Paris sont à la disposition de ceux qui ont un magnétoscope.

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

Nous remercions les Exposants pour leur participation à tous nos colloques.

Le Colloque de Brest a réuni environ 140 personnes sur le thème de la bathymétrie. C'est également un succès à remarquer.

Le présent Colloque d'Aix qui porte sur les POS s'annonce aussi comme une réussite.

Pour l'année 1986, nous envisageons deux manifestations importantes :

— en avril, un colloque à Grenoble sous la présidence de M. Haroun Tazieff, qui portera sur la "Topographie dans la prévention des risques naturels ou technologies majeurs",

— au mois de juin l'AFT a un projet de participer activement au Congrès de la FIG à Toronto. Une conférence de M. Toutin est prévue sur les aspects mathématiques du programme SPOT en topographie,

— en novembre, à Toulouse, un colloque sur les applications de SPOT, manifestation organisée en commun avec la SFPT (retombées topographiques du programme SPOT).

9. Formation continue

Rien à signaler de particulier pour l'année 1985.

10. Orientations

Les souhaits que nous avons émis au Congrès de Paris, notamment sur le recrutement de techniciens et sur un grand rayonnement de notre revue demeurent. Nous devons les poursuivre. Pour cette année, nous formons le vœu d'une collaboration encore plus grande avec tous ceux qui comme l'OGE, la FIG, la SFPT, le CFC, etc... travaillent comme nous au rayonnement des activités topographiques.

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

Rubrique gratuite réservée aux membres de l'AFT

DEMANDES D'EMPLOIS

• **Ingénieur topographe** sortant Canada, 33 ans, bilingue (Français, Anglais), ayant 6 ans d'expérience dans bureau d'études, entreprise et compagnie pétrolière, cherche emploi dans bureau d'études ou entreprise en Afrique, Comores, Mayotte, Moyen-Orient.

• **Technicien Géomètre** 27 ans, 8 années d'expérience, dont 3 ans étranger dans Entreprise de bâtiment et travaux publics, cherche emploi stable France, Etranger écrire :
Deschamps Christian
26, rue Paul Verlaine
69100 Villeurbanne - Tél. : 78.03.23.41

• **Opérateur Topographe** BEP et CAP, 21 ans, cherche emploi permanent ou temporaire à l'étranger ou dans les DOM-TOM. Expérience travaux cabinet de géomètre-expert + stage DDE. Disponible sous délai d'un mois. Ecrire à :
Yannick Dialma
"La Chardonnière", Boinville-en-Mantois
78930 Guerville - Tél. : 30.93.95.58

• **Dessinateur Topographe et Cartographe** expérimenté cherche place stable. Sérieuses références. Certificats à l'appui. Prétentions très raisonnables. Libre immédiatement. Contact : tél. : 56.90.91.51, poste 463 (du mardi au vendredi), qui transmettra.

OFFRES D'EMPLOI

• **Cabinet Géomètre** en Guyane recherche jeune chef de brigade, célibataire. Expérience lotissements, bornage.
Ecrire au journal qui transmettra. OE 50

• **Recherche ingénieur topographe** connaissant informatique et photogrammétrie pour travaux météorologiques.
Photo et lettre manuscrite à XYZ, OE 51

STAGES

• Le Centre de Formation Permanente de l'Université de Montpellier II organise un Stage de Tachéométrie Informatique.
Cette Formation se déroulera les 24/25/26 avril 1986 à l'IUT de Nîmes.
Pour de plus amples informations, prière de contacter Madame Catherine Maury - Tél. : 67.63.48.03.

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

Distinction

Nous avons le plaisir de vous informer de la remise de la cravate de commandeur de l'Ordre National du Mérite à M. Raymond d'Hollander par M. André Thiebault, Ingénieur Général Honoraire des Ponts et Chaussées le 4 novembre dernier à l'École Nationale des Sciences Géographiques. M. R. d'Hollander est membre du Conseil de notre Association depuis sa fondation en 1978. Nous lui adressons nos plus vives félicitations.

Région Rhône-Alpes

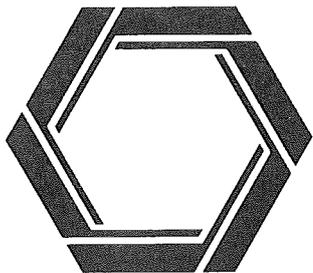
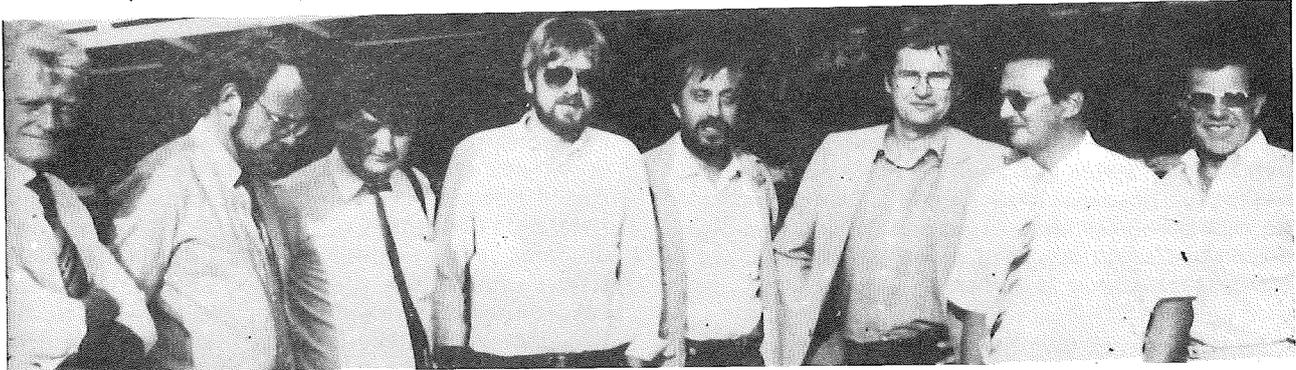
Visite de la station lyonnaise d'épuration à St-Fons, le 4.10.85. La Communauté Urbaine de Lyon a construit en 1977 la station de St-Fons pour traiter les eaux de la rive gauche du Rhône. Elle se voit à l'est du pont de l'autoroute A7 sur le Rhône : c'était la deuxième plus grande station alors en France (700 000 équivalents habitants) et les procédés adoptés sont les plus modernes. Les eaux

subissent un prétraitement et une décantation primaire avant d'être aérées et clarifiées. Les boues sont obtenues au moyen d'un épaisseur, et sont incinérées après conditionnement thermique et déshydratation mécanique.

Une dizaine de visiteurs ont posé de nombreuses questions à M. J.-P. Bué, Ingénieur ESGT et Chef du Service de l'Assainissement de la Courly. Ses réponses d'une grande compétence montrent l'avenir réservé à l'informatique pour piloter automatiquement de telles installations. Quant à la localisation précise de réseaux souterrains, il lui semble difficile de pouvoir obtenir toujours un relevé avant de combler les fouilles, afin de constituer une banque de données topométriques en XYZ.

Décès

Nous apprenons avec peine le décès le 1^{er} janvier 1986 de Charles Reinold (AFT 732), ancien Chef de Mission à la Société Française de Stéréotopographie.



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...*

Il y a cinquante ans...

Remise du prix Nobel de chimie pour l'année 1935 à Irène Joliot-Curie et Frédéric Joliot

Sans doute nos lecteurs vont-ils s'étonner de l'escapade de XYZ parmi les prix Nobel de chimie. Par cette publication le comité de lecture a voulu commémorer le cinquantième anniversaire d'une découverte fondamentale française, d'une portée pratique considérable, y compris dans le domaine de la topographie. La possibilité, démontrée par Irène Joliot-Curie et Frédéric Joliot, de transmuter artificiellement les éléments, a été le point de départ de l'industrie nucléaire, civile et militaire, dont chacun connaît les développements, bénéfiques ou non. Le topographe sait en outre quels progrès cette industrie exigeante lui a fait accomplir dans la mesure de précision, des quadrupôles des accélérateurs aux paraboloïdes des centrales.

Nous avons reproduit in extenso les allocutions du Professeur Palmer, d'Irène Joliot-Curie et de Frédéric Joliot. La concision du langage et la rigueur de la déduction ne permettent pas d'isoler des extraits de textes où sont déjà condensés les bases de la physique moderne ; la qualité et la clarté de la langue en rendent la lecture aisée. La lucidité de la conclusion de Joliot rencontre déjà les problèmes actuels de la science.

Le Professeur Wilhelm Palmer, Président du Comité Nobel pour la chimie, prononça le discours suivant :

Sire, Altesses royales, Mesdames et Messieurs,

Le 10 décembre 1911 Marie Sklodowska, chimiste polonaise de renommée universelle, la femme du Professeur Pierre Curie était présente à la distribution solennelle des prix Nobel suédois pour recevoir le prix de chimie "pour les progrès qu'elle a fait faire à la chimie par la découverte des éléments désignés sous les noms de radium et de polonium, par sa définition du radium et sa méthode de l'isoler dans l'état métallique, ainsi que par ses recherches sur les composés où entre cet élément". — Déjà en 1903 elle avait reçu en commun avec le professeur Pierre Curie la moitié du prix Nobel de physique pour "leurs travaux exécutés en commun regardant les phénomènes de radiation découverts par M. H. A. Becquerel", tandis que l'autre moitié du prix fut simultanément décernée au Professeur Becquerel pour "la découverte de la radioactivité spontanée".

On voit qu'en 1903 on considéra surtout l'importance pour la physique des découvertes faites. Cependant leur importance capitale pour la chimie se faisait de plus en plus nette, surtout par les travaux de Marie Sklodowska-Curie, mais aussi de Pierre Curie, tant qu'il vivait, et l'on trouva bien

fondé de récompenser par un prix Nobel de chimie non divisé celle dont le mari était mort pendant ce temps, de sorte que sa part ne pourrait plus être prise en considération, ce qui arriva donc en 1911. Marie Sklodowska-Curie fut par cela la seule personne ayant jusqu'à ce jour reçu plus d'un prix Nobel.

L'importance capitale de ces découvertes est généralement reconnue et deux autres prix Nobel de chimie ont été décernés pour des découvertes concernant les matières radioactives, à savoir en 1908 à Lord Rutherford et en 1922 à Frédéric Soddy. Je n'ai besoin que de rappeler le remède puissant qu'est devenu le radium au service de la médecine dans la lutte contre les maladies cancéreuses, de rappeler le fait qu'on a pu calculer l'âge minimum de la terre à l'aide des transformations de matières radioactives et qu'on a eu une idée de l'énergie interne des atomes, de la possibilité de se servir des matières radioactives comme des soi-disant indicateurs, une question à laquelle je retournerai plus tard, etc. Ce qu'il y a de plus intéressant du point de vue scientifique, c'est que le radium se forme spontanément de l'urane et qu'ensuite par sa désintégration continue et spontanée il forme des éléments nouveaux avec le plomb comme produit final. Toutes ces transformations sont accompagnées des radiations d'espèces différentes et tous les éléments radioactifs sont donc instables, quoiqu'à un degré variable. On a l'habitude de caractériser leur stabilité en indiquant le temps qui passe jusqu'au moment où ils se sont décomposés à moitié, un temps qu'on peut fixer en observant comme l'intensité de la radiation diminue. Ce temps qu'on appelle en général "la période", peut varier entre des milliards d'années (pour l'urane) jusqu'aux fractions d'une seconde, et la détermination de ce temps forme donc un moyen fort pour caractériser les éléments radioactifs différents. Auparavant on en connaissait principalement 3 séries, dont deux originaires de l'urane, qui se rencontre comme un oxyde dans le minéral pechblende et l'un de thorium, un métal appartenant aux métaux des terres rares, dont l'oxyde s'emploie dans les manchons à incandescence pour l'éclairage au gaz maintenant presque démodés. Tout le nombre de ces éléments radioactifs, plus tôt connus et formés d'une manière spontanée, se montait à un peu plus de 40.

Comme on le sait, les alchimistes s'efforçaient de transformer les éléments mutuellement. Proprement dit ce n'est qu'une seule transformation de cette sorte qui fut leur but, c'est-à-dire la transformation en or des métaux médiocres, et ils furent donc guidés par un motif économique plus bas.

Cependant on ne peut pas dire que la formation d'éléments nouveaux de la manière ci-dessus indiquée donne la solution du problème des alchimistes, car les éléments radioactifs plus tôt connus se forment et se décomposent d'une manière spontanée, sans qu'on puisse, dans aucune façon, intervenir dans le processus, et donc l'on ne peut pas non plus transformer un certain élément dans un autre par une intervention artificielle.

C'est à cet égard, que quelque chose de nouveau est apporté à la science par les découvertes des Docteurs Irène Joliot-Curie et Frédéric Joliot, aujourd'hui récompensées du prix Nobel. Pourtant il ne s'agit pas non plus cette fois de la transformation d'autres métaux en or — sinon indirectement dans la forme d'un prix Nobel. Mais il s'agit de la découverte extrêmement intéressante de pouvoir dans certains autres cas transformer un élément dans un autre par une intervention extérieure. Je vais maintenant chercher à résumer ces découvertes.

La décomposition spontanée d'un élément radioactif peut être comparée à une explosion, la radiation γ combinée consistant dans la projection de particules chargées d'électricité qui ont une grande vitesse. Une espèce de ces particules, les soi-disant particules α , consistent d'atomes d'hélium chargés d'électricité positive. Je dois aussi rappeler le fait que selon la conception maintenant généralement acceptée un atome se compose d'un noyau chargé d'électricité positive entouré d'un groupe d'unités d'électricité négative, les électrons, qui peuvent être comparés à une espèce de système planétaire autour du noyau. Si une particule α ainsi lancée vient à rencontrer un tel noyau, qu'on croit maintenant composé d'un nombre indéfini de noyaux d'hydrogène chargés d'électricité positive, de soi-disant protons, et d'un nombre également défini des neutrons — déjà mentionnés ce soir — donc de deux matières qui, avec les électrons, sont à ce moment considérées comme les pierres de construction les plus petites de l'univers — alors il peut arriver que le noyau se brise, un processus par lequel se forment des atomes d'autres éléments.

Cependant le noyau est extrêmement petit, de sorte que sa surface de section en forme seulement environ un cent millième de celle de l'atome entier avec son enveloppe d'électrons. Cela fait que le nombre de rencontres effectives au cours d'un tel bombardement est minime — on calcule un coup portant sur un total de dix millions de coups, c'est-à-dire sur dix millions de particules α .

Le couple savant Curie-Joliot bombardait donc l'aluminium de particules α produites de polonium. Le polonium, qui est un peu apparenté au soufre, est un élément radioactif moins stable que le radium, et donc il lance des particules α en plus grand nombre et plus rapides que la même quantité de radium, c'est-à-dire il donne une radiation plus efficace lors d'un bombardement d'atomes. Comme il appartient encore au nombre restreint d'éléments radioactifs qu'on peut obtenir dans une quantité notable, il est donc bon à cette fin.

Ayant ainsi exposé l'aluminium à un bombardement les lauréats d'aujourd'hui ont trouvé, qu'après un temps de quelques minutes ce métal commence dans une mesure marquée à émettre des rayons — en ce cas des unités d'électricité positive, des soi-disant positrons, découverts dans l'automne de 1932 par Carl Anderson à Pasadena. Ce fut là un signe de la formation d'un élément radioactif nouveau. Et le bombardement ayant été interrompu, l'émission des rayons d'aluminium ne cessait pas instantanément mais continuait encore pour quelque temps dans un degré marqué, jusqu'à ce que l'élément radioactif formé fut de nouveau en majeure partie décomposé comme à l'ordinaire. Donc encore un signe de la formation d'un élément radioactif nouveau.

Des recherches plus approfondies ont prouvé que l'élément nouvellement formé était du phosphore dans une forme nouvelle radioactive, du radiophosphore. C'est un isotope du phosphore ordinaire, c'est-à-dire le noyau en contient autant de charges positives que dans le phosphore ordinaire, mais le poids en est différent.

Nous avons plus haut indiqué que les éléments radioactifs instables qui en forment la plupart, par leur instabilité même, ont été impossibles à obtenir dans des quantités notables, de sorte qu'il a été impossible de les examiner ou même d'en démontrer l'existence par des essais chimiques. Pour les constater et pour les caractériser on est donc renvoyé à la recherche de la radiation émise, selon ce que j'ai indiqué plus haut. Dans ce cas la constatation par une méthode chimique réussit pourtant en tant qu'il fut possible de démontrer que, lors d'une dissolution de l'aluminium irradié dans un acide, toute la radioactivité s'attacha au gaz alors développé, ce qui devrait arriver, si un isotope de phosphore avait été formé, quand devrait se former de l'hydruire de phosphore gazeux. Un traitement chimique de l'aluminium irradié confirma cette conception.

D'une manière analogue on obtient un radioazote nouveau de l'élément bore, partie constituante de l'acide borique et du radiosilicium et du radioaluminium provenant de deux isotopes du métal magnésium.

A vrai dire ce n'était pas la première fois qu'on réussissait à transformer un élément dans un autre par un bombardement aux rayons α , car Lord Rutherford et d'autres avaient ainsi réussi à briser les atomes de plusieurs éléments, un processus par lequel cependant il ne s'était pas formé d'éléments nouveaux. Donc on pourrait bien caractériser la découverte du couple savant Curie-Joliot comme une synthèse d'éléments radioactifs nouveaux, bien que le terme "synthèse" signifie proprement dit une association ou une combinaison à une unité et que plus tôt on ne se soit servi de ce mot que pour désigner la préparation des combinaisons chimiques complexes en partant des plus simples ou des éléments.

Le champ d'investigation dont nous nous occupons aujourd'hui, est l'objet d'un travail intense, et donc la découverte des époux Curie-Joliot, présentée à l'Académie des Sciences française le 15 jan-

vier 1934, n'a pas tardé à pousser d'autres savants à embrasser ces recherches. On doit ici insister sur le fait que de bonne heure, c'est-à-dire en 1934 au mois d'avril, les époux Curie-Joliot ont suggéré que des projectiles bons pour la désagrégation d'atomes étaient les protons, les deutons équivalents aux protons mais provenant de l'hydrogène lourd, dont la découverte fut l'année dernière récompensée d'un prix Nobel de chimie, et les neutrons. Avec Preiswerk ils se sont eux-mêmes servis de neutrons, mais c'est surtout l'Italien Fermi qui déjà un peu avant l'observation des Curie-Joliot s'en est servi avec très grand succès, des recherches qui ont abouti à un grand nombre de résultats extrêmement intéressants.

Mais c'est le premier pas qui compte, dit avec raison un savant éminent dans la lettre où il propose les époux Curie-Joliot pour la récompense du prix Nobel de chimie de cette année.

Je n'ai guère besoin d'ajouter plus de mots sur l'importance de leur découverte pour la science. Je veux seulement rappeler que le savant anglais Boyle, à qui aussi bien la chimie que la physique doivent des lois fondamentales, en définissant la notion d'élément chimique il y a 250 ans et en adoptant l'idée du philosophe grec Démocrite sur les atomes indivisibles, professée en 500 av. J.-Chr., y fit tout de même une réserve sagace. Il dit en effet qu'il serait peut-être plus tard possible de trouver un "agens subtile et potens", c'est-à-dire un instrument fin et fort, à l'aide duquel les éléments pourraient être décomposés. Cette vision de l'avenir se trouve maintenant réalisée par les découvertes des lauréats du Prix Nobel de chimie de cette année et par celles d'autres savants.

Avons-nous par cela atteint le fond du monde du soi-disant infiniment petit ? Qui sait, ce n'est guère probable. En effet, cela nous donne, en y pensant, autant de vertige de chercher à pénétrer au fond de ce qui est infiniment petit que de chercher pour ainsi dire à distinguer le toit de ce qui est infiniment grand.

Mais l'on peut déjà aussi entrevoir des emplois pratiquement utiles. Certains de ces éléments radioactifs artificiels — pour la production desquels des matières premières, c'est-à-dire des éléments ordinaires, sont disponibles en grandes quantités en comparaison des minéraux qui ont été plus tôt les sources des éléments radioactifs — donnent une radiation soit disant γ , une espèce de rayons x , d'une longueur d'onde définie, ce qui est précieux dans bien des buts. Encore on peut en effet en général obtenir les éléments radioactifs seulement en petites quantités, mais, en retour la méthode de les caractériser et d'en définir la quantité en observant leur capacité de rendre, par leur radiation, l'air ou d'autres gaz conducteurs de l'électricité, est tellement sensible qu'elle surpasse tous les moyens chimiques. Sur ce fait se fonde l'emploi des éléments radioactifs comme des indicateurs — une méthode d'abord décrite par Hevesy et Paneth. Les époux Curie-Joliot ont exprimé l'espoir de pouvoir très tôt mettre à la disposition des physiologistes des préparations radioactives, contenant par exemple du carbone radioactif, qui après l'introduction

dans le corps animal ou végétal permettent de découvrir les passages et la distribution de certaines matières dans l'organisme. — Et quant au radio-sodium notamment qu'a obtenu Lawrence par un bombardement du sodium par des deutons et qui a une durée de la vie assez longue, on peut espérer qu'il sera possible de s'en servir aussi bien que des sels de radium pour l'usage médical. Ici l'on doit aussi pouvoir s'attendre à de nouveaux effets à cause de la différence du radium au point de vue chimique et parce qu'aucun résidu radioactif ne se forme au dépérissement des éléments radioactifs nouveaux.

Donc l'Académie royale des Sciences n'a pas hésité à récompenser la découverte que je viens de chercher à résumer, par le prix Nobel de chimie, et par là l'Académie a aussi la joie de pouvoir récompenser une découverte d'une date toute récente en parfait accord avec les mots du testament Nobel — ce qui ne peut pas arriver très souvent.

L'Académie royale des Sciences a donc décidé que le prix Nobel de chimie de cette année serait également partagé entre les Docteurs Irène Joliot-Curie et Frédéric Joliot de Paris pour leur synthèse des éléments radioactifs nouveaux exécutée en commun.



BORTZELLS ESSELITE STALM

Mme IRENE JOLIOT-CURIE,

Née le 12 septembre 1897 à Paris, fille de Pierre Curie et Marie Curie-Sklodowska, Professeurs à la

Faculté des Sciences de Paris. Licence de physique et de mathématique (1914-1920). Infirmière radiographe pendant la guerre.

Entrée après la guerre au Laboratoire Curie de l'Institut du Radium de Paris, comme Préparateur de Marie Curie. Docteur ès sciences en 1925. Chef de travaux en 1932. Maître de recherche du Fonds National des Sciences en 1935.

Mariée à Frédéric Joliot le 9 octobre 1926.

Principaux travaux.

Recherches sur les rayons alpha du polonium. Fluctuations de parcours, vitesse d'émission, pouvoir ionisant (Thèse de doctorat. Paris 1925).

Découverte du phénomène de projection de noyaux d'atomes par les neutrons. Conditions d'excitation des neutrons par les rayons alpha dans divers éléments (en collaboration avec F. Joliot, 1932).

Conditions de production d'électrons positifs par les rayons gamma de grande énergie quantique (en collaboration avec F. Joliot, 1933).

Production artificielle d'éléments radioactifs. Preuve chimique de la transmutation des éléments (en collaboration avec F. Joliot 1934).

C'est pour ce dernier travail que le Prix Nobel lui a été décerné en 1935, en commun avec Frédéric Joliot.

CONFERENCE-NOBEL

Faite à Stockholm le 12 décembre 1935

par
Mme Irène Joliot-Curie.

C'est un grand honneur et une grande joie pour nous de voir l'Académie des Sciences de Suède nous attribuer le Prix Nobel pour nos travaux sur la synthèse des radioéléments, après l'avoir décerné à Pierre et Marie Curie en 1903, à Marie Curie en 1911, pour la découverte des radioéléments.

Je désire évoquer ici le souvenir du développement extraordinaire de la radioactivité, cette science nouvelle qui eut son origine, il y a moins de quarante ans, dans les travaux de Henri Becquerel et de Pierre et Marie Curie.

On sait que l'effort des chimistes du siècle dernier a établi comme un fait fondamental l'extrême solidité des édifices atomiques qui constituent les quatre-vingt-douze espèces chimiques connues. Avec la découverte des radioéléments, les physiciens se trouvèrent pour la première fois en présence de substances étranges, minuscules générateurs de rayonnements possédant une densité d'énergie énorme : les rayons alpha, atomes d'hélium chargés positivement, les rayons bêta, électrons chargés négativement, animés les uns et les autres d'une énergie cinétique qu'il aurait été impossible de leur communiquer par des moyens humains, enfin les rayons gamma, semblables à des rayons X très pénétrants. Les chimistes n'eurent pas une moindre surprise en reconnaissant dans les corps radioactifs des éléments qui subissent des

modifications de l'édifice atomique que l'on croyait immuable.

Chaque émission de rayon alpha ou de rayon bêta accompagne la transmutation d'un atome ; l'énergie communiquée à ces rayons est d'origine intratomique. Tant qu'ils ne sont pas détruits, les radioéléments ont des propriétés chimiques bien définies, comme celles des éléments ordinaires. Ces atomes instables se désintègrent spontanément, les uns très rapidement, les autres très lentement, mais selon des règles immuables que l'on n'a jamais pu influencer. Le temps nécessaire pour la disparition de la moitié des atomes, que l'on appelle la période, est une caractéristique fondamentale de chaque radioélément : selon les corps les valeurs des périodes s'échelonnent entre une fraction de seconde et des millions d'années.

La découverte des radioéléments a eu des conséquences immenses pour la connaissance de la structure de la matière ; l'étude de ces corps eux-mêmes, l'étude des effets puissants produits sur les atomes par les rayons qu'ils émettent occupent les travailleurs de plusieurs grands Instituts de recherches, dans tous les pays.

Pourtant, la radioactivité restait une propriété exclusivement attachée à une trentaine de corps présents dans la nature. La création artificielle de radioéléments ouvre un nouveau domaine à la Science de la Radioactivité et constitue ainsi, le prolongement de l'œuvre de Pierre et Marie Curie.

Après la découverte des transmutations spontanées des radioéléments, c'est à Lord Rutherford que l'on doit la réalisation des premières transmutations artificielles. Il y a de cela une quinzaine d'années, en bombardant avec des rayons alpha certains atomes légers, azote, aluminium, par exemple, Lord Rutherford mit en évidence l'éjection de protons, ou noyaux d'hydrogène chargés positivement ; cet hydrogène provenait des atomes bombardés eux-mêmes : il était le résultat d'une transmutation. On a pu établir avec certitude la nature de la transformation nucléaire : l'atome d'aluminium, par exemple, capture la particule alpha et se transforme après expulsion du proton en un atome de silicium. La quantité de matière transformée est impondérable et seule l'étude des rayonnements a conduit à ces conclusions.

Au cours de ces dernières années, diverses transmutations artificielles de type différent ont été découvertes ; les unes sont produites par les rayons alpha, les autres par les protons ou les deutons, noyaux d'hydrogène de masse 1 ou de masse 2, d'autres par les neutrons, les particules neutres de masse 1, dont M. le Pr. Chadwick vient de vous parler. Les particules expulsées lors de l'explosion de l'atome sont des protons, des rayons alpha ou des neutrons.

Ces transformations constituent de véritables réactions chimiques qui portent sur la structure intime de l'atome, sur le noyau. On peut les traduire par des formules simples ainsi que M. Joliot vous l'expliquera tout à l'heure.

Je vais à présent vous parler des expériences qui nous ont conduits à obtenir par transmutation des

éléments radioactifs nouveaux. Ces expériences ont été effectuées en commun par M. Joliot et par moi-même et la façon dont nous nous sommes partagés cette conférence est uniquement relative à la commodité de l'exposé.

En étudiant les transmutations avec émission de neutrons produites dans les éléments légers irradiés par les rayons alpha, nous avons remarqué certaines difficultés d'interprétation pour l'émission de neutrons par le fluor, le sodium et l'aluminium. L'aluminium peut se transformer par capture d'une particule alpha et expulsion d'un proton en un atome stable de silicium. Au contraire, s'il y a émission d'un neutron, le produit de la réaction n'est pas un atome connu.

Par la suite, nous avons observé que l'aluminium, le bore, irradiés par des rayons alpha, n'émettent pas seulement des protons et des neutrons, il y a aussi émission d'électrons positifs. Nous avons alors supposé que l'émission du neutron et de l'électron positif se produisait simultanément, au lieu de l'émission d'un proton ; l'atome résiduel devait être le même dans les deux cas.

C'est au début de l'année 1934, en étudiant les conditions d'émission de ces électrons positifs, que nous nous sommes aperçus d'une différence fondamentale entre cette transmutation et toutes celles qui avaient été produites jusqu'ici ; toutes les réactions de chimie nucléaire provoquées étaient des phénomènes instantanés, des explosions. Au contraire, les électrons positifs produits par l'aluminium sous l'action d'une source de rayons alpha, continuent à être émis pendant quelque temps après l'enlèvement de la source. Le nombre d'électrons émis décroît de moitié en 3 minutes.

Il s'agit donc ici d'une véritable radioactivité qui se manifeste par l'émission d'électrons positifs.

Nous avons montré que l'on pouvait communiquer de même une radioactivité avec émission d'électrons positifs ou négatifs au bore ou au magnésium, par bombardement de rayons alpha. Ces radioéléments artificiels se comportent en tout point comme les radioéléments naturels.

Reprenant notre hypothèse de la transformation du noyau d'aluminium en noyau de silicium, nous avons supposé que le phénomène se produit en deux temps : il y a d'abord capture de la particule alpha et expulsion instantanée du neutron, avec formation d'un atome radioactif qui est un isotope du phosphore de masse 30, alors que l'atome stable de phosphore a une masse égale à 31. Ensuite, cet atome instable, ce radioélément nouveau que nous avons appelé "radiophosphore" se détruit suivant une loi exponentielle caractérisée par une période de 3 minutes.

Nous avons interprété d'une manière semblable la production d'éléments radioactifs dans le bore et le magnésium ; dans le premier cas il y a production d'un azote instable de période 11 minutes, dans le second cas, d'isotopes instables du silicium et de l'aluminium.



BONZELLS ESSELTE 5744

M. FREDERIC JOLIOT,

Né le 19 mars 1900 à Paris, fils de Henri Joliot, négociant et de Emilie Joliot-Roederer.

Ingénieur diplômé de l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris (1923).

Préparateur particulier de Marie Curie à l'Institut du Radium (1925).

Licencié ès Sciences (1927) - Docteur ès Sciences (1930).

Assistant à l'Institut du Radium - Maître de Recherche du Fonds National des Sciences (1932-1935).

Maître de Conférence à l'Institut du Radium (1935).

Marié à Irène Curie le 9 octobre 1926.

Principaux travaux :

Recherches sur le rayonnement α des radioéléments et sur les rayons de recul.

Etude électrochimique des radioéléments (Thèse de Doctorat, Paris 1930).

Découverte de phénomène de projection de noyaux d'atomes par les neutrons. Conditions d'excitation des neutrons par les rayons α dans

divers éléments (en collaboration avec Irène Curie, 1932).

Conditions de production d'électrons positifs par les rayons γ de grande énergie quantique (en collaboration avec Irène Curie, 1933).

Production artificielle d'éléments radioactifs. Preuve chimique de la transmutation des éléments (en collaboration avec Irène Curie, 1934).

C'est pour ce travail que le Prix Nobel lui a été décerné en 1935, en commun avec Irène Curie-Joliot.

CONFERENCE-NOBEL

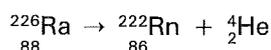
Faite à Stockholm le 12 décembre 1935

par

M. le Professeur Dr. Frédéric Joliot.

L'interprétation de nos premières expériences reposait, ainsi que Mme Joliot-Curie vient de l'exposer, sur des faits d'ordre purement physique. Nous avons pensé qu'il était possible, grâce aux méthodes de la radiochimie, de justifier nos hypothèses de fournir une preuve chimique de la réalité des transmutations provoquées.

Les premières preuves indiscutables de la transformation d'éléments en éléments chimiques différents ont été fournies par l'étude des phénomènes de la radioactivité. Il n'y a aucun doute que le radium se transforme spontanément en un gaz actif, le radon, en émettant des particules alpha ou hélions. Nous pouvons écrire avec certitude la réaction nucléaire correspondante :



car les quantités des divers éléments entrant dans cette réaction peuvent être suffisantes pour que l'on ait pu entreprendre avec succès leur identification chimique et spectroscopique.

La suite des transformations radioactives fournit de nombreux exemples où les quantités de radioéléments sont extrêmement faibles, impondérables, et cependant, on a pu par les méthodes de la radiochimie étudier correctement leurs propriétés chimiques, identifier certains d'entre eux comme étant des isotopes d'éléments actifs ou inactifs disponibles en grande quantité.

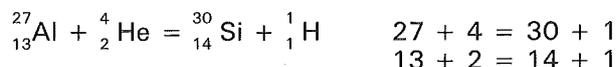
Cette chimie particulière où l'on manipule des quantités impondérables, parfois de l'ordre de 10^{-16} gr, est rendue possible grâce au fait que l'on peut doser et suivre, par la mesure du rayonnement émis, les traces infinitésimales de matière radioactive dispersée au sein d'autres matières.

Si nous pouvons écrire avec certitude la réaction nucléaire correspondante à la plupart des transmutations spontanées, il n'en est pas de même pour des transmutations provoquées.

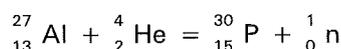
Le rendement de ces transmutations est très faible et les masses d'éléments formés en utilisant les sources de projectiles les plus intenses que nous savons produire actuellement sont inférieures à 10^{-15} gr, représentées au plus par quelques millions d'atomes. On peut cependant déduire la nature des atomes formés avec une assez grande

sécurité en admettant, pour écrire la réaction nucléaire correspondante, qu'il y a d'une part conservation du nombre de masse, d'autre part conservation du nombre de charge nucléaire entre les éléments réagissant et les éléments formés.

C'est ainsi que le noyau d'aluminium capturant un hélion doit se transformer en silicium lorsqu'il y a émission d'un proton



L'atome formé est très probablement le silicium, mais cet élément étant présent en quantité infinitésimale, il n'est pas possible de l'identifier chimiquement. Au contraire, lorsque l'atome formé est radioactif nous pouvons l'identifier en appliquant les méthodes de la radiochimie. Dans le cas, par exemple, où l'Aluminium irradié par les rayons alpha émet des neutrons, la règle précédente permet d'écrire la réaction de transmutation suivante :



L'atome formé étant radioactif nous pouvons vérifier qu'il possède les propriétés chimiques du phosphore.

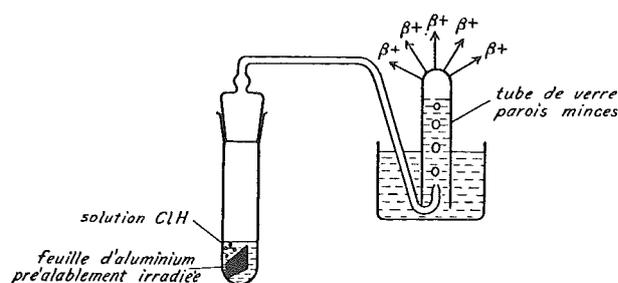


Fig. 1.

Une feuille mince d'aluminium, préalablement irradiée par les rayons alpha, est attaquée et dissoute dans une solution d'acide chlorhydrique (fig. 1). La réaction chimique produit de l'hydrogène naissant qui entraîne l'élément radioactif dans un tube à parois minces sous une cloche à eau. Cette séparation montre avec certitude qu'un élément chimique différent de l'aluminium a été formé lors de l'irradiation par les hélions. Elle fournit une preuve indiscutable des transmutations provoquées ; d'autre part, des traces de phosphore se seraient séparées de l'aluminium dans les mêmes conditions.

Enfin, l'aluminium activé peut être dissous dans un mélange acide oxydant. A la solution, on ajoute une petite quantité d'un phosphate de soude et d'un sel de zirconium et l'on constate que le phosphate de zirconium en précipitant entraîne l'élément radioactif. Ces expériences dans le cas de l'aluminium sont délicates, car elles doivent être effectuées en 6 minutes environ, la vie moyenne des atomes radioactifs formés étant inférieure à 5 minutes. Des essais chimiques du même genre nous ont montré que le radioélément formé dans le bore sous l'action des rayons α est un isotope de l'azote.

Nous avons proposé d'appeler ces radioéléments nouveaux (isotopes, n'existant pas dans la nature,

d'éléments connus) radioazote, radiophosphore, radioaluminium (dans le cas du magnésium irradié par les rayons alpha) et de les désigner par les symboles : RN¹³ RP³⁰ RA²⁸.

Aussitôt après ces premières recherches, nous avons suggéré que le même phénomène pouvait avoir lieu pour des types de transmutations provoquées par le choc d'autres particules que les rayons alpha ; par exemple, par les protons, les deutons, les neutrons.

Ces expériences furent reprises et développées dans plusieurs pays. En Angleterre et aux Etats-Unis où les physiciens disposent d'installations de très hautes tensions, divers éléments nouveaux furent préparés à l'aide des projectiles protons et deutons. En Italie, d'abord, et dans d'autres pays ensuite, les chercheurs, en particulier Fermi et ses collaborateurs utilisèrent les neutrons, projecteurs de choix, pour provoquer les transmutations. Un grand nombre de nouveaux éléments furent ainsi créés parmi lesquels le radiophosphore RP³², le radiohafnium, de périodes respectives 17-5 jours et quelques mois. Actuellement, on sait faire la synthèse, souvent par plusieurs procédés (le radioaluminium RA²⁸ peut être formé par des transmutations de 5 types différents) de plus de cinquante nouveaux radioéléments, nombre déjà supérieur à celui des radioéléments naturels que l'on trouve dans l'écorce terrestre. Ce fut certainement une grande satisfaction pour notre regretté Maître Marie Curie d'avoir vu ainsi se prolonger cette liste des radioéléments qu'elle avait eu, en compagnie de Pierre Curie, la gloire d'inaugurer.

La diversité des natures chimiques, la diversité des vies moyennes de ces radioéléments synthétiques, permettront sans doute des recherches nouvelles en biologie et en physico-chimie. Pour mener à bien ces travaux, il sera nécessaire de disposer de quantités relativement importantes de ces radioéléments. C'est en employant des projectiles accélérés artificiellement que l'on atteindra ce but. Des dispositifs répondant à ce désir existent déjà dans plusieurs pays. En France, nous avons réalisé deux installations qui nous ont permis récemment d'obtenir des radioéléments en quantité cent fois plus élevée que celle que nous obtenions dans nos premières expériences. Ce rapport sera largement dépassé prochainement.

La méthode des indicateurs radioactifs jusqu'alors réservée aux éléments de masse atomique élevée peut être généralisée à un très grand nombre d'éléments distribués dans toute l'étendue de la classification périodique. En biologie, par exemple, la méthode des indicateurs, employant les radioéléments synthétiques, permettra d'étudier plus facilement le problème de la localisation et de

l'élimination d'éléments divers introduits dans les organismes vivants. Dans ce cas, la radioactivité sert uniquement à déterminer la présence d'un élément dans telle ou telle région de l'organisme. Il n'est pas utile dans ces recherches d'introduire des quantités importantes de l'indicateur radioactif. Ces quantités sont fixées par la sensibilité de l'appareil détecteur de rayons et la grosseur de l'organisme végétal ou animal. Aux endroits, que l'on apprendra ainsi à mieux connaître, où les radioéléments seront localisés, le rayonnement qu'ils émettent produira son action sur les cellules voisines. Pour ce deuxième mode d'emploi, il sera nécessaire d'utiliser des quantités importantes de radioéléments. Ceci trouvera probablement une application pratique en médecine.

De l'ensemble des faits envisagés, nous comprenons que les quelques centaines d'atomes d'espèces différentes qui constituent notre planète ne doivent pas être considérés comme ayant été créés une fois pour toutes et éternels. Nous les observons parce qu'ils ont survécu. D'autres moins stables ont disparu. Ce sont probablement quelques-uns de ces atomes disparus qui sont régénérés dans les laboratoires. Jusqu'alors, seuls des éléments à vie relativement brève, s'étendant de la fraction de seconde à quelques mois, ont pu être obtenus. Pour créer une quantité appréciable d'un élément à vie beaucoup plus longue, il faudrait disposer d'une source de projectiles prodigieusement intense. N'y a-t-il aucun espoir de réaliser ce nouveau rêve ?

Si, tourné vers le passé, nous jetons un regard sur les progrès accomplis par la science à une allure toujours croissante, nous sommes en droit de penser que les chercheurs construisant ou brisant les éléments à volonté sauront réaliser des transmutations à caractère explosif, véritables réactions chimiques à chaînes.

Si de telles transmutations arrivent à se propager dans la matière, on peut concevoir l'énorme libération d'énergie utilisable qui aura lieu. Mais hélas, si la contagion a lieu pour tous les éléments de notre planète, nous devons prévoir avec appréhension les conséquences du déclenchement d'un pareil cataclysme. Les astronomes observent parfois qu'une étoile d'éclat médiocre, augmente brusquement de grandeur, une étoile invisible à l'œil nu peut devenir très brillante et visible sans instrument, c'est l'apparition d'une Novae. Ce brusque embrasement de l'étoile est peut-être provoqué par ces transmutations à caractère explosif, processus que les chercheurs s'efforceront sans doute de réaliser, en prenant, nous l'espérons, les précautions nécessaires.

L'ELTA 40, 1^{re} NOUVEAUTÉ 85 DE ZEISS

Programme de fabrication

NIVEAUX

*Ni1, Ni2, Ni3
Ni4, Ni42, Ni52*

THEODOLITES

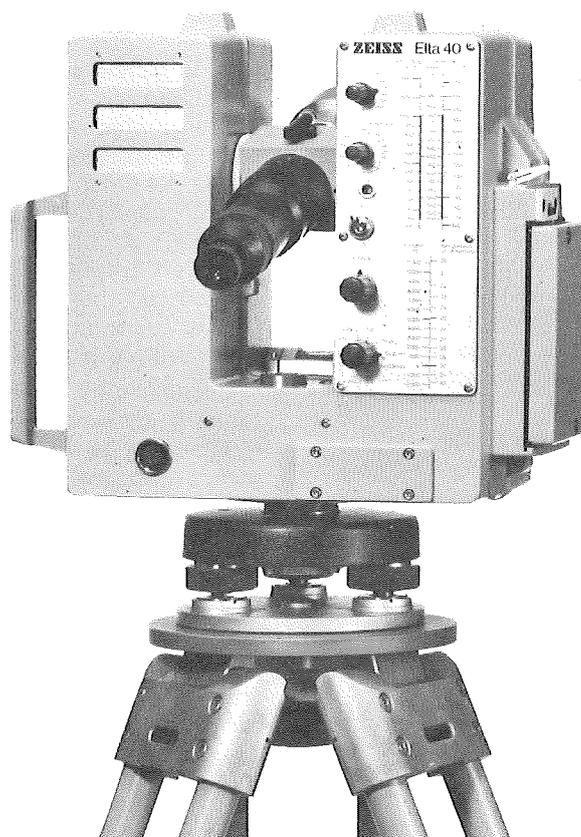
TH2, TH42, TH51

TACHEOMETRE OPTIQUE

Rta 4

TACHEOMETRES ELECTRONIQUES

*Elta 2, 20, 3
Elta 46 R, Elta 40*



Adresses de nos revendeurs

LE PONT Equipements S.A.
*Rue Copernic - B.P. n° 11
38670 CHASSE-SUR-RHONE
Tél. : (7) 873.02.88.
Télex : 380.034 F*

SLOM

*11 bis, rue du Perche
75003 PARIS
Tél. : (1) 271.28.30.
Télex : 240729 F*

Ets A. THOMAS

*12, rue Friant
75014 PARIS
Tél. : (1) 543.55.25
Télex : 203.590*

TOPOCENTER Strasbourg

*20, rue des Champs
ECKBOLSHEIM
67200 STRASBOURG
Tél. : (88) 78.65.22*

**ZEISS, SOCIÉTÉ EUROPÉENNE FAIT CONFIANCE
A PLUS DE 100 FOURNISSEURS FRANÇAIS**

ELTA 40

Tachéomètre calculateur
et enregistreur
Entièrement automatique
Signal acoustique
Affichage LCD

Le système de saisie des observations de topométrie moderne

par Yves ALAJOUANINE
Ingénieur-Topographe ESGT

Le système

La conception du système comprend :

— La Saisie des Observations de Topométrie Moderne, effectuée avec ou sans traitement immédiat de terrain sur ordinateur de poche Hewlett-Packard HP 41 CX, connecté à un tachéomètre informatique ou utilisé manuellement comme un carnet électronique. La saisie simple peut se traiter automatiquement plus tard, comme cela peut se faire sur le terrain quelle que soit la méthode choisie : levé au ruban ou avec un tachéomètre (électronique ou non).

— Un Logiciel de Tracé Automatique Direct, qui est composé en fonction du programme précédent "SOTM". Ce programme peut dessiner seul sur un calculateur avec écran graphique le plan levé, au moyen des ensembles de données topométriques et d'instructions graphiques sans l'aide d'un topographe devant appliquer le croquis de terrain, pour tracer les hachures, courbes de niveaux et les écritures.

Le logiciel "SOTM" fait seul l'objet de cette publication (*) qui offre son listage. Avec un commentaire celui-ci peut s'obtenir sur des cartes magnétiques ou de préférence en cassette pour 200 F TTC.

Le matériel

L'équipement pour l'emploi du progiciel "SOTM" comprend :

— Un calculateur HP-41 CX ou HP-41 CV avec un module HP 82180A et deux modules HP 82181A, ce qui procure 603 registres d'extension de mémoire de masse.

— Un module HP 82160A d'interface HP-IL.

— Une unité de cassette HP 82161A (lecteur-enregistreur 131 Ko).

— une imprimante thermique HP 82162A (papier de largeur 57 mm).

Ce matériel fait un investissement de 21 000 F TTC en juin 1985.

Le Logiciel de Tracé Automatique Direct est utilisé au bureau sur un calculateur électronique avec écran graphique comme le SANYO 555 représentant une valeur de 30 700 F TTC (logiciel exclu) : voir la documentation pages 30 et 31 dans la revue "XYZ" n° 21/XII - 1984 avec deux disquettes de 360 Ko, convertisseur HP et interface RS 232. Ce matériel comprend l'imprimante matricielle graphique 80 colonnes qui peut éditer le plan sur papier format A4, avec l'interface pour ajouter un traceur automatique grand format.

L'élaboration du plan peut se confier en soustraction à un bureau convenablement équipé à partir d'une cassette d'unité HP 82161A, et le dessin sur grand traceur à partir d'une disquette ayant contrôlé le dessin obtenu sur écran vidéo graphique.

Le logiciel "SOTM"

La Saisie des Observations de Topométrie Moderne s'obtient grâce à l'ensemble de routines utilitaires et de routines d'applications :

— T est la routine utilitaire initiale de topométrie pour faire les contrôles préliminaires avant la saisie avec ou sans calcul.

— M est la routine utilitaire finale avec les modalités diverses de sortie sur écran vidéo, imprimante, cartes ou cassette magnétique.

— CC est la routine d'initialisation des constantes de calcul et de l'environnement topométrique (station tachéométrique par exemple).

— TA est la routine de tracé automatique qui donne les instructions graphiques pour élaborer les tracés, hachures, courbes et écritures.

— OO est la routine d'application du levé par intersection à partir de deux stations tachéométriques.

— 14 est la routine d'application des levés utilisant les mesures à partir de ruban ou de tachéomètre.

La saisie sans calcul s'effectue en conservant les routines T + M en mémoire centrale du calculateur HP-41 CX sinon le calcul demande la permutation des routines d'application avec la routine finale M.

L'emploi du système

La mise en place du programme demande l'emploi provisoire du port N° 4 du calculateur avec l'équipement connexe suivant au choix :

— Un lecteur de cartes magnétiques HP 82104A (avec un mémento placé dessus éventuellement) et des ensembles de cartes "CC", "TA", "00", "14", ... et "T + M" qui donnent et sauvegardent la mise en état.

— Une unité de cassette HP 821611A connectée par le module HP 82160A interface HP-IL ; avec les routines précédentes "CC", "TA", "00", "14", "T", "M", fichiers de données "E", d'état "ST" et d'assignation "KT" en stockant ces logiciels en extension de mémoire de masse X-Memory.

— Un enregistreur AGA Géodat 126 pouvant stocker 500 ou 1 000 points avec ou sans calcul et enregistrement des XYZ.

Au départ et après chaque Memory Lost une cassette (ou des cartes) programme d'abord la mémoire centrale du calculateur HP-41. Partant de celle-ci, toutes les routines d'application sont transmises en mémoires d'extension grâce à la fonction Savep du module HP 82180A utilisée manuellement. La routine utilitaire "T" introduit en plus le fichier "E" pour conserver la valeur des 71 registres trouvés au début du calcul. Ceci permet de remplacer le dernier point traité.

La saisie de chaque mesure élémentaire sur un point (Tableau T1) s'effectue en pressant la touche (STO) et une des dix touches A à J correspondant aux registres 01 à 10. Ces dix touches sont aussi utilisées après la touche (XEQ) pour réaliser des prétraitements en modes standard, ou personnel (USER), comme indiqué au tableau TA en Annexe SOTM + LTAD. Lancé en pressant les touches (XEQ) E, le calcul simple prend douze secondes, la machine ayant en mémoire la routine utilitaire "T" suivie d'une routine d'application indispensable laissée en général par le point traité précédent.

L'indication de la méthode topométrique prise pour lever un point est désignée par le géomètre, avec les 3 premiers chiffres décimaux CDU après la virgule. Le système propose le numéro matricule Mm qui suit le point traité Mp précédent ; mais la valeur décimale, CDU est modifiable en introduisant les nouvelles décimales, CDU en registre "X" par le clavier au moyen des touches (XEQ) J en appliquant les tableaux T2 et T4. La valeur entière de Mp préférée est à placer au registre "X", avant de presser les touches (XEQ) I.

Les modalités de traitement se fixent avec l'état des indicateurs en consultant en annexe le tableau T3. Les indicateurs 0 à 4 sont affichés. Presser les touches (XEQ) G arme l'indicateur 13, pour mettre en œuvre le programme "TA" (Tracé Automatique), grâce aux codes et instructions enregistrées suivant le tableau T5 en annexe.

L'édition des résultats de traitements peut s'imprimer sur papier thermique en bande avec les imprimantes HP 823143A ou HP 82162A, et s'afficher sur écran vidéo. Leur enregistrement s'effectue sur les chantiers dans l'appareil AGA Géodat 126, ou sur module CX603C-JV avec un calculateur HP-41 CX 1525/JV prévu pour les topographes. Au bureau l'enregistrement peut se faire sur cassette ou sur disque avec les unités respectives HP 82161A ou HP 9114A. Le transfert de données se fait aussi avec des programmes spéciaux des modules vers une cassette, et de celle-ci vers une disquette de micro-ordinateur.

(*) *Bibliographie des articles Yves Alajouanine dans la revue "XYZ".*

— N° 6 : "La saisie des observations de topométrie moderne, et le logiciel de tracé automatique direct". (Mars 1981).

— N° 19 : "Présentation du stage topographique et desin automatique". (Juin 1984).

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**

T1 - AFFECTATION GENERALE DES REGISTRES 00 à 70

00 Dr,Fr Début & Fin des registres enmagasinés en extension "X-Memory":
 01 Mm Matricule M,CDU (1 < M < 100000 avec trois chiffres décimaux):
 02 Obs.1 ! Les observations ! C = 0 à 4 ; levé topométrique S
 03 Obs.2 ! élémentaires sont ! C = 5 à 9 ; autres méthodes A
 04 Obs.3 ! mises en registres ! D = 0 à 4 ; altimétrie Z éliminée I
 05 Obs.4 ! 02 à 07 suivant la ! D = 5 à 9 ; altimétrie Z calculée S
 06 Obs.5 ! méthode C de levé ! U = 0 à 4 ; C<4 Dh C=4 stadimétrie I
 07 Obs.6 ! topométrique prise ! U = 5 à 9 ; C<4 Di C=4 électronique E
 08 INF.1 ! Information ou instruction graphique pour le tracé direct !
 09 INF.2 ! idem: voir l'ind. 01 et le tableau T5 des codes graphiques !
 10 RT Mp Référence Travail RT à gauche du matricule Mp du point traité.
 (*) 11 à 13 Xp abscisse ; Yp ordonnée ; Zp altitude du point P au sol .
 14 n Gab 10000n Gab ; No de liste de Tracé Automatique et gisement Gab.
 15 Ma Mb matricule Ma à gauche du matricule ; MaMb = (10000 Ma) + Nb.
 16 Gdp gisement du vecteur DP , D étant un centre de report polaire .
 17 DP distance horizontale calculée pour un report polaire éventuel.
 18 Xd abscisse du point D ! Note : le géomètre prend arbitrairement
 19 Yd ordonnée du point D ! un point connu ou une croix décimétrique
 20 Ms matricule du point S désignant la station tachéométrique (C=4)
 21 à 23 Xs abscisse ; Ys ordonnée ; Zs altitude de la station au sol .
 24 Zts altitude de l'axe des tourillons du tachéomètre à la station S
 25 Gos gisement de l'azimut zéro de la station S de tachéométrie .
 26 AZi azimut origine de la visée de S sur la référence initiale AZ.
 27 CV ! constante additive de collimation verticale en degré/grade !
 28 CL ! constante additive de longueur électronique en pied/mètre !
 29 FC ! facteur cartographique #1 ; altitude et correct. projective !
 30 FPD ! facteur primaire multiplicatif des longueurs électroniques !
 31 PSD ! facteur secondaire multiplicatif de distance prise au ruban !
 32 Ma matricule du point réservé A origine du vecteur directeur AB .
 33 à 35 Xa abscisse ; Ya ordonnée ; Za altitude sol du point réservé A.
 36 Mb matricule du point réservé B extrémité du vecteur directeur AB
 37 à 39 Xb abscisse ; Yb ordonnée ; Zb altitude sol du point réservé B.
 40 Mc matricule du point réservé C , ancienne ou prochaine station S
 41 à 43 Xc abscisse ; Yc ordonnée ; Zc altitude sol du point réservé C.
 44 Mq matricule du point courant Q levé en général avant le point P.
 45 à 47 Xq abscisse ; Yq ordonnée ; Zq altitude sol du point courant Q.
 48 cos.m maximum atteint par ! cos VZ ! la lunette visant vers le bas .
 49 Hhp hauteur habituelle de pointé vers le point courant observé P .
 50 Gpq gisement du vecteur courant PQ ! "0" en Tracé Automatique "TA"
 51 PQ longueur horizontale calculée. ! Dg,Fg plage de reg. pour "TA"
 52 Dc,Fc Début , Fin des reg. stockés sur cassette HP 82167A ou AGA 126
 53 De,Fe Début , Fin des registres édités avec l'imprimante ou la vidéo
 54 Ds,Fs Début , Fin des reg. édités en contrôle AZr, ou saisie simple.
 55 RT Référence Travail < 100 ; les décimales codent le matricule M.
 56 n numéro de la prochaine liste d'instructions graphiques ("TA").
 57 FCNA Facteur Correctif de Niveau Apparent (long. en mètre ou pied).
 58 EPI Etat Primaire des Indicateurs au début du traitement .
 59 ESI Etat Secondaire des Indicateurs suivant le codage ,CDU .
 60 G,L,R Gn = liste graphique ; Lp = point levé P ; Mp = référence AZr.
 61 C Le code C est un nombre entier égal à 0 ou 1 ou 2 ou 3 ou 4 .
 62 D Code D , ou code CD lorsque CD > 49 (méthode hors levé) .
 63 & 64 INF1 et INF.2 utilisées à la fin du traitement du point P .
 65 à 70 reg. statistiques: Sx; Sx^; Sy; Sy^; Sxy; N nombre d'éléments.

Indice "m" avant calcul (00 à 09) = Indice "p" après calcul (10 à 70)

(*) 11 à ... Edition spéciale si saisie sans calcul, ou référence azimutale:
 11 à 13 O (lettre) ; AZr azimut sur réf. ; dAZr = (AZr - AZi) < 1.

SIGNIFICATION du code D indiquant le vecteur directeur AB à utiliser
 0 & 5 = P>A,Q>B ; 1 & 6 = P>A,B ; 2 & 7 = A,P>B ; 3 & 8 = B,A ; 4 & 9 = A,B
 SYMBOLE REPRESENTANT le code U : 0 & 5 = Néant; 1 & 6 point cerclé
 2 & 7 = point isolé; 3 & 8 = petit cercle; 4 & 9 = 2 cercles concentriques

T2 - AFFECTATION SPECIFIQUE DES REGISTRES 01 à 23
(en fonction de la routine d'application utilisée)

	INTERSECTION	REG.	BIPOLAIRE	POL.-ECART	POLY-DESC	REG.	TACHEOMETRIE
S	Mm,0du > 1	01	Mm,1du > 1	Mm,2du > 1	Mm,3du > 1	01	u- Mm,4du u/
A	AZ	02	*BM	*MM'	angle<BAM>	02	AZ
I	VZ	03	**VZam	**VZcm	VZam	03	VZ
S	SM calculé	04	*AM	*CM	AM	04	(Dim) Dim
I	Hm	05	Ham	Hcm	Ham	05	sm Hm
E	1) 0 ou 2) Mi	06	**VZbm	**VZam'	Mq édité	06	s1 dL<100<dA
S	décalage dM	07	AM calculé	CM calculé	AM calculé	07	s2 dT ; dR
"	INF1	08	A INF1	A INF1	A INF1	A 08	INF1
"	INF2	09	R INF2	R INF2	R INF2	R 09	INF2
C	RT..Mp	10	C RT..Mp	C RT..Mp	C RT..Mp	C 10	RT..Mp
A	Xp	11	H Xp	H Xp	H Xp	H 11	Xp
L	Yp	12	I Yp	I Yp	I Yp	I 12	Yp
C	dAZo..Zp	13	V Zp	V Zp	V Zp	V 13	dAZo..Zp
U	N..Gab	14	E N..Gab	E N..Gab	E N..Gab	E 14	N..Gab
L	Ma..Mb	15	S Ma..Mb	S Ma..Mb	S Ma..Mb	S 15	Ma..Mb
S	Gdp	16	Gdp	Gdp	Gdp	16	Gdp
"	DP	17	DP	DP	DP	17	DP
F	Xd	18	Xd	Xd	Xd	18	Xd
I	Yd	19	Yd	Yd	Yd	19	Yd
X	station Ms	20	Ms	Ms	Ms	20	station Ms
E	Xs	21	Xs	Xs	Xs	21	Xs
S	Ys	22	Ys	Ys	Ys	22	Ys
"	Zs sol	23	Zs sol	Zs sol	Zs sol	23	Zs sol

LEGENDE du tableau ci-dessus : (*) BM et MM' sont négatifs si le point M est à droite du vecteur directeur figuratif AB, c'est à dire sens A>B ; CM est négatif si sa projection sur le vecteur AB a le sens opposé B>A ; (***) les angles zénithaux VZ sont lus pour les distances prises obliques

	IMPLANTATION	REG.	POLYGONAT.	RELEVEMENT	STAT. LIBRE	REG.	TRACé AUTOMAT.
S	Mp,73u > 1	01	Sm,80u > 1	Sm,82u > 1	Sm,83u > 1	01	
A	AZsp calculé	02	AZsmr	AZsa	AZsa	02	
I	VZsp calculé	03	VZsmr	VZsa	VZsa	03	
S	Disp calculé	04	Dsmr	AZsb	Dsa	04	
I	Hp connu	05	Hmr	AZsc	+ou-AZsb	05	
E	Dhsp calculé	06	AZsmp	Zts	Zts	06	
S	PQ calculé	07	VZsmp	Ha	Ha	07	A Gn. E
"	Hs connu	08	A Dsmp	A Hs	A Hs	A 08	R (INF 1) N
"	Zs app.	09	R Hmp	R Gos	R Gos	R 09	C (INF 2) R
T	RT..Mp	10	C RT..Mp	C RT..Mp	C RT..Mp	C 10	H (RT.Mp) E
R	Xp connu	11	H *Xsm	H *Xs	H *Xs	H 11	I MOT 1 G
A	Yp connu	12	I *Ysm	I *Ys	I *Ys	I 12	V MOT 2 I
I	Zp sol connu	13	V *Zsm sol	V *Z sol	V *Z sol	V 13	E MOT 3 S
T	Gos connu	14	E Mar.Mav	E Ma..Mb	E Ma..Mb	E 14	MOT 4 T
E	Ms	15	S Msm	S Ms	S Ms	15	D MOT 5 R
M	Gdp	16	Gsmav-Gsmar	n	n	16	E MOT 6 E
E	DP calculé	17	*Gosm	Er	Er	17	MOT 7 M
T	Xd	18	**Gosm	Xd	Xd	18	D MOT 8 E
S	Yd	19	Hsm	Yd	Yd	19	E MOT 9 N
"	Ms connu	20	Msm	Ms	Ms	20	S MOT10 T
"	Xs connu	21	**Xsm	**Xs	**Xs	21	S MOT11 "
"	Ys connu	22	**Ysm	**Ys	**Ys	22	I MOT12 "
"	Zs sol connu	23	**Zsm sol	**Zs sol	**Zs sol	23	N etc... "

LEGENDE précédente: signe * et ** = sans et avec contrôle de fermeture.
 AZ = azimuth. VZ = visée zénithale. M = point mesuré. S = station.
 H = hauteur. G = gisement. Gos = gisement station vers azimuth nul.
 DISTsmar = distance SM arrière (av=avant). Gsmar = gisement SM arrière
 MOT1 à 60 = matricule de point levé ou 1 à 6 caractères alphanumériques

T3 - FONCTIONS DES INDICATEURS PRIMAIRES ET SECONDAIRES (")

00*M (M = état maintenu) Reg. 02 à 07 mis à 0 : / armé ; - désarmé non .
 0".M l'altitude Zp est : / conservée ; - mise en zéro alphanumérique "0" .
 01*M les informations graphiques INF 1 et 2 sont : / fixes ; - changées .
 1".M C<4 les distances sont chaînées : / obliquement ; - horizontalement .
 1".M C=4 les distances sont mesurées par : / électronique ; - stadimétrie .
 02*M le cercle du théodolite est en position : / 2 droite ; - 1 gauche .
 03*M la saisie des observations est faite : / avec calcul ; - sans calcul .
 04*M l'introduction des constantes de calcul est à faire : / oui ; - non .
 05*M emploi du port No 3 (HP-41CX/1525) avec fichier "E" / oui ; - non .
 5".M code C = 1 ou 2 (levé par repérage avec 2 distances) / oui ; - non .
 06*M enregistrement sur extension de mémoire " X-Memory " : / oui ; - non .
 6".M code C = 3 (levé par une polygonaion descriptive) : / oui ; - non .
 07*M enreg. sur GEODAT 126 AGA ou sur cassette HP 82167A : / oui ; - non .
 7".M code C = 4 (levé avec un tachéomètre électronique) : / oui ; - non .
 08*M enregistrement avec HP 82104A sur carte magnétique : / oui ; - non .
 09*M édition sur écran cathodique placé récepteur No 1 : / oui ; - non .
 10*M édition sur une imprimante placée récepteur No 2 : / oui ; - non .
 10".M code C = 0 (levé par intersection de AB par SM) : / oui ; - non .
 11 D (D = état désarmé par ON). Exécution automatique : / oui ; - non .
 12.D utilisation de caractères épais par l'imprimante : / oui ; - non .
 13.D impression choisie avec des caractères minuscules : / oui ; - non .
 14#D enregistrement rendu possible sur carte protégée : / oui ; - non .
 15 D si 15 / et 16 / = TRACE + XYZT ; si 15 - et 16 / = MODE NORMAL .
 16 D si 15 - et 16 - = MODE MANUEL ; si 15 / et 16 - = MODE TRACE .
 17 D HP-IL ignore OT-LF pour débiter à la ligne suivante : / oui ; - non .
 18 D indicateur spécialisé de périphérique du HP-41C , mis en réserve .
 19 D indicateur spécialisé de périphérique du HP-41C , mis en réserve .
 20 D indicateur spécialisé de périphérique du HP-41C , mis en réserve .
 21#D l'imprimante est-elle utilisée ? : / oui ; - non . Voir l'ind. 55 .
 22 D une valeur numérique est-elle entrée en reg."X" ? : / oui ; - non .
 23 D une valeur alphanum. est-elle entrée en reg."X" ? : / oui ; - non .
 24 D valeur pouvant dépasser E 99 ? : / oui ; - non (out of range affiché)
 25.D une seule opération illicite est-elle permise ? : / oui ; non .
 26.A (= armé par ON). Le signal sonore est-il validé ? : / oui ; - non .
 27*M index du mode opératoire personnel : / oui (user) ; - non (standard).
 28.M marque séparatrice avant les chiffres décimaux : / point ; - virgule.
 29*M séparation du nombre entier en groupes de 3 chiffres : / oui ; - non.
 30 = indicateur interne lorsque le calculateur est en fonction CATalogue .
 31 = date formatée : / Jour Mois An ; - Mois Jour An .
 32 = mode d'emploi de la boucle HP-IL : / AUTOMatique ; - MANuel .
 33 à 35 M indicateur spécialisé interne. FIX 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 36 = nombre de chiffres décimaux étant fixés - - - - - / /
 37 = (M = indicateur maintenu par ON) ; - - - - - / / / / - -
 38 = (A = indicateur armé par ON) ; - - / / - - / / - -
 39 = (D indicateur désarmé par ON) ; - / - / - / - / - /
 40 = 40 - et 41 - = notation scientifique SCI .
 41 = 40 / et 41 - = notation normale FIX ; 40 - et 41 / notation ENG.
 42 = unité d'angle utilisée : 42 - et 43 - degré .
 43 = unité d'angle utilisée : 42 / et 43 - grade ; 42 - et 43 / radian .
 44 = l'alimentation continue-t-elle après dix minutes ? : / oui ; - non .
 45 = indicateur interne d'entrée de données .
 46 = indicateur interne de séquence de touche partielle .
 47 = indicateur interne de fonction secondaire .
 48 = indicateur du mode ALPHA : / oui ALPHA visible ; - non ALPHA éteint .
 49 = la BATTERIE est-elle faible ? : / oui BAT visible ; - non BAT éteint
 50 = indicateur de message à l'affichage .
 51 = indicateur interne SST d'exécution d'une ligne de programme .
 52 = indicateur interne de mode programme .
 53 = indicateur de disponibilité d'un périphérique : / oui ; - non .
 54 = la fonction PSE (pause) est-t-elle en cours ? : / oui ; - non .
 55 = l'imprimante ou la vidéo est-elle connectée ? : / oui ; - non .
 INDICATEUR (*) réglé au clavier, (.) programmé ou (=) vérifiable seulement.

T4 - ADRESSES (LBL) NUMERIQUES ET ALPHANUMERIQUES

Note: les touches indiquées dans les textes par (XEQ), < K > et ! ASN ! portent respectivement des inscriptions blanches, bleues et jaunes .

LBL Touches: Prétraitement en mode, soit standard : soit personnel (user).
 00 (XEQ) 00: reg.D à F vérifiés avec D,F en reg.X ; reg. 02 à 07 mis à 0 .
 01 (XEQ)<A>: Xp & Yp sommés en reg. stat. 58 à 63 ; Pmxyz copié en Amxyz .
 02 (XEQ): édition ou affichage vidéo du reg. X ; Pmxyz copié en Bmxyz .
 03 (XEQ)<C>: reg. DàF sur carte avec D,F en reg.X ; Pmxyz copié en Cmxyz .
 04 (XEQ)<D>: reg. D à F édités avec D,F en reg. X ; P(xy) copié en D(xy) .
 05 (XEQ)<E>: ordre de départ normal du traitement ; même ordre de départ .
 06 (XEQ)<F>: Xp & Yp déduits en reg.stat. 65 à 70 ; points C & S permutés.
 07 (XEQ)<G>: branchement du Tracé Automatique"TA" ; points A & B permutés.
 08 (XEQ)<H>: levé du point P supprimé et remplacé ; points P & Q permutés.
 09 (XEQ)<I>: code,CDU fixe & nouveau matricule Mm ; angle 0=<A<360 ou 400.
 10 (XEQ)<J>: matricule Mm fixe & nouveau code,CDU ; gisement Gab & Ma..Mb.

Labels numériques LBL utilisés dans les routines utilitaires "T" et "M" :

32 Contrôle du Bordereau des registres 02 à 06 de saisie des observations.
 33 Contrôle du Contenu des registres D à F avec D,ooF en registre X .
 36 Création d'un Fichier de données avec intitulé en registre ALPHA .
 39 Contrôle de Nullité du contenu des reg. D à F avec D,ooF en registre X.
 44 Suite Sélective du traitement ou du prétraitement selon le cas .
 79 Poursuite Normale du traitement SOTM après validation du matricule Mm .
 93 Initialisation des Constantes numériques utiles au traitement SOTM .

Utilisation des fonctions alphanumériques par les routines d' application :

"K" Calculs et traitements préliminaires	00	14	II	PP	RR	SS	TA
"L" étalonnage des Longueurs	00	14	II	PP	RR	SS	..
"M" Modalités finales d'édition (Cf LBL "M")	00	14	II	PP	RR	SS	TA
"N" Numéros matricules directeurs MaMb et n Gab	00	14	..	..	RR	SS	..
"O" Observation de la référence AZ initiale	00	14	II	PP	RR	SS	..
"P" Prétraitement avec résultat mis en reg. X	00	14	II	PP	RR	SS	..
"Q" Question contenu des registres D à F	00	14	II	..	..	SS	TA
"R" Réduction 0=<A<360 degrés dec. ; 400 grades	00	14	..	PP	..	SS	..
"T" Traitement utilitaire de Topographie	00	14	II	PP	RR	SS	TA
"U" Ultime phase du traitement utilitaire	00	14	II	PP	RR	SS	TA
"V" Ventilation des résultats édités	00	14	..	..	RR	..	..
"W" référence de l'enregistrement (Cf LBL "M")	00	14	II	PP	RR	SS	TA
"X" permutation des points P et Q	00	14	..	..	..	..	..
"Y" confluence finale des prétraitements	00	14	II	..	..	..	..
"Z" calcul altimétrique trigonométrique	00	14	II	..	..	..	..
"0" conversion rect-polaire Axy,Bxy en Gab,AB	00	14	..	..	..	..	..
"1" copie du point P(mxyz) au point A(mxyz)	00	14	..	PP	RR	..	..
"2" copie du point P(mxyz) au point B(mxyz)	00	14	..	PP	RR	..	..
"3" copie du point P(mxyz) au point C(mxyz)	..	14	..	PP	RR	..	..
"4" copie du point P(xy) au point D(xy)	..	14	..	..	..	..	..
"5" reprise du traitement utilitaire "T"	00	14	II	PP	RR	SS	TA
"6" conversion Sxy, Exy en Gse, distance SE	00	14	II	..	..	..	..
"7" permutation BA du vecteur directeur AB	00	14	II	PP	RR	SS	..
"8" appel spécial de Routine d'Appl. 00 & 14	00	14	..	..	..	..	..
"9" appel des Routines d'Application (C>49)	..	..	II	PP	RR	SS	TA
"+" sommation statistique des Xp et Yp	..	..	..	PP	RR	SS	..
"-" déduction statistique des Xp et Yp	..	..	..	PP	RR	SS	..
"?" réduction programmée des angles 0/360-400	00	14	II	PP	RR	SS	..
">" convergence des traitements avant édition	00	14	II	PP	RR	SS	TA
"<" contrôle alphanumérique / numérique des XY	00	14	II	PP	RR	SS	..

T5 - CODES GRAPHIQUES DE DESSIN AUTOMATIQUE

- 01 Sommet de ligne polygonale, ou point singulier d'un tracé courbe .
- 02 à 09 Tracé courbe "règle souple" avec 8 degrés de souplesse croissante.
- 11 Code spécifique au tracé courbe altimétrique (par défaut en plan) .
- 12 Traitement enchainé (curvimètre, périmètre, surface, centroïde...) .
- 13 Calcul des XY du passage des courbes de niveau en suivant un trajet .
- 14 Point décalé avec Gab-100 , dP (0<dP<100m mis en reg. 09 = INF.2) .
- 15 Point décalé avec Gab+100 , dP (0<dP<100m mis en reg. 09 = INF.2) .
- 16 & 17 Début et Fin respectivement de raccordement en tracé curviligne .
- 18 Raccordement antérieur " ligne droite - tracé curviligne " .
- 19 Raccordement postérieur " tracé curviligne - ligne droite " .
- 21 à 29 Trames avec 9 couleurs ou gradations d'opacité croissante .
- 31 à 39 Hachures avec 9 gradations d'opacité croissante .
- 41 à 49 Gisements des hachures : 0,20,40,60,80,100,120,140,160,180.
- 51 Tracé 1 espace , 1 point :
- 52 Tracé 1 espace , 2 points :
- 53 Tracé 1 espace , 3 points :
- 54 Tracé 1 espace , 4 points :
- 55 Tracé pointillé continu :
- 56 Tracé tireté continu : -----
- 57 Tracé 1 espace , 3 tirets : --- --- ---
- 58 Tracé 1 espace , 2 tirets : -- -- --
- 59 Tracé 1 espace , 1 tiret : - - - - -
- 61 à 65 Cinq épaisseurs croissantes de trait, point ou tiret .
- 66 à 69 Quatre corps de caractères de grosseur croissante .
- 71 à 79 Neuf hauteurs croissantes de caractères .
- 81 Tracé des deux diagonales dans un quadrilatère .
- 82 Symbole de ligne d'axe, orienté dans le sens du tracé .
- 83 Symbole de mitoyenneté d'un mur servant de limite foncière .
- 84 Symbole de propriété du mur à gauche dans le sens du tracé .
- 85 Symbole de propriété du mur à droite dans le sens du tracé .
- 86 Itinéraire droit ou curviligne servant à baser les écritures .
- 87 ou 88 Ecriture en haut du point, respectivement à gauche ou à droite .
- 89 Ecriture en bas, à gauche du point concerné (ou à droite par défaut) .
- 91 Limite de tracé des courbes de niveau Z (exemple : bord de route) .
- 92 Limite Trait - Pointillé pour représenter les courbes de niveau Z .
- 93 Limite invisible périmétrique d'interruption en bord de dessin .
- 94 Jonction rectiligne reliant deux macro-dessins (exemple poteaux EDF)
- 95 Jonction curviligne reliant deux macro-dessins (exemple : balustres)
- 96 Point levé en passant, mais hors du processus d'enchaînement en cours.
- 97 Dernier point d'un enchaînement sans jonction de retour au début .
- 98 Dernier point d'un enchaînement avec jonction de retour au début .
- 99 Dernier point levé achevant le plan topométrique .

Les codes 00 10 20 30 40 50 60 70 80 et 90 sont libres, mais ne peuvent pas être isolés ou terminer une suite de codes graphiques . Les codes ,01 à ,99 concernent le suivi d'un processus d'enchaînement passant par un itinéraire de points connus affectés d'instructions graphiques mises en INF.1 et INF.2 sous la forme de codes "pairs" choisis dans le tableau T5, ou "impairs" qui désignent des symboles ponctuels ou des macro-dessins. Ils sont représentés par des nombres inférieurs à un et comprennent 1 , 3 , 5 , 7 et 9 chiffres décimaux. Ces deux types de codes sont différenciés par le logiciel sur une division par cent donnant un reste nul ou non, en partant de l'ensemble des chiffres décimaux considéré comme un nombre entier.

Les macro-dessins reproduisent des dessins semblables à un modèle défini, à l'échelle et à l'orientation près, par un ensemble de points levés ou créés et connus en X Y et matricules . Par exemple 345, 346, 347, 348 et 349 sont les cinq coins ABCDE d'un bâtiment prototype levé complètement ; les autres bâtiments pourront être levés par un seul coin comme "C" avec 0,347 codé en INF.1 ou INF.2, le "Logiciel de Tracé Automatique Direct" devant comprendre une séquence programmée pour interpréter respectivement les codes 345 à 349 et tracer le macro-dessin sur l'écran graphique du micro-ordinateur utilisé au bureau , en fonction du gisement orienteur Gab pris en registre 14 .

Mode d'emploi du programme SOTM pour HP-41 CX

L'équipement minimum nécessaire demande un calculateur HP-41 CX (ou HP-41 CV avec un module HP 82180A) et un ou deux modules HP 82181A donnant 365 ou 603 registres d'extension de mémoire. L'utilisateur part du principe qu'une connaissance suffisante des manuels fournis avec le matériel employé est indispensable.

La mise en place du programme demande l'emploi provisoire du port 4 avec l'équipement connexe suivant au choix :

— un lecteur de cartes magnétiques HP 82104A (avec un mémento placé dessus éventuellement) et des ensembles de cartes "CC", "TA", "OO", "14", "11",... et "T + M" qui donnent et sauvegardent la mise en état ;

— une unité de cassette HP 82161A connectée par le module HP 82160A interface HP-IL ; avec les routines précédentes "CC", "TA", "OO", "14", "T", "M", fichiers de données "E", d'état "ST" et d'assignation "KT" en stockant ces logiciels en extension de mémoire de masse X-Memory ;

— un enregistreur AGA Géodat 126 pouvant stocker 500 ou 1 000 points avec ou sans calcul et enregistrement des XYZ.

Au départ et après chaque Memory Lost, une cassette (ou des cartes) programme d'abord la mémoire centrale du calculateur HP-41. Partant de celle-ci, toutes les routines d'application sont transmises en mémoires d'extension grâce à la fonction SAVEP du module HP 82180A utilisée manuellement. La routine utilitaire "T" introduit en plus le fichier "E" pour conserver la valeur des 71 registres trouvés au début du calcul. Ceci permet de remplacer le dernier point traité.

La saisie de chaque mesure élémentaire sur un point (Cf tableau T1) s'effectue en pressant la touche (STO) et une des dix touches A à J correspondant aux registres 01 à 10. Ces dix touches

sont aussi utilisées après la touche (XEQ) pour réaliser des prétraitements en modes standard, ou personnel (USER), comme indiqué au tableau T4 en Annexe SOTM + LTAD. Lancé en pressant les touches (XEQ) E , le calcul simple prend douze secondes, la machine ayant en mémoire la routine utilitaire "T" suivie d'une routine d'application indispensable laissée en général par le point traité précédent.

L'indication de la méthode topométrique choisie pour lever un point est désignée par le géomètre, avec les 3 premiers chiffres décimaux CDU après la virgule. Le système propose le numéro matricule Mm qui suit le point traité Mp précédent ; mais la valeur décimale, CDU est modifiable en introduisant les nouvelles décimales, CDU en registre "X" par le clavier au moyen des touches (XEQ) J en appliquant les tableaux T2 et T4. La valeur entière de Mp préférée est à placer au registre "X", avant de presser les touches (XEQ) I .

Les modalités de traitement se règlent avec l'état des indicateurs, en consultant en annexe le tableau T3. Les indicateurs 0 à 4 sont affichés. Presser les touches (XEQ) G arme l'indicateur 13, pour mettre en œuvre le programme "TA" (Tracé Automatique), grâce aux codes et instructions enregistrés suivant le tableau T5 en annexe.

L'édition des résultats des traitements peut s'inscrire sur papier thermique en bande avec les imprimantes HP 823143A ou HP 82162A, et s'afficher sur écran vidéo. Leur enregistrement s'effectue sur les chantiers dans l'appareil AGA Géodat 126, ou sur module CX 603C-JV avec un calculateur HP-41 CX 1525/JV prévu pour les topographes. Au bureau l'enregistrement peut se faire sur cassette ou sur disque avec les unités respectives HP 82161A ou HP 9114A. Le transfert de données se fait aussi avec des programmes spéciaux des modules vers une cassette, et de celle-ci vers une disquette de micro-ordinateur.

5 tableaux complètent ce mode d'emploi du logiciel "SOTM" sur HP-41 (tableau T1 à T5 des pages précédentes).

ASA, FRANC. DE TOPOGRAPHIE
100 B. rue Hannon
69004 Lyon
Tel. (7) 830.80.50

ASA, FRANC. DE TOPOGRAPHIE
100 B. rue Hannon
69004 Lyon
Tel. (7) 830.80.50

12-89 14.87	61 BEEP	127 SF 13	193 GTO 12	391 8	457 -	523 FS? 87	589 XEQ 93	655 FS? 87
61*LBL 00	62 GTO -P-	128 GTO -S-	194*LBL 93	392 ST0 IND 64	458 RCL 46	524 SF 24	590 RCL 63	656 -
64 FS? 27	63*LBL 08	129*LBL 08	195 -CC-	393 GTO 13	459 RCL 12	525 FS?C 24	591 GTO -L-	657 RCL 13
65 -2.887	64 FS? 27	130 FC? 27	196 XEQ -9-	394*LBL 39	460 -	526 GTO 12	592*LBL -Z-	658 SF 25
66 GTO -B-	131 GTO 11	131 GTO 11	197*LBL 12	395 RCL IND 64	461 XEQ -/-	527 1	593 RCL 12	659 +
67*LBL 81	132*LBL -X-	132*LBL -X-	198 -TH-	396 GTO 11	462 ST0 58	528 FS? 82	668 ST0 13	
68 FC? 27	133 XEQ -C-	133 XEQ -C-	199 FS? 13	397 X=8?	463 RCL 17	529 CHS	661 -8-	
63 STGN	134 10.044084	134 10.044084	200 GTO -8-	398 GTO 11	464 ST0 51	530 HSH	594 FS? 12	
64 X=8?	69 GTO +-	69 GTO +-	201 FC? 85	400 X=8?	465 RCL 18	531 XEQ -?-	595 RCL 06	
65 GTO 11	70*LBL -J-	70*LBL -J-	202 GTO 13	481 GTO 12	466 RCL 12	532 ST0 83	596 RCL 86	
66 RCL 58	71 XEQ -C-	71 XEQ -C-	203 SF 25	482 RCL 64	467 -	533 FS? 85	663 RSTO 13	
67 STDFLAG	72 10.832884	72 10.832884	204 -E-	483 INT	468 RCL 19	534 STN	664 FC? 25	
68*LBL 11	73 REMOVE	73 REMOVE	205 SWPR	484 BEEP	470 -	535 RCL 19	666 RCL 11	
69 8	74 GTO 14	74 GTO 14	206 FC? 25	485 ST0P	471 XEQ -/-	536*LBL 12	667*LBL -8-	
70 FC? 88	75*LBL 82	75*LBL 82	207 XEQ 36	486 ST0 17	472 SF? 28	537 RCL 84	668 -14-	
71 GTO -Y-	76 FC? 27	76 FC? 27	208*LBL 13	487 X=8?	473 RTH	538 X=8?	669 RCL 61	
72 ST0 82	78*LBL -2-	78*LBL -2-	209 FC? 83	488 GTO 39	474 RCL 63	539 GTO 32	670 X=8?	
73 ST0 83	79 XEQ -C-	79 XEQ -C-	210 RCLF	489 GTO 13	475 ST0 1	540 1 E-4	671 -88-	
74 ST0 84	80 10.836684	80 10.836684	211 ST0 58	410*LBL -R-	476 RCL 58	542 ST0 84	672*LBL -9-	
75 ST0 85	81 REMOVE	81 REMOVE	212 ST0 58	411 LNSTX	477 RCL 51	543*LBL 32	673 RSTO X	
76 ST0 86	82 GTO 14	82 GTO 14	213 RCL 81	412 XTOR	478 RCL 15	545 RCL 83	674 GETP	
77 ST0 87	83*LBL 12	83*LBL 12	214 OBS	413 GTO 13	479 RCL 15	546 *	675 GTO IND X	
78 FC? 81	84 SF 16	84 SF 16	215 ST0 16	414*LBL 12	480 PRBUF	547 RCL 84	676 1	
79 ST0 88	85 VIEH X	85 VIEH X	216 CF 86	415 FC? 13	481 VIEH L	548 *	677 END	
80 FC? 81	86 GTO -P-	86 GTO -P-	218 CF 87	359 FS? 42	482 VIEH T	549 RCL 85		
81 ST0 89	87*LBL 83	87*LBL 83	219 CF 89	351 400	483 VIEH Z	550 *		
82 GTO 14	88 FS? 27	88 FS? 27	220 CF 18	352 MOD	484 VIEH Y	551 RCL 86		
83*LBL 12	89 GTO -3-	89 GTO -3-	221 CLR	353 RTH	485 VIEH X	552 *		
84 SF 16	90 WDX	90 WDX	222 XEQ 13	354*LBL -*-	486 GTO -P-	553 X=8?		
85 GTO 14	91 GTO 14	91 GTO 14	223 FC? 89	355 XEQ 13	487*LBL -k-	554 *		
86 FC? 49	92*LBL -3-	92*LBL -3-	224 GTO 11	356 3+	488 FS? 85	555 2.886		
87 ST0 11	93 XEQ -C-	93 XEQ -C-	225 XEQ 13	357 GTO 14	489 GTO 13	556 XEQ -B-		
88*LBL -P-	94 10.849884	94 10.849884	226 BS? 62	358*LBL -*-	490 RCL 86	557 GTO 32		
89 BEEP	95 REMOVE	95 REMOVE	227 GTO -9-	359 XEQ 13	491 X=8?	558*LBL -L-		
90 CF 27	96 GTO 14	96 GTO 14	228*LBL 11	360 X-	492 XEQ 11	559 ST0 63		
91 CF 28	97*LBL 84	97*LBL 84	229 ST0 61	361*LBL 44	493 RCL 87	560 1 E-4		
92 ST0P	98 FS? 27	98 FS? 27	230 CF 17	362*LBL 44	494 X=8?	561 XCY		
93*LBL 05	99 GTO -4-	99 GTO -4-	231 X=8?	363 FS? 28	495 GTO 12	562 OBS		
94 RCL 01	100 PRGCK	100 PRGCK	232 SF 17	364 RTH	496 GTO 13	563 XCY?		
95 FS? 49	101 GTO -Y-	101 GTO -Y-	233 XEQ 18	365*LBL 13	497*LBL 11	564 8		
96 GTO 11	102*LBL -4-	102*LBL -4-	234 4	366*LBL 13	498*LBL 11	565 ST0 64		
97 GTO 11	103 XEQ -C-	103 XEQ -C-	235 4	367 RCL 65	499 ST0 86	566 RCL 38		
98 1 E5	104 RCL 11	104 RCL 11	236 RCL 61	368 X=8?	500 RTH	567 FC? 87		
99 MOD	105 ST0 18	105 ST0 18	237 X=8?	369 3REG 65	501*LBL 12	568 RCL 31		
100 RCL 55	106 RCL 12	106 RCL 12	238 SF 17	370 RCL 12	502 1 E-9	569 RCL 64		
101 E2	107 ST0 19	107 ST0 19	239 X=8?	371 RCL 11	503 ST0 63	570 *		
102 MOD	108*LBL 14	108*LBL 14	240 SF 87	372 RTH	504*LBL 13	571 RCL 29		
103 1 E5	109 GTO 44	109 GTO 44	241 FC? 17	373*LBL -8-	505 FC? 87	572 *		
104 *	110*LBL 86	110*LBL 86	242 GTO -U-	374 CLR	506 GTO 11	573 FC? 87		
105 ST0 81	111 FC? 27	111 FC? 27	243 RCL 81	375 SIGN	507 ST0 12	574 GTO 13		
106 FC? 86	112 GTO -*-	112 GTO -*-	244 INT	376 X=8?	508 X=8?	575 RCL 28		
107 GTO 79	113*LBL -6-	113*LBL -6-	245 18	377 GTO 11	509 GTO 12	576 +		
108 GTO 79	114 XEQ -C-	114 XEQ -C-	246 MOD	378 LNSTX	510 1 E-9	577*LBL 13		
109 7	115 REMOVE	115 REMOVE	247 MOD	379 XTOR	511 FS? 17	578 ST0 11		
110 9	116 RECSHAP	116 RECSHAP	248 GTO -U-	380 GTO -Y-	512 RCL 49	579 ST0 12		
111 ERDUM	117 GTO 14	117 GTO 14	249 XEQ -0-	381*LBL 11	513 ST0 85	580 RCL 64		
112 TONE 5	118*LBL 87	118*LBL 87	250*LBL 19	382 CF 12	514 GTO 15	581 -		
113 XCY?	119 FC? 27	119 FC? 27	251 SF 13	383 LNSTX	515*LBL 11	582 OBS		
114 GTO 79	120 GTO 13	120 GTO 13	252 FC? 83	384 X=8?	516 RCL 83	583 1		
115 *FIN-	121*LBL -7-	121*LBL -7-	253 GTO -0-	385 SF 12	517 X=8?	584 XCY?		
116 RSTO X	122 XEQ -C-	122 XEQ -C-	254 SF 00	386 OBS	518 GTO 12	585 RTH		
117 GTO -P-	123 36.832884	123 36.832884	255 CF 81	387 ST0 64	519 FS? 88	586 BEEP		
118 STDFLAG	124 RECSHAP	124 RECSHAP	256 1	388*LBL 13	520 SF 24	587 BEEP		
119 ST0 14	125 GTO 14	125 GTO 14	257 RCL 61	389 FC? 12	521 FS? 81	588 SF 84		
120 VIEH	126*LBL 13	126*LBL 13	258 X=8?	390 GTO 39	522 SF 24			

DIP.
REGS
51
51
34
16
1
65
49
191
58
71

NAME
H
CC
ST
KE
KEYASH
ENOUR
T
14
E

TYPE
PR
PR
PR
ST
ST
PR
PR
PR
PR
DA

BYTES
1334
353

CRT 6
CRT 4

125-00000000

Analyse mathématique des possibilités cartographiques du système SPOT_____

Résumé de la thèse de docteur-ingénieur présentée à l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques par M. Thierry TOUTIN, ingénieur ETP, MSc

1. Introduction

La conception générale du système SPOT fut élaborée par le CNES pour satisfaire de nombreux utilisateurs à l'aide des technologies spatiales existantes. Les missions du système touchent à l'étude de l'utilisation du sol et de l'évolution de l'environnement, à la prospection des ressources naturelles renouvelables, minérales et énergétiques. Un compromis dû être fait, en fonction de ces différents utilisateurs, pour définir les caractéristiques générales du satellite - cf. **figure 2.1**. Ainsi dans le domaine cartographique, il était utile de connaître la précision que l'on pouvait attendre des images SPOT. Le but de cette recherche a donc été de savoir dans quelle mesure SPOT est un outil adapté à la cartographie.

Utilisant certaines lois de la mécanique céleste qui régissent la trajectoire d'un satellite et sa position sur celle-ci, nous développons des modèles mathématiques distincts dans les cas :

- d'une image
- d'images juxtaposées formant un segment.

2. Traitement par scène

2.1. Principe du traitement

L'utilisation des paramètres internes de la géométrie des capteurs HRV (haute résolution visible), dont les caractéristiques sont données dans la **figure 2.1**, est insuffisante pour la rectification de haute précision. Les gyroscopes ne donnent que des mesures de vitesse de la dérive d'attitude avec une précision de 10^{-5} degrés par seconde. Par contre l'attitude, elle, reste inconnue.

Il est donc nécessaire d'utiliser des paramètres externes tels que des points d'appui, mais aussi les paramètres d'orbite que l'on détermine par modélisation en connaissant une orbite approchée.

Ainsi on doit considérer que les capteurs HRV ne constituent pas à eux seuls les instruments de prise de vues : c'est l'ensemble du capteur et de l'orbite qui constituent cet instrument. Le passage du système instrumental à un système de projection final s'obtient par une série de transformations — cf. **références 2 et 3** — qui aboutissent à deux

équations liant les coordonnées terrain aux coordonnées ligne et colonne de l'image brute. Le centre de scène M_0 est pris comme point de référence.

Cette loi de passage permet de connaître facilement et mathématiquement le nombre d'inconnues décorréélées et la précision finale. La connaissance d'un certain nombre de points d'appui permet le calcul de ces inconnues grâce à la méthode de résolution par moindres carrés.

2.2. Modélisation

2.2.1. Système de projection final

Modéliser revient à trouver un système de relations mathématiques entre les coordonnées image et les coordonnées terrain d'un point. Il apparaît naturel qu'un système de référence lié à un plan tangent à l'ellipsoïde donnera des relations plus simples que l'utilisation des coordonnées géographiques λ et φ .

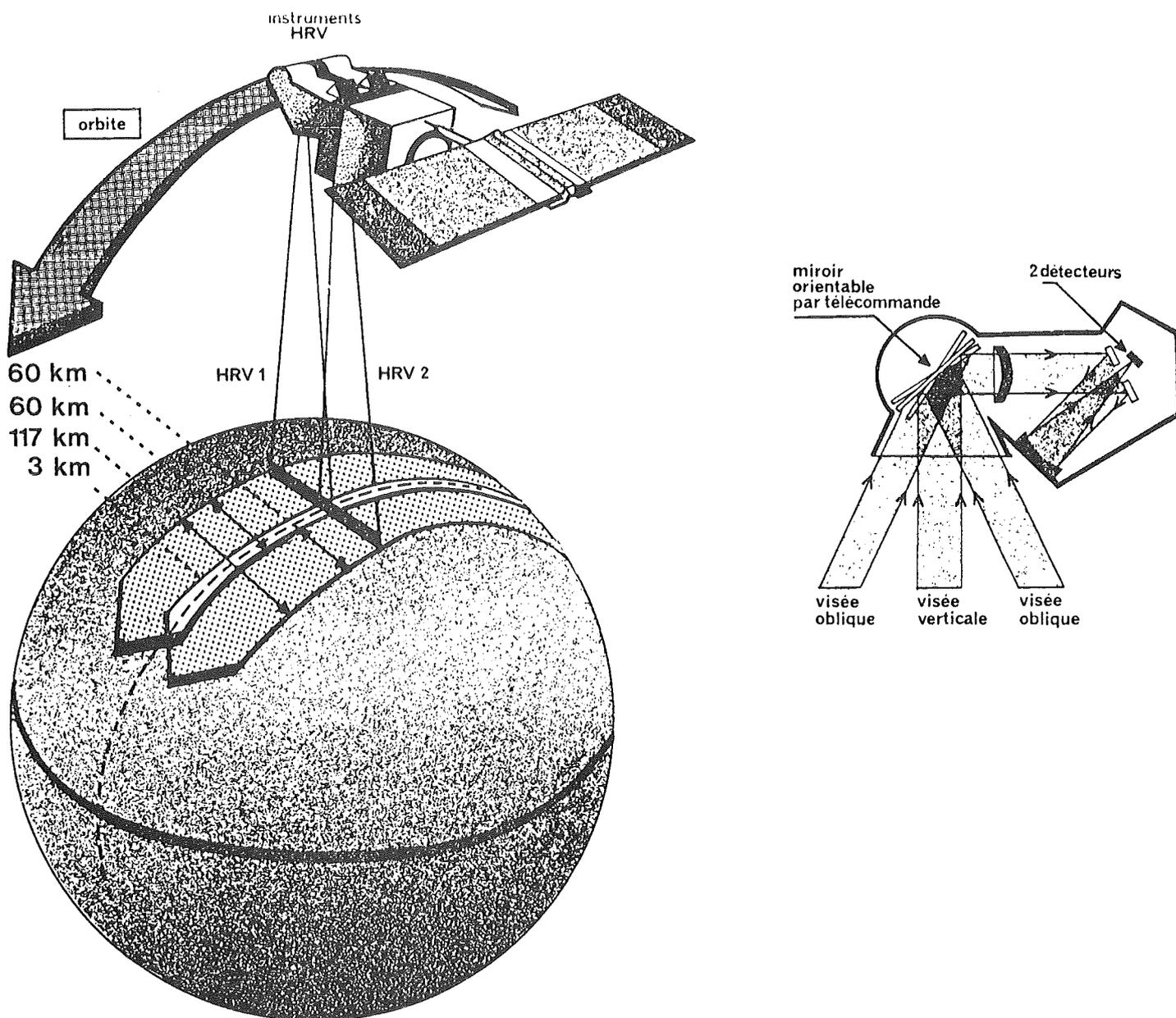
Ainsi le système de projection final utilisé pour une scène peut être caractérisé par les éléments ci-après :

- la projection est conforme, centrée sur M_0 centre de la scène et d'échelle un en M_0 ,
- l'axe $M_0 x_p$ est tangent en M_0 à la trace du balayage à l'instant $t = 0$, projeté sur le plan tangent à l'ellipsoïde en M_0 . Cette projection de l'intersection ne diffère d'une droite que de deux mètres aux extrémités - cet écart provient du tangage systématique de $0,923 \cdot 10^{-2}$ radians résultant des impératifs de construction des barrettes HRV,
- l'axe $M_0 y_p$ est perpendiculaire à $M_0 x_p$ dans le sens de l'orbite croissante.

Dans la dimension d'une scène — $60 \text{ km} \times 60 \text{ km}$ —, toutes les projections ainsi définies ne diffèrent entre elles que de très peu ; l'échelle moyenne est égale à un dans toute la scène à un terme négligeable près.

2.2.2. Analyse des transformations

L'analyse complète des transformations avec son développement mathématique, peut être trouvée dans les **références 2 et 3**. Donnons simplement l'explication des passages entre les repères successifs.



Caractéristiques de l'instrument HRV	Mode multibande	Mode panchromatique
Bandes spectrales	0,50-0,59 μm 0,61-0,68 μm 0,79-0,89 μm	0,51-0,73 μm
Champ de l'instrument	4,13 degrés	4,13 degrés
Dimension du pixel en visée verticale	20 m X 20 m	10 m X 10 m
Nombre de pixels sur une ligne	3 000	6 000
Longueur d'une ligne balayée au sol, en visée verticale	60 km	60 km
Codage du pixel	3 X 8 bits	6 bits DPCM (1)
Débit d'information	25 M bits/sec.	25 M bits/sec.

(1) DPCM est un mode de compression de données qui permet de conserver 256 niveaux de gris.

Fig. 2.1. : (d'après le CNES). Caractéristiques de l'instrument HRV et couverture complète du globe en visée verticale.

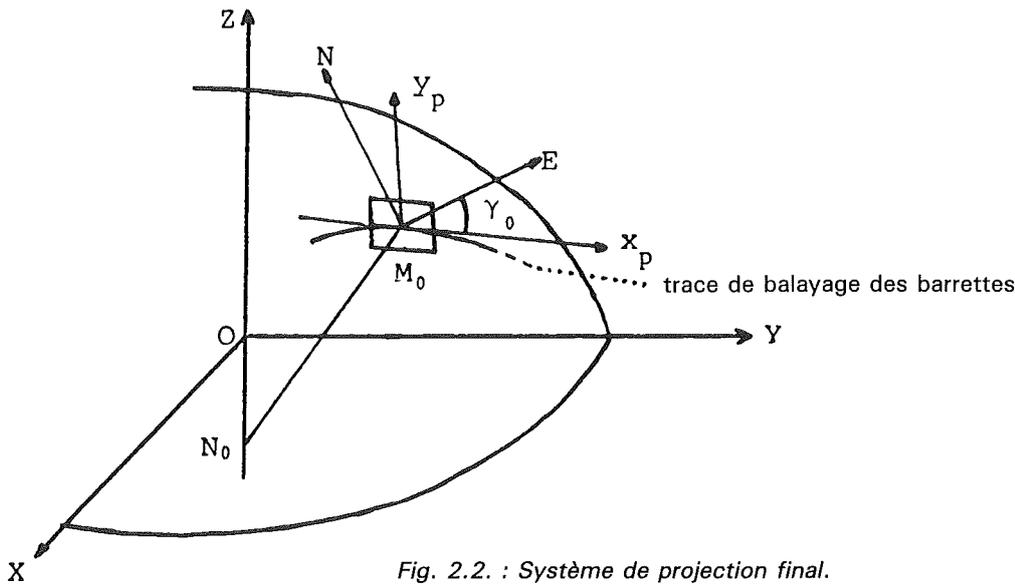


Fig. 2.2. : Système de projection final.

1/ Passage du repère instrumental au repère orbital par une rotation R_1 intégrant le tangage et le lacet. Le roulis sera pris en compte avec l'angle de débattement du miroir.

2/ Translation - $\rho = \overline{SO}$ pour arriver à un repère parallèle centré sur O centre de la terre.

3/ Passage du précédent repère correspondant à l'instant t, à un repère correspondant à l'instant $t = 0$ par une rotation B^{-1} matrice développée en fonction du temps.

4/ Passage de ce précédent repère à un repère où l'axe Oz passe par le point central M_0 de la scène par deux rotations m_0 et s_0 d'où la matrice M.

5/ Translation $r = \overline{OM_0}$ pour centrer le nouveau système en M_0 .

6/ Echange des axes x, y, en - y, + x afin d'obtenir des axes dans le sens conventionnel - matrice K - :

$$x_i = 0 \quad (2.1)$$

$$y_i + \text{tg}\beta z_i = 0 \quad (2.2)$$

$$\text{avec : } \beta = \beta_0 - \text{Arctg} \alpha q + \Delta R \quad \alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$$

La substitution de $[x_i]$, obtenue par le développement des neuf transformations du § 2.2.2., dans les équations (2.1.) et (2.2.) aboutit alors, après cal-

culs, aux deux équations suivantes : - cf. référence 3, § 3.3.

$$P_1 p - y_p (1 + \delta\gamma X) - \tau H + H_0 \Delta T^* = 0 \quad (2.3)$$

$$X + \theta H + \alpha q (Q + \theta X - H) - Q \Delta R = 0 \quad (2.4)$$

$$\text{avec : } X = (x_p - a y_p) \left(1 + \frac{h}{N_0}\right) + b y_p^2 + c x_p y_p$$

$$H = h - \frac{x_p^2}{2N_0} \quad H_0 = \rho_0 - r \cos s_0 \cos m_0$$

$$T^* = T - \text{tg}\beta L$$

x = sens de balayage

y = déplacement dans le temps

7/ Passage de ce précédent repère à un repère dans lequel l'axe des y est dans le plan du méridien par une rotation Γ^{-1}

8/ Passage du précédent repère à un repère dans lequel le plan Moxy est tangent à l'ellipsoïde, donc perpendiculaire à la normale, par une rotation Δ^{-1} .

9/ Passage du précédent repère à un repère dans lequel l'axe des x serait tangent à la trace du balayage au temps $t = 0$ (altitude terrestre 0) par une rotation I_0^{-1} .

2.2.3. Equations de visée

Dans le repère (S, x_i, y_i, z_i) , les équations de visée sont très simples ; en tenant compte que les capteurs HRV sont inclinés d'un angle de débattement β dans le plan perpendiculaire au déplacement, c'est-à-dire dans le plan (S, y_i, z_i) , ces équations s'écrivent :

Ces équations constituent les équations de passage du système instrumental ligne-colonne (p, q) au système de projection final (x_p, y_p, h). Elles ne dépendent que de huit paramètres visibles :

$$P, \delta\gamma, \tau, a, b, c, \theta, Q$$

auxquels il faut ajouter trois inconnues "invisibles" : deux translations x_o, y_o et une rotation γ_o dans le plan.

- x_o et y_o sont les coordonnées du centre de projection M_o dans un système connu, que l'on prend évidemment le plus proche possible de M_o.

- γ_o = γ + Δγ est l'orientation du système (x_p, y_p) par rapport à un système dirigé vers le nord.

On a ainsi :

$$x_p = (x-x_o) \cos \gamma_o - (y-y_o) \sin \gamma_o \quad (2.5)$$

$$y_p = (x-x_o) \sin \gamma_o + (y-y_o) \cos \gamma_o$$

On se rend bien compte que :

- les inconnues des deux équations (2.3) et (2.4) sont un mélange des différentes variables — leurs expressions littérales peuvent être trouvées dans la **référence 3** —,

- la connaissance des paramètres et/ou du centre de scène ne suffit pas à la détermination de ces inconnues.

Ces différentes variables sont :

- les paramètres de l'orbite (éléments osculateurs),
- les paramètres de la visée (β_o, R, T, L, m_o, s_o),
- la position géographique de la scène (λ_o, θ_o, r).

Certains de ces coefficients sont suffisamment bien déterminés, alors que d'autres le sont en fonction de la connaissance de l'orbite. On peut consi-

dérer que sur les onze inconnues, huit sont à déterminer de façon plus précise : quatre points d'appui en (x, y, h) seraient donc suffisants pour la résolution.

2.2.4. Equations complémentaires

D'une manière générale on a tout intérêt à conserver toutes les inconnues et à résoudre par moindres carrés le système en entier. Pour un certain nombre d'inconnues, on pourra intégrer au système de résolution des équations complémentaires. Ces dernières sont pondérées en fonction de la précision de l'estimation initiale : pour une inconnue "u" on a l'équation complémentaire :

$$\text{pois } x \Delta u = 0 \quad (2.6)$$

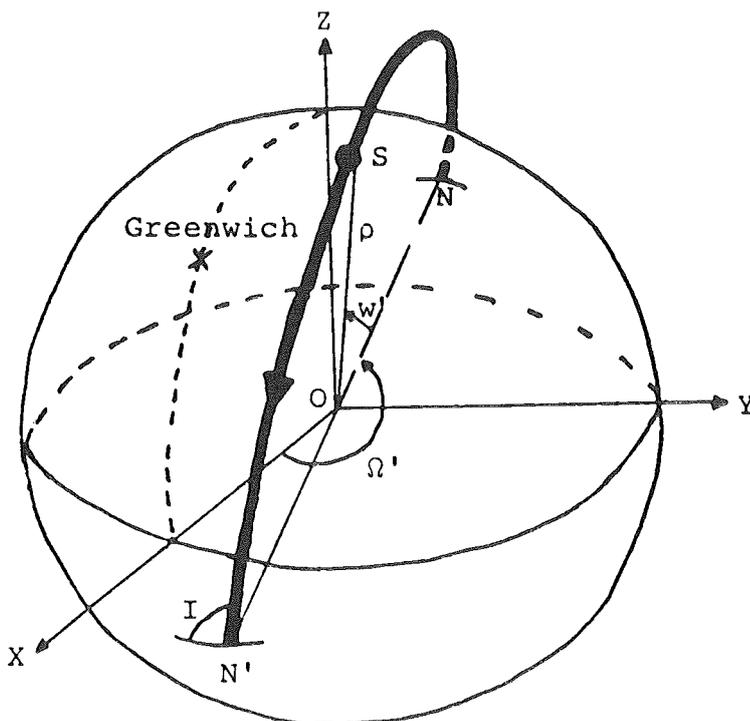
Remarque : Le poids d'une équation d'observation dépend aussi de l'erreur de pointé ε_p, qui est elle-même fonction :

- des limites de l'attitude et de ses variations eu égard aux spécifications du satellite,
- de la valeur géodésique des points,
- de la précision du pointé.

3. Traitement par segment

3.1. Principe du traitement

Après le traitement d'une scène il est apparu normal de savoir dans quelles conditions on pourrait associer plusieurs images pour un traitement simultané. La première question était de voir dans quel sens ces images pourraient s'assembler. Il est apparu naturel, comme en photogrammétrie où l'on crée une bande de photographies dans le sens de vol de l'avion, de créer un segment avec des scènes provenant de la même orbite, ayant donc une "géométrie allongée" dans le sens nord-sud. Sens le plus logique puisque c'est celui de la trace du satellite. Cela ne fera donc intervenir qu'une seule



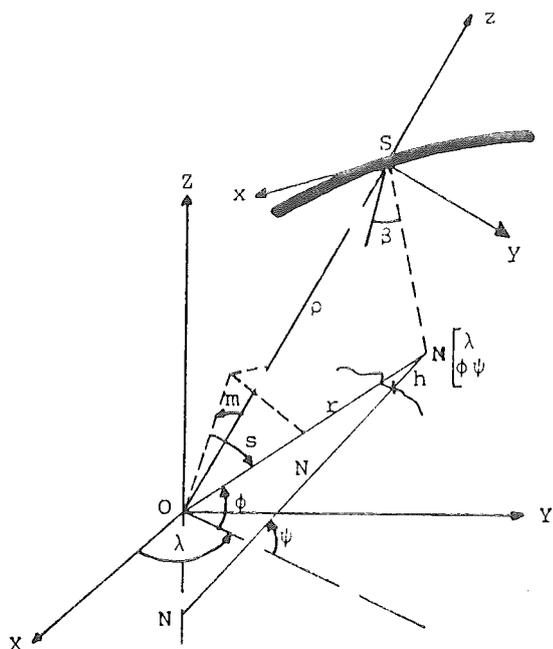
Paramètres d'orbite

$$\begin{aligned} \rho &= \overline{OS} \\ w' &= (\overline{ON}, \overline{OS}) \\ \Omega' &= (\overline{OX}, \overline{ON}) \\ &= \Omega + vt \\ I &= \text{inclinaison} \\ e &\Rightarrow \begin{cases} \eta_x = e \cos(w-w) \\ \eta_y = e \sin(w-w) \end{cases} \end{aligned}$$

Pour SPOT l'inclinaison moyenne est :

$$I_n = 98,717$$

Figure 3.1. Orbite descendante.



$$\operatorname{tg} \psi = \left[1 - \frac{e^2}{1 + \frac{h}{a}} \right] \operatorname{tg} \phi$$

$$r^2 = (N+h)^2 \cos^2 \phi + (N(1-e^2)+h)^2 \sin^2 \phi$$

$$\frac{r \sin m \cdot \cos s}{\rho - r \cos s \cdot \cos m} = (\operatorname{tg} T - \operatorname{tg} \beta \frac{\sin L}{\cos T}) \cos L$$

$$\frac{r \sin s}{\rho - r \cos s \cdot \cos m} = \frac{\cos L}{\cos T} \operatorname{tg} \beta + \sin L \operatorname{tg} T$$

$$w' = w - m$$

Figure 3.2. Définition de m et s : rotation pour passer de OS à OM .

orbite — où plutôt une partie d'orbite —, et ainsi qu'une seule série de paramètres d'orbite et d'attitude.

Ainsi donc le segment, formé en général d'une dizaine d'images, aura une dimension de 600 km sur 60 km. Il forme l'unité de base dans les raisonnements et les calculs ; le découpage par scène ne devient alors qu'arbitraire. Différemment au traitement par scène dans lequel on calcule des variations dans le temps par rapport à un point de référence le centre de scène, ici aucune scène, aucun point n'ont de rôle privilégié dans les raisonnements et leurs aboutissements mathématiques : on introduira plutôt dans les calculs des écarts entre la valeur vraie inconnue et la valeur calculée des coordonnées géographiques ou des paramètres d'orbite

en chaque point. Le centre de segment n'intervient que pour l'initialisation de certains paramètres - exemples : l, r, w, β - mais un autre "centre" décalé d'une scène vers le nord ou le sud aurait abouti aux mêmes résultats sur l'ensemble du segment. Les différences minimales du départ seront compensées par la linéarisation du modèle mathématique et par les itérations du procédé de calcul.

3.2. Modèle mathématique

3.2.1. Equations de modélisation

En premier lieu il importe de trouver des relations qui lient les coordonnées géographiques λ_G et φ (ou ψ) de chaque point aux paramètres osculateurs pour une position S du satellite.

$$\begin{aligned} \cos \psi \Delta \lambda_G &= \cos \psi \Delta \Omega' - \sin \psi \cos(\lambda_G - \Omega') \Delta I + \cos \gamma \Delta s - \sin \gamma \cos s \Delta w \\ \Delta \psi &= \quad \quad \quad + \quad \quad \quad \sin(\lambda_G - \Omega') \Delta I - \sin \gamma \Delta s - \cos \gamma \cos s \Delta w \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\text{avec : } \sin \gamma = \frac{\sin I \sin s \sin w - \cos I \cos s}{\cos \psi} \quad (3.2)$$

$$\cos \gamma = - \frac{\sin I \cos w}{\cos \psi}$$

Le système d'équations (3.5) constitué donc les équations de modélisation pour chaque point d'appui : λ_G, φ , ou ψ .

Les variations $\Delta \lambda_G, \Delta \psi, \Delta \Omega', \Delta I, \Delta s, \Delta w$ ne sont pas des variations fonction du temps, mais des écarts valeur vraie - valeur calculée en chaque point d'appui.

Pour les inconnues $\Delta \Omega', \Delta I, \Delta s, \Delta w$, les écarts seront calculés et cumulés au cours des itérations à partir d'une valeur initiale de l'inconnue pour tendre vers la valeur vraie.

Quant à $\Delta \lambda_G$ et $\Delta \psi$, on définit pour chaque point d'appui λ_G, φ et h , qui sont les valeurs vraies :

$$N = \frac{a_T}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}}$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{N(1 - e^2) + h}{N + h} \operatorname{tg} \phi \quad (3.3)$$

$$r = \sqrt{(N+h)^2 \cos^2 \phi + (N(1 - e^2) + h)^2 \sin^2 \phi}$$

et les valeurs calculées sont données par les formules :

$$\lambda_c = \Omega' + \text{Arctg} \left(\frac{\cos I \cdot \sin w - \sin I \cdot \text{tg} s}{\cos w} \right) \quad (3.4)$$

$$\psi_c = \text{Arc sin}(\sin I \cos s \cdot \sin w + \cos I \cdot \sin s)$$

ce qui donne pour les équations d'observations :

$$\begin{aligned} d\lambda_g &= \lambda_g - \lambda_c \\ d\psi &= \psi - \psi_c \end{aligned} \quad (3.5)$$

3.2.2. Lois d'évolution

Pour pouvoir estimer les valeurs initiales des paramètres osculateurs en chaque point du segment,

$$\rho = \rho_0 + \delta_1 \rho t + \delta_2 \rho t^2 + \delta_3 \rho t^3 \quad (3.6)$$

$$I = I_0 + \delta_1 I t + \delta_2 I t^2$$

$$\Omega' = \Omega'_0 + \delta_1 \Omega' t + \delta_2 \Omega' t^2 \quad \text{avec : } \Omega' = \Omega - H_s \quad H_s = \text{heure sidérale}$$

$$\begin{aligned} w &= w_0 + \delta_1 w t + \delta_2 w t^2 + \delta_3 w t^3 + w_q \frac{\alpha q}{1 + \theta \alpha q} \\ &+ w_h \left[h - \frac{Q^2 \alpha^2 q^2}{2r} \right] + w_{tq} \text{tg} \alpha q + \frac{H_0}{r_0} \text{ (mesure } (T - \text{tg} \beta_0 L)) \end{aligned}$$

$$\beta = \beta_0 + \delta_1 \beta t - \text{Arctg}(\alpha q) + \text{mesure} (R)$$

$$s = \text{Arcsin} \left[\frac{\rho}{r} \frac{\sin \beta'}{\cos m_0} \right] - \beta' \quad \text{avec : } \beta' = \text{Arctg} \left[\frac{\text{tg} \beta \cos m_n}{\cos T_n} \right]$$

$$\text{avec : } H_0 = \rho_0 - r_0 \cos s_0 \cos m_0$$

$$\theta = \text{tg}(\beta_0 + s_0) = \text{tg} \omega$$

$$Q = H_0 / \cos \beta_0 \cos \omega$$

H_0 peut être considéré comme la "hauteur du satellite" au-dessus du plan tangent en M_0 , et Q le facteur d'échelle moyen car $Q \alpha q \neq x$.

Le temps t est lié à la coordonnée ligne par la relation :

$$t = k.p. \text{ avec pour le panchromatique } k = 1,504 \cdot 10^{-3}$$

2/ Les onze inconnues qui se répartissent de la façon suivante :

• neuf inconnues "visibles" dans les lois d'évolution :

$$\rho_0, \delta_1 \rho, \Omega'_0$$

$$w_0, w_q, w_h, w_{tq}$$

$$\beta_0, \delta_1 \beta$$

• deux inconnues "invisibles" intervenant dans les autres coefficients :

$$\omega, n$$

il est intéressant de connaître l'évolution de ces paramètres le long du segment. Ces paramètres sont de deux ordres :

- relatif à l'orbite : ρ, I, Ω' ,
- relatif au satellite : w, β, T, R, L, s, m .

Le modèle choisi est une loi d'évolution pour six paramètres indépendants — $\rho, I, \Omega', w, \beta, s$ — développée suivant les trois axes x, y, z , ou ce qui revient au même α, q, t et h .

Pour s et m , angles de rotation pour passer du repère satellite au repère centré en O et dont l'axe Oz passe par M (cf. figure 3.2), le développement exact est complexe et fait intervenir des termes d'ordre trois et des termes croisés.

1/ Les lois d'évolution

Les autres coefficients traités comme des paramètres dont on connaît une formule mathématique donc une valeur numérique pour chaque segment :

$$\begin{aligned} &\delta_2 \rho, \delta_3 \rho \\ &\delta_1 I, \delta_2 I \\ &\delta_1 \Omega', \delta_2 \Omega \\ &\delta_1 w, \delta_2 w, \delta_3 w, (\eta_x) \end{aligned}$$

3.2.3. Equations d'observation

La dernière étape est la différenciation des lois d'évolution en fonction des onze inconnues.

Les "écarts" $\Delta I, \Delta \Omega', \Delta w, \Delta s$ remplacés dans les deux équations (3.1), donnent finalement les deux équations d'observation finales liant toutes les inconnues entre elles :

1/ L'équation en l

$$\begin{aligned}
 & s_{\beta} \cos \gamma (\Delta \beta_0 + \Delta \delta_1 \beta t) + (-\sin \gamma \cos \alpha + s_{\rho} \rho_0 \cos \gamma n t) \Delta n t \\
 & - \sin \gamma \cos \alpha \left[\Delta w_0 + \frac{\alpha q}{1 + \theta \alpha q} \Delta w_q + \left(h - \frac{Q^2 \alpha^2 q^2}{2r} \right) \Delta w_h + t \alpha q \Delta w_{tq} \right] \\
 & + s_{\rho} \cos \gamma \left(1 + \frac{3}{2} n^2 t^2 \right) \Delta \rho_0 + \left[\frac{s_{\rho} \cos \gamma}{n} \sin n t + \frac{n \sin \gamma \cos \alpha}{\rho_0} t^2 \right] \Delta \delta_{1\rho} \\
 & + t (n t \cos \gamma + \sin \alpha \sin \gamma) \Delta \omega_1 + \cos \psi \Delta \Omega'_0 = (\lambda_G - \lambda_C) \cos \psi \quad (3.7)
 \end{aligned}$$

2/ L'équation en ϕ

$$\begin{aligned}
 & - s_{\beta} \sin \gamma (\Delta \beta_0 + \Delta \delta_1 \beta t) - (\cos \gamma \cos \alpha + s_{\rho} \rho_0 \sin \gamma n t) \Delta n t \\
 & - \cos \gamma \cos \alpha \left[\Delta w_0 + \frac{\alpha q}{1 + \theta \alpha q} \Delta w_q + \left(h - \frac{Q^2 \alpha^2 q^2}{2r} \right) \Delta w_h + t \alpha q \Delta w_{tq} \right] \\
 & - s_{\rho} \sin \gamma \left(1 + \frac{3}{2} n^2 t^2 \right) \Delta \rho_0 + \left[\frac{s_{\rho} \sin \gamma}{n} \sin n t + \frac{n \cos \gamma \cos \alpha}{\rho_0} t^2 \right] \Delta \delta_{1\rho} \\
 & + t (-n t \sin \gamma + \sin \alpha \cos \gamma) \Delta \omega_1 = \psi - \psi_C \quad (3.8)
 \end{aligned}$$

On remarque que l'on peut obtenir l'équation (3.8) à partir de l'équation (3.7) en remplaçant γ par $\gamma + \pi/2$.

3.3. Equations complémentaires

Un satellite n'est pas un OVNI. Il est régi par des règles physiques, qui se traduisent par des relations mathématiques entre différents paramètres. Au contraire de la ligne de vol d'un avion, le satellite reste sur son orbite définie à l'avance. On peut la considérer comme "plus ou moins" rigide : ce "plus ou moins" est fonction des variations tolérées des paramètres d'orbite et d'attitude du satellite. Cette rigidité d'orbite est un facteur supplémentaire très important qui n'existait pas dans le domaine de la photogrammétrie conventionnelle. Ne pas en tenir compte reviendrait à utiliser un outil performant sans se servir de toutes ses qualités : une régression en quelque sorte. C'est pour cela qu'on utilise les variations des éléments osculateurs obéissant rigoureusement aux équations de Lagrange.

Bloquant ainsi certains paramètres dans des intervalles déterminés, on empêche les équations d'observation de diverger. Dans le cas de géodésie peu précise ou des points d'appui mal définis, la rigidité de l'orbite aura un rôle prépondérant dans le calcul des inconnues par rapport aux équations d'observation, évitant ainsi de "tordre" l'orbite pour la faire coller aux points d'appui.

Ces équations d'observation sont donc pondérées en fonction de la connaissance du paramètre considéré dans l'équation, et de l'erreur de pointé ϵ_p - cf. § 2.2.4.

4. Traitement stéréoscopique

4.1. Principe du traitement

Comme en photogrammétrie, il paraissait naturel de se poser la question du traitement de plusieurs ima-

ges SPOT. Un premier cas a été traité dans le paragraphe précédent : celui de plusieurs scènes juxtaposées dans la direction nord-sud et provenant de la même orbite.

Le deuxième cas qui vient à l'esprit, puisque SPOT dispose d'un miroir orientable latéralement — perpendiculairement à la trace du satellite —, est celui de plusieurs scènes provenant d'orbites différentes et recouvrant une même partie de terrain. Ainsi, puisque le même élément est vu de deux points de vues différents, on introduit la notion de stéréoscopie donc de troisième dimension : l'altitude.

Il est bien évident, toujours grâce au miroir orientable par pas de $0^{\circ}6$, que le nombre d'orbites pouvant recouvrir la même partie du terrain peut être supérieur à deux. Dans ce cas, on procède au même traitement stéréoscopique en combinant les orbites deux à deux. Cela est un atout supplémentaire pour accroître la précision finale.

Comme dans ce cas de traitement stéréoscopique, il s'agit de traiter un segment de 600 km sur 60 km, les considérations faites pour le traitement par segment sont aussi valables, à savoir en résumé :

- l'unité de base est le segment,
- aucune scène, aucun point n'ont de rôle privilégié dans les raisonnements,
- les variations introduites dans les calculs sont des écarts "valeur vraie - valeur calculée" pour les coordonnées géographiques et pour les paramètres d'orbite, en chaque point.

4.2. Modèle mathématique

Par rapport au traitement par segment, rien n'est changé :

- ni les équations liant les coordonnées géographiques (λ_G , φ ou ψ , h) d'un point aux paramètres osculateurs (w , l , s) du satellite sur son orbite,

• ni les équations de modélisation (3.1) pour chaque point, obtenues par dérivation des équations.

Mais pour chaque orbite, il y a bien entendu ces deux ensembles d'équations ; car si les points au sol sont les mêmes, les paramètres osculateurs sont différents pour chaque orbite.

Puisque l'on a introduit la notion de stéréoscopie, il y a lieu de distinguer comme en photogrammétrie :

1/ Les équations pour les points d'appui dont on connaît les coordonnées géographiques.

On aura deux équations de modélisation par orbite. Si N est le nombre d'orbites utilisées, on a 2N équations par point d'appui.

Ces équations sont les mêmes que pour le traitement par segment - cf. **équations (3.1)**.

2/ Les équations pour les points homologues, pour lesquels on va calculer les coordonnées géographiques.

Pour obtenir ces équations, il suffit d'éliminer les coordonnées géographiques λ_G et ψ inconnues, en faisant la différence des couples d'équations de modélisation (3.1) provenant de deux orbites différentes. On obtient ainsi deux nouvelles équations de modélisation pour une nouvelle inconnue h_i , et ce par couple d'orbites.

Remarque : Pour plus de simplicité, on peut prendre la première orbite en référence et calculer les couples 1-2, 1-3, ..., 1-N.

Nous obtenons le résultat suivant pour le couple d'orbite 1-j :

1/ Equation en λ

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i=j}}^j (-1)^i \left\{ s_{\beta_i} \cos \gamma_i (\Delta \beta_{0_i} + \Delta \delta_1 \beta_i t) + (-\sin \gamma_i \cos \sigma_i + s_{\rho_i} \rho_{0_i} \cos \gamma_i n_i t) \Delta n_i t \right. \\ \left. - \sin \gamma_i \cos \sigma_i \left[\Delta w_{0_i} + \frac{\alpha q_i}{1 + \theta_i \alpha q_i} \Delta w_{q_i} + \left(h_k - \frac{Q_i^2 \alpha^2 q_i^2}{2r} \right) \Delta w_{h_i} + t \alpha q \Delta w_{t q_i} \right] + \right. \\ \left. + s_{\rho_i} \cos \gamma_i \left(1 + \frac{3}{2} n_i^2 t^2 \right) \Delta \rho_{0_i} + \left[\frac{s_{\rho_i} \cos \gamma_i}{n_i} \sin n_i t + \frac{n_i \sin \gamma_i \cos \sigma_i}{\rho_{0_i}} t^2 \right] \Delta \delta_1 \rho_i \right. \\ \left. + t (n_i t \cos \gamma_i + \sin \sigma_i \sin \gamma_i) \Delta w_{1_i} - \left(\sin \gamma_i \cos \sigma_i w_{h_i} + \frac{\rho_i}{r} s_{\rho_i} \cos \gamma_i \right) \Delta h_k \right. \\ \left. + \cos \psi_c \Delta \Omega'_{0_i} \right\} = \cos \psi_c (\lambda_{c_j} - \lambda_{c_i}) \quad (4.1)$$

2/ Equation en ψ

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i=j}}^j (-1)^i \left\{ -s_{\beta_i} \sin \gamma_i (\Delta \beta_{0_i} + \Delta \delta_1 \beta_i t) - (\cos \gamma_i \cos \sigma_i + s_{\rho_i} \rho_{0_i} \sin \gamma_i n_i t) \Delta n_i t \right. \\ \left. - \cos \gamma_i \cos \sigma_i \left[\Delta w_{0_i} + \frac{\alpha q_i}{1 + \theta_i \alpha q_i} \Delta w_{q_i} - \left(h_k - \frac{Q_i^2 \alpha^2 q_i^2}{2r} \right) \Delta w_{h_i} + t \alpha q \Delta w_{t q_i} \right] \right. \\ \left. - s_{\rho_i} \sin \gamma_i \left(1 + \frac{3}{2} n_i^2 t^2 \right) \Delta \rho_{0_i} + \left[-\frac{s_{\rho_i} \sin \gamma_i}{n_i} \sin n_i t + \frac{n_i \cos \gamma_i \cos \sigma_i}{\rho_{0_i}} t^2 \right] \Delta \delta_1 \rho_i \right. \\ \left. + t (-n_i t \sin \gamma_i + \sin \sigma_i \cos \gamma_i) \Delta w_{1_i} - \left(\cos \gamma_i \cos \sigma_i w_{h_i} - \frac{\rho_i}{r} s_{\rho_i} \sin \gamma_i \right) \Delta h_k \right\} \\ = \psi_{c_j} - \psi_{c_i} \quad (4.2)$$

en prenant comme convention $(-1)^j = 1$.

On remarque que l'on peut obtenir l'équation (4.2) à partir de l'équation (4.1) en remplaçant γ_i par $\gamma_i + \frac{\pi}{2}$

4.3. Equations complémentaires

Le jeu d'équations complémentaires reste valable dans le traitement stéréoscopique. Comme il y a plusieurs orbites, mais avec les mêmes spécifications, il y aura autant de jeux d'équations complémentaires que d'orbites. Les valeurs nominales changent, mais les poids restent les mêmes puisqu'ils ne sont pas fonction de l'orbite proprement dite mais des variations des différents paramètres osculateurs et d'attitude.

4.4. Analyse des résultats

Donnons des exemples sur un segment de dix scènes dans des cas qui se rapprochent de la réalité :

- une dizaine de points d'appui par segment
- une dizaine de points homologues par scène
- une précision de points d'appui tenant compte de la valeur géodésique des points, et des erreurs intervenant dans les procédés de mesure.

Remarque : Dans les trois tests, les résultats sont présentés scène par scène.

1^{er} test : 11 points d'appui répartis le long du segment — 600 km × 60 km —,
de précision planimétrique : 5 m
et altimétrique : 2 m

Cas attitude
mesurée

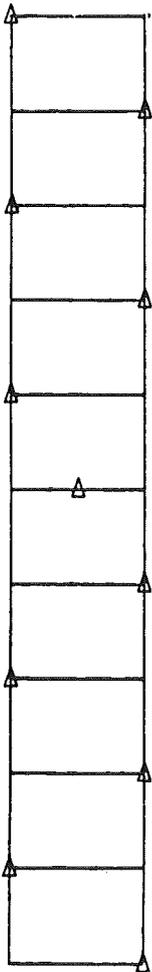
Cas sans
attitude

1/ Erreur en mètre sur le centre de scène
(erreur absolue)

x	y	z	x	y	z
6,6	3,1	-1,9	-12,0	-3,0	1,6
-6,3	2,1	0,2	-8,3	4,1	1,3
-3,2	0,8	2,6	-4,0	1,7	3,2
1,0	0,9	3,3	1,8	3,8	3,1
-2,0	1,3	1,8	2,0	7,1	0,5
-3,1	1,9	-1,1	3,8	11,1	-3,1
-3,7	0,2	2,2	-0,6	11,1	-0,2
-3,2	-1,7	2,7	-4,5	-5,6	2,0
-3,2	-2,0	2,3	-2,7	-1,9	1,0
-6,7	-1,4	-2,6	-9,4	-16,8	-1,8

2/ Cohérence à l'intérieur d'une scène en mètre
(erreur relative)

1,9	1,1	3,6	4,0	3,9	2,6	
1,3	1,2	2,2	2,9	4,8	2,2	
2,0	1,2	1,9	1,9	4,3	2,1	
2,8	1,1	2,4	2,6	4,9	2,8	
1,2	1,0	1,7	1,4	3,2	1,9	
1,4	1,3	3,5	3,2	4,9	3,5	
1,4	1,9	2,0	3,7	7,2	1,6	
1,5	1,4	2,5	2,1	5,5	2,4	
1,4	1,5	2,4	3,0	5,4	2,0	
1,3	1,5	3,0	3,0	6,0	2,6	
emq	1,9	1,1	2,7	3,0	5,4	2,5

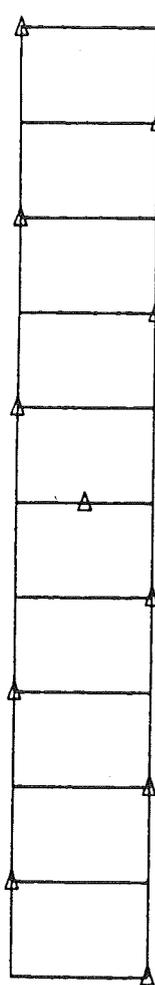


2^e test : 11 points d'appui répartis le long du segment,
de précision planimétrique : 10 m
et altimétrique : 2 m

Cas attitude
mesurée

Cas sans
attitude

1/ Erreur en mètre sur le centre de scène
(erreur absolue)

	x	y	z		x	y	z
	-3,5	6,8	-0,7		-8,9	4,3	4,8
	-3,8	5,1	1,6		-6,0	9,9	4,0
	-1,6	3,1	3,8		-2,5	6,0	5,4
	1,8	2,4	4,5		2,4	6,6	4,8
	-1,9	2,2	2,7		1,8	8,6	1,4
	-3,9	2,1	-0,6		2,8	11,0	-2,9
	-5,4	-0,2	2,3		-2,5	9,6	-0,8
	-5,8	-2,7	2,2		-7,2	-8,6	0,5
	-6,8	-3,5	1,3		-6,2	-6,3	-1,3
	-11,3	-3,5	-4,3		-13,7	-22,6	-5,1

2/ Cohérence à l'intérieur d'une scène en mètre
(erreur relative)

	1,8	2,3	3,3		3,8	5,4	3,0
	1,4	2,5	2,1		2,9	5,6	2,3
	1,7	2,6	1,9		1,7	6,0	2,3
	2,7	2,5	2,5		2,4	5,7	3,1
	1,2	2,3	1,6		1,6	5,0	2,5
	1,6	2,7	3,5		3,4	5,8	3,6
	1,8	3,3	2,3		4,2	8,5	1,5
	1,7	2,8	2,9		2,5	6,8	2,5
	1,6	2,9	2,7		3,2	6,8	2,3
	2,7	2,9	3,4		3,4	7,4	2,8
emq	2,0	2,8	2,8		3,2	6,7	2,8

3^e test : 10 points d'appui en bord de segment nord-sud,
de précision planimétrique : 100 m
et altimétrique : 2 m

**Cas attitude
mesurée**

**Cas sans
attitude**

1/ Erreur en mètre sur le centre de scène
(erreur absolue)

x	y	z	x	y	z
8,1	-20,3	-2,6	-26,5	-33,6	-1,2
7,3	-20,8	-0,3	-16,7	-25,3	0,4
9,1	-21,7	2,2	-6,3	-25,9	3,8
12,0	-21,2	2,2	5,2	-21,2	4,7
8,0	-20,4	1,7	11,1	-14,5	2,5
5,7	-19,6	-0,9	18,6	-6,5	-0,7
3,7	-21,0	2,5	19,6	-1,8	2,0
3,0	-22,6	3,2	21,1	-13,1	3,7
1,6	-22,7	3,0	28,2	-3,2	2,1
-3,1	-21,9	-1,7	26,7	-11,3	-1,4

2/ Cohérence à l'intérieur d'une scène en mètre
(erreur relative)

3,2	4,7	3,5	5,9	5,6	2,5	
2,3	4,8	2,3	4,7	6,8	2,5	
2,6	5,0	1,8	3,9	6,1	2,4	
3,3	4,9	2,3	4,7	7,6	2,8	
2,8	4,7	1,6	1,7	5,8	1,5	
2,4	5,0	3,5	3,9	8,2	3,5	
2,3	5,4	2,0	3,1	8,1	1,9	
2,1	5,1	2,6	3,9	8,0	2,5	
2,6	5,2	2,4	4,8	7,4	2,1	
3,3	5,2	3,0	4,1	7,5	2,3	
emq	2,9	5,3	2,7	4,4	7,6	2,6

Les résultats parlent d'eux-mêmes, surtout si l'on n'oublie pas la précision de départ des points d'appui.

5. Conclusion

Dans l'ensemble, les résultats sont plus que satisfaisants : que ce soit dans le cas de géodésie dense et précise, ou de géodésie peu précise ; ils permettent ainsi d'imaginer des applications cartographiques impensables précédemment par les méthodes conventionnelles.

Dégageons quelques points précis et tirons-en les enseignements que peut nous apporter SPOT.

1/ En premier lieu, les modèles mathématiques utilisés, liés à la mécanique céleste, étant très stables et gardant la rigidité de l'orbite dans un intervalle déterminé, l'utilisation de filtres ou de systèmes de détection d'erreur devient inutile. Toute faute dans le pro-

cédé de mesure, ou toute erreur grossière est détectée dans le traitement, et le point ressort en résidu avec la valeur de l'erreur commise.

De même pour certains systématismes, on les retrouve après le traitement sur l'ensemble de la scène, se traduisant ainsi par une erreur absolue, mais ne se répercutant pas sur la cohérence intérieure d'une scène : ce qui est le plus important pour l'obtention d'un produit cartographique.

2/ En second lieu, à partir d'un certain niveau, le nombre et la répartition des points d'appui n'influence plus que très peu la qualité des résultats, — en particulier l'erreur relative.

En effet, on doit s'attendre à avoir des résultats inférieurs ou égaux à l'erreur moyenne quadratique du bruitage sur les points d'appui divisée par la racine carrée du nombre de points moins un. Il faudrait considérablement augmenter le nombre de points d'appui pour diminuer la précision absolue des résultats alors que la précision relative ne changerait pas significativement.

Quant à la répartition des points, on le constate aisément dans les différents tests effectués, — ceci résultant toujours de la rigidité de l'orbite.

3/ Un point important relatif aux modèles mathématiques, outre les développements linéaires assurant une convergence très rapide, et est sa souplesse d'emploi.

La manipulation des équations permet donc de s'adapter à des cas très particuliers, dans lesquels on peut introduire telle ou telle donnée supplémentaire — points au bord d'un lac, distance entre deux points,...

—, qu'il est en outre possible de pondérer en fonction de la précision initiale de la donnée.

4/ La rigidité de l'orbite et la stabilité des équations font que le facteur primordial de précision est l'attitude du satellite.

Ainsi :

- la stabilité de l'attitude du satellite grâce au système de mesure HRV (Haute Résolution Visible) ligne par ligne, et

- la connaissance de ses variations par les enregistrements à bord, sont les raisons principales de la qualité des résultats.

On remarque du reste que les résidus en λ (ou en q) sont meilleurs que les résidus en ψ (ou en p). Cela provient des panneaux solaires qui bougent toutes les secondes ; ainsi par le principe de l'action-réaction d'un "corps isolé", les variations non linéaires du tangage sont plus importantes que celles du roulis — sens perpendiculaire à la trace donc sens de q . Cela se retrouve sur les simulations d'attitude, dont les résultats sont donnés dans les figures 5.1 et 5.2.

Nous voyons que sur dix scènes, la partie principale de l'effet au sol de l'attitude est linéaire — aux environs de 100 mètres. Mais cela n'affecte en rien la précision de restitution, car cette partie linéaire s'intègre dans les paramètres du modèle mathématique — respectivement $\delta_1 w$ et $\delta_1 \beta$ pour T^* et R .

Avec les mesures à bord les résidus restent inférieurs à 2 mètres ; et sans mesure à bord ils sont inférieurs en valeur absolue à 13 mètres — pour le cas extrême de T^* .

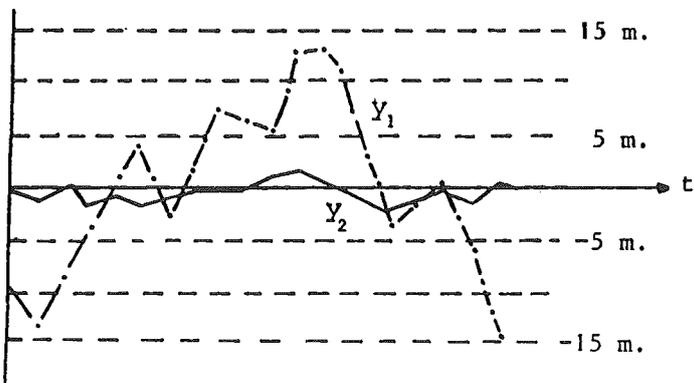


Figure 5.1 : Variations de tangage sur dix scènes ($t = 90$ s).

$$y_1 = \text{tangage}^* \text{ vrai} - \delta_1 T_1^* t$$

$$y_2 = \text{tangage}^* \text{ vrai} - \text{tangage}^* \text{ mesuré} - \delta_1 T_2^* t$$

$$\delta_1 T_1^* = -4,16 \cdot 10^{-6}$$

$$\delta_1 T_2^* = -2,78 \cdot 10^{-7}$$

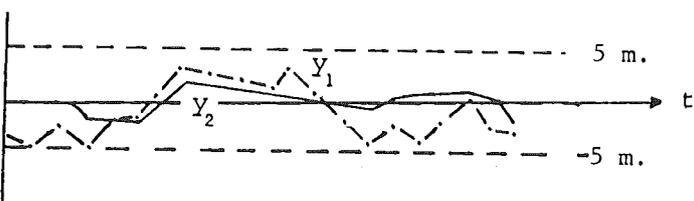


Figure 5.2 : Variations du roulis sur dix scènes ($t = 90$ s).

$$y_1 = \text{roulis vrai} - \delta_1 R_1 t$$

$$y_2 = \text{roulis vrai} - \text{roulis mesuré} - \delta_1 R_2 t$$

$$\delta_1 R_1 = -2,26 \cdot 10^{-6}$$

$$\delta_1 R_2 = -3,70 \cdot 10^{-7}$$

En outre, ces courbes Y_1 correspondant aux effets des variations non linéaires des attitudes sont analogues à celles des résidus sur les coordonnées géographiques d'un traitement par segment ou stéréoscopique dans le cas sans attitude.

Cette similitude permet donc de réintroduire ligne par ligne dans les mesures d'attitude ces résidus d'un premier traitement pour améliorer les résultats par un deuxième traitement, dans le cas où la valeur géodésique des points est de bonne qualité.

5/ Dans les traitements stéréoscopiques, on a constaté d'une manière générale que l'altitude se dégradait très peu en passant du cas attitude mesurée au cas sans attitude.

Dans les calculs, l'altitude est déterminée par deux coefficients θ et τ ; or, le rapport τ sur θ est inférieur à un centième. On peut donc considérer que θ est le facteur principal de détermination de l'altitude.

On se souvient que :

$$\theta = \text{tg} \omega = \text{tg} (\beta + s_0)$$

c'est-à-dire qu'il intervient dans le sens perpendiculaire à la trace du satellite, donc dans le sens du roulis.

Nous venons de dire que le roulis était l'élément de l'attitude dont les variations étaient les plus faibles ; ce qui explique donc le peu de changement entre les deux cas d'attitude.

Ces deux dernières constatations valident le propos sur la corrélation entre l'attitude du satellite et la précision des résultats.

Le produit SPOT serait-il donc un produit de valeur cartographique ? Il est intéressant de considérer trois aspects de ce produit sachant que les normes peuvent varier suivant les pays.

a) La précision absolue par rapport à un système cartésien OXYZ est très variable, dépendant de la géodésie existante :

en x, y	500 m
en h	fonction du géoïde

(+ désorientation, + échelle)

ce qui d'ailleurs a peu d'importance pour les besoins des utilisateurs et pour le traitement d'images satellite.

b) La précision relative dans une zone donnée :

- en x,y 0,2 mm à l'échelle du produit cartographique
- en h en rapport avec la précision précédente

c) La représentation des détails, et d'informations complémentaires :

- les spécifications sont très variables.

Prenons maintenant deux cas de produit cartographique, et regardons si SPOT est adapté aux trois différents aspects considérés plus haut :

	a/ oui
	b/ x,y très largement ≤ 10 m
au 1/50 000	h oui ≤ 5 m
	c/ non pour les pays développés
	oui pour beaucoup d'autres pays

a/ oui

b/ x,y oui ≤ 5 m

h non pour les pays développés

oui pour beaucoup d'autres pays ≤ 5 m

c/ non

On peut ainsi dire qu'à l'échelle du 1/50 000 on aura dans tous les cas une carte, et non une esquisse ou un fond topographique mais qu'à l'échelle du 1/25 000 on obtiendra un produit — au sens strict — non cartographique, mais utilisable pour des applications thématiques destinées à être géocodées ou cartographiées ; produit qui sera tout à fait adéquat pour des superpositions diachroniques.

Il ne faut pas oublier, que l'impact économique de ce produit SPOT aura sans aucun doute pour effet de convaincre un certain nombre de pays, dont les normes cartographiques ne sont pas aussi strictes qu'en France, d'utiliser ces traitements d'images SPOT dans le but d'obtenir une cartographie au 1/25 000.

Des raisons supplémentaires économiques qu'on peut invoquer à l'avantage de SPOT sont :

- diminution des travaux de terrain,
- diminution du nombre de prises de vues,
- diminution des travaux de restitution,

DONC : DIMINUTION DU PRIX COUTANT.

Une autre forme de produit cartographique, similaire à l'orthophotographie, peut être obtenue à l'aide de SPOT à des échelles du 1/100 000 et du 1/50 000 par la rectification d'images.

Mais pour pouvoir rectifier cette image, on doit connaître en tout point l'altitude avec une précision cohérente ; ce qui revient à dire de disposer d'un modèle numérique de terrain qui provient :

- ou de la numérisation des courbes de niveau si la cartographie existe,
- ou de la restitution des images SPOT grâce aux points de spatio-triangulation provenant du traitement stéréoscopique.

La précision avec laquelle l'altitude doit être connue, dépend beaucoup du débattement du miroir, puisque le terme principal de la détermination de l'altitude est θ , — θ étant un terme de valeur proche de $\text{tg} \beta_0$.

Chaque point de terrain a par conséquent son altitude connue par interpolation du M.N.T., et donc ses coordonnées image p, q. Ainsi trouve-t-on pour chacun des points espacés régulièrement — de cent mètres par exemple — la valeur radiométrique dans l'image brute

- soit par interpolation,
- soit par son plus proche voisin.

Ce qui donne l'image rectifiée superposable à une carte ou entre elles pour des traitements diachroniques. Traitements qui sont d'une très grande utilité dans les applications thématiques.

Tous les résultats, et les conclusions qui en découlent, proviennent comme nous l'avons indiqué de simulations géométriques d'images SPOT sans aucune intervention manuelle ou de système de mesure.

Mais il faut signaler, que des simulations géométriques SPOT sur l'Equateur, d'un contrat Clirsen/CNES furent étudiées sur l'appareil analytique Traster de l'IGN.

Les clichés ont été restitués au Vizir à l'échelle du 1/200 000. Les angles de débattement de visées est et ouest sont de $\pm 24^\circ 14'$. Il a été pointé 14 points d'appui — valeur moyenne 5 m — et 80 points homologues.

En x,y, le résidu moyen sur les points d'appui est de l'ordre de 0,7 pixel ; l'erreur moyenne de la détermination des altitudes des points homologues est de 5,6 mètres pour une dénivelée maximum de 2 000 m.

Ces résultats sont très prometteurs et en plein accord avec les résultats précédents, étant donné que les restitutions Vizir sur film, utilisées pouvaient avoir des résidus non linéaires de distorsion allant jusqu'à 25 microns-mètres.

Finalement :

- une ORBITE RIGIDE par rapport à un vol d'avion,
- une VARIATION D'ATTITUDE plus FAIBLE que pour un satellite muni d'un miroir à balayage mobile.
- un ENREGISTREMENT des VARIATIONS D'ATTITUDE
- un PIXEL de 10 mètres

sont les caractéristiques principales qui donnent à SPOT une précision géométrique et une précision d'information, pour l'obtention d'un produit cartographique de haute qualité.

La puissance de cet outil aux nouvelles technologies, alliée à la stabilité, la souplesse et la simplicité des équations développées, apportera un regain sinon un changement radical :

dans les méthodes utilisées, et
dans la mentalité des hommes
pour l'obtention de produits cartographiques aux moyennes échelles.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCE 1

- CNES "Le mouvement du véhicule spatial en orbite", 1980
- B. Serreault "Satellite à défilement - Maintien de l'orbite SPOT"

REFERENCE 2

- H. Guichard "Etude théorique de la précision dans l'exploitation cartographique d'un satellite à défilement : application à SPOT"
Bulletin SFPT n° 90, 1983
- "Etude mathématique des possibilités cartographiques de SPOT"
SPOT-IMAGE, juillet 1984

"Rectification géométrique et restitution photogrammétrique des images SPOT"
SPOT-IMAGE, novembre 1984

REFERENCE 3

- Th. Toutin "Analyse mathématique des possibilités cartographiques du satellite SPOT"
Mémoire de DEA à l'ENSG, 1983
- Th. Toutin "Analyse mathématique des possibilités cartographiques du système SPOT".
Thèse de Docteur-Ingénieur à l'ENSG, 1985.

L'ETH4, 2^e NOUVEAUTÉ 85 DE ZEISS ...

Programme de fabrication

NIVEAUX

Ni1, Ni2, Ni3
Ni4, Ni42, Ni52

THEODOLITES

TH2, TH42, TH51

TACHEOMETRE OPTIQUE

Rta 4

TACHEOMETRES ELECTRONIQUES

Elta 2, 20, 3
Elta 46 R, Elta 40



Adresses de nos revendeurs

LE PONT Equipements S.A.
Rue Copernic - B.P. n° 11
38670 CHASSE-SUR-RHONE
Tél. : (7) 873.02.88.
Télex : 380.034 F

SLOM
11 bis, rue du Perche
75003 PARIS
Tél. : (1) 271.28.30.
Télex : 240729 F

Ets A. THOMAS
12, rue Friant
75014 PARIS
Tél. : (1) 543.55.25
Télex : 203.590

TOPOCENTER Strasbourg
20, rue des Champs
ECKBOLSHEIM
67200 STRASBOURG
Tél. : (88) 78.65.22

**ZEISS, SOCIÉTÉ EUROPÉENNE FAIT CONFIANCE
A PLUS DE 100 FOURNISSEURS FRANÇAIS**

ETH4

Théodolite électronique
et enregistreur

Double affichage

Plusieurs programmes
de Fonction

± 2 milligrades (± 6")

LA MESURE ELECTRONIQUE à la mesure de vos besoins



NOUVEAUTE
GEODIMETER 210 :
Le télémètre le plus simple de la gamme, à dimensions réduites et prix encore plus réduits mais avec longue portée !!



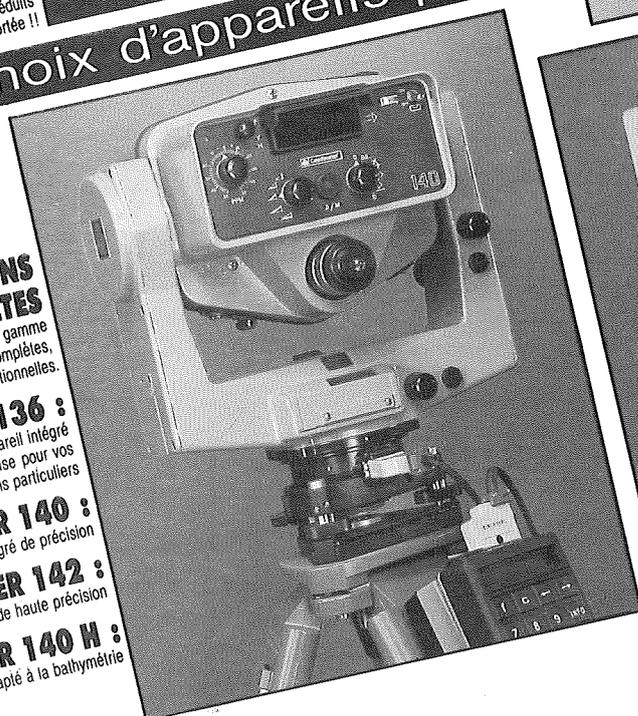
NOUVEAUTE
GEODAT :
3 versions du carnet électronique de terrain Géodat

GEODAT 126
Programmable depuis son clavier (version française disponible).

GEODAT 122
Enregistreur à données numériques

GEODAT 124
Enregistreur à données numériques et alphabétiques

un choix d'appareils précis et totalement rentables.



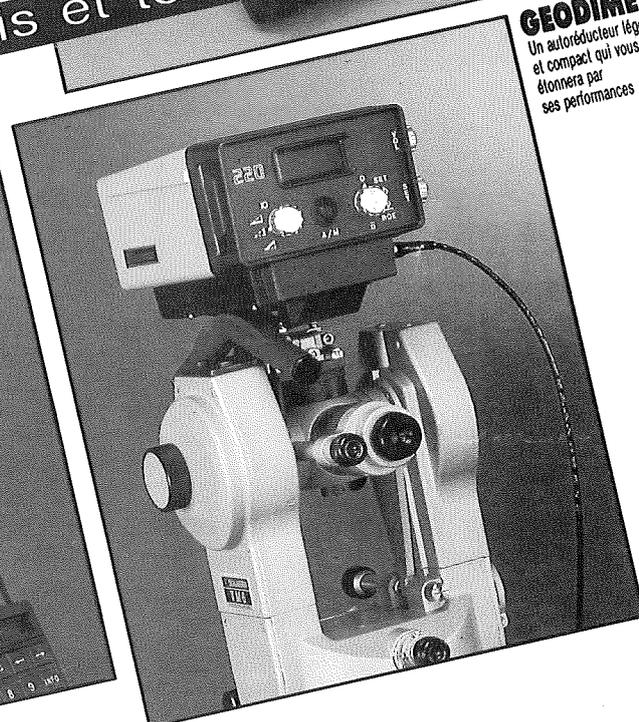
STATIONS COMPLETES
Toute une gamme de stations complètes, robustes et fonctionnelles.

GEODIMETER 136 :
Appareil intégré de base pour vos besoins particuliers

GEODIMETER 140 :
Appareil intégré de précision

GEODIMETER 142 :
Appareil intégré de haute précision

GEODIMETER 140 H :
Appareil intégré adapté à la bathymétrie



GEODIMETER 220 :
Un autoréducteur léger et compact qui vous étonnera par ses performances



Parc d'activité
Les portes de la Forêt
Allée du Clos-des-Charms
COLLEGIEN (Marne la Vallée)
77400 LAGNY

Tél. : (1) 60.05.13.14
Télex : 693.099

Coupon à retourner à

Nom

Société

Adresse

désire recevoir une documentation sur

le ou les Géodimeter 136 140 142 140H 220 21

le ou les Geodat 122 124 126

Congrès de Paris...

Modèles numériques de terrain (MNT) Recherche automatique de points et lignes remarquables _____

par H.M. DUFOUR
Ingénieur Général Géographe

L'article de M. DUFOUR a paru dans le n° 24 de XYZ sans les planches annexes qui ne nous étaient pas parvenues lors de la mise sous presse.

Nous vous suggérons d'insérer les feuillets ci-contre dans le n° 24 et d'en profiter pour relire l'article que les illustrations complètent fort à propos.

Planches annexes

Planche n° 1 : Carte des altitudes d'un terrain au 1/5000 (feuille de Noiretable) ; Altitudes formulées par une somme de fonctions bicubiques splines. Détermination des points V (points à plan tangent horizontal). Dessin des lignes $\gamma_n = 0$, lieu des points d'inflexion des lignes de niveau. Trame portée sur les zones convexes ($\gamma_n > 0$).

Planche n° 2 : Lignes de pente sélectionnées. Tracé des lignes de crêtes et des lignes de talwegs à partir des points "ORIGINE".

Point C : point d'altitude maximale sur la courbe $\gamma_n = 0$ (début d'affouillement par érosion).

Point B : point d'altitude minimale sur la courbe $\gamma_n = 0$ (fin de crête).

Planche n° 3 : Courbes de niveau tracées dans un modèle "bilinéaire".

Clivage forcé de chaque facette dans le sens de la pente.

Détermination et dessin des points V (sommet \uparrow , col +, cuvette 0).

On note les anomalies de ruissellement dans le grand talweg au nord de la carte.

Planche n° 4 : Tracé (manuel) des lignes principales dans le modèle précédent, selon le principe général des trajets :

col \rightarrow 2 vallées ; col \rightarrow 2 sommets convexes
Revoir la planche n° 2 comme exemple de tracé de toutes les lignes de courant et de crêtes à partir des points origines situés sur la courbe $\gamma_n = 0$

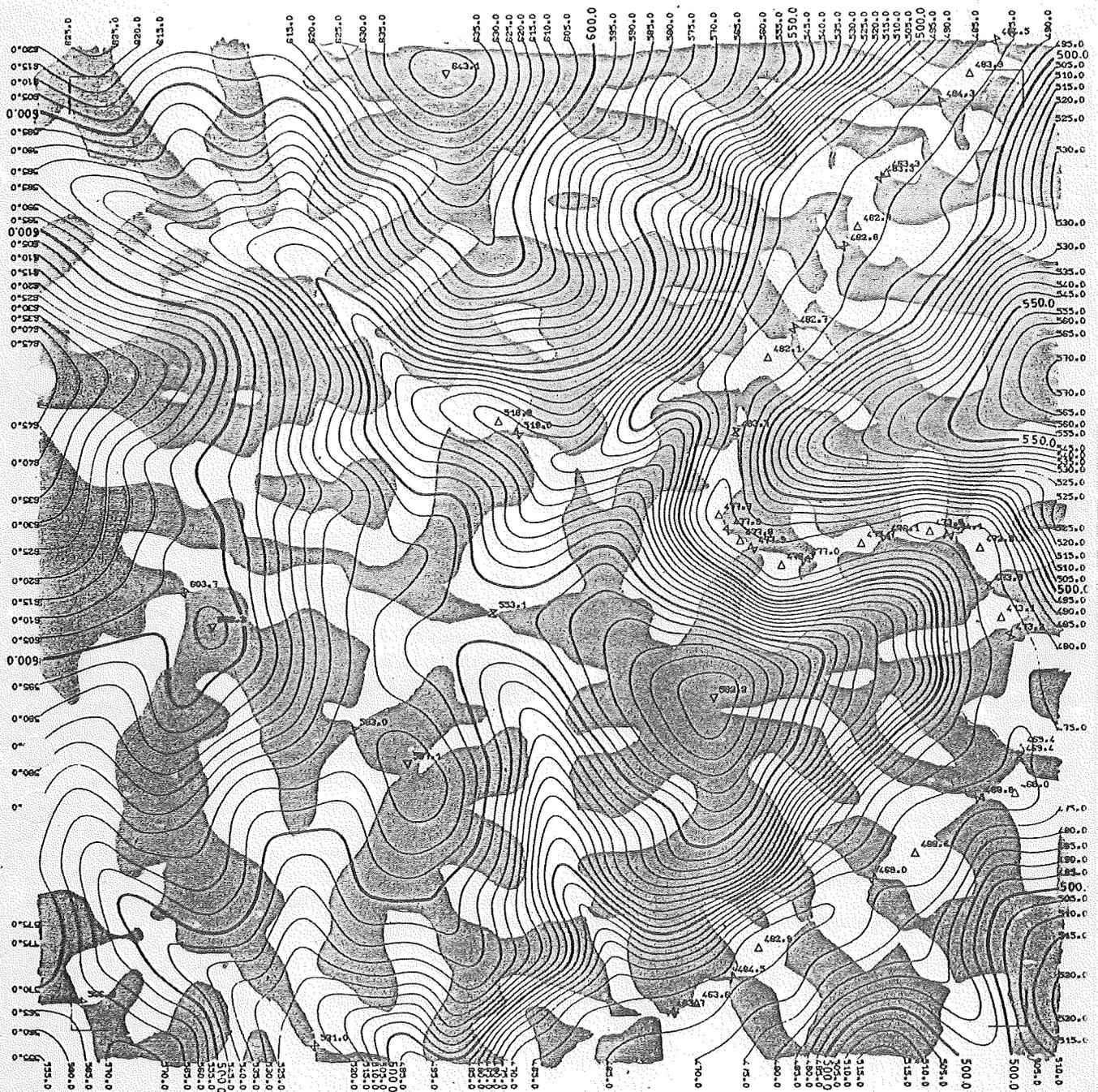
Planche n° 5 : Exemple de décomposition possible du terrain en zones homogènes constituées par des triangles ou des quadrilatères curvilignes.

La décomposition est ici manuelle ; tout le problème est de réaliser une décomposition analogue par voie automatique !

Planche n° 1

ZONES CONVEXES ($\gamma_N > 0$) ET ZONES CONCAVES ($\gamma_N < 0$)

NOIRETABLE (1/5 000)



Représentation par bicubiques splines

Mailles de 30m

33 x 33 = 1089 Coefficients . A partir de 1024 + 1089 = 2113 points cotés .

[Canevas régulier]

Planche n° 2

LIGNES DE PENTE SELECTIONNEES

NOIRETABLE (1/5 000)

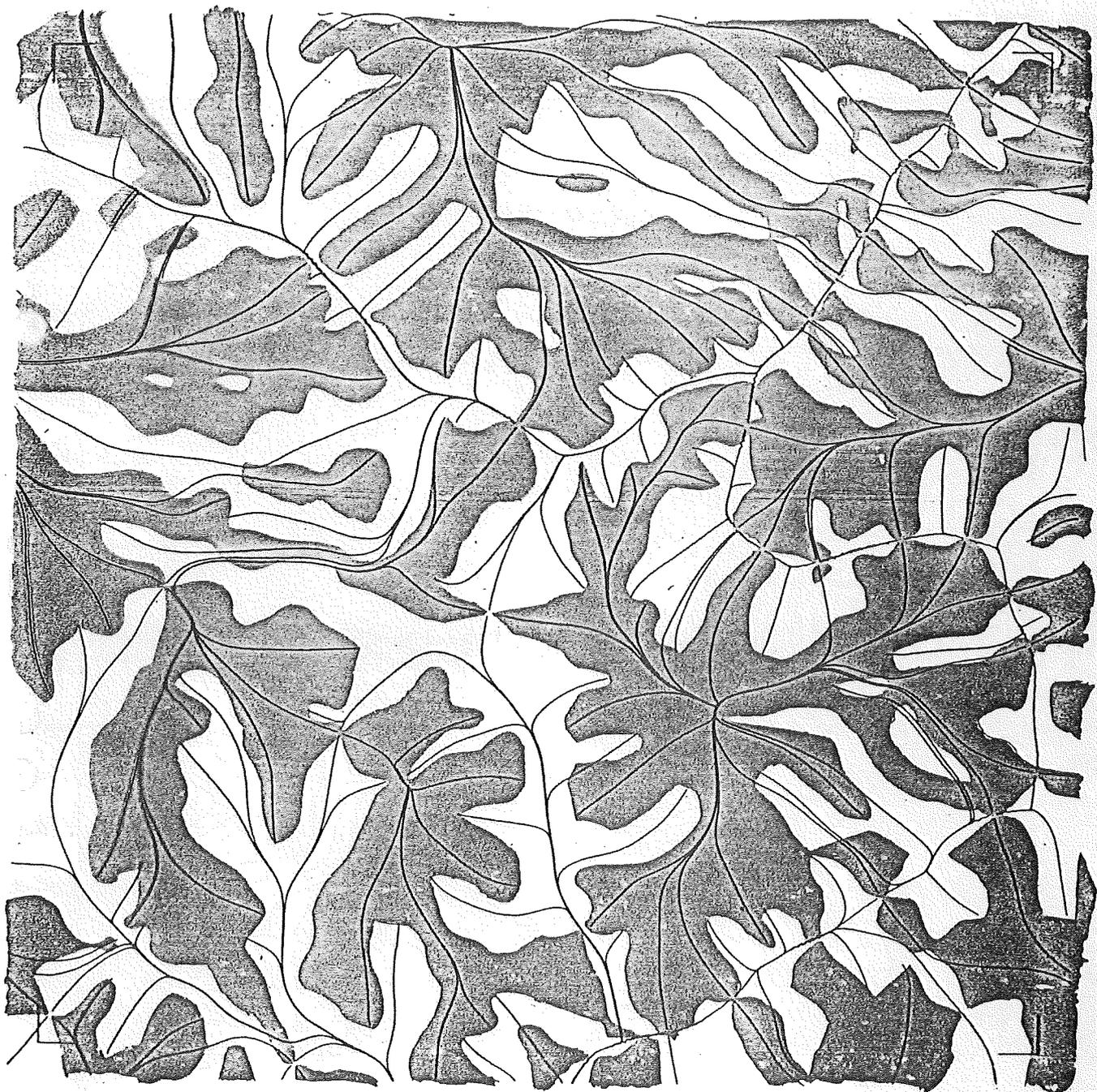


Planche n° 3

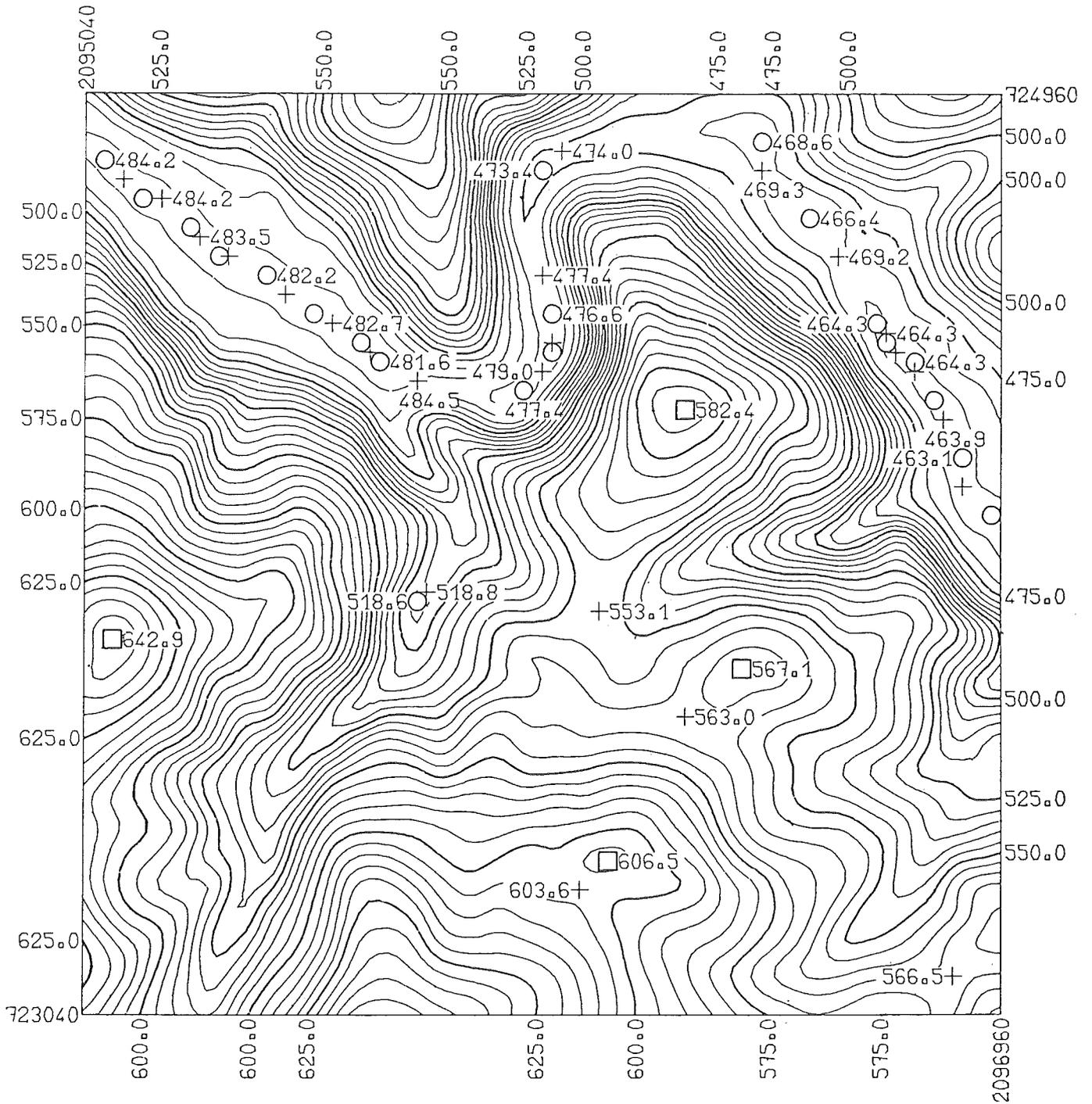


Planche n° 4

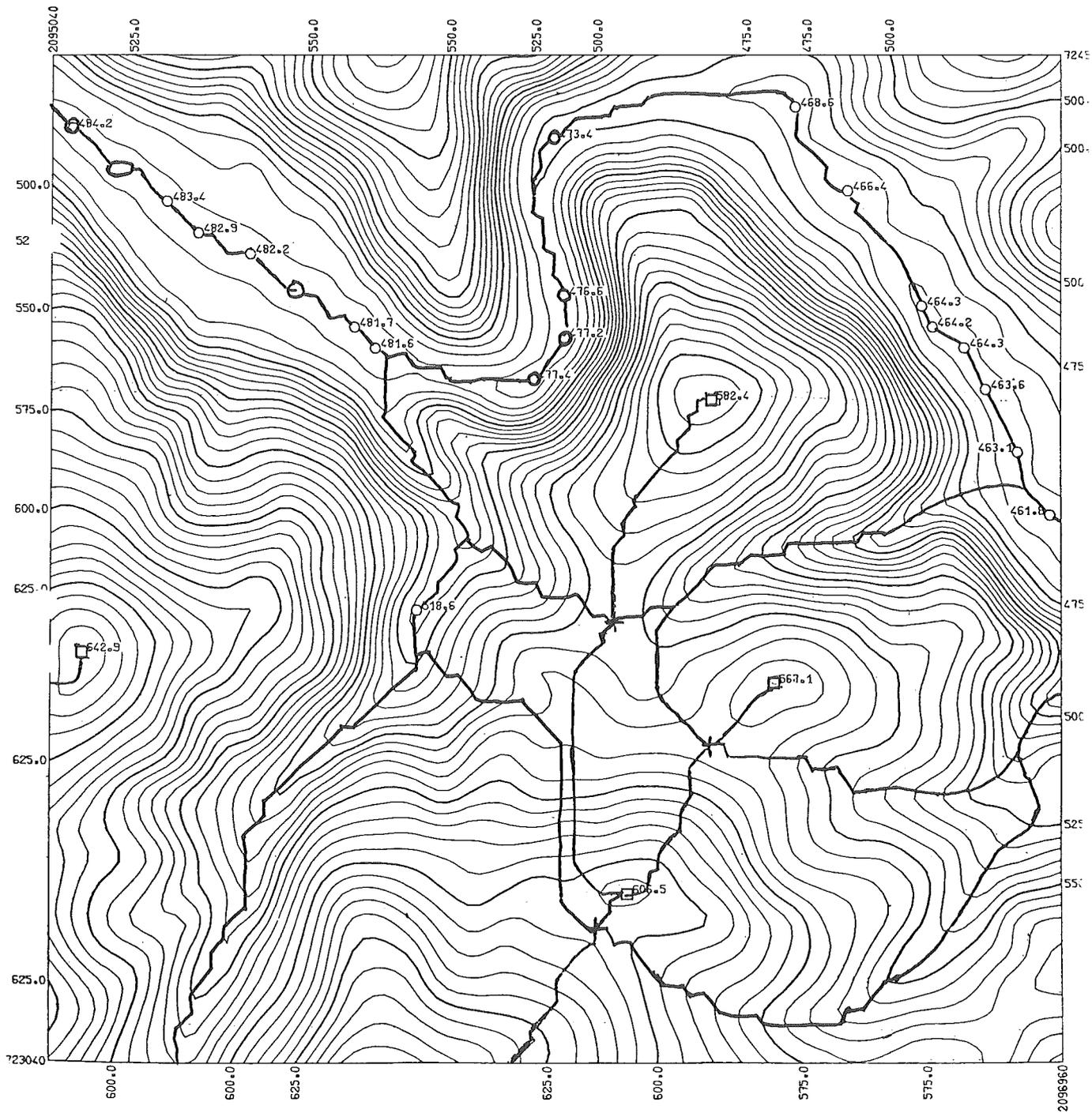


Planche n° 5

