

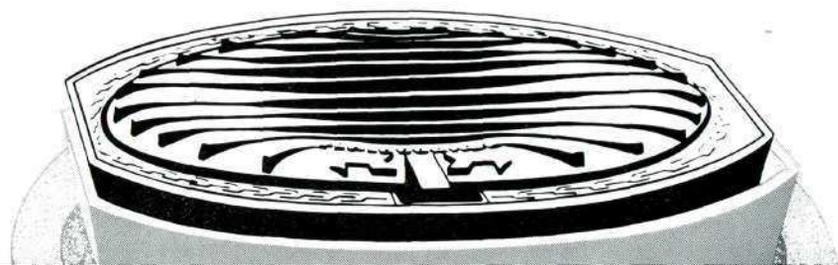
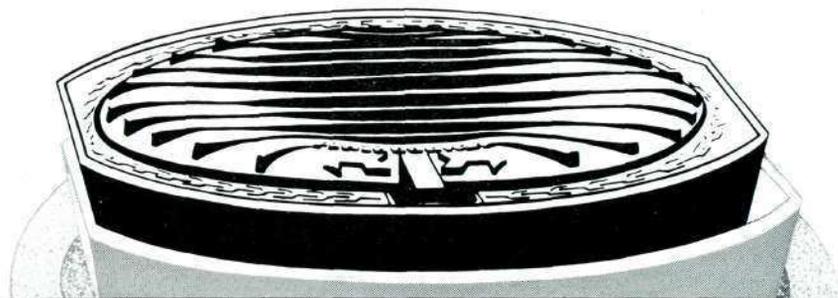


PEN

PONTS
et
CHAUSSEES
et
MINES

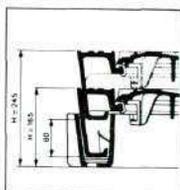
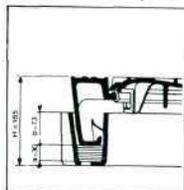
les techniques géographiques

n° 4 Avril 1975 72° ANNEE



le regard qui monte, qui monte, qui monte

Avant, chaque fois que la chaussée était réasphaltée ou remise à un niveau plus bas, il fallait rebâtir le haut de la cheminée d'assainissement et desceller le cadre du regard de chaussée. Aujourd'hui il y a **le réglable** de Pont-à-Mousson S.A. Une mise en œuvre simple permet de le mettre à niveau rapidement en montant ou en descendant le cadre à l'intérieur de la gouttière.



Renseignez-vous auprès de l'agence Pont-à-Mousson S.A. la plus proche.



PONT-A-MOUSSON S.A.

Société anonyme au capital de 369.220.000 F.

Nancy, 91, avenue de la Libération

lettres : 4 x 54017 NANCY CEDEX

téléphone : (28) 53-60-01



mensuel

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

Directeur de la publication :

René MAYER,
Président de l'Association

Rédacteur en chef :

Philippe AUSSOURD,
Ingénieur
des Ponts et Chaussées

Assistante de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

Promotion et

Administration :

Secrétariat du P.C.M. :
28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

Bulletin de l'Association professionnelle des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines, avec la collaboration de l'Association des Anciens Elèves de l'École des Ponts et Chaussées, 28, rue des Saints-Pères, Paris 7^e
Tél. 260.25.33
260.27.44

Abonnements :

— France 150 F.
— Etranger 150 F. (frais de port en sus)

Prix du numéro : 18 F.

Publicité :

Responsable de la publicité :
Jean FROCHOT
Société Pyc-Editions :
254, rue de Vaugirard
Paris-15^e
Tél. 532-27-19

L'Association Professionnelle des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie.

Dépôt légal 2^e trim. 1975 - N° 3543
Commission Paritaire n° 55.306

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
Aurillac

sommaire

dossier

- La géodésie, aspects utilitaires et scientifiques 19
J.-J. LEVALLOIS
- Une gamme de techniques pour ausculter la surface
de la terre 28
A. BAUDOIN
- Aménagement rural en France 30
R. BROSSIER
- Un exemple de photo-interprétation 32
R. BROSSIER
- Enregistrement thermographique pour l'étude des problèmes
de l'eau 34
- Cartographie des risques naturels : avalanches 36
A. BAUDOIN et Ch. CAZABAT
- L'apport des images ERTS en télédétection 45
A. BAUDOIN
- L'archéologie 48
M. CARBONNELL
- Urbanisme, architecture, aménagement du territoire .. 52
H. HOVASSE
- Travaux publics, industrie 63
M. CARBONNELL
- La politique de recherche de l'I.G.N. 68
G. de MASSON d'AUTUME
- Les cartes et le tourisme 71
E. TARRADE

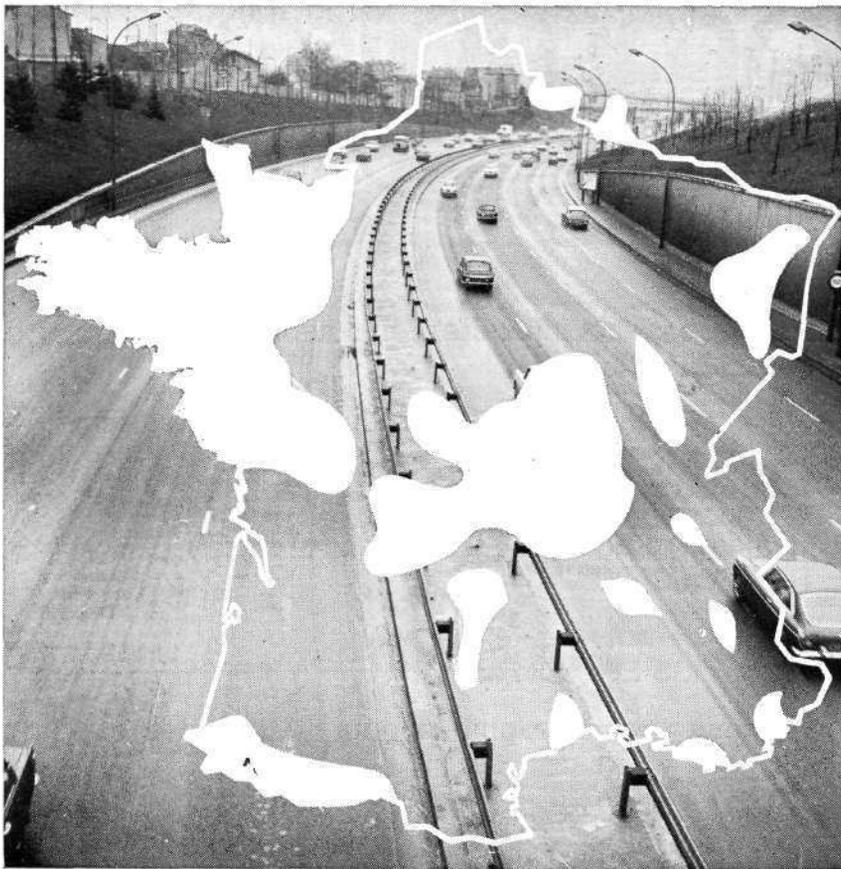
rubriques

- Evry : ville nouvelle 75
- A propos du médiateur 76

Maquette : Monique CARALLI

Photos I.G.N.

Couverture : Estuaire de la Loire - Photographie ERTS



**partout en France
la qualité
c'est notre affaire**

GÉRON PUBLICITAIRES - PICTOR G.A.

SYNDICAT NATIONAL DES
**PRODUCTEURS DE MATERIAUX D'ORIGINE ERUPTIVE,
CRISTALLOPHYLLIENNE ET ASSIMILES**

3, rue Alfred-Roll - PARIS 17^e - Téléphone : 754.77.84

Un tiers du sol national recèle des gisements de valeur.

RINCHEVAL

SOISY-SOUS-MONTMORENCY (Val-d'Oise) - Tél. : 989.04.21 +

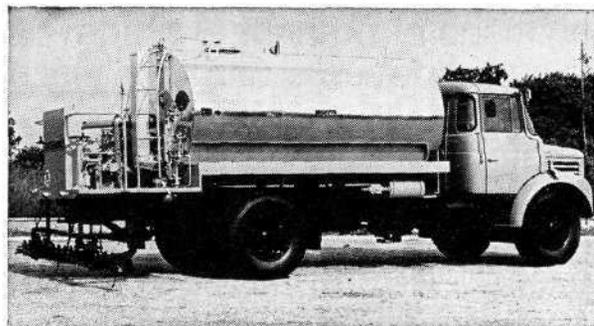
TOUS MATERIELS DE **STOCKAGE, CHAUFFAGE ET EPANDAGE**
DE **LIANTS HYDROCARBONES**

ÉPANDEUSES avec rampe

- Eure et Loir
- Jets multiples à commande pneumatique

POINT A TEMPS

- Classiques
- Amovibles
- Remorquables



Equipement épandeur à transmission hydrostatique
et rampe à commande pneumatique

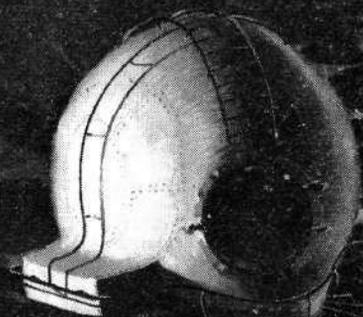
STOCKAGE et RÉCHAUFFAGE de liants :

- Citernes mobiles
- Spécialistes de l'équipement des installations fixes

(300 réalisations)

DEPUIS 1911, LES ÉTABLISSEMENTS RINCHEVAL CONSTRUISENT DES MATERIELS D'EPANDAGE

emplois à froid, à chaud en constructions acier ?



aciers usiten usinor !

Notice Usiten sur demande au service "O C" - Direction Métallurgique et Direction Commerciale
B.P. 4 177 - 59307 Valenciennes - Tél. 47 00 00 - Télex 11700 Usinor Valci

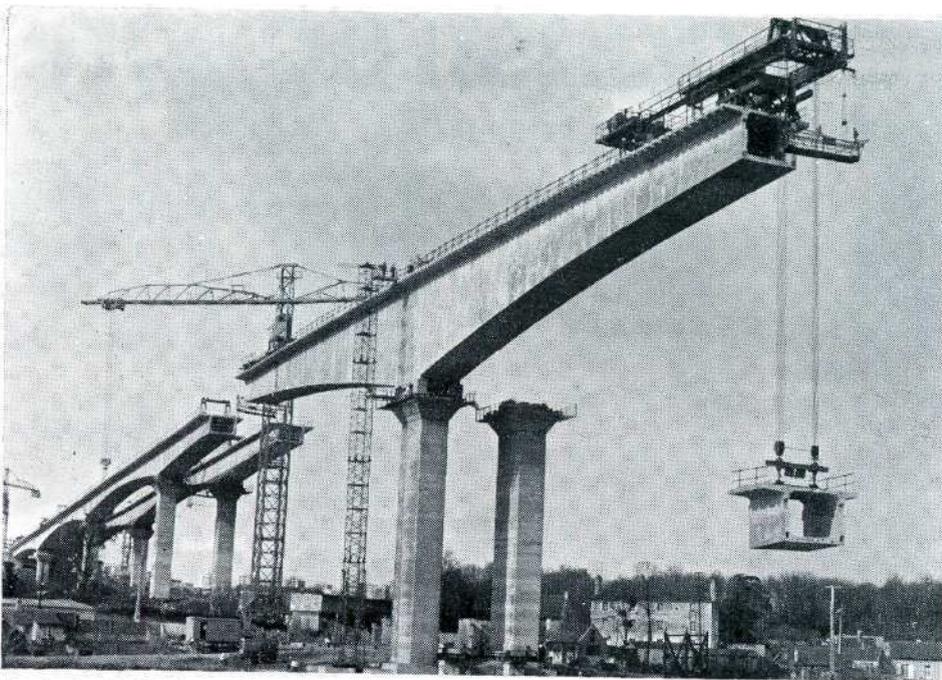
COIGNET dans le monde entier

Tous bâtiments
et
ouvrages d'Art



COIGNET

11 av. Miron-T-Herrick
75008 Paris
Téléphone 261.51.06



Pont de Calix à Hérouville-St-Clair.
Record du monde de portée
des ponts en encorbellement avec voussoirs préfabriqués (156 m).

Le G.M.F. a le plaisir de vous présenter son dernier né: l'ALEZAN

Ce nouveau logement offre quatre volumétries différentes en fonction du type de toiture choisi.

La double exposition de la salle de séjour, le garage intégré dans tous les types, la dalle de béton couvrant le sol du garage . . . assurent à l'Alezan un atout appréciable.

Le G.M.F. construit en résidence-village ou sur terrain individuel grâce au SEMI, Secteur pour l'Expansion des Maisons Isolées.

Apport initial réduit et mensualités compatibles avec tous les revenus, permettent aux salariés, même modestes, de devenir propriétaires de leur maison.

GROUPE MAISON FAMILIALE

15, rue de Marignan

75008 PARIS

Tél. 256-24-10

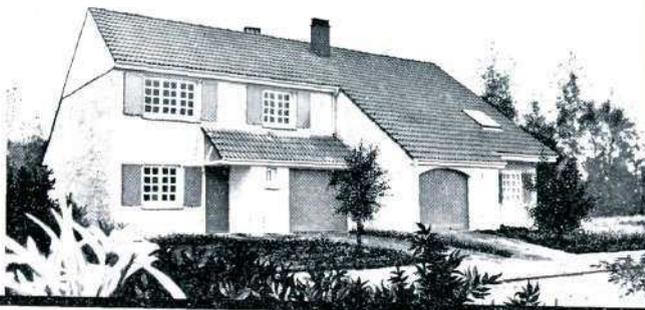


S.E.M.I.

Village des Florélites Clause

91620 LA VILLE DU BOIS

TÉL. 901-10-30



SOCIÉTÉ ANONYME DES ENTREPRISES

Léon BALLOT

au Capital de 25 500 000 F

TRAVAUX PUBLICS

155, boulevard Hausmann, 75008 PARIS

SOCIÉTÉ ROUTIÈRE DU MIDI

ÉMULSIONS DE BITUME TOUS TRAVAUX ROUTIERS

S.A. au capital de 2 000 000 F
SIEGE SOCIAL
LYON (2^e) - 28, rue d'Enghien
Tél. (78) 42.06.12

DIRECTION DES EXPLOITATIONS
et USINE D'ÉMULSIONS DE BITUME
05001 GAP - B.P. 24
Route de Marseille
Tél. (92) 51.03.96
Télex : ROUTMIDI 43221

BUREAUX et DEPOTS
26101 ROMANS - B.P. 9
Tél. (75) 02.22.20
Télex : ROUTMIDI 45703
Zone Industrielle
13290 LES MILLES
Tél. (91) 26.14.39
Télex : ROUTMIDI 41702



96 ans d'entreprise
190 millions de m³ de terrassements
400 kilomètres de plateforme autoroutière
4300 kilomètres de plateforme routière
30 barrages, digues ou canaux
800 kilomètres de tranchée d'oléoduc
16 plateformes industrielles
20 pistes d'envol
70 ouvrages d'art

ENTREPRISE RAZEL FRÈRES

17 Rue de Tolbiac_75640 PARIS Cedex 13_tel 584 03 45

TERRASSEMENTS
OUVRAGES D'ART
GENIE CIVIL
Paris, Douala, Libreville, Niamey

cartes routières
touristiques
administratives

**recta
foldex**

27, rue Trebois
92300 Levallois-Perret
Tél. 737.79.70 +
270.12.03

claires, renseignées, adaptées
aux besoins de notre temps

FONDASOL

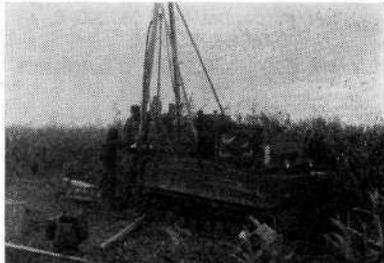
Direction - Bureaux - Ateliers :

290, rue des Galoubets
84140 AVIGNON-Montfavet
B.P. 54 (84005) Avignon

Tél. : (90) 31.23.96 (lignes gr.)

Télex : 42 999 FONDASOL MTFAV

**BUREAU D'ÉTUDES DE SOLS
ET FONDATIONS
SONDAGES - ESSAIS DE SOLS**



Sondages en zone marécageuse

Centre de METZ : 1, rue des Couteliers
57000 METZ-BORNY

Tél. : (87) 75.41.82 (2 l. gr.)

Télex : 86 695 FONDASOL METZ

Agence de CHALON-SUR-SAONE :

19, rue Saint-Georges

71100 CHALON-SUR-SAONE

Tél. : (85) 48.45.60

Télex : 80 368 FONDASOL CHALN

Agence de PARIS : 5 bis, rue du Louvre

75001 PARIS - Tél. : 260.21.43 - 44

Télex : 67 230 FONDASOL PARIS



une gamme entièrement
nouvelle et prestigieuse

NIVEAUX DE CHANTIERS
ET D'INGENIEUR

NIVEAUX AUTOMATIQUES

THEODOLITES ET TACHEOMETRES
à collimation automatique

PLOMBS OPTIQUES DE PRECISION

TELEMETRES ELECTRO-OPTIQUES
LASERS D'ALIGNEMENT

ACCESSOIRES D'ARPENTAGE

AGENTS EXCLUSIFS

LES INSTRUMENTS

SCIENTIFIQUES

ET INDUSTRIELS

77, AVENUE PARMENTIER

75526 PARIS CEDEX 11

TEL. 805-40-40 - 355-92-30



forclum

société de force et lumière électriques

Centre d'Affaires Paris-Nord

Bâtiment Ampère n° 1

93153 LE BLANC-MESNIL - Tél. 931-42-41

TOUTES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

TOUTES PUISSANCES

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

DOMESTIQUE ET INDUSTRIEL

Équipement d'usines, de centrales

et de poste de transformation

Immeubles de bureaux et d'habitation

Hôpitaux - Universités

Équipements sportifs - Éclairage public

Réseaux de distribution - Tableaux

Contrôle - Régulation - Automatismes

Télécommande

Directions Régionales et Agences :

Paris - Saint-Denis - Nanterre - Bordeaux

Le Bouscat - Lille - Laval - Troyes

La Chapelle-Saint-Luc



**Autoroute A1 - Après le passage Diderot en
direction du passage du Landy-Paris-Provence**

Société Armoricaïne d'Entreprises Générales

S.A. au Capital de 2 000 000 F

■
**TRAVAUX PUBLICS
ET PARTICULIERS**
■

Siège social :
7, rue de Bernus - VANNES
Téléphone : 66.22.90

SGE

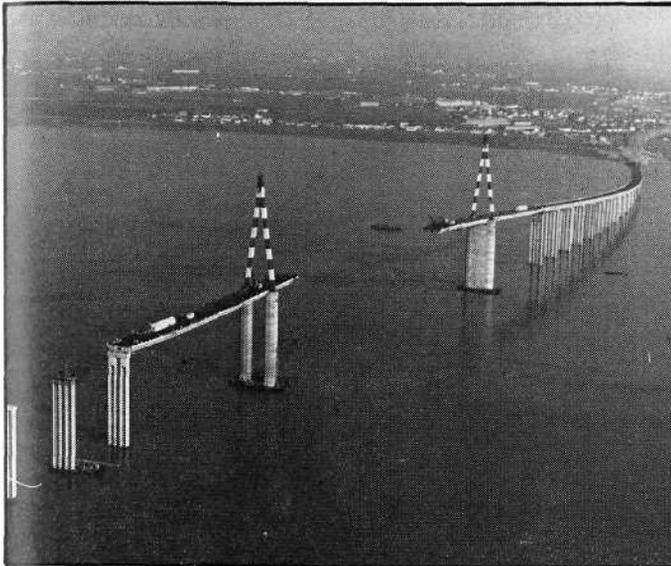
SOCIETE GENERALE D'ENTREPRISES

Siège Social : 21 RUE DU PONT DES HALLES 94 CHEVILLY-LARUE

Code postal : CIDEX D901 94536 RUNGIS CEDEX

TELEGRAMME : GIROLOU RUNGIS TELEX : 27653 GIROLOU A RUNGI

TELEPHONE : 687.22.36



Pont St Nazaire St Brévin

Avant-port de Dunkerque

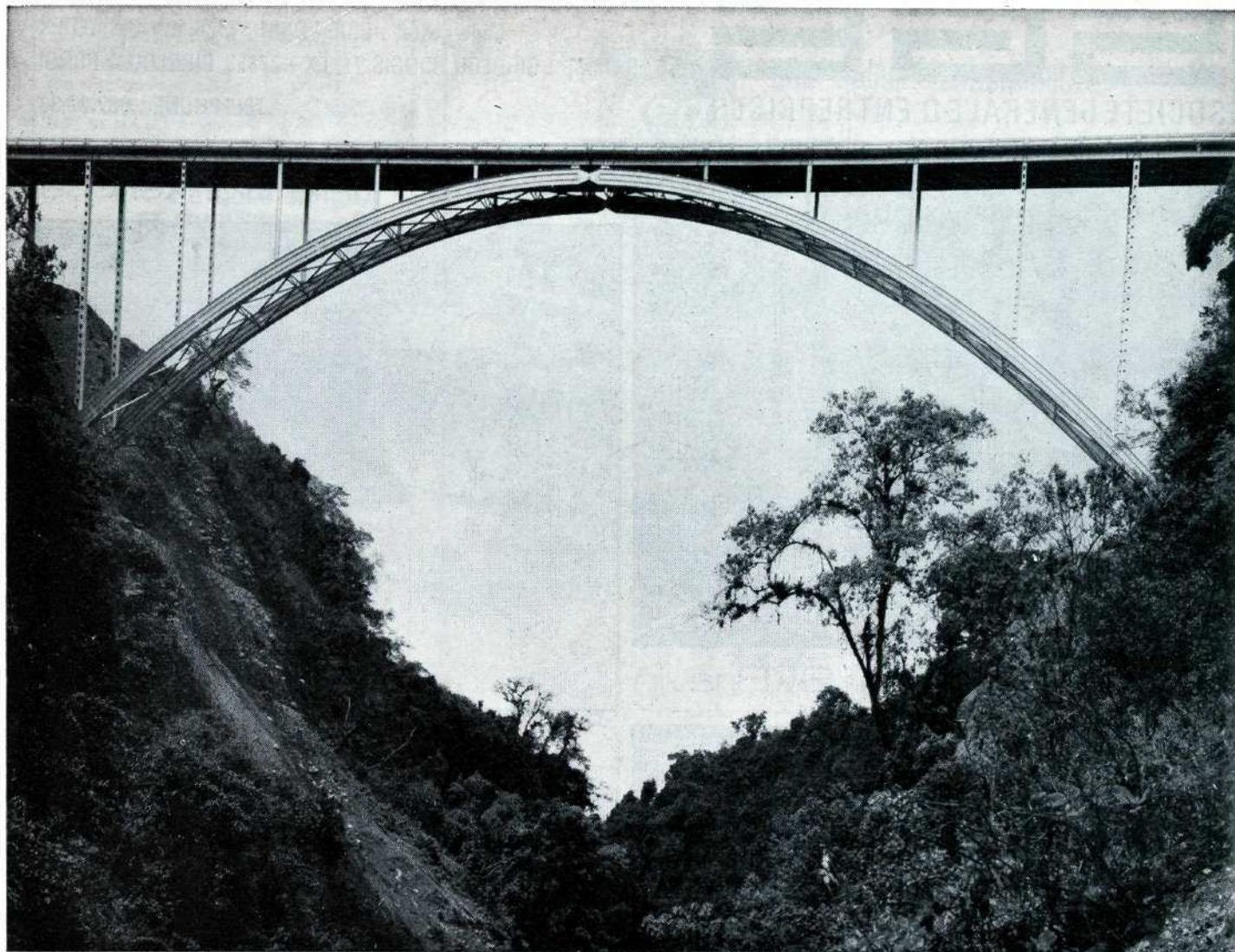


Aéroport de Roissy

C.H.U de Reims



entreprises générales
travaux publics
travaux industriels
bâtiment
charpentes métalliques



pyc publicité

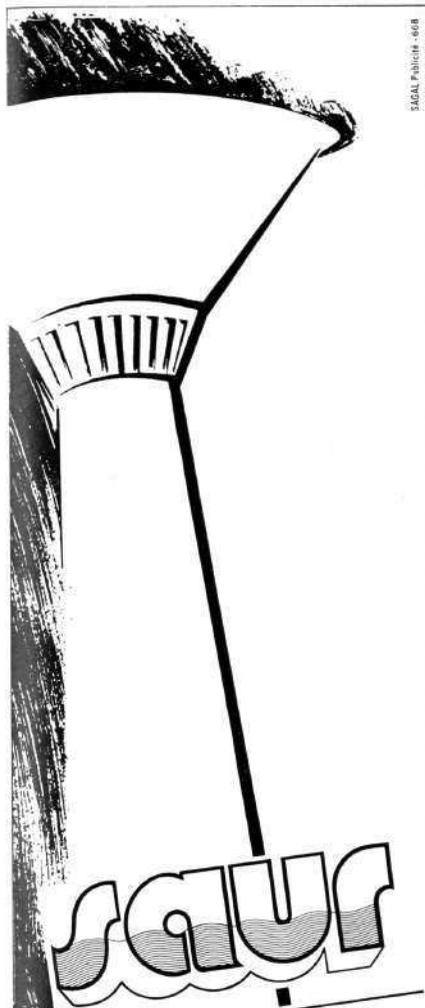
Pont en arc à SALSIPUEDES (Equateur)

PONTS MÉTALLIQUES

PONTS BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIN

BAUDIN-CHATEAUNEUF

Société Anonyme au capital de 4.012.000 de F
45-CHATEAUNEUF-SUR-LOIRE - TÉLÉPHONE : (38) 89.43.09



société d'aménagement urbain et rural

- conception, installation, entretien, et exploitation de services de production et distribution d'eau potable, d'irrigation et d'assainissement
- exploitation des services de traitement d'ordures ménagères.

5, rue de Talleyrand 75007 PARIS
tél. : 551.55.79

DIRECTIONS RÉGIONALES

angoulême - annonay
cahors - chalon-sur-saône
compiègne - la rochelle
la roche-sur-yon - pont-l'évêque
pau - vannes.

SODEN

Société de Distribution d'Eau de Nîmes

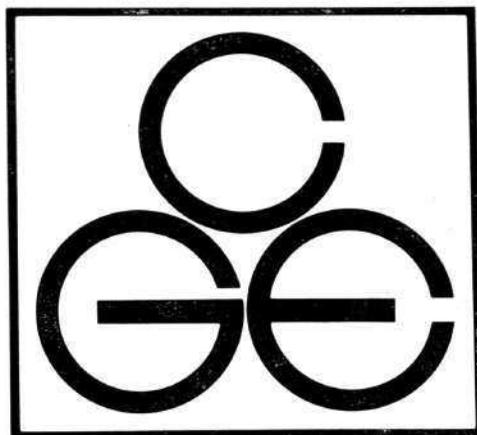
SODECI

Société de Distribution d'Eau
de la Côte-d'Ivoire (Abidjan)

SAUR-DAKAR - (Sénégal)

SAUR-AFRIQUE

Études et Missions à l'étranger - Paris



GROUPE CGE

Centrales hydrauliques, thermiques, nucléaires. Disjoncteurs, transformateurs. Lignes et câbles haute tension. Isolateurs haute tension. Moteurs toutes puissances. Automatismes. Manutention. • Equipement d'usines. Eclairage public • Autoroutes, routes, ouvrages d'art. Bâtiments industriels, bâtiments collectifs, logements • Transports en commun, locomotives électriques, diesel-électriques, voitures, rames de métro. Régulation de trafic • Télécommunications. Centraux téléphoniques, lignes à grande distance. Câbles téléphoniques sous-marins. Transmissions de données. Services informatiques. • Accumulateurs et piles. Batteries de démarrage, batteries industrielles • Joints d'étanchéité, matériaux spéciaux • Equipement électroménager : cuisinières, chauffe-eau, radiateurs.

**Le premier groupe français
de la construction électrique : 132 000 personnes.**

Compagnie Générale d'Electricité



75382 PARIS CEDEX 08 - 54 RUE LA BOÉTIE PARIS 8^e
TÉLÉPHONE : 266.54.60 - TÉLÉGRAPHE : ELECTRICITE PARIS 8 - TELEX : 280 953



plaisir retrouvé
grâce
à la
compagnie
générale des eaux



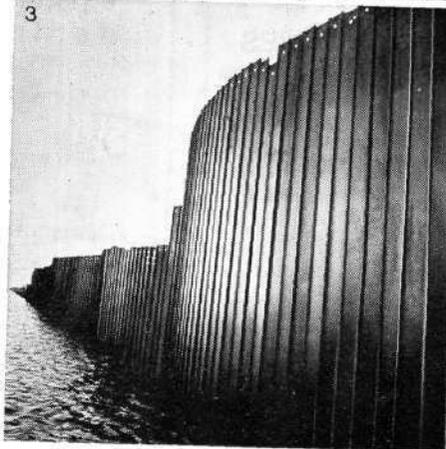
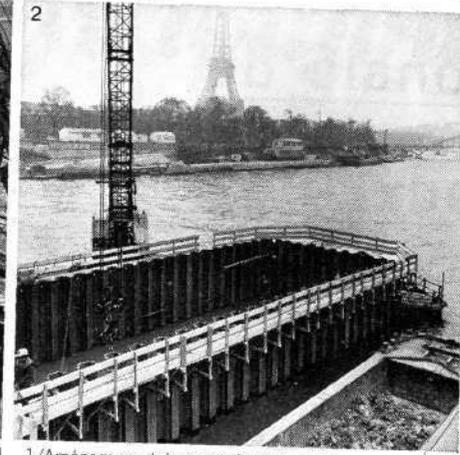
ESSO

Tout pour vous rendre la
"Route Heureuse"



MFCANN

Palplanches Larssen-Rombas: en première ligne sur les grands chantiers.



1/Aménagement du cours de Verdun à Lyon:
Palplanches LARSEN pour la traversée urbaine de
l'autoroute.

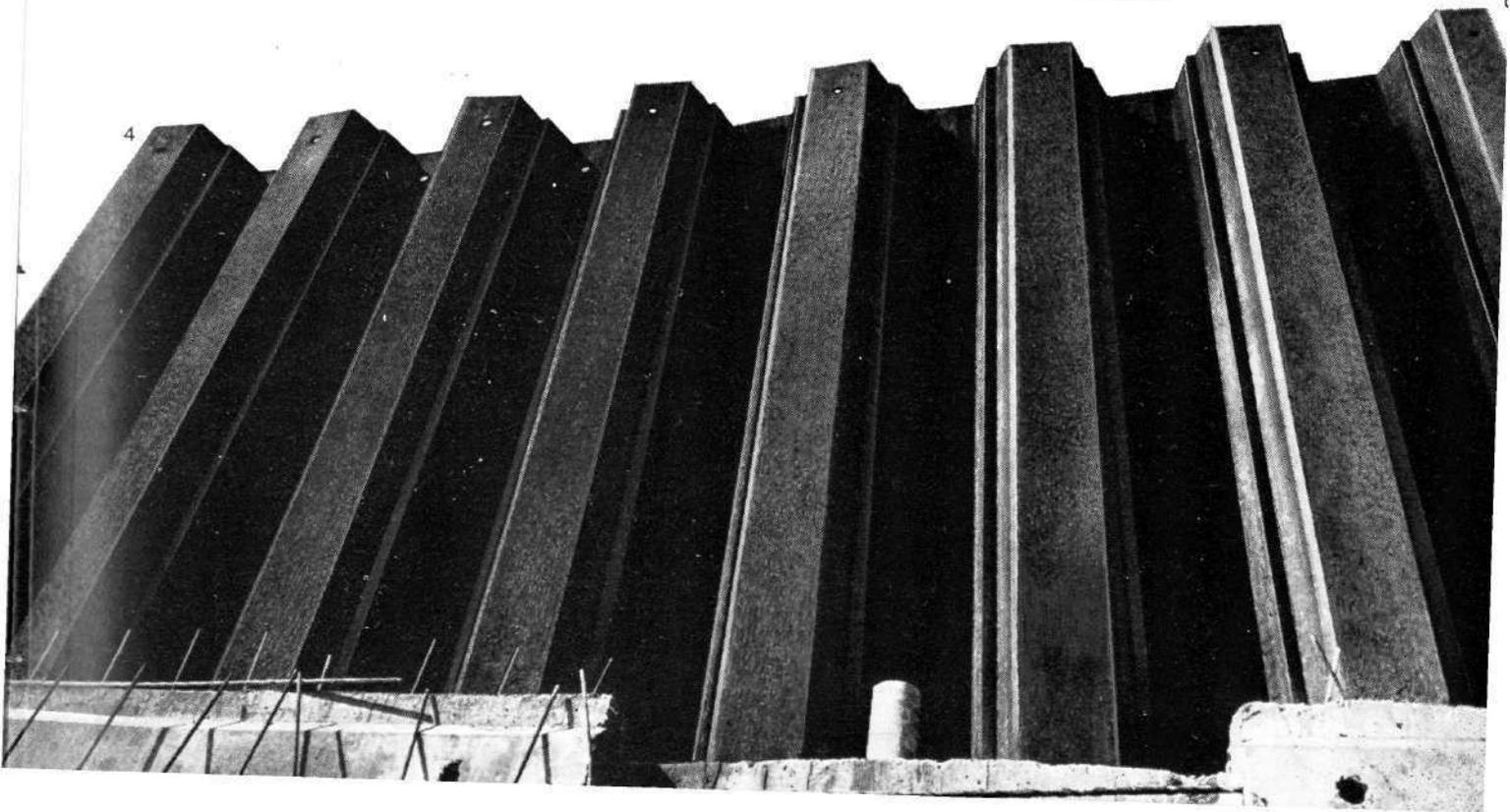
2/Nouveau pont de l'Alma à Paris:
Batardeau en palplanches LARSEN pour la construction
de la pile en rivière.

3/Darse 2 du Port Autonome de Marseille à Fos-sur-Mer:
7000 t de palplanches ROMBAS en gabions cloisonnés.

4/Nouvelles écluses de l'Oise:
7 écluses de 185 m de long: 13 000 t de
palplanches LARSEN battues pour les travaux de fouille.

**SACILOR**
ANCIENNEMENT WENDEL-SIDELOR

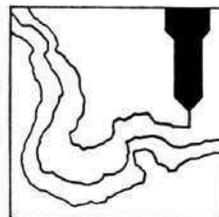
SACILOR Département Technique des Palplanches
57704 HAYANGE Tél. (87) 67.08.55
Agent exclusif: DAVUM 22, boulevard Gallieni
92390 VILLENEUVE-LA GARENNE Tél. 243.22.10.



Société **N**ationale de **T**ravaux **P**ublics

10, rue Cambacérés — 75008 PARIS
Tél. : 265.37.59 - Téléx : 66 777 Aldosivi Paris

**TRAVAUX DE PORTS / DRAGAGES MARITIMES
ET FLUVIAUX / ROUTES / AÉRODROMES /
BARRAGES / CHEMINS DE FER / OUVRAGES
D'ART / BATIMENTS INDUSTRIELS / ENTREPRISES
GÉNÉRALES /**



S
S
P
O

ECOLE SUISSE
pour
OPÉRATEURS-PHOTOGRAMMÈTRES
Rosenbergstrasse 16
9000 SAINT-GALL / SUISSE

•
**Cours annuels de 7 mois
adaptés aux besoins
de la pratique**

Début septembre - Fin mars

•
Demandez la documentation

SFEDTP

**SOCIÉTÉ FRANÇAISE
D'ENTREPRISE DE DRAGAGES
ET DE TRAVAUX PUBLICS**

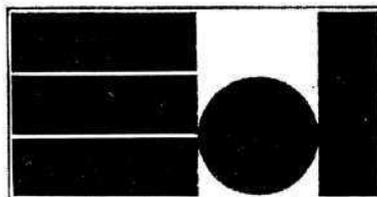
Siège Social :

10, rue Cambacérés - PARIS (8^e)
Tél. 265.67.61

Direction et Services Techniques :
29, rue de Miromesnil - PARIS (8^e)
Tél. 265.09.30



Travaux à la Mer
Dragages et Terrassements
Aménagements Hydro-Électriques
Barrages et Canaux - Routes
Ouvrages d'art
Assainissement et Adduction d'eau
Fondations Spéciales
Bâtiments et Usines



**entreprise
dijonnaise**

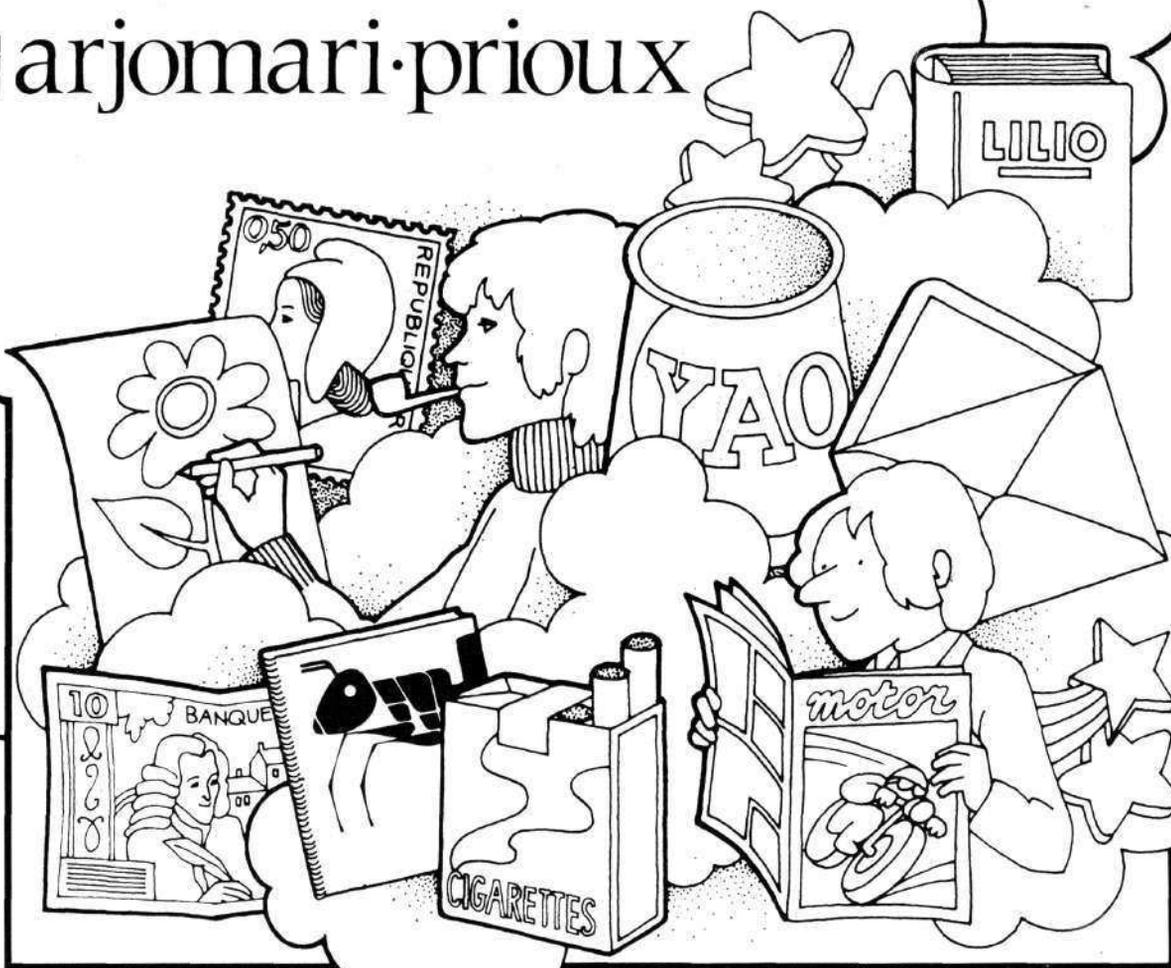
4, rue En Treppey, 21000 DIJON
Tél. Dijon (80) 30.69.23

**BATIMENTS
TRAVAUX PUBLICS
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES**

~~~~~

*il y a toujours  
un papier*

■ arjomari·prioux



b.p.23.06 · 75261 paris cedex 06 · 589 12 12

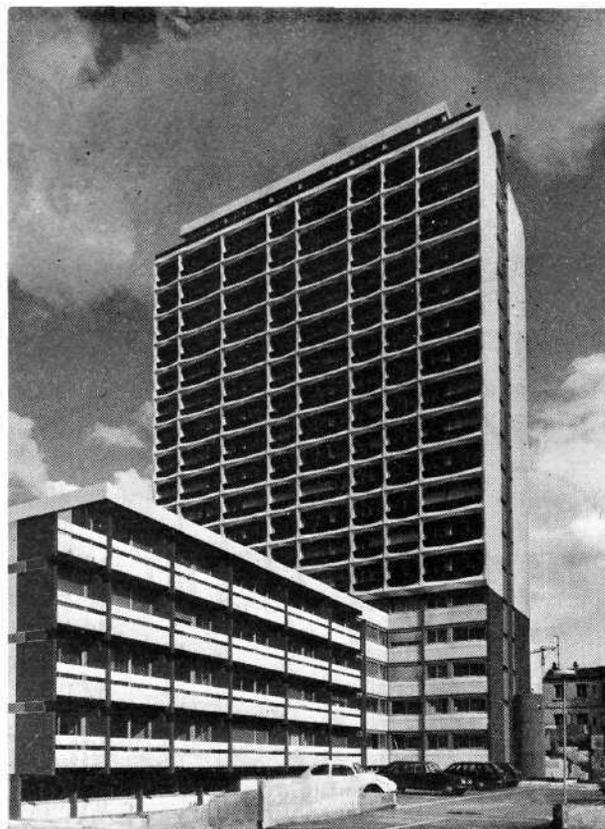
TERRASSEMENTS  
 TRAVAUX PUBLICS  
 BÉTON ARMÉ  
 ET PRÉCONTRAIT  
 BATIMENTS  
 TRAVAUX SOUTERRAINS  
 FLUVIAUX et MARITIMES

## ENTREPRISE MOINON

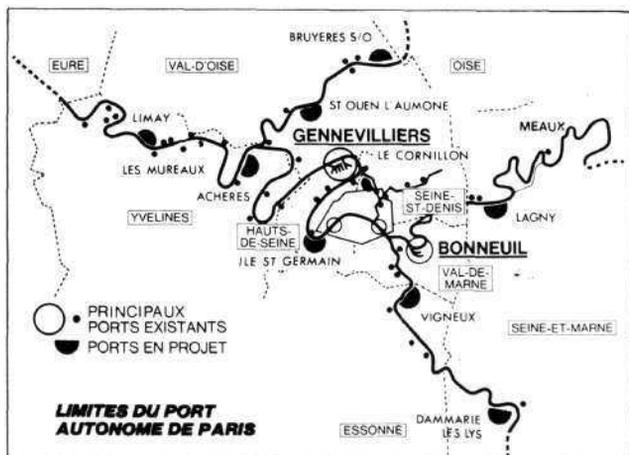
57, rue de Colombes  
 92003 NANTERRE CÉDEX  
 Téléphone : 769.92.90 (9 lignes)  
 Téléc : 91 755

Agence : **PROVENCE - CÔTE D'AZUR**  
 B.P. 23 - 13130 BERRE-L'ETANG  
 Tél. : (15) 91.85.42.37

Hôtel et Résidence « La Chancellerie » à Courbevoie la Défense



# PARIS 1<sup>er</sup> PORT FLUVIAL DE FRANCE 31 MILLIONS DE T. EN 1974



LE PORT AUTONOME  
 DE PARIS MET A VOTRE  
 DISPOSITION :

DES TERRAINS  
 DESSERVIS PAR EAU  
 FER ET ROUTE.

275 INSTALLATIONS  
 PORTUAIRES  
 REPARTIES SUR 300 KM  
 DE RIVIERES.

650 HA DE TERRAINS  
 ET DE PLANS D'EAU.

30 KM DE QUAIS.



2 quai de Grenelle 75015  
 PARIS . tel : 578 61 92



## **Le sigle de l'eau propre.**

Fondé en 1933, l'Omnium d'Assainissement est spécialisé dans les techniques d'hygiène publique. Son activité, dans le domaine du traitement des eaux, porte sur l'étude et la réalisation d'installations d'épuration d'eaux résiduaires : urbaines, industrielles et mixtes. Elle porte également sur la conception et la réalisation d'installations de traitement d'ordures ménagères et de déchets industriels.

Disposant de procédés et de techniques de pointe et d'une solide expérience confirmée par l'exploitation de nombreuses installations, l'O.D.A. est apte à affronter tous les problèmes de traitement d'effluents et de boues résiduaires quelles que soient leur importance et leur complexité. Ses références en France et à l'Etranger le placent au premier rang des spécialistes européens.

Omnium d'Assainissement. Spécialiste du traitement des eaux usées de toute nature.  
9, rue Emile-Allez - 75848 Paris Cedex 17 - Tél. 754.27.09 et 64.91.

ADM

## S.L.A.M. Sellier - Leblanc Agrégats Matériaux

14 Installations portuaires  
et dépôts embranchés  
7 centrales routières

AUBERVILLIERS - AULNAY-SOUS-BOIS  
BOURG-LA-REINE - BRETIGNY-SUR-ORGE  
CHELLES-VAIRES - GOUSSAINVILLE  
MASSY-PALAISEAU - MITRY-MORY  
NOISY-LE-ROI - PONTOISE-EPLUCHES  
SANNOIS - SUCY-EN-BRIE  
Laitiers - Porphyres - Quartzites - Calcaires  
Grave-laitier - Grave-ciment  
Grave émulsion - Graves reconstituées  
Pouzzolanes - Décharges  
3 000 000 de tonnes par an

## Carrières de la Meilleraie

Directions Générale et Commerciale :  
702.43.00

- Diorite bleue de Vendée
  - Porphyre bleu et rouge de Bourgogne
  - Quartzite de Normandie (Carrière de Vignats)
  - Trapp et granit des Vosges
  - Agrégats marins de La Pallice
- enrochements, ballast, macadam, gravillons  
tout venant, sables

Livraisons par camions, wagons  
trains complets  
7 500 000 tonnes par an

43, boulevard Joffre  
92340 BOURG-LA-REINE  
Tél. 702.43.00

# G. T. M. B. T. P.

Société Anonyme au Capital de 43.200.000 Francs

Siège Social :

61, avenue Jules-Quentin, 92000 NANTERRE

Tél. : 769.62.40

Télex : 69515 F GTMNTER Nanterre

**Aménagements hydroélectriques**

**Centrales nucléaires - Centrales thermiques**

**Constructions industrielles**

**Travaux de Ports - Routes - Ouvrages d'art**

**Béton précontraint - Canalisations pour fluides**

**Canalisations électriques - Pipe-Lines**



## JEAN LEFEBVRE

TRAVAUX ROUTIERS • TRAVAUX PUBLICS  
TERRASSEMENT • ASSAINISSEMENT • VIABILITE  
ENROBAGE DE TOUS MATERIAUX  
BETONS BITUMINEUX • TERRAINS DE SPORTS  
SOLS INDUSTRIELS : PROCEDE SALVIACIM

S.A. AU CAPITAL DE 36 135 000 F • 11, BD JEAN-MERMOZ  
92202 NEUILLY-SUR-SEINE • TEL. 747.54.00

*Compagnie  
française de  
topographie et  
photogrammétrie*

11, rue des Petites-Ecuries  
75010 PARIS  
Tél. : 824.63.06

- LEVÉS PHOTOGRAMMÉTRIQUES D'ÉTUDES POUR A.P.S.
- LEVÉS A TOUTES ÉCHELLES
- PHOTOGRAMMÉTRIE NUMÉRIQUE
- GÉOTECHNIQUE GÉOLOGIE

P  
H  
O  
T  
O  
G  
R  
A  
M  
M  
É  
T  
R  
I  
E



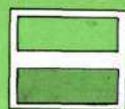
**nous vous apportons  
une nouvelle conception  
de la circulation**



**THOMSON-CSF**

DIVISION SYSTEMES ELECTRONIQUES  
1, RUE DES MATHURINS / B.P. 10 / 92222 BAGNEUX / FRANCE / TEL. 655.11.33

# FINISSEURS



BARBER-GREENE

sur pneus ou sur chenilles,  
mécaniques ou hydrostatiques

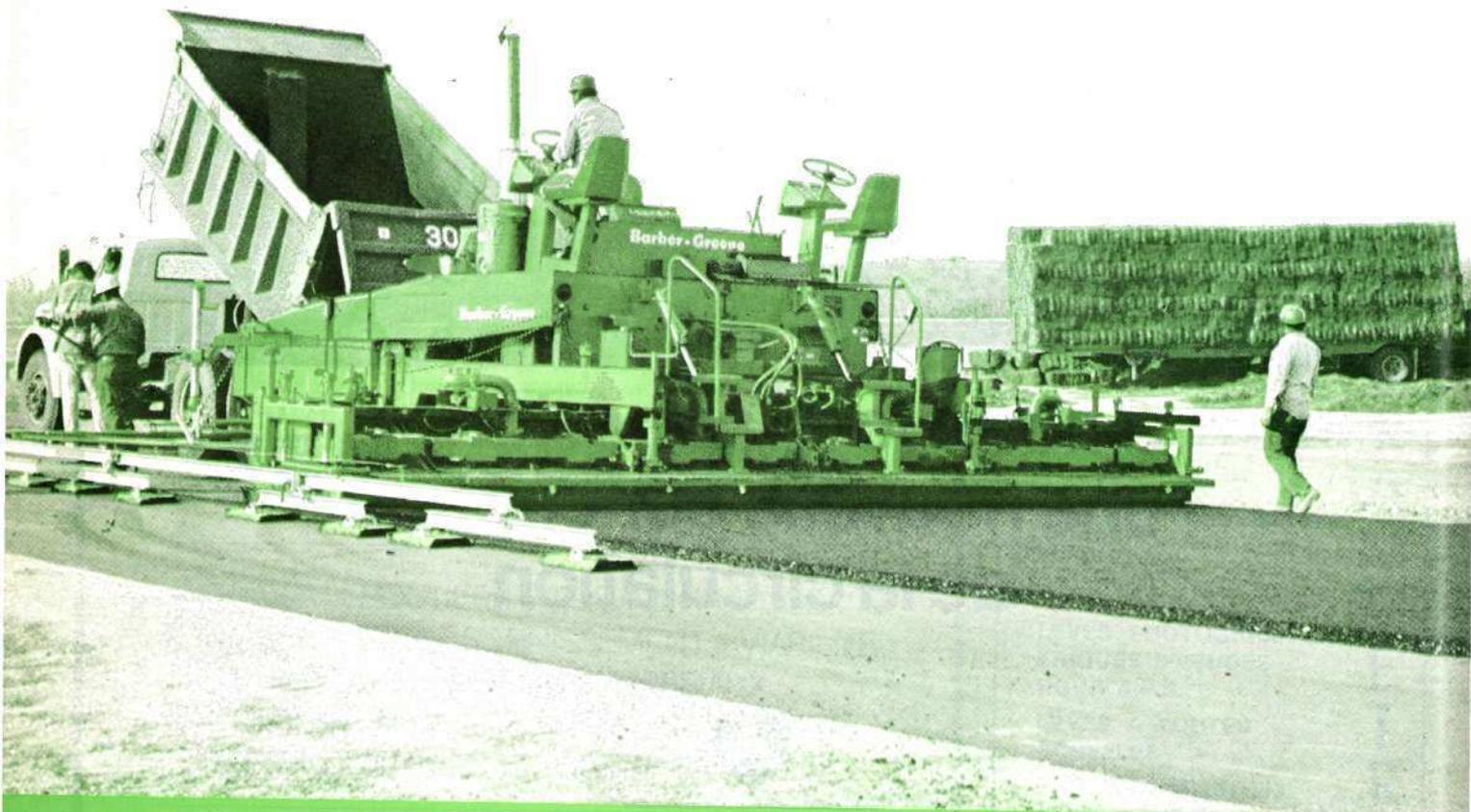
873

SA 35

SA 41

SA 150

SA 190



# STIME

GP 144

GP 146

GP 148

# la géodésie : aspects utilitaires et scientifiques

par J.-J. LEVALLOIS, I.G.G.

Vers l'an 250 avant Jésus-Christ, Eratosthène déterminait le rayon de la sphère terrestre en rapportant la distance Syène (Assouan) Alexandrie d'Égypte à l'angle sous tendant cette distance au centre de la terre, qu'il tirait de la mesure au gnomon des hauteurs du soleil au solstice d'été en ces deux localités. Hipparque connut cette estimation et en adopta le résultat. Cette méthode fut reprise par les géographes Arabes du califat au IX<sup>e</sup> siècle, dans la région de Syrie-Irak. Peu importants les résultats exprimés respectivement en stades ou en coudées, que l'on discute encore parfois, on savait que la terre était ronde et on attribuait une valeur à son rayon.

C'est au XVII<sup>e</sup> siècle que va se développer la Géodésie moderne, Tycho Brahé puis Snellius inventent la triangulation, à laquelle Picard utilisant les nouvelles lunettes à réticule, va depuis l'Observatoire de Paris récemment créé, donner l'impulsion essentielle. Ses mesures de triangulation entre Amiens et Sourdon donnent pour l'arc de 1 degré d'amplitude la 1<sup>re</sup> valeur correcte de 57.060 toises (111.210 ms environ) que Newton utilise d'ailleurs immédiatement pour confirmer sa théorie de l'attraction universelle. La dynastie des Cassini poursuivra la Triangulation du pays et en fera la charpente de soutènement de la première carte systématique de la France (échelle 1 : 86.400).

La géodésie est l'étude de la forme géométrique de la terre, de son champ de pesanteur et des quantités qui y sont attachées. Elle fait appel à de nombreuses techniques

qu'elle s'efforce de pousser jusqu'à leur ultime précision : mesures angulaires, mesures de longueur, mesures d'altitudes, de pesanteur, mesures astronomiques. Ce n'est pas une science pure, c'est une application de techniques diverses à but technique ou pratique, mais dont les retombées, pour employer un terme à la mode, débouchent parfois sur des perspectives scientifiques réelles.

## Les matériaux et les méthodes de la géodésie

**Géodésie géométrique** : ce titre est étymologiquement un pléonasse, il désigne la partie de la géodésie qui moyennant un nombre minimum d'hypothèses et de conventions rapporte le « solide » terre à une métrique. Le géoïde, mot aujourd'hui bien répandu est par définition la surface d'altitude zéro : il coïncide en première approximation avec la surface du niveau moyen des mers — supposée interpolée sous les continents — qui servira de surface de niveau origine des altitudes.

Pour Eratosthène, Hipparque, Picard le géoïde est une sphère. Newton et Mac Laurin lui attribueront la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati dont les caractéristiques géométriques iront en se précisant au cours des décennies mais commenceront à apparaître assez clairement à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et seront cernées par Delambre et ses successeurs du XIX<sup>e</sup> siècle. Leur méthode

encore utilisée de nos jours est essentiellement la triangulation.

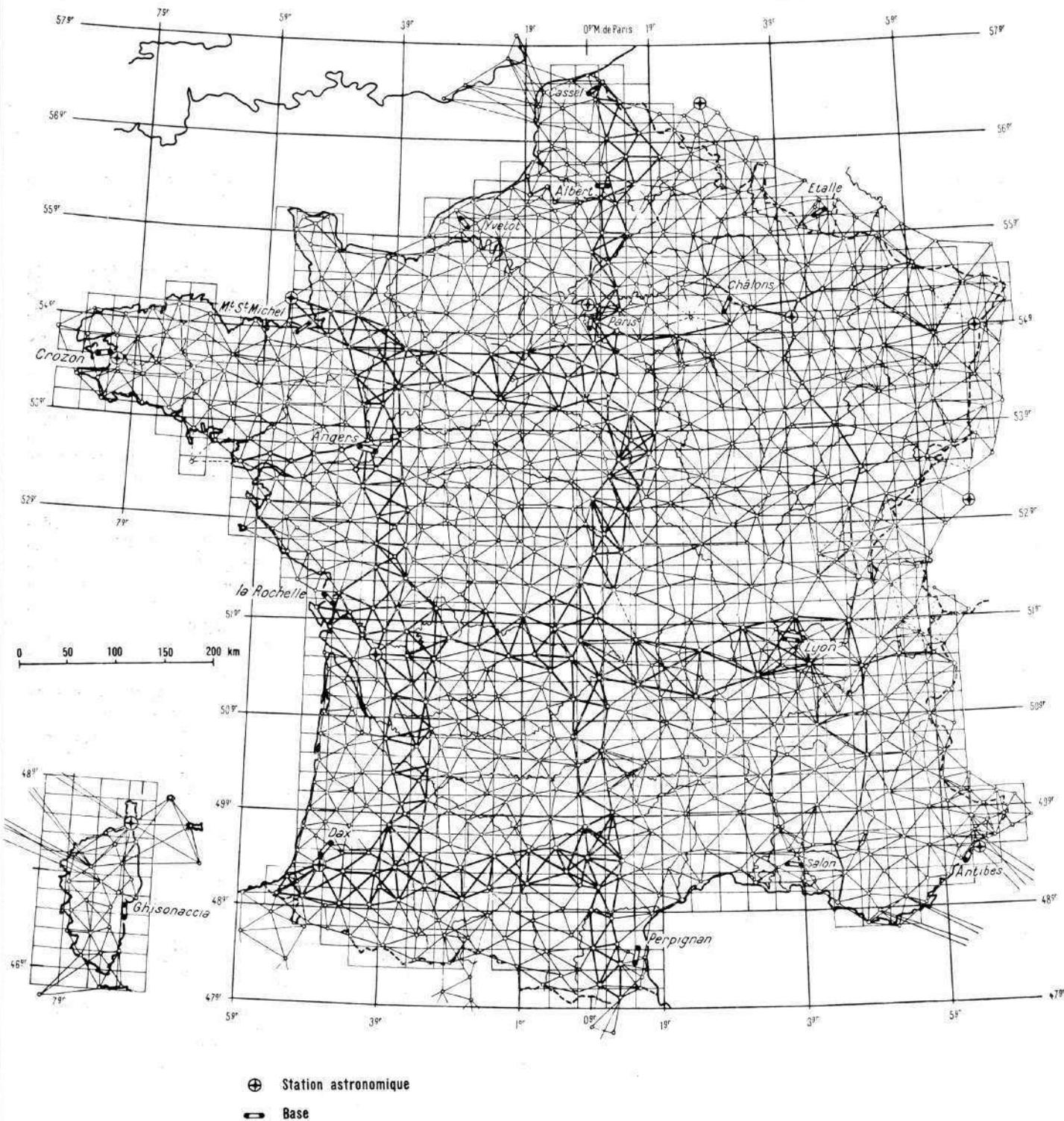
**Triangulation** : le principe de la triangulation est bien connu, le triangle est la figure élémentaire indéformable la plus simple quand ses côtés sont fixés, et ceux-ci sont déterminés — à l'échelle près \* — dès que les angles aux sommets sont connus. Un réseau de triangles, appliqué sur une surface quelconque — l'ellipsoïde par exemple — en respectant à la fois la métrique intrinsèque de la surface et la métrique relative des triangles est donc susceptible s'il est convenablement orienté d'être calculé en coordonnées géographiques, latitude longitude dès que les caractéristiques géométriques de la surface sont quantitativement définies et dès que l'échelle de la triangulation est fixée.

Au cours des opérations sur le terrain on mesure les trois angles, de triangles dont les sommets sont des points hauts successifs en intervisibilité, dont le réseau couvre tout le pays à lever. L'échelle des longueurs est fixée par la mesure d'un certain nombre de bases ou de côtés réparties de manière assez régulière. Dans le réseau de 1<sup>er</sup> ordre dont les côtés sont de l'ordre de 30 à 40 kilomètres s'inscrivent successivement les réseaux de 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> ordre de dimensions décroissantes. La précision des mesures est telle que les distances entre points peuvent être garanties à  $\pm 10$  centimètres près (environ). Le tout est orienté et vérifié par des mesures astronomiques. Le calcul d'ensemble

\* Ce point n'est qu'approximativement exact sur les surfaces sphériques.

# FRANCE

## TRIANGULATION DE 1<sup>er</sup> ORDRE



du réseau, qui peut s'effectuer par de nombreuses méthodes, fournira donc un canevas de points dont les positions sur le terrain, dûment matérialisées par des marques stables (monuments, bornes) sont précises, homogènes et cohérentes et peuvent constituer la véritable charpente ou ossature intangible du levé cartographique ultérieur qui s'y appuie. Les instruments de mesures angulaires (théodolites etc...) de mesure de base ont évidemment évolué et se sont perfectionnés au cours des temps. De nos jours les appareils électromagnétiques déterminent les distances avec une précision de l'ordre de  $0,3 \times 10^{-5}$  ou mieux, les théodolites modernes mesurent les angles à la précision de  $\pm \times 10^{-6}$  radian.

La France est couverte d'un réseau géodésique à peu près complet, qui comprend environ 70.000 points géodésiques de 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> ordre, matriculés, répertoriés, localisés à la précision du centimètre, et tenus à la disposition des usagers. Ce réseau, qui est un peu vieilli, parce que des méthodes récentes ont accru les normes exigibles n'en est pas moins une description géométrique planimétrique du pays, rigoureuse et indispensable. C'est la base de toute cartographie et c'est également un intéressant instrument de travail scientifique, comme on le verra plus loin.

**Nivellement** : c'est la partie de la géodésie qui traite des altitudes. Si l'on adopte comme origine le niveau moyen de la mer, que l'on détermine par des mesures portant sur de nombreuses années (environ un siècle à Brest et à Marseille), les altitudes se déterminent par cheminement de proche en proche en référence à ce niveau par nivellement direct au niveau à lunette — nivellement géométrique de précision — ou par mesure des pentes — nivellement tachéométrique, nivellement géodésique.

Référentiel aux surfaces de niveau de la pesanteur, puisque la bulle du niveau s'équilibre sur une telle surface, le nivellement est donc rapporté au géoïde qui est l'une d'entre elles, et c'est en ce sens que l'on parle souvent d'altitudes au-dessus du niveau de la mer. Dans la mesure où le géoïde serait rigoureusement identique à l'ellipsoïde de référence choisi pour calculer la triangulation, la des-

cription géométrique du pays serait terminée par le nivellement puisque, l'ellipsoïde servant de substratum géométrique connu, on y pourrait calculer en chaque point de triangulation la position géographique précise, latitude longitude, et l'altitude, la carte n'étant qu'une interpolation d'ailleurs très suffisante entre point du canevas.

Le nivellement géométrique de précision donne les altitudes à quelques millimètres près au point de vue relatif et à un petit nombre de centimètres près au point de vue absolu.

Le réseau français de nivellement direct comporte environ 300.000 repères, catalogués décrits et tenus à la disposition du public. Il est conçu comme le réseau de triangulation par ordres successifs : mailles de 1<sup>er</sup>, 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> ordre, nous n'insisterons pas sur les méthodes de mesure connues de tous.

En bref à l'achèvement d'une triangulation et d'un réseau de nivellement à l'échelon national, la description géométrique d'un grand pays est théoriquement complète, sinon cohérente, puisqu'elle suppose essentiellement que géoïde et ellipsoïde de référence sont coïncidents en tous points — ce qui n'est pas — comme nous allons le voir bientôt. Ajoutons que triangulation, nivellement, vieillissent, que leur durée de vie est limitée, parce que l'infrastructure support se détériore avec le temps, parce que les exigences des utilisateurs augmentent avec le perfectionnement de leurs moyens et l'affinement de leurs possibilités : la description géométrique d'un pays **n'est donc jamais achevée et est en perpétuel remaniement** — 3 triangulations successives ont couvert le pays :

- celle de la carte de Cassini (XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles)
- celle dite des Ingénieurs Géographes - XIX<sup>e</sup> siècle - carte de l'Etat Major
- Nouvelle triangulation - XX<sup>e</sup> siècle - carte au 1/25.000.

3 nivellements généraux successifs ont été développés depuis 1860 :

- celui de Bourdaloue
- le Nivellement général de la

France - 1885-1960

— le Nivellement I.G.N. 1969.

La description géométrique est le substrat fondamental de toute utilisation du terrain. L'informatique, les répertoires généraux, les banques de données géographiques etc... remplaceront peut-être ultérieurement la carte, mais tout est basé sur une description géodésique de plus en plus dense et précise qui reste indispensable et constitue le lien fondamental terrain - projet, cadastre numérique etc...

**Astronomie géodésique** : l'ancienne marine naviguait au sextant et aux chronomètres. Le géodésien peut comme le marin, observer les étoiles et fixer une position par les pures méthodes de l'astronomie, sans faire appel à aucune donnée géodésique : il déterminera la latitude et la longitude de sa station, l'orientation astronomique d'une direction (azimut). Latitude et longitude sont on le rappelle 2 angles déterminant une direction dans l'espace à 3 dimensions lié à la terre, référé à un système d'axes trirectangles dont le plan x oz est le plan méridien fondamental de Greenwich et dont le plan x oy est perpendiculaire à l'axe du monde (ligne des pôles). La direction ainsi caractérisée est précisément la verticale physique locale de l'observatoire.

La France est couverte d'un réseau de 500 stations astronomiques, observées en des points géodésiques. La latitude et la longitude locale y ont été mesurées à la précision de  $\pm 0,5''$  d'arc.

**Géodésie dynamique** : c'est la géodésie de la pesanteur et du champ d'attraction newtonnienne de la terre.

**Gravimétrie** : résultante de cette attraction proprement dite et de la force centrifuge de rotation autour de l'axe des pôles, la pesanteur, dirigée suivant la verticale locale, donc suivant la verticale astronomique, se mesure. Les méthodes actuelles sont d'une grande précision, les mesures couvrent des continents entiers et

# Protégez-les, Offrez-leur un vêtement SAPS.



Nous avons mis au point un nouveau revêtement destiné à tous les ouvrages d'art (tunnels, ponts, etc.). Nous l'avons déjà utilisé sur plus de 15.000 m<sup>2</sup>.

Ce procédé combine une étanchéité à haute résistance sans fluage, supportant les fissurations et les charges et une protection compatible avec cette étanchéité.

Il s'agit d'un micro-béton bitumineux dont le liant et les granulats sont spécialement étudiés.

Ce procédé est efficace, et breveté nous l'avons rendu économique.

Nous vous attendons pour pouvoir vous le démontrer.



**Etanchéité SAPS :  
moderne, sûre, économique.**

SAPS : Zone Industrielle 78350 Les Loges-en-Josas. Tél. : 956.80.70

Pour toute demande de documentation, veuillez nous retourner ce bon à :  
SAPS - Zone Industrielle - 78350 Les Loges-en-Josas.

Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_

une partie de la surface des mers. Elles sont publiées après traitement adéquat et homogénéisation sous formes de cartes ou de liste d'anomalies.

Par des méthodes mathématiques qu'il serait trop long de décrire ici il est possible de calculer pour un ellipsoïde de référence donné la pesanteur théorique en tout point ; l'anomalie en ce point est alors la différence entre la valeur mesurée de cette pesanteur et sa valeur théorique. Pour fixer les idées disons que les géodésiens utilisent encore le vieux système C.G.S. dans lequel la pesanteur s'exprime en gals par un nombre voisin de 980. Les mesures donnent assez facilement le dixième de milligal, ou mieux ; les anomalies dépassent très rarement  $\pm 100$  milli-

Rappelons que la prospection gravimétrique est à la base de nombreuses recherches géologiques et que le Bureau des Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) est chargé pour la France de la documentation du réseau gravimétrique qui la couvre de ses milliers de stations.

**Satellites artificiels** : gravitant dans le champ terrestre, observables par l'optique ou par radio, les satellites artificiels sont depuis l'époque des premiers lancements l'objet de toutes les sollicitudes des géodésiens auxquels ils ont ouvert en quelques années les perspectives les plus vastes. Il existe des satellites purement géodésiques, satellites de navigation, satellites d'études dynamiques etc... la géodésie a peut-être plus progressé en 15 ans qu'elle n'avait avancé en 2 siècles dans la résolution de ses problèmes.

Cette revue peut-être un peu longue des moyens essentiels de l'arsenal du géodésien, était nécessaire à l'intelligence de la suite.

## Débouchés scientifiques

Le problème fondamental de la géodésie est celui de la forme de la terre au sens large ; dès que Newton eut émis l'hypothèse d'un géoïde en forme d'ellipsoïde aplati, les tra-

voux scientifiques portèrent sur la détermination de ses caractéristiques, demi grand axe  $a$  et aplatissement.

La méthode est relativement simple en principe, l'astronomie donne a priori les cosinus directeurs de la verticale physique en un certain nombre de points géodésiques ; donnons nous a priori un ellipsoïde de dimensions raisonnables, par exemple la sphère de Picard, et calculons par la trigonométrie, sur cette sphère, les positions géodésiques latitude et longitude des points de triangulation où l'on a déterminé les mêmes éléments par l'astronomie. Chaque triangle géodésique est un invariant : ses côtés et ses angles sont fixés par des mesures géométriques, mais les paramètres directeurs des normales à l'ellipsoïde aux points géodésiques dépendent de la courbure de cette surface, par conséquent les coordonnées géodésiques latitude et longitude d'un point dépendent des paramètres fondamentaux  $a$  et  $f$ , et à des variations  $da$  et  $df$  correspondent des variations connues  $d\varphi$  et  $d\lambda$  des éléments géodésiques, calculables par des formules différentielles :

$$\begin{aligned} d\varphi &= A da + B df \\ d\lambda &= C da + D df \\ (A, B, C, D, \text{ connus}) \end{aligned}$$

on écrira que l'ellipsoïde le plus vraisemblable est celui pour lequel les discordances entre éléments géodésiques et éléments astronomiques sont minima, ce qui par la méthode des moindres carrés donne les inconnues  $da$  et  $df$ .

Ce problème sous une forme ou sous une autre a occupé la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle et le XIX<sup>e</sup> siècle, on conçoit que les résultats dépendent de l'ampleur des triangulations étudiées. Les résultats généraux s'étagaient à peu près entre les valeurs :

$$6.377.000 \text{ m} < a < 6.378.400 \text{ m}$$

$$\frac{1}{330} < f < \frac{1}{293}$$

Le choix d'un ellipsoïde convenable étant acquis calculons définitivement la triangulation et étudions les discordances qui subsistent entre éléments géodésiques et astronomiques homologues, latitude longitude. Elles sont

faibles mais significatives, ce qui prouve que l'hypothèse d'un géoïde ellipsoïdique, acceptable en gros, ne l'est pas en détail.

On appelle « déviation de la verticale » les discordances :

$$\begin{aligned} \varphi_{\text{astro}} - \varphi_{\text{géod}} &= \xi \\ (\lambda_{\text{astro}} - \lambda_{\text{géod}}) \cos \varphi &= \eta \end{aligned}$$

projetantes de l'angle de la normale géodésique et la verticale astronomique en un même point ; elles sont de l'ordre de grandeur de quelques secondes et atteignent très rarement la minute ; or la verticale physique est normale aux surfaces de niveau de la pesanteur par définition, la normale à l'ellipsoïde l'est à son plan tangent au même point ; on connaît donc l'angle des surfaces de niveau de la pesanteur avec le plan tangent de l'ellipsoïde, on peut donc construire de proche en proche, les surfaces de niveau de la pesanteur, la pente relative des plans tangents permettant de calculer la dénivelée de point à point. C'est l'objet du **nivellement astrogéodésique** qui par intégration de cette pente définit l'altitude du géoïde par rapport à l'ellipsoïde de référence. Le géoïde astrogéodésique de France résulte de cette opération effectuée sur les 500 points astronomiques qui répartis sur l'ensemble du pays y définissent les déviations de la verticale, il existe de même un géoïde astrogéodésique Européen, Nord Américain, etc... Ceci fait, le problème de la description géométrique cohérente est résolu : la triangulation définit sur l'ellipsoïde la position en projection des points géodésiques de la surface topographiques, le nivellement en définit l'altitude **au-dessus du géoïde**, et le nivellement astrogéodésique définit en ce point l'altitude du géoïde par rapport à l'ellipsoïde.

Sur l'étendue d'un pays comme la France les écarts ellipsoïde-géoïde peuvent atteindre plusieurs mètres ; dans le système Européen, l'altitude du géoïde est de l'ordre de — 5 m à Dunkerque, — 10 m à Paris, 0 m à Strasbourg, + 1 m à Modane, — 6 m à Nice, — 11 m à Marseille, — 14 m à Perpignan, — 13 m à Toulouse, — 20 m à Bayonne, — 11 m à Brest, — 10 m à Limoges, — 5 m à Dijon etc... et cette altitude est déterminée avec une précision de l'ordre du mètre. En définitive, sur toute l'étendue d'un réseau géodésique cohérent, triangulation, nivellement et astrono-

# encore disponible

## l'édition 1974 de

# l'annuaire officiel du ministère de l'équipement

## (et du logement)

# souscrivez dès maintenant

### indispensable

aux entreprises de travaux publics, aux architectes, aux bureaux d'études, aux urbanistes, et à tous ceux qui doivent être constamment en relation avec les pouvoirs publics.

### complet

il contient la somme des renseignements utiles et comporte les principales parties suivantes : administration centrale (cabinet, direction, services, etc...) - services techniques et établissements divers - conseils, comités, commissions - services extérieurs (régionaux et départementaux) - services spécialisés - services et organismes interministériels - services rattachés et organismes divers - ministère des transports - aviation civile - table alphabétique des personnalités et fonctionnaires intéressés.

### pour le recevoir

il suffit de retourner le bulletin ci-contre, en l'accompagnant du règlement correspondant (135 F l'exemplaire, ttc et franco), au service de vente de l'annuaire officiel du ministère de l'équipement, 254, rue de Vaugirard, 75740 Paris cedex 15. C.C.P. Paris 508-59.

bulletin à retourner à

**annuaire officiel du ministère de l'équipement**  
254, rue de Vaugirard, 75740 PARIS Cedex 15

firme :

adresse :

références (ou service) :

veuillez m'adresser : ..... ex. de l'annuaire M.E.L. à 135 F.,

soit : ..... F.

réglé par Chèque bancaire ci-joint  
par virement postal à v/c.c.p.  
PARIS 508-59  
(à adresser directement à votre  
centre)  
suivant facture (ou mémoré)  
en ..... exempl.

Cachet

Date

mie de position résolvent le problème de la description géométrique tridimensionnelle.

Vers le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, Clairaut dans sa « Figure de la Terre » avait obtenu des relations très remarquables reliant l'aplatissement terrestre, la variation relative de pesanteur entre le pôle et l'équateur, la discordance relative des moments axiaux d'inertie  $J_2$  et la vitesse angulaire de rotation terrestre. Il avait en outre indiqué le mode de variation de la pesanteur à la surface d'un sphéroïde de révolution. C'est au XX<sup>e</sup> siècle que l'on a pu recueillir pleinement les fruits de sa sagacité lorsque l'on a su mesurer convenablement la pesanteur (1930) et que les premiers satellites artificiels ont sillonné l'espace. Clairaut avait démontré les relations suivantes (approximatives) :

$$f = \frac{3 J_2}{2} + \frac{1}{2} m$$

$$\beta = \frac{2 f - 9 J_2 + m}{2} \text{ avec } m = 1/288,3$$

$$f + \beta = \frac{5}{2} m \quad m = \frac{\omega^2 a^2}{g}$$

$$g = g_0 (1 + \beta \sin^2 \varphi)$$

la 4<sup>e</sup> permet de tirer le coefficient  $\beta$  de l'étude de la variation de pesanteur avec la latitude; la 3<sup>e</sup> donne l'aplatissement terrestre en fonction de  $f$ , la 1<sup>re</sup> et la 2<sup>e</sup> relient  $f$  et  $\beta$  à un terme  $J_2$  que la mécanique céleste déduit du mouvement des satellites artificiels. On savait dès 1930 que l'aplatissement différait peu de 1/297, chiffre d'ailleurs que Poincaré avait antérieurement tiré de la constante de précision des équinoxes et de la théorie de l'équilibre hydrostatique de la terre (Clairaut *loc. cit.*). Une discussion générale des résultats de gravimétrie terrestre et surtout de l'étude des mouvements de satellites artificiels fixe aujourd'hui cet aplatissement très près de 1/298,25; la « référence internationale 1967 » admet :

$$a = 6.378.160 \text{ m}$$

$$= 1 : 298,247...$$

$$g = 978,0319$$

$$(1 + 0,0053024 \sin^2 \varphi - 0,0000059 \sin^2 2 \varphi)$$

**Géοide général** : ce n'est également qu'au XX<sup>e</sup> siècle et pour les mêmes raisons que précédemment qu'il a été possible de connaître la forme globale du géοide en appliquant une théorie due à Stokes. Ce dernier a montré que l'altitude  $N$  du géοide par rapport à un ellipsoïde de référence ayant même axe de rotation, même centre des masses, même masse totale que la terre était donnée par une assez simple intégrale de surface des anomalies de pesanteur étendue à toute la terre. L'intégration empirique a fourni des cartes générales du géοide qui se recoupent bien avec ce que donnent l'astrogéοdésie localement et les satellites artificiels globalement, car ceux-ci sont sollicités par le potentiel terrestre, l'étude de leurs mouvements permet justement d'en étudier les variations par rapport au mouvement type que leur imprimerait le champ d'une terre de structure définie. Les équations de la mécanique céleste permettent alors le calcul du potentiel spatial perturbateur de la terre, sous forme d'une série d'harmoniques sphériques\* et comme le géοide est une surface équipotentielle, sa forme globale résulte de la solution de l'expression définissant le potentiel général — ce qui ne va d'ailleurs pas sans soulever certaines difficultés d'ordre mathématique.

Les 3 méthodes, astrogéοdésique, gravimétrique, gravitationnelle concourent donc, chacune dans son domaine, à donner du géοide mondial une représentation sans cesse améliorée, notons d'ailleurs que les satellites géοdésiques « sondeurs » c'est-à-dire munis de dispositifs télémétriques Lasers indiquant à chaque instant leur altitude au-dessus du terrain survolé, permettront de définir la forme géométrique du géοide sur mer, par comparaison avec leur propre trajectoire; cette dernière méthode est exempte des objections mathématiques qui obèrent la précédente, elle a déjà donné des résultats expérimentaux prometteurs.

En définitive la carte du géοide mondial loin d'être achevée, s'élabore peu à peu dans ses grands traits comme dans ses détails, mais il reste encore beaucoup à faire, et sur de nombreuses étendues des incertitudes de l'ordre de 2 à 30 mètres sont encore probables.

La connaissance du potentiel terrestre, acquise grâce aux satellites, permet inversement de calculer leurs orbites avec une haute précision et de leur position, connue à instant donné, d'autoriser des liaisons géοdésiques terrestre proches ou lointaines.

Les satellites de navigation du type GEOS ou TRANET embarquent un émetteur de fréquence étalon connue, si l'on recueille à terre cette fréquence, elle est variable par effet Doppler, la connaissance des positions spatiales successives du satellite en fonction du temps permet d'en déduire après plusieurs passages la position de la station observatoire à quelques mètres près au point de vue absolu et laisse espérer des précisions relatives de l'ordre du mètre ou mieux entre stations voisines — exemple typique de l'apport de la science (étude du potentiel terrestre) à l'application (positions, navigation etc...). On n'en finirait point de décrire les succès de la géοdésie par satellites, citons :

— l'étude des mouvements périodiques du pôle terrestre dont les fluctuations autrefois suivies uniquement par l'astronomie la plus fine (Service International du mouvement du pôle) sont entièrement confirmées par les études des fluctuations des orbites par rapport au solide terrestre.

— l'étude des marées terrestres etc...

— la détermination du champ de pesanteur de la lune ;

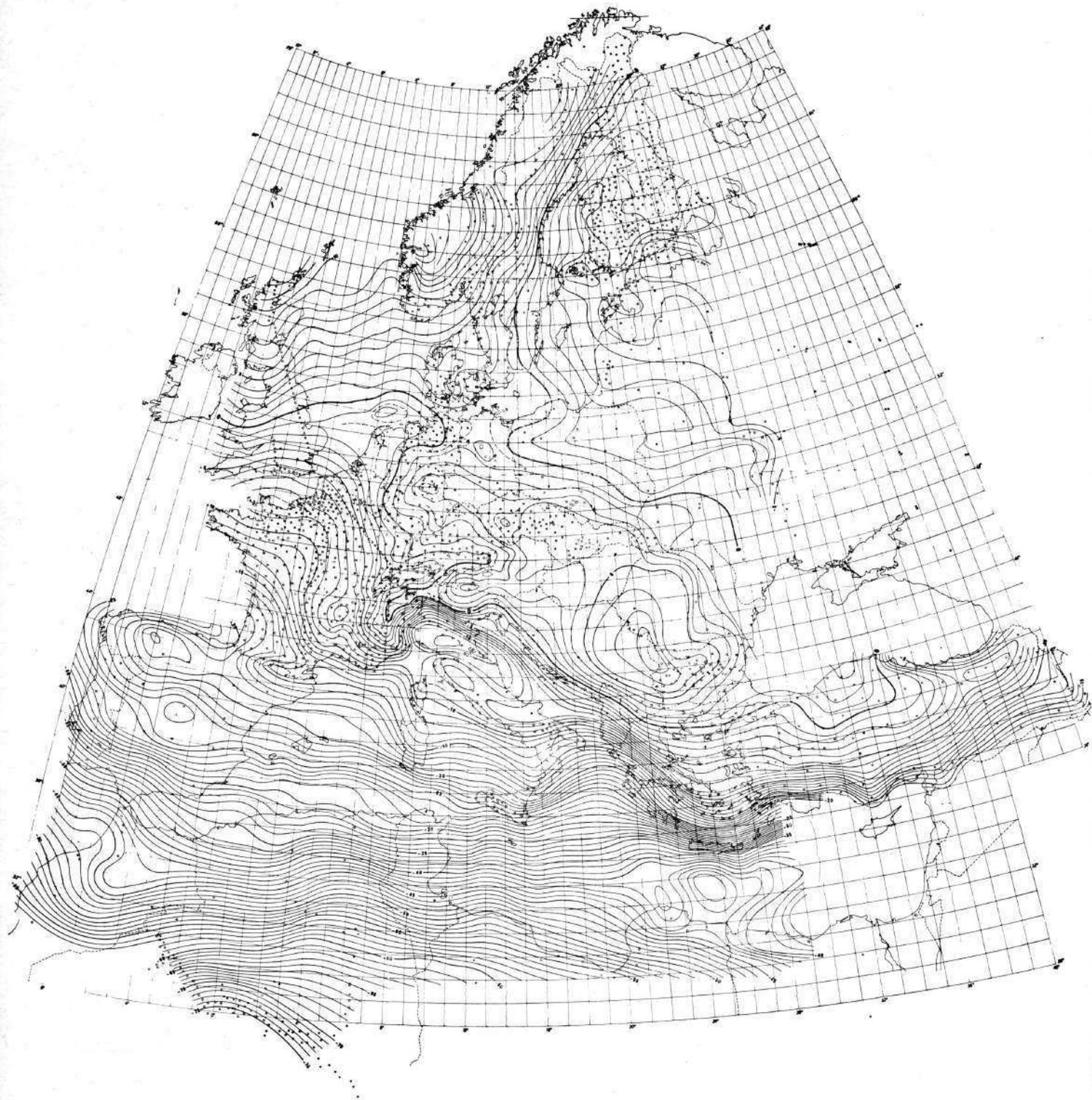
et rappelons que l'utilisation du Laser a permis de construire des télémètres à Laser qui à un instant donné mesurent les distances instantanées des satellites à rétroréflécteurs, avec une précision de l'ordre de quelques décimètres, résultat qui, étendu depuis jusqu'à la lune, laisse entrevoir de vastes horizons.

**Mouvements récents de l'écorce terrestre** : ils sont mis en évidence par des techniques moins spectacu-

\* Les harmoniques sphériques permettent dans l'espace des développements en série très analogues aux développements de Fourier dans le plan.

# GEOÏDE EUROPEEN

Systeme Europe 1950



*Ce Géoïde a été calculé par combinaison des données astrogéodésiques avec interpolation par méthode gravimétrique, d'après les données publiées au 31 Décembre 1973.*

Dressé par la Direction de la Géodésie de  
l'INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL

Par : J.J. LEVALLOIS  
P. BIZOUARD  
H. MONGE

lares très classiques, telles que le nivellement de haute précision, la mesure des distances ou des directions.

C'est en particulier par des mesures de géodésie classique que les géodésiens Américains ont étudié les mouvements de la célèbre faille « St-Andréas » responsable du tremblement de terre de San Francisco, que les géodésiens Soviétiques ont mis en évidence par nivellements répétés, des zones de surrection et d'affaissement en diverses parties de leur territoire, dont on cherche la corrélation avec la sismicité !

Les études en Europe Occidentale démontrent qu'existent :

— une dénivelée de l'ordre de 30 centimètres entre les niveaux de l'Océan Atlantique et Méditerranée, que confirment les résultats obtenus par les océanographes ;

— un mouvement de transgression marine qui est de l'ordre de 15 à 20 cms par siècle et semble général à toutes les côtes de l'Europe occidentale jusque vers la base du Jutland, le mouvement s'inverse alors au Nord de cette ligne et les marégraphes Finlandais et Suédois prouvent au contraire une surrection continentale atteignant 1 centimètre par an dans le golfe de Finlande, due vraisemblablement à une réaction rhéologique rémanente de la croûte terrestre soulagée récemment du fardeau de la dernière glaciation ;

— il est également probable que, comme le montrent simultanément et indépendamment la répétition des nivellements en Suisse, en Autriche et en France, les massifs cristallins des Alpes subissent encore un mouvement de surrection de vitesse moyenne de l'ordre du millimètre par an.

On étudie par la même méthode le fossé Rhénan, la Limagne etc...

Enfin récemment dans le territoire des Afars et des Issas qui est l'une des régions du monde où la géotectonique est la plus active, l'Institut Géographique National, en collaboration avec l'Institut de Physique du Globe, vient d'implanter une triangulation de très haute précision dans laquelle les côtés et les angles ont été mesurés avec les soins les plus extrêmes ; la

répétition quinquennale ou décennale des mesures mettra en évidence les distensions des failles actives et le nivellement de précision montrera les mouvements verticaux qui semblent en certains points atteindre des vitesses de plusieurs centimètres par an.

**Organismes nationaux et internationaux :** en dehors des organismes nationaux chargés des travaux, une coordination scientifique bénévole est assurée par des organismes internationaux financés et administrés selon certaines règles par les nations participantes et leurs délégués. L'Union Géodésique et Géophysique Internationale groupe 7 Associations dont l'Association Internationale de Géodésie est l'une des plus actives. C'est au sein de ces organismes que s'élaborent les projets scientifiques internationaux, fruits de leurs concertations, qui transmis par les comités nationaux et organismes adhérents, reçoivent des autorités nationales responsables l'appui et le soutien nécessaires à leur exécution. C'est sous l'égide de l'Association Internationale de Géodésie qu'ont abouti les travaux du Nivellement Européen, les études des Mouvements récents de l'écorce terrestre, la triangulation Européenne, et le réseau gravimétrique mondial unifié.

L'atmosphère de collaboration internationale et disons-le, de franche camaraderie collégiale, facilite l'éclosion de projets internationaux concertés, indispensables pour les études à l'échelle de la planète et l'Association Internationale de Géodésie, fondée en 1863, s'enorgueillit d'être probablement « la doyenne » des organisations scientifiques internationales.

# ANALYSES AÉRIENNES

**CIRCULATION**  
RECENSEMENT DES  
INDICATEURS

**ORIGINE-  
DESTINATION**  
MATRICES

**MOUVEMENTS  
DIRECTIONNELS**  
DANS LES  
CARREFOURS

**STATIONNEMENT**  
RECENSEMENT,  
ROTATION

**PIÉTONS**  
CHEMINEMENTS,  
DÉBITS

**ANALYSES  
URBAINES**  
P.O.S.  
ENVIRONNEMENT

## SOREA

dispose de techniciens  
qualifiés, de moyens  
aéronautiques, photographiques,  
d'interprétation, de traitement  
et de procédés originaux  
spécialement conçus pour  
ces études.

**SOCIÉTÉ  
DE RECHERCHES  
ET  
D'ÉTUDES AÉRIENNES**

9, Av. L. Noiray - 38700-CORENC  
Tel. (76) 90 26 71

RC GRENOBLE

# une gamme de techniques pour ausculter la surface terrestre : la télédétection

par Alain BAUDOIN, I.G.

Depuis les premières photographies aériennes réalisées en 1855 à bord d'un ballon par G.F. Tournachon, dit Nadar, la photographie aérienne a connu un développement considérable, dû à l'amélioration des techniques photographiques et des méthodes de dépouillement des clichés (photogrammétrie et photo interprétation). Cependant les principes même de cette technique étaient restés les mêmes : recueillir depuis les airs des images du paysage et les « fixer » sur une émulsion photographique. La nature des informations ainsi acquises était limitée par les possibilités de la photographie qui n'enregistre que certains rayonnements issus du sol : le rayonnement réfléchi entre 0,3 et 0,9 micromètres (du proche ultra-violet au proche infra-rouge).

L'utilisation d'autres instruments, ou capteurs, rend possible depuis quelques années l'étude d'autres types de rayonnements : celui qui est émis par le sol sous forme d'énergie thermique est particulièrement intéressant : il peut être enregistré sur une image appelée thermographie.

Un autre type de rayonnement fait actuellement l'objet de nombreux espoirs : celui qui, étant généré par un radar aéroporté, est réfléchi par le sol et analysé par le récepteur de ce radar dit « latéral » car il forme des images des paysages situés sur les côtés de l'avion effectuant sa mission. Les longueurs d'ondes utilisées sont alors très grandes (ondes millimétriques à métriques) et possèdent la propriété de ne pas être diffusées

ni absorbées par une couverture nuageuse, ce qui offre la possibilité de cartographier la surface terrestre par tous temps (fig. 1).

D'autre part les applications possibles du radar latéral bien que mal connues en France où il n'en existe pas de version civile (alors que l'armée de l'air l'utilise pour la reconnaissance) sont nombreuses (mise en évidence de la structure géologique, étude des glaces, de l'humidité des sols, etc...).

La mise au point de ces capteurs ainsi que leur utilisation à bord d'avions, de ballons, de fusées ou de satellites sont à l'origine de la télédétection, prolongement moderne de la photo-interprétation.

L'intérêt des thermographies, ou images thermiques du sol.

Les lois du rayonnement thermique des corps formulées en particulier par Planck montrent que :

— pour une certaine longueur d'onde l'énergie rayonnée croît avec la température (loi de Planck)

— pour une température donnée  $T$  le rayonnement est maximum pour une certaine longueur d'onde  $\lambda$  telle que

$$\lambda \cdot T = 2898 \mu\text{m}^\circ\text{K} \text{ (loi de Wien)}$$

Si bien que pour la terre (environ 300° K) le maximum de rayonnement se situe vers 10  $\mu\text{m}$

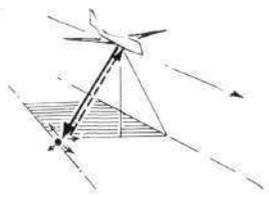
— les corps réels émettent diffé-

remment pour une même température, moins que le corps noir (ou parfaitement absorbant) dont le rayonnement est fourni par la loi de Planck. Le rapport entre le rayonnement réel et celui du corps noir est caractéristique de la nature du corps réel considéré : c'est l'émissivité de ce corps.

La présence dans l'atmosphère d'un certain nombre de molécules ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , etc...) dont les bandes d'absorption sont situées dans le rayonnement infra-rouge ne permet d'utiliser, pour la télédétection que deux « fenêtres atmosphériques » (entre 3 et 5  $\mu\text{m}$  et entre 8 et 14  $\mu\text{m}$ ).

Cette dernière bande de longueurs d'ondes est particulièrement intéressante car elle correspond au rayonnement terrestre maximum. La mesure de ces énergies permet de mettre en évidence soit des différences de température sur une surface de même nature (de même émissivité) soit des différences d'émissivité pour des corps sensiblement à la même température. Ces mesures sont réalisées par des systèmes qui opèrent un balayage ligne par ligne du terrain survolé par l'avion (voir fig. 2). Alors que ce second type d'utilisation peut être intéressant en géologie (identification des types de roches), en agriculture et dans un certain nombre de sciences de la terre, c'est surtout la différenciation des températures qui est la plus utile et la plus facile à interpréter notamment en ce qui concerne l'étude des eaux, milieu relativement homogène.

# ENREGISTREMENT ELECTROMAGNETIQUE ACTIF



par Radar (SLAR)

dans les bandes K et X, de 0,75 à 3,75 cm



*Cette image obtenue par RADAR latéral en Amérique Centrale met en évidence à la fois le réseau hydrographique et la structure géologique malgré les mauvaises conditions météorologiques et la présence d'une épaisse couverture forestière.*

# **l'aménagement rural en France**

par **Raymond BROSSIER, I.G.**

Les opérations d'aménagement rural exigent l'établissement préalable d'inventaires systématiques de l'occupation du sol. La photo-interprétation apparaît comme une méthode très adaptée à ces besoins.

L'échelle retenue pour ces documents reste comprise entre le 1/5 000<sup>e</sup> et le 1/25 000<sup>e</sup> selon la finesse recherchée, la densité du parcellaire. Il s'agit de pouvoir représenter chaque exploitation avec toute la précision topographique compatible avec l'échelle choisie. La généralisation ne porte que sur certaines cultures ou modalités de mise en valeur agricole, selon les thèmes d'interprétation retenus. Les cultures annuelles ne sont pas différenciées, sauf cas particulier.

La méthode suivie par l'interpréteur est celle utilisée classiquement pour tous les inventaires. On délimite sur la photographie des ensembles homogènes d'objets présentant des caractéristiques identiques, (même teinte, même disposition géométrique, etc...) que l'on identifie ensuite en recherchant sur le terrain, pour quelques sites-tests donnés, des clés d'interprétation. On établit ainsi une correspondance entre l'objet et son image photographique, que l'interpréteur extrapole ensuite à l'ensemble de la photographie. Les opérations sur le terrain sont exécutées rapidement et discrètement, sans qu'il soit nécessaire de prendre contact avec les propriétaires et exploitants.

Un exemple de carte des cultures et de la végétation.

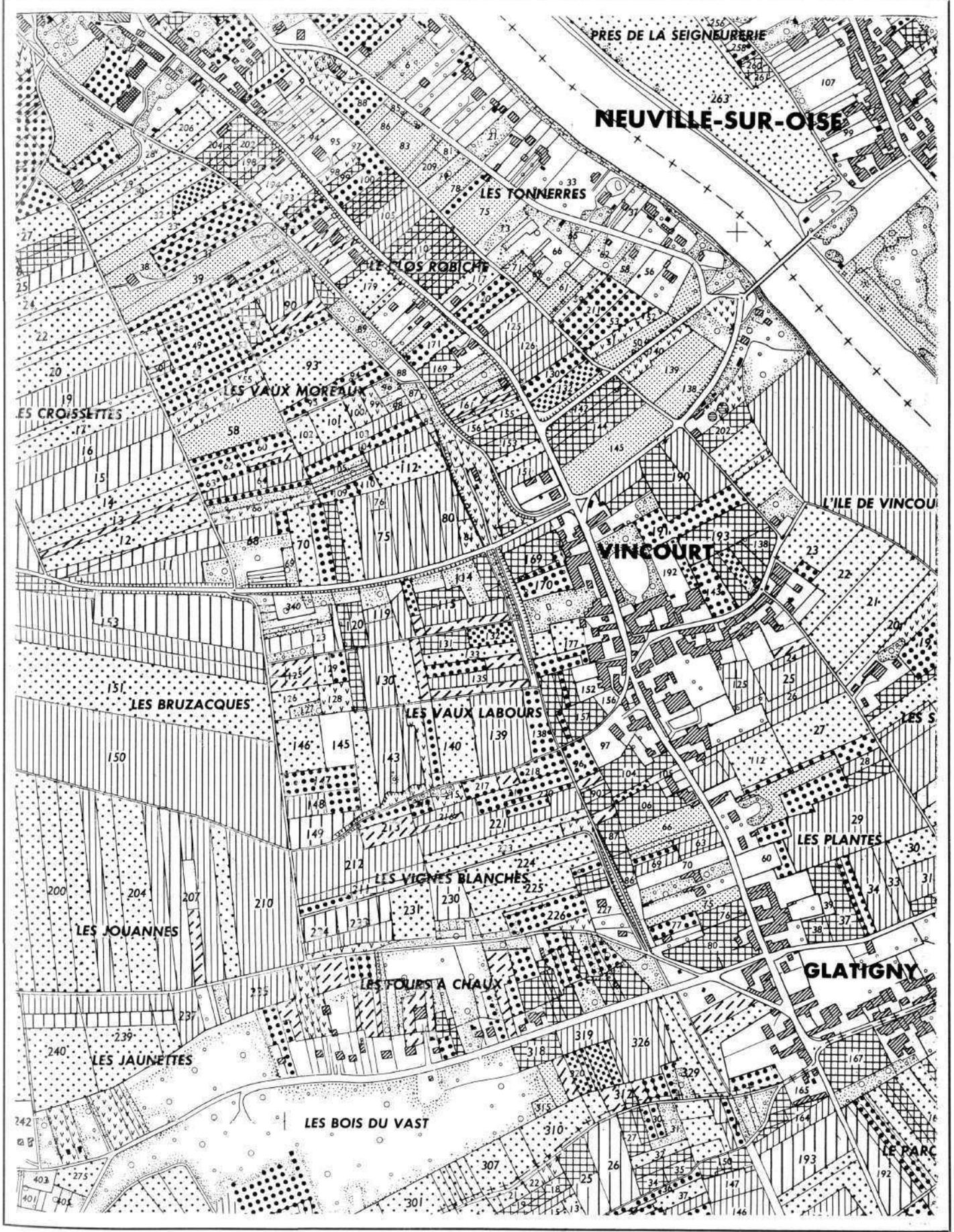
(Neuville-sur-Oise - à l'échelle du 1/5 000<sup>e</sup>)

La représentation des différents thèmes mis en évidence par la photo-interprétation et les enquêtes sur le terrain est généralement faite sur un document cartographique en couleur. Cependant l'emploi de documents monochromes moins coûteux s'avère quelquefois suffisant bien que plus difficilement lisible. Dans cet exemple 14 thèmes sont représentés par des trames différentes (le pointillé très fin correspond aux prairies et prés permanents, le pointillé très grossier aux vergers, etc...).

L'emploi de ces documents est d'un grand intérêt pour toutes les personnes concernées par la connaissance de l'occupation du sol ou de son aménagement car ils fournissent une vision à la fois synoptique et synthétique des problèmes pouvant se poser à l'aménageur.

D'autres types de cartes sont élaborés par l'Institut Géographique National dont l'échelle varie entre le 1/5 000<sup>e</sup> (au niveau de la commune) et le 1/100 000<sup>e</sup> (niveau régional). Les thèmes étudiés et leur représentation sont chaque fois spécifiques de la région et des types de problèmes posés.

Notons qu'outre les cartes d'inventaires donnant à un instant donné une image « figée » des paysages, les cartes d'évolution de l'occupation du sol et celles de la vocation des terres sont également très utiles en fournissant les aspects dynamiques et les potentialités prospectives des aménagements ruraux.



PRÈS DE LA SEIGNEURIE

# NEUVILLE-SUR-OISE

LES TONNERRES

L'ILE DE VINCOURT

LES VAUX MOREAUX

VINCOURT

LES VAUX LABOURS

LES VIGNES BLANCHES

LES BOIS DU VAST

LES BRUZACQUES

LES CROISSETTES

LES JOUANNES

LES JAUNETTES

LES FOURS A CHAUX

LES PLANTES

GLATIGNY

LE PARC

# un exemple de photo-interprétation agricole en région tropicale

par *Raymond BROSSIER, I.G.*

**L'enquête réalisée par l'I.G.N. dans la région de DOSSO (République du Niger), en 1973-74.**

Les enquêtes agricoles réalisées précédemment au Niger par sondages sur le terrain conduisaient à une précision faible des superficies occupées par les différents types de cultures. De plus ces opérations ne permettaient pas de localiser les cultures.

L'Institut Géographique National a expérimenté en 1973-74, une méthode d'enquête basée sur la photo-interprétation. L'étude demandée par le service du génie rural de la République du Niger portait sur quatre périmètres situés dans le département de Dosso (surface totale étudiée : 12 400 km<sup>2</sup>), entre les latitudes 12° et 14°. Dans cette zone, le climat est de type sahélien mais les précipitations annuelles varient de façon continue du nord au sud, de 500 à 800 mm. Il en résulte des variations de la nature des cultures, des associations de cultures, et de l'espace-ment des plants ; mais les techniques culturales reflètent une unité de modes adaptée à la géomorphologie et à la nature des sols.

Les périmètres étudiés incluent des tronçons de deux grands dallols (anciennes vallées partiellement inondées en saison des pluies) et de vastes nappes de colluvionnement argilosableuses à faible pente, improprement appelées terrasses. Dans

les dallols les fonds des chenaux sont occupés par des cultures humides : riz, canne à sucre, qui laissent place aux cultures sur billons (manioc, patate) puis aux cultures sèches (mil, sorgho, henné) sur des buttes exondées et sur les versants du dallol. Sur les terrasses, les principales cultures sont le mil, ou le sorgho, l'arachide, les haricots. En général ces plantes sont cultivées en associations, de façon à permettre une meilleure utilisation des ressources du sol.

## **Méthodologie de l'étude réalisée par l'I.G.N.**

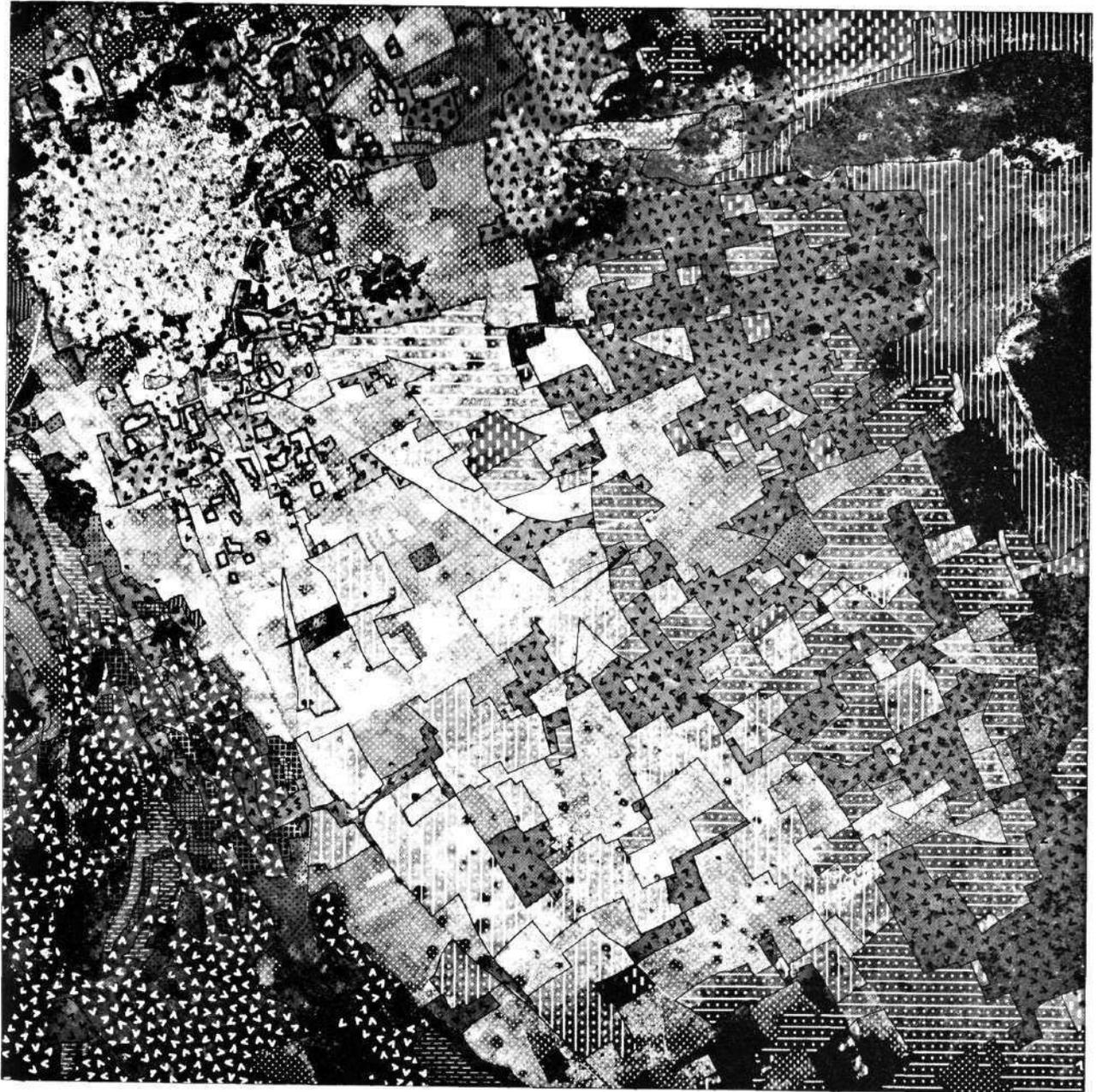
L'époque reconnue la plus favorable pour la distinction des plantes cultivées se situe en fin de saison humide, et ne dure que quelques semaines. Une prise de vues spéciale a donc été effectuée fin septembre 1973 sur l'ensemble de la région à étudier bien que les conditions atmosphériques soient peu favorables à cette période de l'année (forte nébulosité). Cette prise de vue, réalisée en émulsion panchomatique, à l'échelle du 1/20 000° comportait environ 2 500 photographies. Quatre traverses supplémentaires au 1/10 000° ont permis de faciliter l'interprétation des dallols et d'analyser les systèmes d'association des cultures.

Il faut noter que la distinction des

cultures par photo-interprétation nécessitait une bonne connaissance du milieu naturel et la recherche de critères précis d'identification. Ce fut l'objet de la mission de terrain pendant laquelle 4 opérateurs ont parcouru pendant 2 mois et demi les principaux itinéraires de la région étudiée, photographies aériennes en mains. Les travaux de photo-interprétation, exécutés par le personnel de la mission de terrain dès son retour à Paris, ont conduit à la rédaction de 190 panneaux format 45 × 46 cm le (5' × 5'), à l'échelle du 1/20 000°, en prenant comme fond de plan un assemblage photographique réalisé à partir de la prise de vues de septembre 1973. Pour chaque panneau, le document final était un film positif tramé reproductible de la mosaïque interprétée en signes conventionnels ; sur ce film, un tableau donnait sous forme graphique et numérique, les superficies correspondant aux différents thèmes interprétés. Ces surfaces ont été déterminées par balayage électronique à l'appareil Milliphom.

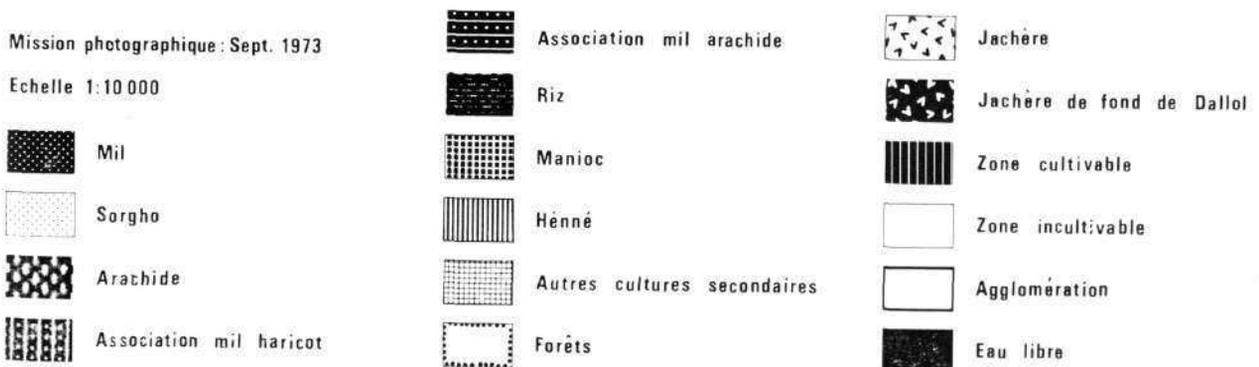
Le document ci-après montre un exemple d'interprétation d'une photographie aérienne au 1/10 000° (village de Bengou et ses environs département de Dosso, république du Niger).

# LES CULTURES DE BENGOU



Mission photographique : Sept. 1973

Echelle 1:10 000



# **l'intérêt des enregistrements thermographiques pour l'étude des problèmes de l'eau l'exemple du golfe de Fos**

par *Raymond BROSSIER, I.G.*

L'enregistrement présenté a été réalisé le 16 décembre 1971 de 17 h 12 à 17 h 31 (tombée de la nuit) à l'aide d'un appareil à balayage infrarouge Cyclope travaillant dans la bande spectrale de 3 à 5 micromètres. Il concerne toute la zone du golfe de Fos, de Port-Saint-Louis du Rhône à l'Ouest, aux ensembles industriels de Port-de-Bouc et de Lavera, à l'Est. Les températures s'échelonnent de 5°C environ pour l'eau du Rhône à une vingtaine de degrés pour les pollutions industrielles. La mer était à environ 10°C.

La thermographie permet de visualiser les différentes masses d'eau en présence et de rechercher leur origine ; influences continentales, pollutions, etc... d'étudier certains phénomènes. Ainsi peut-on distinguer :

## **1. Les eaux issues de l'étang de Berre :**

l'étang de Berre est alimenté en eau douce par quelques petits cours d'eau et surtout par le canal de dérivation des eaux de la Durance, en eau salée par le chenal de Caronte. Il s'ensuit des échanges de l'étang vers la mer et réciproquement selon la marée. On voit très nettement sur l'enregistrement le panache froid des eaux provenant de l'étang de Berre.

## **2. L'écoulement d'origine rhodanienne :**

les eaux arrivent par l'intermédiaire

du canal Saint-Louis et constituent une masse froide relativement importante, guidée au sud par la jetée du phare. Plusieurs fuites à travers les digues du canal apparaissent nettement sur la thermographie.

## **3. L'influence de la nappe de la Crau :**

la nappe phréatique de la Crau plonge sous le colmatage sablo-vaseux constituant le fond du golfe de Fos. Les travaux de construction de la darse n° 2 ont entraîné un recouplement de cette nappe : il s'ensuit une abondante sortie d'eaux froides, guidées vers le sud par la darse et la nouvelle jetée. Ce flux rencontre suivant un front net les eaux issues du golfe. Par ailleurs, l'enregistrement met en évidence une importante exurgence sous-marine dans l'anse de Saint-Gervais.

## **4. Le rôle des autres effluents :**

à l'extrémité de la pointe Saint-Gervais apparaît la masse d'eaux polluées rejetées par l'émissaire de Fos. Ces rejets sont sans doute à l'origine des phénomènes de pullulement des populations phytoplanctoniques (les red-tides) que l'on constate dans cette zone.

De Fos à Port-de-Bouc on peut distinguer des masses d'eaux chaudes, fortement polluées par les rejets industriels, qui restent plaquées contre la côte du fond de l'importance des apports continentaux et des courants qu'ils créent dans le golfe, vers Lavera, au sud du chenal de Caronte apparaît une zone particulièrement chaude, polluée par le rejet provenant des raffineries de pétrole.

## **5. Phénomènes sédimentologiques remarquables :**

Le They de la Gracieuse constitue une jetée naturelle assurant la protection des installations portuaires de Fos. Le They est actuellement l'objet d'une érosion dans sa partie centrale, comme le montre la présence de nombreux couloirs submersibles par gros temps.

A l'abri de cet obstacle, les colmatages progressent vers l'Ouest, aux dépens des fonds sablo-vaseux et des herbiers. La thermographie montre l'opposition entre les zones chaudes correspondant aux très petits fonds recouvrant les herbiers et les secteurs plus froids tels que rides sableuses, de réfraction, etc...

Ces observations recourent les résultats des recherches entreprises sur le terrain depuis de nombreuses années par les océanographes et montrent tout l'intérêt de la thermographie dans le domaine littoral.



*Illustration  
Assemblage  
« Golfe de Fos »  
renseigné  
par des numéros  
renvoyant au texte.*

# exemple de cartographie des risques naturels : la carte de localisation probable des avalanches

par Alain BAUDOIN, I.G.

Le développement des équipements en haute montagne et la fréquentation de plus en plus grande des stations de sports d'hiver exigent une connaissance très précise du danger que constituent les avalanches, et en particulier des zones où la probabilité de déclenchement et de passage des avalanches est la plus grande.

L'utilisation des photographies aériennes par un spécialiste de la photo-interprétation géomorphologique permet d'étudier les formes du terrain, les pentes, et d'en déduire les zones d'accumulation de la neige, les couloirs et les zones probables d'arrêt des coulées

Le départ des avalanches se produit le plus souvent à partir des ruptures de pente, des corniches et des surplombs ; ces zones peuvent être déterminées avec précision en tenant compte de la pente, de la concavité ou de la convexité du terrain. Les couloirs avalancheux se caractérisent par leur topographie et par les traces visibles d'arrachement et de transport du sol. Les zones d'arrêt sont identifiées d'après les dépôts, les obstacles, les modifications de pente. Ces zones d'arrêt sont les plus difficiles à mettre en place car elles dépendent essentiellement de la nature et de la quantité de la neige emportée. Les limites estimées par le photo-interprète ne doivent être

considérées que comme des limites probables qui peuvent ne pas être atteintes ou quelquefois dépassées mais ont une valeur indicative des dangers existants.

La nécessité des cartes d'avalanches réalisées dès 1964 à l'I.G.N. sur quelques sites, fut rendue plus évidente à la suite de la catastrophe de Val-d'Isère en 1970. Le ministre de l'Agriculture fut alors chargé par le gouvernement de l'établissement des « cartes de localisation probable des avalanches ». Celui-ci demanda la collaboration de l'Institut Géographique National qui cartographia ainsi depuis lors environ 100 000 hectares par an à l'échelle du 1/20 000<sup>e</sup>.

Les documents cartographiques ainsi réalisés sont la propriété du Ministère de l'Agriculture qui en assure la diffusion auprès des collectivités concernées. Deux types d'information sont représentés sur ces cartes : la mise en place des zones probables avalancheuses par photo-interprétation d'une part et le report des avalanches ayant été observées d'autre part. Ces dernières informations sont obtenues par une enquête auprès des autorités et de la population. Ces données subjectives et plus ou moins précises sont cependant très complémentaires des renseignements objectifs et plus homogènes issus de l'interprétation des photographies aériennes.

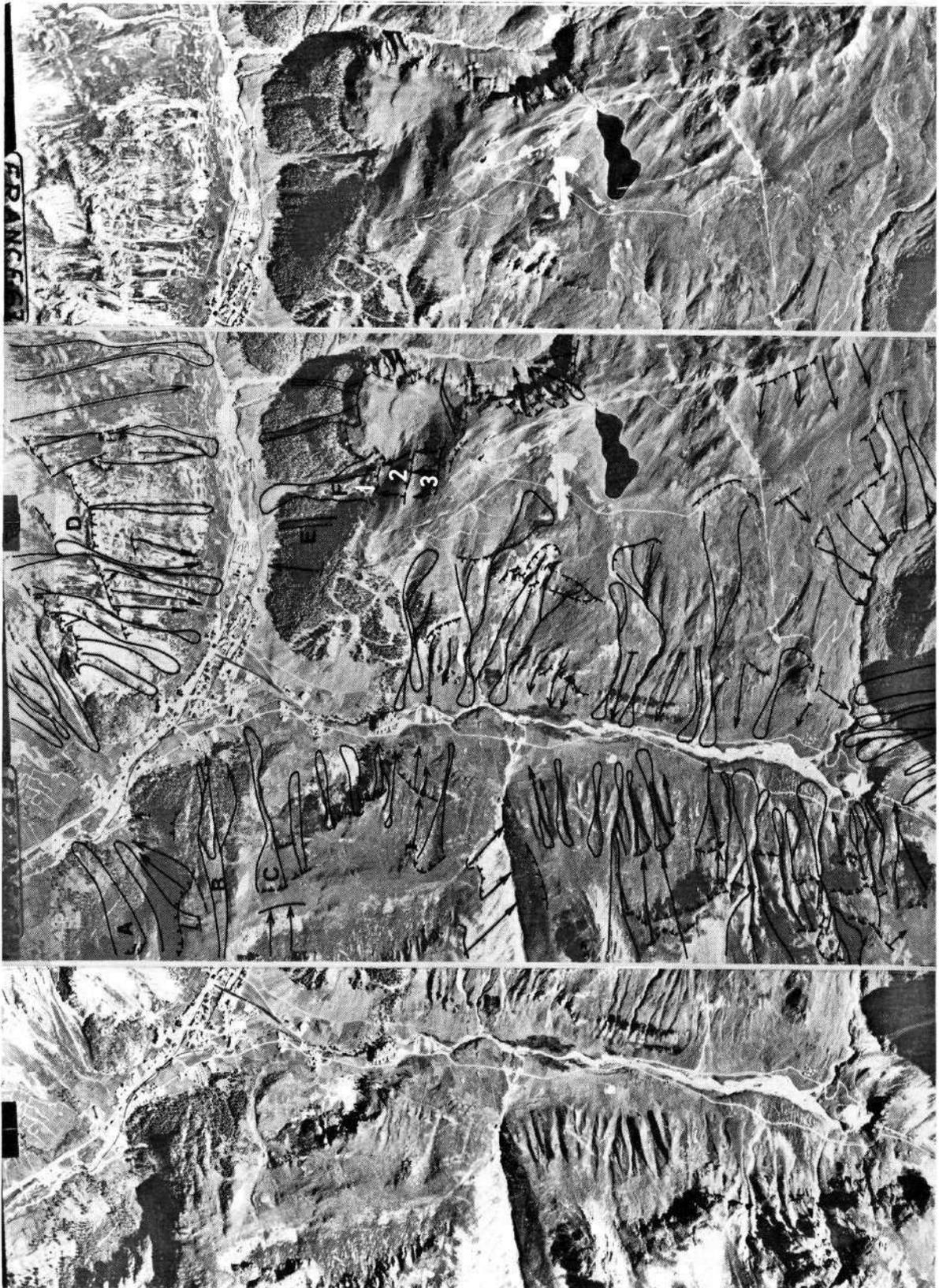
*Légende de la photographie aérienne et de la surcharge :*

*L'examen stéréoscopique des photographies aériennes permet de localiser les traces du passage d'avalanches (A, B, C) ainsi que les endroits propices au déclenchement de celles-ci (D, E, F), notons que pour cette dernière, trois points de départ 1-2-3 sont possibles.*

VAL D'ISERE

MISSION AERIENNE FR 3533 3633 Annee 1967 Photo N° 165

Echelle: 1/25000



# la carte de localisation probable des avalanches

par Charles CAZABAT, Ingénieur de l'I.G.N.

## UNE CARTOGRAPHIE DES AVALANCHES : UN BESOIN

Tous les ans, les risques naturels, avalanches, glissements de terrain, inondations, tremblements de terre, sont la cause de nombreuses catastrophes dans le monde entier. Ces phénomènes fréquents rentrent dans le cours habituel de la vie de tous les jours, aussi l'opinion publique et les autorités responsables ne s'en émeuvent que lorsque le solde apparaît sous forme de plusieurs dizaines, centaines ou milliers de morts.

Il a fallu, en France, les catastrophes avalancheuses de 1970 pour qu'une action se dessine enfin et qu'une mission interministérielle d'études sur la sécurité en montagne soit mise en place.

La présidence en fut confiée à M. Jacques Saunier, préfet, Inspecteur Général de l'Administration et elle déposa un rapport qui fut approuvé par le Conseil des Ministres le 21 octobre de cette même année.

Le rapport recommandait « l'établissement sous la responsabilité du Ministère de l'Agriculture, par stations ou groupes de stations, d'une carte inventaire des avalanches, officielle, dressée suivant une méthode scientifique, ayant un caractère indicatif pour les particuliers mais dont l'observation s'imposera à tous les services publics ».

La méthodologie retenue était celle que l'Institut Géographique National avait proposée à la mission interministérielle en mai 1970. C'est-à-dire

l'alliance des méthodes de photo-interprétation à celles d'inventaire sur le terrain.

La Division Nivologie du Centre National d'Etudes Techniques et de Recherches Technologiques pour l'Agriculture, les Forêts et l'Équipement Rural (C.E.R.A.F.E.R., actuellement C.T.G.R.E.F.) dirigée par M. Louis de Crécy, devenait maître-d'œuvre des travaux dont la réalisation technique était confiée à l'I.G.N.

Ce n'était pas la première fois qu'une collaboration existait entre ces deux organismes.

Dès 1964, la Direction générale des Eaux et Forêts avait demandé à l'I.G.N. d'étudier la possibilité de réaliser ces cartes de localisation probable des avalanches. Le premier essai effectué au 1/50 000<sup>e</sup> sur la feuille de Briançon fut concluant ; la comparaison « a posteriori » avec les cartes existantes, établies par le service des Eaux et Forêts, montrait que cette méthode d'interprétation présentait des aspects nettement positifs :

— la majorité des avalanches repérées sur place avaient été décelées par l'observation des photographies aériennes ;

— le document établi par l'I.G.N. comportait un nombre d'avalanches plus grand que celui des Eaux et Forêts : ce dernier indiquait seulement en effet les coulées, limitées aux périmètres forestiers, dont l'importance ou la fréquence permettent la détection certaine.

Au cours des années suivantes

l'I.G.N. poursuit les recherches de sa propre initiative, non seulement sur les avalanches mais encore sur les pâturages en montagne et sur les phénomènes de pollution en Maurienne.

Certaines de ces études furent réalisées à l'échelle de 1/20 000<sup>e</sup> et présentées au C.E.R.A.F.E.R. de Grenoble.

En 1969, la méthodologie sur les avalanches était au point et déjà une grande partie de la Vanoise avait été étudiée en photo-interprétation par M. Serrière, à titre de recherche.

En novembre 1969, l'I.G.N. recevait une demande de photo-interprétation et de détermination des zones avalancheuses pour la région du massif d'Allevard portant sur 4 000 hectares environ.

A partir de 1970, la Carte de localisation probable des avalanches commençait véritablement à couvrir le territoire national :

- 53 000 hectares portant sur 8 sites en 1970 ;
- 146 000 hectares couvrant 13 stations dans les Alpes et les Pyrénées en 1971 ;
- 90 000 hectares, soit 16 nouvelles cartes en 1972 ;
- 110 000 hectares en 1973 ;
- 82 000 hectares en 1974.

Au total, près de 500 000 hectares cartographiés, plusieurs milliers d'avalanches codées et répertoriées, plus de 60 stations étudiées.

## LA MÉTHODOLOGIE

La méthodologie est simple : elle

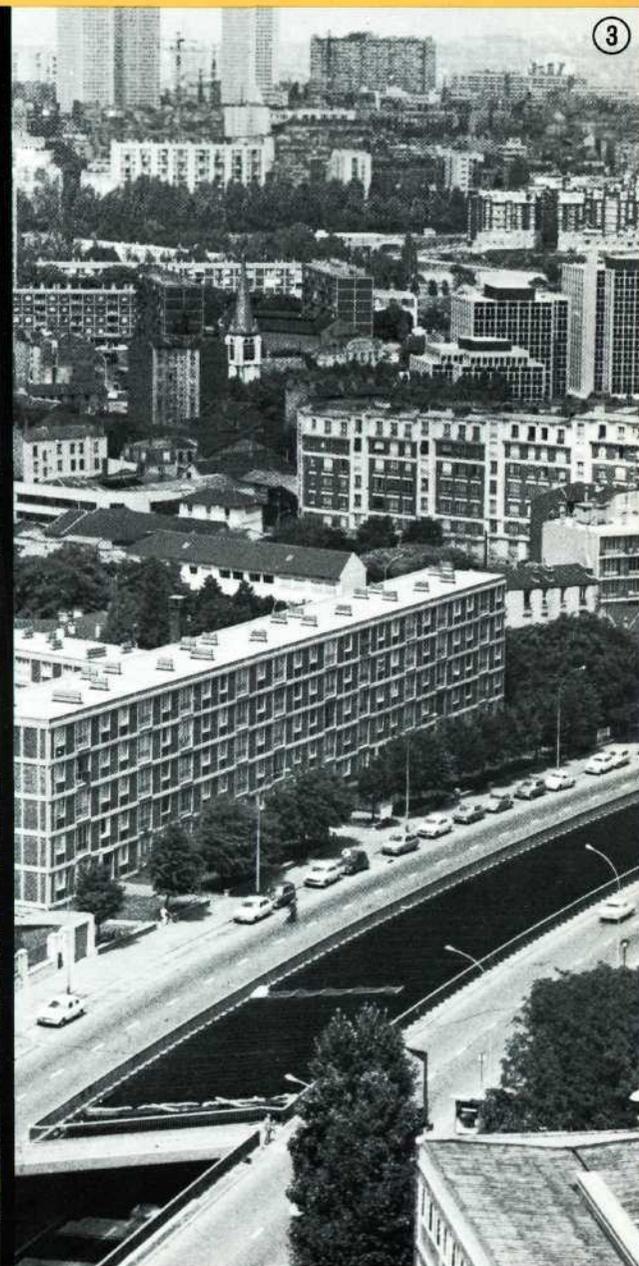
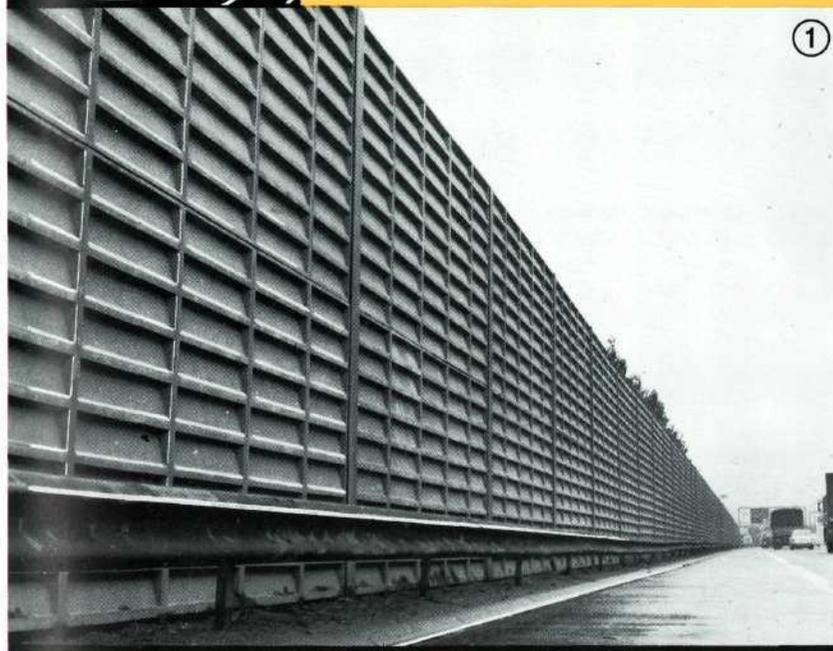
# Sitraba

## LA LUTTE CONTRE LE BRUIT



**1-2** - Autoroute A.6 à L'Hay-les-Roses : Réalisation d'un écran constitué d'éléments alvéolés (absorption et réflexion).

**3** - Autoroute de pénétration B.6 à Arcueil : Réalisation d'une couverture phonique en majeure partie sur les encorbellements (contrainte de légèreté) - Utilisation ondes précontraintes J. Velut.



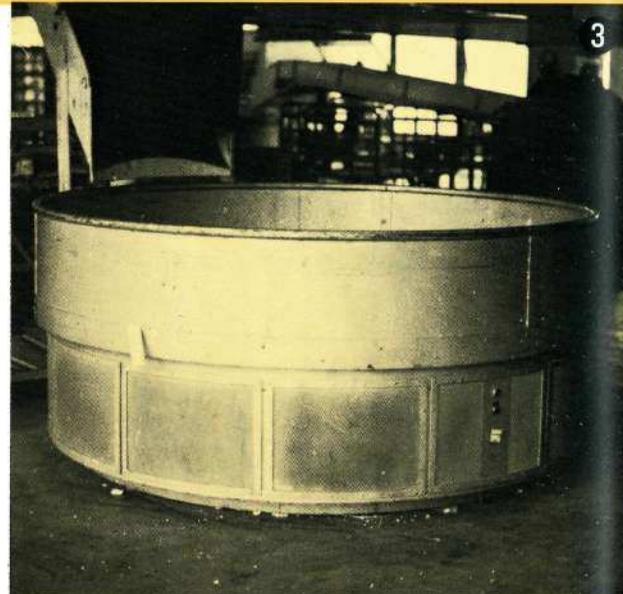
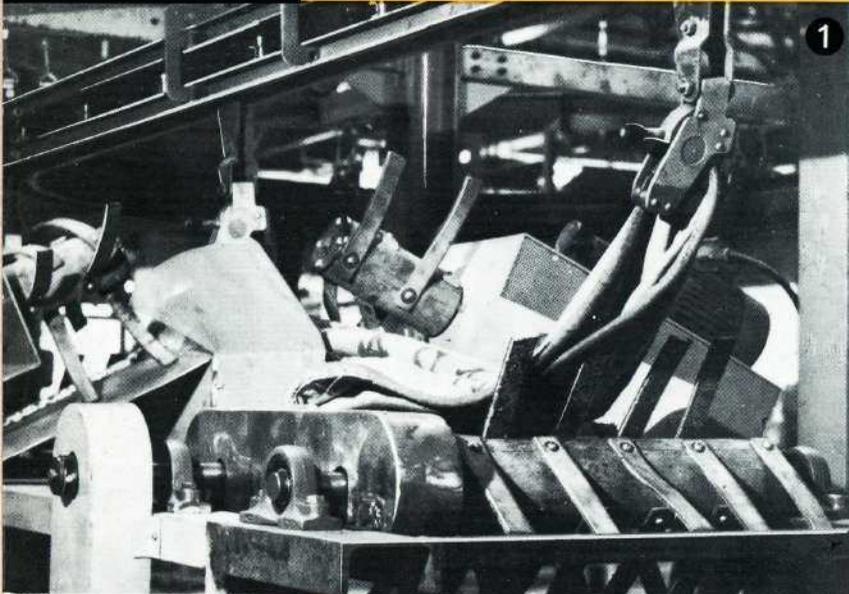
# Sitraba

S.A.R.L. au capital de 500 000 Francs - 971203252 B RC Corbeil Essonnes  
 2, ROUTE NATIONALE - 91170 VIRY-CHATILLON  
 TÉL. : 921.89.30 - TELEX : SITRABA VIRYC 600 409

## LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT :

### LE DÉPOUSSIÉRAGE

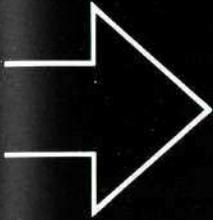
- 1 - Réalisation d'une batteuse pour sacs postaux.
- 2 - Extraction et absorption des poussières.
- 3 - Auge dépolluante : Filtration automatique à haut rendement.



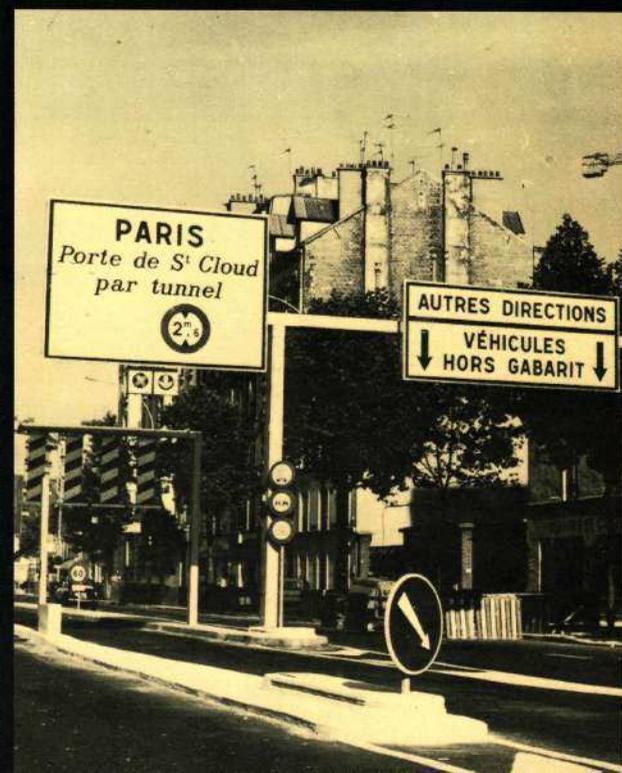
# Sitraba

S.A.R.L. au capital de 500 000 Francs - 971203252 B RC Corbeil Essonnes  
2, ROUTE NATIONALE - 91170 VIRY-CHATILLON  
TÉL.: 921.89.30 - TELEX: SITRABA VIRYC 600 409

## LA SIGNALISATION



Des applications pratiques pour une meilleure visualisation des informations.



# Sitraba

**c'est aussi une activité permanente :**

- de charpente et couverture
- de construction métallique
- de travaux d'armement de tunnels
- de renforcement de voûtes
- de réfection de ponts
- de serrurerie générale
- de chaudronnerie
- de formage de métaux en feuilles

SITRABA s'intègre dans un Groupe de Sociétés multidisciplinaires, étroitement liées permettant ainsi la synthèse de techniques très diverses propre à la solution de nombreux problèmes.

**COUTANT S.A.**

TRAVAUX PUBLICS

**S.A.T.E.L.E.C.**

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE  
HAUTE ET BASSE TENSION  
ÉCLAIRAGE PUBLIC ET TÉLÉCOMMANDE

**S.E.F.I. S.A.**

SONDAGES. ETANCHEMENTS. FORAGES  
INJECTIONS

**URBAINE**  
*de travaux*

BATIMENT. TRAVAUX PUBLICS

**Sitraba**

2, ROUTE NATIONALE, 91170 VIRY-CHATILLON  
TÉLÉPHONE : 921.89.30 +, 921.78.90 +. TÉLEX : SITRABA VIRYC N° 600.409

consiste à reporter au moyen de couleurs différentes, sur une même carte à l'échelle de 1/20 000°, d'une part les résultats d'une photo-interprétation géomorphologique classique et d'autre part les renseignements obtenus sur le terrain par une enquête exhaustive près des habitants.

## LA PHOTO-INTERPRÉTATION GÉOMORPHOLOGIQUE

La méthode employée, basée sur l'étude stéréoscopique des photographies aériennes, consiste en l'examen systématique de toutes les couvertures photographiques existantes, (souvent réalisées en été, après la fonte des neiges, à des échelles comprises entre 1/20 000° et 1/30 000°).

Une grande expérience de la photo-interprétation et une longue pratique des travaux topographiques en montagne sont les qualités indispensables que doit posséder le personnel. Pour une même zone, plusieurs spécialistes exécutent indépendamment leur propre maquette. Les critères d'interprétation sont fonction de la compétence de chacun en géologie, botanique, climatologie et surtout géomorphologie.

L'avalanche étant constituée par une masse plus ou moins importante de neige, qui se détache de la montagne et se précipite vers la vallée, il s'agit de déterminer, sur les photographies aériennes :

- les lignes de départ éventuel de ce phénomène,
- les zones d'accumulation de la neige,
- les couloirs pouvant être suivis,
- et enfin, les zones probables d'arrêt des coulées.

Le départ des avalanches se produit le plus souvent à partir des ruptures de pentes brutales, des corniches et des surplombs, en bordure inférieure des zones d'accumulation et de rupture d'équilibre ; ces zones peuvent être déterminées avec pré-



Plateau des Petites Roches (Isère) - Mars 1970.

cision après une étude approfondie des formes et des pentes, en tenant compte de la valeur de chaque pente, de sa concavité ou de sa convexité et du modèle de détail. Les couloirs avalancheux se caractérisent par leur topographie et par les aspects photographiques du sol, de la couverture végétale, des arrachements et des éléments transportés. Enfin, les zones probables d'arrêt sont identifiées d'après les dépôts, les pieds de pente inférieur et les obstacles divers d'origine naturelle ou artificielle.

La difficulté la plus importante réside sans aucun doute dans la déter-

mination des zones d'avalanches de versants et, surtout, du point d'arrêt des avalanches dans les couloirs importants. En effet, la carte ne peut indiquer que les zones où ce point d'arrêt est matérialisé par des formes permanentes du sol décelables sur les photographies ; en pratique, des circonstances exceptionnelles (nature poudreuse de la neige par exemple) peuvent amener une avalanche à dépasser le front considéré comme probable. Les premiers résultats de photo-interprétation ne sont donc qu'une approche du problème.

A l'issue de ces études et recher-

ches, chaque maquette est soumise, en commun, à un examen critique, puis un document de synthèse est établi, donnant la localisation probable des avalanches. Ce document est réalisé sous la forme d'un dessin, en couleur orange, porté sur la carte au 1/20 000<sup>e</sup> existante.

*Limites de la méthode.* Basée essentiellement sur la photo-interprétation d'aspects géomorphologiques et sur les connaissances des chercheurs en ce domaine, la méthode ne tient pas compte des facteurs nivométriques et météorologiques locaux du moment.

Pour donner le maximum de garanties, il est nécessaire que les travaux d'interprétation fassent l'objet de vérifications critiques et approfondies sur le terrain.

## L'ENQUÊTE SUR LE TERRAIN

Cette enquête, placée sous l'autorité préfectorale, est effectuée dans la commune par les membres de l'I.G.N. qui ont réalisé la photo-interprétation des sites étudiés ; ils sont accompagnés d'un observateur de la division de nivologie.

Il s'agit de lever avec le maximum de précision les avalanches qui leur sont décrites au cours de l'enquête et de dépouiller les cartes, documents, archives, traitant du sujet. Le travail n'est pas des plus faciles, il faut trouver dans chaque commune toutes les personnes capables de donner un renseignement exact :

- autorités administratives : eaux et forêts, gendarmerie, protection civile, ponts et chaussées, E.D.F., S.N.C.F., etc.
- autorités locales : maires, conseillers techniques de station, guides, moniteurs.
- habitants jeunes et vieux, passionnés de montagne (1).

Le caractère particulier de chaque habitant, les intérêts en jeu, font varier les réponses à une même question ; cependant, l'unanimité arrive

presque toujours à se faire et les observations fournies par les habitants sont mises en place sur les photographies, puis sur la carte. Chaque avalanche reçoit un numéro et ses caractéristiques principales sont notées sur une fiche signalétique d'enquête.

*Fiches signalétiques d'enquête.* Cette fiche d'enquête porte en particulier les renseignements suivants :

- localisation (nom de l'avalanche, point de départ et d'arrivée, dénivelée totale, position sur le cadastre) ;
- principales observations sur le déclenchement et la fréquence ;
- exposition, nature du versant et du profil, nature géologique du sol et de la couverture végétale ;
- aménagements existants ;
- principaux facteurs du déclenchement et de l'arrêt, dégâts naturels, matériels ou corporels.

Cette fiche, tenue à jour chaque année, permettra de suivre l'évolution des faits.

*Procès-verbal.* A la fin des travaux, le conseil de sécurité et toutes les personnes que le maire a jugé nécessaire de consulter, examinent et analysent les renseignements recueillis. Un procès-verbal confirme les travaux et apporte aux cartes et fiches d'observation les modifications utiles.

Sur le document final, les avalanches reconnues sur le terrain sont notées en couleur violette et se distinguent donc très nettement des observations de la photo-interprétation.

## UTILISATION

Le document final édité porte donc la synthèse de la photo-interprétation et des informations recueillies sur le terrain. Il ne peut sembler « pessimiste » à certains : il n'en est rien. Cependant, son analyse est délicate et ne peut être confiée qu'à des spécialistes de la montagne, car un « poids » ou une certaine probabilité

sont à accorder à chaque avalanche en fonction des conditions météorologiques du moment. Souvent, plus de cent avalanches sont connues sur l'ensemble d'un site, mais certaines peuvent être skiées sans danger à certains moments, alors qu'à d'autres moments de modestes coulées peuvent être fatales.

Ayant pour but de préciser les « zones de moindre risque », aussi bien pour la construction individuelle que pour l'équipement collectif, la carte permet de définir les périmètres où une action immédiate de protection doit être effectuée et la nature des interventions. Destinée à tous les responsables de la sécurité en montagne, cette carte peut être consultée en mairie par toutes les personnes qui le désirent.

Le document est la propriété du Ministère de l'Agriculture. Sa diffusion auprès des administrations et services publics est assurée exclusivement par le Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts (C.T.G.R.E.F.), Division nivologie B.P. 114 - 38402 Saint-Martin-d'Herres. Sa reproduction et sa cession, même partielles, à quelque titre que ce soit, sont interdites.

## CONCLUSIONS

Cette cartographie marque un progrès considérable dans la définition des risques naturels ; cependant la recherche doit déboucher sur des solutions plus précises en vue de l'établissement des plans d'occupation des sols (P.O.S.) à des échelles plus grandes.

Compte tenu de l'expérience acquise dans ce domaine, l'Institut Géographique National, ses équipes de photo-interprétation et de topographie sont prêtes à continuer cette œuvre, non seulement en France mais pour tous les pays qui le désireraient.

(1) Notons à ce sujet que l'attitude de réserve prudente manifestée au début par les habitants se transforme le plus souvent, au cours de l'enquête, en franche amitié et chaleureuse estime.

# **l'apport des images ERTS en télédétection**

par *Alain BAUDOIN, I.G.*

## **Généralités**

En 1957 l'URSS lançait le premier satellite artificiel terrestre : Spoutnik 1, 83 kilogrammes. Très rapidement ce nouveau moyen permettait d'obtenir des photographies de la Terre à très petite échelle, dès 1959, Lunik 3 rapportait les premiers clichés de la face invisible de la lune.

Au cours des années 60, les Américains ont développé plusieurs générations de satellites météorologiques : Tiros, Nimbus. Mais ce n'est qu'en 1972 que la NASA lance le premier satellite dont les paramètres d'orbite et la technologie des capteurs sont spécialement conçus pour l'étude des ressources terrestres : ERTS - 1, Earth Resources Observation Satellite. L'orbite d'ERTS - 1 est déterminée pour que l'échelle des images soit sensiblement constante, de même que les conditions d'éclairement. Le satellite repasse au même point, à la même heure locale tous les 18 jours.

ERTS - 1 est équipé de 2 types de capteurs

— Un ensemble de 3 caméras de télévision RBV

— Un détecteur de balayage multi-spectral MSS

Seul le second système a pu fournir des informations exploitables sur la France. Il comporte quatre bandes spectrales :

- Bande n° 4 0,5 à 0,6  $\mu\text{m}$  (Vert-Jaune)
- Bande n° 5 0,6 à 0,7  $\mu\text{m}$  (Orangé)
- Bande n° 6 0,7 à 0,8  $\mu\text{m}$  (Rouge et proche IR)
- Bande n° 7 0,8 à 1,1  $\mu\text{m}$  (Proche infra-rouge)

Les données ainsi recueillies sont emmagasinées à bord du satellite puis transmises pour traitement puis diffusion à la station réceptrice de Green belt (USA).

## **Quelques résultats de l'interprétation des images ERTS**

L'IGN participe en tant que co-investigateur à un programme d'études du littoral atlantique concernant à la fois la mer (courantologie, sédimentologie) et le domaine terrestre. Ce programme, nommé FRALIT, réunit, outre l'IGN le laboratoire de géomorphologie littorale de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (professeur Verger) et plusieurs laboratoires des universités de Poitiers, Nantes et Amiens. Diverses méthodes d'exploitation des données sont employées pour les investigations : photo-interprétation classiques des images photographiques, traitements photographiques (addition des bandes spectrales avec interposition de filtres colorés, équidensité, micro-densitométrie, graphiques (impression en couleurs composées) ou optiques (visualisation sur couche). Cependant, ce sont les traitements numériques des bandes magnétiques qui ont permis d'obtenir les résultats des plus précis. Les premiers programmes consistaient en des statistiques canal par canal, des études de corrélation entre canaux et des listings représentant une zone dans un canal ou une combinaison de canaux. On utilise maintenant des programmes de classification automatique de données multispectrales comportant des processus d'appren-

tissage supervisé par les données recueillies sur le terrain à l'époque de l'enregistrement.

L'étude des images ERTS a permis une cartographie automatique des taxons simples du domaine continental à partir de leur spectre : l'eau, les bois en distinguant feuillus et conifères), les villes (où l'on peut mettre en évidence les centres urbains, les grands équipements, les zones industrielles importantes, etc...). Par contre il est malaisé d'étudier l'occupation du sol en zone rurale, la taille du parcellaire était en général inférieure à la résolution spatiale du capteur. Toutefois ERTS peut apporter beaucoup d'informations nouvelles pour les études géographiques régionales : ainsi les différents types de bocage selon la densité des baies apparaissent très bien sur les images de la région nantaise. Signalons aussi l'intérêt des images ERTS en géologie pour l'étude des réseaux de fractures.

Un autre élément intéressant est la répétitivité des enregistrements, il devient possible de suivre à grands traits l'évolution saisonnière d'une région : extension de la couverture neigeuse surveillance et prévision des récoltes (lorsque la taille du parcellaire le permet).

Dans le domaine maritime ERTS a apporté des informations tout à fait nouvelles dans le domaine de la sédimentologie littorale. Les images A (25-9-72) et B (8-3-73) permettent de comparer l'extension du panache du large de l'embouchure de la Loire dans des conditions semblables de marée : fin de la baissée, par forte vive-eau. Mais alors que pour l'image A, la Loire est en étage prononcé, elle est en fin de crue pour l'image B. Ces quelques exemples montrent l'intérêt et l'originalité des informations apportées par ERTS - 1 dans le domaine des Sciences de la Terre.

## Illustrations

— Image 1066 - 10294 du 27/9/72  
Zone homologue Nantes, St-Na-  
zaire, Embouchure de la Loire.

— Image 1228 - 10305 du 8/3/73  
Canal 5, même zone.

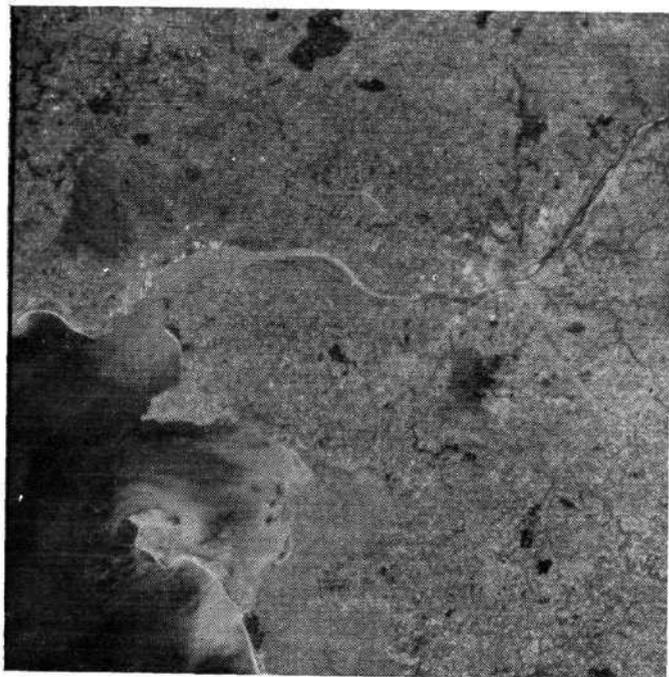
— Exemple de traitements numéri-  
ques des données ERTS.

Classification automatique réalisée  
par un programme d'apprentissage,  
sur la ville de Nantes.

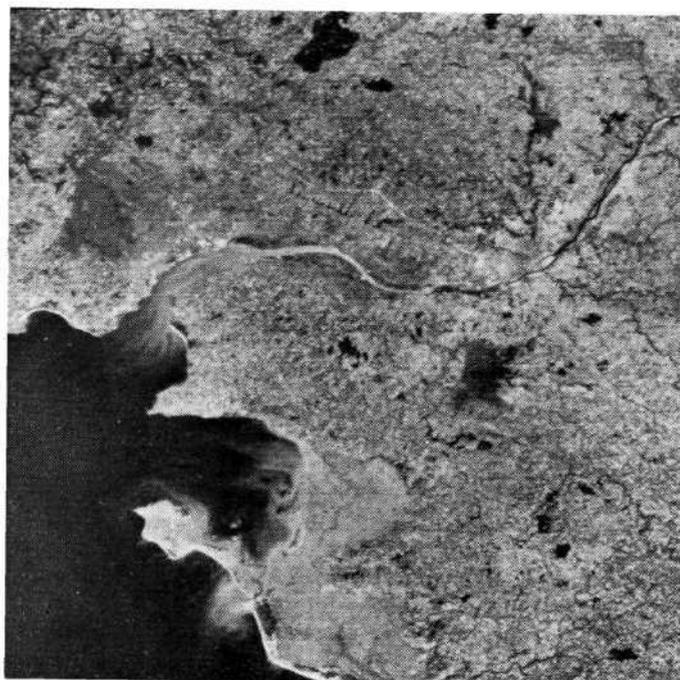
Sélection de taxons particuliers sur  
la même zone, à l'aide de l'appareil  
Image 100, construit par General Elec-  
tric :

— l'eau  
— la ville.

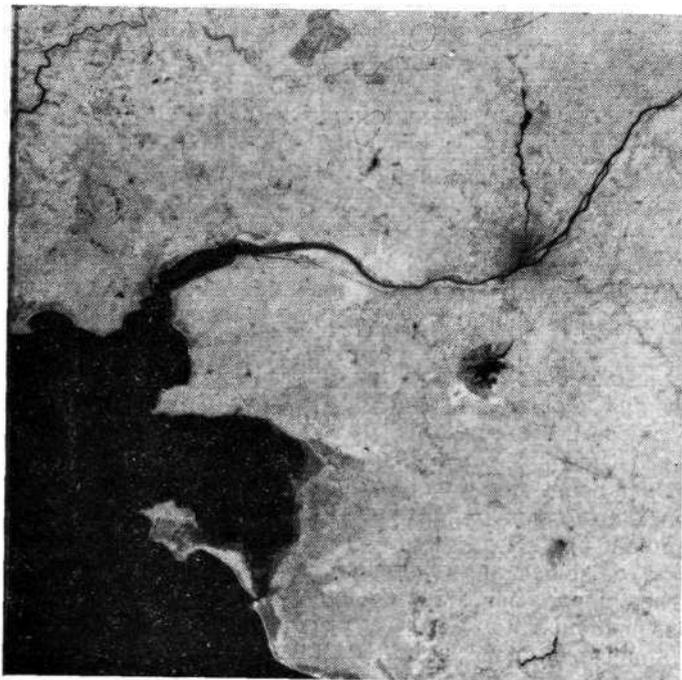
## L'embouchure de la Loire le 27 septembre 1972



de 0,5 à 0,1  $\mu\text{m}$



de 0,6 à 0,7  $\mu\text{m}$



de 0,7 à 0,8  $\mu\text{m}$

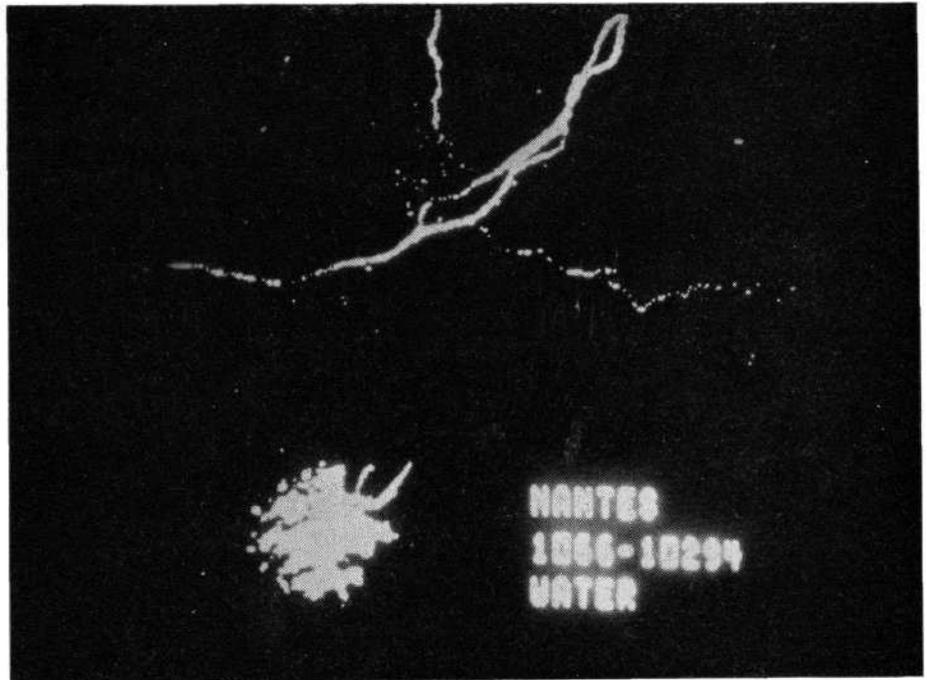
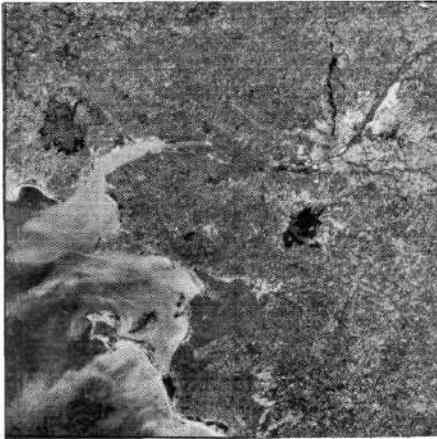


de 0,8 à 1,1  $\mu\text{m}$

Ces images du satellite ERTS 1 montrent le même paysage sous 4 aspects différents, correspondant aux différentes bandes de longueur d'ondes utilisées. La première bande fournit surtout des détails dans l'océan, la seconde dans la végétation, les deux dernières sur le réseau hydrographique et les zones urbaines.

## Etudes évolutives

L'embouchure de la Loire  
le 8 mars 1973  
(de 0,6 à 0,7  $\mu\text{m}$ ).



Thème « eau »

Un des principaux intérêts de l'utilisation des satellites est la répétitivité des prises de vues. La comparaison de cette image et de celles du 27 septembre 1972 permet de saisir les phénomènes évolutifs ou saisonniers : courants, cultures, limites de zones inondées, etc.

Des programmes de classification numérique, analysant chaque point de l'image dans les 4 bandes spectrales fournissent automatiquement certaines cartes thématiques de la zone étudiée.

La Loire et le lac de Grand-Lieu sont ainsi cartographiés sur la première image et la ville de Nantes sur la seconde.

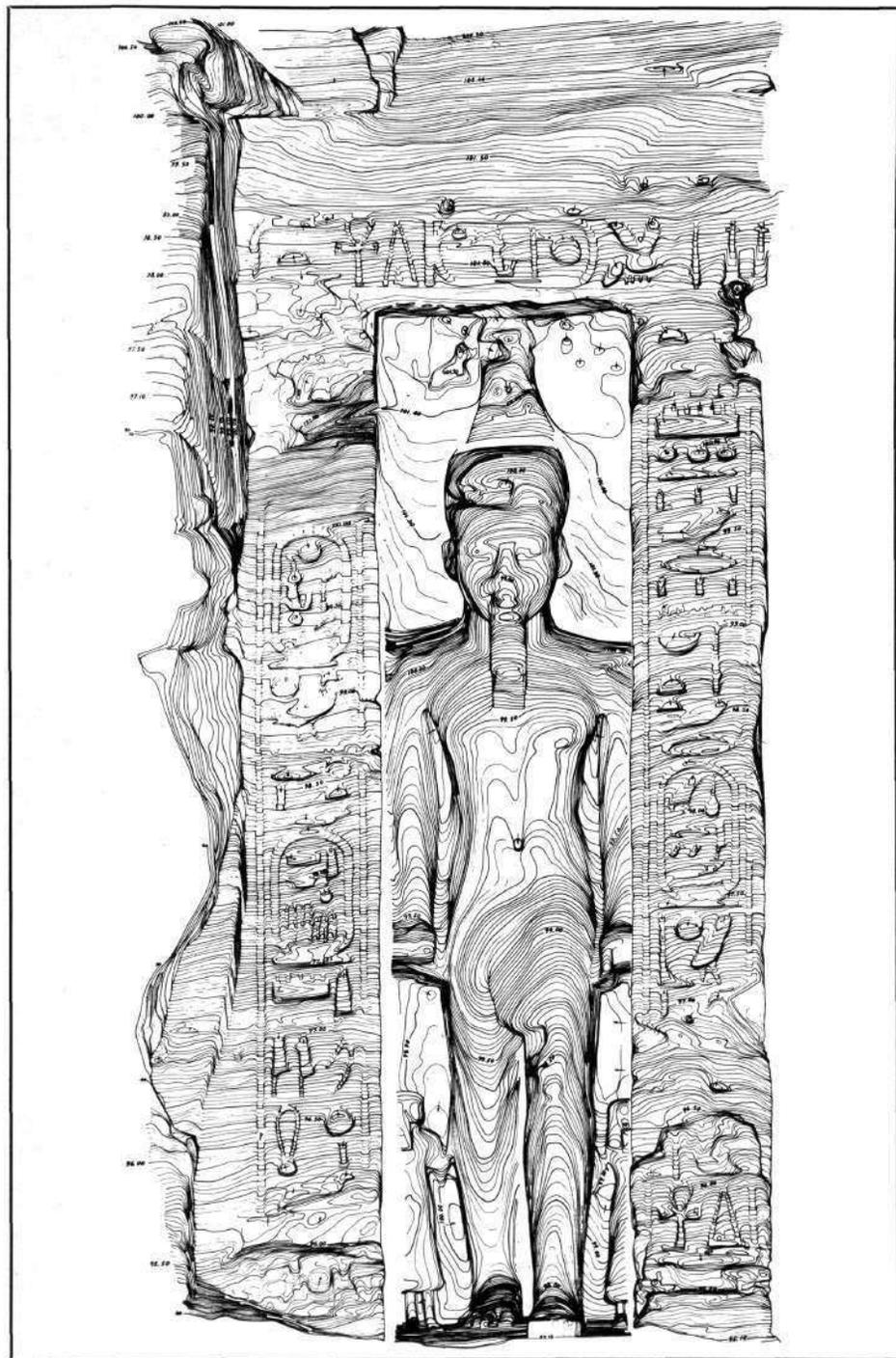


Thème « ville »

# ARCHÉOLOGIE

## L'ARPENTAGE DU PASSÉ

par Maurice CARBONNELL, I.G.G.



L'application des sciences exactes aux différents domaines de l'archéologie s'est beaucoup développée au cours des vingt dernières années. Ce développement est remarquable en ce qui concerne les sciences physiques et chimiques qui ont donné d'importants résultats dans la détection des vestiges, la datation des objets, l'analyse des matériaux.

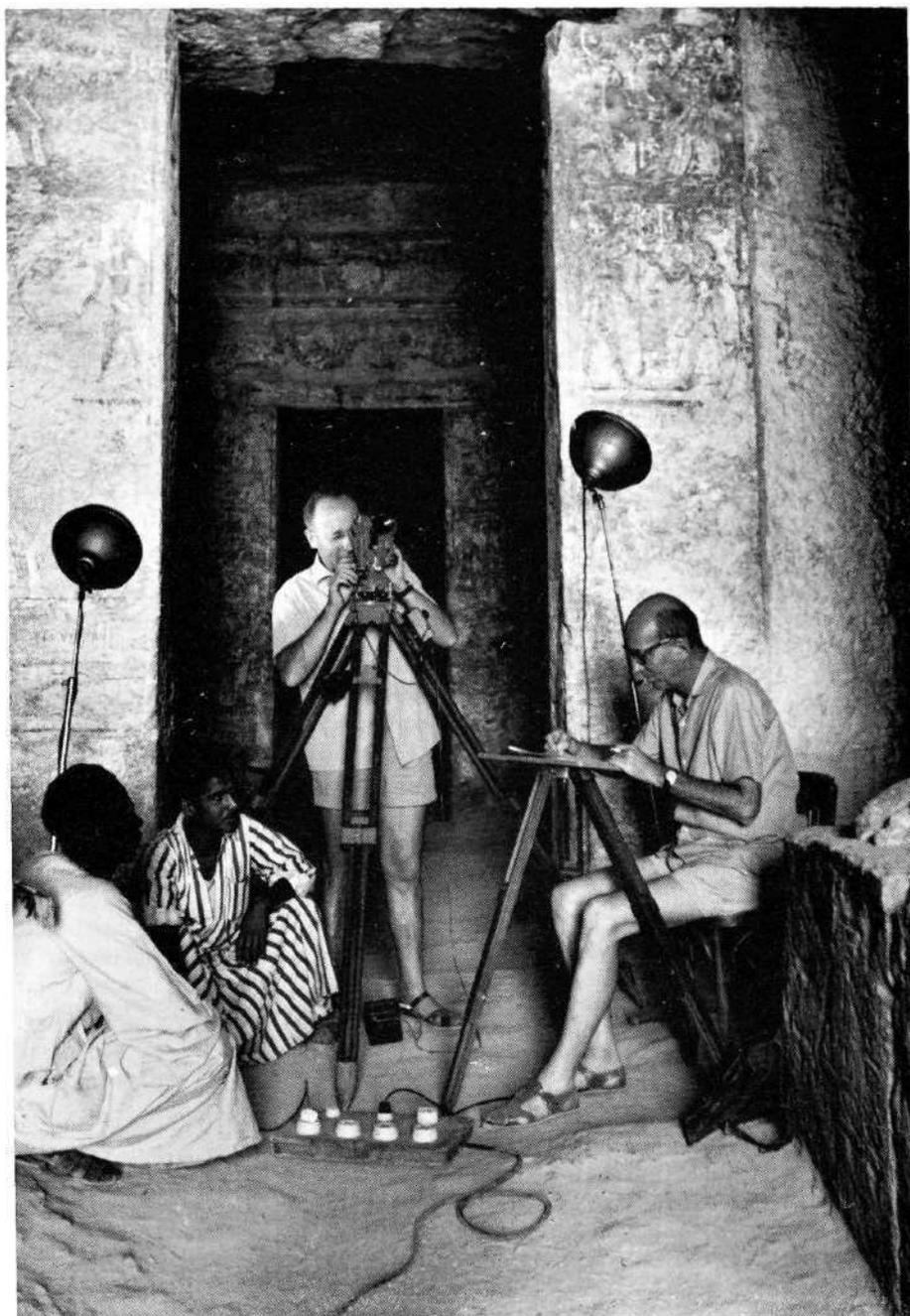
Mais la nécessité de mesures précises des sites, des monuments et des objets est également de plus en plus ressentie. A l'appui de l'indispensable étude descriptive, illustrée de dessins et de photographies, la place est maintenant faite aux relevés précis, scientifiquement établis. On peut étendre à l'archéologie, considérée dans le sens le plus large du terme, ce qu'André Donzet écrivait, il y a quelques années, au sujet des monuments historiques : « Il s'agit maintenant de cerner toujours de plus près la réalité des structures, des formes, des épidermes et cela pour satisfaire aussi bien les exigences de la critique historique que celles des techniques de restauration ». Ici interviennent les méthodes géodésiques, topographiques et photogrammétriques.

Tout travail sur un chantier archéologique commence par l'établissement d'un canevas de repérage. S'il s'agit d'un chantier de grandes dimensions, on déterminera un réseau de points de repère, matérialisés par des bornes ou des piquets scellés et généralement implantés selon un quadrillage. C'est par rapport à ce quadrillage que seront ensuite définies la position et l'altitude relative

de tous les éléments archéologiques progressivement mis à jour. Les opérations se mènent ici par les procédés classiques de la micro-géodésie et de la topométrie (alignements, mesures d'angles et de longueurs, nivellement), les instruments modernes de mesure de distances en facilitant l'exécution ainsi que les nouveaux appareils de chantier utilisant le laser. Pour les fouilles de petites dimensions, le procédé traditionnel d'un quadrillage constitué par un maillage rectangulaire de cordes tendues est encore souvent utilisé, mais les instruments topométriques apparaissent de plus en plus sur le terrain.

Viennent ensuite les relevés de détails. On peut se limiter à des mesures directes, point par point, se référant au quadrillage général. Ces mesures ont l'avantage de la simplicité et de l'économie ; mais elles ont l'inconvénient d'une précision faible et peu homogène, d'une détermination ponctuelle nécessitant ensuite une interpolation, d'une lenteur qui paralyse quelque peu l'avancement du travail et d'un inévitable piétinement de la fouille qui peut ne pas être sans inconvénient pour la conservation des vestiges fragiles. L'idée vient donc naturellement d'un enregistrement photographique qui évitera tous ces inconvénients mais présentera, par contre, un autre désavantage, celui de ne donner qu'une image perspective. Ici apparaît avec évidence l'intérêt de la stéréo-photogrammétrie qui va franchir ce dernier obstacle et permettre de résoudre, dans la plupart des cas, tous les problèmes des relevés de détails archéologiques.

Cette photogrammétrie sera faite au sol, en bordure du chantier, — en l'air, en élevant la chambre métrique à l'aide d'un bipode, d'une plateforme télescopique ou d'un ballon, — sous terre s'il s'agit de salles enfouies, de tombes, de grottes à parois peintes, — et même sous l'eau : on entre dans le domaine de l'archéologie sous-marine auquel l'UNESCO a consacré récemment un important ouvrage (épaves de bateaux antiques, vestiges portuaires, etc). Notons toutefois que, dans des



Opérations topométriques pour le relevé du grand temple d'Abou-Simbel (Egypte).

cas simples par les formes à relever ou difficiles par la structure générale de l'élément archéologique (escaliers, galeries), peu favorable à la prise de vues photogramétriques, l'emploi de la planchette topographique peut apporter une heureuse solution.

Pour les sites archéologiques importants, on conçoit toutefois que l'implantation d'un quadrillage de repérage, d'une part, le relevé fin des détails, d'autre part, ne suffisent pas à donner la topographie générale du

site, sinon au prix d'un travail considérable et fort long. La photographie aérienne verticale, prise en avion ou en hélicoptère, offre l'image d'ensemble nécessaire. Si, de plus, l'appareil photographique utilisé est une chambre métrique et si les recouvrements stéréoscopiques entre clichés successifs sont assurés, les techniques photogramétriques vont permettre de transformer cette image en un plan complet du site et de son environnement, avec tous les éléments archéologiques et toutes les données altimétriques nécessaires.

Il s'agit, en fait, d'une adaptation à un cas particulier des méthodes classiques d'application de la photogrammétrie aux levés topographiques.

L'archéologie, c'est aussi l'objet ancien, trouvé dans un chantier de fouilles ou sur un site, analysé en laboratoire, étudié par l'historien d'art, conservé ou présenté en musée. Ici encore la mesure et l'expression graphique aussi précise que possible, et non pas seulement figurative, sont nécessaires à la « publication », à une étude fine des formes, des volumes et des proportions, à la recherche d'une typologie, etc. La photogrammétrie s'adapte parfaitement à ce travail, comme l'ont prouvé les essais menés par l'I.G.N. en collaboration avec le Laboratoire de Recherche des Musées de France, sous le contrôle du Professeur Paul Marie Duval.

Quant à l'archéologie monumentale, qui étudie les structures, les dimensions, l'appareil, le décor, l'histoire et l'évolution des édifices témoins du passé et qui complète, sous un autre aspect, l'analyse faite par l'architecte responsable de la conservation et, éventuellement, de la restauration des « monuments historiques », elle ne saurait se passer, elle non plus, de relevés pour lesquels archéologues et architectes demandent toujours plus de rigueur, toujours plus d'exactitude. Les relevés « à main » font souvent place aujourd'hui aux relevés effectués par les méthodes « géodésiques », c'est-à-dire par les procédés de triangulation, de polygonation et de nivellement, et plus encore par les méthodes photogrammétriques. Il n'est pas sans intérêt de rappeler que les tout premiers essais de ces dernières méthodes ont été effectués sur des monuments et que le nom même de photogrammétrie est dû à un architecte, l'allemand Albrecht Meydenbauer, qui l'imagina dans le troisième quart du 19<sup>e</sup> siècle. Plus de cent ans après, la « photogrammétrie architecturale » connaît aujourd'hui un remarquable développement dans le monde entier.

Quelques exemples empruntés aux travaux de l'I.G.N. en Egypte illustre-

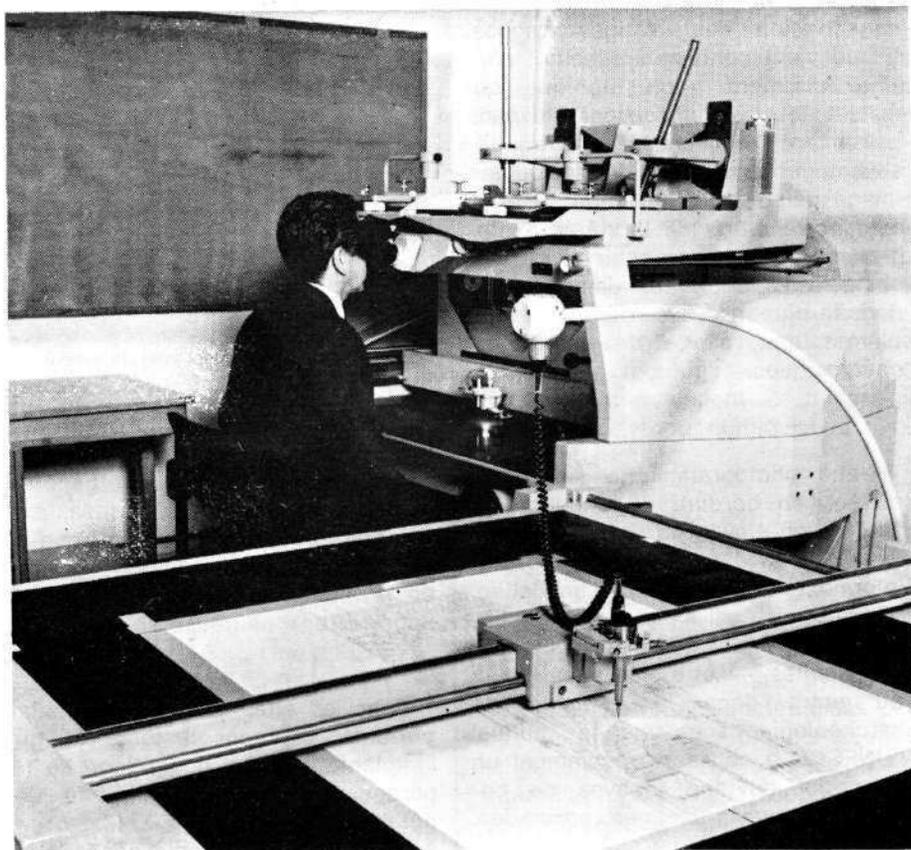
ront bien, à l'exception des relevés d'objets d'art, l'apport des techniques géographiques à l'archéologie.

Depuis 1960, la grande aventure de la Campagne internationale de sauvegarde des monuments de Nubie qui permit à l'UNESCO de faire la preuve, pour la première fois, que le monde entier est capable de contribuer à la préservation d'une œuvre qui, par son importance et sa beauté, appartient au patrimoine commun de l'humanité, a nécessité l'intervention constante des topographes. Dès 1955, d'ailleurs, à l'annonce de la décision du gouvernement égyptien de construire le Grand barrage d'Assouan, les opérations avaient été entreprises sous l'impulsion de Mme Desroches-Noblecourt. Il fallait une carte de la vallée du Nil, d'Assouan à la frontière soudanaise, pouvant servir de base à un inventaire archéologique. Un avion de l'I.G.N. prend les photographies aériennes nécessaires, une mission détermine au sol quelques points

d'appui, une aérotriangulation et une restitution sont effectuées dans les ateliers photogrammétriques et une carte à 1 : 10 000, en une trentaine de feuilles, est prête. Elle va servir à la localisation de tous les sites et monuments de Nubie et à une première étude des opérations de transfert envisagées. Parallèlement, les relevés photogrammétriques de chaque site ou monument sont entrepris, permettant les études archéologiques et la préparation du démontage des temples ou du découpage de ceux qui sont taillés dans les falaises rocheuses qui bordent l'étroite vallée du Nil. Les relevés s'achèvent actuellement sur le dernier ensemble monumental à sauver, celui de Philae.

Quelques centaines de kilomètres plus au Nord, le Centre franco-égyptien d'étude des temples de Karnak mène, en même temps que des recherches historiques, arché-

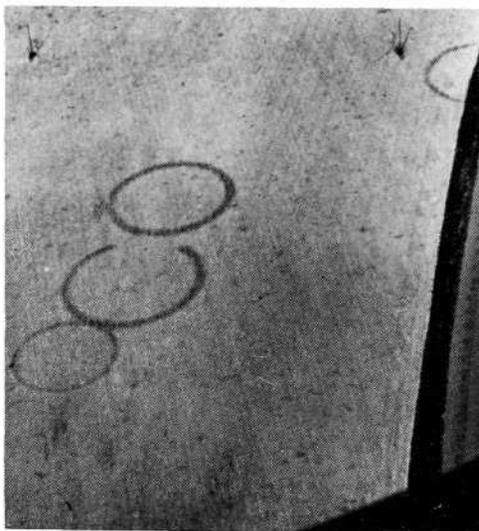
Restitution stéréophotogrammétrique.



turales et archéologiques, une œuvre de restauration et de protection contre les dégradations dues à la remontée de la nappe phréatique. Des opérations géodésiques et de nivellement de précision ont quadrillé et borné le site. Une prise de vues aériennes a permis d'en établir un photoplan et d'en dresser un plan à très grande échelle. Plus récemment, le relevé photogrammétrique des éléments architecturaux a été entrepris et se poursuivra au fur et à mesure de la progression des travaux du Centre.

De l'autre côté du Nil, se dresse la Montagne de Thèbes, dominée par sa pyramide naturelle, creusée des prestigieuses tombes royales et princières, ceinturée d'imposants temples funéraires : Ramesseum, Medinet-Abou, Deir-el-Bahari, mais la Montagne de Thèbes cache aussi des trésors moins connus : il s'agit des milliers de graffiti que les ouvriers des nécropoles ont laissé sur la roche et dont l'inventaire, entrepris en 1966, s'achève actuellement. Le rôle de l'archéologue est de retrouver et de déchiffrer ces graffiti, riches d'enseignements sur la vie quotidienne au temps des plus brillantes dynasties pharaoniques, mais parfois également sur toute l'aventure de la vallée du Nil, de la pré-histoire à l'Égypte chrétienne des premiers siècles de notre ère. Le rôle du topographe est de relever minutieusement, par des mesures directes, les parois rocheuses couvertes d'inscriptions et de les localiser sur une carte d'ensemble établie par photogrammétrie aérienne. Cette carte couvre tout le massif et, par conséquent, la vallée des Rois, la vallée des Reines, etc. Il faut aussi y mettre en place les tombes et dresser les plans de ces tombes : leurs formes complexes, leurs longs couloirs font l'objet d'un relevé à la planchette, de même d'ailleurs que les « greniers de Ramsès II » qui, au Ramesseum, entourent le temple.

Les travaux de l'I.G.N. en Égypte ne sont qu'un exemple parmi bien d'autres, exécutés en France pour la Direction de l'Architecture (monuments historiques) ou le Service des Fouilles (chantiers archéologiques),



(photo H. Baranger)



(photo R. Agache)

(1) Enclos proto historiques mis en évidence par des anomalies dans la croissance des céréales (Neuf Moulin, Somme).

(2) Villa gallo-romaine (Coulouvillers, Somme) révélée par une gelée blanche qui ne s'est maintenue que sur l'emplacement des murs arasés.

mais aussi, à la demande de l'UNESCO, du C.N.R.S., des Instituts français d'archéologie à l'étranger, en Syrie, en Jordanie, au Liban, en Grèce, au Népal, en Indonésie, en Éthiopie, au Pérou... Avant de relever, toutefois, il faut connaître l'existence même du site archéologique. Nous abordons ici un autre domaine des techniques géographiques, celui de la télédétection.

Il s'agit d'abord d'une analyse systématique des couvertures photographiques aériennes du territoire : telle variation de tonalité, telle forme insolite peut être l'indice d'un vestige intéressant. C'est une première approche qui peut guider et orienter les recherches du spécialiste. Son principal intérêt réside cependant dans la reconstitution des grandes implantations du monde antique : celles des voies de communication et celles des tracés cadastraux. Les longs alignements des routes, les quadrillages agraires ont laissé des marques quasi-indélébiles dans le sol, marques que la photographie aérienne met en évidence mieux que tout autre document : telles ces centuriations romaines d'Afrique du Nord, de Provence ou du Languedoc qui ont fait l'objet d'importantes études de photo-interprétation. La continuité des alignements anciens sera

même parfois encore mieux mise en évidence sur des images obtenues à partir des enregistrements d'un scanner opérant dans la gamme de l'infrarouge thermique, comme l'ont montré de récents essais dans la région de Creil.

Quant aux méthodes de la prospection archéologique aérienne, qui utilisent essentiellement des prises de vues d'« amateur » faites ponctuellement à bord d'avions de tourisme par un petit groupe de spécialistes compétents et enthousiastes, elles ne s'éloignent guère des techniques géographiques, car elles s'apparentent étroitement à celles de la photo-interprétation par le choix des émulsions les plus appropriées et par leur capacité de fixer sur l'image photographique l'apparition souvent très fugitive de vestiges enfouis, grâce à une détermination de l'instant optimal basée sur une connaissance approfondie des caractères régionaux et même locaux de la pédologie, de l'hydrologie, des conditions météorologiques, de la croissance de la végétation, etc. On doit entre autres à ces méthodes, depuis quelques années, la découverte de milliers de cercles proto-historiques et de villas gallo-romaines, totalement inconnus.

# Les techniques géographiques au service de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et de l'architecture

par Henri HOVASSE, I.G.G.

Pour balayer un aussi vaste domaine, le mieux est peut-être de suivre en premier, le travail de l'équipe d'aménageurs puis ceci une fois fait, de jeter un coup d'œil sur les outils nouveaux que l'on espère voir se développer avec la deuxième génération des plans d'occupations des sols.

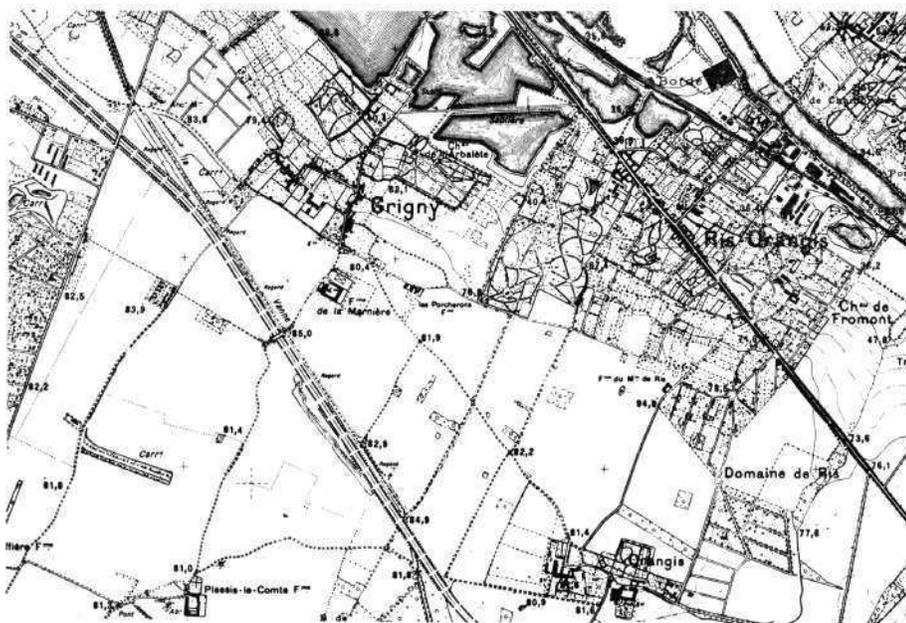
## 1. Recherche et utilisation des travaux antérieurs

Que l'on soit dans le domaine de l'aménagement avec les grands schémas (schéma du littoral, Provence Côte d'Azur), des S.D.A.U., des P.O.S. ou même de l'urbanisme opérationnel, c'est la première tâche qui s'impose à l'équipe d'études.

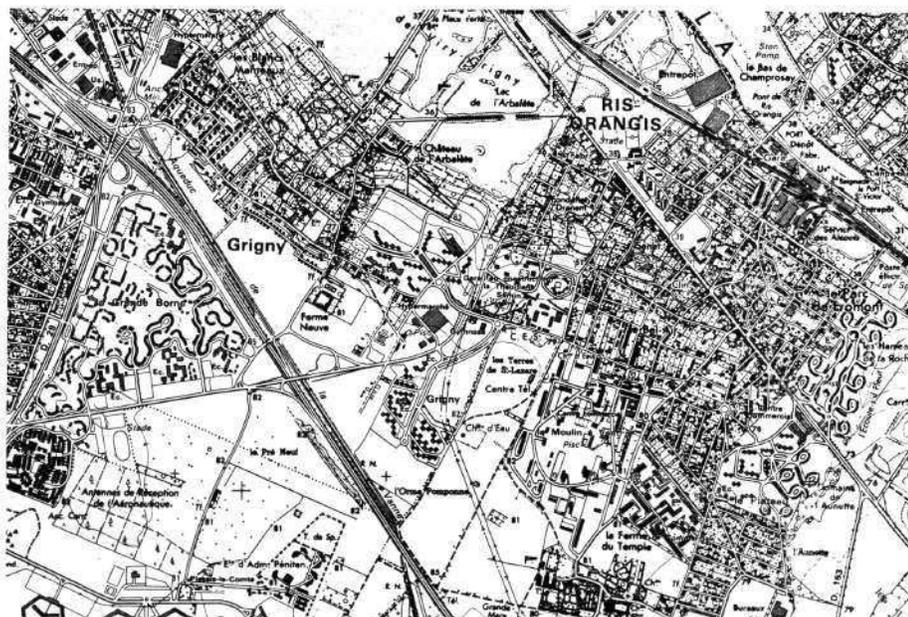
Que sait-on sur cette zone, de son passé, de ses traditions, de son évolution ? Quelles décisions ont déjà été prises concernant son avenir, quel est le futur engagé... ?

Dans cette pêche aux données qu'elle porte sur les caractéristiques physiques, économiques, sociologiques, culturelles, écologiques etc..., qu'elles soient actuelles ou passées, l'on bute toujours sur la dispersion et l'hétérogénéité de la documentation.

Quelques organismes (D.O.C.A.M.E. N.O.R., A.M.E.D.O.C...) se sont efforcés de rassembler à l'échelon multi-régional une part importante des publications et de les rendre accessibles aux équipes d'études. C'est malheureusement l'exception et en général une bonne partie de l'énergie des aménageurs se perd à rechercher ce qui a été décrit, projeté, décidé antérieurement. Le travail est fastidieux, la moisson est souvent pauvre : une bonne monographie sur un thème



Extrait de Corbeil 7,8 - Ed. 1956 et



Extrait de Corbeil 7,8 - Ed. 1973.



Fréjus-Cannes au 1/25 000 en 1946.



Fréjus-Cannes au 1/25 000 en 1974.

en un endroit donné : rien du tout ailleurs. Bien souvent même, l'on prend le parti de redémarrer à zéro comme si tous les travaux antérieurs étaient inutilisables et l'on remonte aux sources : les données de l'I.N.S.E.E., la carte, les photos aériennes.

Si l'on se reporte toujours aux recensements successifs, l'on ne pense pas aux possibilités qu'apportent les

éditions successives d'une même carte ou les missions de photographies aériennes réalisées ces dernières années.

L'avantage de la carte au 1/25 000<sup>e</sup> est finalement qu'elle contient un petit nombre d'informations et qu'elles sont faciles à comparer : périmètres urbanisés, étendues boisées, réseau viaire, limites administratives... et ceci dans de bonnes conditions de pré-

cision. A la cartothèque de l'I.G.N. on peut consulter en particulier toutes les éditions successives des différentes cartes topographiques ayant couvert le territoire national.

Si l'on se borne à l'évolution des 30 dernières années l'examen et l'étude des missions de photographies aériennes successives (3 à 8 en moyenne) réalisées au 1/30 000<sup>e</sup> en général par l'I.G.N. sur l'ensemble du territoire, au 1/20 000<sup>e</sup> ou au 1/8 000<sup>e</sup> plus précisément dans les périmètres urbains par la division des travaux topographiques de la D.A.F.U. permet d'avoir des données quantitatives sur l'évolution de divers phénomènes. La richesse d'informations est beaucoup plus grande que sur la carte ; l'interprétation plus difficile (aspect changeant dû aux saisons, à l'heure de la prise de vues, aux différentes échelles...). Evidemment, certaines données intéressantes pour l'aménageur, par exemple : la toponymie, les limites administratives n'apparaissent pas et il faudra les retrouver par compilation d'autres sources.

## 2. La collecte

### d'autres données, les enquêtes complémentaires

Le recueil des données, les données glanées elles-mêmes, les lacunes de la connaissance, les idées qui se font jour sur l'aménagement possible font apparaître une série de questions auxquelles on va s'efforcer de répondre par un travail sur place et par des missions plus précises confiées à tel ou tel spécialiste.

— Lorsqu'il s'agit d'une vaste zone ou de zone complexe, la connaissance visuelle du terrain est grandement facilitée par la pratique répétée du survol aérien. Ce « survol » sans être accompagné de travail sur documents et de parcours au sol risque de conduire à des opinions « superficielles » paradoxales voire farfelues.

Le spécialiste demande en général

pour l'étude du phénomène qui l'intéresse (végétation, humidité des sols, échauffement, pollutions...) des images du sol recueillies dans les conditions nécessaires à une bonne interprétation. C'est le cas en particulier des missions de thermographie où l'enregistrement est fait par un scanner infrarouge. Bien souvent on fait appel également aux sensibilités différentes des émulsions photographiques en fonction de la longueur d'ondes (panchromatiques, couleur, infrarouges, « fausses couleurs ») pour obtenir par analyse comparée les renseignements utiles à l'étude.

— Lorsqu'il s'agit d'une agglomération, l'évaluation du domaine bâti, de ses caractéristiques, de sa qualité passe par un emploi conjugué du parcours systématique d'une partie du corps de rue et de l'emploi au bureau des photographies aériennes utilisées en vision stéréoscopique.

— Lorsqu'il s'agit d'une zone à aménager, le parti à adopter, la perception du site passe par une connaissance des caractéristiques topographiques, écologiques, géotechniques du sol. Cette recherche de données n'est jamais générale et systématique et se fait par étapes en fonction de l'avancement de l'étude.

Bien souvent, on est amené à dégrossir à ce stade un certain nombre d'avant-projets, pour cela il faut disposer rapidement de données métriques. On n'utilise plus les photographies brutes mais après passage à l'appareil d'orthophotographie dans un premier temps puis après restitution graphique et dessin dans un deuxième temps.

A quoi servent en effet ces études ? : à déterminer la disposition relative des grands équipements (en y incluant bien sûr les zones de protection), la « meilleure » utilisation possible de l'espace, compromis entre les désirs logiques, rationnels, prospectifs des techniciens et la volonté concrète des représentants élus, des forces vives politiques économiques syndicales concernées par l'aménagement en question.

En premier lieu, il faut donc préciser l'occupation actuelle du sol. Ceci nécessite et fixe l'importance de la mise à jour des enquêtes et des do-



Orthophotographie de Narbonne au 1/10 000.

cuments dont on dispose. Il faut citer à ce propos l'énorme effort fourni par l'administration centrale et par toutes les équipes en place depuis 5 ans pour établir des fonds de plans pour la première génération de plans d'occupation des sols en utilisant au mieux tous les documents existants : plans anciens, fonds cadastraux, carte au 1/25 000<sup>e</sup> même. On s'est rendu compte à ce propos que la connaissance objective que nous avons du territoire est quelque peu sommaire et qu'une gestion rationnelle du foncier et du domaine bâti demanderait des documents bien meilleurs. Un autre constat est la difficulté d'avoir des documents à jour et de tenir à jour ceux que l'on possède. Le seul moyen d'avoir des données à l'instant sur une zone reste bien entendu la photographie aérienne verticale et lorsqu'on se pose des problèmes de distances ou de surfaces son exploitation sous forme d'orthophotographie ou de plans photogrammétriques.

En second lieu, pour guider les choix dans l'utilisation des sols, il faut établir les potentialités, les vocations, les contraintes naturelles ou créées. Les cartes d'avalanches, de zones inondables, d'ensoleillement sont de bons exemples d'analyses de phénomènes « naturels » et de leurs conséquences sur l'aménagement, les cartes des isochromes de déplacement, de phénomènes « créés ». D'intéressants essais de synthèses partielles dans les domaines géotechniques ont

été menés soit par le B.R.G.M. avec un financement de la D.A.F.U. soit par les Laboratoires des ponts et chaussées (\*)

### 3. Représentation

#### et publication des données

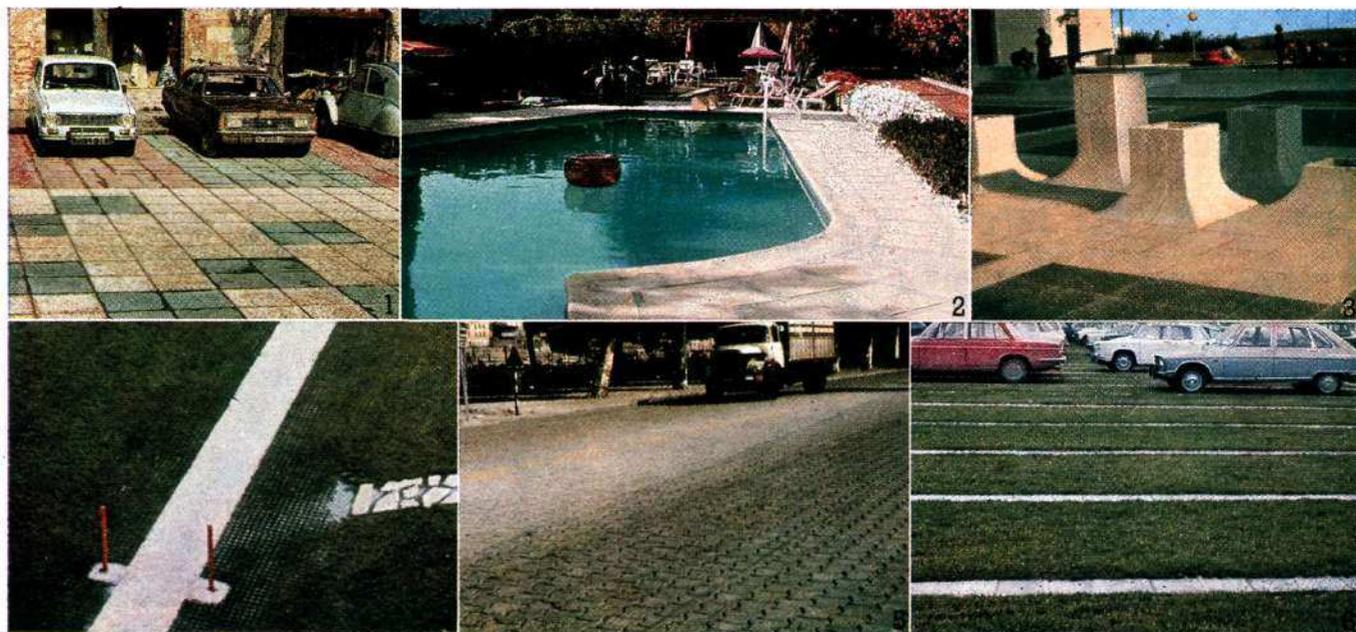
Quand on se reporte aux publications des géographes dans différents domaines de l'Aménagement du territoire l'on constate deux grands courants dont s'inspirent plus ou moins toutes les équipes d'aménageurs :

— Le premier est représenté par les rédacteurs des atlas régionaux où chaque carte essaye de faire ressortir des corrélations de nombreux éléments. Toutes les possibilités de combinaisons de symboles et de couleurs sont utilisées : chaque carte est un « petit chef-d'œuvre ». Il faut même avec la légende et la lecture du commentaire un temps assez long pour s'imprégner de la matière.

(\*) La Cartographie Géotechnique en France, par R. Sanejouand (L.C.P.C. et D.A.F.U.), Notice explicative de la carte au 1/50 000<sup>e</sup> de Clermont-Ferrand et son application à l'aménagement et à l'urbanisation, par M. Humbert (B.R.G.M. et D.A.F.U.).

# Le béton donne le ton.

Des spécialistes ont donné au revêtement de sol en béton ses lettres de noblesse.



# Le béton donne le ton.

**Les revêtements de sols extérieurs en béton : la beauté dans le temps.**

Aujourd'hui, les revêtements de sols extérieurs en béton donnent le ton.

La raison? Pour la première fois, imagination et économie ont trouvé un "terrain d'entente".

**Esthétique:** Choix étendu des couleurs, des formes, des modules, des aspects de surface permettant une totale liberté d'expression et une parfaite harmonisation avec l'environnement.

**Economie:** Pavés, dalles décoratives, dalles gazon : des petits modules aisément maniables :

- une qualité régulièrement contrôlée en usine,
- une pose aisée, rapide, par tous temps et sur tous terrains,
- une démontabilité et un réemploi sans problèmes.

Les revêtements de sols extérieurs en béton - parce qu'ils allient de larges possibilités décoratives aux propriétés physiques bien connues du béton - gardent à l'usage toutes leurs qualités. C'est la beauté dans le temps.

**Dalles décoratives, pavés, dalles gazon : trois produits, une multiplicité d'utilisations.**

**Dalles décoratives et pavés.** Dans tous les cas, ils laissent libre cours à

vos idées, votre créativité, tout en vous permettant de faire preuve de réalisme.

Leurs applications? Multiples. A vous de les choisir :

- circulation des piétons : places et rues piétonnes, espaces verts, allées de jardins et plages de piscine, cours d'écoles et centres commerciaux, trottoirs...
- passage des véhicules : entrées de garage, parkings, voirie urbaine...
- et aussi toitures-terrasses, stations-service, quais, sols industriels.

**Dalles gazon.** Tout le monde rêve de verdure. Alors, pourquoi ne pas intégrer le fonctionnel à la nature?

Les dalles gazon permettent de créer entrées de garage, "voies pompier", allées carrossables, parkings verts, et de stabiliser sols, talus, berges... ouvrages aussi originaux que fonctionnels qui s'intègrent parfaitement à l'environnement. Et qui respectent la nature.



Syndicat national des fabricants de produits en béton pour voirie de surface et signalisation.

Affilié à la fédération de l'industrie du béton.

## Légendes photos

- 1) Parking urbain dalles décoratives dont la variété de couleurs permet de matérialiser les emplacements.
- 2) Dalles utilisées en plage de piscine.
- 3) Sol et volumes de forum réalisés en dalles décoratives.
- 4) Allée piétonne bordée de part et d'autre par 1,50 m de dalles gazon constituant une voie pompier.
- 5) Voie urbaine réalisée en pavés.
- 6) Parking en dalles gazon, avec marquage des places en dalles pleines.
- 7) Parking "vert" en dalles gazon.
- 8) Rue piétonne en pavés.
- 9) Trottoir en pavés harmonieusement colorés.
- 10) Rue piétonne en dalles décoratives "pierre clivée".
- 11) Allée de jardin public réalisée en dalles décoratives "gravillons lavés".

Pour mes prochaines réalisations, je désirerais connaître l'adresse du spécialiste Sol-Béton-Novation le plus proche de chez moi.

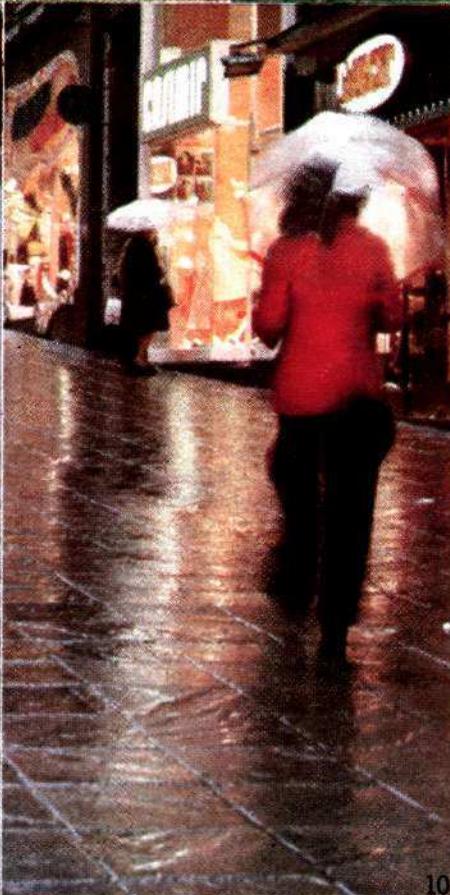
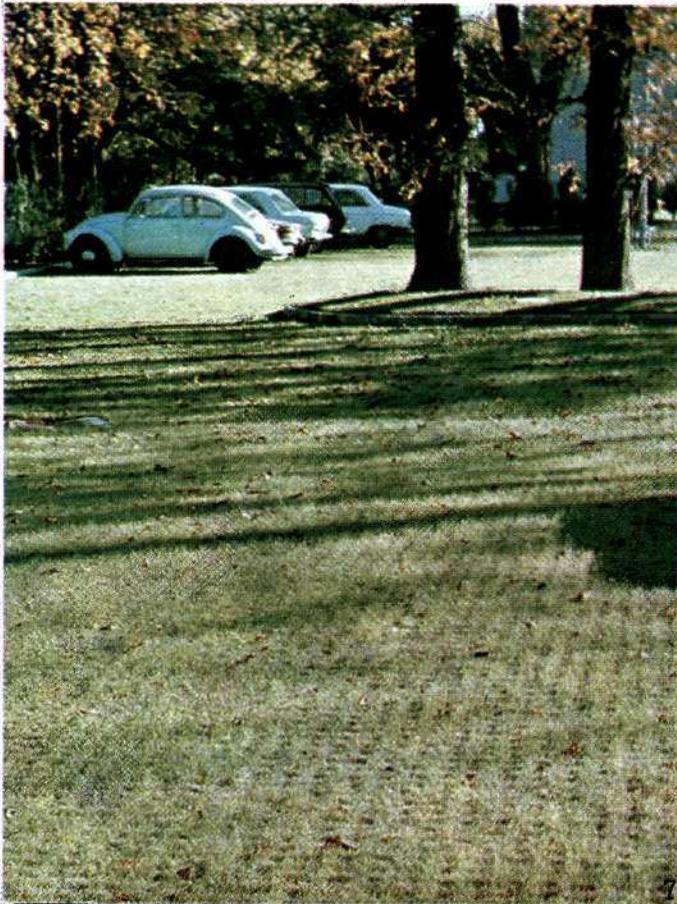
Nom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Tél. \_\_\_\_\_

Profession ou Société \_\_\_\_\_

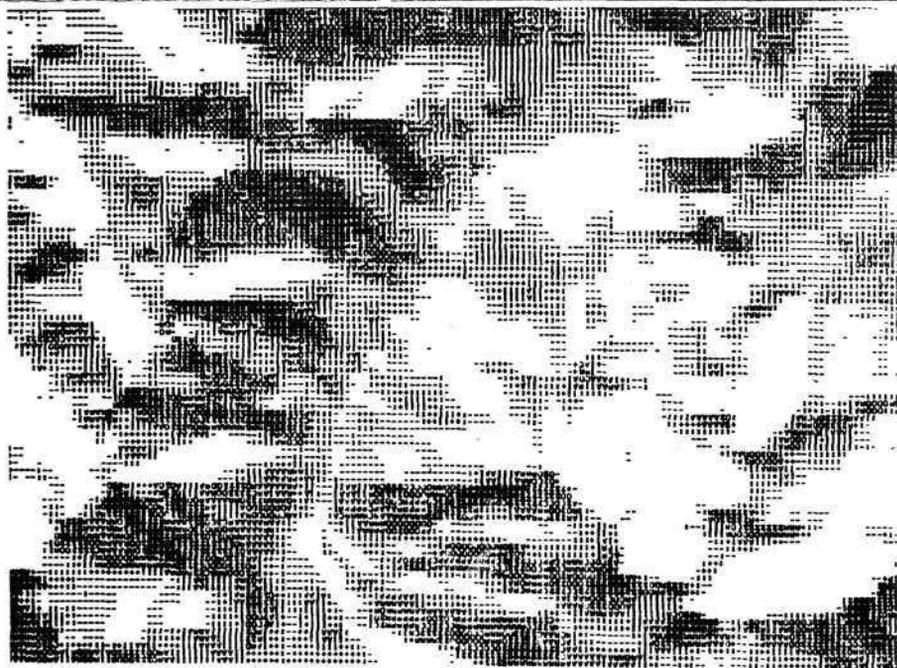
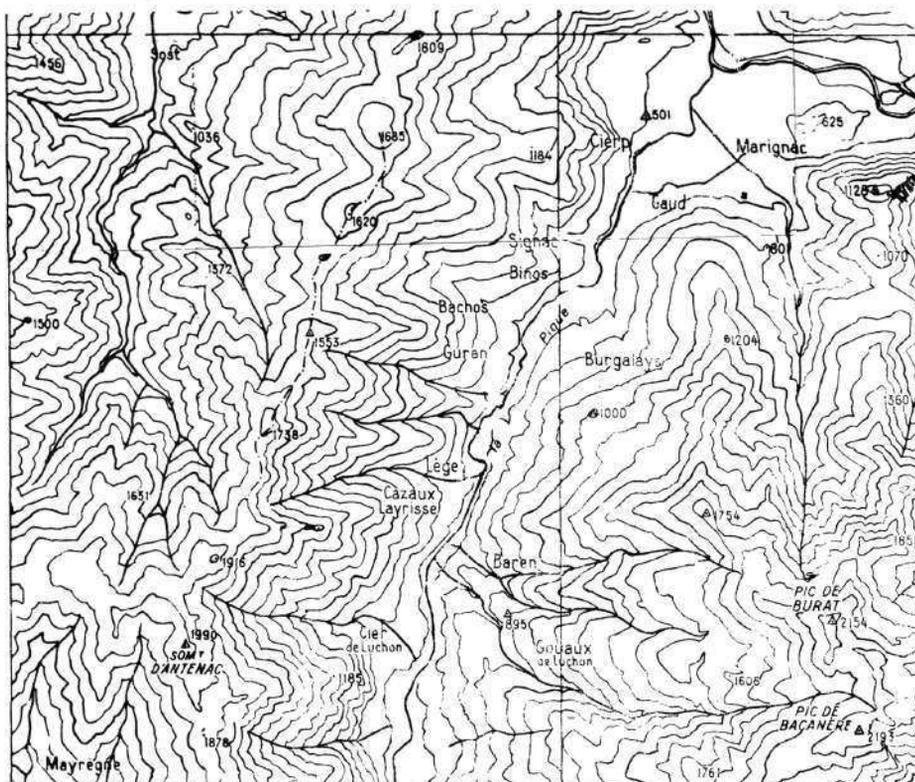
Sol-Béton-Novation 3, rue Alfred-Roll,  
75849 Paris. Cedex 17.



— Le deuxième est orienté vers l'économie de moyens et cherche à pouvoir cartographier aisément de nombreuses données élémentaires et à recommencer très souvent au fur et à mesure de l'obtention de nouvelles données. C'est le courant représenté en particulier par le professeur Bertin et le laboratoire de cartographie de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. On pourrait y rattacher les cartes par mailles, les cartes sorties directement des imprimantes (système S.Y.M.A.P.).

Quelle que soit la tendance des techniciens, les données « objectives » de l'aménagement ne deviennent compréhensibles et utilisables qu'une fois vues, confrontées les unes avec les autres, discutées, réécrites avec et par les collectivités locales. La traduction des données en textes tableaux, courbes et cartes ne se fait donc pas d'un seul coup mais évolue tout au long du processus d'élaboration conjointe. La matière, le contenu, les modes de représentation adoptés varient au fil des jours suivant le groupe cible. Ceci oblige l'aménageur à avoir sous la main toute une panoplie de fonds de plans à diverses échelles, de divers formats avec plus ou moins d'information pour faire passer son message. La fourniture sous une forme utile et pratique (calques par couleurs séparées) de fonds de plans pour ce genre de travaux est une préoccupation récente de l'Institut Géographique National où l'on a considéré longtemps la carte topographique comme une fin en soi, un tout plutôt que comme un support pour l'établissement de documents thématiques. Cet ensemble de plans de schémas provisoires, destiné au travail interne à l'équipe, aux travaux des commissions, aux conférences finit par représenter un volume considérable.

Lorsqu'il faut passer à la publication définitive du schéma d'aménagement, du P.O.S. ou de l'étude, il faudra se contenter de quelques cartes synthétiques. L'expérience des années écoulées montre que jusqu'à présent les résultats obtenus ne sont en général ni à la hauteur des ambitions des équipes urbaines ni à la hauteur des crédits dépensés. On constate là aussi souvent que la pré-



## SOLSTICE D'HIVER

SANS CORRECTION ATMOSPHÉRIQUE

Arreau : 1 - 100 000.

sentation des informations, la cartographie soignée ne sont pas le fait d'amateurs.

Quelques erreurs relevées en passant : documents d'un format utilisable dans une salle de bal, carte à mi-chemin entre l'affiche et le document à lire de près, carte de « synthèses »

d'une richesse telle que seul un bénédictin patient peut arriver à l'assimiler...

En résumé, on pourrait dire qu'une grande partie de l'effort consenti par l'équipe d'aménagement au niveau des analyses, des synthèses partielles

n'est pas son vrai travail et que l'on pourrait imaginer que ce soient les instances chargées de la description du pays, le Ministère de l'Economie et des Finances avec l'I.N.S.E.E. et le Cadastre, le Ministère de l'Équipement avec l'I.G.N., le Ministère de l'Agriculture qui les lui fournissent. Il est en tout cas évident que les efforts sporadiques et discontinus de recueil de données à jour que l'on effectue en France au moment de l'établissement des documents d'urbanisme devraient disparaître au profit d'une collecte avec mise à jour continue.

## LES OUTILS D'AUJOURD'HUI... ET DE DEMAIN

Ces outils dont on commence à sentir l'application dans des domaines limités ont pour objectif d'aider à la gestion de l'espace (on pourrait même dire de la biosphère) des ressources naturelles et des hommes.

### 1. Les plans informatisés

Les fonds de plans ne sont jamais disponibles à l'échelle ou dans le découpage que l'on désire ; trop riches en détails pour un usage, trop pauvres pour un autre. Le progrès passe donc, une fois le levé fait par la mise en mémoire des levés et leur **restitution sélective à la table à dessiner**.

Les plans informatisés au 1/2 000<sup>e</sup> mis au point par la division des travaux topographiques de la D.A.F.U. avec l'aide des moyens informatiques (ordinateur et traceur) du C.E.T.E. d'Aix en sont une première ébauche. Pour l'instant les premiers sous-produits utilisables du fichier sont la sélection d'un ou de plusieurs types de détails identifiés à la saisie (on peut sortir par exemple à la demande les voies, les haies et les murs, puis les maisons en dur sans les hangars etc.) et dans certaines conditions de saisie avec un petit programme les calculs sur les surfaces de certaines zones (par exemple les coefficients d'emprise, les pourcentages d'espaces verts...).

Dans un autre ordre, le service régional de l'équipement de la région parisienne commence à publier en collaboration avec le service du cadastre un plan au 1/2 000<sup>e</sup> informatisé comportant le parcellaire en numérisant et en complétant les plans cadastraux avec les données topographiques. Le service du Cadastre étudie pour sa part, à l'occasion du remaniement et de la rénovation des plans cadastraux sa mise complète sous forme numérique.

Le problème qui reste à résoudre est la mise au point à un coût raisonnable du système complet allant de la collecte des données au fur et à mesure de leurs modifications sur le terrain, à leur restitution par dessin automatique fourni à tous les utilisateurs. On bute sur le problème de la tenue à jour, de la mise à jour bien connue des cartographes.

Dans le domaine des banques de données topographiques, il faut citer la cartographie numérique de la ville de Marseille et celle de la communauté urbaine de Lille, toutes deux orientées vers la gestion. Il importe de citer aussi les efforts entrepris dans le domaine des plans à grandes échelles pour la gestion des différents réseaux par le Secrétariat Général des Villes Nouvelles et en particulier par l'Établissement Public de Marne-la-Vallée.

Le calcul de modèles de terrain obtenus à partir de l'information numérique tirée directement du levé ou de courbes de niveau ou de semis de points a été particulièrement développé à l'I.G.N. en vue de certaines exploitations : cartes des pentes, cartes d'ensoleillement. Dans un domaine connexe, l'automatisation de l'orthophotographie par emploi du corrélateur d'images et l'enregistrement des données altimétriques soit sous forme de maillage orthogonal de points cotés soit sous forme de points de courbes et de segments tangents va permettre de calculer toutes sortes de données relatives au relief.

### 2. Les grands fichiers nationaux (1)

A quoi sert un fond de plan en

effet sinon à y faire figurer d'autres données ? Or ces données intéressantes pour l'aménageur sont retranscrites à partir de fichiers parfois même informatisés où elles sont classées enregistrées tenues à jour. Il convient donc d'organiser cet ensemble de fichiers y compris ceux décrivant le terrain en base de données permettant de traiter automatiquement l'ensemble de ces informations. C'est l'objectif que poursuit le groupe de travail I.N.T.E.R.L.O.C. regroupant dans un cadre interministériel, la Direction Générale des Impôts, la Direction du Bâtiment, des Travaux Publics et de la conjoncture et la Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme.

Le système informatique de localisation électronique (S.I.L.O.E.) en fin de constitution va déjà rendre de multiples services.

Il comporte trois répertoires :

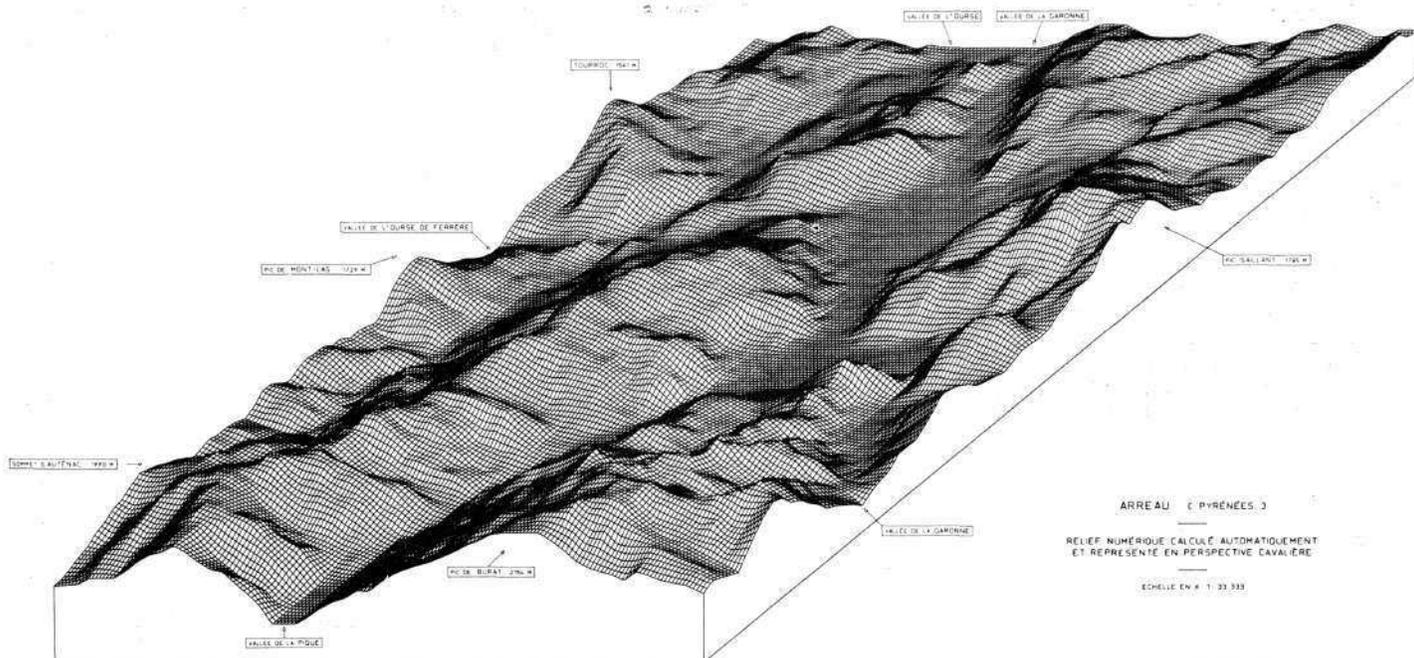
— Le Répertoire Géographique des Parcelles (R.G.P.) s'appliquant aux 100 millions de parcelles du territoire ; c'est une passerelle entre deux identifiants (adresse postale et références cadastrales) et un localisant (coordonnées Lambert d'un point « centroïde ») de la parcelle.

— Le Répertoire Géographique Urbain (R.G.U.) système dual permettant de passer des îlots aux segments de voirie entre deux carrefours.

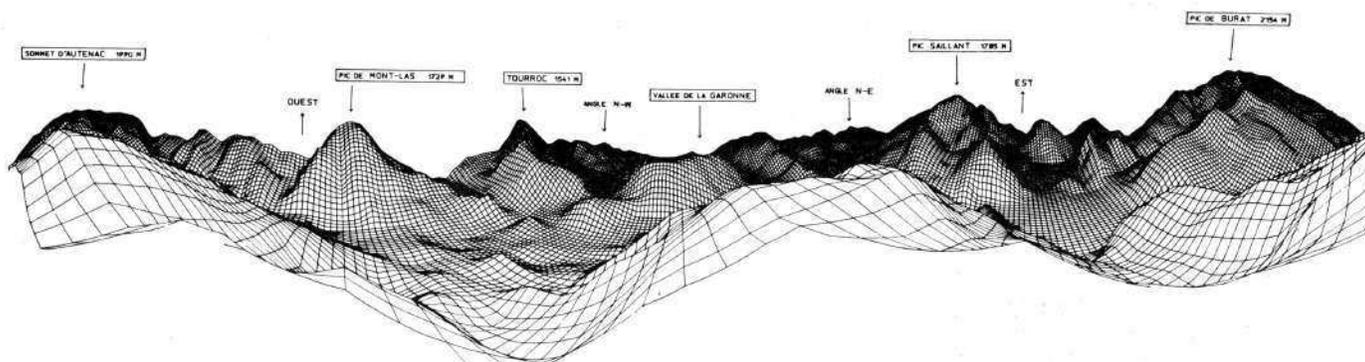
— Le Répertoire Informatisé des Voies et Lieux-dits (R.I.V.O.L.I.) codage numérique des voies et lieux-dits par commune.

Le Ministère de l'Economie et des Finances et le Ministère de l'Équipement s'engagent en ce moment dans le projet du **fichier trame** où chaque parcelle serait décrite par tout son contour, ce fichier trame n'étant lui-même qu'un sous ensemble de

(1) Nous ne citerons que pour mémoire les banques de données localisées : banques de données urbaines comme celles de l'A.P.U.R., de l'agence d'urbanisme d'Angers (système Cadran), banques de données foncières de l'Isle d'Abeau. Nous ne parlerons pas non plus du fichier national des routes en cours de constitution dont l'intérêt pour l'aménageur sera grand à terme.



I.G.N. - Relief numérote calculé automatiquement en perspective cavalière.



I.F.P. - Perspective calculée automatiquement. Le point de vue est au centre de la zone représentée.

F.I.T.O.P.O. fichier informatisé regroupant toutes les données sur le sol aussi bien de nature topographique que de nature foncière, fichier dont on ne peut espérer l'établissement pour l'ensemble du territoire que pour la prochaine décennie.

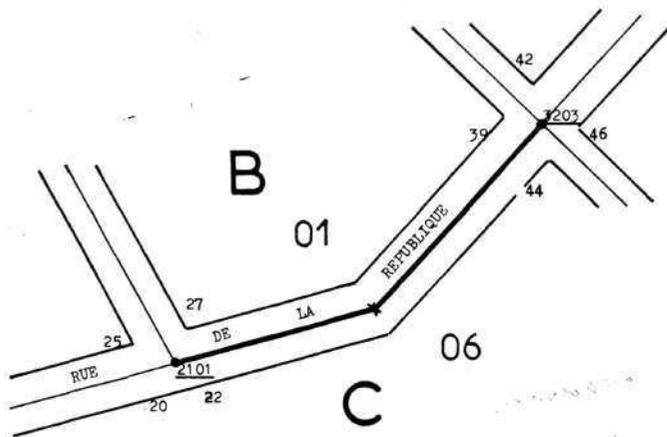
### 3. L'inscription dans le site et les perspectives

La création de comités de défense de plus en plus fréquents, les réactions violentes du public depuis quel-

ques années contre l'apparition de nouveaux bâtiments (barres, tours) hors d'échelle avec l'environnement qui leur était habituel, voire d'autres grands travaux (saignées d'autoroute, carrières...) ont amené les techniciens à développer des outils « objectifs » pour présenter aux décideurs l'allure d'un projet inséré dans le cadre actuel, et parallèlement pour aider les architectes, les urbanistes à concevoir leurs projets.

La stéréophotogrammétrie aérienne reconstitue à partir d'un couple de clichés un « modèle spatial » du terrain pouvant comporter non seulement le sol mais encore tout le volume bâti,

tout le site urbain. On peut, soit exploiter ce **modèle analogique** par tracé direct dans l'appareil de restitution en projetant tous les volumes sur un plan le géométral avec élimination des parties cachées en effectuant l'analyse de la couverture photographique sur une série de plans verticaux, soit enregistrer les coordonnées x, y, z, de l'ensemble, au fur et à mesure de la saisie et emmagasiner en mémoire le **modèle numérique** et faire tracer automatiquement le dessin souhaité. Suivant les cas, on a recours à l'une ou l'autre des méthodes. L'exemple de Cahors dont une partie est brute de restitution, l'autre



FICHER TOPOLOGIQUE

DU RGU

| unité urb. | dep. | com.  | code voie | noeud origine | noeud extrem. | adresses gauches | adresses droites | flot gauche | flot droit | dist. façade |
|------------|------|-------|-----------|---------------|---------------|------------------|------------------|-------------|------------|--------------|
| A R Z      | 5 4  | 6 0 3 | 7419      | 06082101      | 06083203      | 27 39            | 22 44            | B 01        | C 06       | 50           |

FICHER TOPOGRAPHIQUE

DU RGU

| unité urb. | dep. | com. | noeud origine | noeud extrem. | noeud orig. |        | noeud extr. |        | 1 <sup>er</sup> pt inter. |        | 2 <sup>e</sup> pt inter. |   |
|------------|------|------|---------------|---------------|-------------|--------|-------------|--------|---------------------------|--------|--------------------------|---|
|            |      |      |               |               | X           | Y      | X           | Y      | X                         | Y      | X                        | Y |
| A R Z      | 5 4  | 603  | 06082101      | 06083203      | 11300       | 847690 | 11500       | 847800 | 11450                     | 847750 |                          |   |

REPertoire DES VOIES

| dep. | com.  | code voie | dénomination         |
|------|-------|-----------|----------------------|
| 5 4  | 6 0 3 | 7 4 1 8   | IMP DU RAVIN         |
| 5 4  | 6 0 3 | 7 4 1 9   | RUE DE LA REPUBLIQUE |
| 5 4  | 6 0 3 | 7 4 2 0   | PCE DE LA ROTONDE    |

habillée par M. Fonquernie architecte urbaniste a été traitée par la première méthode. Des travaux analogues sont en cours en particulier pour la protection du site de Rocamadour.

Une autre technique consiste à faire à partir des points de vue intéressants des perspectives coniques de l'ensemble urbain. Le procédé le

plus banal, le moins précis aussi consiste à faire des **photomontages** à partir de photographies terrestres prises avec des chambres photographiques métriques. Le procédé le plus évolué consiste à utiliser la banque de données volumétriques décrite plus haut, à introduire les coordonnées des points de vue et à traiter

le problème par le calcul : c'est ce qui a été fait en particulier sur la basilique de St-Denis et le site de St-Malo par la division des travaux topographiques et le C.E.T.E. d'Aix en utilisant le programme PERS. 4.

L'intérêt de ces méthodes est que l'on peut par constructions géométriques ou par le calcul, mettre en place de façon approchée ou même rigoureuse par « photogrammétrie inverse » un édifice projeté et se rendre compte vu des points caractéristiques, ou de la direction perpendiculaire à l'épéron, de l'insertion dans le site. Une étude de ce type a été faite (à posteriori malheureusement) pour voir l'effet sur l'axe Louvre Etoile des constructions de la Défense.

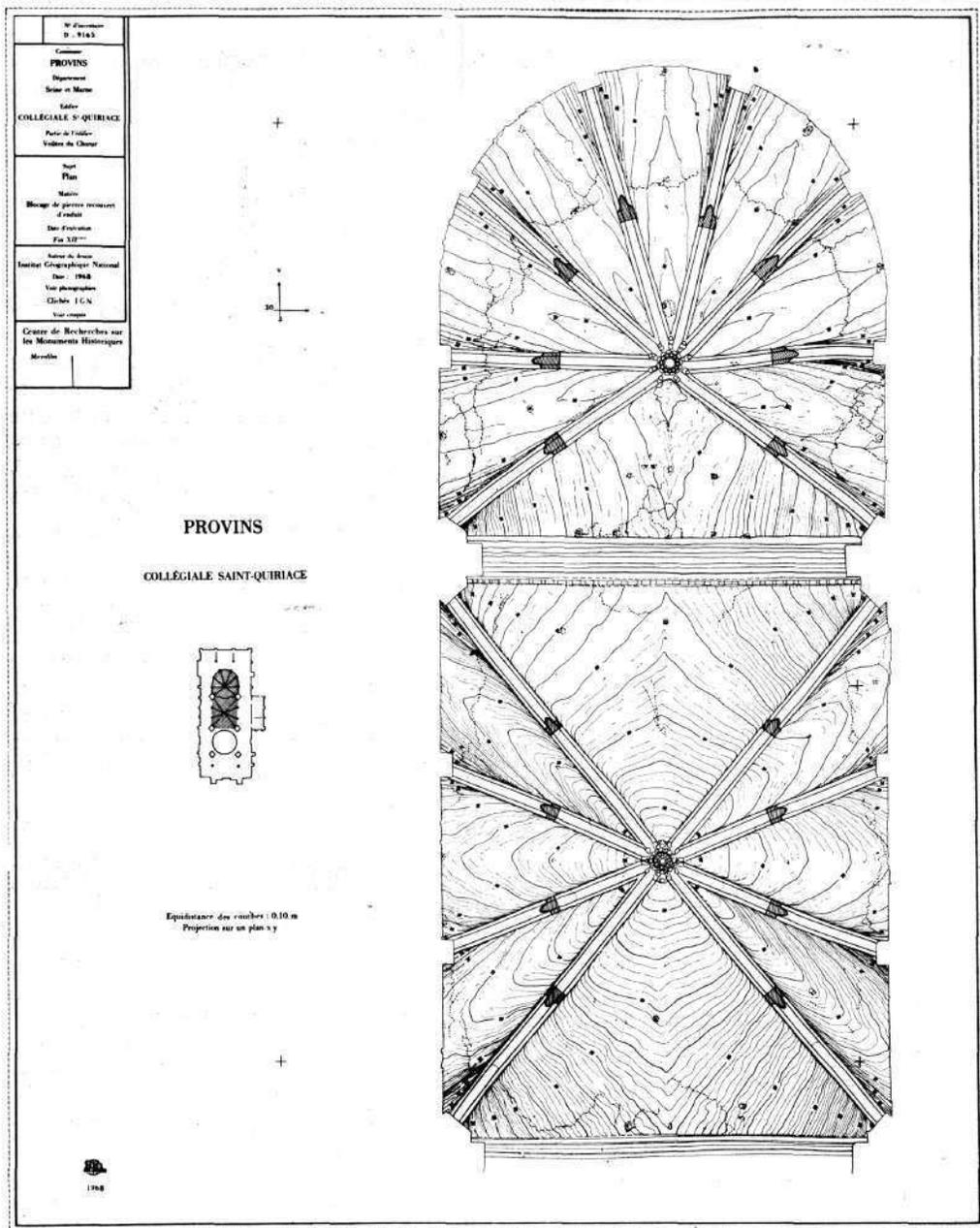
Pour établir la réglementation des hauteurs des bâtiments nouveaux a été menée une étude systématique de protection des berges de la Seine : elle donne carrés par carrés de 100 m de côté la hauteur que ne doivent pas dépasser les bâtiments pour ne pas être vus des promeneurs sur les quais.

#### 4. Conservation et entretien du patrimoine

Le domaine le plus important est celui des monuments historiques auquel s'intéresse l'ensemble des pays sous l'égide de l'U.N.E.S.C.O.

- Pour une étude préliminaire avec tolérances de précision assez grandes on effectue des relevés simples et rapides au sol avec des chambres stéréophotographiques de petit format. Les photographies obtenues sont redressées ou exploitées par stéréorestitution graphique avec des appareils simplifiés. C'est ainsi que l'on traite les façades des bâtiments d'une place par exemple.

- Pour des travaux de restauration, de mise en valeur ou d'études scientifiques on opérera par combinaison entre le redressement et la stéréorestitution pour avoir vue d'ensemble et relevés détaillés et précis : les relevés se font souvent à l'échelle du 1/50° avec une précision de l'ordre du centimètre. A cette famille se rattachent les relevés de surfaces non planes (voûtes, coupes) qui permettent de constater et de surveiller leur déformation.



• Un nouveau type de travaux est apparu ces dernières années c'est le suivi des altérations superficielles des matériaux de la pierre en particulier. On utilise alors, vu la précision utile, l'enregistrement de coordonnées et un appareil spécial de stéréocompositeur.

Un autre domaine où un service public entreprend patiemment la description de son patrimoine est le domaine forestier. L'Inventaire Forestier National après avoir lancé une carte classique au 1/100 000<sup>e</sup> s'oriente vers une carte par maille au 1/250 000<sup>e</sup> tirée par l'imprimante d'ordinateur selon un découpage départemental en utilisant un système d'échantillonnage systématique sur photos aériennes.

Un inventaire des richesses naturelles (sites présentant un intérêt particulier du point de vue géologique, archéologique, historique, botanique, zoologique, artistique) est en cours de constitution. Il s'agira d'un fichier informatisé décrivant les principales caractéristiques, la localisation et l'état actuel de chaque site. A cet inventaire établi sous la direction et le contrôle du Centre Technique du Génie Rural et des Eaux et Forêts de Grenoble pour le compte du Ministère de la Qualité de la Vie se rattache le fichier des réglementations spéciales relatives à la protection de la nature, à l'étude sur le département de l'Isère. La chaîne de traitement de ces données (administratives,

juridiques, techniques) permet le décodage, le listage, le calcul des périmètres et surtout la cartographie des réponses aux questions posées.

L'énumération faite ci-dessus, qui n'a pas la prétention d'être exhaustive est bien courte face aux objectifs généraux par lesquels nous avons débuté. Il n'en reste pas moins que pour gérer l'espace urbain et interurbain afin de permettre un meilleur épanouissement des individus, des outils d'aide à la décision et à l'action commencent à apparaître et qu'il nous appartient à tous de les utiliser et de les perfectionner.

# LES TECHNIQUES GÉOGRAPHIQUES AU SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS ET DE L'INDUSTRIE

par Maurice CARBONNELL, I.G.G.



Contrôle photogrammétrique des profils d'une station de métro.

Les domaines d'application des techniques géographiques aux travaux publics, au génie civil, à la construction et à l'industrie sont multiples. Quelques exemples vont nous permettre d'en saisir l'importance et la diversité.

L'étude d'une nouvelle voie routière ou autoroutière se fait d'abord sur les cartes existantes, — en principe, pour le territoire français, la carte de base à 1 : 25 000. Elle aboutit à un premier tracé approximatif qu'il va falloir préciser davantage dans un avant-projet sommaire. Cet

A.P.S. va s'appuyer sur un levé à plus grande échelle, généralement à 1 : 5 000, systématiquement réalisé aujourd'hui par photogrammétrie. Partant de l'équipement géographique de base existant (points géodésiques, mailles de repères du Nivellement Général de la France), ce levé va exiger successivement : — une prise de vues aériennes à l'échelle de 1 : 12 500 ou 1 : 15 000, axée sensiblement sur le pré-tracé et le couvrant en une série de bandes rectilignes successives ; — des déterminations au sol, densifiant le réseau géodésique et altimétrique de base et repérant sur les photos aé-

riennes les points complémentaires établis lors de ces déterminations ; — une restitution photogrammétrique transformant les perspectives photographiques de la couverture aérienne en une « carte », soit graphique, soit orthophotographique, le fond de carte étant alors une image photographique corrigée des déformations perspectives dues au relief et à la non verticalité rigoureuse des axes de prise de vue ; — parfois, de nouvelles opérations au sol destinées à compléter certains renseignements qui doivent figurer sur la carte et que les photos aériennes ne donnent qu'imparfaitement, par

exemple le relief du terrain sous les bois. Ainsi s'élabore le levé à 1 : 5 000 nécessaire de l'A.P.S., formant un long ruban d'une largeur de l'ordre d'un kilomètre, tandis que la largeur des bandes de la couverture photographique aérienne est d'environ trois kilomètres, permettant d'éventuelles extensions locales du levé si le nouveau tracé retenu tend à sortir des limites de ce levé. Souvent aussi, les clichés aériens, parfois doublés par des photographies prises sur émulsion « fausses couleurs » (Ektachrome infra-rouge, par exemple) font l'objet d'un autre type d'exploitation : une étude photo-interprétative du paysage traversé et notamment de ses caractéristiques géologiques et géotechniques.

Vient ensuite le projet proprement dit pour lequel il faudra maintenant, sur une faible largeur, un levé de haute précision à l'échelle de 1 : 2 000 ou 1 : 1 000. Les mêmes techniques vont être appliquées, la couverture photographique aérienne étant cette fois à 1 : 8 000 ou 1 : 5 000, et l'ensemble des travaux topographiques étant précédé de l'exécution d'un cheminement directeur géodésique borné. L'intégration du parcellaire cadastral dans ce levé à très grande échelle va devoir ensuite être effectuée. Enfin, les procédés modernes de calcul du projet définitif exigent l'établissement d'un modèle numérique du terrain. Dans les méthodes françaises ce modèle prend la forme d'un « semis de points » (ensemble de coordonnées tridimensionnelles d'un très grand nombre de points de la surface du sol) dont la densité et la répartition sont adaptées aux particularités locales du relief et qui est établi soit directement par restitution stéréophotogrammétrique des photos aériennes, soit par numérisation des courbes de niveau du levé. Le projet mis au point et calculé, son implantation sera guidée par des travaux classiques de topométrie, relevant de l'art du géomètre.

Sur le tracé de la nouvelle voie, des ouvrages vont être calculés et construits. S'il s'agit de ponts, leurs essais et leurs contrôles sont effectués par différents procédés, dont certains appartiennent aux techni-

ques du génie civil, mais dont d'autres relèvent des techniques géographiques. Ces dernières seront des cheminements de nivellement de précision sur le tablier et des opérations de microgéodésie aboutissant à la détermination très précise (écart type de l'ordre d'un millimètre) des coordonnées d'un certain nombre de repères fixés préalablement en des points caractéristiques. Il peut être intéressant d'autre part, surtout lors des essais en charge des ponts suspendus, d'avoir un contrôle plus contenu du comportement de l'ensemble de l'ouvrage : l'évolution de celui-ci n'étant pas instantanée lors des différents cas de charge et, surtout, la mesure géodésique d'un grand nombre de repères demandant un temps trop long, il est fort utile de saisir, par la photographie, un instantané de l'état du pont à un moment donné et, à partir des photos ainsi prises, de déterminer sa géométrie sur toute la longueur du tablier, des piles et ces câbles porteurs : ici interviennent les procédés de la photogrammétrie terrestre opérant à assez courte distance (de 50 à 100 mètres, par exemple) et qui donneront une précision de l'ordre du centimètre s'ils sont analogiques, voisine de celle des déterminations géodésiques si l'on applique les procédés analytiques les plus récents et les plus élaborés. Répétées à intervalles convenables, micro-géodésie ou photogrammétrie permettront une surveillance continue de la stabilité du pont.

Les ouvrages sur les voies peuvent être aussi des tunnels. Pour eux également, le « géographe » va intervenir. D'abord pour l'orientation de leur tracé et de leur percement : si le tunnel est long (exemple du tunnel du Mont-Blanc), l'implantation et le guidage pendant toute la durée des travaux relèvent de la géodésie de haute précision. Le contrôle de la forme et de la stabilité de la galerie sont aussi du ressort du nivellement de précision et de la polygonation. Quant à l'étude fine des profils des tunnels et de leur éventuelle évolution dans le temps, les recherches menées actuellement par l'I.G.N. et le Service des tunnels des Ponts et Chaussées semblent montrer qu'elle devrait pouvoir être conduite par photogrammétrie analytique avec toute

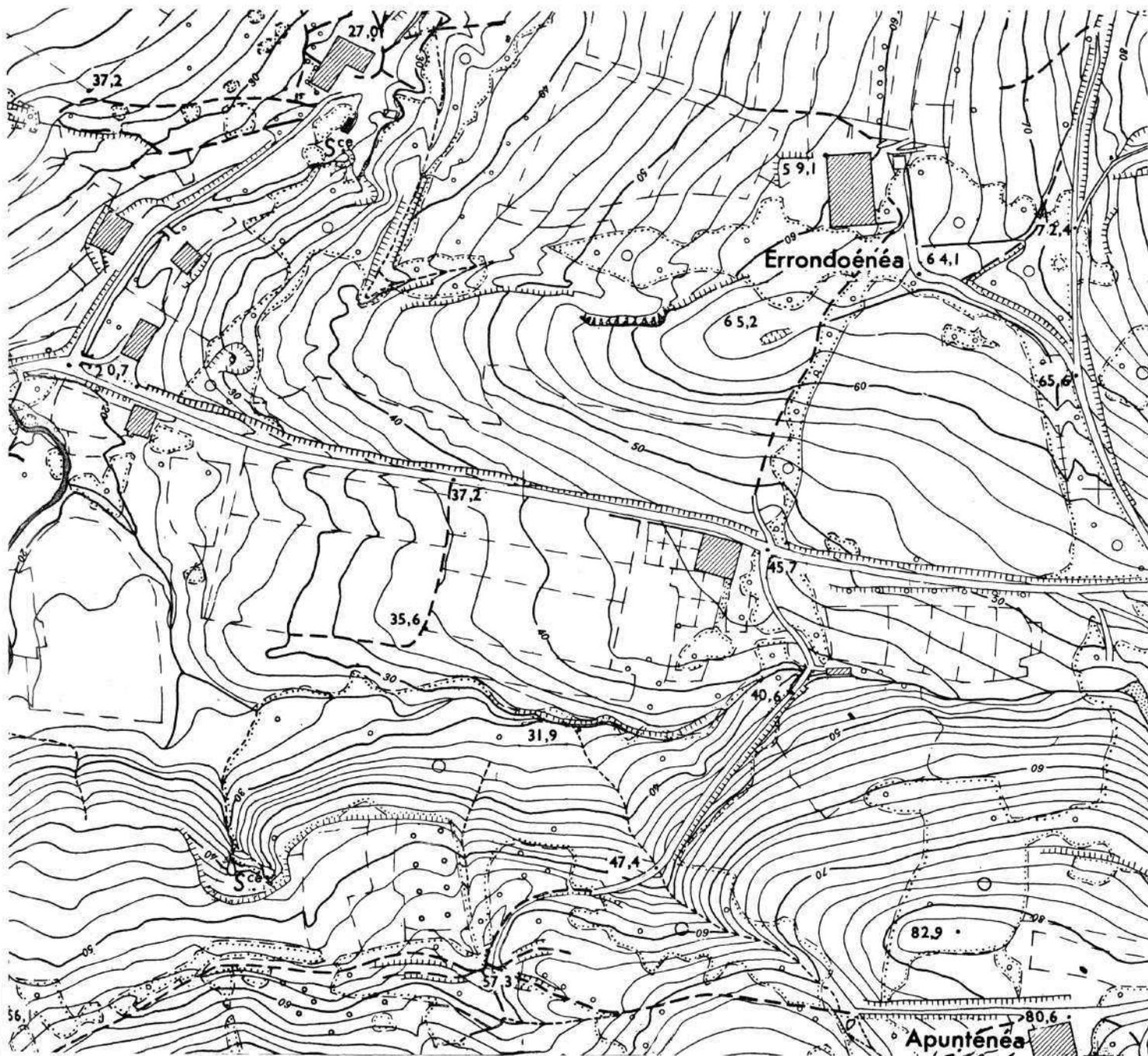
l'exactitude nécessaire (quelques dixièmes de millimètres), en n'apportant que des perturbations très minimes à la circulation.

La chaussée de la voie nouvelle va pouvoir, elle aussi, être auscultée par des mesures de nature géographique. Nous faisons allusion aux travaux expérimentaux exécutés depuis quelques années par l'I.G.N. pour le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Une micro-photogrammétrie périodique d'échantillons de revêtements, photographiés à une distance de quelques décimètres, permet d'en mesurer l'usure dans le temps et contribue donc à la recherche des solutions optimales dans ce domaine.

Enfin, sur la chaussée rouleront des voitures. Elles aussi n'échappent pas à l'intervention des techniques géographiques, essentiellement, dans le cas présent, des techniques photogrammétriques. Nous entrons là dans le champ des applications à l'industrie. Pour l'industrie automobile, ces applications sont actuellement le relevé des maquettes des carrosseries nouvelles, conduisant au tracé des plans définitifs de ces carrosseries, l'étude du comportement des voitures soumises à des vents latéraux importants, celle de la réaction des véhicules venant heurter des obstacles et, en particulier, des barrières routières latérales, enfin l'analyse, conduite en laboratoire ou sur piste, des déformations des pneus dans différents cas de vitesse, de virage et de freinage.

Une autre série d'exemples, empruntés cette fois à l'hydraulique, va étendre l'éventail des interventions du « topographe » dans le génie civil et l'industrie.

La recherche du site d'un barrage, l'étude préalable de la capacité de la retenue qu'il va créer, liée à la topographie des bassins versants, l'implantation de l'ouvrage sont du domaine classique d'application des levés photogrammétriques et de la micro-géodésie. Les contrôles de stabilité des barrages, sont généralement effectués par les méthodes topométriques. Mais la photogrammétrie terrestre peut intervenir de fa-

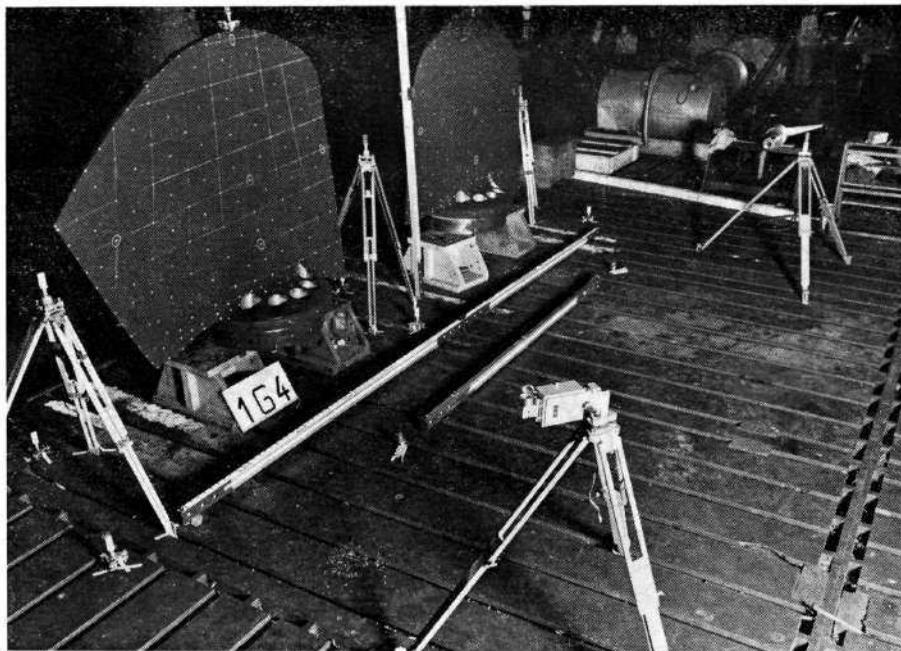


Fragment d'un levé photogrammétrique à 1/2 000 pour un projet autoroutier.

çon intéressante lorsqu'il s'agit de barrages en enrochements pour lesquels il ne suffit pas de procéder à des mesures, en un nombre forcément réduit, sur des repères implantés dans l'ouvrage, car des perturbations locales importantes, dues à des tassements ou à des infiltrations, peuvent se produire entre ces repè-

res. C'est alors à un relevé de toute la surface des parements qu'il convient de procéder à chaque auscultation. Différentes méthodes ont été mises au point à cette fin, faisant appel à une simple restitution analogique, du type topographique, ou à la détermination d'un canevas dense de points (du type « semis »)

par photogrammétrie analytique, et même à une détection rapide préalable des mouvements du parement aval par examen et mesures « pseudo-stéréoscopiques » de deux photographies prises obliquement, du même point de vue, selon la même direction, lors de deux campagnes de contrôle successives. Des techni-



Contrôle photogrammétrique de l'usinage de pales de turbines - Le Creusot.

ques semblables à celles qui sont utilisées pour les barrages sont employées pour les vérifications de stabilité des conduites forcées.

Mais l'hydraulique nous conduit aussi aux turbines et à un nouvel exemple d'application industrielle de la photogrammétrie. Il s'agit du contrôle de la forme des aubages des turbines, très exactement de la détermination des écarts entre la surface réelle de ces aubages et leur surface théorique. La photogrammétrie à courte distance est particulièrement bien adaptée à cette opération, en raison de la rapidité de sa mise en œuvre dans les ateliers de fabrication et de l'homogénéité des mesures qu'elle peut fournir en n'importe quel point de la pale. Ici encore, les méthodes ont évolué au cours des années, passant d'un relevé analogique de nature quasi-topographique à des procédés de photogrammétrie analytique conduisant à des déterminations numériques. Il faut aussi mentionner un autre aspect de ces travaux : les études de rendement des pales de turbine étant faites en laboratoire sur des modèles réduits, un double relevé photogrammétrique des pales d'une même série et du modèle réduit cor-

respondant permet de vérifier la similitude géométrique des unes et de l'autre.

A l'hydraulique également appartiennent les mesures de flux pour lesquelles on retrouve de nouveau les techniques géographiques : — flux marins, déterminés par la mesure des positions successives de flotteurs, faite à partir de photographies aériennes prises à intervalles de temps réguliers ; — flux de rivière étudiés par photogrammétrie terrestre ; — mouvements de l'eau ou perturbations dans des courants dus au passage d'un bateau, à l'implantation d'une pile de pont, etc, études le plus souvent menées en laboratoire, sur modèle, par photogrammétrie à courte distance. C'est par la même technique photogrammétrique, aérienne ou terrestre, que l'on a souvent mesuré des ondes, qu'il s'agisse, par exemple, de la houle en mer ou des « intumescences » causées dans le canal d'aménée d'une usine hydro-électrique par une brusque rupture du débit.

La rapide présentation des exemples qui précèdent nous a montré que la géodésie, la topométrie et la

photogrammétrie trouvent divers domaines d'intervention que l'on peut classer de la façon suivante :

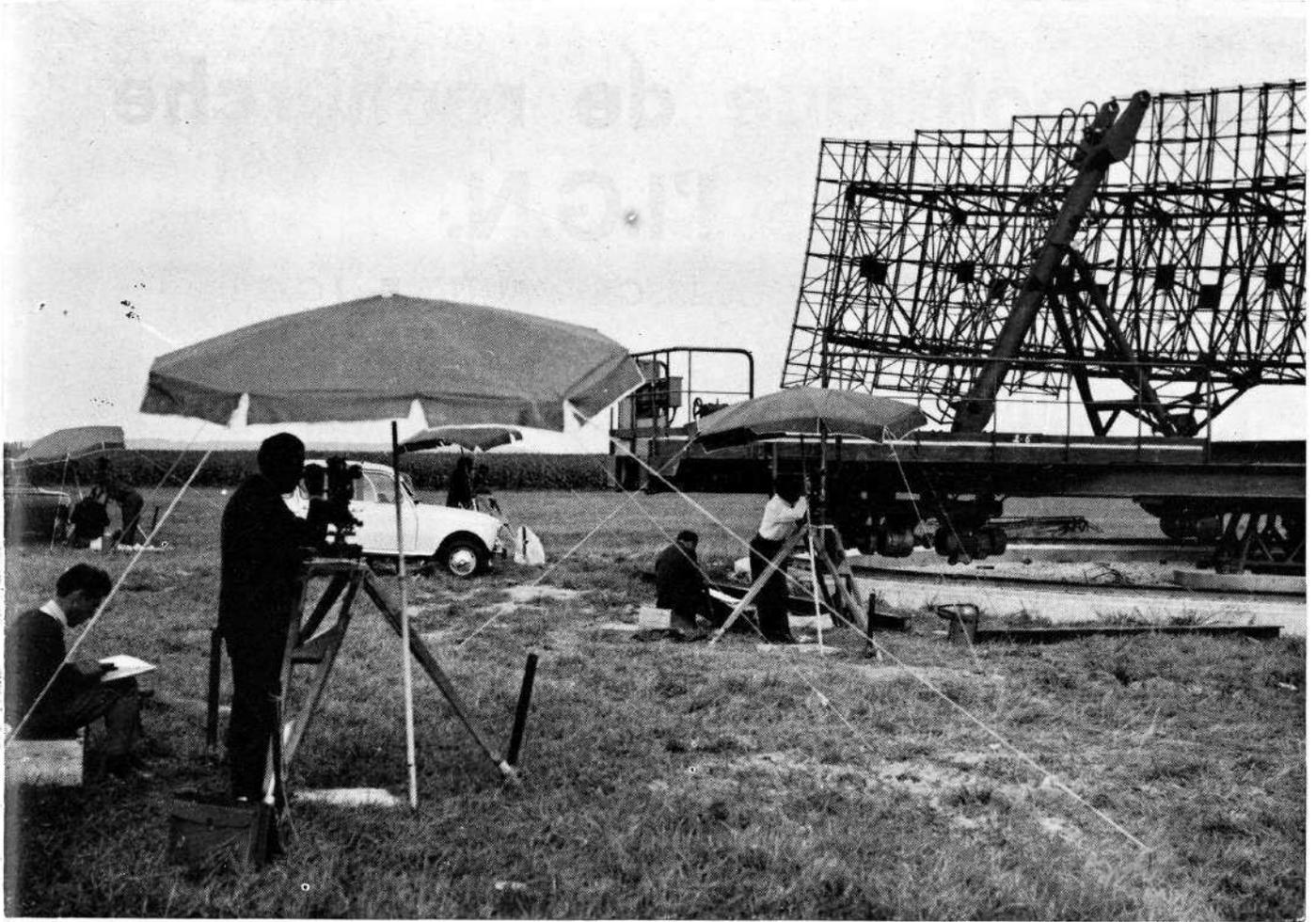
1° des levés topographiques plus ou moins précis, graphiques ou numériques, destinés aux avant-projets, aux projets eux-mêmes, aux études de sites.

2° des opérations d'implantation ; aux exemples déjà donnés, on pourrait ajouter, parmi les travaux importants, les implantations des lignes de métro ; celles des centrales nucléaires (assurées par une micro-géodésie de haute précision), celles — encore plus précises et pour lesquelles des appareillages spéciaux ont dû être réalisés — des cyclotrons ; celles de réacteurs, celles de grandes antennes de radio-astronomie ou de télécommunication.

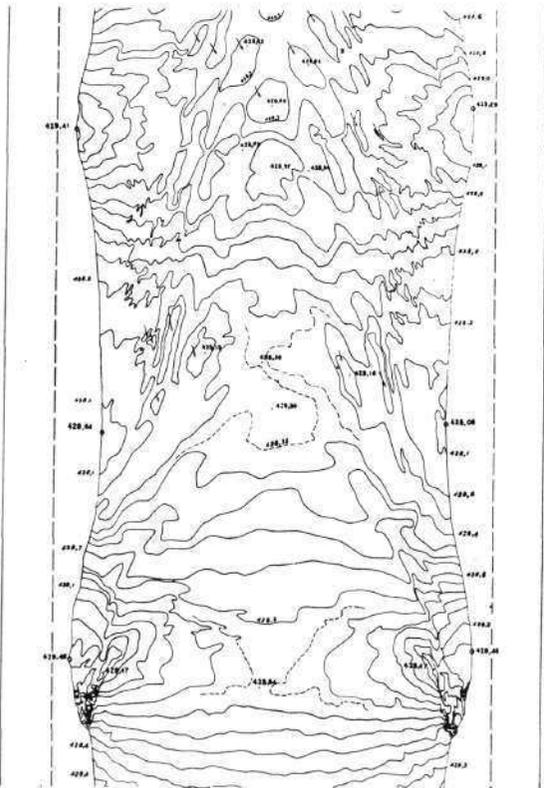
3° des mesures de stabilité d'ouvrages : les méthodes appliquées aux ponts, aux tunnels ou aux barrages le sont également aux talus, aux versants instables (surveillance des glissements de terrain), aux parois rocheuses dont l'équilibre ne semble plus assuré.

4° des études et contrôles de constructions, dont il n'a pas été question dans les paragraphes précédents, et qui concernent aussi bien les projets de ces constructions (notamment des projets élaborés sur maquettes qui sont ensuite relevés avec précision pour obtenir les plans des constructions elles-mêmes), que la mesure de leurs cotes exactes après réalisation et que celle de leurs déformations au cours du temps.

5° des contrôles de surfaces ; nous avons mentionné, dans ce domaine, les pales de turbine, mais, parmi bien d'autres exemples, il faut citer ici les réflecteurs des grandes antennes pour lesquels la micro-géodésie et la photogrammétrie interviennent, non seulement lors de leur implantation, mais également dans la mesure précise de leur surface et des écarts de cette surface à la forme géométrique qu'elles doivent avoir, offrant ainsi les éléments nécessaires à leur réglage final.



Mesures de contrôle d'un grand réflecteur d'ondes (Radar).



Analyse photogrammétrique « d'intumescence » (ondes produites accidentellement dans un canal d'aménée d'une usine hydro-électrique).

6° des études d' « objets » en mouvement ou en déformation plus ou moins rapide : la photogrammétrie trouve ici un domaine particulièrement favorable à sa mise en œuvre parce qu'elle permet d'obtenir une série d'états instantanés du phénomène étudié, quitte à faire usage parfois de l'enregistrement cinématographique ; aux applications à l'hydraulique et à l'automobile, nous pourrions ajouter l'étude des déplacements de bateaux, celle des flexions subies par des éléments de construction soumis à des contraintes, l'analyse des phases successives de certains procédés industriels de formage, etc.

Au total, un champ d'application des techniques géographiques extrêmement vaste, dans lequel on compte déjà de très nombreuses et importantes réalisations, bien qu'il reste encore insuffisamment connu.

# la politique de recherche de l'I.G.N.

par Georges de MASSON d'AUTUME, I.G.G.

- **Les buts scientifiques.**
- **La coopération nationale et internationale**
- **L'amélioration du matériel et des techniques pour produire « mieux, plus vite, moins cher ».**
- **La recherche de l'innovation pour répondre à l'évolution des besoins.**

Ce n'est guère que depuis le début du V<sup>e</sup> plan que la Recherche à l'I.G.N. a commencé à être reconnue comme telle, à recevoir un début d'organisation et à être dotée de crédits propres. Le mot recouvre des activités fort diverses : exercice intellectuel de haut niveau, elle comporte aussi, notamment dans la collecte des données, des opérations de pure routine qui ne sont pas les moins coûteuses.

Après la grande vogue des années 60, la recherche est maintenant considérée d'un œil plus critique et ne peut plus se passer de justifications. A l'I.G.N. du moins, elle répond à des préoccupations parfaitement légitimes.

Elle a tout d'abord des buts scientifiques.

L'I.G.N. a une réputation à soutenir dans le domaine qui lui est propre, en particulier dans celui de la géodésie. Cette discipline fort ancienne, mais dont l'ère spatiale et les progrès des instruments de mesure des distances ont révolutionné les méthodes depuis une quinzaine d'années a pour objet l'étude de la figure de la terre et de son champ de pesanteur, qui n'en est pas disso-

ciable en raison du rôle joué par les surfaces de niveau. Elle étudie aussi l'évolution dynamique de l'écorce terrestre : dérive des continents, mouvements lents de l'écorce, surrection ou subsidence, aux frontières de la géophysique. Contrairement à ce qui se passe à l'étranger, la géodésie ne fait pas en France l'objet d'un enseignement universitaire ; les données de base qu'elle utilise pour ses études ne sont d'ailleurs obtenues que par des campagnes de mesures exigeant un personnel nombreux et qualifié que l'I.G.N. est seul à pouvoir fournir. Il est donc normal qu'il participe activement à ces études, même si elles étaient dépourvues d'applications pratiques, ce qui est loin d'être le cas.

D'autres études à caractère scientifique, mais répondant à des problèmes pratiques, portent sur l'analyse numérique : théorie des erreurs d'observation, filtrage des données, et résolution des grands systèmes linéaires auxquels conduit le traitement des données en géodésie et en photogrammétrie analytique, représentation d'une fonction définie par un échantillonnage ponctuel, méthodes d'interpolation.

Enfin, dans un ordre d'idées très différent, quelques chercheurs poursuivent des études de caractère géographique portant sur la géomorphologie, le peuplement, la végétation, les structures agraires, etc... à partir de l'étude des photographies aériennes.

Toujours sur le plan scientifique, ou sur le plan technique, l'I.G.N. coopère à des recherches communes avec d'autres organismes français ; parfois au sein de groupements mix-

tes comme le G.R.G.S. ou le G.D.T.A., ou d'associations comme le Comité National de Géodésie, le Comité français de cartographie ou la Société française de Photogrammétrie. Il prête aussi son concours à de grandes opérations internationales comme la compensation d'ensemble de la triangulation européenne, l'unification du réseau européen de nivellement ou les liaisons intercontinentales par les méthodes de la géodésie spatiale. Ses ingénieurs jouent un rôle actif dans plusieurs associations comme l'Association internationale de Géodésie, la Société internationale de Photogrammétrie ou l'Association Cartographique internationale et occupent actuellement les postes de secrétaire général des deux premières.

La recherche scientifique pure est prestigieuse et il lui arrive de trouver des applications pratiques imprévues. Mais l'effort de recherche de l'I.G.N. répond surtout à des préoccupations utilitaires et même vitales.

Comme dans tout établissement industriel, il vise à perfectionner le matériel et les techniques pour améliorer la qualité des produits, réduire les délais de fabrication et abaisser les prix de revient (il faut noter ici que tout ce qui concerne l'organisation, la planification, les études économiques et commerciales n'a pas jusqu'à présent été considéré comme relevant de la recherche).

Le matériel, de plus en plus complexe, est généralement acheté chez les firmes spécialisées. Il est minutieusement contrôlé et expérimenté dans nos laboratoires et ateliers et des modifications sont souvent demandées aux constructeurs ;



ceux-ci attachent un grand prix à nos appréciations et critiques et nous confient fréquemment leurs matériels nouveaux pour expérimentation. Mais il arrive que le matériel adéquat n'existe pas sur le marché. Il peut alors être fabriqué soit à l'extérieur sur nos indications, soit dans nos propres ateliers qui ont ainsi conçu et réalisé des chronomètres à quartz et des chronoscopes pour observations astronomiques, des projecteurs géodésiques, des chambres balistiques pour la photographie de satellites sur fond d'étoiles, des chambres pour la prise de vues terrestres, divers matériels de topométrie, des outils pour le tracé sur couche, etc... Ces matériels ont d'ailleurs connu un certain succès et ont été vendus dans de nombreux pays étrangers.

La variété des matériels ainsi fabriqués est surprenante : on peut citer parmi les dernières réalisations

une bouée thermométrique enregistreuse pour l'étalonnage en température des relevés thermographiques ; une plate-forme hélicoptère captive pour les prises de vues à quelques dizaines de mètres d'altitude et une monture stabilisée gyroscopique pour chambres de prise de vues classiques sont actuellement à l'essai.

L'évolution des techniques et des méthodes n'est pas moins rapide que celle du matériel : introduction du calcul électronique en géodésie dès 1954, mise au point dès 1959 d'une méthode d'aérotriangulation analytique par blocs, la première opérationnelle dans le monde, qui a entraîné une réduction massive des travaux au sol outre-mer et a permis de cartographier des régions pratiquement inaccessibles. Premiers essais de géodésie spatiale dès 1960,

mise au point de la méthode des pots lumineux parachutés à l'occasion du rattachement des Açores, etc.. Actuellement encore diverses méthodes de traitement des données pour l'utilisation géodésique des satellites Doppler sont en cours d'étude, en vue d'une campagne qui doit avoir lieu incessamment en Equateur. D'autres améliorations non moins importantes ont eu lieu dans le domaine de la cartographie : introduction du tracé sur couche, reproduction directe sans trame des clichés en demi-teintes, introduction du dessin automatique et de la photo-composition automatique...

Les principales recherches concernant les méthodes se poursuivent actuellement en vue d'atteindre la précision maximale dans les déterminations photogrammétriques, et de mettre au point des procédés satisfaisants de révision des cartes, problè-

me épineux dont l'importance n'échappe à aucun des utilisateurs.

Mais le but le plus important de la recherche est sans doute la création de produits nouveaux répondant aux besoins actuels des usagers, autrement dit l'« innovation » pour employer le terme à la mode.

Traditionnellement, l'I.G.N. met à la disposition du public un certain nombre d'articles tels que les listes de points géodésiques ou de repères de nivellement, et des cartes à différentes échelles dont la conception remonte au début du siècle et répond surtout aux besoins militaires de la même époque. L'évolution des statistiques de vente devrait permettre de savoir si ces produits répondent encore aux exigences actuelles. Dans la négative ils doivent de toute évidence être modifiés dans leur contenu, leur précision ou leur présentation, ou même abandonnés et remplacés par autre chose. Le problème est de savoir par quoi ; avant d'étudier et de lancer un produit nouveau, il faut s'assurer d'une part qu'il entre bien dans le cadre de la mission dévolue à l'I.G.N., établissement public, et d'autre part s'il répond bien à un besoin.

Sur le premier point, il existe plusieurs critères raisonnables :

— Le nouveau produit peut être de toute façon nécessaire à l'I.G.N. pour ses besoins propres : tel fut le cas des photographies aériennes, à l'origine simple instrument pour le lever des cartes devenu un outil incomparable pour les spécialistes des disciplines les plus diverses.

— Il peut apparaître comme une extrapolation normale, d'activités traditionnelles, en raison de son caractère indiscutablement géographique ou cartographique. Rien ne s'oppose, par exemple, à une extension du nombre des thèmes actuellement traités dans nos cartes. Les thèmes traditionnels correspondaient aux thèmes d'une certaine catégorie d'usagers à une certaine époque ; il est donc normal qu'ils évoluent. Rien de choquant non plus à ce que l'I.G.N. participe à la mise en œuvre et à l'exploitation d'un système de localisation par satellites à l'échelle mondiale, comme le projet Géole :

c'est une extrapolation naturelle de son rôle de « marchand de coordonnées ».

— Enfin, il peut arriver que l'I.G.N. dispose seul du potentiel matériel et humain ou du savoir-faire indispensable. Faisant partie de ce potentiel il faut mentionner le S.A.A. dont l'existence qualifie l'I.G.N. pour toutes opérations de télédétection ou de mesures aéroportées concernant l'inventaire des ressources naturelles, la prospection, les études de pollution, etc... De même, l'expérience acquise en photogrammétrie de haute précision et le matériel de mesure dont il dispose ont conduit l'I.G.N. à s'intéresser à certaines applications non cartographiques comme les relevés architecturaux, les mesures de déformation de barrages ou d'ouvrages d'art, le contrôle dimensionnel d'objets divers allant des antennes de radio-astronomie aux relevés de profils du corps humain.

Quant à savoir si le nouveau produit répond bien à un besoin, c'est là un problème difficile. Le cas le plus simple est celui où il répond à une demande expresse de l'utilisateur ; encore faut-il que les besoins de celui-ci soient suffisamment importants pour justifier l'étude et la mise en fabrication. Mais le plus souvent l'innovation précède la demande. L'utilisateur potentiel ne saisit pas toujours l'intérêt d'un produit nouveau qui dérange ses habitudes et dont il ne sait pas encore se servir. C'est ce qui rend un peu illusoire la procédure habituelle des études de marché, questionnaires ou tables rondes. Dans le domaine de l'innovation, il existe toujours une part d'aléas.

Un premier exemple est celui de la cartographie automatique qui, dans son principe, consiste à mettre l'information cartographique sous forme de fichiers ou banques de données, à partir desquels on peut obtenir par tracé automatique des représentations graphiques à la demande correspondant aux thèmes choisis. Les avantages théoriques sont évidents : la densité d'information n'est plus limitée par des questions de lisibilité. L'information peut être traitée

en ordinateur pour compression, généralisation, mise à jour par corrections additions ou suppressions ; elle peut être restituée sélectivement, à l'échelle et sous la forme choisies, tous ces traitements étant beaucoup plus faciles que pour des données graphiques. Malgré ces avantages les utilisateurs n'ont jusqu'à présent manifesté qu'un intérêt limité pour cette forme de cartographie et l'I.G.N. hésite à faire les investissements qui seraient nécessaires pour s'engager dans cette voie.

Un deuxième exemple est celui de l'orthophotographie, combinant théoriquement la valeur métrique d'une carte et la richesse d'information d'une photo. Déjà proposée par Ferber dans les années 30, redécouverte aux U.S.A. il y a 15 ans, cette technique n'a pas encore réussi à s'imposer.

Enfin, troisième exemple, la télédétection, extension naturelle de la photographie aérienne par élargissement du domaine spectral accessible. Les expériences organisées par le C.N.E.S. avec le concours de l'I.G.N. ont prouvé sans conteste son intérêt pour des disciplines aussi diverses que la géologie, l'hydrologie, la géothermie, l'agronomie, les études de pollution, etc... Mais son essor est freiné par le fait qu'il n'existe encore qu'un très petit nombre de spécialistes capables d'interpréter les enregistrements obtenus.

Il résulte de ce qui précède que l'innovation, but essentiel de la recherche, exige une concertation permanente avec les utilisateurs, et non pas seulement une consultation occasionnelle. C'est pour cette raison que le Comité de la recherche et du développement, organisme consultatif chargé de proposer au Directeur de l'I.G.N. l'orientation générale de la politique de recherche, comporte comme membres associés un certain nombre de personnalités extérieures ; de leur imagination et de leur ouverture d'esprit dépend pour une bonne part le succès de cette politique.

# les cartes et le tourisme

par Etienne TARRADE, I.G.G.

L'extension qu'ont pris les loisirs, a provoqué le développement d'une industrie, d'une économie et d'une géographie du tourisme. Aussi n'est-il pas étonnant de voir se développer une branche particulière de la cartographie : la cartographie touristique. Le mot tourisme peut être pris dans une grande variété d'acceptions, il se pratique de bien des façons et le rayon d'action du touriste dépend du ou des moyens de déplacement utilisés. C'est pourquoi on est amené à concevoir divers types de cartes pour différentes catégories d'usagers.

Une carte est caractérisée par son échelle qui est le rapport entre une longueur sur la carte et la même longueur mesurée sur le terrain. A l'échelle du 1/250 000<sup>e</sup> qui est celle de la carte touristique et culturelle régionale un ruban de route de 2 km 1/2 est représenté sur la carte par un longueur de 1 cm. Sur la carte touristique de l'île de Porquerolles, à l'échelle du 1/15 000<sup>e</sup>, 1 cm sur la carte traduit une longueur de 150 m sur le terrain. Un automobiliste à vitesse de croisière mettra quelque deux minutes pour parcourir 1 cm sur la carte au 1/250 000<sup>e</sup>. A Porquerolles, un promeneur à pied mettra à peu près le même temps pour parcourir 1 cm de la carte. C'est une bonne mesure qui laisse au touriste le temps de voir le paysage et de ne pas se tromper de chemin. Et tout naturellement, pour les mêmes raisons, l'échelle du 1/100 000<sup>e</sup> est un heureux compromis qui doit satisfaire également le promeneur à pied et l'automobiliste, ainsi que le cycliste, le motocycliste ou le cavalier.

Mais le temps de parcours n'est pas le seul facteur qui intervienne

dans le choix de l'échelle de la carte. Il est bien évident que les dimensions d'un détail qui y figure seront d'autant plus petites que l'échelle sera elle-même plus petite. A l'échelle du 1/25 000<sup>e</sup>, nombre de renseignements utiles au touriste peuvent être représentés. C'est ainsi que sur la carte de la forêt de Fontainebleau on a pu distinguer par des signes évocateurs les édifices remarquables, châteaux, églises, maisons anciennes, musées ainsi que les possibilités de distraction, rochers d'escalade, piscines, canotage, yachting, terrains d'équitation, de golf, pistes de karting, sans omettre les facilités de séjour, parcs automobiles, terrains de camping. Aux échelles plus petites une telle profusion d'informations n'est plus possible.

Un grand nombre de cartes dites « touristiques » ne sont en fait qu'une simple adaptation des cartes topographiques. L'I.G.N., à la demande d'éditeurs, de clubs, de syndicats d'initiative, en exécute de nombreuses.

Mais il y a mieux à faire : concevoir, créer une carte qui soit faite pour le touriste et qui lui permette de préparer méthodiquement ses vacances, de les passer agréablement et plus tard de l'aider à les revivre.

Dans cette optique l'I.G.N. a créé un groupe de recherches cartographiques dont la conception de cartes véritablement touristiques est l'une des missions. La carte topographique classique est souvent encombrée d'une foule de détails dont le touriste n'a que faire, il faut donc élaguer. Par contre le voyageur a besoin de renseignements dont la

topographie classique ne s'occupe guère (sites, infrastructures sportives...).

Dans ses recherches sur les cartes touristiques, l'I.G.N. sollicite les conseils de nombreux organismes parmi ceux que concernent les différents tourisms, ceci pour mieux répondre aux préoccupations des usagers. Au nombre de ces organismes : le Touring-Club de France, le Comité national des sentiers de grande randonnée, le Syndicat national des agences des bureaux de voyage, la Fédération française de camping et de caravaning, la Fédération française de la montagne, la Fédération nationale des syndicats d'initiative et Offices de tourisme, la Mission interministérielle pour les parcs naturels régionaux, la Direction générale de la protection de la nature, le Secrétariat d'Etat à la jeunesse et aux sports, etc... Au cours de plusieurs séances de travail, une table ronde a défini les spécifications des cartes à publier. Ainsi le vœu a été exprimé que sur la carte au 1/100 000<sup>e</sup> soient indiquées les bases de plein air, les piscines, les baignades, les plages, etc... Il a été également suggéré de distinguer les chemins privés inaccessibles aux promeneurs. La table ronde a également émis le vœu qu'à la série de cartes actuellement en cours de publication à l'I.G.N. s'en ajoutent d'autres telles que des cartes de tourisme de week-end, des cartes des itinéraires hippiques, des cartes pour la navigation de plaisance sur les rivières et les canaux, une carte des richesses esthétiques de la France actuellement en cours de fabrication, etc...

Parmi les réalisations figurant actuellement à son catalogue, l'I.G.N. a publié en couleurs :

— Une carte de l'environnement culturel et touristique (série rouge), couvrant la France en 15 feuilles. Cette carte présente un véritable inventaire des ressources artistiques, monumentales, folkloriques et des curiosités naturelles de la France. L'échelle de 1/250 000<sup>e</sup> et le découpage soigneusement étudié permettent de représenter de grandes entités géographiques ou historiques sur une feuille unique.

— Une carte pour le tourisme à l'échelle de 1/100 000 (série verte) qui, achevée en 1975, couvre toute la France en 74 feuilles couvrant chacune une étendue de 88 km sur 110 km. C'est un compromis heureux entre la grande échelle et la petite échelle. Elle satisfait aussi bien le promeneur à pied à qui elle permet d'embrasser une vaste région que l'automobiliste qui peut y étudier les itinéraires à suivre paisiblement pour visiter une région. L'étude de cette carte a duré plusieurs années, mais le résultat a été si heureux que les Nations Unies l'ont recommandé comme modèle cartographique.

— Les cartes de la série « Forêts de France », réalisées en collaborations avec l'Office National des Forêts, en général à l'échelle de 1/25 000<sup>e</sup>, qui constituent un guide précieux pour guider le marcheur, cavalier, naturaliste ou poète vers la clairière, le ruisseau, la mare, l'ombre et la fraîcheur où l'attendent les mille trésors de la forêt, l'animal craintif ou la flore multicolore. Sont actuellement publiées dans cette série les cartes des forêts de Fontainebleau, Rambouillet, Compiègne-Laigne, Chantilly - Halatte - Ermenonville, Retz-Villers, Cotterats, Crécy, et Hez-Froidmont.

— Les cartes de la série « Parcs Nationaux et Parcs Naturels Régionaux », réalisées le plus souvent à grande échelle comme les cartes de la série des Forêts, en étroite collaboration avec les directions des Parcs, les services du ministère de la Qualité de la Vie, la conférence Permanente des Parcs et la Fédération des Parcs Naturels de France. Selon l'endroit, la saison, ou les goûts de l'utilisateur, les cartes des Parcs lui permettent de parcourir de vastes régions, de suivre les itinéraires balisés, de gagner sans hésitation ses lieux de prédilection et de satisfaire son désir de mieux connaître les plus belles régions de France. Dans cette série sont actuellement publiées les cartes des Parcs Nationaux des Pyrénées, de Port-Cros, et des Cévennes, et des Parcs Naturels Régionaux de Saint-Amand-Raimès, d'Armorique, de Lorraine, de la Brière, de la Forêt d'Orient, du Vercors, de Camargue, de la Corse, du Haut-Languedoc, et du Morvan.

— Les cartes des Iles : Belle-Ile, Noirmoutiers, Yeu, Ré, Oléron, Porquerolles, homogènes dans leur conception bien que les échelles soient diverses, qui constituent un inventaire complet des ressources touristiques locales aussi bien sur le plan de l'hébergement que sur le plan des équipements sportifs et de plein air. Les activités et installations maritimes y trouvent une large place.

— La carte du Massif du Mont-Blanc en 2 feuilles à l'échelle de 1/25 000<sup>e</sup>, réalisation remarquable pour laquelle une représentation hardie et précise des zones rocheuses a été mise au point. Les alpinistes, qui exigeaient autre chose que la carte topographique classique ont prodigué leurs éloges à l'IGN, pour cette œuvre d'une grande beauté. C'est la première d'une série qui, sous le titre de « cartes des Massifs Montagneux » s'étendra peu à peu aux principales zones de tourisme de montagne d'été et d'hiver.

— La carte routière de la France en une feuille à l'échelle de 1/1 000 000<sup>e</sup>, pour laquelle un effort particulier a été fait pour faire ressortir les zones boisées et les grands axes routiers, autoroutes notamment.

— Les cartes routières et touristiques de certains départements et territoires d'outre-mer (Martinique, Réunion, Guadeloupe, Tahiti-Morea) et de quelques pays étrangers (Tchad, Sénégal, Côte-d'Ivoire, Togo, Dahomey, Cameroun, République Centrafricaine, Gabon, Madagascar, Mauricie), à diverses échelles.

Ainsi, d'année en année, le catalogue des cartes touristiques éditées par l'IGN s'enrichit progressivement de productions nouvelles à l'usage du grand public, qui viennent compléter ses cartes topographiques classiques jusqu'alors réservées à un public initié.

Pour illustrer cet article, quelques spécimens de cartes touristiques éditées par l'IGN sont présentées hors texte avec ce numéro du P.C.M.

# LA DOCUMENTATION GÉOGRAPHIQUE DE L'INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL

par Pierre PLANQUES, I.G.

*Le fond documentaire de l'Institut Géographique National est constitué essentiellement par trois types de produits : des coordonnées, des photographies aériennes et des cartes.*

*Cela représente essentiellement les résultats des travaux exécutés en France et dans les territoires qui ont été sous responsabilité française pendant les 150 dernières années, et accessoirement, des résultats provenant d'autres sources .*

*Tout cet ensemble est géré de façon centralisée et stocké soit à Paris, soit à Villefranche-sur-Cher.*

## COORDONNÉES

### • Répertoires de points géodésiques :

Ils indiquent pour chaque feuille de la carte de France au 1/50 000<sup>e</sup>, les coordonnées X, Y, dans un des systèmes de projection Lambert I, II ou III (auxquels va se substituer pour des raisons de commodité le système Lambert II étendu), des 100 000 bornes, repères, clochers etc... qui matérialisent ces points sur le terrain. Ces coordonnées sont données au cm. Un croquis permet de plus d'identifier ces points sans risque d'erreur.

### • Répertoires de nivellement :

Ils indiquent les altitudes des 400 000 repères de nivellement placés le long des voies (routes, voies ferrées etc...). Ces altitudes, qui sont données au mm, sont rattachées au marégraphe de Marseille.

Il s'agissait jusqu'à présent des altitudes orthométriques, auxquelles se substituent progressivement les altitudes normales du système I.G.N. 1969, basées sur la pesanteur réelle et non plus sur la pesanteur théorique.

### • Fiches signalétiques de points astronomiques :

Existent surtout pour les anciennes colonies françaises. Elles indiquent les coordonnées géographiques (longitude et latitude) et les coordonnées X et Y dans le système de projection utilisé des bornes matérialisant les stations astronomiques.

## PHOTOTHÈQUE

La création du Centre de Documentation de photographies aériennes (C.D.P.A.) a été fixée par un décret de 1946.

Ce Centre, dont la gestion a été confiée à l'I.G.N., est maintenant désigné sous le nom de **photothèque** qui traduit mieux la mission dont il est chargé.

Cette mission consiste :

— A rassembler les négatifs originaux (ou à défaut, les contre-types sur plaques ou films) de toutes les photographies aériennes qui sont prises par les services publics ou pour leur compte, dans la métropole et les territoires d'Outre-Mer.

— A assurer le classement et la conservation de ces négatifs ou contre-types.

— A mettre cette documentation à la disposition de tous les départements ministériels, en exécutant à titre onéreux, à la demande des services intéressés, les tirages, agrandissements, redressements ou assemblages nécessaires.

La majorité des clichés de la Photothèque ont été pris par les avions de l'Institut Géographique National. Cependant, le texte du décret sur la création de C.D.P.A. précise que tout service militaire ou civil, ou administration de l'Etat, des départements ou des communes et des territoires Outre-Mer, tout service subventionné par ces mêmes autorités, qui exécute ou fait exécuter des missions photographiques aériennes, est tenu de remettre gratuitement au C.D.P.A. dans un délai de 3 mois après la prise de vues, les négatifs originaux, datés et numérotés ou à défaut des contre-types sur plaques ou sur films ainsi qu'un tableau d'assemblage.

La collection initiale de 1945-46 comptait quelques dizaines de milliers de clichés. A l'heure actuelle (début 1975) elle en compte environ 3 500 000 dont 1 700 000 dans les caves de Saint-Mandé et le reste (surtout des missions anciennes) à Villefranche-sur-Cher.

L'accroissement annuel des collections est actuellement de 75 000 clichés par an. La Photothèque possède un jeu témoin de toutes les prises de vues réalisées.

Des locaux ont été spécialement aménagés en sous-sol à Saint-Mandé pour assurer la parfaite conservation des clichés : température de 18° environ sans variation brusque, état hygrométrique entre 50 et 60 %.

La longueur totale du rayonnement utilisé à Villefranche-sur-Cher et St-Mandé est de plus de 10 km.

L'archivage des documents détenus par la photothèque nationale est réalisé suivant un double classement : d'abord par région géographique, et à l'intérieur de chaque région, par ordre chronologique.

Pour la couverture régulière de la France par exemple, les photos sont classées par feuille au 1/50 000<sup>e</sup>, et à l'intérieur de chaque feuille par ordre de mission. Il existe 2 à 8 couvertures par feuilles depuis 1946, la moyenne étant de 4 à 5 soit en gros une mission tous les 7 ans.

La plupart des photos serviront à la restitution photogrammétrique c'est-à-dire qu'on effectuera des mesures à partir de ces photos. On utilisera donc des émulsions à grain fin et des révélateurs adéquats.

Les photos sont prises soit sur plaques soit sur film.

On a longtemps utilisé des plaques de 1,7 mm d'épaisseur, de format variable (15 × 15 à 24 × 24) dont les défauts de planéité étaient de l'ordre de quelque 1/100<sup>e</sup> de mm et les déformations très faibles (inférieures à 0,03 %).

Les plaques ont été remplacées à cause de leur commodité d'emploi surtout dans les travaux courants de photographie aérienne. L'inconvénient des films est que les déformations sont locales et suivant le type de support, elles peuvent varier de 1,5 à 0,1 %.

Toute la documentation, archivée à la Photothèque est à la disposition du public qui peut consulter les jeux témoins et passer commande des documents qu'il désire : tirages contact, agrandissements, redressements, mosaïques, photoplans etc...

La Photothèque compte environ 6 000 clients directs par an et 8 000 clients par correspondance.

## CARTOTHÈQUE

La Cartothèque de l'Institut Géographique National a été créée en 1944. Elle est chargée de recueillir, classer et archiver toute la documentation cartographique de l'I.G.N., à savoir : cartes anciennes, documents de levés anciens et récents, productions françaises (cartes du Service Hydrographique de la Marine ou du Bureau de Recherches Géologiques et Minières par exemple), cartes et atlas étrangers obtenus par voie d'échanges ou d'achat auprès de la plupart des pays du monde (l'I.G.N. a des conventions d'échange avec plus de 60 pays).

Cela représente actuellement plus de 1 300 000 pièces et l'accroissement annuel est de 10 000 cartes. Tout cet ensemble est à la disposition du public qui peut venir le consulter sur place tous les jours en semaine. Le nombre de visiteurs, extérieurs à l'Etablissement est de 1 000 par an environ : les « consultants » sont soit des entreprises travaillant sur le terrain à l'étranger, soit des chercheurs, soit des géographes ou des historiens.

Les documents sont entreposés sur 2 000 m<sup>2</sup> répartis en 3 étages de sous-sol.

Le classement des documents est un problème important (il fut la cause de l'échec de certains prédécesseurs de la cartothèque tel que « l'Agence des Cartes » de 1794).

A l'heure actuelle, le classement adopté est géographique et distingue :

— Les séries internationales couvrant l'ensemble du monde

— Les séries intéressant un continent entier

— Les séries couvrant une région géographique (Moyen Orient, Afrique du Nord etc...)

— Les séries nationales.

A l'intérieur de ce système, le classement se fait en « cartes topographiques » ou « cartes thématiques » puis en sous-catégories (géologie, vé-

gétation, économie, tourisme etc...), puis dans l'ordre des échelles de publication.

Au sein de chaque série, le système de numérotation international est conservé chaque fois que cela est possible.

Avant de conclure, il est bon de citer la bibliothèque qui est extrêmement riche dans les domaines propres de l'I.G.N. : géodésie, cartographie, topographie, photogrammétrique, télé-détection et qui comporte également un certain nombre d'ouvrages intéressants sur la pratique ancienne des travaux de terrain.

Ainsi la documentation géographique dont dispose l'I.G.N. forme un ensemble de données assez impressionnant qui se chiffre à plusieurs millions d'éléments.

Pour que cette documentation garde toute sa valeur, il est nécessaire qu'elle soit convenablement gérée, c'est-à-dire que malgré son volume, elle puisse être réellement disponible. La politique actuelle de l'I.G.N. tend à la faire connaître et à la rendre davantage exploitable par tous les utilisateurs.

## PETITES ANNONCES

### Offre d'emploi

On recherche ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées pour recherches et constitution de dossiers concernant application de règlements d'eaux - Région Champagne.

S'adresser à M. Gabriel Lacombe, Crancey, 10100 Romilly-sur-Seine.

Société engineering cherche ingénieur haut niveau pour assurer la responsabilité de la conception et des études des ouvrages de génie civil (VRD - béton - charpente - bâtiments) liées à la réalisation d'ensembles industriels français et étrangers.

S'adresser Yves Martin : Tél. 555.92.90 - Poste 381.



Nouveau pont sur la Seine. (photo H. Baranger)

## EVRY - VILLE NOUVELLE MISE D'UN NOUVEAU PONT SUR LA SEINE

Les deux rives de la Seine étaient reliées au droit d'EVRY par un pont provisoire à voie unique, mis en place en 1962.

Le pont suspendu existant à cet endroit, avait été détruit par faits de guerre en 1940 et remplacé peu après par une passerelle suspendue à voie unique.

Chaque sens de circulation franchissait alternativement le pont provisoire grâce à des feux.

Aux heures de pointe du matin et du soir, des bouchons importants se formaient. Il fallait remédier à cette si-

tuation que les automobilistes déplorait.

C'est chose faite depuis le 12 décembre 1974.

En effet, après dix-huit mois de travaux environ, le nouveau pont d'EVRY - VILLE NOUVELLE est entré en service..

Cet ouvrage a été construit en voussoirs préfabriqués dans les installations qui avaient été réalisées pour l'ouvrage de franchissement de la SEINE par la rocade NORD de CORBEIL à deux kilomètres à l'amont. La réutilisation de ces installations

a permis d'importantes économies. Le coût du nouveau pont a pu être ainsi limité à 5 MF.

Il comporte trois travées. Les deux travées de rive sont égales et ont une portée entre appuis de 56,65 m. La portée de la travée centrale est de 95,68 m, ce qui classe cet ouvrage précontraint parmi les plus importants de FRANCE.

Il est raccordé en rive gauche au parc de stationnement de la Gare d'EVRY et à la voie primaire S. 3 de la ville nouvelle d'Evry. En rive droite, il sera relié à la R.N. 448 entre SOISY et ETIOLLES par un carrefour giratoire.

## **l'action du médiateur en matière de construction, logement, équipement**

Après les affaires financières et sociales, la construction, le logement et l'équipement correspondent au troisième secteur d'activités du Médiateur en ordre décroissant.

L'importance du nombre de dossiers traités (plusieurs centaines pour 1974) provient notamment de deux raisons suivantes :

— la construction, le logement et l'équipement font l'objet de réglementations extrêmement complexes et touchent un domaine très sensible à l'ensemble de la population.

— les dispositions de la loi du 3 janvier 1973 permettent au Médiateur une large marge d'interventions pour ce type de dossier.

Parmi les cas soumis au Médiateur et faisant l'objet d'une réclamation, on peut noter plus particulièrement :

- la publicité des règlements d'urbanisme,
- le classement en zone rurale,
- les demandes de permis de construire,
- le logement,
- l'expropriation.

### **I - EQUIPEMENT**

#### **Publicité des règlements d'urbanisme**

Le manque d'informations ou une insuffisance de publicité en matière de règlement d'urbanisme ont été notoirement constatées. De très nombreux citoyens construisent en des lieux où les réglementations en vigueur ne le permettent pas.

La lecture des dossiers traités par le Médiateur fait apparaître notamment des difficultés certaines dans les endroits soumis aux règles des lotissements, des Z.A.D., des Z.A.C.

ou S.D.A.U. Par ailleurs, la mise en place des P.O.S. et leur non réglementation définitive (deux ans seront encore nécessaires) entraînent de nombreux recours.

Il conviendrait que les personnes désireuses de faire construire sachent davantage qu'elles peuvent obtenir tous les renseignements utiles à la mairie et auprès des services locaux de l'Équipement.

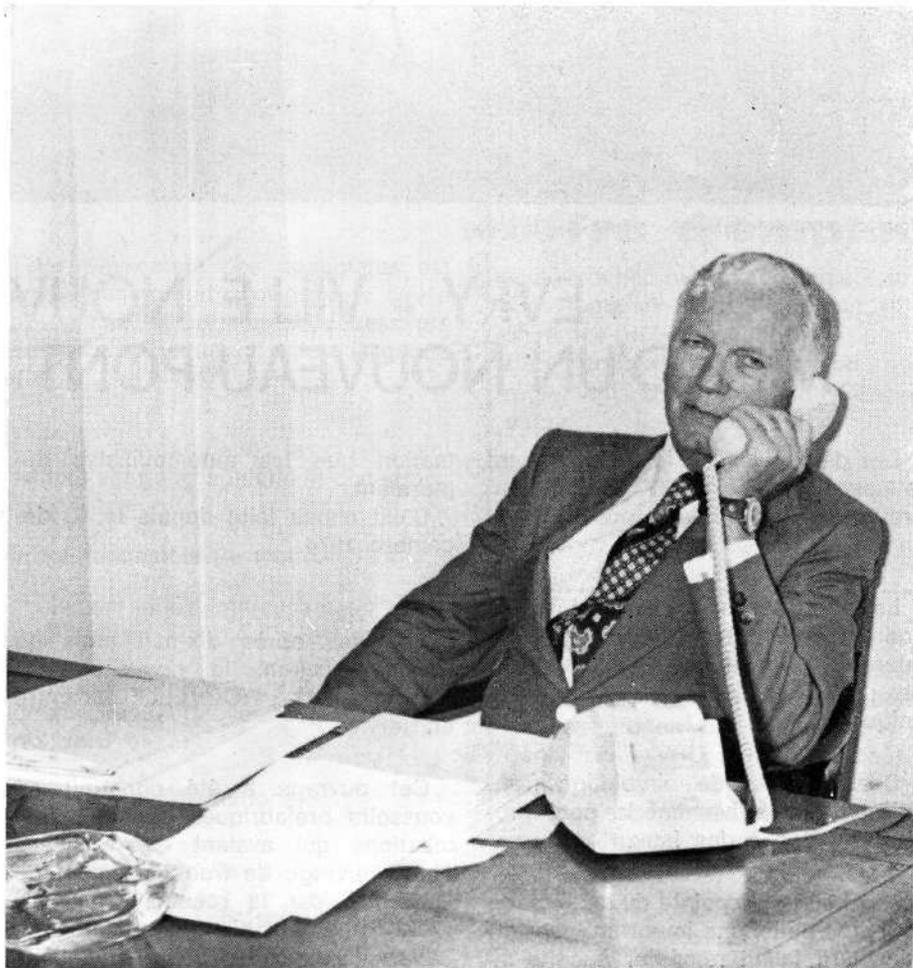
#### **Classement en zone rurale**

A ce sujet, il convient de rappeler que dans certaines régions en dessous d'une superficie de 5000 m<sup>2</sup> la propriétaire ne peut pas construire de maison sur son terrain.

Cette disposition légale a été prise dans le souci d'éviter notamment une anarchie au niveau des constructions individuelles. Cette raison est bien

**Aimé Paquet, médiateur.**

(photo Melloul - SYGMA)



entendu fondée mais le souci du Médiateur est également d'en constater les conséquences. Dans cet esprit, il est certain que la loi favorise les propriétaires bénéficiant d'un certain revenu et défavorise les autres.

### Permis de construire

L'examen des dossiers traités par le Médiateur indique que les affaires concernant les permis de construire portent essentiellement sur les points suivants :

- constructions édifiées sans autorisation,
- constructions édifiées en violation de permis accordé,
- refus de l'octroi du permis,
- annulation d'un permis accordé,
- conditions d'intervention des sursis à statuer sur les demandes de permis.

On peut également constater que de nombreuses affaires portant sur des cas de dérogation ou de demande de dérogation de permis de construire sont régulièrement posées au Médiateur.

### Logement

Le médiateur reçoit plus particulièrement des réclamations portant sur les H.L.M., les primes à la construction et les conflits avec l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (A.N.A.H.).

— En ce qui concerne les H.L.M. on a noté plusieurs réclamations portant sur le refus d'une demande d'achat de logement, et sur des plaintes de locataires privés de chauffage et d'eau chaude dans des immeubles gérés par un Office d'H.L.M.

On peut faire remarquer, à ce sujet, qu'en principe la loi du 3 janvier 1973 ne permet pas au Médiateur d'intervenir dans des conflits entre des administrés et les Sociétés Coopératives d'H.L.M. Ces dernières ne constituent pas des organismes investis d'une mission de service public. Cependant elles sont régies par la législation des H.L.M. et les Pouvoirs Publics ne sont pas sans action sur elles. C'est pourquoi le Ministère chargé du Logement a été amené à répondre aux demandes d'information de la part du Médiateur sur des réclamations mettant en cause des Offices d'H.L.M.

— En ce qui concerne les primes à la construction, la législation relative à celles-ci a entraîné un bon nombre de réclamations la concernant. En effet la législation relative

aux primes à la construction aura connu en peu d'années diverses évolutions modifiant assez profondément les conditions d'attribution de ces primes. Il est certain que de nombreux administrés connaissant la première législation restent néanmoins mal informés sur ses derniers développements. Il est indispensable d'entreprendre un réel effort dans ce sens. C'est ainsi, par exemple, ce qui répond à certaines interventions du Médiateur, que le Ministère compétent a fait éditer un dépliant relatif aux aides à la construction et où étaient précisés certains aspects de la loi portant, par exemple, sur le fait que la demande de prime ne créait pas de droit de fait quant à cette prime.

— En ce qui concerne l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, diverses réclamations mettant en cause cet Organisme ont fait apparaître que l'A.N.A.H. ne peut intervenir lorsqu'il s'agit de l'amélioration d'un local commercial même si ce local est situé dans un vieux quartier d'une ville. L'A.N.A.H. ne peut pas non plus intervenir lorsqu'il s'agit de la transformation d'un local, quel qu'il soit, en vue de la création d'un logement. L'A.N.A.H. ne peut intervenir que pour l'amélioration d'un local utilisé comme logement afin d'en améliorer l'habitat.

En tout état de cause, l'examen de ces dossiers a confirmé qu'il existait encore une lacune dans le dispositif que l'Administration met progressivement en place pour essayer de sauver les vieux quartiers.

### Expropriation

Les réclamations émanant de propriétaires expropriés ou menacés d'expropriation (idem pour les locataires) pour l'exécution de travaux d'équipements publics ont été particulièrement nombreuses.

Il est certain que les conséquences du développement de l'infrastructure autoroutière en France alimentent une bonne part de ces réclamations. Ce ne sont pas malheureusement les seules.

En effet, celles provenant des grands programmes d'extension urbano-industrielle ont été également rappelées à l'attention du Médiateur. Malheureusement, on constate que l'ensemble de ces réclamations ont dû être déclarées irrecevables, notamment parce que la phase judiciaire

de l'expropriation se trouvait déjà entamée.

Si le Médiateur n'a donc pas pu intervenir il a cependant été préoccupé par les conditions actuelles de l'expropriation. De nombreux réclamants ont notamment dénoncé les procédures d'offres, l'insuffisance de ces offres.

Le mécontentement du public a amené le Médiateur à examiner les insuffisances que l'on peut constater dans l'organisation et la procédure d'expropriation :

- enquêtes publiques,
- imprécision des projets d'Administration,
- couverture juridictionnelle imparfaite.

## II - ENVIRONNEMENT

Le Médiateur a reçu jusqu'ici peu de réclamations dont l'instruction relevait directement du Ministère de la Protection de l'Environnement. Néanmoins un nombre appréciable d'appels lui sont parvenus qui, tout en mettant en cause d'autres Départements Ministériels avaient tous trait à la protection de la nature et de l'environnement.

Parmi ce cadre général des nuisances, on peut noter plus particulièrement les aspects suivants :

- atteinte au site,
- bruits
- pollution des eaux,
- pollution industrielle,
- nuisances du trafic automobile,
- nuisances du trafic aérien,
- gêne du voisinage.

Pour conclure, il faut signaler que le Médiateur a constaté de très nombreux manques d'informations du public en matière de législation dans le domaine de l'équipement. Il ne faut pas non plus exclure une attitude et des textes parfois contestables de l'Administration entraînant des situations douloureuses pour les citoyens.

Enfin, il est certain que de nombreuses initiatives restent à prendre dans le domaine de la Construction, du Logement et de l'Équipement. Le Médiateur dans la limite de ses moyens a d'ores et déjà agi dans ce sens. C'est ainsi qu'il vient d'adresser environ 15 propositions de réformes aux Départements Ministériels correspondant à certaines réclamations dont le Médiateur a été saisi.

ENTREPRISE

# BOURDIN & CHAUSSE

S.A. au Capital de 6.000.000 F

**NANTES**, Rue de l'Ouche-Buron  
Tél. : 74.59.70

**PARIS**, 36, rue de l'Ancienne Mairie  
92 - Boulogne-Billancourt  
Tél. : 604.13.52

**TERRASSEMENTS**  
**ROUTES**  
**ASSAINISSEMENT**  
**RESEAUX EAU et GAZ**  
**GENIE CIVIL**  
**SOLS SPORTIFS**



# RÉPERTOIRE DÉPARTEMENTAL DES ENTREPRISES

SUSCEPTIBLES  
D'APPORTER  
LEUR CONCOURS  
AUX ADMINISTRATIONS  
DES PONTS  
ET CHAUSSÉES  
ET DES MINES

ET A TOUS LES AUTRES  
MAITRES D'OUVRAGES PUBLICS  
PARAPUBLICS ET PRIVÉS

## 01 AIN

Concessionnaire des planchers  
et panneaux dalles « ROP »

### Les Préfabrifications Bressanes

01-CROTTET - R.N. 79 près de Mâcon  
Tél. 29 à Bagé-le-Châtel

## 05 HAUTES-ALPES

### SOCIÉTÉ ROUTIÈRE DU MIDI

Tous travaux routiers

Route de Marseille - 05001 GAP - B.P. 24  
Télex : ROUTMIDI 43221  
Tél. : (92) 51-03-96

## 13 BOUCHES-DU-RHONE

### SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE T.P. FOUGEROLLE - SNCT

S.A. CAPITAL 81.101.400 F

Siège : 3, avenue Morane-Saulnier  
VELIZY-VILLACOUBLAY  
Agence de Marseille : 154, av. Jules-Cantini  
13008 MARSEILLE  
Téléphone : 77.04.20 TELEX : 44.846

### SOCIÉTÉ ROUTIÈRE DU MIDI

Tous travaux routiers

Zone Industrielle - 13290 LES MILLES  
Tél. : (91) 26.14.39  
Télex : ROUTMIDI 41702

### ENTREPRISE DE MAÇONNERIE PHILIPPE SCHIANO

Immeuble Méditerranée

Avenue de la Viguerie - 13260 CASSIS  
Tél. 01.77.00

## 20 CORSE

### ENTREPRISE DE TRAVAUX PUBLICS ET BATIMENTS

#### RABISSONI s.a.

Société anonyme au capital de 100.000 Francs  
Gare de Mezzana - Plaine de Parl  
20000 SARROLA-CARCOPINO

### SOCIÉTÉ T.P. ET BATIMENT Carrière de BALEONE

Ponte-Bonello par AJACCIO

Tél. 27.80.20 Ajaccio

Vente d'agréats et matériaux de viabilité  
Tous travaux publics et Bâtiment

## 21 COTE-D'OR

### LES AGGLOMÉRÉS DE L'EST

21-SAINT-JEAN-DE-LOSNE

Tuyaux en béton - Préfabrication - Tous  
produits moulés - Bordures de trottoirs  
Viabilité - Signalisation -  
Tous les produits V.R.D. - Dalles - Clôtures

## 26 DROME

### SOCIÉTÉ ROUTIÈRE DU MIDI

Tous travaux routiers

Route de Mours  
26101 ROMANS - B.P. 9  
Télex : ROUTMIDI 45703  
Tél. : (75) 02-22-20

## 38 ISÈRE

- CHAUX VIVE
- CHAUX ÉTEINTE  
50/60 % Ch. Libre
- CHAUX SPÉCIALE pr enrobés  
20/30 % Ch. Libre
- CARBONATE DE CHAUX  
(Filler Calcaire)

Broyeur  
à boulets

Sté de CHAUX et CEMENTS  
38 - SAINT-HILAIRE DE BRENS

### APPAREILS DRAGON s.a

Concassage - Broyage - Criblage - Installations

Siège Social : 38-Fontaine

Tél. (76) 96-34-36 - Tél. Draglex 32.731

Bureau à Paris, 92, av. Wagram (17<sup>e</sup>)

Tél. 227-84-70 - Tél. Dragowag 29.406

## 39 JURA

### Sté d'Exploitations et de Transports PERNOT

Préfabrication - Béton prêt à l'emploi  
Rue d'Ain, 39-CHAMPAGNOLLE Tél. 83

Sté des carrières de Moissev  
39-MOISSEY

## 47 LOT-ET-GARONNE

### G. ROUSSILLE

DRAGAGES ET TRAVAUX PUBLICS

47 - LAYRAC

R.C. Agen 58 A 7

I.N.S.E.E. 143 47 145 0 002

## 62 PAS-DE-CALAIS

### S. A. BENALU

S.A. au capital de 1 000 000 F

108, rue Pierre-Brossolette

62110 HENIN-BEAUMONT

Tél. (21) 20.03.49

- Construction de matériel roulant
- Construction de bennes en alliage léger

### BEUGNET

(Sté Nouvelle des Entreprises)

S.A. au Capital de 5.200.000 F

### TRAVAUX PUBLICS

53, bd Faidherbe - 62000 ARRAS

## 59 NORD

### Ets François BERNARD et Fils

MATÉRIAUX DE VIABILITÉ :

Concassés de Porphyre, Bordures, Pavés en  
Granit, Laitier granulé, Sables.

50, rue Nicolas-Leblanc - LILLE

Tél. : 54-68-37 - 38 - 39

## 63 PUY-DE-DOME

### BÉTON CONTRÔLE DU CENTRE

191, a. J.-Mermoz, 63-Clermont-Ferrand

Tél. : 92-48-74.

Pont de Vaux, 03-Estivareilles

Tél. : 06-01-05.

BÉTON PRÊT A L'EMPLOI

Départ centrale ou rendu chantiers par  
camions spécialisés • Trucks Mixers •

## 67 BAS-RHIN

EXPLOITATION DE CARRIÈRES DE GRAVIERS  
ET DE SABLES - MATÉRIAUX CONCASSÉS

### Gravière du Rhin Sessenheim

S.A.R.L. au Capital de 200.000 F

Siège social : 67-SESSENHEIM

Tél. : 94-61-62

Bureau : 67-HAGUENAU, 13, rue de l'Aqueduc

Tél. : 93-82-15

### ENTREPRISES WAGNER

8, rue Adolphe-Seyboth 67004 STRASBOURG  
CEDEX - Tél. 32.49.70 - Tél. 87 068

Etudes de projets et engineering - Bâtiments,  
travaux publics et constructions industrielles  
Béton précontraint et coffrages glissants  
Préfabrication - Sondages et forages -  
Fondations spéciales sur pieux - Travaux de  
menuiserie

**74 HAUTE-SAVOIE**

 **SALINO**  
ANNÉCY — Tél. 57.21.27  
6, rue des Alouettes - B.P. 676

Bâtiment - Génie Civil - Structures bois  
Lamellé collé - Charpente traditionnelle  
Préfabriqués — Promotion Immobilière

**76 SEINE-MARITIME**

**PLASTI-CHAPE**  
Route de Darnétal - MESNIL-ESNARD 76

- Revêtements routiers anti-dérapants
- Enrobés spéciaux
- Signalisation horizontale
- Revêtements de sols industriels

**snammi**  
Siège Social : Quai Bas de l'Escure  
78920 AMPREVILLE-LA-MIVOIE  
B.P. n° 4 - Tél. (35) 70.82.64 +

**MATERIELS DE TRAVAUX PUBLICS**  
LOCATION - MANUTENTION

Poclain (pelles) - P.P.M. (grues manutention)  
CMC (chargeurs) - Bomag (rouleaux vibrants)  
Ingersoll Rand (compresseurs) - Neyrpic  
Ponts Jumeaux (carrières)

**SOCIÉTÉ NORMANDE  
DU CIMENT MOULÉ**

83, rue de la Motte  
76140 LE PETIT-QUEVILLY  
Tél. 72.29.61

CLOTURES BETON ET GRILLAGE  
ELEMENTS BETON VIBRE

**Jean-Claude BAUDOIN**  
AGGLOMÉRÉS - TRANSPORT  
BÉTON PRÊT A L'EMPLOI

Rue des 18 Acres  
76330 PETIVILLE  
Tél. : 94.77.30 - 94.77.72

**86 VIENNE**

**m e a c s. a.**  
86 - CHAUVIGNY  
Tél. : 44-32-46 Poitiers

**FILLERS CALCAIRES**

**93 SEINE-SAINT-DENIS**

**S.A.R.L. DEVAUDEL**  
FOURNITURES  
INDUSTRIELLES

73-75, rue Anselme - 93400 SAINT-OUEN  
Tél. 254.80.56 +

**94 VAL-DE-MARNE**

ENTREPRISES  
**QUILLERY SAINT-MAUR**  
GÉNIE CIVIL — BÉTON ARMÉ  
— TRAVAUX PUBLICS —

8 à 12, av. du 4-Septembre - 94100 Saint-Maur  
Tél. 883.49.49 +

**FRANCE ENTIÈRE**

 **Compagnie Générale  
des Eaux**

Exploitation : EAUX  
ASSAINISSEMENT  
ORDURES MÉNAGÈRES  
CHAUFFAGE URBAIN

52, rue d'Anjou - 75008 PARIS - Tél. 265 51 20

**offre d'emploi**

**Département :** ÉTUDES URBAINES.

**Division :** TRANSPORTS.

**Candidature à adresser à :** M. LEGRAND, I.P.C., C.E.T.E. de l'Est, 6, place du Roi-George - 57000 METZ.

**Catégorie professionnelle :** INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

**DESCRIPTION DU POSTE A POURVOIR**

**Position hiérarchique :** Chef de la Division ou chargé d'études selon expérience professionnelle.

**Nature des activités :** Recherches à caractère méthodologique, études de cas, assistance aux D.D.E. et aux collectivités locales principalement au niveau pré-opérationnel. Étude de l'« EUROMÉTRO ».

**Moyens d'action - contraintes particulières :** Déplacements fréquents de courte durée (journée) - horaires de travail adaptés aux circonstances.

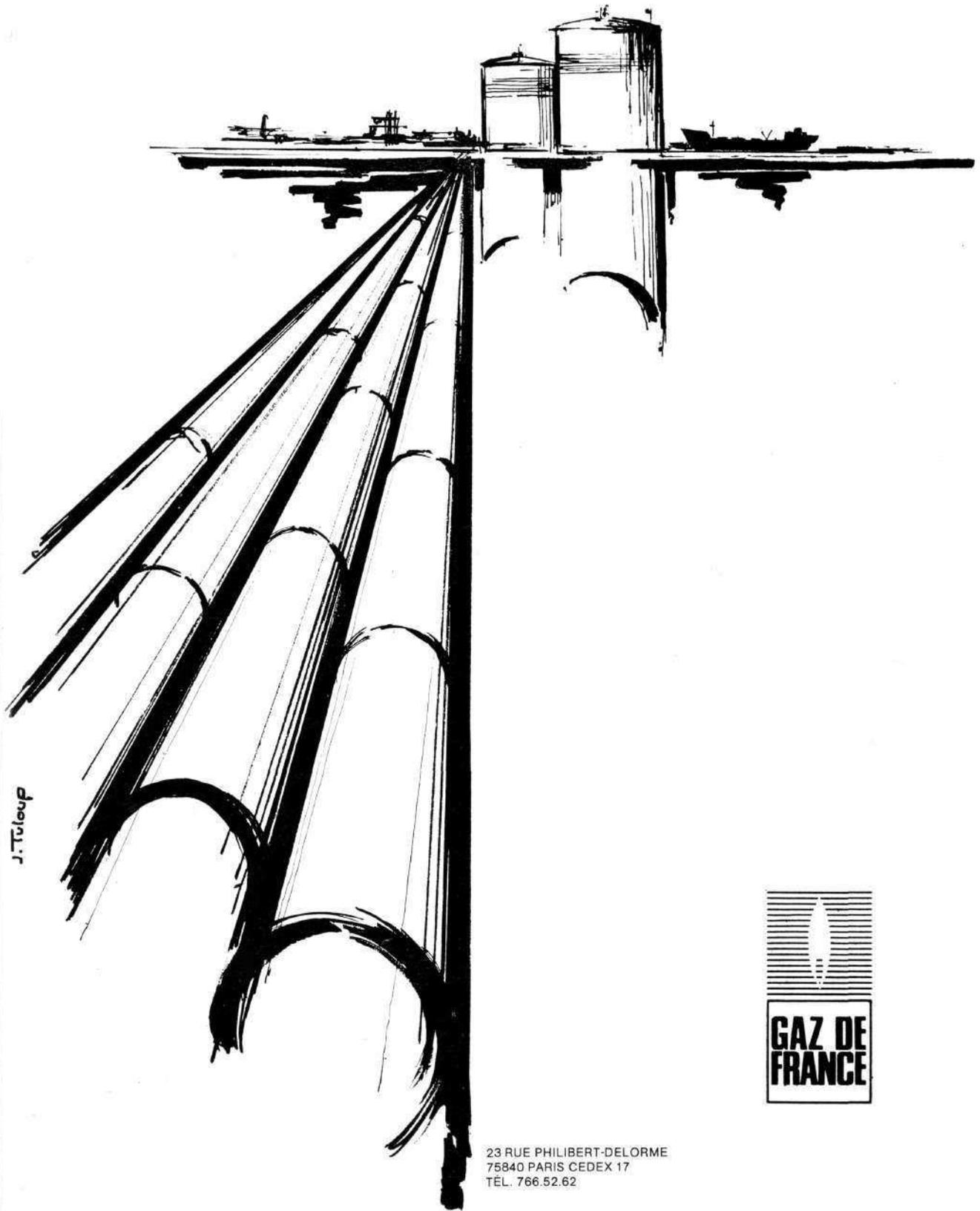
**PROFIL DU CANDIDAT**

**Formation souhaitée :** Bonnes connaissances des études théoriques et pratiques sur les problèmes de transport.

**Expérience professionnelle :** Deux à trois ans, de préférence dans un service spécialisé (C.E.T.E., S.E.T.R.A., etc...).

**Connaissances supplémentaires :** Aptitudes aux relations humaines. Bonne expression orale et écrite.

**Qualités particulières :** Indépendance. Sens du service public. Esprit inventif et créatif.



J. T. Tolp



23 RUE PHILIBERT-DELORME  
75840 PARIS CEDEX 17  
TEL. 766.52.62



Plateforme ROSCO

Modèle type « Mer du Nord » mis au point par BOUYGUES  
pour l'exploitation et le stockage des produits pétroliers offshore

**BOUYGUES  
OFFSHORE**

SEALINES · STRUCTURES EN MER  
GRANDS OUVRAGES PORTUAIRES

LA BOURSIDIÈRE R.N. 186  
92350 LE PLESSIS-ROBINSON  
TÉL. : 630-21-98 - TÉLEX : 24575 F