



xyz

*Revue
de l'Association
Française
de Topographie*

N° 4 SEPTEMBRE 1980 2^e ANNÉE

Colloque de Lyon
20-21 juin 1980

numéro 4

TRIMESTRIEL
39 ter, rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Comité de Lecture

Président
Louis CATINOT
Rapporteur
Jean PUYCOUYOUL
Membres
Guy DUCHER
Ingénieur en chef géographe
Jean GERVAISE
Docteur - Ingénieur - CERN.
Jean-Jacques LEVALLOIS
Ingénieur Général Géographe
Roger SCHAFFNER
Géomètre DPLG
Bernard SCHRUMPF
Ingénieur en Chef de
l'Armement
Michel TARTACEDE
Géomètre DPLG

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

Couverture

A l'usine Alsthom de Belfort, montage et soudage des aubages creux des directrices fixes d'un corps basse pression d'une turbine de 900 MW. Nous retrouverons ces mêmes turbines en exploitation à la centrale nucléaire de Bugey.

Directeur de la publication :
Jean PUYCOUYOUL

Maquette : M. PEYRONNET

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

sommaire

dossier

Colloque d'Aix-en-Provence (suite revue yxz n° 3) 4

- Allocution d'ouverture par M. DAUGÉ 7
- Le Tunnel le plus ancien du monde : Epalinos par J.N. PLICHON . . . 9
- Impact des centrales EDF sur l'environnement par C. DESMOULINS . . . 13
- Réflexions sur les besoins des ingénieurs routiers par G. GROS 23

Mini-annuaire 33

Journal

- Nouvelles brèves 36
- Visite du T.G.V. (Région Rhône-Alpes) 37
- Compte rendu A.G. extraordinaire 38
- Compte rendu A.G. ordinaire 39
- Emploi 40
- Revue de presse 41
- Bulletin d'abonnement 58

Le Musée des plans-relief 43

- Cartes et figures de la terre 49

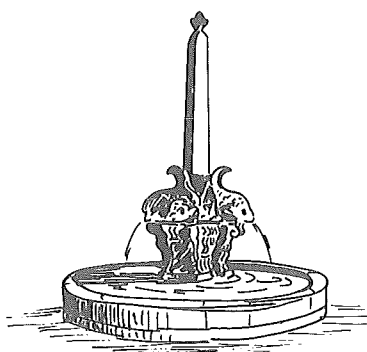
Colloque de Lyon 52

- Photogrammétrie industrielle par H. DEHEINZELIN 55
- La qualité par R. CHEVALIER 59
- Métrologie des antennes par D. ROUX 64

AIX EN PROVENCE
25 et 26 AVRIL 1980

**COLLOQUE TECHNIQUE
DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE
DE TOPOGRAPHIE**

**TOPOGRAPHIE
DES GRANDS TRAVAUX
ET AMÉNAGEMENTS**



Colloque

Une exposition, présentée au public dès le vendredi 25 avril, dans le foyer de la salle des congrès, était inaugurée par M. le Premier Adjoint au Maire d'Aix-en-Provence, et par Monsieur CATINOT, Président de l'A.F.T. Environ deux cents personnes assistaient à cette inauguration, et prenaient part à l'apéritif-buffet offert ensuite.

S'adressant au Maire d'Aix-en-Provence, M. Maurice DAUGÉ a souligné l'honneur, le plaisir et la joie qu'ont ressentis les membres de l'équipe de la Commission des Grands Travaux et Aménagements, et de la région Provence-Languedoc, en organisant cette manifestation, dans le sens et l'ambition de l'A.F.T., qui sont de réunir tous ceux qui utilisent et tous ceux qui servent la topographie dans notre pays. Il a rappelé que dans toute œuvre d'aménagement, le topographe conseille, participe et surveille, ajoutant que "la qualité et la responsabilité sont les critères essentiels de notre profession". Maurice DAUGÉ a ensuite remercié tous ceux qui ont travaillé à la réussite de cette exposition, plus particulièrement MM. Pierre SECOND, Président Régional, Albert GUIRAND et Michel ROUSSEAU, Commissaires du Colloque.

L'exposition comprenait quatre maquettes et vingt-deux panneaux où étaient représentés les Ser-

vices Techniques de la Ville d'Aix-en-Provence, de grands services ou organismes d'aménagement, ainsi que ceux qui les aident : Société du Canal de Provence, E.D.F., Métro de Marseille, S.N.C.F., SOLMER, I.G.N., AERIAL, DECCA SURVEY FRANCE, S.E.G.C. et SCETAURROUTE, etc. Il faut souligner que des panneaux étaient présentés par des élèves topographes des Écoles de la région : Nîmes, Toulon et Nice.

Autour du Président CATINOT, nombre de personnalités ont participé à cette inauguration, notamment les représentants des grands services et administrations, dont le Directeur Départemental de l'Équipement et le Directeur Général de la Société du Canal de Provence.

Cent vingt deux membres de l'A.F.T. ont participé à ces journées, dont cinquante deux de la Région Provence-Languedoc.

NOTA : On trouvera dans ce numéro de xyz les conférences de MM. PLICHON, DESMOULINS et GROS.

Les conférences de MM. BAILLY, PATRY, CLAVIER, BOUTONNIER, DUCLOS, DAUGÉ ont été publiées dans le numéro 3 de mai 1980 de xyz.



Les participants au colloque d'Aix



L'équipe d'accueil



Les organisateurs à l'ouvrage



M. Boutonnier conférencier

...quelques extraits de la presse locale (Le Méridional du 24/4/80 et du 3/5/80)

Création de grandes voies de communication de type autoroutier ou ferroviaire, implantation de barrages afin de stocker l'eau, percement de tunnels routiers ou de canaux de navigation...

Telles sont, parmi tant d'autres les réalisations désormais familières aux Français, qui ont connu ces dernières années une singulière évolution de leur environnement urbain ou rural.

Pour rendre possible et mener à bien ces réalisations souvent spectaculaires, il a fallu au préalable mesurer, cadastrer, observer et calculer les distances, les altitudes. Bref, maîtriser les trois dimensions.

C'est là l'objet de la topographie, une science ancienne, fille de la géométrie (en grec "l'art de mesurer la terre") mais jeune également grâce aux saisissants progrès des instruments de mesure et de l'imagination humaine.

Deux journées vont lui être consacrées à Aix les 25 et 26 avril au cœur d'une région qui se classe parmi

les premières de France pour les grands aménagements régionaux. *Le Méridional*, 24/4/80.

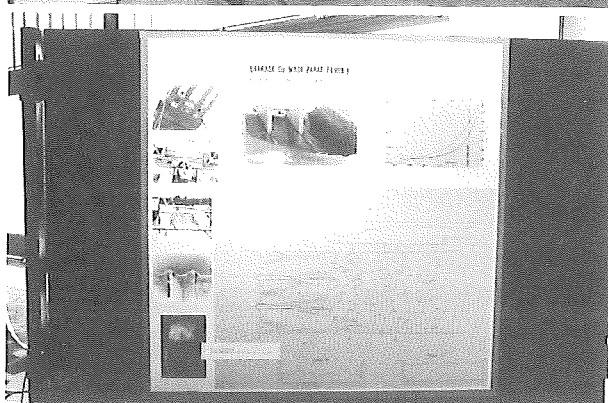
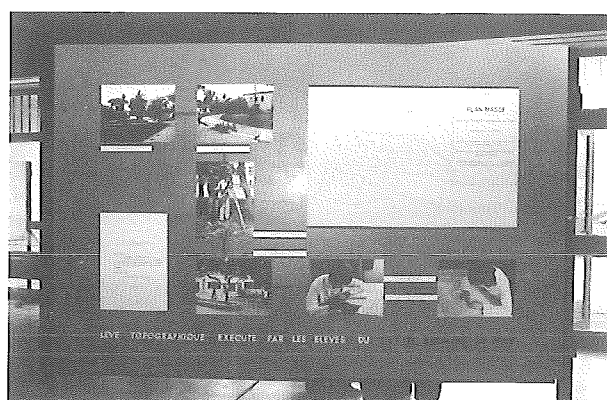
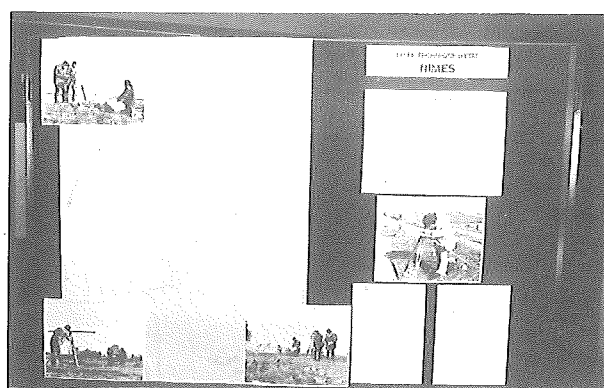
L'association française de topographe organisait récemment (les 25 et 26 avril), deux journées d'études consacrées aux "grands travaux et aménagements". Les deux aspects de cette manifestation étaient un colloque et une exposition, salle Carnot.

Le thème choisi était celui sur lequel travaille la septième commission de la région Provence-Languedoc de cette association.

L'exposition a permis au public de voir — photos, dessins, plans et maquettes à l'appui — quelques grandes réalisations : celles de la S.N.C.F. d'E.D.F. du métro de Marseille, de la ville d'Aix, des écoles de formation de topographes, de la Solmer à Fos, de la Chambre de Commerce et d'industrie du Var, de l'Institut géographique national, etc.

Le premier magistrat d'Aix et les responsables des services techniques administratifs de la ville assistaient à ce colloque. *Le Méridional*, 3/5/80.

L'exposition



Tous les clichés sont de Pierre AIMON (Cagnes sur Mer, Decca Survey France).

Liste

des participants

(par ordre

d'inscription)

DUCROUX
DAURAT
ROLLIN
AUBERT
VIENNOT
GUATELLI
BOVIER (Suisse)
ROUSSEAU
FIORELLI
SECONO
DAUGÉ
BALLEROY
BAILLY
PATRY
SOULET
DELMARE
GRECO
FABRE
DEPRECO
BLANC
VINCENT
CURTET
FRANÇOIS
ROUX
DELMAS
THEZÉ
ERNOULT
RANUZZI
CATINOT
FOUCRAS

ROSTAND
LOCATELLI
VATBOIS
ALAJOUANINE
BIENVENU
GUIZOU R.
GUIRAND
BUTHIER
GUIZOU J.M.
COMBE
JOBERT
ALVERGNAT
SUREL
COQUARD
SCHAFFNER
PUYCOUYOUL
GERVAISE
FROMENT
BOUTONNIER
FLEURY
GHERRAOUTI
CORBEAU
RIVIER
QUESNEL
JOUANNET
DUBUISSON
PETITBERGHEN
HERBRECHT
LASSEUR
ÉLIZABETH

BILET
ERIEAU
BARNIER
MAYOUD
DESJARDINS
GODARD
BARANOFF
GALLOT
EVENOU
FLEURY
DESPAGNE
CHAPRON
ABEL
COUETTE
GUENARD
PALANQUE
CHEVALIER
EYMARD
ESSID (Tunisie)
GUERMAZI
NOUAILLE-DEGORCE
ALLAIS
MARKARIAN
CHARMASSON
GIORG
BERLIER
BACCHUS
FAUROUX
LE BONHOMME
MOURGUES

SICOT
CIVITELLO
BROUSSE
BLEUSTEIN
DEHEINZELLEN
RICHARD
DUCLOS
PLICHON
CLAVIER
OLIVIER
GAUDRY
BARRA
AIMON
ROMAN
BES
FLIPPE
CREMONT
LOUIS
LIPRANDI
CHAIR
BERETTA
DEGESTREY
LEFEBVRE
WEIBER
GLAT-BAYCHON
GRALEPOIS
FUHRER
GROS
BADUEL
PRAT

Allocution d'ouverture de M. DAUGÉ _____



M. Daugé durant son allocution aux côtés de L. Catinot et de M. Claveirolle Premier adjoint au Maire d'Aix-en-Provence

*Monsieur le Maire d'Aix-en-Provence,
Messieurs les Directeurs,
Monsieur le Président de l'Association Française
de Topographie,
Mesdames, Messieurs.*

C'est un grand et rude honneur que le Bureau National de l'Association Française de Topographie a fait à sa commission n° 7 "Grands Travaux et Aménagements" en lui confiant l'organisation du premier colloque technique de notre jeune association. Mais c'est aussi un immense plaisir et une grande joie que ressent toute l'équipe de la commission n° 7 et de la région PROVENCE-LANGUEDOC, en voyant l'intérêt que votre présence nombreuse témoigne à cette exposition et à cette manifestation, et dont elle vous remercie bien sincèrement.

Elle a en effet cherché à œuvrer dans le sens et l'ambition de notre association, réunir tous ceux qui utilisent et tous ceux qui servent la topographie dans notre pays, dans le but de faire connaître et de faire progresser l'art de la topographie.

Et comment pouvions nous mieux faire sinon en organisant cette exposition et ce colloque technique sur les grands travaux et aménagements dans une région qui se classe parmi les premières de France pour les grands aménagements régionaux, au cœur de cette région, à Aix-en-Provence, Ville d'art et Ville vivante où les aménagements et les grands travaux se poursuivent depuis le III^e siècle avant Jésus-

Christ, depuis l'implantation de l'oppidum celto-ligure d'Entremont.

L'exposition que vous venez d'inaugurer, Monsieur le Maire, nous a convaincu que vous êtes dans la ligne des aménageurs aixois et vos services techniques méritent toutes nos félicitations pour la qualité de leurs présentations.

Nos félicitations vont également aux autres grands aménageurs et à tous ceux qui les aident, I.G.N., Services du Cadastre, qu'ils irriguent notre région par des voies souterraines ou en surface, Métro de Marseille, Canal de Provence, Autoroutes, voies rapides, chemin de fer ou qu'ils augmentent la capacité énergétique de notre région, Électricité de France, Solmer, Houillères de Gardanne ; nos félicitations vont aussi et surtout aux jeunes étudiants qui se destinent à la topographie pour assurer la relève et pour aider nos futurs bâtisseurs par leurs conseils à toutes les étapes de la construction.

Car dans toute œuvre humaine de grands travaux et aménagements, le topographe conseille, participe et surveille.

Au niveau de la prospection et de la reconnaissance, le topographe fournit les documents de base,

cartes à petite échelle, photographies aériennes, plans cadastraux ; lors de l'établissement des projets, il définit le canevas de base x, y, z, c'est-à-dire en planimétrie et en altimétrie, il adapte et homogénéise les documents existants, les complète, il établit les plans topographiques réguliers à grande échelle, les plans parcellaires, les documents cadastraux, il traduit le projet dans une définition numérique. Au moment de l'exécution c'est encore le topographe qui fait le choix du système de référence, implante et pilote l'ouvrage, suit et contrôle l'exécution des travaux, vérifie que les écarts constatés respectent les normes de tolérance fixées.

Lors de la mise en service de l'ouvrage, le topographe établit l'état des lieux après travaux, délimite et borne les propriétés, tient à jour les plans au fur et à mesure des modifications éventuelles, enfin pendant la vie de l'ouvrage, le topographe procède à son auscultation, en détermine les mouvements et les déformations et dans ce cas participe efficacement à la surveillance et à la sécurité.

Ce topographe, omniprésent dans tout aménagement vous l'avez tous rencontré, vous savez quels services il peut rendre, vous connaissez ses qualités. Pourtant aux yeux de certains, il possède un grave défaut : il est cher et parfois très cher. Certes, tout le monde sait que le topographe utilise l'avion et l'hélicoptère pour les prises de vues aériennes, se sert des satellites pour la triangulation de ses cartes et de ses plans, trace ses plans à l'aide d'appareils de restitution très élaborés, utilise des appareils sophistiqués pour mesurer des distances jusqu'au micron, programme des esclaves de qualité tels que l'ordinateur, le lecteur et le traceur de courbes ; néanmoins on continue à le trouver cher et cela ne date pas d'hier.

Je voudrais citer un extrait du discours prononcé en 1923 par M. le Général GUILLAUMAT, Grand-Croix de la Légion d'Honneur et Membre du Conseil

Supérieur de la guerre, lors de la 41^e assemblée générale de la Société de Topographie de France dont notre association reprend le flambeau. La France à ce moment-là se préoccupait de l'établissement de la carte de France au 1/20.000^e. Voici ce que disait le général :

"Ce n'est là ni une dépense de luxe, ni une dépense improductive et il serait inadmissible que malgré ces charges la France ne trouvât pas moyen de mener à bien un travail qu'aux plus mauvais jours du XVIII^e siècle, CASSINI a pu entreprendre et achever, de sa propre initiative, par ses propres moyens, avec l'aide financière de quelques fermiers généraux".

Je vous livre également cette boutade : la topographie c'est un peu comme l'assurance disait un de mes collègues, elle n'est chère qu'avant l'accident !

Voilà, amis topographes, de quoi renforcer notre opiniâtreté et notre confiance dans l'avenir. Notre cher défaut a la vie dure mais il doit rester le prix de notre qualité et de nos compétences. La qualité et la responsabilité, voilà, je crois, les critères essentiels de notre profession.

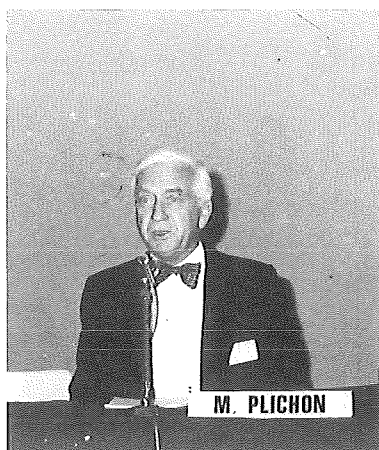
Permettez-moi d'adresser maintenant mes remerciements à tous ceux qui ont travaillé à la réussite de cette exposition et plus particulièrement à M. SECOND, notre Président Régional, M. GUIRAND, Commissaire du colloque et son adjoint M. ROUSSEAU, je souhaite à tous nos amis un excellent séjour à Aix-en-Provence mais aussi demain un colloque technique très profitable pour chacun d'entre nous. La garantie du succès de notre entreprise, permettez-moi M. le Maire d'en voir un signe dès ce soir par votre présence parmi nous, preuve de votre intérêt pour les grands travaux et aménagements. Au nom de notre Conseil National et de notre Président de l'Association Française de Topographie M. CATI-NOT, soyez-en profondément remercié. ■



Après les paroles... les actes

Le tunnel le plus ancien du monde : Eupalinos

*Par J.N. PLICHON, Ingénieur EP
Contrôleur Général Honoraire à Électricité de France*



Votre Président, que je connais bien, a dû penser à moi pour faire dans cette enceinte un exposé, que je dirais non conventionnel, pour la raison suivante : il y a environ 15 ou 20 ans, nous faisons les travaux d'aménagement hydroélectrique de la Durance et je me suis posé des questions à propos d'un aqueduc romain qui prend sa source à proximité du village de Jouques, à 25 km au nord-est d'Aix, et dont la tradition voulait qu'il soit une des alimentations en eau de la ville romaine d'Aix. Or, compte tenu de la cote imposée par la source, l'arrivée de la canalisation à proximité d'Aix, devait se faire au moyen d'un souterrain de plus de 6 km, sans fenêtre intermédiaire, et avec une couverture de 80 à 100 mètres d'épaisseur sur une bonne partie de son tracé. J'étais un peu sceptique sur l'existence de ce souterrain, et j'avais demandé à M. CATINOT de relever les cotes de l'aqueduc, pour voir s'il n'aurait pas pu aboutir ailleurs qu'à Aix. Or en faisant ce relevé, M. CATINOT a retrouvé l'entrée du souterrain, d'ailleurs transformé en source, à une cote correspondant à celle nécessaire pour aboutir à la source des Pinchinats, dont la facture est romaine et qui alimente encore Aix de nos jours.

Ainsi le souterrain existe, mais comment il a été réalisé dans un terrain gorgé d'eau, et surtout comment a été fait le pilotage des galeries attaquées par plusieurs puits dont certains de près de 100 mètres, cela reste mystérieux. Je ne vais donc pas vous par-

ler de ce tunnel, mais d'un autre beaucoup plus ancien, celui d'Eupalinos.

C'est en moins 525, donc il y a plus de 2 500 ans qu'a été percé dans l'île de Samos un souterrain de 1040 mètres, attaqué par les deux extrémités. Le génial ingénieur et topographe, projeteur et directeur des travaux, s'appelait Eupalinos de Mégare. Son nom nous a été conservé par Hérodote qui donne une description très exacte de cet ouvrage. Hérodote a dû se trouver à Samos aux environs de moins 460 et avait certainement visité le souterrain.

L'île de Samos fait partie des Sporades dans la mer Egée, elle est très proche de la côte turque. L'ancienne capitale, Samos, a été rebaptisée Pythagorion, à cause du célèbre mathématicien et philosophe qui était originaire de cette ville (vers - 580).

Les travaux du tunnel ont été faits, lors de la splendeur de Samos, sous le règne du tyran Polycrate. Il fait partie d'un ensemble d'ouvrages décidés par Polycrate pour faciliter la défense de sa ville et était un élément d'une adduction d'eau entièrement invisible de l'extérieur pour permettre de soutenir un siège de longue durée. On pense qu'il a été utilisé jusqu'à l'époque de Bysance ; retrouvé en 1882, il a été récemment entièrement restauré sur toute sa longueur par des archéologues allemands, et c'est ainsi que j'ai pu le visiter de bout en bout l'été dernier.

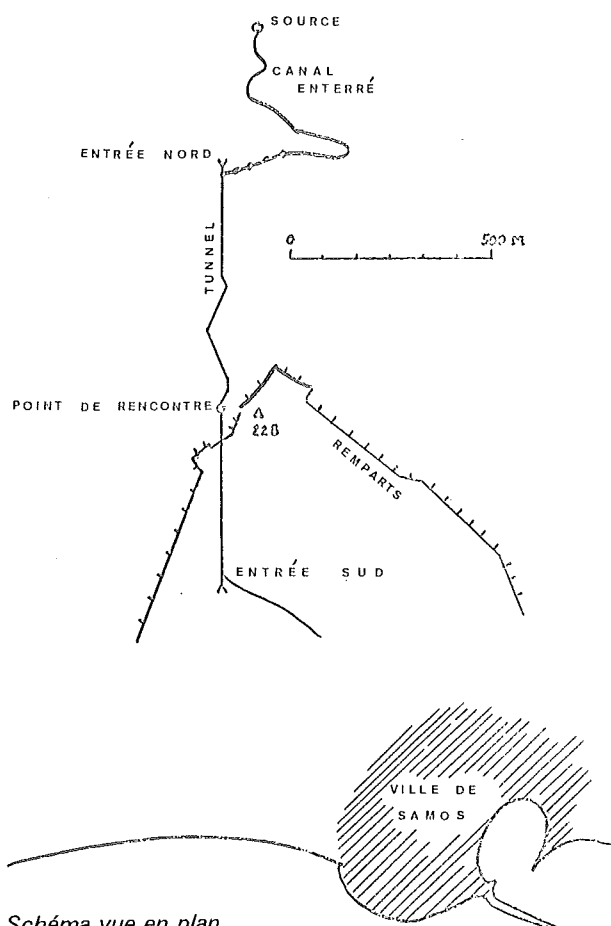


Schéma vue en plan

Je vais maintenant passer à la rapide description de l'ouvrage.

Il est à peu près orienté Nord-Sud. On trouve d'abord un réservoir enterré, puis une canalisation souterraine de 850 mètres de longueur. Sur la majeure partie c'est une tranchée couverte, les derniers 150 mètres étant réalisés en galerie attaquée par des puits. La canalisation, en poterie, aboutit à l'entrée Nord du souterrain. Celui-ci commence par un escalier de 18 marches descendant jusqu'au radier du tunnel proprement dit. Celui-ci est pratiquement horizontal ; il a 1 040 mètres de longueur et à l'extrémité Sud il se termine par un autre escalier montant vers l'extérieur et dont l'entrée est abritée par un petit bâtiment moderne. L'adduction d'eau quitte ce tunnel un peu avant l'extrémité Sud et la conduite extérieure n'a pas été entièrement reconnue. Le tunnel est creusé dans un calcaire blanc massif sous une montagne qui domine le tunnel de 170 mètres environ.

Voici maintenant le profil en travers du souterrain : ses dimensions 1,80 x 1,80. Il est normalement brut, mais certaines sections étaient soutenues suivant le modèle indiqué par le croquis. L'eau ne coulait pas dans le tunnel lui-même (d'ailleurs il était horizontal) mais dans le fond d'un canal creusé au droit de la paroi Est, et dont la profondeur varie de 3,50 m au Nord à 8,50 m au Sud. Ce canal était parfois couvert et parfois laissé ouvert. La pente de la conduite dans le fond de ce canal était donc de 5 °/.

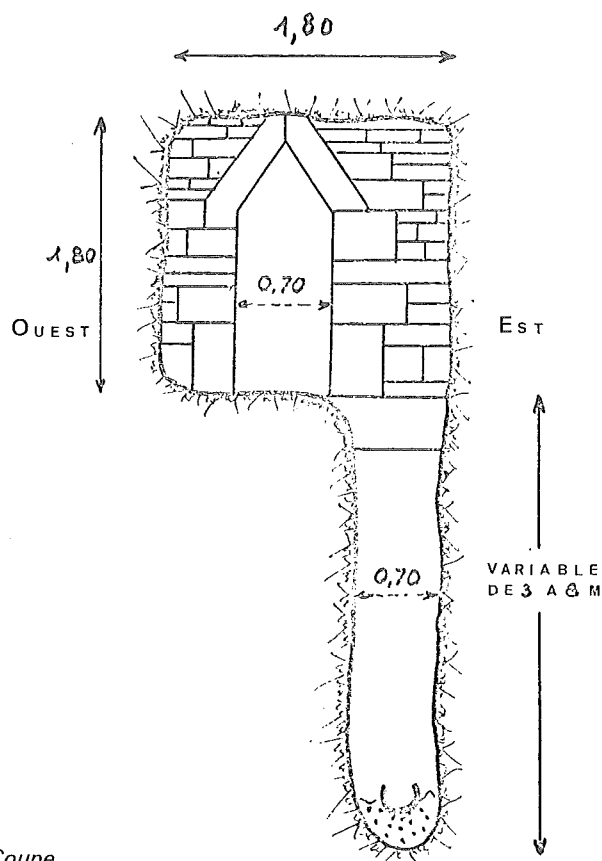
Vous pouvez voir maintenant le profil en long schématique du tunnel.

La durée des travaux n'est pas connue, en général on l'estime à 10 ou 15 ans, mais mes réflexions personnelles me conduisent à penser que 5 ans étaient suffisants avec un effectif inférieur à 100 personnes.

La question qui se pose est de savoir comment Eupalinos avait déterminé la cote et la direction des 2 attaques.

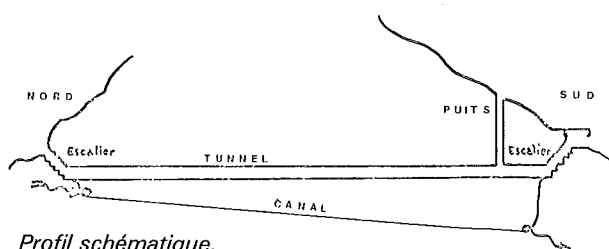
Tout d'abord comment avait été déterminée la direction ?

On doit d'abord détruire la légende qui veut que Pythagore ait été associé à la solution, car à cette époque il avait quitté Samos depuis longtemps.



Coupe

Une autre théorie repose sur un écrit de Héron d'Alexandrie qui vivait 600 ans après les travaux. Cet ingénieur et mathématicien qui vivait au premier siècle après Jésus-Christ, a écrit un certain nombre de traités techniques parmi lesquels son traité sur le dioptré. Il y décrit avec précision cet instrument dont l'invention lui est attribuée. Il donne aussi une application pratique de cet instrument à la solution du problème suivant : déterminer la direction d'un souterrain lorsque les entrées ne sont pas visibles simultanément.



Profil schématique.

Héron résout le problème en disposant un système de coordonnées rectangulaires autour de la montagne, justement avec l'emploi du dioptré. On voit parfaitement le schéma de cette opération sur un manuscrit de la bibliothèque nationale. Il est hors de doute que Héron avait présent à l'esprit le tunnel d'Eupalinos, qui était bien connu dans l'ancien temps, mais cela ne prouve pas du tout qu'Eupalinos l'ait employé ; et d'ailleurs le dioptré n'était probablement pas connu à son époque. Il y a un autre motif qui fait rejeter la méthode de Héron, c'est que même avec des instruments modernes il est pratiquement impossible de faire des visées orthogonales, à altitude constante, autour de la montagne.

Aussi, la solution d'Eupalinos devait être beaucoup plus simple et consister à jalonner une ligne droite, par dessus la montagne, d'une entrée à l'autre. On voit une preuve de cette façon d'opérer dans le fait que les entrées sont situées en des points qui allongent le tracé de la conduite, mais qui sont les seuls permettant d'aligner facilement des jalons par dessus la montagne.

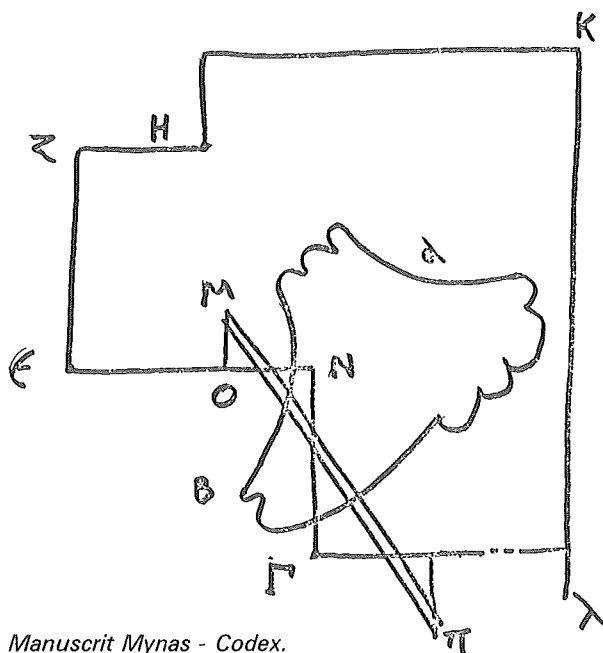
Le pilotage des attaques pendant les travaux, pose aussi un certain nombre de questions.

Tout d'abord on peut remarquer que la partie Sud est parfaitement rectiligne jusqu'au point de rencontre. On peut d'ailleurs apercevoir la lumière du puits Sud jusqu'à une assez grande distance de l'entrée.

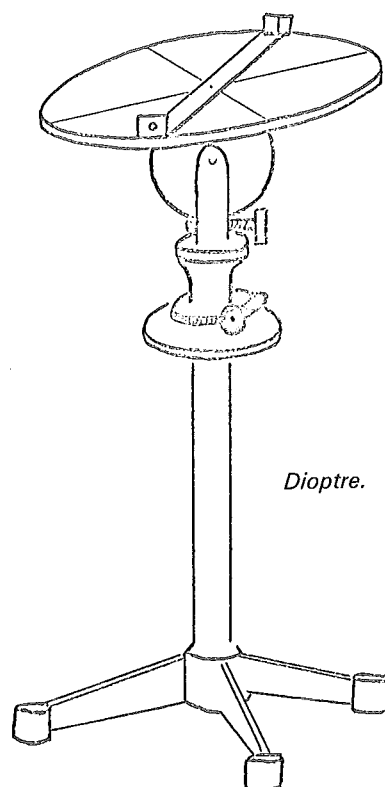
Par contre l'attaque Nord n'est rectiligne que sur 200 mètres et si elle avait continué dans cette direction, elle aurait assez exactement rencontré la galerie Sud. Mais à partir de là le tracé présente plusieurs coudes : il recoupe plusieurs fois la ligne théorique pour finalement rencontrer la galerie Sud dans un coude. L'écart maximum sur la ligne théorique est de 30 mètres à l'Ouest. Ce n'est certainement pas le hasard qui est responsable de ces coudes.

D'abord l'angle qui définit les coudes est d'environ 22° . Il est permis de penser que $22^\circ,5$ étant la moitié de 45° ce devait être une mesure facile à réaliser.

Ensuite, la distance à laquelle ces coudes ont été faits semble bien avoir été déterminée d'avance.



Manuscrit Mynas - Codex.



En effet on a retrouvé sur les parois du tunnel un très grand nombre de marques peintes correspondant soit à des mesures de longueur, soit à des indications de niveau. On a retrouvé 5 systèmes différents de mesures de longueur. Ils sont tous caractérisés par une lettre utilisée comme numérotation accompagnée ou non d'un trait vertical. Parmi ces systèmes il y en a un qui présente 2 zéros, l'un au Nord, l'autre au Sud et dont les lettres sont situées à gauche ou à droite d'un trait vertical. L'espacement entre deux traits verticaux est de 20,60 m, les longueurs étant mesurées suivant l'axe de la galerie. Sur une cinquantaine de marques d'origine, il en reste 27 visibles.

Le point de rencontre se situe presque exactement à la 21^e marque depuis le Sud et à la 30^e depuis le Nord. La longueur exacte du tunnel est ainsi de 51 unités, alors qu'elle aurait été de 50 suivant la ligne droite théorique. L'unité choisie a dû l'être en fonction de la longueur du tunnel car elle n'est pas un multiple exact des unités de longueur en usage à l'époque.

Pour en revenir à nos coudes, il est frappant de constater qu'ils correspondent avec précision à une marque de longueur. En particulier le coude correspondant au plus grand écart vers l'ouest se trouve exactement à la 20^e marque depuis l'origine Nord.

Il est donc absolument certain que ces zigzags de la galerie Nord sont volontaires. Ce qui m'a beaucoup étonné c'est que les archéologues allemands qui ont fait tout le travail de recherche et de dépouillement des mesures d'Eupalinos, se posent des questions sur la raison qui l'a conduit à faire des coudes alors que cela semble particulièrement évident.

Eupalinos a dû se rendre compte que si les deux attaques étaient rectilignes, compte tenu de l'imprécision de ses mesures, il avait de fortes chances de

rater la rencontre, alors qu'en faisant des ondulations en plan, il augmenterait sérieusement la probabilité de rencontre, sans augmenter sensiblement la longueur du tunnel.

Reste le problème du nivellement qui est beaucoup moins clair.

D'abord quelques indications sur la précision des mesures d'Eupalinos : le radier de l'entrée est à la cote 55,26 au Sud et 55,83 au Nord, soit une différence de 57 cm. Lorsque les attaques sont arrivées à proximité du point de rencontre, soit 25 mètres au Sud et 27 mètres au Nord, les radiers étaient à la cote 55,17 au Sud et 55,48 au Nord : c'est-à-dire que les écarts par rapport à l'horizontale d'origine étaient de moins 9 cm au Sud et de moins 35 cm au Nord. A ce moment là, Eupalinos a eu un cas de conscience et il a brusquement corrigé la hauteur des deux attaques : il en est résulté une différence de près de deux mètres entre les niveaux des radiers, au point de rencontre, alors que s'il n'avait rien changé l'écart n'était que de 30 centimètres.

En ce qui concerne les moyens de nivellement de l'époque, on ne sait pas grand chose.

Vitruve qui vivait au 1^{er} siècle avant Jésus-Christ a décrit un appareil nommé "chorobate", qui était en usage à cette époque et qui était un niveau à eau de grande dimension. Était-il en usage du temps d'Eupalinos, nous n'en savons rien. En tout cas, qu'Eupalinos ait fait le nivellement par dessus la montagne ou en faisant le tour, ce qui est moins probable vu la longueur du cheminement horizontal, la précision obtenue est étonnante. Si le nivellement a eu lieu par dessus la montagne, il faut compter 70 visées pour des piquets de 5 mètres et la précision des mesures, pour une distance de 15 mètres en moyenne entre piquets, aurait été de l'ordre de quelques centimètres.

On peut se poser aussi la question suivante : quelle est la raison de la profonde tranchée latérale pour installer la conduite d'eau ? Il aurait été évidemment plus simple de construire le tunnel avec la pente voulue de 5°/100. Je pense que creuser une galerie horizontale était déjà un problème suffisamment compliqué à l'époque pour qu'Eupalinos n'ait pas cherché à le rendre encore plus difficile en adoptant une galerie à pente constante.

Dans les mêmes conditions que pour les repères de distance, on a retrouvé beaucoup d'indications de nivellement sur les parois du tunnel : sur les 2/3 de la longueur, car le tiers en est caché par le soutènement ou par des coulées d'argile, on a relevé 430 marques de niveau, appartenant à 5 systèmes différents, et répartis sur 1,30 m de hauteur de parois.

Tous ces systèmes présentent des décalages en niveau à des distances pouvant correspondre à la portée optique d'un appareil de nivellement. Malgré que ces repères soient tracés avec précision, épaisseur du trait 1 cm et visiblement tracés à la règle, on n'a retrouvé aucune continuité horizontale pouvant avoir donné le nivellement du tunnel proprement dit. Comme ces marques sont uniquement sur la paroi Est qui est celle de la tranchée du canal, et que sur une certaine longueur l'un des systèmes est exactement parallèle à la canalisation, on peut penser que ces indications concernaient seulement le travail de creusement de la tranchée et l'implantation de la conduite.

Ainsi que vous le voyez, il reste encore pas mal de points obscurs dans la façon dont a été exécutée la topographie de cet ouvrage : en particulier je serais très reconnaissant à ceux qui auraient des renseignements sur les moyens de topographie employés dans l'antiquité, de bien vouloir me les communiquer.

Pour terminer, on doit observer que le souterrain de Samos est un ouvrage tout à fait remarquable à plus d'un titre : l'originalité de sa conception et son exécution avaient même frappé les anciens. Ainsi Hérodote indique que les trois plus grands ouvrages que possède la Grèce, se trouvent à Samos : le tunnel d'Eupalinos, une digue de protection du port, qui fait 350 mètres de longueur pour 30 mètres de fond, et le temple d'Héra, le plus grand de tous les temples connus. Mais il cite en premier le tunnel.

Eupalinos de Mégare était donc certainement un génial précurseur ; c'était un ingénieur et un topographe hors pair ; il est heureux que, grâce à Hérodote, son nom soit parvenu jusqu'à nous, et que grâce aux travaux de restauration récents, son œuvre soit enfin mieux appréciée.

■

Impact des centrales de production d'énergie électrique sur l'environnement

par C. DESMOULINS
Chef du Service Études à EDF
(Région Marseille)

PRÉAMBULE

Les effets des centrales de production d'énergie sur l'environnement font l'objet depuis de nombreuses années d'études approfondies dans différents domaines.

Les résultats de ces études étaient, jusqu'à ce jour, portés à la connaissance du public et des administrations dans le cadre des différentes procédures administratives qui réglementent l'implantation des centrales thermiques classiques ou nucléaires.

Depuis le mois de juillet 1976, la loi sur la protection de la nature formalise "l'étude d'impact", le décret d'application d'octobre 1977 de l'article 2 de ladite loi définit, dans ses grandes lignes, le contenu de cette étude qui est désormais obligatoire pour tous les projets soumis à enquête publique dès le 1^{er} janvier 1978.

Pour le cas particulier des centrales nucléaires, une circulation ministérielle, élaborée par les Ministères de l'Environnement et du Cadre de Vie, de l'Industrie, de l'Agriculture, définira très prochainement dans le détail le cadre de cette étude d'impact.

Il est bien évident que ce n'est pas en si peu de temps que je pourrai aborder tous les impacts de tous les types de centrale. C'est pourquoi je me limiterai à l'impact thermique. Par contre, dans la discussion qui suivra, j'essaierai de répondre à toutes les questions que vous voudrez bien me poser en ce qui concerne les autres impacts.

RAPPEL DES DONNÉES GÉNÉRALES SUR LA RÉFRIGÉRATION

La réfrigération est l'une des fonctions essentielles qui connecte la centrale au milieu extérieur. La thermodynamique (Principe de Carnot) impose le transfert à une source froide d'une partie de la chaleur produite par la source chaude, si l'on veut qu'un travail soit produit au cours du cycle décrit par le fluide thermodynamique. Cette source chaude est constituée par la chaudière pour le thermique classique et par le réacteur pour le thermique nucléaire.



Dans le cas de nos centrales les rendements sont les suivants :

- 40 à 42 % pour le thermique classique,
- 33 % pour le nucléaire, filière PWR.

On remarque donc, dans ce dernier cas, que les 2/3 de la chaleur produite va vers le milieu extérieur, milieu qui, on le verra dans quelques instants, peut être soit l'eau, soit l'air.

En d'autres termes, pour une tranche de 1000 MW, 2000 MW seront rejetés à "l'extérieur" dans le cas d'une tranche nucléaire alors que dans le cas d'une tranche classique il n'en sera rejeté que 1500 MW.

Si j'ai pris un peu de temps pour rappeler ces quelques chiffres, c'est pour montrer qu'en fait le problème des rejets thermiques n'est pas un problème lié au nucléaire et qu'avec les centrales classiques nous serions confrontés à des rejets du même ordre de grandeur.

Comme je vous l'ai précisé il y a quelques instants, il y a deux façons d'évacuer les calories dans le milieu environnant :

- dans un cas nous avons affaire au circuit dit ouvert,
- dans l'autre cas au circuit dit fermé (voir figure 1).

Dans le premier cas la totalité des calories est rejetée à la rivière ou à la mer ; dans le second cas la plus

-- CIRCUITS DE REFRIGERATION --

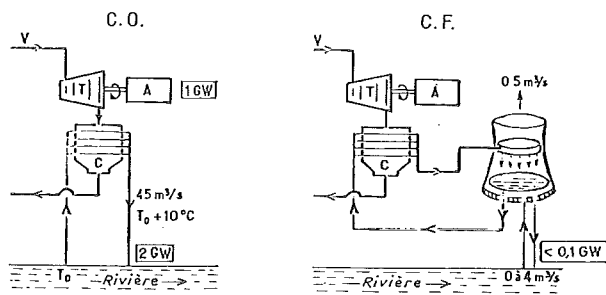


Fig. 1

grande partie des calories est rejetée à l'atmosphère, une très faible partie (de l'ordre de 5 %) allant à la rivière.

Comme vous pouvez le constater, les débits en jeu sont importants :

On a parlé ces dernières années de 200 GW en l'an 2000 qui nécessiteraient donc un débit de réfrigération en circuit ouvert de près de 10.000 m³/s ; pour prendre des chiffres plus probables, ceux de la prochaine décennie : 70 GW en 85 nécessiteraient près de 3000 m³/s de débit de réfrigération, chiffres à rapprocher des débits des fleuves français à l'étiage :

- 50 m³/s pour la Seine à Paris
- 350 m³/s pour le Rhin à Bâle
- 400 m³/s pour le Rhône à Beaucaire

Ces données font apparaître d'une manière évidente qu'il fallait abandonner les circuits ouverts sur rivières, à quelques exceptions près, et prendre l'orientation suivante :

- circuits ouverts sur le littoral
- circuits fermés sur les fleuves et rivières.

Les programmes à court et moyen termes permettent de donner les pourcentages suivants :

	Énergie produite		
Sur le plan général	1975	1985	1990
mer			
mer + rivière	20 %	26 %	32 %
Sur le plan rivière			
circuit ouvert	87 %	47 %	30 %
circ. ouv. + circ. fer.			

IMPACT THERMOÉCOLOGIQUE

En fonction du système de refroidissement retenu, la nature des impacts est différente.

Pour les centrales refroidies en circuit ouvert, l'eau chauffée est rejetée directement dans le milieu naturel et les études porteront principalement sur les écosystèmes aquatiques.

Pour les centrales refroidies en circuit fermé, la puissance résiduelle est rejetée à l'atmosphère par l'intermédiaire de réfrigérants atmosphériques de

grande taille qui injectent dans l'air ambiant un flux d'air chaud saturé de vapeur d'eau.

Nous allons nous intéresser, dans un premier temps, aux niveaux de température atteints dans les mers et rivières en fonction des équipements projetés.

IMPACT THERMIQUE

Des études prévisionnelles sont réalisées par E.D.F. afin de déterminer la répartition des flux thermiques et des courbes isothermes au voisinage des centrales.

Ces études sont réalisées à partir de modèles mathématiques de simulation qui prennent en compte le mélange et la diffusion dans l'eau, les courants et les échanges avec l'atmosphère.

Les résultats sont très différents suivant l'hydrodynamique du site, aussi nous examinerons successivement le cas des centrales situées sur des mers à marées, sur des mers sans marées, sur les estuaires et sur les rivières.

1. Sites marins avec marées

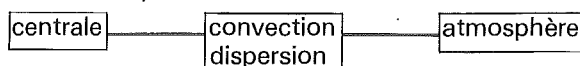
Très schématiquement l'on peut dire que l'échauffement des eaux résulte d'un équilibre entre :

- la source d'énergie que présente le rejet de la centrale
- et
- le puits d'énergie que constitue les échanges atmosphériques.

Entre cette source et ce puits le mécanisme de transfert se fait par :

- convection
- et
- dispersion,

les deux phénomènes étant dus aux courants



Toute la complexité réside dans le transfert par convection et dispersion. Ce sont ces phénomènes qui gèrent le bilan thermique de chaque particule d'eau : ce bilan résulte :

- du nombre de fois qu'une particule passe par la centrale pour se charger en calories au gré des marées
- de la distance qu'elle parcourt ensuite en libérant ses calories soit au profit des particules voisines, soit dans l'atmosphère.

Les facteurs de **convection** sont :

- les courants de marée
- les courants induits par la centrale (prises et rejets d'eau).

Les vitesses n'étant pas les mêmes sur une verticale, il en résulte des échanges possibles entre les différentes colonnes se déplaçant à la vitesse moyenne des particules qu'elles contiennent ; ces échanges sont la cause du phénomène de **dispersion**. Ce phénomène suit les lois de la diffusion avec un coefficient pour nos écoulements qui est de l'ordre de 5 m²/s.

Convection et dispersion étalent les eaux réchauffées sur une certaine superficie où l'atmosphère puisera les calories.

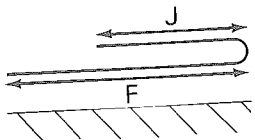
Nous allons maintenant comparer les résultats des calculs sur deux sites voisins :

- PALUEL situé en Manche orientale
- GRAVELINES situé en mer du Nord.

Conditions de calcul :

SITE DE PALUEL

- Puissance installée 5 GW (puissance rejetée 10 GW).
- Le champ des vitesses de la marée est reconstitué à partir de campagnes de poursuites de flotteurs et des enregistrements de courantographes. Ces mesures font apparaître des dérives de 1 à 4 km. Je voudrais rappeler ici ce que l'on appelle dérive. Au cours d'une marée, pendant le flot, les particules parcourent une distance F mais reculent ensuite d'une distance J pendant le jusant.



La différence F-J est ce que l'on appelle dérive. Au cours du flot et du jusant les particules peuvent se faire aspirer, réchauffer et rejeter. Certaines d'entre elles peuvent subir ce "recyclage" plusieurs fois mais la dérive en limite les possibilités.

- La dispersion est prise à $5 \text{ m}^2/\text{s}$ dans les deux directions.
- Le coefficient d'échange vaut $A = 100 \text{ W/m}^2\text{C}$.

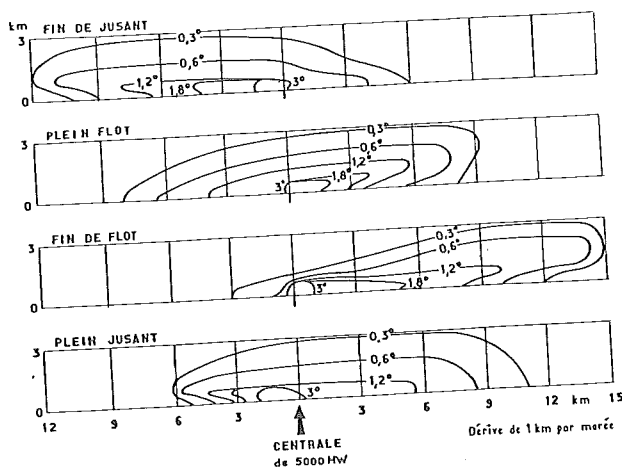
SITE DE GRAVELINES

- Puissance installée 3,6 GW (puissance rejetée 7,2 GW).
- Le champ de vitesse de marée a été mesuré sur le modèle réduit du Port de DUNKERQUE. La dérive est de l'ordre de 3 à 4 km par marée.
- Les coefficients de dispersion et d'échanges atmosphériques sont les mêmes que précédemment.

Les figures 2 et 3 indiquent pour le site de PALUEL les surfaces échauffées et les isothermes.

Fig. 2

SITE DE PALUEL -



Courbes d'egal échauffement pour une Centrale de 5000 MW Nucléaire - Site à faible dérive longitudinale et sans effet de cap

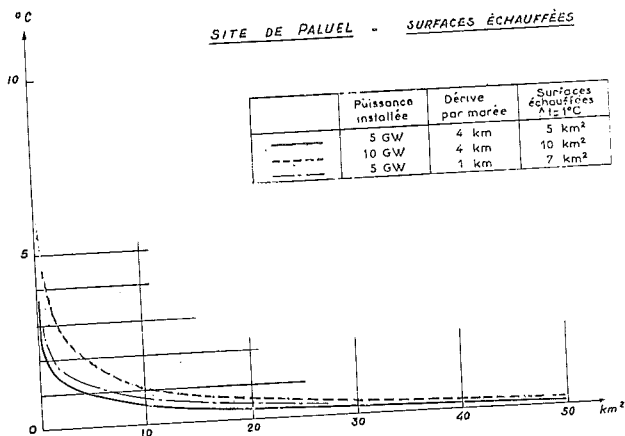


Fig. 3

La figure 4 permet de comparer les surfaces échauffées pour deux sites marins : PALUEL et GRAVELINES. On peut observer que pour des puissances identiques la surface à l'intérieur de laquelle l'eau est échauffée de 1°C est sensiblement le double à GRAVELINES, ce phénomène étant principalement dû à la présence des digues du port de DUNKERQUE.

D'autres études similaires ont été faites pour les sites de FLAMMANVILLE (Cotentin) et PENLY (Pays de Caux) : les surfaces échauffées de plus de 1°C sont sensiblement identiques sur ces deux sites et de l'ordre de 5 km^2 , donc inférieures à celle de PALUEL.

2. Sites marins sans marées

Si pour les sites marins avec marées, compte tenu des profondeurs relativement faibles, les eaux se mélangent très rapidement sur la verticale, il n'en est rien en Méditerranée ; on ne peut plus considérer que la température est homogène verticalement, d'où la nécessité d'un modèle à trois dimensions.

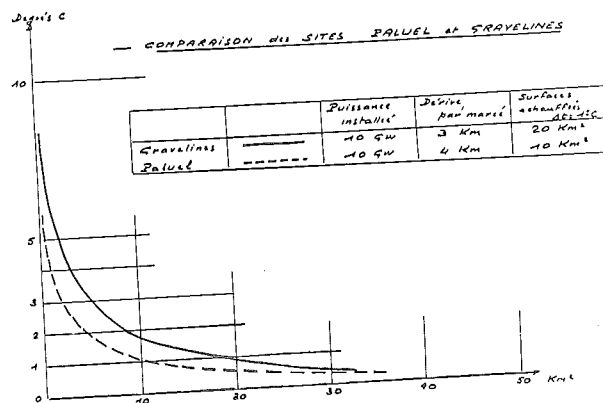
De plus, en Méditerranée, l'absence de forts courants fait que la flottabilité du jet d'eau chaude devient un paramètre essentiel. Le problème apparaît donc dans sa complexité maximale.

- tridimensionnel
- soumis aux facteurs météorologiques.

Pour les calculs il sera distingué deux zones :

- zone d'influence du jet
- zone non soumise au jet

Fig. 4



Zone d'influence du jet

Dans cette zone la dynamique de l'écoulement est principalement influencée par :

- vitesse du jet
- l'effet de flottabilité
- les vents
- les courants
- l'aspiration de la prise.

Pour cette étude E.D.F. dispose d'un modèle de jet flottant soumis à l'action du vent et des courants transversiers faibles (vitesse du courant $\frac{1}{10}$ vitesse du jet).

Zone non soumise au jet

Le jet a une quantité de mouvement initial ; par entraînement, il accroît sans cesse le débit d'eau déplacée et les vitesses diminuent. Lorsque la vitesse est devenue suffisamment faible la dynamique de l'écoulement est influencée par les courants, il se forme alors une tache et le champ thermique ne dépend plus que de trois paramètres :

- courants
- dispersion dans les courants
- échanges atmosphériques.

Les figures 5 et 6 font apparaître l'influence du facteur vent. Pour ce type d'études il est indispensable de faire intervenir la notion probabiliste des directions de vent.

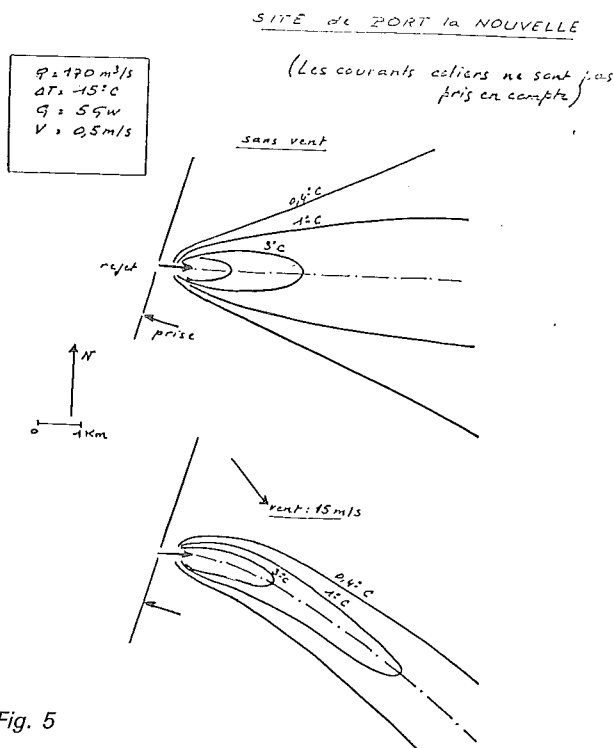


Fig. 5

En effet, les taches thermiques et les surfaces échauffées qui apparaissent sur les figures 5 et 6 sont des images relatives à un régime permanent. Or, l'obtention de ces régimes étant de l'ordre de 7 à 10 jours la dimension de la tache pour un t déterminé sera sans cesse modifiée compte tenu des régimes des vents de cette région pendant l'été. Ces régimes de vent peuvent se résumer ainsi :

- vent de N.O. 40 % du temps
- vent de S.E. 20 % du temps

SITE DE PORT LA NOUVELLE

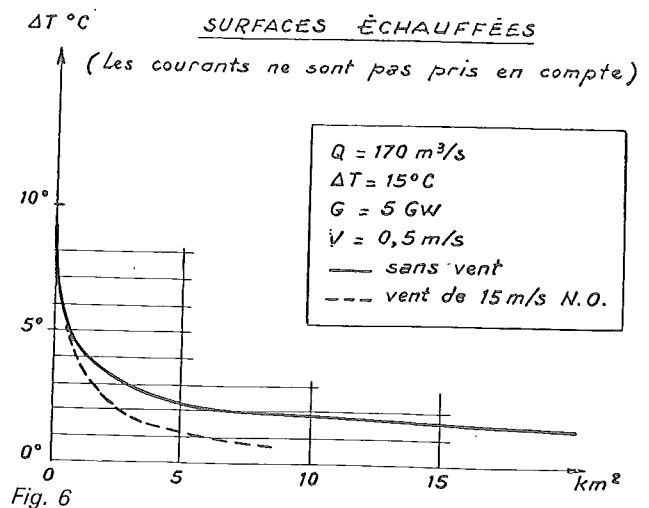


Fig. 6

- vent d'E. 13 % du temps
- calme plat 27 % du temps

D'où la notion d'enveloppe.

3. Sites d'estuaire

Deux paramètres règlent essentiellement l'hydraulique de l'estuaire :

- la marée qui va déterminer la distance parcourue par une particule d'eau pendant un jusant et un flot.
- les débits fluviaux de la Garonne et de la Dordogne qui assurent une dérive des particules vers la mer. Plus ces débits seront grands, plus faible sera le nombre de passages d'une tranche d'eau devant la centrale. Comme à chaque passage l'eau reçoit une certaine quantité de chaleur, la quantité de chaleur globale reçue par une tranche d'eau sera d'autant plus faible.

Outre les effets de la convection due à la marée et aux débits fluviaux l'échauffement de l'estuaire sera lié :

- à la dispersion due à la disparité des vitesses dans une section
- aux échanges atmosphériques
- aux échanges avec l'océan.

Les études ont été menées au moyen d'un modèle mathématique de l'estuaire de la Gironde. Il s'agit là d'un modèle unidimensionnel à trois branches : Dordogne, Garonne et Gironde.

Les calculs montrent que pour :

- une marée moyenne de coefficient 70
- des débits d'étiage moyen : Dordogne 100 m³/s et Garonne 200 m³/s
- 4,5 GW installés :

l'échauffement moyen de l'estuaire se fera sentir sur environ 20 km et il sera de l'ordre de 1,5°C (fig. 7).

La même étude a montré qu'une centrale implantée à Saint-Androny, soit à 10 km à l'amont du Blayais, aurait échauffé la Gironde de l'ordre de 2°C et que la même centrale située à Ambès, 30 km à l'amont, aurait échauffé l'estuaire de 4°C. Ceci est dû à la décroissance des débits de marées qui sont de l'ordre de 20 000 m³/s à Blayais, 14 000 m³/s à Saint-Androny et 8 000 m³/s à Ambès.

Une étude sur modèle physique à eau chaude a recoupé de façon remarquable ces résultats, un exemple en est donné sur la figure 8.

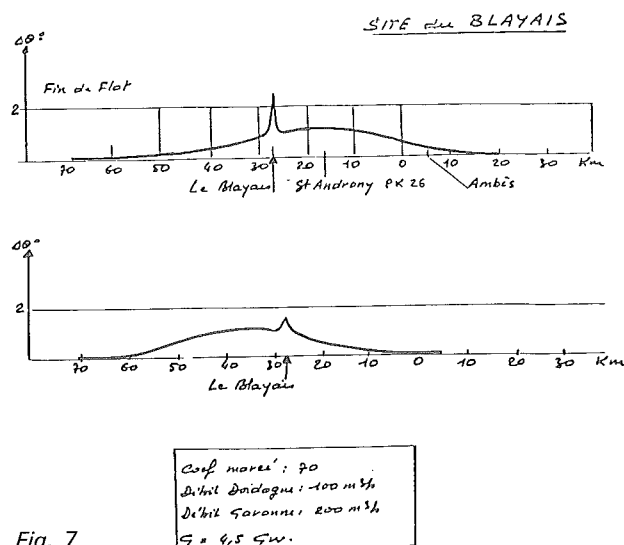


Fig. 7

4. Sites de rivières

Nous disposons là aussi d'un outil mathématique qui est un modèle de simulation thermique.

Ce modèle a été étalonné et contrôlé sur diverses rivières de la région parisienne et des applications récentes ont été faites sur le Rhône, le Rhin, la Moselle, la Seine, la Loire.

En quoi consiste ce modèle ? Il simule les échanges atmosphériques qui existent entre le cours d'eau et l'atmosphère et permet de reconstituer, à partir de données atmosphériques (températures, hygrométrie, vents, etc...), la température de la rivière. De longues chronologies atmosphériques sont nécessaires pour connaître statistiquement les niveaux thermiques et les échauffements induits par un rejet industriel de chaleur.

Pour le Rhône, notamment, dont je vous donne ici les résultats globaux de l'étude, les données d'entrée

ont porté sur une période de 15 ans, le pas de temps étant de 3 heures (fig. 9).

Principe du modèle

La variation de la température d'une masse d'eau résulte des échanges d'énergie entre cette masse d'eau et le milieu environnant. Pour un cours d'eau ces échanges ont lieu principalement à la surface libre (les échanges avec le sol sont négligeables).

Le bilan énergétique s'écrit pendant le temps :

$$CV \frac{dT}{dt} = (Rs + Ra + P - Re - Cv - Ce) S$$

V : Volume de la masse d'eau considérée

S : Aire de la surface libre

: Masse spécifique de l'eau

C : Chaleur spécifique de l'eau

Rs : Flux de chaleur dû au rayonnement solaire

Ra : Flux de chaleur dû au rayonnement atmosphérique

P : Flux de chaleur artificiel

Re : Flux de chaleur dû au rayonnement du plan d'eau

Cv : Flux de chaleur dû à la convection

Ce : Flux de chaleur dû à l'évaporation

Le pas de temps choisi est de 3 heures (pas de temps des données de la Météorologie Nationale). L'équation permet de calculer en tout point de la rivière :

- la température naturelle
- la température après échauffement
- en tenant compte :
 - de la géométrie de la rivière (vitesse moyenne, profondeur moyenne)
 - de l'hydrologie (affluents)
 - des conditions météorologiques.

Réglage du modèle

L'opération consiste à comparer en un certain nombre de points les températures calculées et les températures mesurées et de "jouer" sur les coefficients sans dimension qui interviennent dans l'équation du bilan thermique.

CENTRALE NUCLEAIRE DU BLAYAIS — 2 TRANCHES

INFLUENCE THERMIQUE SUR LA GIRONDE

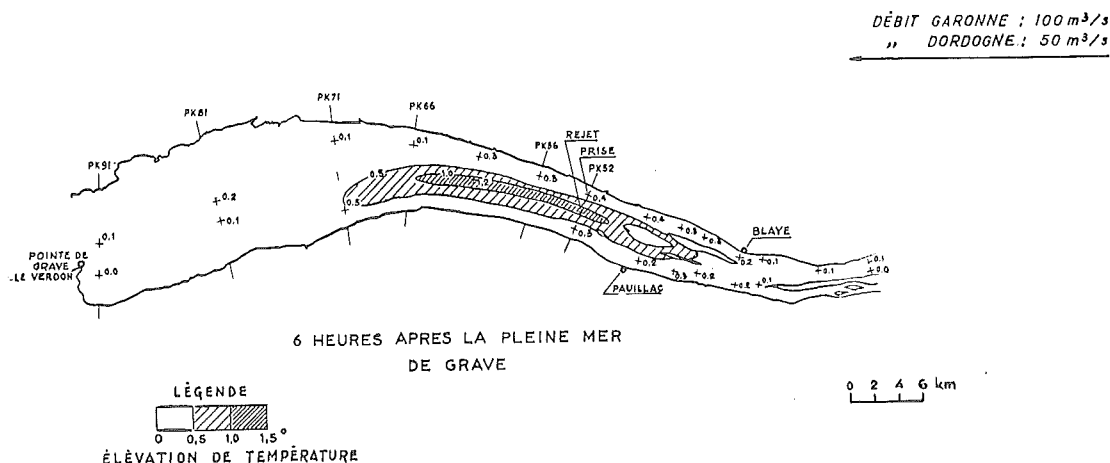


Fig. 8

	Fréquence de dépassement de :			Echauffement dépassé :	
	23°C	25°C	30°C	50 % du temps	10 % du temps
<u>CREYS</u>					
. état naturel	1 %	0,1 %	0 %		
. état échauffé \	1,6 %	0,4 %	0 %	1,2°C	2,6°C
<u>BUGEY</u>					
. état naturel	1 %	0,1 %	0 %		
. état échauffé	9 %	3,5 %	0 %	3,2°C	6,3°C
<u>LYON</u> avant confluent Saône					
. état naturel	1 %	0,1 %	0 %		
. état échauffé		2,7 %	0 %	1,8°C	3,7°C
<u>RHÔNE CENTRAL</u>					
<u>ST MAURICE</u>					
. état naturel	2 %	0,1 %	0 %		
. état échauffé (2 tr. CO) (2 tr. CF)	11,9 %	4,9 %	0 %	1,8°C	4°C
<u>TRICASTIN</u>					
. état naturel	0,5 %	0 %	0 %		
. état échauffé (2 tr. CO) à Rhône Central)	8 %	2,2 %	0,2 %	1,8°C	3,2°C
<u>ARAMON</u>					
. état naturel	2 %	0,1 %	0 %		
. état échauffé (2 tr. CO) à Rhône Central)	8 %	1,7 %	0 %	1,2°C	2,3°C

Fig. 9

Fig. 10

__ METHODOLOGIE DES ETUDES BIOLOGIQUES __

IMPACT BIOLOGIQUE

Comme précédemment je diviserai volontairement l'exposé en deux parties, la première partie portant sur le milieu marin, la seconde sur l'eau douce.

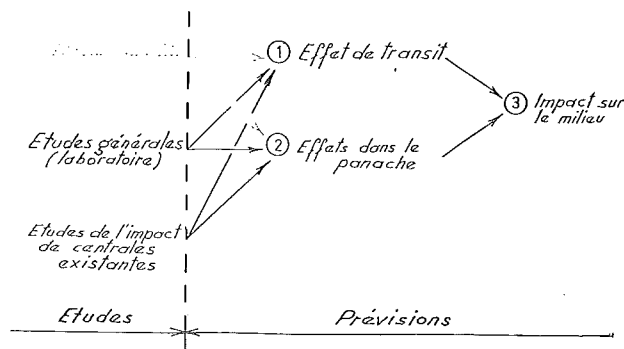
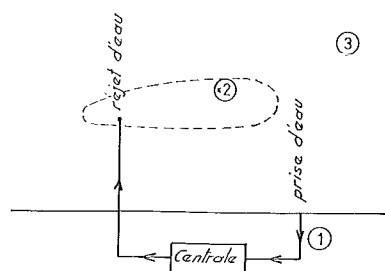
A. CENTRALES SITUÉES SUR LE LITTORAL

Les prévisions de l'impact écologique d'un rejet d'eau chaude sur le milieu marin reste un problème beaucoup plus délicat que l'estimation de l'étendue de la zone échauffée.

Cet impact sera la résultante de :

- des effets de transit dans les circuits de refroidissement
- des effets dans le panache d'eau échauffée.

La prévision de ces deux effets est elle-même très complexe, elle nécessite pour chaque site la connaissance détaillée du milieu et des études de simulation thermique de la manière vivante (fig. 10).



1. Études de sites et études générales

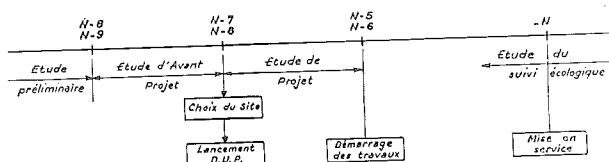
L'organisation de ces études a été exposée au cours des journées de la thermoécologie qui se sont tenues au CNEXO à BREST il y a 2 ans et qui avaient rassemblé 150 chercheurs du milieu marin, je les résumerai brièvement :

On distingue : (fig. 11).

— Les études préliminaires et d'avant projet : (N-9 à N-8)

Ces études ont pour but de déterminer le niveau de sensibilité écologique du site, elles durent 12 mois, soit un cycle biologique et sont surtout basées sur des mesures faites in situ ; elles sont confiées à des organismes spécialisés : Institut des Pêches, C.N.E.X.O., Laboratoires Universitaires.

SCHEMA DU DÉROULEMENT DES ÉTUDES ÉCOLOGIQUES



— Études de projet (de N-8 - N-6)

Ces études du milieu très complètes, menées pendant 2 ans, ont pour but de définir un état de référence détaillé avant l'implantation de la centrale et de dégager les paramètres principaux caractéristiques du milieu.

Elles comprennent des mesures des paramètres hydrobiologiques essentiels, un inventaire de la flore et de la faune, des estimations de biomasse et de production.

— Étude de surveillance (de N-2 à N+4)

Commencées deux ans avant la mise en service de la centrale, elles se poursuivent pendant son fonctionnement. Elles sont destinées à contrôler les perturbations éventuelles du milieu et à réajuster les études d'impact sur le milieu des prochains sites.

— Études générales réalisées en laboratoire

Ces études sont réalisées depuis 1975 dans plusieurs laboratoires dont les principaux sont les suivants :

Laboratoire de l'ISTPM
Laboratoire du CNEXO
Laboratoire du Professeur PERES à Marseille
Laboratoire du Professeur PARIS à Sète
Laboratoire du Professeur LUBET à Caen

Elles ont pour but de rechercher l'action d'un choc thermique sur diverses espèces planctoniques. Ces organismes ont été soumis pendant des durées variables à des échauffements pouvant atteindre 17°C. Ces expériences ont permis de constater que ces organismes étaient peu sensibles au choc thermique proprement dit mais que la température résultant de l'échauffement influait de façon prépondérante sur la survie des espèces expérimentées, une durée plus longue d'exposition accentuant le caractère léthal d'une température élevée.

Ces expériences ont mis en valeur la résistance de ces organismes (algues unicellulaires, larves de mollusques, de crustacés, œufs et larves de poissons) à l'action de la température car des mortalités de 50 % de l'effectif ne surviennent dans ces conditions expérimentales que pour des valeurs supérieures à 30°C.

Ce bref rappel sur les études de base étant fait, revenons aux effets de transit et aux effets dans le panache.

2. Effets de transit

On débordera ici des problèmes thermiques qui ne sont qu'un aspect du problème.

Dans le milieu marin les effets directs les plus à craindre porteront sur le plancton, les larves de poissons ou de jeunes poissons qui entrent ou transitent dans les circuits de refroidissement de la centrale. Il est connu que les organismes qui transitent dans ces circuits sont soumis à des chocs dits mécaniques, chimiques ou thermiques.

— Les chocs mécaniques

Ils sont liés au passage dans la station de pompage et de filtration et, dans une moindre mesure, dans les galeries d'amenée et de rejet et dans le condenseur. Un effet de variation de pression peut être à craindre.

— Les chocs dits thermiques

Ils proviennent de l'élévation très rapide de la température au cours du passage dans le condenseur de la centrale ; en moins d'une dizaine de secondes la température de l'eau peut être élevée de 8 à 15°C. En pratique il semble que ce choc thermique ne soit le principal effet thermique, mais que le problème réside plutôt dans le niveau final de la température qui peut pour des échauffements très forts et en été, correspondre à des températures ayant des effets létaux ou sublétaux.

— Les chocs chimiques

Ils proviennent de la nécessité de protéger les circuits du "fouling" par des organismes marins ; la prolifération de moules par exemple peut conduire à des dommages très sérieux. Le maintien d'un état de propreté suffisant des tubes du condenseur peut se faire soit par nettoyage mécanique, soit aussi par injection d'un produit biocide.

La pratique la plus courante est l'injection de chlore ou d'hypochlorite de sodium dans l'eau de circulation à faibles doses (habituellement de 0,5 à 1 mg/l) de façon continue durant toute la période pendant laquelle la température de l'eau de mer est supérieure à 10°C ou 12°C le reste de l'année des injections intermittentes à doses plus importantes sont pratiquées pour maintenir l'état de propreté correcte.

En résumé, des expériences in situ et en laboratoire, menées ces dernières années dans divers pays, ont permis de donner une estimation des effets de ce transit sur le plancton marin :

— Sur le phytoplancton les chocs thermiques et mécaniques ont un effet pratiquement négligeable ; en revanche la chloration même à faible dose arrête complètement la production primaire ; même dans le panache d'eau chaude après mélange les effets de la chloration restent sensibles, ce n'est

qu'après une forte dilution (correspondant à des teneurs en chlore résiduel inférieures à 0,05 mg/l) que la production primaire reprend ; elle est alors favorisée par l'élévation de la température. Le bilan final est positif.

- Sur le zooplancton les chocs mécaniques et thermiques ne semblent avoir qu'un effet très limité. Des mortalités inférieures à 20 % peuvent être considérées comme une estimation majorante. Les effets de chloration ne sont pas franchement élucidés, elle aggrave très certainement la situation sans que les mortalités deviennent très importantes.

En revanche, il paraît difficile d'éviter une importante mortalité pour les larves et juvéniles entrant dans le système de réfrigération : les écrans qui peuvent être utilisés pour les poissons adultes ne sont guère efficaces pour les jeunes. Ce peut être un point à prendre en considération quant au choix du site ou de la position de la prise d'eau en mer. L'expérience actuelle n'a pas montré que cela constituait un problème, mais pour des sites particuliers le risque existe peut-être.

3. Effets dans le panache d'eau chaude

Le panache d'eau chaude peut affecter directement les organismes benthiques fixes ou sédentaires vivant sur le fond ou les zones intertidales ; les modifications des peuplements benthiques seront limitées aux zones où l'échauffement reste élevé, en pratique il s'agit d'un domaine extrêmement limité, quelques centaines de mètres carrés. Elles porteront sur l'abondance et la diversité des peuplements ; sauf si le milieu récepteur était totalement échauffé ces modifications ne peuvent avoir de répercussions perceptibles sur les ressources du milieu.

Ces modifications peuvent aller dans le sens d'une augmentation de l'abondance et de la diversité dans des zones naturellement froides ou vers un appauvrissement là où les espèces benthiques sont particulièrement sensibles. Il est en général délicat de traiter de ce problème et les expériences à ce sujet sont souvent contradictoires ; en tout état de cause son importance est des plus limitée.

Les poissons peuvent aussi être affectés par le panache d'eau chaude, il est connu qu'ils peuvent éviter le plus souvent une zone où la température leur est défavorable. Pourtant des mortalités de poissons sont rapportées, mais elles concernent des épisodes d'arrêt brutal du fonctionnement d'une centrale entraînant une baisse brutale de la température dans le milieu récepteur.

Peut-il exister une barrière thermique pour la migration des poissons dans un estuaire ou le long d'une côte ? Non, d'après certaines observations in situ comme la remontée du saumon dans la Columbia River ou l'apparition de nouvelles frayères de harengs au voisinage de la centrale de BRADWELL. Mais cela est un peu en contradiction avec l'observation faite qui montre que le poisson évite les zones de températures défavorables. Probablement le comportement du poisson en migration est différent de celui du poisson sédentaire et poussé par d'autres éléments que la nature du milieu qui l'entoure il pourra franchir des zones d'hétérogénéité de tempé-

rature dans la mesure où celles-ci ne sont pas trop fortes.

Des craintes ont été exprimées quant à la possibilité qu'un échauffement, même faible, au voisinage de frayères de harengs les fasse désertier par ces poissons, on ne peut évidemment répondre catégoriquement à cette question et il apparaît préférable d'éviter une telle situation. Le régime thermique de la mer semble être un élément fondamental dans la reproduction des poissons et il est à craindre qu'un échauffement sensible de zones de reproduction puisse modifier la période de reproduction ou même la compromettre. Ici encore l'exemple de la centrale de BRADWELL est instructif à ce sujet : de telles craintes avaient été formulées lorsque sa construction a été envisagée. Pourtant après sa mise en service non seulement il n'a pas été noté de diminution dans les stocks de harengs mais de nouvelles zones de pêches se sont ouvertes dans l'estuaire en amont des rejets thermiques.

4. Estimation de l'impact sur le milieu

La prévision de l'impact écologique d'un rejet d'eau chaude sur le milieu marin reste un problème très délicat. En ce qui concerne l'effet sur le plancton marin les modèles de calcul de dispersion de l'eau chaude peuvent être employés pour faire une première estimation surtout pour le phytoplancton qui a un temps de renouvellement relativement court. Le modèle doit être modifié pour tenir compte d'une mortalité dans le transit par le système de refroidissement de la centrale, mais aussi pour incorporer la modification dans la production primaire dépendant du niveau de température. Le modèle peut calculer l'évolution de la biomasse ou même le déplacement de la population : modification dans la répartition respective des espèces.

Une première estimation faite pour le site de PALUEL a montré qu'en supposant une mortalité de transit totale et sans prendre en compte la régénérescence du plancton, on constate qu'un déficit de l'ordre de 10 % sera confiné dans une surface de 10 km².

Ce type de modèles peut encore être employé pour le calcul de l'impact sur le zooplancton. La connaissance de mécanismes plus complexes est alors nécessaire : durée de vie des animaux, durée de la phase juvénile, sexe ratio, nombre d'œufs par femelle, etc... et cela en fonction de la température. Ce type de modèle devient donc vite très complexe. Il a été appliqué par exemple à une centrale projetée sur la Gironde, cas particulièrement simple car une seule espèce représentait environ 90 % de la population ; l'étude a permis de montrer que l'effet de mortalité dans le circuit de refroidissement de la centrale était compensé par la modification du comportement des copépodes concernés, en particulier la réduction du temps pour parvenir à l'âge adulte.

Les prévisions d'impact sur les populations de poissons et les ressources halieutiques n'ont pas encore été abordées par de telles techniques pour des centrales implantées sur la mer. C'est plutôt des considérations qualitatives qui prévalent encore aujourd'hui pour aborder ces problèmes. Il semble même douteux qu'on puisse aborder dans un avenir

rapproché des estimations quantitatives étant donné la complexité du problème.

En ce qui concerne les échauffements induits par la centrale au niveau du fond, le benthos connaîtra des variations cycliques au rythme des marées dont l'amplitude dans le champ lointain est comparable à celle des variations thermiques naturelles de même fréquence (de l'ordre de 2°C). D'après les observations japonaises faites au voisinage des rejets des nombreuses centrales, il semblerait que des variations de 3°C cycliques constitueraient une limite de tolérance pour la plupart des espèces. Si l'on retient à titre provisoire cette valeur critique, ce serait donc une surface de 4 à 6 ha qui serait altérée à l'égard du benthos pour une centrale du même type que PALUEL ou GRAVELINES.

Pour terminer sur le milieu marin, j'ajouterai que des études menées sur des sites de centrales existantes permettent de confirmer les estimations d'impact. Ces études sont réalisées en France sur les sites de MARTIGUES-PONTEAU et de DUNKERQUE.

A MARTIGUES-PONTEAU il a été mis en évidence que le facteur thermique n'intervient que dans une zone limitée et que son action est plus sensible sur le benthos que sur le plancton, des études en cours de dépouillement devraient permettre de donner des ordres de grandeur des différents impacts : thermique, chimique, mécanique.

A la centrale de DUNKERQUE l'étude du phytoplancton a permis de dégager les grandes idées suivantes : l'effet de l'échauffement est bénéfique pour la production primaire tant que la température de l'eau à la prise ne dépasse pas 20°C, soit 27°C après échauffement, la stimulation est de l'ordre de + 30 %. Pour une température plus chaude au rejet, de l'ordre de 30°C, le déficit observé est de l'ordre de 20 %, la plage est donc très étroite.

B. CENTRALES SITUÉES SUR LES COURS D'EAU

La même méthodologie d'études a été retenue pour les centrales situées sur les rivières, à ceci près que dans le domaine des eaux douces le laboratoire d'hydrobiologie de Montereau, situé dans l'enceinte de la centrale d'E.D.F. depuis 1962, a permis d'effectuer de nombreuses études sur les effets thermiques et chimiques des centrales thermiques classiques de la région parisienne.

A ce sujet, je signalerai que les échauffements que j'ai annoncés pour le Rhône il y a quelques instants et qui sont en moyenne annuelle inférieurs à 2°C (de l'ordre de 1,8°C, sauf pour BUGEY où ils sont plus élevés), sont des échauffements courants pour les grosses centrales de la région parisienne (2,2°C pour PORCHEVILLE, 1,5°C pour VITRY-sur-SEINE, MONTEREAU et VAIRES-sur/MARNE, plus de 2°C pour BLENOD sur la Moselle, etc...), les échauffements maximaux du mois d'été étant multipliés par deux ou trois suivant les rivières.

Or, pour ces centrales thermiques, des études globales d'impact ont été faites. Quels en sont les résultats ?

Depuis 1973, E.D.F. mène, avec l'Agence du Bassin Seine-Normandie, des études sur le site de POR-

CHEVILLE (près de 3 000 MW - débit du refroidissement de 126 m³/s - $\Delta t = 7^\circ\text{C}$). Ces études n'ont pas mis en évidence un quelconque impact négatif. Au contraire, on a pu mettre en évidence qu'en période estivale le taux d'oxygène dans le bras de Seine échauffé était supérieur de 0,8 mg/l au taux de la Seine non intéressée par le rejet qui était lui-même de 2 mg/l.

On a également mis en évidence la stimulation de la photo-synthèse par les échauffements.

En fait, on se trouve en présence de deux phénomènes contraires, l'effet bénéfique de la photosynthèse planctonique étant limité par l'augmentation de la consommation en oxygène (D.B.O.), le bilan qui en résulte étant positif.

Dans le même ordre d'idées, le Ministère de l'Environnement a dirigé, durant l'été 1975, une étude sur cinq centrales d'E.D.F. : BEAUTOR, CHAMPAGNE/OISE, MONTEREAU et PROCHEVILLE sur la Seine et VAIRES sur la Marne. Le but de cette étude était la recherche des paramètres significativement influencés par les rejets thermiques ; trois stations ont été systématiquement étudiées : amont de la centrale — rejet — aval après mélange. Sur une cinquantaine de paramètres analysés dans les domaines physico-chimique, biologique, bactériologique, trois sont modifiés pour les composants du milieu :

- la conductivité qui augmente légèrement de 5 à 10 %
- l'oxygène dissous qui diminue de l'ordre de 0,5 p.p.m.
- la limpidité de l'eau qui diminue.

Ces écarts directement trouvés dans la zone du rejet tendent à disparaître dans la section où le mélange est réalisé.

Pour les composantes biologiques on observe que :

- les diatomées sont moins importantes dans les rejets
- les chlorophycées sont moins nombreuses
- les cyanophycées se développent particulièrement bien dans les rejets.

On remarque également que dans la zone du mélange les différences diminuent.

Je voudrais, en définitive, pour ceux qui ont encore des doutes sur les effets des rejets thermiques en rivière, préciser que la charge thermique des rivières est en train de diminuer ou diminuera dans un proche avenir. En effet, compte tenu du fait que tou-

Volumes d'eau prélevés annuellement pour la réfrigération en milliards de m³	1975	1985	1990
Seine-Normandie	3,9	2,5	1,6
Loire-Atlantique	2	1,9	0,5
Adour-Garonne	0,6	0,5	0,5
Rhin-Meuse	1	2,2	2,1
Rhône	1,4	10,3	10,9
Plan national	8,9	17,5	15,6

tes les nouvelles centrales seront en circuit fermé et que la durée de fonctionnement des anciennes centrales va décroître, on montre que les volumes d'eau échauffés, au plan national, sont en train de diminuer. Ainsi, en prenant un découpage géographique correspondant à celui des Bassins hydrographiques :

CONCLUSION

Je ne voudrais pas terminer ce survol rapide sans vous préciser que toutes les études biologiques dont je vous ai parlées sont longues et coûteuses. Je donnerai les ordres de grandeur suivants :

Coût pour un site marin

- avant projet (1 an) 0,5 MF
- projet (2 ans) 7 MF
- suivi (6 ans) 5 MF
- part des études générales 5 MF

soit un total de 17 à 18 MF. (1978)

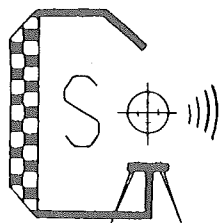
Coût pour un site de rivière :

- avant projet 0,15 MF
- projet 0,85 MF
- suivi 1,2 MF
- études générales 2 MF

soit un total de 5 MF. (1978)

Les organismes spécialisés dans le domaine de la biologie aquatique auxquels E.D.F. a confié ces études, ont employé lors des récentes années écoulées, 150 chercheurs et techniciens dont une vingtaine à ÉLECTRICITÉ DE FRANCE.

Je rappellerai également que sur le plan général de l'environnement des centrales de production d'énergie, plus de 270 personnes travaillent sur ces problèmes.



G.T.A.S.

Géodésie Télémétrie Assistance

Tél 806.66.25

Réparation

Vente

Achat

Location

_____ *Toutes Marques*

Niveaux

Théodolites

Tachéomètres _____

G.T.A.S.

Géodésie Télémétrie Assistance

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

Quelques réponses aux besoins des ingénieurs routiers

G. GROS

*Chargé des questions topographiques
et cartographiques au SETRA*

RÉSUMÉ

Divers événements ont particulièrement contribué ces dernières années à la modification des procédures techniques d'étude des projets routiers.

En conséquence, dans le domaine de la topographie et de la cartographie, les Ingénieurs ont exprimé des besoins nouveaux dont la plupart trouve une solution dans l'exploitation des photographies aériennes ou terrestres et l'application des modèles numériques de terrain.

L'auteur illustre ces propos en présentant quelques études géotopographiques menées avec le concours des services chargés de l'étude des projets. Ainsi est-il rappelé l'intérêt de la photo-interprétation multi-temporelle, des prises de vues aériennes obliques à basse altitude et précisé les caractéristiques des plans numériques à 1/5000 répondant aux desiderata des projecteurs. Il est aussi énoncé les possibilités offertes par la stéréo-orthophotographie aux différents spécialistes intervenant au cours de l'élaboration des projets, introduit l'utilisation du redressement différentiel pour l'obtention de photomontages panoramiques et exposé l'apport des modèles numériques de terrain.

Enfin, dans les pays démunis d'une cartographie suffisante, la télédétection et la saisie aérienne de profils altimétriques du terrain sont évoquées comme autant de perspectives d'avenir.

"Cette commission doit devenir un centre de rencontre et de discussion où les topographes pourront non seulement venir chercher des solutions éventuelles à leurs problèmes techniques mais également et surtout venir y exposer les résultats de leurs investigations et de leur expérience ainsi que les difficultés et les échecs rencontrés. Tant il est vrai que la connaissance ne peut être que la somme de l'expérience de chacun".

C'est en ces termes que M. DAUGE exprime dans le n° 1 de la revue de l'Association Française de Topographie les objectifs de la Commission des Grands Travaux et Aménagements.

Dans cette perspective il convient d'aborder, sans aucun doute, quelques une des applications de la topographie, de la photogrammétrie et de la télédétection au domaine routier. Les routes, en effet, et surtout les autoroutes constituent de grands aménagements pour lesquels les techniques qui relèvent de l'art du topographe moderne jouent un rôle fondamental tout au long de l'étude des projets et de la réalisation des travaux.



I. L'ÉVOLUTION DES BESOINS

L'exécution du programme autoroutier français, entreprise il y a plus de vingt ans, impliqua l'élaboration de méthodologies relatives aux travaux topographiques et fonciers. La doctrine en la matière est à présent bien connue de tous. Sa substance, pour l'essentiel, est contenue dans le document intitulé "TOPO - cahiers types des prescriptions spéciales" rédigé par une commission mixte Ordre des Géomètres-Experts-S.E.T.R.A. qui fut composée de spécialistes choisis pour leur compétence et leur pratique des opérations topographiques et foncières [1].

Ces cahiers, qui président à la passation des marchés, cernent l'ensemble des prestations topographiques et foncières depuis l'avant-projet sommaire, à l'implantation préalable aux travaux en passant naturellement par les études d'avant-projet détaillé et de projet définitif. Ils traitent des levés terrestres et photogrammétriques, de la triangulation, de la polygonation et du nivellement de précision, de la matérialisation des emprises et de l'établissement des documents nécessaires aux acquisitions foncières. Ils définissent la consistance des prestations, énumèrent les travaux à la charge des parties, stipulent le déroulement des opérations, exposent les modes opératoires, fixent les principes d'évaluation des ouvrages et indiquent différentes recommandations. Documents de référence, ils servent de support à bien des réflexions visant un constant ajustement des produits aux exigences des projets. A côté de ces opérations topographiques de grande envergure, au

demeurant devenues classiques, des expérimentations sont entreprises avec le concours des géomètres, sociétés privées ou services publics spécialisés au fur et à mesure que surviennent des besoins nouveaux. Ces besoins résultent de l'évolution des procédures techniques d'étude des projets due à l'amélioration et au développement du réseau routier national, ou encore, induite par la loi du 10 juillet 1976 concernant la protection de la nature.

II. LA LOI DU 10 JUILLET 1976

La circulaire n° 78-16 du 23 janvier 1978 relative à la méthodologie applicable pour l'établissement des dossiers d'études d'impact en matière de projets routiers précise les modalités d'application de la loi du 10 juillet 1976 sur la protection de la nature instituant "l'obligation de réaliser une étude d'impact dans le cadre global des études préalables à la réalisation d'aménagement ou d'ouvrages, qui par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier" [2].

Cette même circulaire rappelle le contenu de l'étude d'impact qui doit notamment comprendre : "une analyse des effets sur l'environnement, et en particulier sur les sites et paysages, la faune et la flore, les milieux naturels..." Plus loin, il est souligné les caractéristiques de l'étude : "c'est un document qui doit être facilement intelligible par tout un chacun puisqu'il est destiné à être publié. Le recours à la cartographie, l'utilisation de croquis, photomontages, seront des moyens de la rendre aisément compréhensible".

L'étude d'impact, mais aussi l'amélioration continue des conditions de circulation par la création de déviations ou la réalisation de voies rapides, parallèlement à la poursuite du programme autoroutier font naître des besoins nouveaux d'expression géotopographique des sites et paysages dans lesquels doivent s'inscrire les ouvrages. La plupart de ces besoins trouve une réponse dans l'exploitation des photographies aériennes ou terrestres et l'application des modèles numériques de terrain.

III. QUELQUES RÉPONSES

Pour illustrer ces propos, évoquons l'apport de la photo-interprétation multitemporelle des photographies aériennes verticales et l'intérêt des prises de vues aériennes obliques à basse altitude pour la reconnaissance des sites, la confection des plans numériques à 1/5000 spécialement adaptés aux desiderata des projeteurs et les possibilités offertes par la stéréo-orthophotographie aux différents spécialistes intervenant au cours de l'étude des projets, l'utilisation du redressement différentiel pour l'obtention de photomontages panoramiques et le recours aux modèles numériques de terrain pour appréhender l'insertion des ouvrages dans le paysage, enfin, les perspectives d'avenir que laissent entrevoir la télédétection ainsi que la saisie aérienne de profils altimétriques pour la recherche de tracés dans les pays démunis d'une cartographie suffisante.

III.1. La photo-interprétation multitemporelle

La photo-interprétation des prises de vues aériennes verticales est couramment employée pour

la reconnaissance globale des sites mais ne porte généralement que sur la plus récente couverture disponible à la photothèque nationale ou sur la seule mission effectuée à l'occasion de l'étude du projet. Ces missions d'ordinaire destinées à la restitution photogrammétrique ne sont donc pas exactement appropriées à l'investigation de la bande d'étude. De ce fait il est apparu utile de montrer l'apport, à la connaissance des sites, de l'exploitation systématique des photographies aériennes réalisées au fil des ans et archivées à l'Institut Géographique National (I.G.N.) au titre du décret [3] du 29 mai 1946.

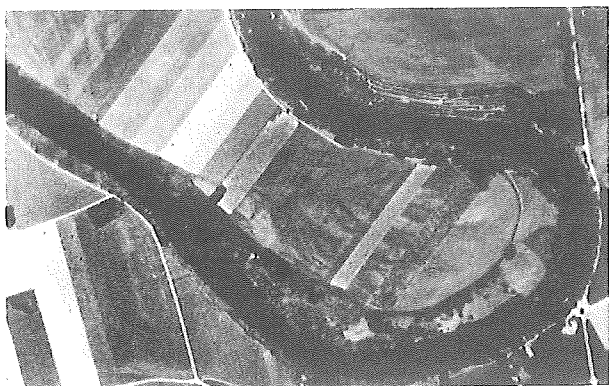
Pour cela il a été choisi en ILE-DE-FRANCE, dans la région de MONTEREAU-FAUT-YONNE, une zone aux caractéristiques géotechniques suffisamment variées et couverte par une dizaine de missions échelonnées entre 1949 et 1976. Le site retenu est un rectangle de 8 x 5 km constitué de secteurs alluvionnaires, limoneux et crayeux. La photo-interprétation a porté sur des missions réalisées dans des conditions météorologiques différentes : missions de printemps, d'été, d'automne et d'hiver effectuées par périodes arides ou pluvieuses, avec couvert végétal très développé ou très réduit (1).

Il s'est avéré, dans ce cas particulier, que l'été dans des conditions de sécheresse, ou le printemps et l'automne en périodes de sols nus, se prêtaient bien à la recherche des affleurements crayeux tandis que les mois de mai et juin étaient favorables à la détection des secteurs alluvionnaires. Par ailleurs, l'infrarouge s'est montré efficace pour la localisation des phénomènes hydrologiques qu'il s'agisse d'humidité de surface, de rabattement de nappes ou de zones de rétention.



Fig. 1 : Mise en évidence de matériaux alluvionnaires
a) mission de 1972 réalisée au printemps qui se révèle quasiment aveugle.

Il est clair que l'approche globale de la reconnaissance géologique et géotechnique d'un site ne saurait être pertinente par l'exploitation d'une seule mission fut-elle la plus récente. C'est au contraire l'analyse systématique de clichés pris à des époques différentes qui assure par complémentarité des informations qu'ils fournissent, les meilleures chances d'un recensement sinon exhaustif du moins approfondi d'indices géotechniques fugaces que seules peuvent révéler des conditions climatiques variées (fig. n° 1). En conséquence la photo-interprétation multitemporelle, méthode peu coûteuse, concourt, d'une part, à l'orientation de la campagne de terrain



b) mission de 1957 effectuée au printemps au mois de mai permettant de cartographier et de différencier les dépôts alluvionnaires dans les méandres de l'Yonne.

et d'autre part, comme nous allons le voir, au choix des périodes favorables de prises de vues aériennes obliques à basse altitude sur des secteurs restreints pour lesquels l'étude du projet impose un examen détaillé.

III.2. Les prises de vues aériennes à basse altitude

Par rapport à la documentation photographique de la photothèque nationale composée de missions pour l'essentiel réalisées à des fins topographiques, les prises de vues aériennes à basse altitude tirent leur avantage d'une souplesse de mise en œuvre assurant les conditions les plus propices à l'inventaire d'indicateurs variés facilitant l'étude de la compréhension du cadre physique dans lequel viendra s'inscrire le projet.

En effet, à l'instar de MM. CHEVALIER, DASIER, JALMIN, éminents spécialistes de la découverte archéologique aérienne, le Laboratoire des Ponts et Chaussées de l'EST Parisien, Centre de MELUN, (L.R.E.P.), a montré, à la suite de nombreux essais, l'intérêt des prises de vues obliques à basse altitude appliquées aux études de Génie Civil (4). Par cette importante étude, il a été appréhendé l'influence des divers paramètres météorologiques et de prise de vue sur la manifestation de témoins géologiques, hydrologiques et anthropiques. Périodes, dates et heures d'observation, altitude, angle de prise de vue, éclaircissement, vents et précipitations conditionnent l'efficacité de ce type de prospection ; autant de paramètres dont le choix peut être guidé par la consultation des archives photographiques de l'I.G.N. Ce sont là des éléments qui, pour certains, régissent des phénomènes physiques et biophysiques, et pour d'autres, en accentuent l'existence, mais tous contribuent de façon fondamentale au repérage aérien dans le paysage des anomalies résultant de ces phénomènes : mottes féodales soulignées par les ombres, hétérogénéité du substratum marquée par la différence de maturation des céréales, drainage agricole retracé par une fonte plus rapide des neiges, affleurements crayeux contournés par la gelée blanche, etc...

On sait à la suite des expériences qui ont été menées que la période de prise de vue est bien souvent d'une durée très limitée, mais n'en est pas moins répétitive au cours des saisons. En consé-

quence, de la bonne exploitation des conditions météorologiques et climatiques dépend le succès des prises de vues aériennes à basse altitude. Pour distinguer les multiples possibilités de cette technique, le S.E.T.R.A. poursuit avec l'appui technique du L.R.E.P. divers essais dans ce domaine. A cette occasion, l'accent est mis sur la cartographie des renseignements recueillis par ces moyens. En effet, la restitution, même expédiée, n'est pas toujours chose facile du fait de la déformation perspective qu'entraînent des prises de vues faites selon des angles quelconques et parfois très inclinés sur l'horizontale. Ainsi est-il expérimenté quelques méthodes rustiques garantissant le report avec une précision suffisante sur un fond de plan des informations portées par les clichés dont l'échelle varie en tout point.

Comme il vient d'être mentionné les clichés aériens livrent à l'environnementaliste, au géologue et au projeteur les éléments d'organisation du paysage, de localisation des diverses natures de terrain et de connaissance du relief nécessaires au calage du tracé. Donner à ces différents spécialistes la possibilité de saisir eux-mêmes sur des documents photographiques, posés sur leur table de travail, les coordonnées X,Y,Z des informations ressortant de leur compétence est aujourd'hui possible grâce à la stéréo-orthophotographie. C'est là un progrès remarquable qui multiplie les applications pourtant déjà nombreuses de la photographie aérienne verticale.

III.3 La stéréo-orthophotographie

Les stéréo-orthophotographies allient rigueur planimétrique et rigueur altimétrique au bénéfice de l'exploitation stéréoscopique.

Séduit par de telles possibilités le S.E.T.R.A. a entrepris avec le support technique de l'I.G.N. et les Centres d'Études Techniques de l'Équipement (C.E.T.E.) une série d'essais dirigés vers l'application de la stéréo-orthophotographie à l'étude des projets routiers. Ces travaux ayant déjà fait l'objet de publications ne sont relatées ici que les suites qui leur ont été données (5, 6).

Rappelons que les premières expériences étaient destinées à exhiber l'intérêt des stéréo-orthophotographies dans les domaines des études de paysage et de calcul des cubatures. Pour cela, il avait été déterminé directement sur le couple stéréo-orthophotographique grâce à la vision stéréoscopique l'ensemble des points définissant, dans un cas, le terrain naturel selon les profils en travers du projet, et, dans l'autre, les profils de paysage représentatifs du site d'étude. Pour ces derniers, les points avaient été bien entendu choisis au pied et au faite du couvert végétal. L'exploitation des profils avait été menée, dans un cas, par le paysagiste qui en avait dégagé les caractéristiques générales de l'organisation paysagère du site et, dans l'autre cas, par le projeteur qui en avait déduit l'estimation des terrassements [2]. Il importe de signaler que le lever des profils avait été opéré à la barre de parallaxe. Pour encourageants que furent les résultats nous avons conclu en indiquant que l'application de la stéréo-orthophotographie dans le cadre des études de projets routiers imposait pour la saisie de coordonnées X,Y,Z, des pointés stéréoscopiques la mise à disposition d'un appareil léger supplantant la barre de parallaxe.

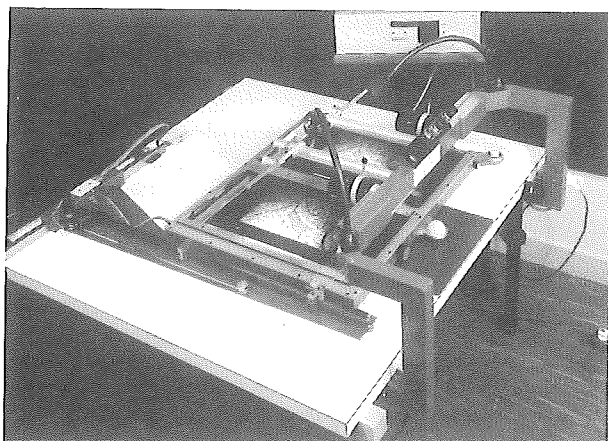


Fig. 2 : Photo de l'ORTOSTER, prototype conçu et réalisé par l'institut Géographique National. Il se compose d'un stéréozoom à miroirs sous lequel se déplace le chariot d'exploration et mesure X et Y.

Le déplacement en X de la stéréo-ortho par rapport à l'ortho, sur le chariot d'exploration, permet la mesure de la parallaxe stéréoscopique. Le pointé stéréoscopique est assuré au moyen de ballonnets lumineux de telle sorte qu'il n'y ait pas de dépointage au cours du zoomage.

L'éclairage est donné par des lampes à iode et comporte un gradateur de lumière ce qui permet de ne pas échauffer les documents. Le chariot guide en X-Y se manœuvre à la main ou à l'aide d'une sphère prisonnière roulant sur un tapis plastifié. La mesure s'effectue par des codeurs optiques incrémentaux attaquant des compteurs-décodeurs.

Par la suite l'I.G.N. ayant construit, pour ses propres besoins, un prototype inventé spécialement pour l'exploitation des stéréo-orthophotographies, il a pu être poursuivi au moyen de cet appareil nommé "ORTOSTER" (fig. n° 2) les travaux antérieurement entrepris. Sans préjuger de la précision planimétrique et altimétrique des résultats des essais actuellement en cours et pratiqués à l'échelle du 1/5000 sur une section autoroutière de quelques kilomètres, il est clair que l'accès à la mesure de l'altimétrie représente une aide particulièrement efficace lors de la conception des ouvrages. Pour ces raisons, il est également prévu de tenter la connexion de l'appareil prototype "ORTOSTER" à un ordinateur de bureau. Un tel système assisterait à terme l'ingénieur dans toutes les supputations que provoque l'étude d'un projet. En outre, on envisage d'avoir recours à la stéréo-orthophotographie pour la saisie directe de données morphométriques capables d'éclairer la compréhension de certains phénomènes géomorphologiques pouvant avoir une incidence sur le choix d'un tracé routier.

La photo-interprétation multitemporelle, les prises de vues aériennes obliques et les stéréo-orthophotographies répondent de façon complémentaire à certains besoins ressentis lors des études d'environnement ou de reconnaissance géologique alors que la définition géométrique des tracés secrète d'autres besoins en particulier de nature cartographique.

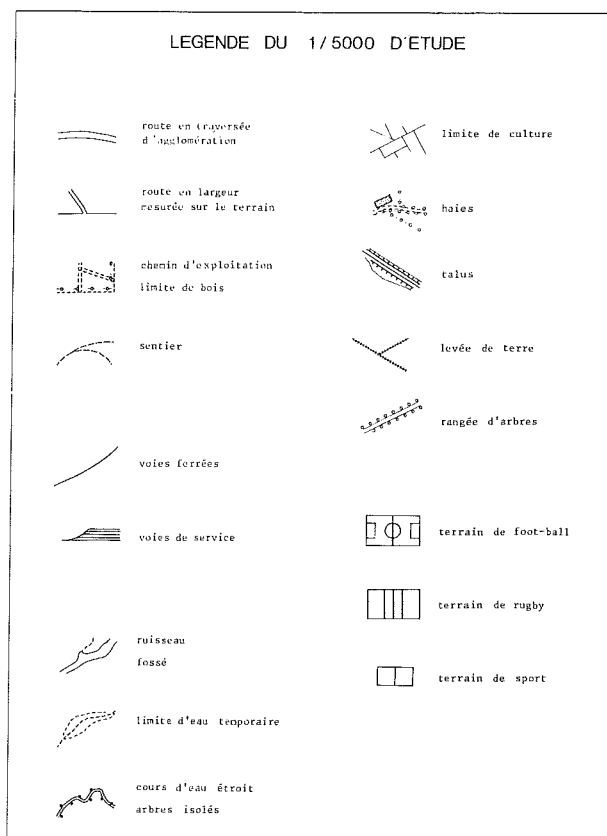
III.4. Plans numériques adaptés aux besoins des projecteurs

L'étude de certains projets routiers, déviations routières de quelques kilomètres pour lesquelles plusieurs variantes doivent être comparées, nécessite de

disposer dès le début de l'étude d'un support cartographique visualisant les principales contraintes à prendre en compte que sont les voies de communication, l'urbanisation, les espaces boisés, les exploitations agricoles et le relief. A ce stade des études ce qui compte est plus la connaissance exacte de l'occupation du sol représentée à une échelle ad hoc autorisant sans encombre les esquisses géométriques du projet alors que la définition précise de l'altimétrie en vue de l'estimation fine des terrassements n'est pas encore nécessaire. Dans ce cas l'élaboration d'un plan à 1/5000 à partir de la plus récente mission aérienne à 1/30000 couvrant le site constitue une solution avantageuse à plusieurs égards.

En voici les raisons.

La chaîne de photogrammétrie numérique mise en œuvre à l'IGN comprend un logiciel de restitution graphique couramment exploité pour la confection des cartes à grande échelle en zone urbaine et périurbaine. Il a semblé intéressant de rendre opérationnel une version spécialement adaptée aux desiderata des ingénieurs routiers. A cet effet, l'antenne technique de l'I.G.N. implantée à BORDEAUX a mis au point en liaison avec la Division Tracés du C.E.T.E. de BORDEAUX et le S.E.T.R.A. un programme de cartographie automatique donnant une rédaction conçue en fonction de l'utilisation qui sera faite du plan. Il n'est certes pas possible d'indiquer ici toutes les particularités graphiques de ces sorties automatiques (fig. n° 3). Toutefois peut-on préciser que celles-ci portent essentiellement sur l'importance relative des divers éléments graphiques, par atténuation ou amplification des symboles comme cela a été appliqué à l'orographie par rapport au parcellaire apparent, puisque les courbes de niveau ont été renforcées au détriment des limites physiques des parcelles (fig. n° 4).



Par ailleurs, les symboles choisis tiennent compte des possibilités actuellement offertes par les logiciels associés à l'exploitation des traceurs à rouleau qui équipent les services de l'administration. Il s'agit donc d'une cartographie rustique ne nécessitant pas l'usage de traceurs de haute précision.

Les caractéristiques de ce document ne s'arrêtent pas là, des différences plus profondes le séparent des cartes régulières. Comme il a été mentionné ce plan est issu de l'exploitation de la plus récente mission aérienne disponible à la photothèque nationale ce qui supprime de ce fait l'exécution d'une prise de vue spécifique. Il s'ensuit un indéniable gain de temps et d'argent. Naturellement le complètement est assuré

et accompagné, si nécessaire, d'une mise à jour locale pour intégrer l'évolution survenue entre le moment de la prise de vue et celui de la restitution. A cette occasion, il est possible de procéder au nivellement de voies de communication et à la saisie de points cotés fixés par le Maître d'œuvre. La restitution est faite à 1/10000 avec enregistrement simultané sur fichier informatique tandis que le dessin est accompli à l'échelle du 1/5000. Si la précision n'est que de 1 m en planimétrie et de 0,60 m en altimétrie sur les points cotés, elle est cependant jugée suffisante pour les besoins auxquels ce type de produit est destiné. Une telle procédure se justifie par ailleurs dans la mesure où la stéréopréparation n'est pas nécessaire. C'est-à-dire dans le cas où une couverture aérienne à la même échelle a déjà donné lieu à une stéréopréparation en vue par exemple de la réalisation de la carte de base. L'absence de stéréopréparation conduit là encore à un gain de plusieurs semaines.

Spécialement établi pour les sites ruraux à l'exclusion du milieu urbain, ce plan peut être présenté en coupures normalisées ou en sections orientées selon l'axe du projet. Il peut être livré avec un fichier altimétrique formé de points cotés et courbes de niveau directement exploitables par les programmes de calcul des cubatures ce qui épargne toute numérisation ou saisie postérieure. C'est là un intérêt supplémentaire.

Enfin, pour placer ce plan numérique parmi l'éventail des diverses productions topographiques, précisons que sur la base d'un essai de 2.700 ha, il coûte par rapport aux procédures régulières 40 % moins cher pour des délais d'obtention trois fois plus courts.

Il s'agit là d'une application de la cartographie automatique particulièrement profitable aux ingénieurs routiers. Mais l'informatique permet aussi d'élaborer des modèles numériques de terrain M.N.T. à partir de fichiers altimétriques qui trouvent une bonne utilisation dans les études d'insertion visuelle des projets dans le site.

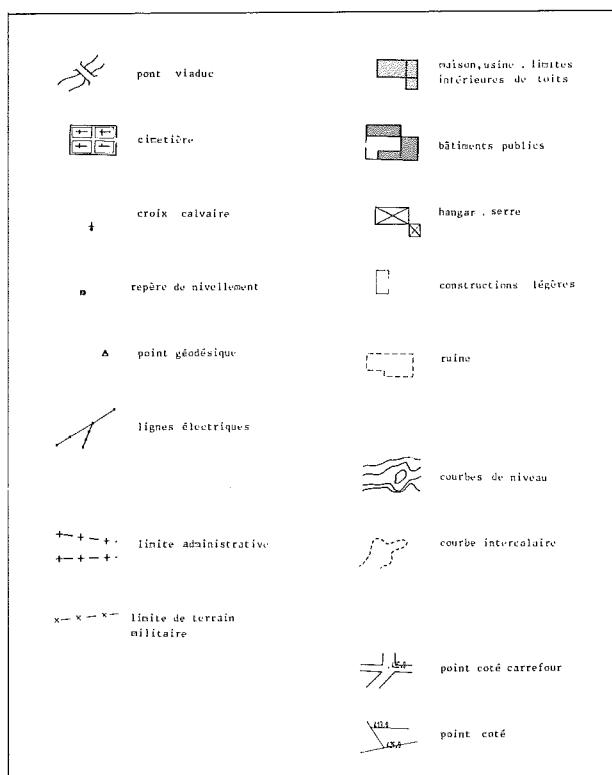


Fig. 3 : Légende des symboles retenus pour les plans numériques à 1/5 000 adaptés aux besoins des ingénieurs routiers.

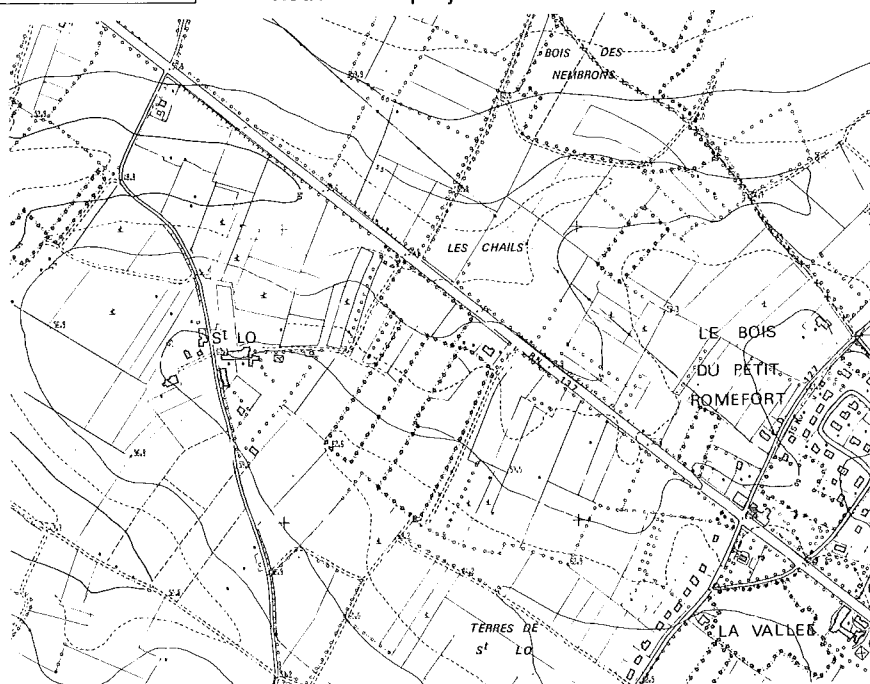


Fig. 4 : Exemple de sortie graphique réalisée au moyen d'un traceur à rouleau. Extraît de la coupure Saint-Georges-des-Coteaux.

III.5. Modèles numériques de terrain appliqués aux études d'insertion des projets

L'étude de l'insertion d'un ouvrage dans le site repose notamment sur l'analyse de la façon dont l'ouvrage se mêle au paysage.

De nombreuses recherches ont été menées dans ce domaine. Le S.E.T.R.A. pour sa part y apporte une contribution importante (7). D'autres organismes tels le Centre Électronique de l'Armement (C.E.L.A.R.), l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région ILE-DE-FRANCE (I.A.U.R.I.F.), l'I.G.N. ont abordé ces questions en faisant appel à l'informatique en vue de la production automatique de cartes et diagrammes exprimant, dans une certaine mesure, pour tous les points du paysage leurs relations mutuelles ou leur sensibilité visuelle.

La méthode conduit à confectionner un M.N.T., réduction du site à un maillage régulier. L'œil de l'observateur est placé à 1,60 m du sol successivement à chaque nœud du maillage. A l'intérieur d'un cercle d'observation dont le rayon est fixé à l'avance, le programme détermine si chaque nœud est vu ou caché de l'observateur et note pour chacun d'eux l'alternative cumulée à celle des examens précédents correspondant à d'autres positions d'observation (fig. n° 5). Ces occurrences après répartition en classes sont cartographiées et traduisent une certaine évaluation de la sensibilité visuelle du site (8). Cette approche sommaire, mais globale, peut être localement affinée par des diagrammes de vision. Cette fois l'observateur est placé en certains nœuds au voisinage immédiat de points particuliers de l'ouvrage ou de sites remarquables. La démarche consiste à rechercher de ces points d'observation, dans un champ donné, les nœuds du maillage qui sont vus ou cachés et à en exprimer graphiquement les résultats (fig. n° 6).

Ces cartes de sensibilité visuelle et les diagrammes de vision apportent au paysagiste l'appréciation d'ensemble qui suggérera la dissimulation totale de l'ouvrage ou au contraire sa découverte partielle. A partir de ce concept des essais ont été mis sur pied à l'occasion de l'étude du tracé de FLAVIGNY-CHARMES, section de 30 km à 2 fois 2 voies (figs. n° 5 et 6). Ces essais possibles grâce à la collaboration de plusieurs organismes ont confirmé l'intérêt de telles méthodes pour l'étude de l'insertion des projets routiers dans le site (3). Cependant, des recherches sont d'ores et déjà entreprises en vue d'élaborer des M.N.T. d'un type tel qu'ils puissent intégrer le couvert végétal et d'une façon générale tout obstacle majeur susceptible de dissimuler localement l'ouvrage.

Toutefois il est clair pour efficace que soit une telle approche globale, elle ne saurait suffire à l'estimation de l'impact visuel des ouvrages. En effet, celui-ci impose de discerner ponctuellement parmi tous les éléments "faisant" le paysage ceux qui charpentent à eux seuls le site et en résument l'ordonnance et le caractère. En outre, il convient de tenir compte de leur éloignement, forme et couleur. A cette fin, les photomontages panoramiques apparaissent irremplaçables.

III.6. Photomontages panoramiques

Pour discriminer localement les atteintes visuelles que peut causer un ouvrage il est souvent nécessaire d'établir des photomontages panoramiques par assemblage de photographies prises d'un même point de vue sur lesquelles est reporté, en perspective, l'ouvrage projeté. Le photomontage exprime par la photographie, le site tel qu'il est à un moment donné et, par la perspective qui lui est superposée, une vision réaliste de l'ouvrage. La confection de ce type de document présente deux difficultés majeures :

1°) Le raccordement rigoureux de photographies prises d'un même point de vue afin de constituer un panorama du site.

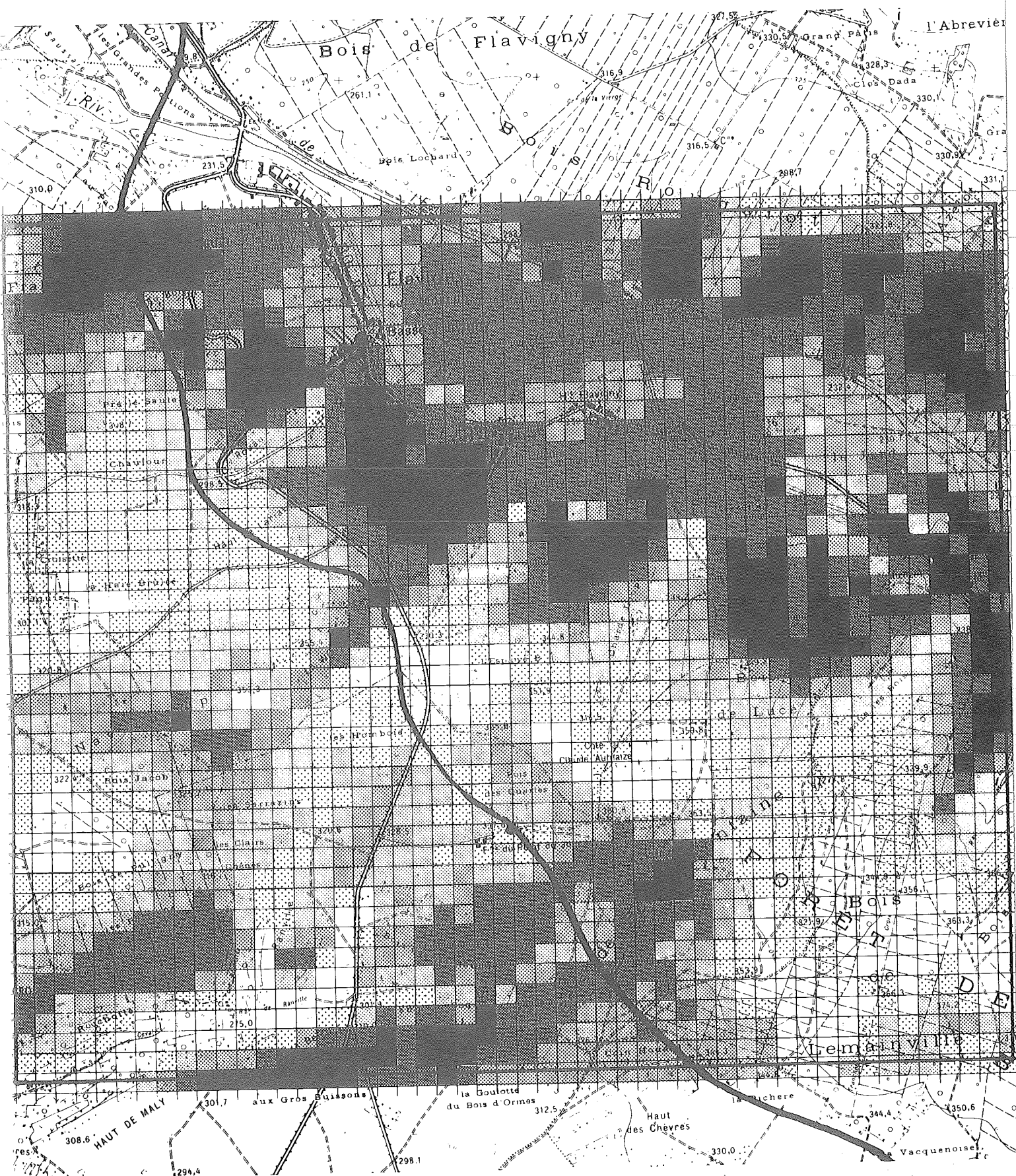
2°) Le report précis de la perspective de l'ouvrage sur le panorama.

Le raccordement rigoureux des photographies n'est possible que selon une ligne unique, celle de l'intersection des plans de projection dans lequel chaque perspective (photographie) du site est représentée. Or, cette ligne ne peut généralement pas être définie. De ce fait, le raccordement des photographies est approximativement réalisé et entraîne toujours des décalages entre les premiers et les arrières plans. Pour masquer ces hiatus on a souvent recours à un artifice — Le raccordement des clichés selon le principe de l'assemblage des photomosaïques — solution apparemment satisfaisante qui n'est pas plus rigoureuse pour autant compte tenu des variations d'échelle qui subsistent entre les éléments topographiques dans le voisinage du raccordement des pièces de la mosaïque. En outre, comme chaque cliché correspond à une perspective particulière du site, il s'ensuit la nécessité de construire autant de perspective de l'ouvrage qu'il y a de clichés à raccorder, faute de quoi, le report du projet serait incorrectement calé sur le panorama. De toute façon cette procédure s'accompagne généralement d'un "trucage" de la perspective du projet dans la zone de recouvrement des photographies puisque les mosaïques entraînent localement des variations discontinues d'échelle qui sont en outre bien souvent dans la partie centrale du panorama. Naturellement dans de telles conditions, le document final a perdu de son exactitude et devient alors fallacieux ce qui est d'autant plus "répréhensible" qu'il s'agit d'un produit très suggestif.

Afin d'éviter ces écueils il a été mis au point, à notre demande, par la Division Métrologie et Photogrammétrie de l'I.G.N., un logiciel qui assure selon les techniques du redressement différentiel exploitées sur l'appareil OR1, la transformation de toutes les photographies du panorama en une perspective unique assurant d'une part, le raccord parfait des clichés entre eux en tout point de leur zone de recouvrement et, d'autre part, facilitant le calage du projet dont la perspective unique peut d'ailleurs être obtenue automatiquement. Ce logiciel autorise la réalisation de perspectives photographiques cylindriques et centrales (fig. n° 7)

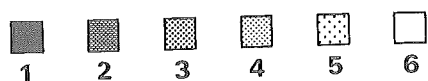
Si les méthodes, procédures et produits qui viennent d'être présentés répondent à certains besoins, il en est d'autres pour lesquels la télédétection spatiale et la saisie aérienne de l'altimétrie devraient apporter une solution.

IAURIF ESSAIS BAYON



INDICES DE VISION - maille de 100 mètres

Secteur de Flavigny-sur-Moselle



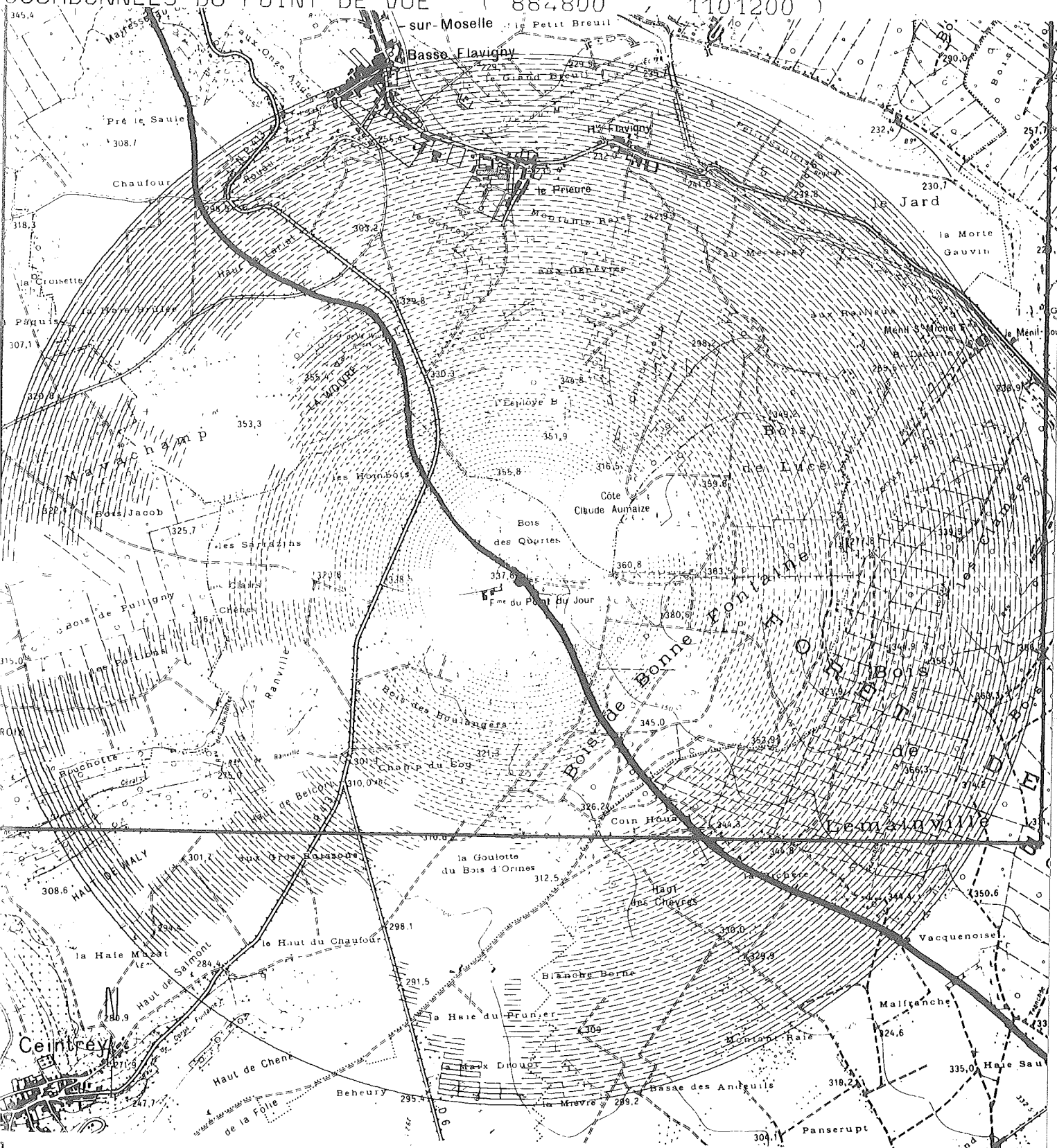
classement selon les valeurs décroissantes

Fig. 5 : Sensibilité visuelle du site exprimée selon les indices de vision. La valeur 1 est affectée aux mailles les plus souvent vues quelle que soit la position géographique de l'observateur à l'intérieur du maillage.

LAURIF ESSAIS BAYON

CERCLE DE VISION DEPUIS POINT AUTOROUTE

COORDONNEES DU POINT DE VUE (884800 , 1101200)



PARTIES CACHEES

PARTIES VUES

ECHELLE 1/ 25000

1 KM

LONGUEUR DU PAS (METRE) 100

ALTITUDE D OBSERVATION (METRE) 328

HAUTEUR DE L OBSERVATEUR (METRE) 1.60

SUPERFICIE VUE (HECTARE) 548.85

Fig. 6 : Diagramme de vision pour un observateur placé à la ferme du point du jour.

Fig. 7 : Site de Dôle — étude d'une infrastructure routière.



a) clichés à raccorder en vue d'un photomontage panoramique.

b) photomontage après transformation en une perspective cylindrique unique des deux clichés à raccorder.



IV. PERSPECTIVES D'AVENIR

La télédétection rassemble tous les moyens de détection à distance. La photographie aérienne pour sa part est très largement développée et constitue un produit de base couramment employé et bien maîtrisé notamment dans le cadre des études de tracés. Par contre, les technologies avancées mettant en œuvre les satellites, les radars et les capteurs thermiques génèrent des applications qui restent encore dans le domaine routier, au stade des expérimentations. Toutefois faut-il pour les images résultant de ces techniques de pointe distinguer deux voies d'exploitation :

- une voie classique dite de photo-interprétation, extension à ces nouvelles images des méthodes d'exploitation visuelle des photographies aériennes ;
- une voie informatique reposant essentiellement sur les méthodes de classification automatique.

La première voie est d'une approche plus aisée et immédiate que la seconde. Elle a déjà fait l'objet de plusieurs essais dont les résultats pour la plupart s'avèrent particulièrement prometteurs aussi bien en ce qui concerne la factabilité d'un projet, les recherches de matériaux, l'environnement, l'hydrologie, la cartographie thématique.

Pour ce qui a trait au traitement automatique, les succès sont moins probants. Peu de recherches semble-t-il portent sur les besoins précis des ingénieurs routiers, pourtant la FRANCE dispose de systèmes, outils, et logiciels divers. Pour sa part, le S.E.T.R.A. a entrepris avec le concours technique du C.E.T.E. de ROUEN, de l'I.G.N. et du B.C.E.O.M. l'exploitation de scènes Landsat couvrant un axe routier de 470 km au NIGER et ce à l'aide des programmes d'analyse de données implantés à la Division de l'Informatique du C.E.T.E. de ROUEN.

Si la télédétection n'est pas encore un outil d'investigation des sites d'une efficacité totale, c'est un moyen d'approche globale plus ou moins pertinent selon les cas, mais que ne peuvent remplacer ni les photographies aériennes du fait de leur échelle, ni les visites des sites souvent rendues incomplètes par les conditions locales. En outre, dans les pays démunis de cartographie, la télédétection fournit le support cartographique indispensable à toute étude. Dans la perspective de l'exploitation du satellite français SPOT (horizon 84) la télédétection offrira aux bureaux d'études la possibilité d'avoir une certaine connaissance immédiate en toute région de la terre. En conséquence, il importerait d'être en mesure d'en tirer le meilleur parti.

L'étude d'une liaison routière ce n'est pas seulement le choix d'un tracé en plan c'est aussi la détermination d'un profil en long. Bien entendu ce profil est défini en tenant compte du relief afin de minimiser autant que possible le volume des terrassements. Si l'étude détaillée d'un projet impose un levé topographique, l'étude préliminaire, par contre, ne nécessite que la connaissance sommaire de l'altimétrie du site afin de détecter les principales contraintes orographiques. Lorsque l'on ne dispose pas d'informations suffisantes, un levé altimétrique aérien peut être effectué simultanément à une prise de vues verticales. C'est la solution apportée par le système aéroporté YAG qui fournit des profils altimétriques parallèles à la bande d'étude avec une précision suffisante pour caler et dégrossir un projet.

Ainsi satellites et saisie aérienne de profils altimétriques laissent-ils aux bureaux d'études de nouvelles perspectives portant avec elles la possibilité d'aborder l'étude de projets que l'éloignement et la méconnaissance des sites auraient rendu sinon impossibles du moins difficiles.

[1] Étude réalisée conjointement par le Laboratoire régional des Ponts et Chaussées de l'Est Parisien — centre de Melun — et le S.E.T.R.A.

[2] Essais menés avec la collaboration, d'une part, de l'arrondissement des paysages du S.E.T.R.A. et, d'autre part, de la Division tracés du C.E.T.E. de Bordeaux en liaison avec l'antenne technique de l'I.G.N. du Sud-Ouest.

[3] Expérimentations conduites dans le cadre du Comité de la Recherche et du Développement de l'I.G.N. par le Groupe de travail Modèles Numériques de Surfaces présidé par le S.E.T.R.A.

(1) TOPO — travaux topographiques et fonciers — cahiers types des prescriptions spéciales — Commission mixte ordre des géomètres — Experts — S.E.T.R.A. — 1970.

(2) Études d'impact des projets routiers — instruction provisoire — janvier 1978 — Ministère de l'Équipement et de l'Aménagement du territoire — Direction des routes et de la Circulation Routière.

(3) Décret du 29 mai 1946 portant organisation du centre de documentation de photographie aérienne.

(4) La photographie aérienne oblique — une technique légère appliquée à la géologie du Génie Civil et aux études d'environnement J. AUBERT - M. DORIDOT - P. RICK - Bulletin de liaison des Laboratoires des ponts et chaussées septembre-octobre 1979. Réf. 2360.

(5) Exploitation des stéréo-orthophotographies dans le cadre des études de projets routiers. G. GROS — revue géomètre n° 8 - 9 août-septembre 1977.

(6) Journée stéréo-orthophotographe I.G.N. — SAINT-MANDE le 20 septembre 1977.

(7) Prise en compte du Paysage dans les tracés routiers — Guide n° 2 — Direction des routes et de la Circulation Routière — S.E.T.R.A. — arrondissement paysage et environnement.

(8) Techniques de visualisation des projets d'aménagement juin 1977 — Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région Ile-de-France.

Mini annuaire

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

membre d'honneur : J.J. LEVALLOIS

1	CATINOT Louis	(75)	70	LOUIS Michel	(94)	141	ALLAIRE Gérard	(95)
2	SCHAFFNER Roger	(78)	71	MESTRALLET Charles	(94)	142	PETITBERGHEN Claude	(31)
3	VINCENT Robert	(75)	72	PRESSENCE Loïc	(44)	143	CUSSET Jean	(13)
4	MEMIER André	(38)	73	RAMONDOU Jean	(75)	144	MENTHON Roger	(01)
5	FUHRER Jacques	(92)	74	ROUSSELOT Claude	(59)	145	FABER Lucien	(67)
6	ENJALBERT Claude	(75)	76	GUENARD André	(41)	146	MERMIN Marcel	(73)
7	BOUTONNIER Jean	(77)	77	NICOLLE Jean-Louis	(41)	147	BLAZY Bernard	(13)
8	COURTEL Frédéric (décédé)		78	VATBOIS Alain	(13)	148	SUREL Roger	(13)
9	CHEVALIER Roger	(71)	79	AUBERT Joseph	(13)	149	WELTZER Louis	(38)
10	DAUGE Maurice	(13)	80	EXBRAYAT Maurice	(43)	150	SOULET Claude	(13)
11	D'HOLLANDER Raymond	(75)	81	JOUANNET Daniel	(94)	151	GARREZ Yves	(75)
12	PUYCOUYOUL Jean	(78)	82	MOREAU Jean-Claude	(28)	152	ROUSSEAU Michel	(13)
13	DELPORTE René	(59)	83	BERGER Émile	(90)	153	TARLET Georges	(69)
14	KARST François	(73)	84	KOPFF André	(78)	154	LANGLOIS Paul	(37)
15	BAILLY André	(92)	85	BASTARD Pierre	(78)	155	GRUBER Michel	(67)
16	KOECHER René	(67)	86	FIEVET Éric	(69)	156	STERENBERG L. Michel	(78)
17	ALAJOUANINE Yves	(69)	87	KAPFER Marcel	(45)	157	DEVALLOIR Claude	(75)
18	SECOND Pierre	(13)	88	FELCE Charles	(75)	158	BAROT François	(92)
19	COMBE Jean	(37)	89	COLOMBEL Roger	(76)	159	POSTEL Armand	(92)
20	SOLER Jean	(31)	90	DESTANNES Bernard	(41)	160	HENAUT Michel	(92)
21	HERNANDEZ Alphonse	(33)	91	BLANCHET Pierre	(75)	161	ALBERT Jean-François	(75)
22	DALAINÉ Bruno	(35)	92	HERRMANN Robert	(67)	162	LE NOC Pierre	(92)
23	PAULAU Pierre	(78)	93	LEBOUCQ Daniel	(92)	163	FRANÇOIS Claude	(92)
24	RIVENO Maurice	(75)	94	LEMASSON Bernard	(77)	164	HENRIOT Gilles	(54)
25	MACE Georges	(76)	95	DE PRECQ Lucien	(04)	165	COTTE Jean-Paul	(33)
26	SCHLUMBERGER Jean-Jacques	(78)	96	BIJOU Pierre	(78)	166	VUAGNAT Louis	(69)
27	TOCCACELI Michel	(75)	97	ROCHE Jacques	(13)	167	MENAGER Jean	(75)
28	BIENVENU Gérard	(69)	98	BERGE Jacques	(13)	168	GOUINGUENE Michel	(92)
29	PERRONNET Alain	(45)	100	HALM Alain	(92)	169	RIETZLER Pierre	(92)
30	MANUALI Jean	(50)	101	LORETTE Guy	(18)	170	DAVID Didier	(75)
31	NOGIER Guy	(37)	102	GEORGES Robert	(45)	171	CHOLLIER Henri	(75)
32	DAVI Charles	(13)	103	VARANNE Gaston	(94)	172	LE THIERRY D'ENNEQUIN Franç.	(75)
33	CRAVERO Raymond	(13)	104	DELBARD Robert	(94)	173	DELDIQUE Pascal	(75)
34	JOURDAN Yves	(27)	105	ANTONIOTTI René	(13)	174	CHARMASSON Marc	(69)
35	DE BAUDREUIL Bernard	(37)	106	CURTET Henri	(84)	175	BRISSON Jean-Claude	(01)
36	KELLER DE SCHLEITHEIM Louis	(93)	107	GUILLOTEAU Robert	(92)	176	FOUCRAS Claude	(13)
37	MOULIRA Bernard	(93)	108	WEISHAUPT Charles	(68)	177	VELU Gérard	(84)
38	GARDAVAUD Édouard	(63)	109	PELLEQUER Claude	(83)	178	ARNOLD Jean-Pierre	(57)
39	LASCOUTOUNAS Claude	(61)	110	DELBARD Philippe	(03)	179	TREDE André	(83)
40	PHILIPPOT Pierre	(18)	111	MARTINEZ René	(13)	180	BARNIER Pierre	(13)
41	RAGEY Pierre	(45)	112	FRANÇOIS Alain	(83)	181	RANUZZI Sergio	(95)
42	TURPIN Jacques	(37)	113	GRECO Robert	(13)	182	BRUNETEAUX Christian	(95)
43	GUILLUY Jacques	(45)	114	LE GOFF Michel	(91)	183	SEYTRE Antoine	(42)
44	HERNANDEZ François	(94)	115	VINCENT Jaacques	(78)	184	NAUDIN Pierre	(94)
45	CASENAVE Michel	(78)	116	VALLÉE Claude	(92)	185	BERTHET Lucien	(38)
46	GALLET Gérard	(80)	117	EYMARD Claude	(92)	186	BRISOT Alain	(60)
47	FLEURY Jean	(78)	118	SANTINI Gérard	(94)	187	SAINT-SULPICE François	(39)
48	DOUBLET Jean-Pierre	(13)	119	LEMASSON Pierre	(41)	188	DUMAZ Jean-Claude	(92)
49	FABRE Jean	(37)	120	ESCOFFIER Louis	(30)	189	DE FONTGUYON Pierre	(16)
50	WAWSZCZYK Simon	(77)	121	HAXAIRE Gérard	(95)	190	LAPOINTE Lucien	(94)
51	SANCHEZ Jean	(77)	122	GALLOT Pierre	(13)	191	FASER Roland	(67)
52	COUETTE Claude	(13)	123	COQUARD Gilbert	(25)	192	MARCHE Jacques	(59)
53	CHAPRON André	(78)	124	MARCHAND Pierre-Yves	(25)	193	LANQUETOT Jacques	(41)
54	BASTIER Joseph	(37)	125	BLOCH Maurice	(78)	194	THIBAUT Christian	(42)
55	BERTIN Guy	(18)	126	BONGIBAUT Georges (décédé)		195	DUPLAA Maurice	(38)
56	DASPET Philippe	(41)	127	CAUDRON Jean-Charles	(63)	196	DOLL André	(68)
57	DUCHATEAU Jean-Marie	(94)	128	GENTIS Guy	(89)	197	BAYARD Paul	(38)
58	COSSALTER Jacques	(13)	129	ALVERGNAT Michel	(37)	198	CLERGET Jean	(90)
59	ROBIN Jean	(78)	130	HAUMESSER Pierre	(57)	199	CHUZEVILLE Michel	(69)
60	JOBERT Bernard	(37)	131	MROCZEK Stanislas	(94)	200	ROMAN Roger	(05)
61	BACCHUS Michel	(93)	132	MAGDINIER Pierre	(13)	201	MAZUE Pierre	(75)
62	BADUEL Jacques	(13)	133	EVENNOU Lucien	(75)	202	TIBERGHEN Vincent	(92)
63	BERRY Gérard	(54)	134	BERETTA Jean	(26)	203	LE GROUMELLE C Yvan	(38)
64	BURETTE Daniel	(33)	135	CATINAULT Roland	(76)	204	GUEDON Maurice	(74)
65	CARBONNELL Maurice	(94)	136	AUSQUICHOURY Louis-Claude	(33)	205	LASSEUR Christian	(01)
66	CREMONT Daniel	(93)	137	SIMON Jean-Paul	(78)	206	MERMET Marius	(38)
67	UCHER Guy	(94)	138	VIALA Pierre	(34)	207	MINICH Laurent	(Congo - 38)
68	JALOUX Alain	(93)	139	ROUX Georges	(34)	208	TARDY Jean-Marie	(06)
69	MOSCHETTI Jacques	(92)	140	KOUTCHOUK Daniel	(38)	209	DESJARDINS Michel	(13)

210	JOSEPH Jean-Michel	(73)	295	FROGER Gérard	(36)	379	DEGAUD Ernest	(38)
211	GODARD Michel	(69)	296	POULAUD Paul	(50)	380	GUATELLI Pierre	(06)
212	MICHELETTI Guy	(13)	297	GUYON Jean-Claude	(29)	381	Melle PATUREAU Anne-Marie	(75)
213	AUROUSSEAU Robert	(39)	298	SCHRUMPF Bernard	(75)	382	SEGUIN Jean	(12)
214	MOREL Georges	(01)	299	DUBOIS Pierre	(06)	383	KOPF Didier	(67)
215	ROUDET Claude	(38)	300	TOUZEAU Jean-Luc	(91)	384	BLAUSTEIN Maurice	(13)
216	PAILLARES André	(31)	301	LAMBERT André	(95)	385	DEHEINZELIN Hervé	(13)
217	MASMONTEIL Maurice	(94)	302	DAURAT Robert	(06)	386	MEULEY Jean-Luc	(72)
218	SAURY Roger	(09)	303	BARRON Michel	(77)	387	GUERENNEUR Alain	(35)
219	RAIA Philippe	(95)	304	LAGARDE Christian	(95)	388	DALUZ Claude	(75)
220	GERVAISE Jean	(01)	305	DELMAS Claude	(34)	389	RUCH Charly	(78)
221	CORNU Yves	(69)	306	PLACE Jean-Claude	(63)	390	BILET Gérard	(06)
222	DUBOIS François	(38)	307	GUILLEMINOT Jacques	(64)	391	WOLF Ernest	(67)
223	ROLLIN Philippe	(13)	308	BLOY Pierre	(75)	392	ANTONI Albert	(67)
224	GOUDARD Christian	(78)	309	MALLET Bernard	(94)	393	GAUTIER Gérard	(67)
225	GAGNEUX Pierre	(92)	310	MENAERT Christian	(33)	394	RICHARD Marc	(13)
226	RAYNAUD Philippe	(972)	311	COLLET Marc	(78)	395	GRATIAS Philippe	(67)
227	MASSONNET Georges	(31)	312	SASSINOT Paul	(94)	396	COPONAT Pierre	(38)
228	DESLANDES Dominique	(38)	313	COPPALLE Michel	(49)	397	PIOVANO Bernard	(38)
229	LOQUIN Jacques	(31)	314	COCHERIL Marcel	(29)	398	GRUEAU Bernard	(35)
230	GAILLARD Michel	(45)	315	CHAMBAZ Jean	(73)	399	TIXIER Jean-Pierre	(19)
231	HUART César	(59)	316	QUESNEL Jean-Pierre	(01)	400	LEBORGNE Jean	(59)
232	AEBY Francis	(60)	317	SCHALLER Claude	(67)	401	BENET Maurice	(31)
233	PAUCHARD Georges	(95)	318	MOREAU Maurice, Michel	(44)	402	MAILLARD J.-Pierre	(27)
234	SCHULTZ Alphonse	(67)	319	MAHOT Louis	(44)	403	FADY Pierre	(38)
235	HERBRECHT Antoine	(68)	320	LE RAY Henri	(35)	404	FIAT Robert	(38)
236	DESPAGNE Jean-Luc	(59)	321	SAUVAGER Alain	(35)	405	BOISSONNAT Gérard	(38)
237	RENARD-SANNINI Jean-Pierre	(13)	322	MET Henry	(35)	406	EYBERT René	(38)
238	DESSENS Maurice	(31)	323	GIORGETTI Jacques	(35)	407	DENIAU Jean-Pierre	(38)
239	GUIZOU Roger	(13)	324	BERTIN Marcel	(35)	408	ESCALON Jacques	(38)
240	GUIRAND Albert	(13)	325	TOQUET André	(42)	409	MONNE André	(67)
241	FLACELIÈRE Bernard	(06)	326	KELLER Jean-François	(13)	410	VENNIN Dominique	(35)
242	DUCLOS Jacques	(06)	327	CHEVALIER Robert	(78)	412	Mme ROUBAUD-FARGUES	(13)
243	ARLABOSSE Thierry	(06)	328	LAUNAY Philippe	(44)	413	BLANC Jean	(13)
244	RAGUIN André	(94)	329	PATOUT Georges	(31)	414	TERRAS Jacques	(13)
245	MINAULT Maurice	(78)	330	LE GUELLEC Michel	(29)	415	BOUJU Marcel	(78)
246	LISZEWSKI Raymond	(75)	331	PRIMAULT Michel	(54)	416	CHATELARD Gaston	(73)
247	THEZE Jacques	(35)	332	BOULO Charles	(58)	417	GODARD Alain	(44)
248	HUCKI Lothaire	(95)	333	CORBIÈRE Denis	(35)	418	RIFFAULT Jacques	(91)
249	CHEVALIER-CURT Louis	(38)	334	LASFARGUE Jean-Noël	(81)	419	GHERNAOUTI Claude	(91)
250	GIANTI Jean	(06)	335	BATAILLON Georges	(14)	420	PERRAUD J.-François	(69)
251	PATRY Pierre	(06)	336	DUMERY Sylvain	(72)	421	GOY Georges	(01)
252	BALLEROY Alain	(06)	337	TESLUTCHENKO Claude	(67)	422	de TOUZALIN Michel	(89)
253	TARTACEDE Michel	(75)	338	DOUET Donatien	(49)	423	BUSSIÈRE Roger	(13)
254	RICHTER Émile	(67)	339	LE MAO Michel	(56)	424	SIMONET Jacky	(67)
255	ACQUIER Élie	(31)	340	GODEFROY Pierre	(35)	425	TIZON J.-Paul	(35)
256	VERGNE Jacques	(33)	341	PERCHE Michel	(59)	426	CHALON J.-Claude	(38)
257	LAVILLE Jean-Pierre	(33)	342	BERLEM Joël	(59)	427	DESCOMBES François	(71)
258	BAURE Jean	(33)	343	LEFESVRE Jacques	(59)	428	BEHURE Claude	(73)
259	DUPLEIX Jean-Philippe	(33)	344	CASTAN Élie	(81)	429	ERIEAU Michel	(06)
260	TREVISAN Bertrand	(33)	345	BERTHIER Max	(31)	430	FLIPPE Claude	(13)
261	VALLEE Jean-Marie	(33)	346	CORNILLE Dominique	(59)	431	BISIO Jacques	(63)
262	DEGRAVE Jean-Claude	(33)	347	BARRIÈRE Jean-Jacques	(72)	432	BOURGUIGNON J.-Yves	(69)
263	DUPUY Jean-Louis	(87)	348	EL AMRI Habib	(Tunisie)	433	FRANÇOIS Marc	(91)
264	DUMONT André	(74)	349	RIVAIN François	(72)	434	FROISSART Jacques	(26)
265	GROUSSIN Pierre	(36)	350	GOYON Roger	(13)	435	CHABERT André	(38)
266	PIVOT Jean-Pierre	(69)	351	HUBERT Jean-François	(35)	436	FAYE Jean-Claude	(69)
267	FARGEIX Georges	(91)	352	LEHMANN (Meschenmoser)	(67)	437	DEVISE Bernard	(07)
268	AGUILHON René	(11)	353	LASSALE François	(63)	438	LEVARO Denys	(38)
269	LACAZE Jean	(31)	354	LANGLAIS Jacques	(54)	439	HODOT Yves	(26)
270	MAYOUD Michel	(01)	355	DUCROUX Michel	(13)	440	ZELLER Jean-Marie	(56)
271	LANFRAY Armand	(38)	356	DUPONT Jean	(69)	441	BODU Gilles	(03)
272	LEVADOU Philippe	(33)	357	VANONE Serge	(59)	442	SOMPAYRAC Lucien	(31)
273	GUILLOIN Gérard	(66)	358	FROMENT Francis	(59)	443	FALEZ Jean-Pierre	(59)
274	PENCREC'H Pierre	(81)	359	OSTERMANN Albert	(57)	444	RAY Bernard	(38)
275	MANSAUD Pierre	(75)	360	DELAUNAY Jean-Marie	(35)	445	VOUREY Michel	(84)
276	SABATHIER Michel	(33)	361	SEVAUX Guy	(35)	446	DEPEAU Roger	(84)
277	LACREUSE Michel	(38)	362	VAILLE Jean-Claude	(01)	447	GUERY Claude	(93)
278	BERTRAND Jean	(95)	363	DUPONT Pierre	(69)	448	CLAUDE Émile	(38)
279	GAREAU Bernard	(75)	364	GUIGUE Raymond	(69)	449	SITTLER Guy	(91)
280	CAUDAL Claude	(78)	365	ALLAIS Jean-Marie	(13)	450	LABBE Didier	(14)
281	BOILLET Jean	(94)	366	ABEL Clément	(78)	451	GAUTHIER Michel	(74)
282	CARDINAL Jean-Pierre	(89)	367	COURMONT Jean-Michel	(78)	452	DUBOUIX Pierre	(35)
283	BOVIER Jean-Robert	(Suisse)	368	ERNOULT Didier	(13)	453	CHARBONNIER Roger	(63)
284	PERRIN Jean-Luc	(03)	369	CHAIX Paul	(05)	454	JOLY René-Claude	(14)
285	DUBUISSON Bernard	(75)	370	MAILLET Guy	(03)	455	BAZILLOU Gilbert	(97)
286	PENICAUT Jean-Philippe	(38)	371	LECOMTE Jean	(03)	456	AMIEL Louis	(31)
287	DISSAC Daniel	(73)	372	GODET Roger	(03)	457	FOSSI Enrique	(Maroc)
288	CAMIAT Daniel	(94)	373	DUBERGA Jacques	(33)	458	PIJOURLET Pierre	(69)
289	LEGORGEU Jean-Claude	(67)	374	BEAUBATON Armand	(33)	459	CATALA-COTTINI Bern.	(13)
290	COLLOMB Léon	(73)	375	BOURGEOIS Gustave	(35)	460	MOURGUES Claude	(13)
291	CORBEAU Maurice	(51)	376	SCHRAMM Pierre	(67)	461	DELMARE Alain	(13)
292	EYROLLES Serge	(75)	377	BRUNOLD Maurice	(87)	462	PALOMBO Jacques	(13)
293	GUERIN Jean-François	(33)	378	BROUX Jacques	(87)	463	FAURE Louis-Charles	(13)

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

MEMBRES DE SOUTIEN

- | | |
|--|---|
| 1 Wild + Leitz France | 4 Office de la Topographie et de la Cartographie. Tunis |
| 2 Aga Géotronics S.A.R.L | 5 Slom-Essilor |
| 3 Chambre Syndicale Nationale de Photogramètres privés | 6 Chambre des Ingénieurs-Conseils de France |



NOUVELLES BRÈVES

Du Vice-Président R. Schaffner

Les membres de l'A.F.T. désireux de se présenter en qualité de membre du conseil sont instamment priés de faire état de leur candidature avant la date du 30 septembre 1980 au siège de l'Association 39 ter rue Gay Lussac, 75005 PARIS.

CALENDRIER 1980

COLLOQUES NATIONAUX

20 octobre — Strasbourg

Colloque "Formation et Enseignement"

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

12 décembre — Paris

RÉGION ILE-DE-FRANCE

Rencontre A.F.T - SICOB

vendredi 26 septembre de 15 h à 19 h

Salle de cinéma. TOUR FIAT (EPAD), PARIS-LA-DÉFENSE

Avec la participation de : MM. ALAJOUANINE, BAILLY, CORMIER, CRÉMONT, DUBUISSON, DUCHER, GROS.

— du C.N.E.T.G.E.F.

avec une tribune des constructeurs des sociétés : Wild, Zeiss, Aga, Hewlett-Packard, Keuffel-Esser, etc...

Thème principal : Représentation graphique-numérique des données du topographe.

Manifestation placée sous le signe du Sicob ouverte à tous les topographes (même ceux qui ne sont pas membres de l'A.F.T.)

NOUVELLES DE L'ASSOCIATION

PROCHAINS COLLOQUES

- Première quinzaine de juin 81
 - Lieu : TOURS
 - Thème : Auscultation topographique des grands ouvrages
 - Organisateurs :

Président régional et Président de la Commission 8.

- 2^e trimestre 82 :

Nos collègues et amis Tunisiens souhaitent pouvoir organiser un colloque A.F.T. en Tunisie au cours de cette période.

DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES : Visite du chantier de la ligne nouvelle à grande vitesse entre MACON et MONTCHANIN



Sous la direction de Monsieur Jean BOUTONNIER, Ingénieur SNCF, Chef de Division Topographie, dix membres de l'A.F.T. en général de la région de Lyon, sont venus voir les travaux en cours en considérant notamment les implications sur le terrain des tâches concernant les géomètres.

Le réseau de triangulation sur piliers créée pour l'implantation du pont sur la Saône au sud de Macon, a servi pour le contrôle de l'avancement du tablier poussé par fonçage aérien au moyen d'un prisme visé par un distancemètre électronique. Le viaduc en courbe circulaire de la Roche est aussi construit avec cette méthode. Les ouvrages d'art sont équipés de rivets en acier inoxydable pour les contrôles périodiques de stabilité obtenus par nivellement géométrique de haute précision.

Les travaux topographiques au col du Bois clair (km 320) ont dû être effectués au début dans des zones boisées, nécessitant des layons aux emplace-

ments des profils en travers, afin de placer avec une précision suffisante les gabarits d'entrée en terre de sommet de talus en déblais.

Après un agréable déjeuner collectif au Relais du Maconnais à la Croix Blanche sur la RN 79, Monsieur BOUTONNIER a montré au Nord de CLUNY la ligne nouvelle déjà équipée en voie ferrée et en caténaire. La stabilité du piquetage de l'axe de la plateforme doit pouvoir résister à la mise en place du ballast. Le réglage de l'alignement se fait transversalement au moyen d'une goupille que le géomètre place dans une plaquette "Mille" placée au sommet du piquet. La parfaite allure des rails en courbes a fait l'admiration de l'assistance.

Malgré un ciel variable, les participants à cette manifestation ont exprimé le plaisir et l'intérêt technique ressentis en écoutant les explications de Monsieur BOUTONNIER sur les chantiers.

Y.A



COMPTE RENDU DE L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE

tenue à Lyon le 21 juin 1980

Par décision prise à l'unanimité des présents, les articles 6, 7, 14 et 17 des statuts sont ainsi modifiés :

ARTICLE 6 :

Les membres :

L'Association regroupe des membres adhérents, de soutien, correspondants et des membres d'honneur.

Ce sont des personnes physiques ou morales de nationalité française ou étrangère.

Chaque personne morale désigne un représentant qui jouit des mêmes droits qu'un membre personne physique sauf à ne pouvoir être élu au Conseil.

1 — Membre adhérent :

Peut faire partie de l'Association en qualité de membre adhérent :

- toute personne physique pratiquant ou utilisant ou ayant pratiqué ou utilisé la topographie à titre indépendant ou salarié ;
- toute personne morale dont l'activité est en rapport avec la topographie.

2 — Membre de soutien :

Peut être admis comme membre de soutien :

- toute personne physique pratiquant ou utilisant ou ayant utilisé ou pratiqué la topographie à titre indépendant ou salarié ;
- toute personne morale dont l'activité est en rapport avec la topographie, soutenant les efforts de l'Association par une cotisation importante.

3 — Membre correspondant :

Peut être nommé membre correspondant toute personne physique ou morale renommée ou jouant un rôle important dans une association professionnelle touchant à la topographie.

4 — Membre d'honneur :

Peut être nommé membre d'honneur toute personne physique qui s'est particulièrement distinguée par les services rendus à la topographie ou à l'Association.

ARTICLE 7 :

Sections régionales :

Les membres sont groupés en sections régionales. Le nombre et la délimitation des sections régionales

sont définis par le Conseil dans le cadre du règlement intérieur.

Les membres résidant hors de France adhèrent à la section régionale de leur choix.

L'ensemble des membres d'une section régionale élit son Président Régional.

Les modalités d'élection des Présidents régionaux sont définies par le règlement intérieur.

ARTICLE 14 :

Conseil :

Le Conseil se compose de membres nationaux et des Présidents régionaux.

12 membres au plus sont élus au titre de membres nationaux par l'Assemblée Générale.

Peut faire acte de candidature au Conseil, toute personne physique de nationalité française membre adhérent ou de soutien, actif ou retraité ou membre d'honneur.

Les candidatures doivent être déposées au plus tard le 31 août auprès du bureau.

Les membres sont élus pour 6 ans. Le Conseil est renouvelable par tiers tous les 2 ans.

Toutefois, à titre exceptionnel, les membres du Conseil élus lors de la première Assemblée Générale ne le seront que pour une année.

Les membres du Conseil sont rééligibles.

En cas de vacance d'un poste, le remplaçant sera élu lors du renouvellement du prochain tiers du Conseil.

Le Conseil se réunit à l'initiative du Président ou à la demande de la moitié au moins de ses membres. Les convocations sont adressées par simple lettre par le Secrétaire Général au moins 15 jours à l'avance.

Les fonctions de membre du conseil sont bénévoles.

ARTICLE 17 :

Présidents régionaux :

Les Présidents régionaux sont membres de droit du Conseil de l'Association.

Ils animent l'activité de leur section régionale.

COMPTE RENDU DE L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE

tenue à Lyon le 21 juin 1980

Résolution unique :

L'Assemblée Générale décide d'élire un douzième membre national du Conseil lors de l'Assemblée Générale du 12 décembre 1980.

Par dérogation à l'article 14 des statuts, les candi-

dates seront reçues jusqu'au 30 septembre 1980.

Cette résolution mise aux voix est adoptée à l'unanimité moins 3 abstentions.

N.B. Par décision du Conseil de l'A.F.T. en date du 4 septembre 1980, ce délai de dépôt des candidatures est reporté au 31 octobre 1980.

EN FAMILLE

Cette rubrique consacrée aux événements de la vie familiale des membres de l'A.F.T., débute malheureusement par de tristes nouvelles.

- L'Aspirant BLANCHET, fils de Pierre BLANCHET, est décédé accidentellement début juillet 1980.
- Thomas KOECHER, fils de René KOECHER a trouvé la mort le 16 avril 1980 dans un accident de la circulation.

- Elisabeth et Aurélie, épouse et fille d'Albert GUIRAND, ont trouvé la mort par noyade dans un accident de vacances le 12 août 1980.

L'Association Française de Topographie et la rédaction de x y z présentent leurs sincères condoléances et témoignent leurs sentiments amicaux aux membres de l'AFT et à leur famille si durement éprouvés par ces deuils cruels.

LOGICIEL "TOPOMÉTRIE" POUR TEXAS TI 59

Sûreté, rapidité,

Dans vos calculs topométriques, au bureau ou sur le terrain, avec ou sans imprimante PC 100-C, de la triangulation à l'implantation, en passant par ceux de polygonation, de points de détails, d'intersections, de surfaces, de stations libres ou excentrées, d'éléments d'implantation ou de contrôles d'implantation, Éliminez les erreurs inhérentes aux introductions de coordonnées, Effectuez vos calculs en X Y Z, de la centaine de kilomètres au m/m, sur simple appel du matricule des points.

Renseignements et documentation contre 3 timbres postes à
Robert GUILLOTEAU, 59, rue des Meuniers, 92220 — BAGNEUX.

EMPLOI

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

OFFRES D'EMPLOI

• École Supérieure des Géomètres et Topographes recherche pour Direction des études Ingénieur Grande école ou Universitaire diplômé de l'enseignement supérieur dans les sciences exactes, si possible technicien de la topographie, vocation et expérience de l'enseignement, nationalité française.
Lieu de travail : EVRY 91000
Le poste correspond au niveau de Professeur de 2^e classe des Universités (précédemment maître de conférence)
Adresser candidature avec C.V. au Directeur du Conservatoire National des Arts et Métiers.

• Société de Topographie recherche pour contrat de Coopération en ALGÉRIE formateurs diplômés (ingénieur DPLG) avec expérience professionnelle
— Photogrammétrie
— Topographie Générale
— Géodésie
— Cartographie
Voyage, hébergement famille assuré.
Écrire à l'AFT, référence OE 14

FORMATION CONTINUE

Stages organisés par le C.E.I.F.I.C.I. 6, rue Vital PARIS 75016 — Tél. : 504.55.02
• 7-8 octobre : l'expertise et l'arbitrage dans le bâtiment et les travaux publics.
• 28-29-30 octobre : études et réalisations de pointe dans les Travaux Maritimes.

CAST Centre d'Actualisation Scientifique et Technique. Institut National des Sciences Appliquées 20, avenue Albert Einstein 69621 VILLEURBANNE Cédex.
• 27-31 octobre 1980 : alimentation en eau des Zones Rurales et des petites collectivités.
• 15-19 septembre 1980 : topographie, nivellement, lever et implantation.
• 18-20 novembre 1980 : dessins et calculs relatifs aux terrassements (projets de routes et plateformes).

DIVERS

• Recherche :
— Meubles à plans (verticaux ou à plat)
— Photocopieur (papier normal, développement à sec)
Téléphoner au 355.64.69

• Vends Photocartographe SFOM-NISTRI 2 chambres 152-210, stéréoalternateur, orthophotographe, état impeccable. Prix avantageux. Écrire à l'AFT, référence D 10.

DEMANDES D'EMPLOI

• Jeune Ingénieur Congolais, diplômé de l'Institut de Géodésie, Cartographie et Photographie aérienne de Moscou, recherche emploi stable en région parisienne. Écrire à l'AFT, référence DE 12.

• Ingénieur Topographe E.N.S.A.I.S. (diplômé février 1980) cherche emploi combinant topographie et informatique
Écrire :
• J.-C. LEVEILLE
Saint-Patrice-du-désert
61600 LA FERTÉ MACÉ
Tél. : (33) 37.13.48

• Ingénieur E.S.G.T. cherche emploi, de préférence Rhône-Alpes, dans la métrologie industrielle ou la topographie. Écrire à l'AFT, référence DE 11.

• Jeune photogrammètre, diplôme d'études technologiques de photogrammétrie de l'ITC (anciennement "ITC engineer") recherche emploi, si possible région RHÔNE-ALPES pour début novembre. Écrire à l'AFT, référence DE 13

Ingénieur géomètre-topographe, diplômé ENSAIS, libéré des obligations militaires - Cherche emploi. Étudie toutes propositions.
Écrire : M. VIENNOT Dominique
14, rue Raphaël
13008 Marseille

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

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

Revue de l'Association Allemande d'Arpentage

"Zeitschrift für Vermessungswesen" (ZfV)

N° 4/04.1980

- Les buts de la recherche géodésique.
- Une introduction à l'estimation des composantes de variance-covariance du type Helmert. (E)
- Bases mécaniques des appareils de mesures gravimétriques des satellites terrestres artificiels.
- Modèles pour l'estimation des paramètres dans l'analyse des déformations.

N° 5/05.1980

- La rénovation des villages, un devoir politique de conjoncture.
- H.I.F.I. — un système de programme de micro-processeur pour l'interpolation altimétrique d'éléments finis.
- Conceptions d'appareils de mesure enregistreurs.
- Une contribution au calcul des coordonnées cartésiennes de points de détail des clothoïdes.

N° 6/06.1980

- Un essai de détermination du vecteur altéré de la pesanteur par des mesures gravimétriques locales.
- Sur le problème géodésique des grandes distances dans deux projections différentes. (E)
- Sur la dérivée symétrique des formules demi-angulaire de la trigonométrie sphérique.
- Doubles relations en géométrie et espace de gravité. (E)

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

"Österreichische Zeitung für Vermessungswesen" (ÖZ)

N° 1/1980

- Une nouvelle détermination de l'altitude du plus haut sommet du monde. (E)
- La détermination de la correction orthométrique du nivellement géométrique par la déviation de la verticale et le potentiel d'altération T.
- La photogrammétrie par ballon.

Revue de l'Association Australienne

"The Australian Surveyor"

N° 1/03.1980

- Les limites du titre (foncier) dans l'État de Victoria.
- Le projet Homboin — un levé étendu établi par les méthodes photogrammétriques.
- Les Comtés de l'État de la Nouvelle Galles du Sud.
- Vers un instrument de mesure universel.
- Unification des systèmes de lever, promesse et progrès.

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

"Bulletin"

N° 69/05.1980

- 1792 — La limite des basses eaux de la rivière Ohio prise comme frontière entre les États du Kentucky et de l'Ohio.
- Un grand progrès dans la production des cartes d'état-major en couleurs.
- Le nouvel ajustement du réseau horizontal nord-américain entre le Canada et les U.S.A.

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

"Kart og Plan"

N° 2/1980

- Les journées cartographiques de 1980 à Kristiansand.
- La réglementation cartographique pour 1980.
- L'atlas national de Norvège.
- Les ressources en sable et gravier, leur recensement et localisation cartographique.
- La nouvelle loi sur la subdivision territoriale, prévisions, points de vue et conséquences.
- Établissement d'un canevas communal principal, son rattachement au canevas général.
- La coopération entre les géomètres privés et ceux du Secteur public.
- L'immatriculation foncière des voies publiques.
- Pour de meilleurs orthophotoplans et à moindre prix.
- Le nivellement général de Norvège.
- Procédures habituelles de création de sentiers pédestres et de l'expropriation des terrains.
- Un projet norvégien de cartographie automatique. (E)

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

"Tecnica-Topografica"

N° 33.02/1980

- Les instruments de mesure électronique de distance (suite II)
- Conceptions de base du radar latéral interférométrique aéro-transporté et son utilisation en cartographie (suite II)
- Relèvement photogrammétrique de la voûte de la grotte à peintures paléolithiques d'Altamira.

N° 34/04.1980

- Les instruments de mesure électronique de distance (Suite III).
- Histoire de la cartographie de l'Islande.
- Le printemps des planètes.
- Un voyage au Cachemire.

Revue de l'Association Canadienne des Sciences Géodésique.

"Le géomètre canadien" ou "The Canadian Surveyor"

N° 1/03.1980 (E)

Édition spéciale relative au Symposium international de la F.I.G. sur la technologie moderne du cadastre

et des "systèmes d'information terrestre" à Ottawa en octobre 1979.

- La tenue à jour des informations foncières.
- Les systèmes d'information terrestre en Suède.
- Application de la photogrammétrie et de l'informatique à la cartographie topographique et cadastrale (voir aussi bulletin N° 73-74 de la S.F.P.T.)
- Le système de positionnement inertiel — Expérience et pronostics.
- La technologie moderne dans les opérations cadastrales des pays en voie de développement.
- Déterminations photogrammétriques de grande précision par l'utilisation des corrections de déformation de l'image.
- Une expérience de traitement et d'enregistrement de données dans un projet de rénovation cadastrale.
- Technologie des systèmes de traitement des données.

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

"Mensuration-Photogrammétrie-Génie Rural"

N° 4/04.1980

Numéro spécial consacré à l'École Polytechnique Fédérale de Zurich, à l'occasion de son 125^e anniversaire, et rédigé par l'Institut de Géodésie et Photogrammétrie (I.G.P.) de cette école. (D)

N° 5/05.1980

- Le drainage du marais de Vaduz (Principauté de Lichtenstein). (D)
- Mensurations et banques de données (D)
- Bulletin n° 25 de la F.I.G. (D) (E) (F)
- A propos du Congrès de 1981 à MOntroux. (D) (E) (F)

N° 7/07.1980

- Problèmes actuels de la géodésie et de la géodynamique. (D)
- Relevés sur les fleuves d'Afrique Noire — Nigéria. (D)
- Regroupement foncier dans la forêt privée (F)
- Rapport national sur les activités en photogrammétrie de 1976 à 1980. (F)

Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection.

N° 73-74/1 et 2 1979

Le traitement géométrique des images de Télédétection.
par G. de Masson d'Autume

Programme d'étude en hyperfréquences des sols cultivés.
par C.M. Girard et Ch. King

Le système de restitution Wild/Aviomap/Aviotab.
par F. Barot et D. Hazard

Application de la photogrammétrie et de l'informatique à la cartographie topographique et cadastrale.
par D. Crémont

Utilisation de la photographie aérienne pour l'établissement du cadastre numérique de Bordeaux.

par H. Desportes

Numérisation des images et restitution analytique.

par B. Dubuisson

Développement de la Télédétection aérospatiale pour l'observation de la Terre en Bulgarie.

(Conférence du Professeur D. Michev, St-Mandé, 17 mai 1979).

par G. Ducher

Symposium international sur la contribution de la photogrammétrie et de la géodésie à la mise en valeur des sites historiques. (Cracovie, 20-22 juin 1979)

par M. Carbonnell

N° 75/3.1979

Une application de la photo-interprétation à l'archéologie de l'Afrique tropicale : La reconstitution des modes de peuplement et des systèmes agraires disparus.

Exemple : de l'Adamaoua occidentale (Cameroun/Nigeria).

par J. Hurault

N° 76/4.1979

Nécrologie :

Hans HARRY

Le système TRIAS (Matra 101) et son emploi à l'Institut Géographique National.

par J.C. Lummaux et J. Poulain

Application d'une idée de G. de Masson d'Autume à l'estimation de l'exactitude d'un calcul d'aérotriangulation en fonction du nombre et de la disposition des points d'appui.

par Ph. Hottier et M.R. Mubarak

Quelques aspects, parfois déroutants mais presque toujours explicables, de la vision monoculaire, de la vision du relief et de la vision des couleurs, en relation avec les problèmes rencontrés par les photogramètres, les photo-interprètes et les cartographes.

par J. Cruset

Information : Les activités du G.D.T.A. en 1979.

par L. Laidet

N° 77/1.1980

Exemples d'application de la télédétection à la cartographie géologique et à la recherche minière

par G. Weecksteen

Les photographies aériennes et l'Inventaire Forestier National.

par P. Galmiche

Nouveaux développements de la photogrammétrie architecturale à l'Institut Géographique National français.

par M. Carbonnell et Y. Egels

INTRODUCTION

De nos jours, concepteurs et aménageurs proposent leurs projets en utilisant quelquefois les maquettes qui représentent, assez fidèlement, le projet à grande échelle dans l'espace.

Ainsi, les décideurs disposent d'un élément important pour juger de l'architecture du projet et de son impact dans l'environnement.

Les plans-reliefs d'autrefois, comparables aux maquettes d'aujourd'hui, représentaient fidèlement les sites et villes fortifiés après leur construction.

Il ne fait aucun doute qu'il s'agissait là de créations utilisées à des fins militaires.

Aujourd'hui, ces plans-reliefs de grande qualité qui représentent une valeur inestimable de notre patrimoine modifié ou quelquefois détruit, dorment sous le toit du Musée des Invalides.

Je remercie la revue X,Y,Z de l'Association Française de Topographie de bien vouloir publier cet article de M. A. Roux, sur ces plans-reliefs en sachant par avance combien seront intéressés ces spécialistes de la représentation physique des états des lieux que sont les topographes.



Roger GINOCCHIO
Président du Comité
de Recherche et Développement
de l'Institut Géographique National

Le plus vieux musée de France est situé dans un des bâtiments parmi les plus célèbres et les plus visités de France : pourtant il est inconnu de la plupart des français : le musée des plans-reliefs est issu de la collection des plans-reliefs, créée par Louis XIV en 1668 et transportée il y a deux siècles : en 1778, aux Invalides dans les combles des bâtiments qui entourent la cour d'honneur.

Cette collection, unique au monde par son ampleur et sa qualité est constituée des maquettes des principales villes fortifiées françaises ou voisines des frontières françaises.

1. De quoi s'agit-il ?

Un plan-relief tel que l'a conçu Vauban et tel qu'il sera exécuté jusqu'en 1810 est une maquette au 600^e (166 cm par km ou 1 pied français, par 100 toises) d'une ville fortifiée et des terrains environnants. Au centre, les fortifications de la ville enserrent les rues, les monuments, les maisons exécutées avec leurs moindres détails.

Au dehors, la campagne ou les montagnes et leur relief sont représentés avec les maisons, les routes, les cours d'eau ; toutes les cultures, bois, champs, vignes sont reproduits avec une fidélité absolue : en effet, les plans-reliefs sont des outils de travail et non des œuvres d'art : elles sont destinées aux ingénieurs du roi puis à ceux du service du génie.

Certains plans-reliefs sont relativement petits : 1,5 x 1 m. Le plus grand, celui de Cherbourg, mesure 10 x 11 m environ.

Pour **restaurer seulement**, un plan-relief moyen de 10 m² environ, il faut de 1 à 3 **ans** suivant l'état aux deux derniers spécialistes existants et travaillant en étroite collaboration.

2. Fabrication des plans-reliefs

Pendant deux siècles, les plans-reliefs seront réalisés suivant les mêmes procédés, malgré quelques différences de détail. Les premiers travaux consistaient à lever en détail le plan de la place et de tout ce qu'elle enserrait ainsi que de ses environs, car il fallait tenir compte de sa valeur de ville fortifiée ainsi que des possibilités de défense ou d'attaque dans toutes les hypothèses possibles.

Plans et levés mis au net, le travail en atelier pouvait commencer : il pouvait durer plusieurs années. Chaque plan est constitué de plusieurs plateaux de bois nommés "tables" découpés suivant les principales coupures de terrains pour camoufler les raccords : ces tables ont souvent des cartons polygonaux. Leurs tailles et leurs nombres étaient variables suivant les maquettes (il faut pouvoir atteindre le centre d'une table isolée avec le bras tendu). Le relief de Namur (1150) comporte 14 tables. Certaines de celles-ci pèsent plus de 200 kg et mesurent plus de 2 m pour le côté le plus grand : aussi étaient-elles assemblées sur un piétement composé de nombreux pieds et traverses pour en équilibrer le poids.

L'ensemble des tables d'un plan-relief était réuni dans un cadre à pied : ceux d'époque Louis XV existant encore sont superbes bien qu'abîmés. Chaque

table était en général confectionnée comme un parquet, avec de petites lames de bois de façon à éviter le jeu des constituants, les grandes lignes du relief sont déjà construites.

Ensuite, on restituait les accidents du terrain en bois ou en toile recouvert de carton "mâché" modelé à la main. Dans certains cas, par exemple Bouillon, Besançon, Grenoble, le système d'entoilage utilisé comprenait une nappe de soie hachée mêlée des roches d'origine concassées en grains très fins.

Les procédés de flocage, avec de la soie teinte, étaient largement utilisés pour rendre du mieux possible les sols et les cultures (prairies, terres labourées), avec leurs couleurs propres : arbres, tail- lis, vignes étaient aussi réalisés en soie au moyen de fils enroulés et torsadés autour de fils de métal.

Maisons, monuments et fortifications étaient tail- lés à part dans de petits blocs de bois tendre. Avant d'être collées sur le relief, ces maquettes étaient recouvertes de papier sur lequel était peint le maté- riau d'origine : pavés pour les rues, briques ou pier- res ou pans de bois, tuiles ou ardoises. Bâtiments ou cultures : tout devait être reproduit avec précision. Cependant, les monuments étaient quelquefois exé- cutés au 1/500^e.

3. L'histoire de la collection des plans-reliefs

Louis XIV et Louvois firent exécuter plus d'une centaine de plans sous la direction de Vauban. Une étude de M. le général Nicolas a permis de découvrir récemment que 60 reliefs, dont on ignore les noms, furent détruits en 1691. Il en restera une cinquan- taine. La collection est installée dans la grande gale- rie du Louvre : entière à cette époque, elle mesurait 215 m de long. La collection n'était visible qu'avec l'autorisation du roi et elle était gardée jour et nuit. Sous Louis XV, de nouveaux reliefs sont construits et les autres restaurés ou mis à jour.

En 1778, Louis XVI fait transporter les 127 plans- reliefs, existants aux Invalides, là où ils se trouvent aujourd'hui : le déménagement est la cause de dégâts importants et de la destruction de 12 plans.

Par miracle, la révolution ne cause aucun mal et Napoléon 1^{er} reprend le développement des plans- reliefs : 15 spécialistes y travaillent en permanence. Après les cent jours, la collection est pillée par les prussiens qui s'emparent de 21 plans : le reste est sauvé grâce au tsar Alexandre 1^{er}.

De la restauration à Napoléon III, la collection est entretenue et complétée : 11 nouveaux plans-reliefs. Après 1910, les plans-reliefs n'ont plus d'intérêt mili- taire, pourtant ils subsisteront grâce au dévouement des responsables successifs parmi lesquels il faut citer Gaston Renault qui est le véritable sauveur du musée devenu monument historique grâce à sa tena- cité en 1977.

Cependant, la collection survit malgré des "initiati- ves" dangereuses : en 1904, le trop fameux général André fait transférer les plans d'Arras et de Douai.

Certains responsables du Ministère des Affaires Cul- turelles envisagent la dispersion et le démantèlement de la collection, particulièrement sous André Mal- raux.

Heureusement, la collection est sauvée de nou- veau. Cependant, il faut rappeler qu'une partie des dossiers qui ont servi à la construction des maquettes a été détruite en 1940 et qu'aujourd'hui encore il pleut sur les maquettes.

4. La situation actuelle

Malgré la qualité des deux restaurateurs techni- ciens et les efforts des responsables actuels, le musée des plans-reliefs ne peut exposer que moins de la moitié de ses collections - il reste encore 80 plans-reliefs - par suite de manque de moyens de gar- diennage, de la protection insuffisante des plans- reliefs (certains visiteurs vandales arrachent des petits morceaux de maquette). Aucun chauffage, un éclairage insuffisant, deux restaurateurs (alors qu'il en faudrait au moins 10), un budget presque inexis- tant : tout cela fait craindre pour l'avenir.

Pourtant l'intérêt de cette collection est considéra- ble :

- pour les historiens des fortifications évidemment,
- pour les historiens et les spécialistes de l'urba- nisme, c'est pratiquement la seule source de ren- seignements précis sur les villes et les monu- ments représentés (les Belges et les Néerlandais l'ont bien compris),
- pour les historiens et les spécialistes du paysage, des cultures, des voies de communication, des paysages ruraux, les plans-reliefs existant sont une mine extraordinaire d'informations.

Bref, la collection de plans-reliefs est évidemment pour nous une œuvre d'art unique en son genre. Mais elle peut être de nouveau, comme au temps de Louis XIV et de Louis XV un outil de travail incompa- rable pour des spécialistes de nombreuses discipli- nes.

Enfin, ce qui n'est pas négligeable, elle est aussi intéressante à visiter pour des enfants que pour des adultes.

A.J. ROUX

Bibliographie

Le musée des plans-reliefs
par René Baillargeat

"Les Invalides : 3 siècles d'histoire" Ed. Musée de l'Armée

Informations pratiques

Musée ouvert de 10 à 12 h 30 et de 14 h à 17 h 30
excepté le mardi et le dimanche matin

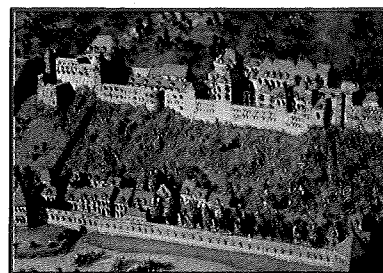
Entrer avec le ticket d'entrée du musée de l'Armée : monter au 4^e étage par l'escalier "Est" du musée. Éviter les jours où le temps est couvert.

Bibliographie

Photographies : SODEL 336, rue Saint-Honoré 75001 PARIS

Textes :

Mademoiselle GRIGNARD attachée à la conservation du Musée des Plans-Reliefs.



Bouillon
(Belgique)

ANTIBES

Plan en relief construit de 1747 à 1754
sous la direction de Nezot ingénieur ordinaire du roi,
restauré à la Galerie en 1828 et en 1921
Échelle : 1/600^e - Dimensions : 4,75 m sur 3,58 m

Situation

Département des Alpes-Maritimes sur la côte méditerranéenne à 12 kilomètres de l'embouchure du Var, à la base Nord-Est de la presqu'île de la Garoupe au Cap d'Antibes qui sépara le golfe Juan de la Baie des Anges.

Historique

Fondée par les Phocéens de Marseille vers — 340, sous le nom d'Antipolis, elle passa sous le joug romain avec César en — 49 et fut incorporée à la Narbonnaise seconde à l'époque impériale. Cité florissante sous le règne d'Auguste, elle fut attaquée par mer dès le VII^e siècle par les Normands et totalement détruite par les Sarrazins à la fin du IX^e siècle. Reconstruite au siècle suivant, elle eut encore à subir les incursions des pirates barbaresques.

Vers 975 le Comte Guillaume 1^{er} de Provence donna la seigneurie d'Antibes à un de ses officiers dont les descendants possédèrent le fief jusqu'à la cession en 1384 à la famille Grimaldi. La cité était devenue commune en 1239.

Par suite de l'annexion de la Provence au domaine royal par Louis XI en 1481, Antibes devint ville frontière et dut reprendre ses fortifications. La ville fut prise en 1536 par les troupes de Charles-Quint, en 1591 et 1592 par le Duc de Savoie. En 1608 le fief d'Antibes fut acquis par Henri IV et eut à sa tête un viguier. En 1746, elle fut assiégée et bombardée par les Impériaux pendant la guerre de Succession d'Autriche.

En 1815, elle opposa une résistance opiniâtre à l'armée austro-sarde. Antibes fut occupée, comme toute la côte méditerranéenne, successivement par l'armée italienne à partir de novembre 1942, puis par l'armée allemande en septembre 1943. Elle fut libérée par l'armée américaine le 26 août 1944.



BELLE-ILE (Commune du Palais-Citadelle)

Plans en relief réalisés par l'ingénieur Tessier de Derville en 1704
restauré à la galerie en 1920.

Échelle : 1/600^e - Dimensions : 2,50 m sur 2,30 m.

Situation

Sur l'océan Atlantique, dans le département du Morbihan, au sud de la Bretagne et de la presqu'île de Quiberon, mesure 17 kilomètres de long sur 8 de large.

Historique

Belle-Ile appartient aux Ducs de Bretagne, puis aux Abbayes bénédictines Saint-Sauveur de Redon et Sainte-Croix de Quimperlé. Elle fut cédée à la France en 1491.

Érigée en marquisat en 1573, sous Charles IX en faveur de l'amiral de Gondi, elle fut acquise par Fouquet en 1658, sur les instances de Mazarin.

Louis XIV prit possession de l'île après la disgrâce de Fouquet.

Elle fut attaquée sans succès par les Anglais en 1759 qui s'en emparèrent en 1761 et la rendirent au traité de Paris en 1763. Belle-Ile fut encore attaquée vainement par les Anglais en 1795.



MONT-SAINT-MICHEL

*Plan en relief construit en 1701
Échelle : 1/144^e - Dimensions : 2,23 m x 1,60 m*

Situation

La ville et l'abbaye du Mont-Saint-Michel (département de la Manche) sont construits sur un rocher granitique de 50 mètres de haut environ, isolé au milieu d'une baie. Cette petite île est réunie à la terre par la digue de Pontorson.

Historique

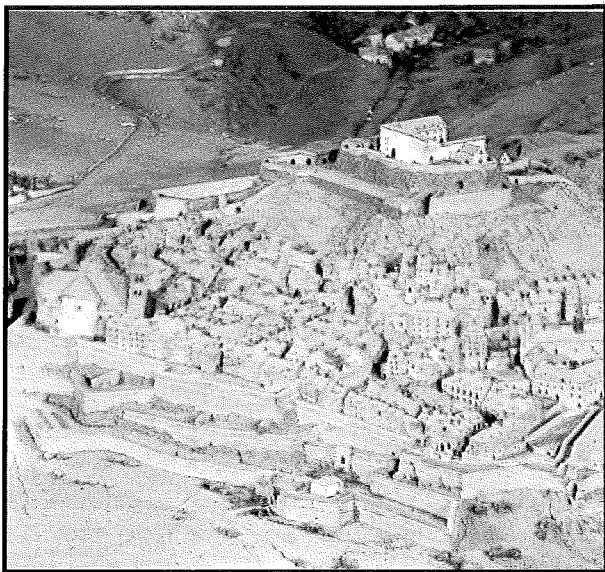
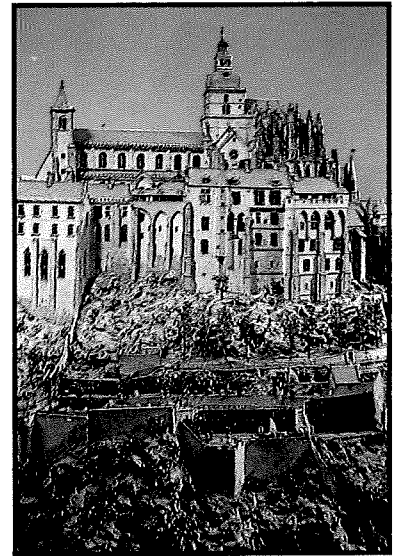
L'abbaye tire son origine d'une chapelle qu'Aubert, Évêque d'Avranches fit construire en 708. Richard 1^{er}, Duc de Normandie, y mit des moines de Saint-Benoît en 966. C'est ce millénaire qui a été commémoré en 1966. Les bretons ayant pillé et dévasté ce monastère, Saint-Louis le fit rétablir et Louis XI le restaura de nouveau.

Le Mont subit plusieurs sièges. Le plus célèbre est celui de 1423 où quinze mille Anglais essayèrent vainement de s'en emparer.

Cette abbaye, une des plus riches de France, était un lieu de pèlerinage très fréquenté.

Une foule de princes la visitèrent, notamment Louis XI qui y fonda l'ordre de Saint-Michel.

Après 1790, elle devint maison de détention et prison d'État jusqu'en 1963. C'est aujourd'hui l'un de nos plus prestigieux monuments historiques et l'une des "merveilles" de l'Occident.



BRIANÇON

*Plan en relief construit de 1731 à 1736 par Colliquet et Nezot,
Ingénieurs ordinaires du Roi,
restauré à la Galerie en 1785.
Échelle : 1/600^e - Dimensions : 7,90 m sur 5,56 m.*

Situation

Dans le département des Hautes-Alpes sur la rive droite de la Durance à 1.321 mètres d'altitude.

Édifiée en amphitéâtre sur un mamelon situé à la jonction des vallées de la Durance et de la Guisane, cette place défend le col du Mont-Genèvre et sert de point de jonction entre les cols du Mont-Cenis et de Tende, ainsi qu'entre le Rhône et la mer.

Historique

Ancienne Brigantium, capitale des Brigiani, la ville se gouvernait elle-même à l'époque gallo-romaine.

Les Brigiani sont l'une des quatorze peuplades inscrites sur l'Arc de Triomphe de Suse et placée sous l'autorité de Cottius. Elle faisait partie de la province des Alpes Cottiennes, capitale Suse.

Occupée par les Barbares, la ville devint possession carolingienne. Au traité de Verdun, en 843, elle fut dévolue à Lothaire. Briançon releva alors des empereurs d'Allemagne sous la domination des Comtes d'Albon qui lui accordèrent une grande indépendance.

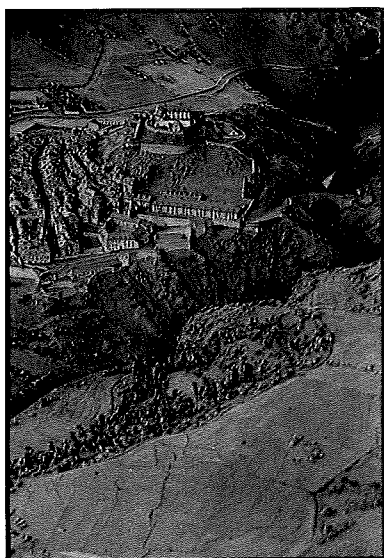
Les Sarrazins qui s'en emparèrent furent chassés par Isarn, Évêque de Grenoble joint au Comte d'Albon.

En 1343 Humbert II, dernier des Dauphins, la céda à Philippe VI, Roi de France, cession qui fut confirmée en 1349.

En 1590 Lesdiguières l'enleva aux Ligueurs.

Sous Louis XIV ses fortifications furent reconstruites complètement par Vauban.

En 1815 Briançon soutint un blocus de trois mois et refusa de se rendre.



BESANÇON

*Plan en relief construit en 1722 sous la direction de Ladevèze,
Ingénieur ordinaire du roi,
restauré en 1762, 1792 et 1967
Échelle : 1/600^e - Dimensions : 6,21 m sur 4,30 m*

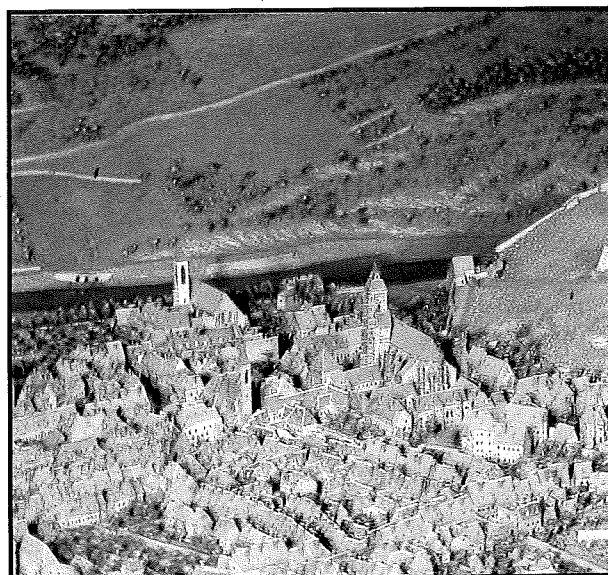
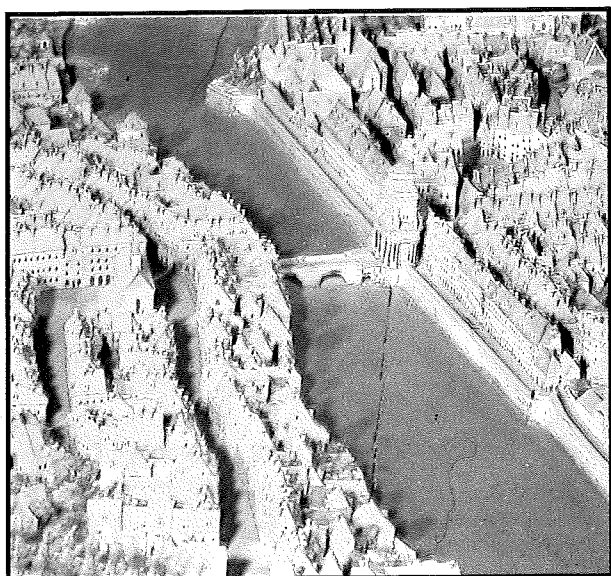
Situation

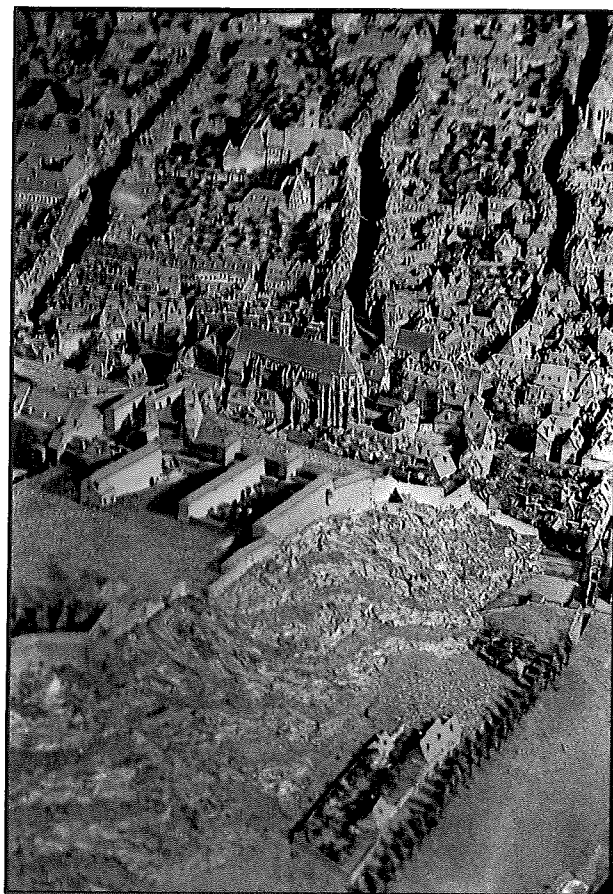
Chef-lieu du département du Doubs, ancienne capitale de la Franche-Comté. La ville était à l'époque de la construction du plan-relief enserrée dans une bouche du Doubs fermée par une masse rocheuse.

Historique

Ancienne capitale des Sequanes, la ville au temps des Romains s'appelait Vesontio. C'était une des plus importantes de la Gaule. Ravagée par les Burgondes en 496, puis par les Hongrois en 937, elle ne reprit sa prospérité qu'au Moyen-Âge lorsque les Empereurs lui accordèrent de grands privilèges. Ville impériale dont la souveraineté fut convoitée par les Évêques, ce qui amena des luttes continuelles entre les prélats et les bourgeois, elle garda ses franchises sous la domination des ducs de Bourgogne-Valois et passa à la Maison d'Autriche à la mort de Charles le Téméraire.

Devenue ville espagnole, Besançon fut prise momentanément par Louis XI en 1481, puis par Louis XIV en 1665. Elle fut rendue à l'Espagne par le traité d'Aix-la-Chapelle en 1668. Conquise définitivement par la France en 1674, elle perdit une partie de ses privilèges, mais on lui accorda, en revanche, le Parlement et l'Université précédemment dévolus à la ville de Dôle et redevint la capitale de la Franche-Comté.





GRENOBLE

*Plan en relief construit à la Galerie de 1838 à 1848
Échelle : 1/600^e - Dimensions : 8,20 m x 7,25 m*

Une des plus belles réussites de la Collection. La représentation des rochers a nécessité quatre mois d'études sur les lieux.

Situation

Chef-lieu du département de l'Isère et ancienne capitale du Dauphiné, dans la vallée du Grésivaudan, au pied du Mont Rachais, ramification du massif de la Chartreuse, d'où l'on domine les vallées de l'Isère et du Drac.

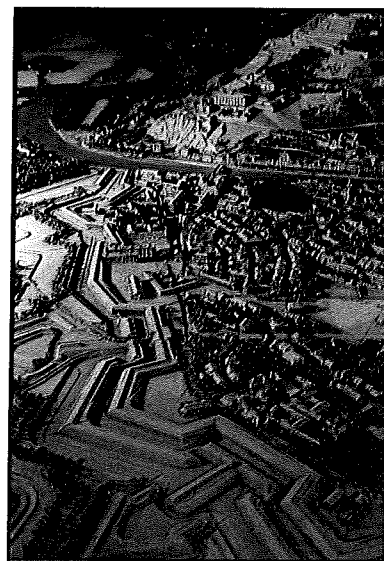
Historique

Ancien bourg des Allobroges, connu au temps de César sous le nom de Cularo, puis ville romaine, cette cité fut rebâtie et fortifiée sous l'Empereur Gratien en 374 et s'appela alors Gratianopolis, d'où le nom de Grenoble. Érigée en évêché au IV^e siècle, Grenoble devint au XII^e siècle la résidence des Comtes d'Albon, qui lorsqu'ils eurent brisé le pouvoir temporel des Évêques, prirent le titre de Dauphins du Viennois. En 1349, Humbert II, dernier des Dauphins, céda sa principauté à la France, à la condition que le fils aîné du roi portât désormais le titre de Dauphin.

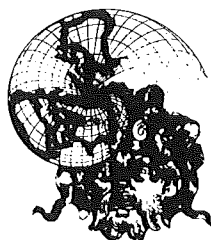
Pendant les guerres de religion elle fut deux fois prise et dévastée par les protestants. En 1590, Lesdiguières s'en empara au nom de Henri IV, après 25 jours de blocus.

En 1814 et 1815, elle fut occupée par les Alliés. La première elle ouvrit ses portes à Napoléon à son retour de l'Île d'Elbe.

En 1940, Grenoble échappa à l'invasion des armées allemandes et italiennes. Mais en 1942 la ville fut occupée d'abord par les Italiens. Sous l'occupation allemande la lutte clandestine fut sévère et continue. De nombreux habitants de la ville furent arrêtés et déportés. Grenoble a été libérée le 22 août 1944.



Centre Georges POMPIDOU



A VOIR

C'est le thème de l'exposition du Centre Georges Pompidou qui donne à voir, à concevoir, à réfléchir et à rêver.

Elle est construite autour de trois axes : le premier touche à la carte comme image du monde ; dans le second, c'est l'aventure scientifique et technologique qui se déploie ; le troisième montre que la carte sert à la diffusion du savoir, à l'exercice du pouvoir.

Pour passer de l'un à l'autre des vingt-trois thèmes abordés, on peut suivre l'ordre proposé (les thèmes s'enchaînent et se répondent).

1/ Où suis-je ?

sur la terre ; où est-elle ?

Avant les cartes de la terre, il y a les cartes de la terre dans l'espace : les cosmologies.

2/ Itinéraires

où, pas à pas, il faut suivre le fil

La plus élémentaire des fonctions de la carte : permettre d'aller d'un point à un autre. Itinéraires japonais, aztèques, romains, enfantins... réseaux, marelles, labyrinthes.

3/ Errer

où quelques traits font une carte et quelques fantaisies un monde

Cartes erronées ou minimales, image du monde, image d'un monde. Traces dans le paysage : une carte du territoire parcouru et habité.

4/ Terra incognita

où apparaît et disparaît doucement un grand espace blanc

Comment remplir les espaces inconnus. Cartes des terres australes : journal de l'aventure cartographique.

5/ Au Centre

où tout s'ordonne au cœur de la carte

Se croire au centre de l'univers, se voir au centre de la carte : Jérusalem, la Mecque ou Pékin donnent un point de vue sur le monde.

Point de vue : L'Atlas Farnese, première représentation connue du Titan portant la voûte céleste.

6/ Entre la terre et l'eau

où l'on voit des cartes pousser sur la lagune

Venise : richesse d'une tradition cartographique.

7/8 Repérages

où pour suivre son cours il faut faire le point

Le ciel comme moyen de se guider sur la terre : orientation, navigation, instruments et cartes nautiques.

9/ Limite et possession

où les bornes sont passées, les clôtures dressées et les frontières dessinées

La carte comme titre et délimitation de propriété. Frontières de papier ou de béton, images et fonctions des limites.

Point de vue : L'homme de Leonardo, de Ceroli.

10/ Les voyages de la carte

où la carte s'imprime et se répand de tous côtés

Diffusion des cartes, atlas, multiplication des images du monde.

11/12 Mesurer

où se démêle une histoire de triangles

Des techniciens élémentaires d'arpentage aux grands projets géodésiques. Naissance de la cartographie scientifique et de la Carte de France.

Point de vue : La carte de Cassini.

13/ Capter

où l'on voit l'invisible

Un nouveau territoire apparaît grâce aux nouvelles technologies : la télédétection supprime les limites naturelles de l'œil humain.

14/ Profondeurs

où des terres inconnues émergent sur la carte

Connaissance des fonds marins.

15/ Surface

où la terre est épluchée, peau après peau

Variété des thèmes que peut aborder une carte : la carte est là outil de contrôle et de gestion des ressources

16/ Flux

où la carte rêve de fixer ce qui bouge

Paradoxe : la carte, image fixe, il faut représenter ce qui est mobile : nuages, eaux, vents...

Point de vue : Utopie cartographique : l'icosaèdre de Buckminster Fuller.

17/18/19 La Carte Modèle

où la carte peint le monde tel qu'il devrait être

Dans l'aménagement du territoire ou dans l'urbanisme, la carte est aussi bien modèle réduit que modèle à suivre.

20/21 Images et Codes

où l'on verra des cartes apprendre à parler

Problèmes et constitution d'un langage cartographique clair. Comment faire une carte ? Comment utiliser pour cela les ressources de l'ordinateur ?

22/ Dans le carquois

où l'on rencontre les armes et les charmes de la surveillance

Ambiguïté des cartes, instruments de gestion, mais aussi outils de contrôle et armes de guerre.

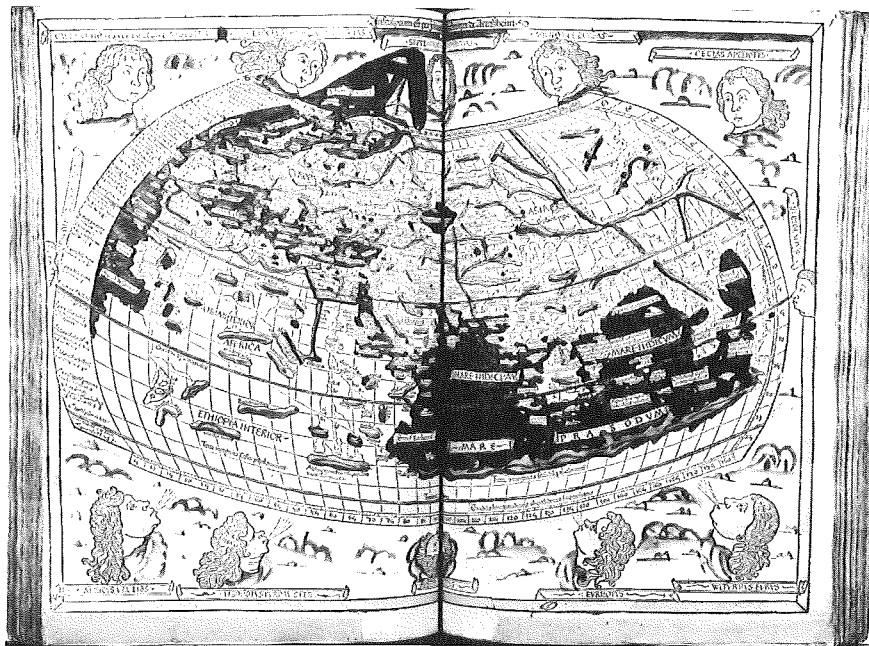
23/Sortir

où pourtant elle tourne

La terre tourne autour du soleil qui y laisse sa marque.

Point de vue : Charles Ross.

photo : Bibliothèque Nationale



Globes de Marly, réalisés par le cartographe vénitien Coronelli de 1681 à 1683 pour Louis XIV.



Cosmographie de Ptolemée.
Édition d'Ulm 1482.

Le forum du centre (1^{er} sous-sol)

a servi d'introduction spectaculaire à l'exposition en présentant les joyaux cartographiques que sont les deux **Globes de Marly** dits globes de Coronelli, dédiés à Louis XIV, en 1683, par César, Cardinal d'Estrées. De dimensions imposantes — 3,85 m de diamètre et 6 m de hauteur sur leurs socles — ces globes sont les plus monumentaux et les plus richement décorés que l'on connaisse. Ils sont présentés jusqu'au 15 septembre au public pour la première fois depuis 1901, grâce à la collaboration de la Bibliothèque Nationale à laquelle ils appartiennent.

Nous ne pouvons actuellement vous donner l'endroit où vous pourrez les admirer après le 15 septembre.

Renseignements pratiques

— Exposition

Grande Galerie du 5^e étage : jusqu'au 17 novembre.
Prix d'entrée : 10 F

— **Catalogue** : format 21 x 30, 450 pages, environ 500 illustrations dont un tiers en couleur. Prix de vente à la librairie du Centre : 110 F.

— **Affiche** : 20 F.

Globes de Marly.

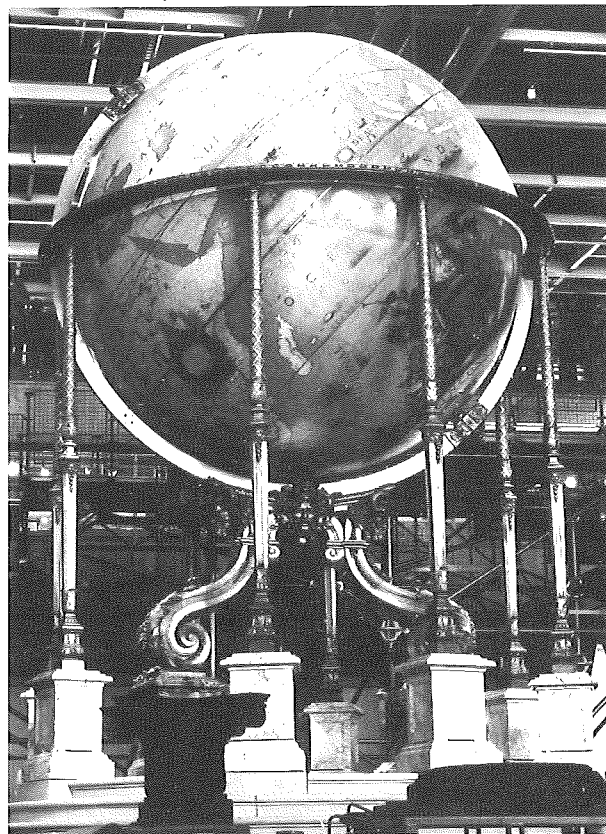
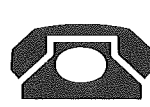


photo : Service Audiovisuel du Centre Pompidou.

Ets GUIZOU
215, RUE DU ROUET
13008 MARSEILLE



notre parc d'instruments
topographiques
à votre disposition

 **91/79.41.41**



ne restez pas
en panne...

louez un appareil.

NIVEAUX
THEODOLITES
TACHEOMETRES
DISTOMATS D13S
LASERS

Expédition Express sur toute la France
Tarif location sur demande

Colloque technique de l'association française de topographie

TOPOMETRIE INDUSTRIELLE ET CONTROLE QUALITE

LYON
20 et 21 juin 1980

PROGRAMME

1^{ère} Session

METROLOGIE DIMENSIONNELLE

Présentation de la Métrologie dimensionnelle par M. J. Gervaise, CERN (Organisation européenne pour la Recherche Nucléaire, Genève).

"Métrologie au SIN" (Institut Suisse pour la Recherche nucléaire, Villigen) par M.K. Egger du Cabinet W. Schneider Ltd, Coire

"Photogrammétrie industrielle - Métrologie dynamique" par M. H. Deheinzeln, STEP (Société d'Etudes et de Travaux Photogrammétriques, Salon de Provence)

"Métrologie des Antennes de Radio-astronomie millimétrique, par M. D. Roux, IRAM (Institut de Radio-astronomie Millimétrique), Grenoble

"Le lanceur Ariane et ses Interfaces au Niveau de la Table de Lancement et ses Accessoires" par M. R. Charpentier, Centre Spatial Guyanais Kourou

2^e Session

CONTROLE QUALITE

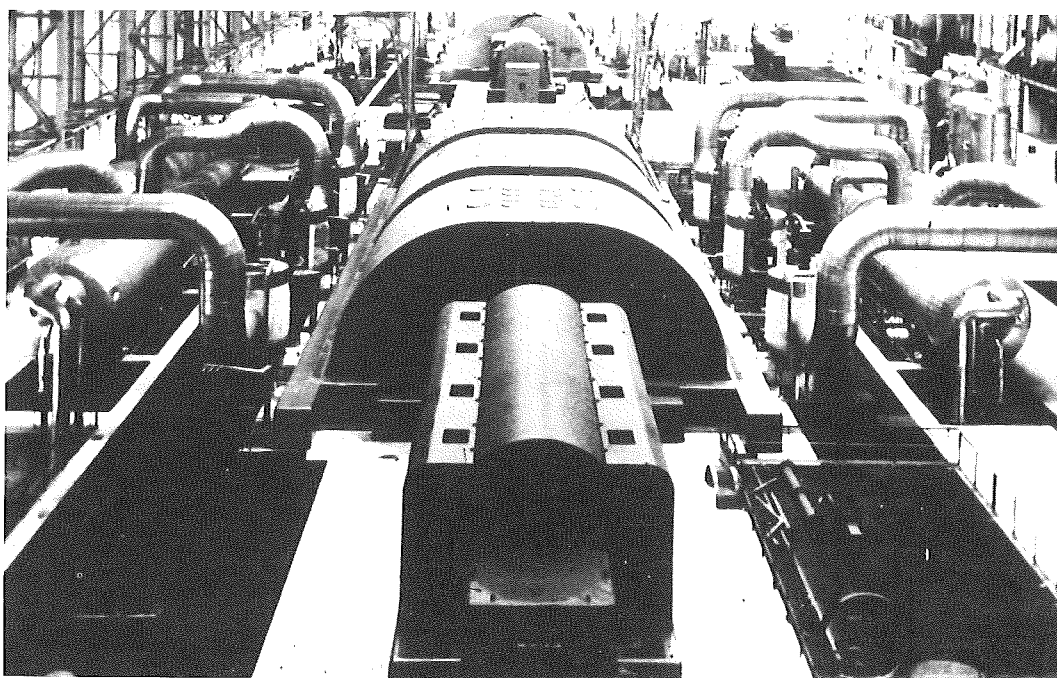
"Nécessité et Moyens permettant d'assurer la Qualité", par M. R. Chevalier, Creusot-Loire.

"Contrôle Qualité dans les Travaux de Géométrie liés aux Centrales nucléaires" par M. J. Bacon, Cabinet R. Albenque, Géomètre Expert Foncier, Orléans.

"Méthodes d'Evaluation statistique de la Qualité des Résultats en Topométrie" par M. M. Mayoud, CERN.

Débat et Conclusion par M. J. Gervaise.

Nota : Les textes des conférences qui n'ont pas pu être publiés dans le présent numéro paraîtront dans les prochains numéros de xyz.



La visite de la centrale nucléaire EDF du Bugey a été faite par 70 personnes dont une douzaine de dames. La salle de conférence EDF est remarquablement agencée, et Monsieur BELIER montre dans un exposé général l'importance du Bugey pour produire l'électricité dont la France a besoin (soit 10 % en 1979).

Monsieur TOQUET, Chef du Service Topographique de la Région d'Équipement Alpes-Lyon projette de nombreuses diapositives d'un très vif intérêt sur le rôle du géomètre lors de la construction des centrales nucléaires. Les études d'affaissement des radiers de Bugey I ont montré une meilleure qualité géotechnique du sol que ne le pensaient les concepteurs. Pour les centrales suivantes Bugey 2, 3, 4, 5, EDF a pu ainsi économiser 6 000 000 NF en réalisant des radiers moins épais. Le montage et la mise en place des pièces lourdes du réacteur Bugey 1, demandent une intervention permanente du topographe sur le chantier. Les pièces constitutives d'un ensemble en chaudronnerie sont montées et clamées sous contrôle topométrique. Dès que les soudures solidarisent les éléments, le géomètre constate que la géométrie a évolué souvent d'un millimètre. Quand une pièce est suspendue sous le pont roulant et mise en place, le seul fait de poser la charge crée une contrainte mécanique nouvelle qui déforme la géométrie de la pièce. Bugey 1 a été une école importante pour que les topographes puissent acquérir la réputation de compétence qui leur est reconnue.

Un vin d'honneur est servi aux participants dans un foyer EDF avant leur retour à l'Hôtel des Congrès près de l'INSA de Lyon. Après un dîner servi par petites tables, un exposé illustré par des diapositives est effectué par Yves ALAJOUANINE pour aborder les matériels et les méthodes utilisés en topométrie de haute précision.

La journée du samedi est consacrée le matin à la métrologie dimensionnelle, l'intervention de Monsieur Benoit FLEURY à la place de Monsieur R. CHARPENTIER ayant permis la projection de belles diapositives sur la fusée Ariane. L'après-midi réservé au contrôle qualité, n'a pas permis à Monsieur Michel MAYOUD de s'appesantir suffisamment sur "les méthodes d'évaluation statistique de la qualité des résultats en topométrie". Mais les textes des conférences paraissent dans "XYZ" n° 4.

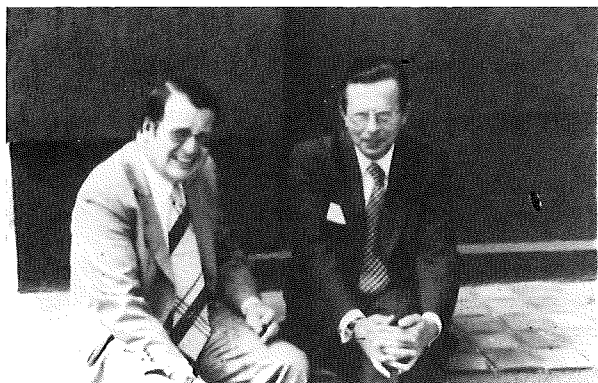
Les dames sont allées visiter le musée gallo-romain de Fourvière, et sont revenues en se promenant dans la roseraie du Parc de la tête d'or de Lyon, avant de rejoindre au repas de midi les 90 congressistes AFT.

De nombreux contacts se nouèrent avec les professionnels du contrôle dans les industries, soit pour trouver un emploi, soit pour créer des stages de formation à l'emploi de matériel topographique pour les contrôles en mécanique. Les spécialistes du Centre d'Études Techniques de l'Industrie mécanique (CETIM) coopèrent à cette action de l'A.F.T.



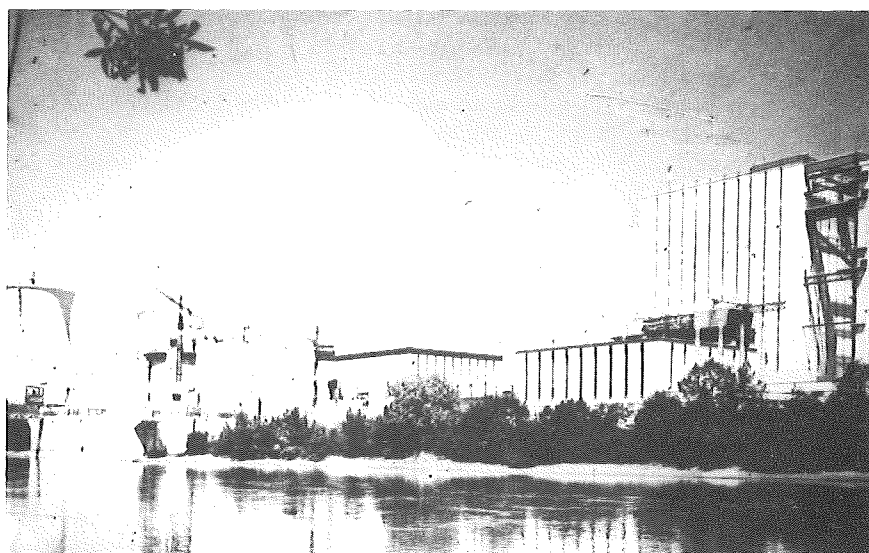
MM. Gervaise-Alajouanine et Toquet

MM. Fuhrer et Degaud



MM. Puycouyol et Gervaise





Le complexe industriel du Bugey

Liste des participants

ABEL Clément
 ALAJOUANINE Yves
 ALLAIS Jean-Marie
 ALVERGNAT Michel
 AUROSSEAU Robert
 BACCHUS
 BACON
 BALLARINI Claude
 BERETTA Jean
 BERGER Émile
 BESANCENEY Michel
 BIENVENU Gérard
 BLANC André
 BLONDEAU Henry
 BODU Gilles
 BOUTONNIER Jean
 BRISON Jean-Claude
 CATINOT Louis
 CHAMBAZ Jean
 CHAPRON André
 CHARMASSON
 CHATELLARD Gaston
 CHEVALIER Roger
 CHUZEVILLE Michel
 COUCKE Didier
 CURTET Henri
 DAUGE Maurice
 DE BAUDREUIL Bernard
 DE FONTGUYON Pierre
 DEGAUD Ernest
 DEHEINZELIN
 DELMAS Claude
 DEMOLIN Daniel
 DESPAGNE
 DUBUISSON Bernard
 EGGER Kurt
 EVENNOU Lucien
 FABER Roland
 FABRE Jean
 FIEVET Éric
 FLEURY Benoît
 FLEURY Jean
 FRANÇOIS Marc
 GARNERY Claude
 GAUTHIER Michel
 GAUTIER Gérard
 GERVAISE Jean
 GLAT BAYCON
 GHERNAOUTI C.

FUHRER M.
 GUATELLI
 Melle GIRAUD Sylviane
 GODARD Michel
 GOUX Jean-Bernard
 HENRIOT Gilles
 HODOT Yves
 JOBERT Bernard
 JOUANNET Daniel
 KOECHER René
 LORNAGE
 LOYER Yves
 MARCELOT Michel
 MARCHAND Pierre-Yves
 MAYOUD Michel
 MEMIER André
 MEYBECK
 MIGNOT Jean-Claude
 PERRAUD Jean-François
 PREBET
 PRIMAULT Michel
 PUYCOUYOUL Jean
 RANUZZI Sergio
 RICHARD Marc

ROCHET Louis
 ROGER Michel
 ROUX Daniel
 SAINT SULPICE
 SASSINOT Paul
 SCHAFFNER Roger
 SCHLUMBERGER Jean-Jacques
 SCHUBERT Hervé
 SECOND Pierre
 SITTLER Guy
 TARLET
 TERRACHER Raymond
 TIBERGHIEIN Vincent
 TOQUET
 VALLÉE Claude
 VERNET
 VINCENT Robert
 WOLFF Materne
 BALLARINI Claude
 VIENNOT Dominique
 FROISSART Jacques
 ROSTAND Paul
 DESCHAMPS
 PREBET Roger
 VIENNOT Dominique



Un groupe de participants au colloque

PHOTOGRAMMÉTRIE INDUSTRIELLE

MÉTROLOGIE DYNAMIQUE

*Hervé DEHEINZELIN,
Société d'Études et de Travaux Photogrammétriques,
Salon de Provence*

S'il est possible de saisir, à partir de deux ou plusieurs points de vue différents, les images photographiques d'un objet, celui-ci peut être reconstitué dans un système tridimensionnel par des moyens optiques (stéréoscopie) ou numériques.

Ce principe a été utilisé tout d'abord avec la photogrammétrie aérienne à des fins cartographiques, topographiques. Puis, depuis quelques années et surtout grâce à l'essor et la vulgarisation des moyens électroniques et de calculs, la photogrammétrie a pu entrer dans la catégorie des méthodes de mesures industrielles. Nous présentons ici la photogrammétrie industrielle (ou rapprochée) puis une de ses applications particulières concernant l'étude de corps mobile (dynamique).

La photogrammétrie industrielle s'applique à des objets de dimension restreinte. Méthode de mesure sans contact, elle a l'avantage de pouvoir intervenir dans des conditions peu propices à des procédés de mesure courants.

- Environnement nuisible à l'homme (radio-activité, chaleur intense)
- Milieu rendant difficile la mesure directe (milieu sous-marin).
- Objet à mesurer en mouvement (ceci fera l'objet du dernier chapitre).

La photogrammétrie n'est pas une technique de mesure en temps réel mais elle a deux grands avanta-

ges. D'une part, elle ne nécessite qu'une mobilisation très courte de l'objet à mesurer, d'autre part elle autorise l'obtention de résultats ponctuels (détermination de la position spatiale d'un point) ou globaux (numérisation ou report graphique en continu de lignes quelconques).

Son insertion dans la catégorie des mesures industrielles a pour origine l'utilisation des moyens de calcul électronique qui permettent d'une part de faciliter les opérations de prises de vues, d'autre part d'obtenir des résultats d'une précision intéressante pour les demandeurs, souvent exigeants, que sont les contrôleurs industriels.

Les premiers appareils de restitution photogrammétrique ont été les restituteurs analogiques. Ils permettent la reconstitution, par des moyens mécaniques, de la position spatiale relative des clichés photographiques au moment de la prise de vue. L'observation se fait alors en mode stéréoscopique. Ce type d'appareil qui a rendu et rend encore de grands services en cartographie a le désavantage de créer des contraintes en ce qui concerne la prise de vue (contraintes sur les focales, sur les caractéristiques du montage de prise de vues : convergence des axes optiques).

De plus, la résolution du système de mesure à l'échelle du cliché n'est au maximum que de l'ordre de 100^e de mm.

L'utilisation de moyens électroniques s'est faite en deux temps. Tout d'abord, des dispositifs de saisie et des calculateurs ont été mis en série avec des mono ou stéréocomparateurs. Les orientations relatives et absolues peuvent alors être calculées par optimisation, alors que sur les appareils de type analogique, ces opérations sont réalisées "manuellement". Les contraintes mécaniques n'existant plus, il n'y a plus d'interdits pour la prise de vue. Cependant ce procédé ne permet pas le suivi en continu (suivi de courbes de niveau...) tel qu'il peut être fait sur un appareil analogique.

Cette lacune est comblée maintenant avec les appareils dits stéréorestituteurs analytiques. Le modèle est observé en stéréoscopie. Les paramètres d'orientations relatives et absolues sont insérés dans un "opérateur" prenant aussi en compte, à tout instant, les distorsions des objectifs. Une fois le modèle formé, en tout point visé, l'observateur dispose en temps réel des coordonnées du point dans le système tridimensionnel de son choix. De tels appareils, allient donc les avantages des appareils analogiques à ceux des calculateurs.

Reste à préciser la qualité des résultats obtenus. La photogrammétrie est une technique dont la précision est tributaire de facteurs nombreux : caractéristiques de la prise de vue, étalonnage et résolution des instruments de prise de vue et de restitution, méthodes de calcul utilisées, qualité des photographies (support et émulsion).

Comme tout instrument de mesure, la chambre de prise de vue doit être étalonnée régulièrement, ceci d'autant plus qu'elle est souvent déplacée. L'étalonnage en donne la distance principale et la distribution de la distorsion.

L'appareil de restitution, lui aussi, fait l'objet de calibrations fréquentes. Celles-ci sont effectuées à partir d'observations de réseaux. En ce qui concerne la précision intrinsèque de l'appareil, dans le cas d'un stéréorestituteur analytique, on peut admettre que tout point d'un cliché peut être numérisé dans un système lié au cliché avec une dispersion de l'ordre de 4 microns (résultat consécutif à un test avec mesure référence suivi d'une méthode d'interférométrie-laser).

Les méthodes de calcul interviennent à tous les stades du dépouillement : correction de la distorsion, de la déformation du film, calculs des orientations par optimisation des surabondances. Les deux premiers points sont ceux qui peuvent le plus porter à discussion, en ce sens que les influences locales de la distorsion et de la déformation du film ne sont déterminées que par interpolation donc d'une manière plus ou moins arbitraires. Une amélioration de la qualité des chambres photographiques et des supports d'émulsion pourrait réduire cet inconvénient, dans ce domaine, des progrès restent à faire.

Mais le composant qui a l'importance la plus grande est sans doute le cliché photographique lui-même. L'émulsion peut dériver localement. Ce phé-

nomène est parfois si important qu'il interdit alors totalement la formation optique ou numérique du modèle stéréoscopique.

Il peut se produire aussi une grande différence de qualité entre les images, sur plusieurs clichés, d'un même point ; ce qui risque de gêner le pointé stéréoscopique. Ce défaut porte encore plus à conséquence si le dépouillement est effectué en mode monocomparateur.

Lors de la prise de vue, toutes les précautions doivent être prises pour éviter, au maximum, une perte de précision due aux clichés eux-mêmes (manipulation précautionneuse, étude fine de l'éclairage, stockage des plaques ou films évitant le mieux possible, les déformations du support d'émulsion).

La multiplicité des facteurs et des phénomènes influant sur la précision explique que la photogrammétrie industrielle ne pourra donner de très bons résultats que pour des mesures relatives. Dans des conditions optimales et avec le maximum de précautions, tant à la prise de vue qu'au dépouillement, on peut atteindre une précision relative de 10^{-4} , voire 5×10^{-5} . Ces valeurs s'avèrent très intéressantes lorsqu'on se rappelle que la mesure photogrammétrique est réalisée sans contact avec l'objet.

La "liberté" de l'objet pendant sa mesure fait de la photogrammétrie une technique adaptée à l'étude de mobile (trajectographie, déformations d'un corps en mouvement...). C'est le domaine de la photogrammétrie dynamique.

Photogrammétrie dynamique :

La méthode photogrammétrique est particulièrement adaptée à l'étude d'objets mobiles. Il suffit de figer, sur des clichés photographiques, l'image de l'objet en des instants préférentiels de son déplacement. L'exploitation se fera d'une manière classique. Les problèmes particuliers à résoudre concernent donc seulement la prise de vue.

Le mouvement d'un objet, de centre de gravité G, peut être caractérisé par :

- la trajectoire de G
- la vitesse de G
- la vitesse angulaire de rotation autour de G.

Dans tous les cas, pour que la photogrammétrie soit applicable, il est nécessaire que la trajectoire soit telle qu'en tout instant le mobile s'inscrive dans la zone commune de deux appareils photographiques. La précision des résultats dépendant de la position relative des deux chambres et de l'objet. La première étude concerne donc la place qu'occuperont les points de vue photographiques, la situation idéale étant celle où la base est parallèle à la trajectoire.

Dans le premier cas, les clichés portent la superposition des images photographiques du mobile en des instants différents (voir photo pale d'hélicoptère). Les points à numériser doivent être éventuellement codés si la nature du mouvement risque d'entraîner des indécisions (des points distincts peuvent avoir des images identiques en des instants différents). Ce procédé interdit l'étude de forme puisque le modèle stéréoscopique observé résulte de la superposition d'image.

Pour la prise de vue proprement dite, deux méthodes sont possibles :

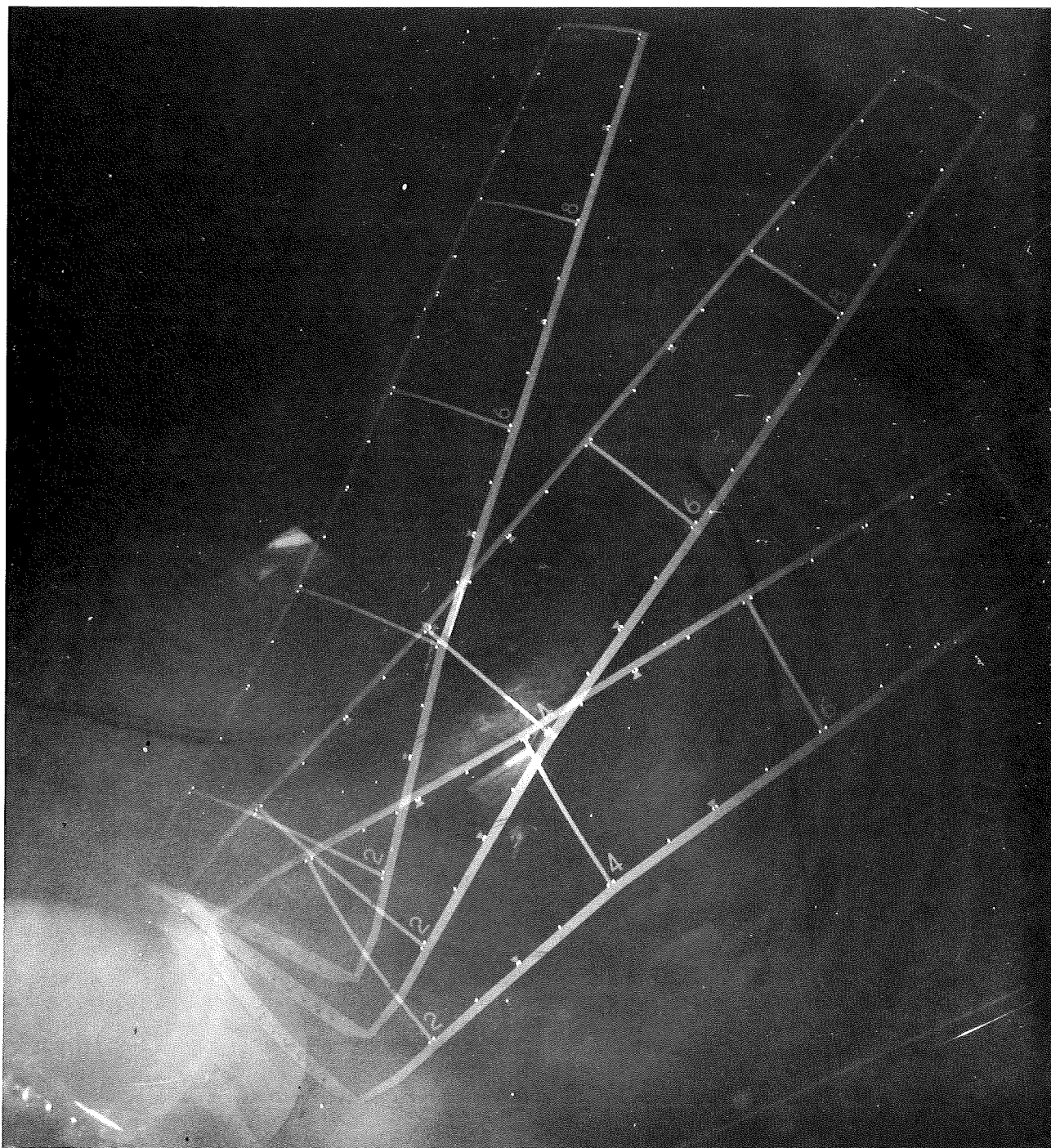
- a) — éclairage stroboscopique du mobile, les objectifs restants ouverts
- b) — éclairage continu du mobile, déclenchement périodique des appareils photographiques.

Autre problème, celui du référentiel. Son image doit être de bonne qualité. Le référentiel restant fixe, par définition, il va être impressionné sur l'émulsion autant de fois qu'il y aura d'éclairs des stroboscopes. Son image sera donc surexposée par rapport aux points du mobile. Cela oblige à des études particulières d'éclairages différentiels.

Cette méthode d'éclairage stroboscopique, si elle paraît facile à mettre en œuvre au prime abord, s'avère poser de nombreux problèmes, le plus important étant celui du référentiel.

Le second procédé (éclairage continu, déclenchement périodique des obturateurs) s'accompagne d'un défilement du film. Dans le cas contraire, on retomberait dans une situation analogue à la précédente. Il faut donc disposer d'un appareillage automatisé : une impulsion électrique générée périodiquement entraîne l'ouverture simultanée des obturateurs et l'avance des films. Dans cette configuration, on dispose d'autant de couples stéréoscopiques que d'impulsions de déclenchement.

Pale d'hélicoptère photographiée en éclairage stroboscopique.



Le problème du référentiel, caractéristique de la méthode précédente, ne se pose plus. Il n'y a plus de risque de confusion entre points à numériser et, enfin, le dépouillement pourra permettre des études de surface (coupes, lignes de niveau...).

Le choix entre les deux méthodes se fera en fonction des caractéristiques du mouvement du mobile. Ainsi par exemple si les chambres photographiques sont disposées de telle sorte que la trajectoire ait une direction moyenne perpendiculaire à la prise de vue, seul le second procédé est applicable. Notons que le premier est particulièrement adapté à l'étude d'objet en rotation (roues, hélices, etc...).

Il arrive que la photogrammétrie soit inopérante. C'est le cas où la vitesse de déplacement du mobile rapportée à l'échelle du cliché, est trop rapide. On observe alors l'apparition du phénomène de "filé" bien connu en photogrammétrie aérienne. La solution consiste à réduire le temps de pose au maximum de manière à figer au mieux le mouvement sur l'émulsion. C'est pourquoi, on équipe si possible les points

à définir de cibles réfléchissantes de manière à augmenter la luminance.

La photogrammétrie est de plus en plus souvent sollicitée pour des contrôles dimensionnels dans l'industrie. Certes, il n'est pas question, en l'état actuel de son développement, de la classer dans la catégorie des mesures de haute précision ; des progrès restent à faire, tant au niveau des appareils de prise de vue que de restitution, qui permettraient certainement d'améliorer la valeur des résultats et d'accélérer l'obtention.

Comme toutes les méthodes de mesure, il faut savoir l'employer à bon escient tout en gardant à l'esprit ses limites.

Les avantages qui lui sont propres sont bien connus : (possibilité de définir des lignes en continu, possibilité de stocker sur les plaques photographiques la "maquette" tridimensionnelle d'un objet...) et en font souvent un outil irremplaçable comme c'est le cas en dynamique.

Abonnement 1980 à la revue xyz de l'Association Française de Topographie

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

ASSOCIATION FRANÇAISE DE TOPOGRAPHIE

" Abonnements "

39^{ter} rue Gay-Lussac
75005 PARIS

Abonnement 1 AN (4 numéros)

- FRANCE = 160 F
- AUTRES PAYS = 200 F

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

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

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

- FRANCE = 50 F
- AUTRES PAYS = 60 F

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

COMMENT ASSURER LA QUALITÉ

R. CHEVALIER Ingénieur
CREUSOT - LOIRE
Division Énergie

Résumé

L'histoire nous montre que depuis toujours l'obtention de la Qualité a été l'une des préoccupations essentielles de l'homme.

Aujourd'hui, l'importance de nos réalisations liée au développement de notre technologie, l'accroissement de la valeur estimée de la vie humaine dans les pays riches, ont porté à un niveau jamais égalé la valeur des enjeux liés à la réalisation et à l'utilisation des ouvrages.

Les grands codes et normes internationaux imposent de plus en plus des systèmes d'Assurance de Qualité.

La législation et en particulier la notion française de vice caché fait que l'entrepreneur peut être rendu responsable des dommages causés dont le montant est souvent sans aucune mesure avec la valeur du produit fourni.

Les pratiques d'Assurance de Qualité, prises individuellement apparaissent comme des règles de bon sens, simples, sans nouveauté. C'est la cohérence de leur ensemble et l'esprit de rigueur dans leur application qui les rend très efficaces.

Ces dispositions obligent les entrepreneurs à réévaluer leurs méthodes, à exécuter conformément à des documents de définition, à attester par écrit la conformité, à palier à toute défaillance.

Grâce à ces atouts, elles produisent un effet considérable et seront, cela semble évident, de plus en plus imposées.

Les topographes ont intérêt à réfléchir à cet aspect, à étudier une mise en place de ces systèmes, à se tenir prêts car ceci risque un jour de leur être imposé.

Summary :

The history shows us that the attempt to obtain quality has always been one of the main concerns.

Nowadays, with our products which get bigger and bigger as a result of the development of our technology, and the ever growing human life estimation, the stake in the fabrication and use of such products has come to a never equalled level.

The international codes and standards more and more require Quality Assurance Systems.

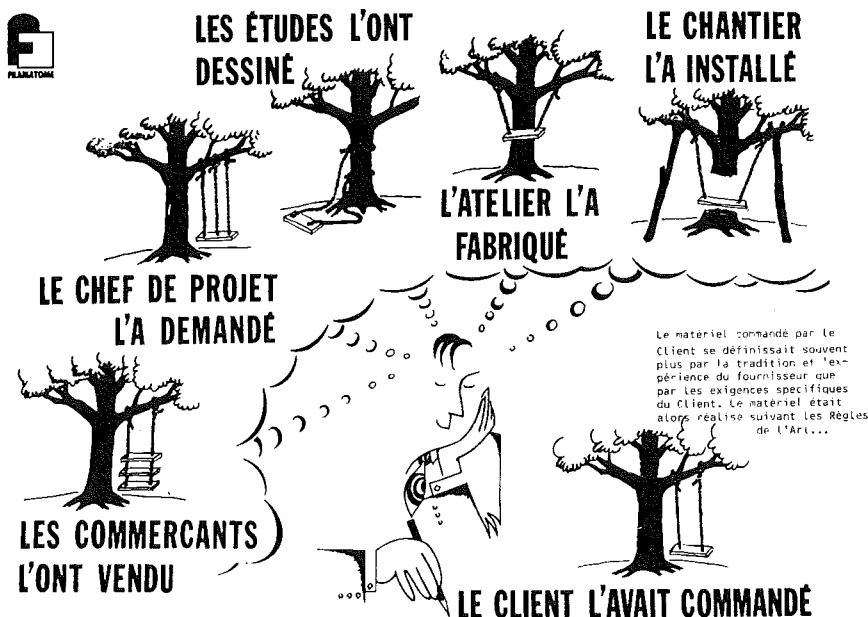
The law and especially the French concept of the hidden fault are such that the contractor may be held responsible for the damage, the amount of which is not often commensurate with the value of the finished product.

When considered individually, the Quality Assurance practices appear to be quite simple, ordinary and common sense rules. It is their consistency and strict application which make them very efficient.

The Quality Assurance requirements are such that contractors may be bound to reconsider their methods, have to fabricate products in conformity with definition documents, certify the conformity of such products in writing and correct any deficiencies.

With such assets, the Quality Assurance requirements have a substantial influence and will, quite obviously, be more and more mandatory.

Topographers should think on this subject, consider the implementation of such systems and stand ready since they may be required one day to apply Quality Assurance systems.



I - HISTORIQUE

Depuis toujours le problème de la Qualité de ce qu'ils entreprenaient a été présent dans l'esprit des hommes.

Ainsi sur des bas reliefs de l'Egypte Pharaonique, nous pouvons voir des personnages réalisant manifestement des opérations de contrôle.

En 1660, Paris est la ville la plus sale d'Europe ; la circulation y est de jour inextricable et de nuit, dangereuse.

En quelques années, en définissant les tâches et les responsabilités et en vérifiant leur exécution, La Reynie fait de Paris la ville la plus propre et la plus sûre d'Europe.

Pour cela : il définit les taxes et leurs montants sur des rôles, les tâches des entrepreneurs, des règlements qui fixent le devoir des habitants. Il contraint les entrepreneurs à se contrôler efficacement.

Les méthodes de travail sont essayées, définies et améliorées. Dans chaque quartier, un inspecteur vérifie l'application et l'efficacité de ces règles, contrôle l'avancement du travail et signale les négligences.

L'éclairage, par exemple, est traité d'une façon très efficace depuis l'approvisionnement des chandelles jusqu'aux contrôles ordinaires et extraordinaires de son bon fonctionnement.

Nous pourrions appeler aujourd'hui toutes ces dispositions "dispositions d'Assurance de Qualité".

Le 10 mars 1905, l'explosion d'une chaudière aux États-Unis fit 58 morts et 117 blessés. Cet accident fit grand bruit et fit naître la conviction qu'il était nécessaire d'établir des règlements ayant force de loi. C'est ainsi que naquit le code ASME (American Society of Mechanical Engineers). Cet ouvrage remarquable est une œuvre gigantesque et est mondialement connu. Plusieurs milliers de personnes travaillent à sa mise à jour et ce code ne vieillit pas.

Pour compléter ce bref historique, j'ajouterai que les Compagnies d'Assurance ont plus récemment mis en application des "systèmes d'Assurance de la Qualité". Elles ont pour cela été poussées par l'ampleur des risques qu'elles prenaient en particulier dans le domaine de la navigation.

II - FONDEMENTS

Aujourd'hui l'importance de nos réalisations liée au développement de notre technologie, l'accroissement de la valeur estimée de la vie humaine dans les pays riches, ont porté à un niveau à jamais égalé l'importance de nos enjeux liés à la réalisation et à l'utilisation des ouvrages.

Ainsi, les maîtres d'ouvrages ont été obligés d'imposer, à eux-mêmes et à leurs prestataires, d'assurer le succès de leurs opérations avant de les entreprendre.

Je prendrai comme exemple l'E.D.F. qui, par sa lettre du 23 janvier 1974 impose à ses fournisseurs (dans le domaine des centrales nucléaires) de disposer d'un système permettant d'assurer la Qualité.

En voici les quatre premiers paragraphes :

"Électricité de France est susceptible de vous confier par voie de contrat, la fourniture de matériel ou plus généralement de prestations pour ses centrales nucléaires. Les pièces constitutives de ces contrats seront, comme par le passé, le CCAG adapté au type de prestation concernées par le contrat, une convention, et des cahiers de prescriptions techniques.

Toutefois, la convention comportera désormais obligatoirement les clauses dont le texte figure à l'annexe ci-jointe et qui s'intitule : Organisation de la Qualité.

Il résulte de ces clauses qu'E.D.F. ne pourra, dès maintenant, consulter et passer commande qu'à des constructeurs disposant d'une telle organisation, et qui s'engageront pour la réalisation du contrat à ne faire appel qu'à des sous-traitants ou à des sous-commandiers disposant de leur côté d'une telle organisation.

E.D.F. attachera la plus grande importance au respect de ces clauses et leur application constituera un caractère obligatoire du choix du constructeur lors d'éventuels appels d'offres ultérieurs".

Pour compléter, j'ajouterai que la législation française met l'accent sur la responsabilité de l'entrepreneur. En particulier le "vice caché" fait que vous pouvez être rendu responsable des dommages causés. Leur montant peut être sans aucune mesure avec la valeur du matériel ou produit fourni : préjudice direct, indirect, arrêt de production, manques à gagner, dommages corporels.

III - VOCABULAIRE

Des études ont été réalisées pendant la dernière décennie dans le but de définir un vocabulaire dans le domaine de la qualité.

Les définitions ci-dessous sont celles retenues par le GME - GML (Groupement Mécanique Lourde - Gros matériel Électrique).

Qualité : Aptitude d'un ouvrage ou d'une fourniture (produit ou service) à satisfaire l'usage défini auquel il est destiné (Anglais : Quality).

Commentaire : Cette définition abandonne l'idée commune de "bonne qualité" prise dans un sens absolu et non défini...

Systèmes d'Assurance de Qualité : Ensemble des dispositions (mesures d'organisation, règles de fonctionnement, planification et systématisation des actions) qu'il est nécessaire de mettre en œuvre pour pouvoir donner, à tous les intéressés, le degré adéquat de confiance en l'obtention effective de la Qualité. (Anglais : Quality Assurance system).

Assurance de la Qualité : C'est le degré adéquat de confiance en l'obtention effective de la qualité (Anglais : Quality assurance).

Programme d'Assurance de la Qualité : C'est la description du système d'assurance de la qualité (Anglais : Quality assurance program).

Manuel d'Assurance de la Qualité : Support matériel du programme d'assurance de la qualité (Anglais : Quality assurance manual).

Procédure : Règle écrite d'organisation déterminant les compétences et les démarches pour parvenir à un but.

Enquête qualité ou Audit qualité : Activité effectuée dans le but d'évaluer un système d'assurance qualité et d'en vérifier l'application (Anglais : Quality audit).

Commentaire : Les éléments de l'assurance de qualité devant être précisés dans des documents écrits, l'enquête sur l'assurance de la qualité a pour but :

- de vérifier l'existence de ces documents,
- de contrôler que le système décrit est effectivement mis en place et appliqué,
- de juger l'efficacité de ce système,
- de proposer toute mesure corrective ou amélioration.

Ces enquêtes peuvent être internes ou externes.

Contrôle : Vérification de la conformité à un plan, à une spécification.

Une remarque au sujet de l'expression "contrôle de la qualité". Cette expression vient de l'anglais "Quality Inspection" qui veut dire : opération de contrôle appliquée à la qualité.

Une ambiguïté peut exister avec l'expression anglaise de "quality control", le terme "Control" ayant le sens de maîtrise, direction, mise sous contrôle.

Je vous encourage donc à ne pas utiliser cette expression, ayant souvent constaté qu'elle pouvait l'être à mauvais escient.

Qualification de personne : Caractéristiques ou aptitudes obtenues par formation par entraînement ou expérience, qui permettent à un individu d'exercer une fonction donnée ou d'effectuer une tâche définie et d'obtenir le résultat voulu. C'est aussi une épreuve permettant de vérifier ces aptitudes.

Qualification de procédés, de modes opératoires : Épreuve effectuée afin d'établir la preuve que le procédé, le mode opératoire, permet d'atteindre le but fixé.

IV - SYSTÈMES ET PROGRAMMES QUALITÉ

Nous avons vu, dans les définitions, qu'un système qualité doit être formalisé par écrit. Le programme est la description du système et le manuel, le support matériel.

Dans ce programme, on doit trouver :

- l'explication des structures d'organisation,
- l'indication des niveaux de décision,
- les définitions de fonction et de responsabilité.

(Notamment, il sera apporté un soin particulier aux interfaces).

Ce programme doit également montrer toutes les dispositions destinées à :

- prévenir les défaillances,
- déceler les anomalies, les traiter et empêcher leur renouvellement,
- apporter la preuve que tout a été fait pour obtenir la qualité conformément aux clauses du contrat ou des codes.

Je reviendrai plus en détail sur les points particuliers qui doivent être étudiés dans ce programme dans le domaine de la Topographie.

Il est bien évident que les mêmes dispositions ne peuvent convenir à tous les produits, à toutes les prestations et à toutes les entreprises (constructeur dans le domaine des centrales nucléaires, entreprise alimentaire, pharmaceutique, topographe).

Ces systèmes doivent donc être modulés.

V - MODULATION DES SYSTÈMES

Le Code de la Canadian Standard Association par exemple a défini un certain nombre de critères qui permettent de moduler les systèmes de qualité :

- risques pour le public,
- risques pour le personnel d'exploitation,
- disponibilité de l'installation,
- coût de la défaillance,
- complexité du service ou du produit,
- conception (pouvant aller de figée à originale).

Ces critères combinés peuvent correspondre à 3 niveaux de système d'assurance de la qualité.

Niveau 1 : C'est le moins contraignant.

Il consiste en une seule vérification de la conformité, cette action s'exerçant généralement à l'état final.

Le programme se limite à des check-lists.

Il requiert néanmoins :

- la définition des responsabilités pour les opérations de mesures et d'essais,
- l'étalonnage des équipements,
- l'établissement des rapports,
- le traitement des non conformités.

Niveau 2 : Le deuxième niveau, nettement plus contraignant, doit permettre de fournir la preuve que toutes les exigences applicables ont été satisfaites.

Des documents écrits doivent donc exister dans les domaines suivants : autorité, responsabilité, organisation, dessins, notes de calcul, formulaires, spécifications, programmes d'examen et de contrôles, étalonnages, approvisionnements et fabrication, relations avec les inspecteurs extérieurs.

Niveau 3 : C'est le niveau de loin le plus contraignant.

Pour essayer de résumer les différences par rapport au 2^e niveau, je pourrai citer que l'application du programme de qualité devra être vérifiée par des audits, que la conception devra être placée sous contrôle.

Nous retrouverons cette décomposition en niveaux, avec quelques variantes, dans les principales normes internationales existantes.

La France, d'ailleurs, participe activement à l'établissement des textes de l'ISO TC 85 (qui s'appuie sur l'ANSI 45-2).

VI - SYSTÈME QUALITÉ EN TOPOGRAPHIE

Et les topographes, me direz-vous ?

Quel système peut être envisageable ?

Schématiquement, les topographes réalisent, à partir d'une commande renfermant des impositions,

des calculs, des dessins, des mesures, ceci avec des hommes, des moyens matériels et une organisation.

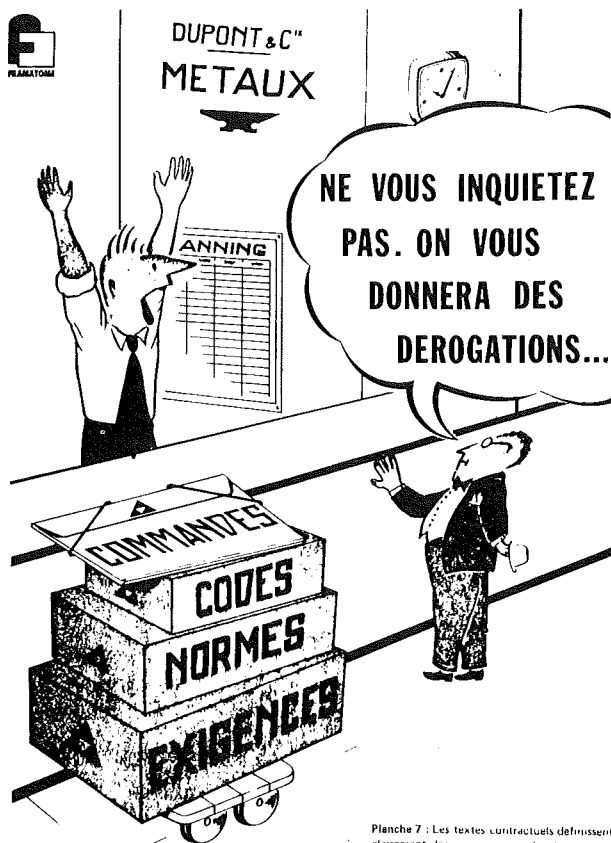


Planche 7 : Les textes contractuels définissent clairement les exigences et les besoins du client. En sont bannies les "exigences abusives".

Nous pouvons donc penser qu'en topographie, un système qualité inclut, entre autres :

- la définition de l'autorité et de la responsabilité,

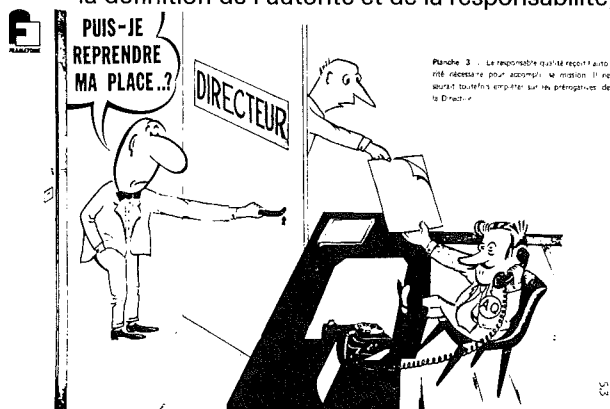


Planche 3 : La responsabilité qui lui revient a été déléguée pour assurer le service. Il ne saurait toutefois empiéter sur les prérogatives de la Direction.

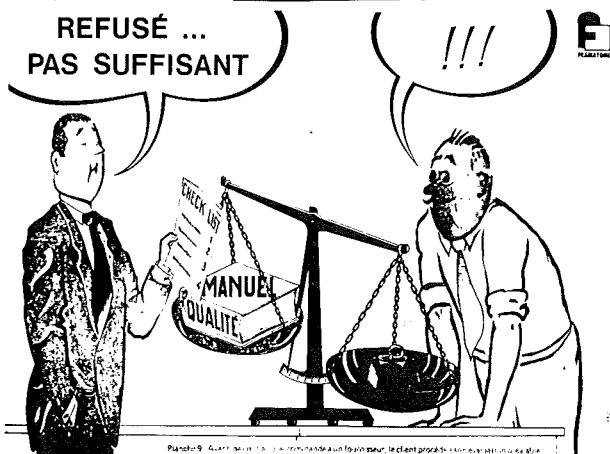


Planche 9 : Quand on refuse une commande au fournisseur, le client propose-t-il un autre fournisseur ?

- l'organisation,
- la mise sous contrôle des moyens de calcul,

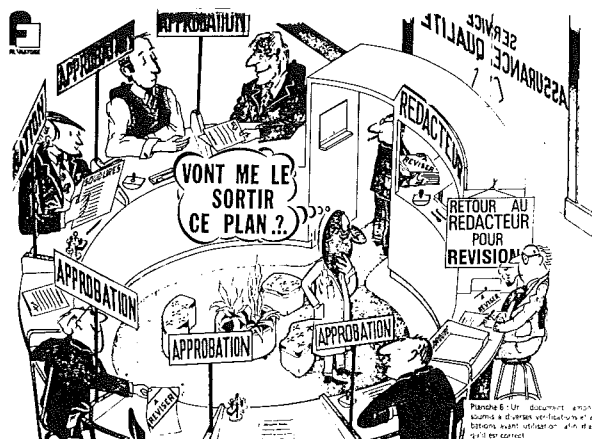


Planche 8 : Un document, après sa soumission à diverses vérifications et après diverses validations, doit être révisé et corrigé.

- la formation et la qualification du personnel,
- l'étalonnage des moyens de mesure et les spécifications d'utilisation,
- la qualification des modes opératoires,
- l'archivage des données et résultats.

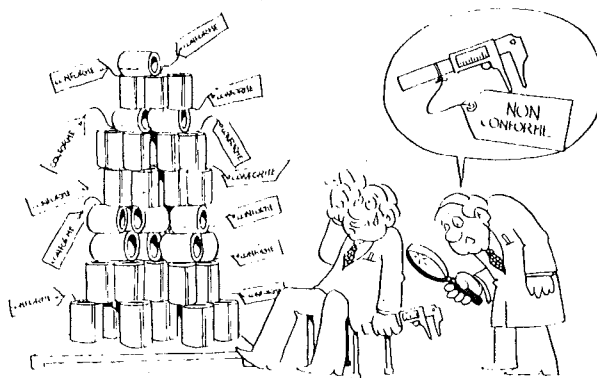


Planche 10 : La peur, les dégâts des eaux, les insectes et rongeurs et les prélevements par des tiers sont pris en compte dans les conditions d'archivage final.

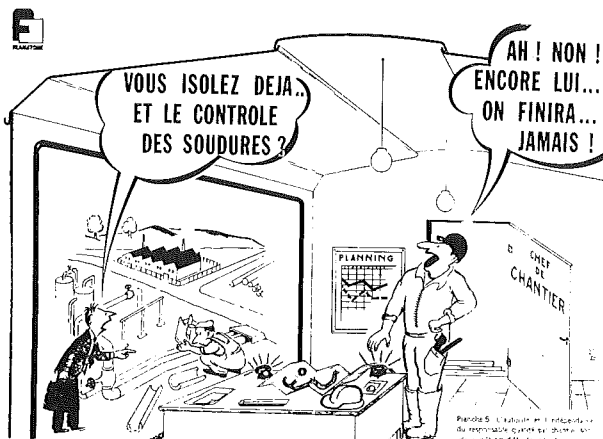
VII - FONCTION CONTRÔLE

Je voudrais également vous dire quelques mots sur la fonction contrôle (interne à l'entreprise) :

- Elle définit les instructions techniques et gammes de contrôle.
- Elle définit les équipements et les outillages de vérification et a la charge d'en assurer l'étalonnage.
- Elle procède aux vérifications et réalise les dossiers de conformité.



En règle générale, la fonction contrôle doit être indépendante de la fonction réalisation.



Si l'on procède à de l'auto-contrôle, on doit respecter des impératifs.

Un agent est capable de s'auto-contrôler si les trois conditions suivantes sont remplies :

- Il sait ce qu'il doit faire (des spécifications ou des instructions écrites existent, elles sont à sa disposition, il les a bien comprises, il sait à quoi sert le produit ou l'opération à laquelle il participe).
- Il sait ce qu'il fait effectivement (des moyens de mesure existent et sont à sa disposition, il sait les utiliser, il connaît les limites d'acceptation).
- Il sait agir sur ce qu'il fait (s'il trouve quelque chose hors limite, il sait comment agir pour effectuer la correction nécessaire et il en a le droit).

Dans le domaine du contrôle et des mesures, nous pouvons entendre malheureusement un certain nombre d'erreurs, je veux parler de confusion entre tolérance, précision, répétabilité et résolution.

Dans l'industrie, nous choisissons un instrument de mesure ayant une précision représentant $1/5$ à $1/10$ de la tolérance admise pour le produit, la répétabilité étant bien inférieure et la résolution n'ayant que très peu de chose à voir avec les trois autres données.

Prenons un exemple :

- Pour mesurer un alésage de 1 m de diamètre tolérancé à $1/10$ mm, nous utilisons une broche micrométrique donnant une précision de 1 à $2/100$. Cette broche micrométrique sera étalonnée avec un interféromètre laser dans un

laboratoire climatisé (la précision de l'étalonnage étant de $1,5$.

Notons qu'un interféromètre a une résolution de $1/100$ de .

Il m'est arrivé d'entendre certains de nos collègues garantissant une précision de 10^{-6} pour une mesure effectuée en extérieur. Ils faisaient, à coup sûr, une confusion avec répétabilité ou même avec la résolution.

CONCLUSION

Si l'on considère individuellement les pratiques d'Assurance Qualité, elles apparaissent comme des règles de bon sens, simples, sans caractère de nouveauté. C'est dans leur ensemble et dans la rigueur de leur application que réside leur originalité.

Pour mettre en place de tels systèmes dans nos entreprises, il faut être motivés. Ces motivations peuvent être internes ou externes.

Interne : l'idée de fond est que quelque chose ne vas pas.

Par exemple : il y a beaucoup d'incidents de qualité, les réclamations sont nombreuses, l'exercice de la garantie coûte cher.

Externe : ce sont des impositions qui sont formulées dans des réglementations, codes, normes et spécifications particulières.

ET LE COÛT ?

La qualité coûte cher, mais "l'à peu près" peut coûter très cher.

La qualité des prestations est, par ailleurs, un excellent argument de vente.

Il est facile de mesurer le coût du contrôle.

Il est possible d'estimer le coût des mesures préventives (organisation qualité).

Le coût de l'intervention des topographes dans la réalisation des grands ensembles est très faible, par contre les conséquences des erreurs possibles sont sans aucune mesure avec le coût de leur intervention.

Il semble donc évident que les utilisateurs des services des topographes ont intérêt à exiger que ces derniers se dotent des moyens permettant d'assurer la qualité de leurs prestations.

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

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

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

LA MÉTROLOGIE DES ANTENNES DE RADIOASTRONOMIE MILLIMÉTRIQUE

D. ROUX

IRAM - Institut de Radio-Astronomie Millimétrique

PRÉSENTATION :

Je tiens à remercier Monsieur GERVAISE de m'avoir demandé d'exposer brièvement la nature du projet Pic de Bure de l'Iram* (Institut de Radio Astronomie Millimétrique) au moment même où cet institut naissait d'une coopération Franco-Hispano-Allemande. J'ai constaté dans les diverses réunions auxquelles j'ai déjà participé la qualité des résultats métrologiques de nos aînés, et nous espérons faire encore mieux avec leur appui. J'entends par là leur aide dans divers domaines : informations, développement instrumental, et techniques de mesure.

Comme je l'exprimais dans le résumé qui vous a été remis, c'est à la fois facile et difficile de parler d'un projet plutôt que d'une réalisation.

C'est en effet facile d'aligner des bilans d'erreur prometteurs où les microns s'ajoutent les uns aux autres sans jamais franchir le seuil de la centaine ; et c'est en effet difficile de tenir les promesses d'un projet jusqu'à sa réalisation.

Les chiffres qu'annonce aujourd'hui cet exposé sont souvent à la limite du réalisable ; nous espérons les concrétiser par les mesures que nous effectuons en 1982 sur le pic de Bure sur notre première antenne, telle est notre intime conviction.

INTRODUCTION

Avant d'aborder les problèmes de mesure des radiotélescopes proprement dits je voudrais mentionner quelques généralités sur la radioastronomie qui permettront de comprendre pourquoi un tel degré de précision est requis et pourquoi aucune autre solution ne peut être envisagée.

Que sont les radiotélescopes ? Je dirai que ce sont les télescopes de l'invisible : ils recueillent sur des miroirs métalliques des ondes radio-électriques de longueur d'onde allant de 20 mètres au confins du millimétrique. Ces ondes sont émises par des radio-sources appartenant à notre galaxie, ou des radio-sources extra-galactiques. Les radio-sources sont parfois des restes de novae ou supernovae, très généralement des gaz, neutres ou ionisés, émetteurs radio du fait de diverses situations physiques auxquelles intensités et spectres permettent de remonter.

Rappel de la formule définissant la longueur d'onde en fonction de la vitesse de la lumière et de la fréquence :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

c = vitesse lumière 299792,5 km/sec.

les unités compatibles sont :

λ : mètre

c : m/s

f : hertz.

Ces instruments ont une activité essentiellement orientée vers la recherche fondamentale. Ils permettent d'étudier le rayonnement de l'univers et peut-être de vérifier telle ou telle théorie sur la création de l'univers, sur son explosion centrale originelle, sur la formation des étoiles par exemple.

Plus particulièrement les instruments qui nous occupent ici sont destinés à opérer dans les zones :

centimétrique 3 = 30 GHz

millimétrique 30 = 300 GHz

Actuellement un certain nombre de molécules ont été identifiées dans le domaine du millimétrique, la plupart avec plusieurs raies moléculaires ce qui permet de déduire de précieux renseignements sur la température, la densité des "nuages" moléculaires, par exemple. C'est un domaine nouveau où les découvertes fréquentes stimulent les chercheurs : les raies bien distinctes de quelques molécules formées d'isotopes, disons de ^{13}CO comparées à celles de ^{12}CO , nous apportent une moisson d'informations lorsque la physique de leur émission est bien comprise, par exemple.

FACTEURS DE PROGRESSION DU MILLIMÉTRIQUE

Deux facteurs principaux permettent d'atteindre les confins du millimétrique, ce sont : d'une part, la qualité des récepteurs et d'autre part, la qualité de la surface réceptrice liée à sa dimension.

1. Les récepteurs

Ces récepteurs ont fait l'objet de progrès considérables ces dernières années et sans entrer dans des détails hors de ma compétence, on peut citer trois chiffres donnant une idée de l'importance de l'instrument :

— le premier sera budgétaire : le récepteur et le système de gestion qui l'entoure représentent la moitié du coût d'un radiotélescope ; les deux autres chiffres seront techniques.

— le deuxième concerne les progrès réalisés sur la température de bruit ou bruit de fond. Sans remonter au début de la radioastronomie, en 1972 pour une longueur d'onde de 3 mm, le bruit de fond des récepteurs était compris entre 1200 et 1500°K ; en 1980 pour cette même longueur d'onde il est de 200°K. (à titre indicatif en 1980 pour 2 mm on peut réaliser 400°K de bruit de fond, et pour 1 mm 1500°K). Cette température de bruit mesure une énergie, celle qu'ajoute au signal collecté — l'entachant de ses fluctuations — le système récepteur.

— le troisième concerne la température de refroidissement du récepteur, contribuant à la diminution du bruit de fond.

Actuellement sans avoir des installations trop "usinesques, l'on peut refroidir un récepteur entre 15° et 20°K ; il serait possible d'atteindre 4°K mais avec des difficultés sans rapport avec le gain espéré.

2. La surface réceptrice

On peut schématiser le problème de la surface en disant que le rendement en flux de l'antenne est fonction de sa surface collectrice et que l'étude des courtes longueurs d'ondes est liée à la définition de surface (écart moyen quadratique e.m.q. ou "root mean square" r.m.s.)

La formule de Ruze définit le critère de qualité de surface de l'antenne ou plus précisément le facteur de dégradation de la surface par rapport à une antenne idéale ; elle est la suivante :

$$k = e^{-(4\pi/\lambda)^2 \sigma^2}$$

D'après cette formule l'on voit que le rendement est maximum soit pour k infini, soit pour $\sigma = 0$.

Considérant qu'une antenne est intéressante pour un rendement en surface supérieur ou égal à 50 %, de son rendement optimum, nous voyons que pour étudier valablement dans la zone du millimétrique il nous faut :

$T = 100''$ m r.m.s. pour jusqu'à 1,5 mm

$T = 50''$ m r.m.s. pour jusqu'à 0,8 mm

$T = 25''$ m r.m.s. pour jusqu'à 0,5 mm

Pour simplifier nous prendrons = ce qui

16 nous

donne un rendement Standard de 0,54.

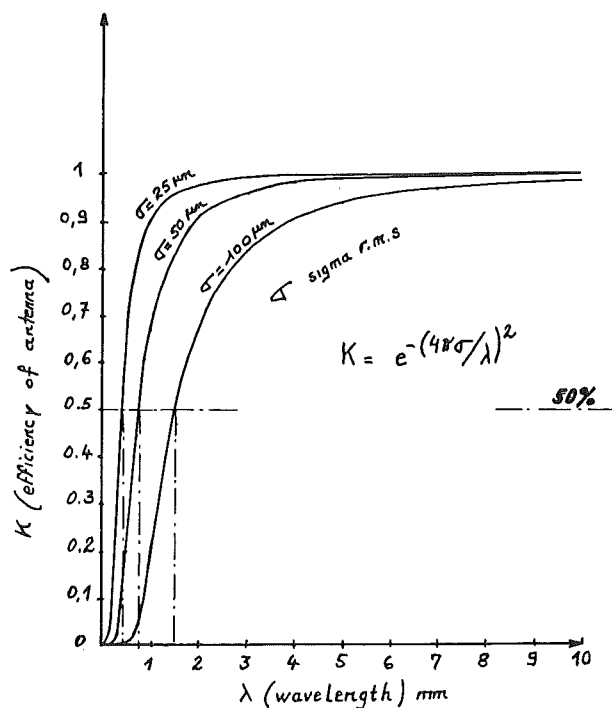


fig. 1 - Courbe de rendement fonction de σ et λ .

3. Facteurs extérieurs

L'étude des ondes millimétriques et sub-millimétriques nous met en présence d'une troisième contrainte : les fenêtres radio astronomiques elles-mêmes liées à deux éléments de notre atmosphère, l'oxygène et la vapeur d'eau qui constituent des écrans naturels aux observations à certaines longueurs d'onde.

S'il est difficile de nous soustraire aux effets de l'oxygène (l'échelle de hauteur en air sec est de 7 km), sans avoir recours à des expériences spatiales (dont les coûts sont tout autres que le budget IRAM), il n'en est pas de même pour la vapeur d'eau où l'altitude critique est de 2 km. D'où le choix d'un site de montagne.

Nous pouvons voir ici les fenêtres radio-astronomiques et l'influence de l'altitude sur le rendement des antennes. Actuellement les fenêtres les plus couramment utilisées sont la 1^{re} et 2^e, et l'utilisation des fenêtres n° 3, 4 et 5 dépend essentiellement de la qualité de surface de l'antenne (λ).

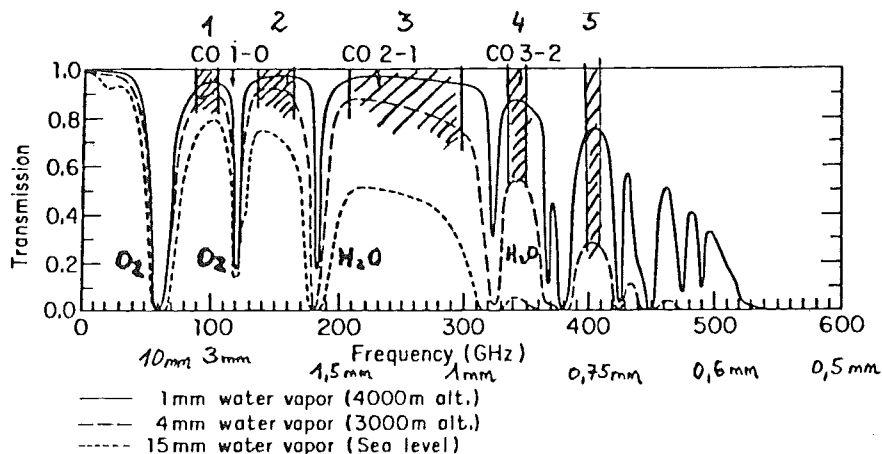


fig. 2 - Courbes de transmission atmosphérique définissant les fenêtres radio-astronomiques.

LES GRANDS PROJETS ACTUELS

Je vais maintenant très rapidement situer le projet IRAM par rapport aux projets mondiaux actuels. Il existe 4 projets de grands radio-télescopes de la génération millimétrique.

1. Le projet Japonais est assez similaire au projet I R A M .

Il se compose à la fois d'un outil à grande surface de 45 mètres de diamètre, et d'un interféromètre à grande résolution, avec 4 antennes de 10 mètres de diamètre. Le site, en raison du manque de surface de ce pays est médiocre : il est situé à 1300 m d'altitude. Les spécifications de surface (200 à 250 m r.m.s.) devraient permettre de travailler dans la 2^e fenêtre vers 90 GHz. Le projet est prévu pour 1982 si nos collègues clarifient les problèmes actuels de tous les centres de recherche, à savoir les finances et le personnel. (latitude 36° N).

2. Le projet Anglais (S.R.C.) est un projet sub-millimétrique avec sa spécification de 25 à 50 m r.m.s. (3°, 4°, 5° fenêtres). Il s'agit d'une antenne de 15 mètres installée aux Iles Canaries à 2100 m : très bon site en raison de l'altitude et de la latitude (plus au sud). Ce projet a été accepté et devrait être financé incessamment.

3. Le projet Américain de 25 m de diamètre et 50 m de précision, avec astrodôme (absence de vent d'où structure plus légère mais un astrodôme = coût : 60 % d'une antenne). Le site prévu est celui d'Hawaii au Mauna Kea où de nombreux équipements d'astronomie sont installés (3,60 m optique et 3,80 m infra-rouge). Ce projet a été rejeté en 1980 par le président américain, mais devrait être approuvé ultérieurement ; les études continuent actuellement et les Américains sont confiants car ils espèrent le construire dans des délais très courts.

4. Le projet IRAM (Franco-Allemand à participation Espagnole) : il s'agit d'une part d'une grande antenne de 30 m qui se situera en Espagne, au Pico Veleta à 2800 m d'altitude ; précision spécifiée : r.m.s. 100 , et d'un interféromètre de 3 an-

tennes de 15 m, précision spécifiée : 50 r.m.s., qui se situera au Pic de Bure près de Gap à 2550 m d'altitude (la latitude du site Espagnol est plus favorable car plus méridionale, donc avec plus de ciel visible).

Ces deux instruments ont une complémentarité. L'un peut-être défini comme étant doté d'une grande sensibilité en puissance reçue (surface importante) on peut ainsi cartographier un objet de faible flux d'une façon rapide et immédiate.

L'autre (interféromètre) est doté d'un grand pouvoir de résolution angulaire du fait de sa base interférométrique. (sans entrer dans les détails il permet d'avoir la résolution d'une antenne ayant le diamètre de la base maximum permise (1700 m dans l'avenir), mais son exploitation est lente. Elle nécessite des déplacements d'antennes, plusieurs semaines d'observations pour un objet donné et interprétation différée sur ordinateur (fig. 3).

LE CONTRÔLE DE LA SURFACE

Les phases de mesure d'une antenne millimétrique de grande dimension (actuellement la décision pour notre projet a été prise pour 15 mètres de diamètre) peuvent se décomposer de la façon suivante :

1. La mesure industrielle des panneaux réflecteurs.

Après de nombreuses études sur le choix des matériaux, sur les techniques d'usinage, de fabrication, la solution qui semble avoir le plus de chances d'aboutir serait un pré-découpage de l'antenne en secteur (16 ou 24) eux-mêmes formés de panneaux d'environ 2 à 3 m² qui seraient composés d'un ensemble de panneaux mini-facettes emboutis. La précision de 25 m est assurée par des machines à mesurer tri-dimensionnelles. La prospection industrielle de telles machines nous a conduit à adopter des panneaux de 2 à 3 m² qui seraient pré-réglés avant montage mécanique sur le secteur, et réglés définitivement sur le Pic de Bure.

La surface d'une antenne étant voisine de 200 m², il convient d'envisager 600 points de supports réglables (3 par m² environ) sur la structure. (fig. 4).

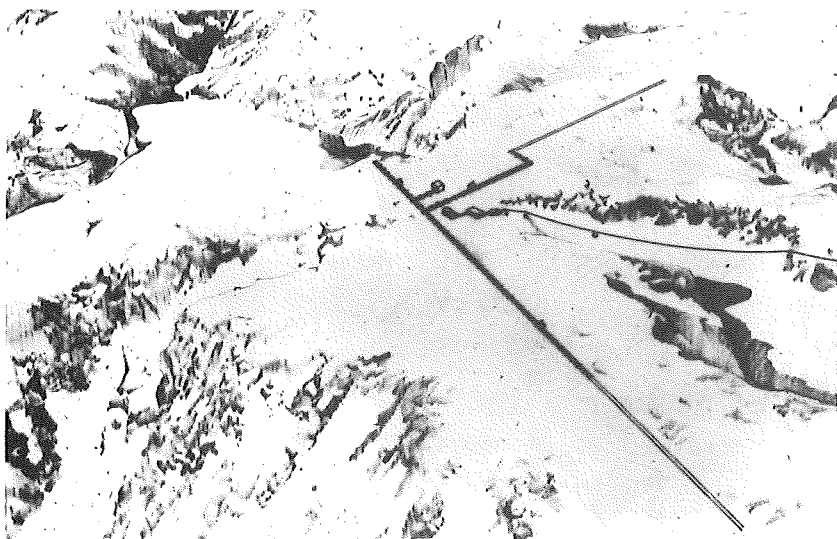


fig. 3 - Schéma d'architecte de l'interféromètre à 3 antennes.

MINI - PANEL

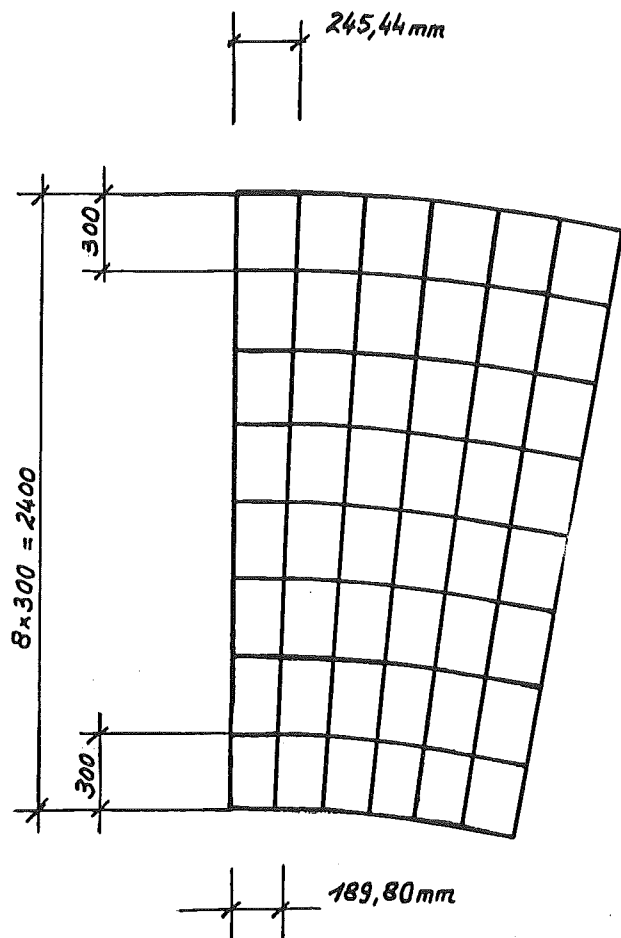


fig. 4 - Schéma d'un panneau possible.

2. La mesure du réflecteur dans sa position de visée du zénith (au montage).

La mesure du réflecteur devrait se faire dans sa position d'utilisation afin de connaître sa forme géométrique réelle en fonction des déformations résiduelles dues à la gravité et aux effets thermiques. Le seul procédé envisageable pour un tel contrôle de surface dans les techniques habituellement employées serait le procédé photogrammétrique, mais ses limites en précision bien connues ont orienté notre étude sur des procédés de contrôles métrologiques industriels.

En vertu du principe de l'homologie appliqué lors de la conception de la structure de l'antenne, on peut envisager une mesure de l'antenne dans une position donnée. (la plus favorable étant la position horizontale, face au zénith), à une température donnée contrôlée (hall thermostaté). Les variations résiduelles pour une position quelconque seront ensuite données par le calcul, dans un premier temps. En effet, une variation homothétique du paraboloïde entraîne un simple changement de focale, ce qui conduit à ajuster le récepteur à ce nouveau foyer pour obtenir la meilleure mise au point.

Par contre, les diverses erreurs résiduelles par rapport à cette figure homothétique doivent toutes se situer à l'intérieur des tolérances spécifiées pour chacun des effets envisagés. Actuellement les divers buts à atteindre sont les suivants :

- gravité sous inclinaison variable : $25 \mu\text{m}$;
 - dilatation en température : $25 \mu\text{m}$;
 - déformations dues au vent (30-40 km/h) : $25 \mu\text{m}$;
 - imprécision d'ajustage et de contrôle : $25 \mu\text{m}$;
- soit, $50 \mu\text{m}$ r.s.s. (root sum square) en combinant quadratiquement les erreurs.

2.1. Instrumentation

Une telle précision ne peut, au niveau du contrôle de surface, se réaliser qu'au moyen d'une mesure laser. Les distances seront mesurées par interférométrie laser (type H.P.) et les alignements par laser Hélium-Néon (type Spectra-Physics), associé à des systèmes quadri-cellules :

Mesure de distances	Hewlett Packard	Soro
Précision	10 μm	10 μm
Résolution	0,16 μm	0,30 μm
$= \lambda =$	0,628 μm	0,632 μm
Performance	60 m	30 m

Mesure d'alignement :

- Spectra physics associé avec quadri cellules (asservissement chariot).
- Laser alignement SOPELEM associé avec 3 systèmes de quadri cellules ; il permet de mesurer constamment les défauts d'alignement par rapport à un alignement "reset".
- Système Laser H.P. associé à un prisme de Wollaston : mesure du défaut d'alignement par procédé télémétrique.

Les deux dernières solutions s'affranchissent de l'instabilité du faisceau laser.

2.2. Méthodes

Le degré de précision requis nous conduit à adopter une instrumentation essentiellement basée sur des mesures de longueurs tout au moins en ce qui concerne les paramètres fondamentaux. En effet, la mesure de l'angle φ (φ étant l'angle azimuthal d'un point par rapport à un méridien origine), sert essentiellement à déterminer la cartographie des points mesurés en vue de calculer l'écart quadratique de la précision de surface d'un panneau, afin d'en assurer le réglage ultérieur.

En conséquence, je vous présenterai deux types de machine à mesurer ayant retenu notre attention en vue d'une étude plus détaillée dans le proche avenir.

- IRAM centre de courbure
- IRAM coordonnées cartésiennes

Centre de Courbure (variante)

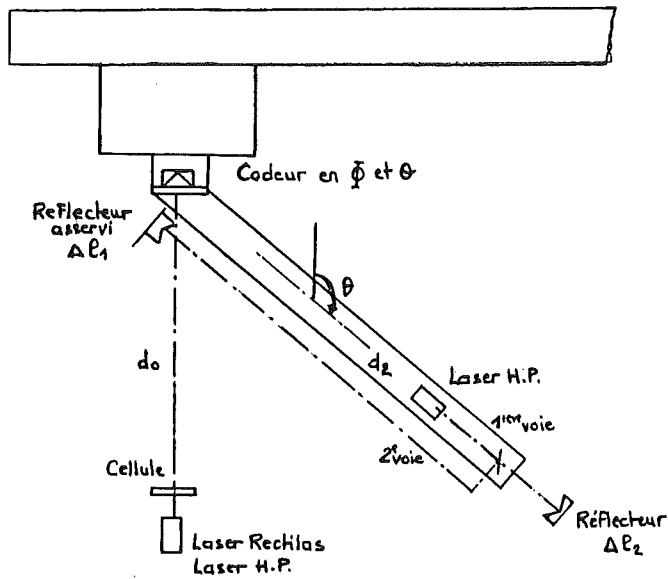


fig. 5 et 6 - Dispositif de mesure IRAM par le centre de courbure.

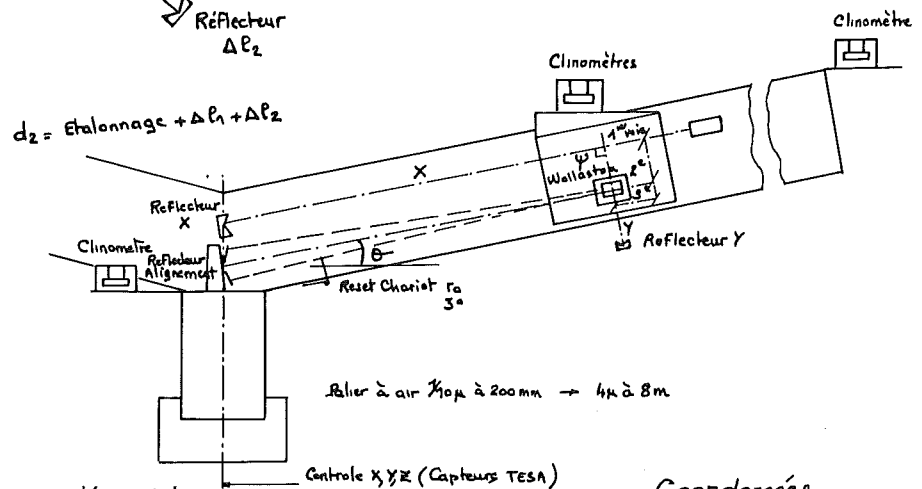
Points critiques :

- Stabilité du point haut, 1 laser supplémentaire.
- Asservissement du système bras-compas d'apparence complexe.
- Asservissement contrôle de déformation fine : mouvements du bras entraînant un fléchissement variable (système CERN non commercialisé).
- Un système lecture (chaîne tenseur) à créer (sortie digitale).

1. Comparaisons techniques

(IRAM) — Centre de Courbure — (fig. 5 et 6)

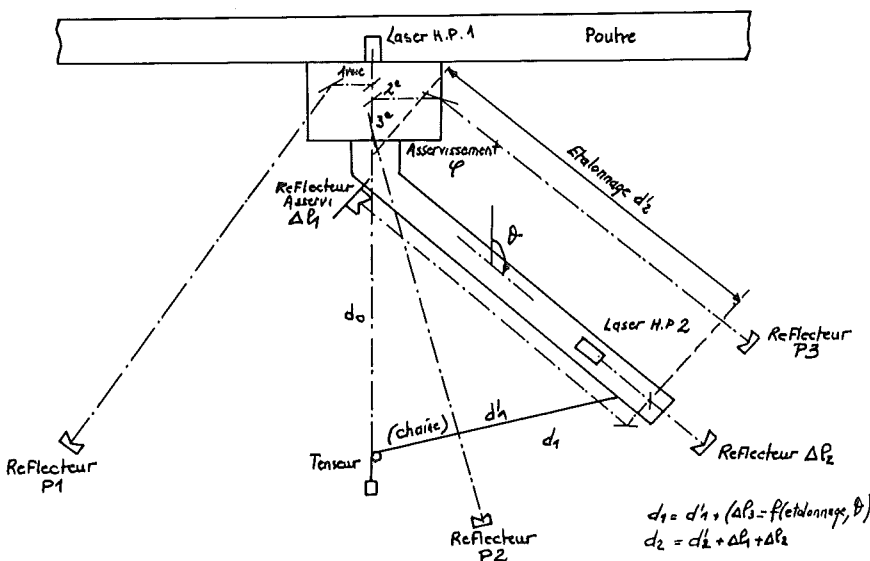
- Base de référence
Système de mesures indirectes. Étalonnage du mât.
- Longueur de la sonde : 0,10 m
Hauteur balayée par faisceaux lasers $\alpha < h < 12$ m
Gradient thermique important
Automatisation en \mathcal{C} (système suspendu)
- 1 asservissement sonde
Un mini ordinateur (style HP 45)
Matériel peu standard
- Principe de mesure :
1 mesure critique le long du bras, proche de la physique : mesure quasi-normale à la surface (voir bilan d'erreur aléatoire).
- Démontage quadrupode pas obligatoire si la mesure d_0 est obtenue d'une autre façon par le bras d_2 .



— Mécanique lourde.

(IRAM) — Coordonnées cartésiennes — (dérivée SRC) fig. 7 et 8

Surface de référence.
Mesures directes.



Centre de Courbure

fig. 7 et 8 - Dispositif de mesure IRAM par coordonnées cartésiennes.

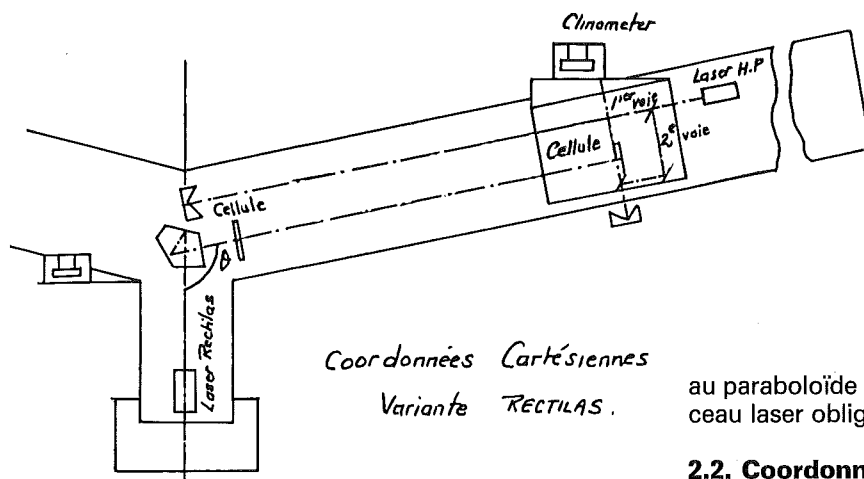


fig. 8

Longueur de la sonde 0,70 m
 Hauteur balayée par faisceaux lasers $0 < h < 3$ m 21°
 • Gradient thermique faible.
 Automatisation en τ (l'axe de rotation de la machine paraît simple à définir).
 2 asservissements sonde (y, chariot x)
 1 mini ordinateur (style HP 45)
 • Matériel (contrôle déplacement TESA éventuellement, standard HP, clinomètre standard CERN).
 Principe de mesure : Table en x, y. Mesure critique y.
 Tolérance plus importante sur x (voir bilan erreur).
 Démontage du quadrupode obligatoire.

Points critiques :

Stabilité et reproductibilité poutre (système palier à air + contrôle par clinomètre standard CERN).
 Création d'un chariot supportant l'ensemble du matériel de mesure 3 voies x, y, Wollaston)

2. Bilan des erreurs systématiques et aléatoires

Ce bilan d'erreur est établi par une tolérance de 25μ sur l'écart au paraboloïde théorique en chaque point.

2.1. Centre de courbure

2.1.1. Erreurs systématiques

- Une erreur systématique sur d_1 inférieure à 381μ (voir erreur accidentelle 2.1.1.), ce qui est toujours le cas avec un ruban étalonné, a un effet du 2^e ordre (paraboloïde homothétique) à celui causé par une erreur accidentelle de même valeur.
- Une erreur systématique $\Sigma = 0,565$ mm sur d_2 et d_0 (erreur d'étalonnage du bras par ex.) entraîne un écart au paraboloïde homothétique de distance focale ($f + \Sigma/2$) allant de 0 à 25μ m.

2.1.2 Erreurs aléatoires ou accidentelles

- une erreur sur d_1 entraîne un écart au paraboloïde de 25μ de la façon suivante :

0m	1m	6m	7,5m
"	1245 μ m	1432 μ	381 μ m

au 1^{er}
ordre

au 1^{er}
ordre

On s'aperçoit que seule la zone des 7 mètres est influencée et encore très modestement.

- une erreur sur la variation de d_2 entraîne un écart au paraboloïde de 25μ m pour une erreur de 25μ m constante puisque la mesure est normale

au paraboloïde de 0 à 7,5 mètres (mesure par faisceau laser obligatoire).

2.2. Coordonnées cartésiennes

2.2.1 Erreurs systématiques (calcul avec 22 grades)

- une erreur systématique en z_0 est sans influence sur le paraboloïde obtenu puisque l'on obtient un paraboloïde translaté de l'erreur Δz_0 sur z_0 .
- une erreur systématique de r_0 (erreur Σ) donne une courbe dont l'écart à la parabole théorique est de 25μ m.

$\Sigma 363$ m	170 μ m	675 μ m
$\Phi 1$ m	4-5m	7m

Le point le plus critique situé entre 4 et 5 mètres, tolère une imprecision sur la connaissance du r_0 de 0,17 mm.

2.2.2 Erreurs aléatoires ou accidentelles

Des erreurs sur x et sur y permises pour un écart maximal de 25μ m tout point du paraboloïde sont les suivants :

dx	80 μ m	107 μ m	100 μ m
			1 ^{er} ordre
	1m	4-5m	7,5m
dy	26 m	25 m	26 μ m

La mesure quasi normale de y nous met dans un cas similaire à la mesure de d_2 . La précision est obtenue dans les deux cas par une mesure laser ce qui est relativement luxueux pour la mesure de x.

Il est clair que dans les deux bilans il faudrait établir une combinaison quadratique des quatre erreurs totales, et c'est elle qui devrait être inférieure à 25μ m. Ce qui réduit d'environ un facteur deux les chiffres tolérés pré-cités.

Cette étude a été faite pour la totalité des points à 25μ m ; mais on peut réduire considérablement ces contraintes si l'on a affaire à la précision r.m.s. de 25μ m, et encore davantage si l'on recherche le paraboloïde des moindres carrés au lieu du paraboloïde homothétique dans le calcul de tolérance aux erreurs systématiques.

CONCLUSION

Cette pré-étude a pour but de susciter un certain nombre de critiques et de suggestions au sein de notre institut et à l'extérieur, une étude de faisabilité et de coût est en cours afin de sélectionner une méthode et de définir un objectif industriel précis en décembre 1980. Nous espérons pouvoir présenter dès 1981 une étude de détail et peut-être des résultats expérimentaux en fin d'année 1982. ■

BLANCHET~ **LOCATOR**

SA. au Capital de 480.000 F.

**met à votre disposition en location,
en France ou à l'Etranger:**

TOPOGRAPHIE

- Un parc de plus de 150 instruments classiques : théodolites, tachéomètres, niveaux.... essentiellement de marque WILD
- Une quinzaine d'équipements de mesure électronique de distance : WILD DI 3 et DI 3 S, AGA 12 et AGA 14, HEWLETT - PACKARD 3810, TELLUROMETRE CA 1000
- Une dizaine de lasers d'alignement et de nivellement

INFORMATIQUE

- Un parc de plus de quarante mini ordinateurs HEWLETT - PACKARD de la série 98, 9825, 9830, 9831, 9835, 9845
- Un parc de plus de quarante périphériques HEWLETT-PACKARD: traceurs de courbes, unités à disques, imprimantes...
- Un ensemble CONTRAVES avec ordinateur CORA II et table traçante à tête optique pour tracer de haute précision et de grande surface.

BLANCHET~ **LOCATOR**

31-33, rue Le Marois, 75016 Paris

Tel: (1) 651.72.20 & 651.69.22