

# PCM

## L'INGENIEUR DES PONTS ET CHAUSSEES REALISATEUR

N° 8 - 9 - AOUT - SEPTEMBRE 1979 76<sup>e</sup> ANNEE

ISSN : 0397-4634



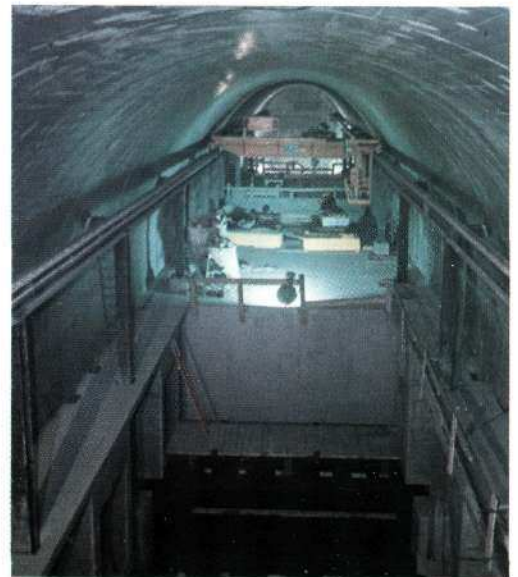
J. RESPIRE

# nos ingénieurs l'ont baptisé la nef

Ils l'ont construit comme leurs anciens  
bâtissaient les cathédrales.



En fait il s'agit de la double usine  
souterraine de ventilation du tunnel  
routier du Fréjus. Chaque usine ventile  
environ 2 000 mètres de tunnel.



Elle est entourée de galeries de pied de  
puits pour l'amenée de l'air frais et le  
refoulement d'air vicié.



SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISES

21 RUE DU PONT DES HALLES 94536 CHEVILLY-LARUE TELEPHONE : 687.22.36

# sommaire

## Directeur de la publication :

Jacques LECLERCQ  
Président de l'Association

## Administrateur délégué :

Philippe AUSSOURD  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées

## Rédacteurs en chef :

Olivier HALPERN  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées  
Benoît WEYMULLER  
Ingénieur  
des Ponts et Chaussées

## Secrétaire générale de rédaction :

Brigitte LEFEBVRE DU PREY

## Assistante de rédaction :

Eliane de DROUAS

## Rédaction - Promotion

### Administration :

28, rue des Saints-Pères  
Paris-7<sup>e</sup> - 260.25.33

Bulletin de l'Association des Ingénieurs  
des Ponts et Chaussées, avec la collaboration  
de l'Association des Anciens Elèves  
de l'École des Ponts et Chaussées.

### 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  
75015 Paris  
Tél. 532.27.19

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

IMPRIMERIE MODERNE  
U.S.H.A.  
Aurillac

## dossier

La page du Président .....	23
Editorial .....	
P.D. COT .....	24
La deuxième aérogare de l'Aéroport Charles de Gaulle à ROISSY .....	
J.C. ALBOUY .....	25
A. 36 - Beaune-Mulhouse .....	
M. VILLEMAGNE .....	30
La ligne nouvelle à très grande vitesse .....	
J. ALIAS .....	35
Le métro de Caracas .....	
M. CANCELLONI .....	43
Le pont d'Ottmarsheim .....	
J.P. TEYSSANDIER .....	49
Le pont de Brotonne .....	
V. AMIOT .....	54
Le tunnel de Fréjus .....	
M. LEVY .....	58
La technique de la terre armée .....	
F. SCHLOSSER .....	63
La forme de radoub de Brest .....	
M. NOYELLE .....	69
Le terminal méthanier de Montoir de Bretagne .....	
P. DELAPORTE .....	77
Le réseau de gaz de Slovénie .....	
G. de BUFFEVENT .....	80
La réalisation des centrales nucléaires : les grands choix .....	
M. HUG .....	84
L'usine de Morsang sur Seine .....	
R. COULOMB .....	89
Construction de la plate-forme Cormoran A .....	
R. LACROIX .....	94
L'I.P.C. et le logement .....	
M. SAILLARD .....	104
Le nouvel hôpital Saint-Louis .....	
J.P. WEISS .....	108
Le complexe hôtelier de Conakry .....	
P. FLEURY .....	112

## La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

Informations retraite .....	116
Lu pour vous .....	117
Mouvements .....	118
Rapport exportation .....	119

Couverture : Vivian-José RESTIEAU

En ce dernier quart du 20<sup>e</sup> siècle l'homme arbitre les progrès que les techniques de pointe ne cessent de développer dans le domaine ferroviaire, maritime, aérien, atomique et les conséquences qui en découlent : sa liberté et son honneur sont à ce prix.

Maquette : Monique CARALLI

Nous voulons  
faciliter votre vie  
en facilitant  
vos déplacements.  
Toujours tous les jours



*Pour mieux vivre Paris et l'Île de France*

Centre d'Information Téléphonique (CIT) : 346.14.14.



**EGELEC**

**FORCE  
LUMIÈRE  
HAUTE  
&  
BASSE  
TENSION**

- GROUPES ÉLECTROGENES

- INSONORISATION

- COURANTS FAIBLES

- FAUX PLAFONDS

- TÉLÉPHONE

- STAFF

SOCIÉTÉ ANONYME  
AU CAPITAL DE 1 536 000 F

C.C.P. PARIS 5065-11

REG. COM. SEINE 55 B 3896

I.N.S.E.E. 339 92 009 0032

SIRET 775721798 00012

CODE APE 5540

Siège social 12 rue Maurice Pelletier

B.P. 46

**92270 BOIS-COLOMBES - Tél. : 780.73.56 +**

**Télex : 270 105 F/840**

### **E.D.F.**

- Centrale de Vitry/Seine
- Centrale de Champagne
- Centrale de Porcheville
- Centrale de Cordemais
- Centrale de Bordeaux Ambès
- Centrale de Nantes Cheviré
- Centrale Nucléaire de Gravelines
- Centrale Nucléaire de Blaye
- Centrale Nucléaire de Dampierre
- Centrale Nucléaire de Saint-Alban

etc...

### **HÔPITAUX**

- Hôpital Jean Verdier Bondy
- Hôpital Rothschild Paris
- Hôpital Fernand Widal Paris
- Hôpital Saint-Antoine Paris
- Hôpital Necker Paris
- Hôpital Saint-Louis Paris
- Hôpital Saint-Vincent de Paul Paris
- Hôpital Pitié Salpêtrière Paris
- Hôpital Lariboisière Paris
- Hôpital Boucicaut Paris

etc...

- C.H.R Strasbourg Haute-pierre 1500 lits
- Fondation Cousin de Méricourt Cachan 403 lits
- C.H.U Trousseau Tours 700 lits
- Hôpitaux Oeuvres Jean de Dieu 200 lits
- Hôpitaux Psychiatrique d'Erstein 600 lits
- Clinique de l'Espérance Saint-Malo 100 lits
- C.M.C.U Montpellier 805 lits
- Hospices Lille 300 lits
- Centre Orthopédique Villiers/Marne 165 lits
- Clinique Taoufik Tunis 200 lits

etc...

- Centre Recherche IRCHA
- Collège Technique Dinan
- Siège Social AIR INTER 22.000 m<sup>2</sup>
- Siège Social C.E.C. 8.800 m<sup>2</sup>
- Centre Informatique AIR INTER
- Journal Ouest France Nouvelle imprimerie

- Marché Intérêt National entrepôts
- Abbaye du Mont Saint Michel
- Lycée Hôtelier Dinard
- ORTF - Centres Émetteurs
- Alcazar d'Été Paris - reconstruction
- Maison d'Arrêt Muret et Fleury Mérogis

etc...

# BAUDIN- CHATEAUNEUF

c'est aussi :

- visites détaillées
- réparation
- restauration
- transformation

de tous ponts  
et passerelles  
(métalliques  
et béton)

45110 CHATEAUNEUF-SUR-LOIRE  
B.P. N°19 - TÉLÉPHONE (38) 89.43.09

Toute l'instrumentation  
pour :  
la **GEOPHYSIQUE** et  
la **GEOTECHNIQUE**  
ainsi que les mesures  
en **LABORATOIRES**



BEVAC

**BEVAC**

Case postale 63  
1018 LAUSANNE (Suisse)  
Avenue des Oiseaux 13

Tél. : 021/38 11 71-2

Télex : BEGRA CH 25506



*L'Entreprise Industrielle*

29, rue de Rome - 75008 PARIS  
Tél. : 296.16.60

## TRAVAUX ÉLECTRIQUES

Centrales hydrauliques, thermiques, nucléaires - Postes de transformation HT & BT - Lignes de transport d'énergie HT & THT - Electrification rurale - Eclairage Public - Distribution BT/MT - Poteaux en béton armé & précontraint - Installations Industrielles - Courants faibles - Automatismes - Contrôle - Postes & Télécommunications - Usine de fabrication de tableaux électriques.

## GÉNIE CIVIL

Aménagements hydro-électriques - Ouvrages d'art Souterrains - Aéroports - Autoroutes - Canalisations.

## BÂTIMENT

Bâtiments Industriels - Publics - Privés - Parkings - Groupes Scolaires - Stations Épuration & Pompage - Piscines.

## BUREAUX D'ÉTUDES

travaux  
spéciaux  
dans le  
sol



CANAL P. Paris

 **SOLETANCHE**

6, rue de Watford - B.P. 511  
92005 NANTERRE Cedex (France)

Paris (1) 776.42.62 Telex 611722 SOLET F



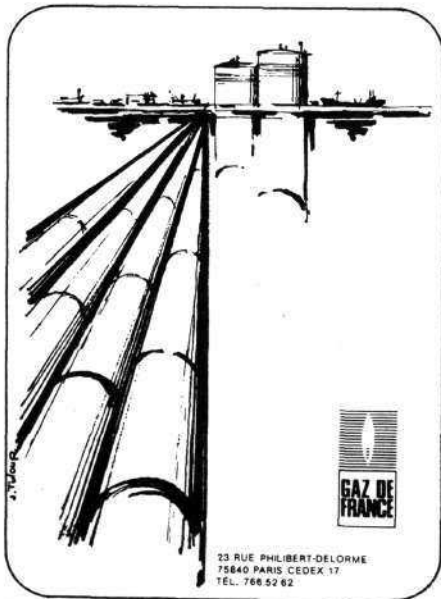


**LE BON SENS PRES DE CHEZ VOUS.**

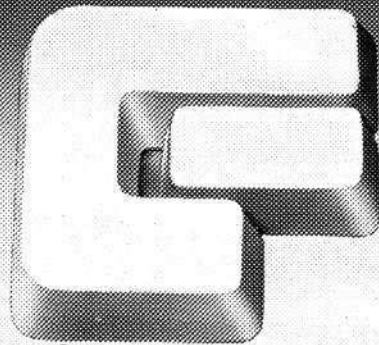
HAVAS CONSEIL



**CREDIT AGRICOLE  
8000 BUREAUX**



23 RUE PHILIBERT-DELORME  
75840 PARIS CEDEX 17  
TEL. 768.52.62



**SOCIÉTÉ  
DES CIMENTS  
FRANÇAIS** 34% du marché  
national.

10 millions de tonnes/an.

16 usines · 5 centres de broyage · 8 centres de distribution  
8 agences commerciales



**institut**

**géographique**

**national**

**«métérologie»**

**2 av. pasteur 94160 st mandé**

**tel. 374.12.15**



mouvement du câble lors d'essais en charge du pont suspendu de bordeaux

Echelle des déplacements — 0 — 1 m

# REVOLUTION dans la CLÔTURE !

nouveau PIQUET nouvelle METHODE

## pas plus cher et tellement mieux!

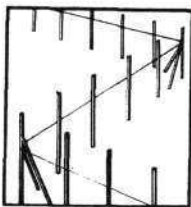
**ESTHETIQUE** - de forme cylindrique, son entretien est facilité  
- pas d'angle coupant non agressif.

**ASTUCIEUX** - système autobloquant, pas d'outil, pas de boulon.  
- peut se faire soit

- piquet d'arrêt
- piquet d'angle
- piquet de renfort.

- 3 présentations

- apprêté prêt à peindre
- plastifié polyester
- galvanisé à chaud.



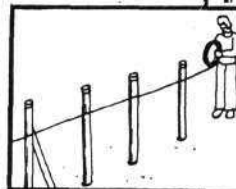
# artub

USINE DE LA GARE B.P. 29  
38460 CREMIEU - tél. (74) 94.70.45

ASTUCIEUX  
dans la pose  
CLIPSAGE

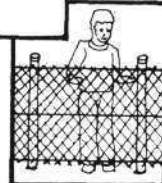


pose et tension  
des fils d'un  
seul jet, quelque  
soit la longueur



▲ blocage  
des  
fils par  
clipsage

pas d'angle saillant  
le grillage se pose  
et se tend bien  
à plat



Pub. Feuilleté Lyon

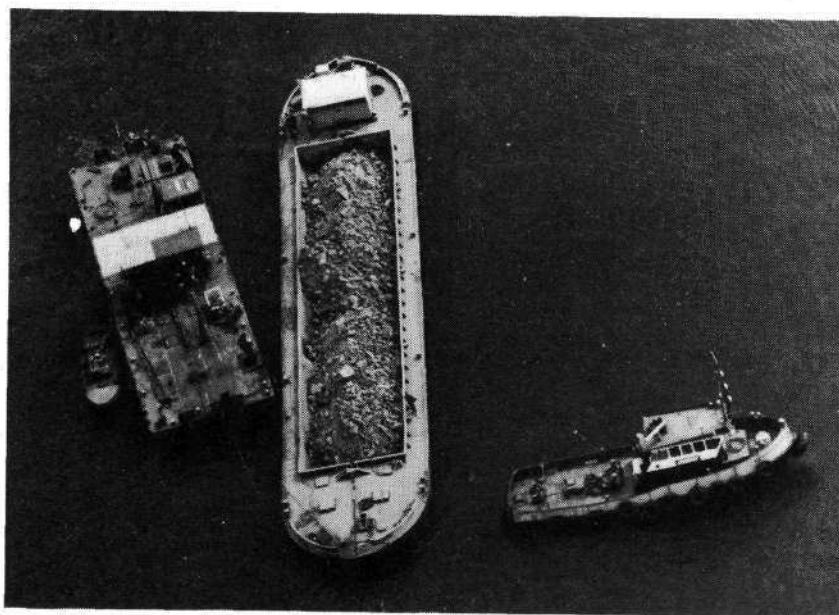
# société de dragage du nord

centre d'affaires de paris-nord  
Immeuble le continental  
93153 le blanc mesnil cédex  
téléphone (1) 867.61.32  
télex 212506 Sodrano

TRAVAUX  
MARITIMES ET FLUVIAUX  
TERRASSEMENTS

# sodranord

construction de la forme de radoub n° 3 à Brest,



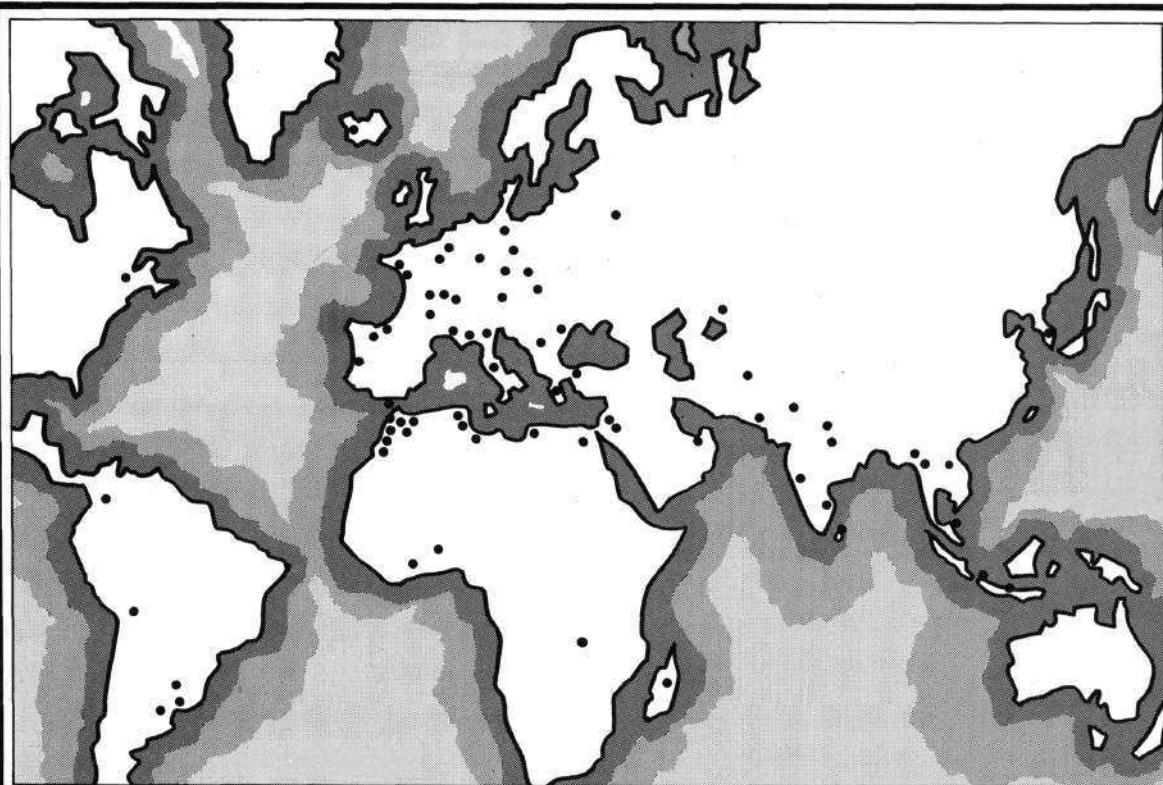
Clapage des cavaliers en tout-venant



# AÉROPORT DE PARIS

imagine, construit, gère, conseille, exporte

**nous concevons des aéroports  
nous pouvons les livrer "clé en main"**



L'expérience acquise en trente années d'activités au service du transport aérien nous a valu d'intervenir dans le monde entier en qualité d'ingénieur-conseil pour l'étude et la réalisation de nombreux aéroports.

La très grande diversité de nos compétences, en particulier dans le domaine de l'exploitation, et la souplesse de nos structures, permettent de limiter ou d'élargir à volonté l'étendue de nos prestations.

Europe, Proche-Orient, Afrique, Asie, Amérique, nous livrons notre technologie (planification, conception, exploitation) partout dans le monde.

Qu'il s'agisse d'études préliminaires ou d'aéroports "clé en main"

**interrogez-nous.**

**EUROPE** ATHENES • BELGRADE • BILBAO • BUCAREST •  
HAMBOURG • ISTANBUL • KEFLAVIK • LISBONNE • LUXEMBOURG •  
MILAN • MUNICH • PRAGUE • ROME • ROSTOV • SAN SEBASTIEN •  
VIENNE •

**PROCHE ORIENT** ABU DHABI • BEYROUTH • DAMAS •

**AFRIQUE** ABIDJAN • AGADIR • ALGER • BEN GHAZI • CASABLANCA • DJERBA •  
FEZ • GOMA • LE CAIRE • MARRAKECH • NIGERIA • OUJDA •  
RABAT • TANANARIVE • TANGER • TRIPOLI • TUNIS •

**ASIE** BOMBAY • CHITTAGONG • COREE DU SUD • DACCA • DJAKARTA •  
HANOI • ISLAMABAD • KARACHI • KUANTAN • LAHORE • MADRAS •  
NEW DELHI • SRI LANKA • SURABAYA • TACHKENT •

**AMERIQUE DU NORD** MONTREAL •

**AMERIQUE DU SUD** BOLIVIE • BUENOS-AIRES • MEDELLIN • MONTEVIDEO •  
PUNTA DEL ESTE •

**FRANCE** BEAUVAIS • CLERMONT-FERRAND • LILLE • LIMOGES • LORIENT •  
LYON • MARSEILLE • NICE • QUIMPER • TOULOUSE •

AÉROPORT DE PARIS : Direction des Projets et de la Coopération Technique - Orly Sud 103  
94396 - Orly Aérogare Cedex - France - Tél. : 687.12.34 - 853.12.34 extension 51.90 - Téléc 200376

**AÉROPORT DE PARIS VOUS OUVRE LES PORTES DU MONDE**

# TERRASSEMENTS OUVRAGES D'ART GÉNIE CIVIL

## RAZEL

ENTREPRISE RAZEL FRÈRES

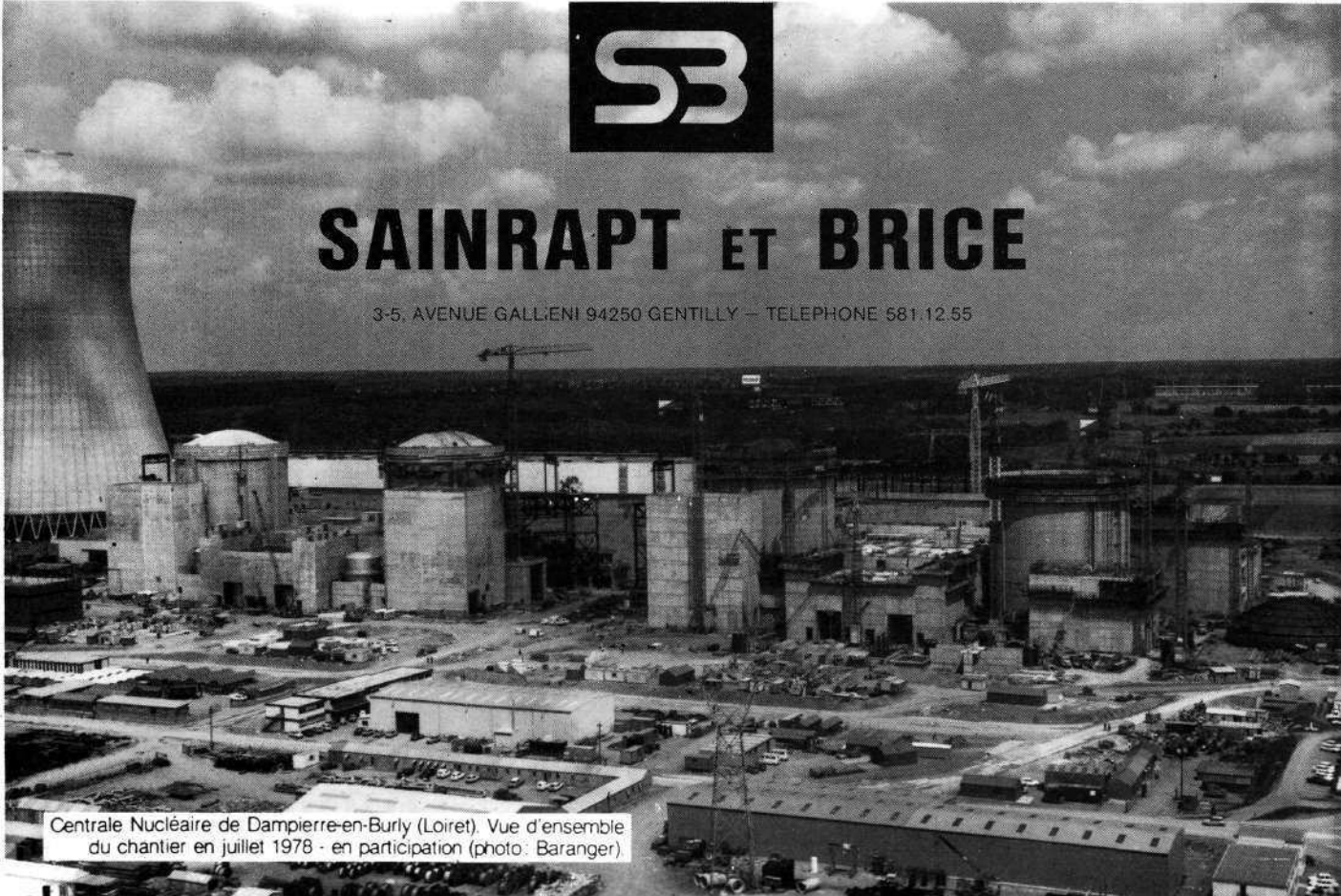
Christ de SACLAY (Essonne)  
BP 109 · 91403 ORSAY Cedex  
Tel. 9418190+



SB

## SAINRAPT ET BRICE

3-5, AVENUE GALLIENI 94250 GENTILLY — TELEPHONE 581.12.55



Centrale Nucléaire de Dampierre-en-Burly (Loiret). Vue d'ensemble  
du chantier en juillet 1978 - en participation (photo: Baranger).

Prochaine parution de l'

# ANNUAIRE DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE ET DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS

ÉDITION 1979 - PRIX T.T.C. Franco : 205,80 f.

Vous pouvez le recevoir en le commandant à l'aide du bon ci-dessous, accompagné de votre règlement, à l'Annuaire officiel du M.E.C.V., Service des Ventes, 254, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cédex 15 - Téléphone : 532.27.19.

## Pour qui ?

Pour tous ceux qui sont fréquemment en relation avec les Pouvoirs publics du fait de leur participation à l'équipement, à la construction et à l'environnement ainsi qu'aux transports :

- entreprises et bureaux d'études
- maires et services techniques des municipalités
- responsables de l'aménagement foncier et rural
- architectes et urbanistes
- offices d'HLM et sociétés coopératives de construction

Bulletin à retourner à

PCM

## ANNUAIRE du MINISTÈRE de l'ENVIRONNEMENT et du CADRE de VIE et du MINISTÈRE des TRANSPORTS

Service des ventes : PYC-ÉDITION

254, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cedex 15

SOCIÉTÉ .....

ADRESSE .....

REFERENCES (OU SERVICE) .....

Veillez m'adresser ..... ex. de l'annuaire M.E.C.V./M.T.

à 205,80 F T.T.C. franco, soit ..... F que je règle :

- par chèque bancaire ci-joint
- par virement postal à votre C.C.P. Annuaire M.E.C.V. Paris 508-59 M (à adresser directement à votre centre)
- par virement administratif

suivant facture (ou mémoire) en ..... exemplaires

Cachet :

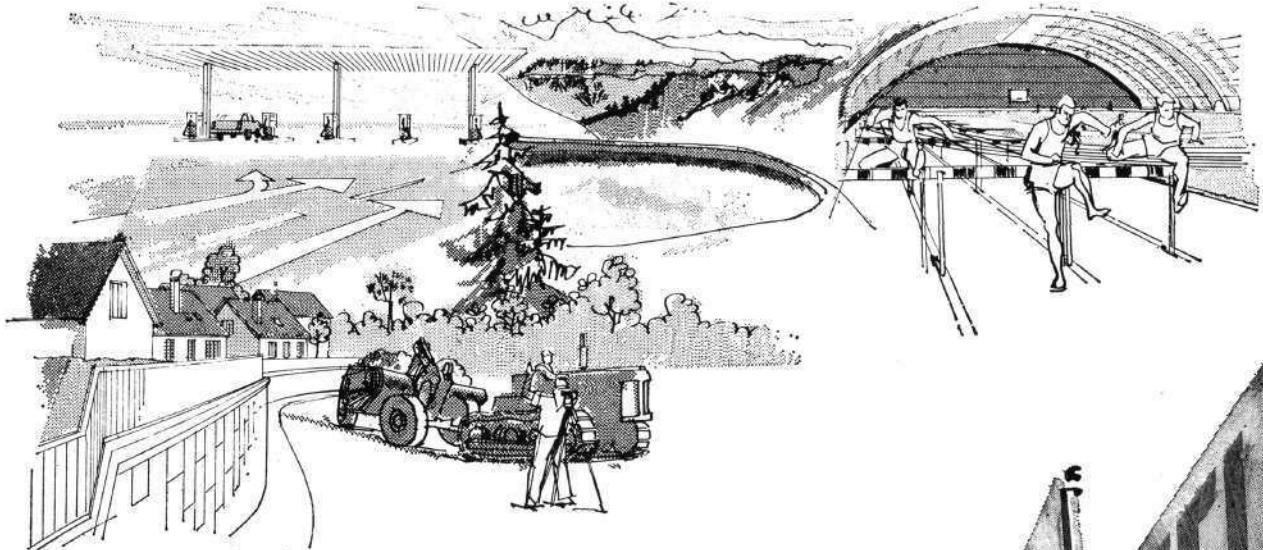
Date :

## Pourquoi ?

Pour savoir à qui s'adresser sans perte de temps et de façon efficace :

- administrations centrales : cabinet, inspection générale de l'Équipement, circonscriptions territoriales, coopération technique, directions et services techniques
- conseils, comités, commissions
- services extérieurs et spécialisés
- organismes interministériels

# COLAS, sols sur mesure

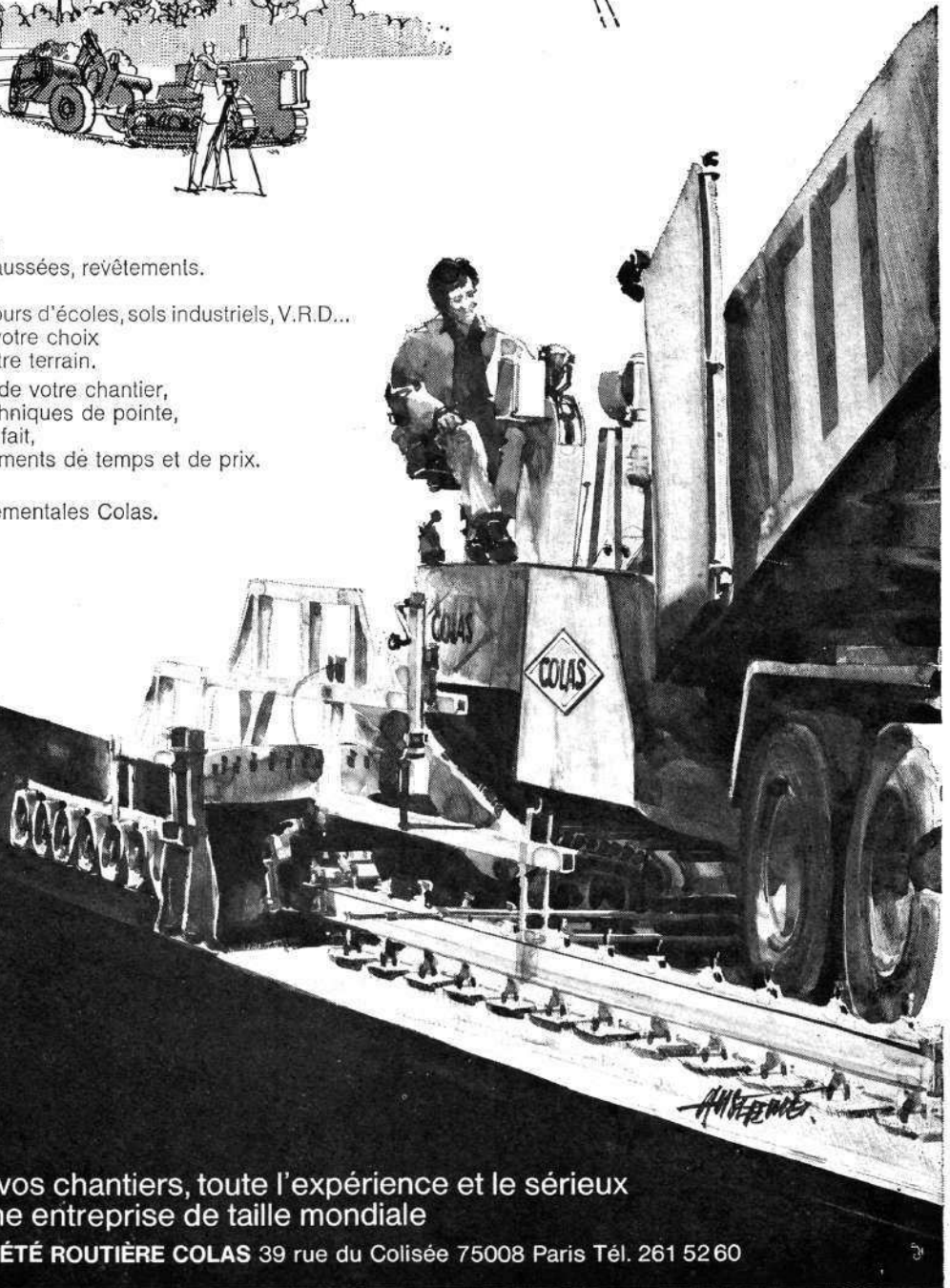


La Route est notre domaine :  
terrassements, drainages, chaussées, revêtements.

La Ville l'est aussi :  
parkings, terrains de sports, cours d'écoles, sols industriels, V.R.D...  
Nous construisons le sol de votre choix  
sur la structure adaptée à votre terrain.

Quelle que soit l'importance de votre chantier,  
vous bénéficierez de nos techniques de pointe,  
de notre goût du travail bien fait,  
de notre respect des engagements de temps et de prix.

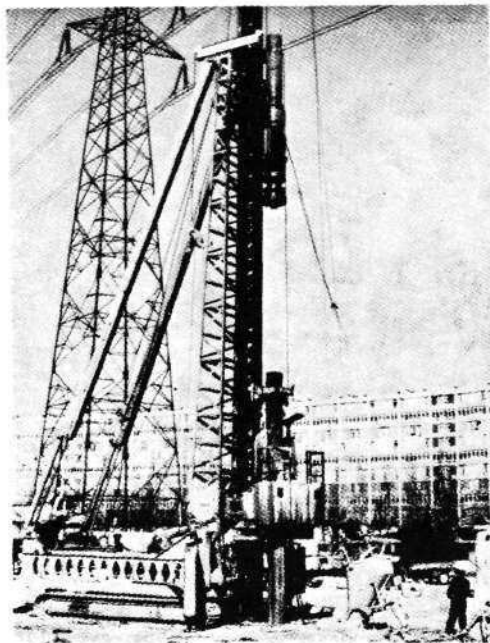
Et ce, dans toute la France,  
grâce aux Directions Départementales Colas.



sur vos chantiers, toute l'expérience et le sérieux  
d'une entreprise de taille mondiale

SOCIÉTÉ ROUTIÈRE COLAS 39 rue du Colisée 75008 Paris Tél. 261 52 60

# fondations spéciales



## PIEUX BATTUS MOULÉS VIBRO-ARRACHÉS

- DIAMETRE : 350 MM A 650 MM
- FICHE MAXIMUM : 28 M LINEAIRE
- CONTRAINTE DU BETON VIBRE ET MIS A SEC :  
70 BARS MAXIMUM

## AUTRES PIEUX

- PIEUX INJECTES RESISTANT A LA TRACTION
- PIEUX VIBRO-FONCES MOULES
- PIEUX BETON FORES MOULES Ø 0,40 M à 2 M
- PIEUX METALLIQUES H OU TUBE
- PIEUX BETON CENTRIFUGE SYSTEME BREVETE



### services techniques

9-11, av. michelet, 93400 st-ouen  
tél. (1) 252.81.60 télex 640685 trindex

directeur : R. DEROIRE, ingénieur E.C.L.  
directeur technique : J.-P. JOUBERT,  
ingénieur E.N.P.C.

SIEGE SOCIAL :  
44, RUE DE LISBONNE - 75383 PARIS CEDEX 08  
☎ (1) 563.19.09

## FORMES DE RADOUB

STATIONS DE POMPAGE

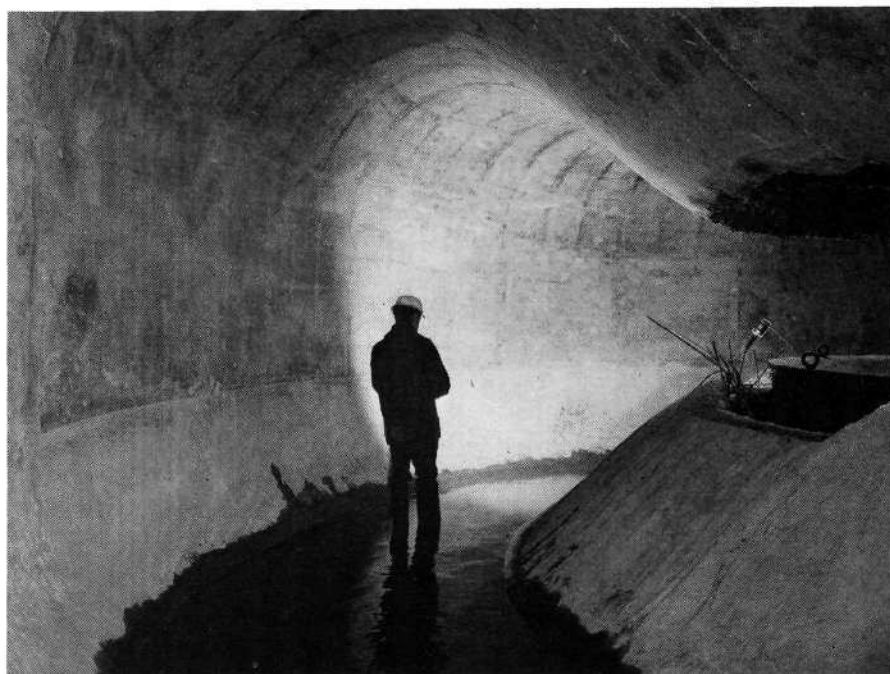
ADDUCTION D'EAU

IRRIGATION - DRAINAGE

CONSTRUCTION DE GROS  
MATÉRIEL HYDRAULIQUE  
DE POMPAGE

ENTREPRISE D'USINES  
ÉLEVATOIRES

ÉTUDES D'HYDRAULIQUE  
GÉNÉRALE



Pompe spéciale à volute en béton

155, BOULEVARD HAUSSMANN  
75008 PARIS  
TÉL. : (1) 561.95.55  
TÉLEX : 270618 OFFICE. PARIS 204.

**BERGERON S.A.**  
ETUDES ET REALISATIONS HYDRAULIQUES

**ENTREPRISE**

**BOURDIN & CHAUSSE**

S.A. au Capital de 21 000 000 F

**NANTES :**

Rue de l'Ouche-Buron - Tél. : 49.26.08

**PARIS :**

36, rue de l'Ancienne Mairie  
92 - BOULOGNE-BILLANCOURT - Tél. : 604 13-52

**TERRASSEMENTS  
ROUTES  
ASSAINISSEMENT  
RÉSEAUX EAU et GAZ  
GÉNIE CIVIL  
SOLS SPORTIFS**



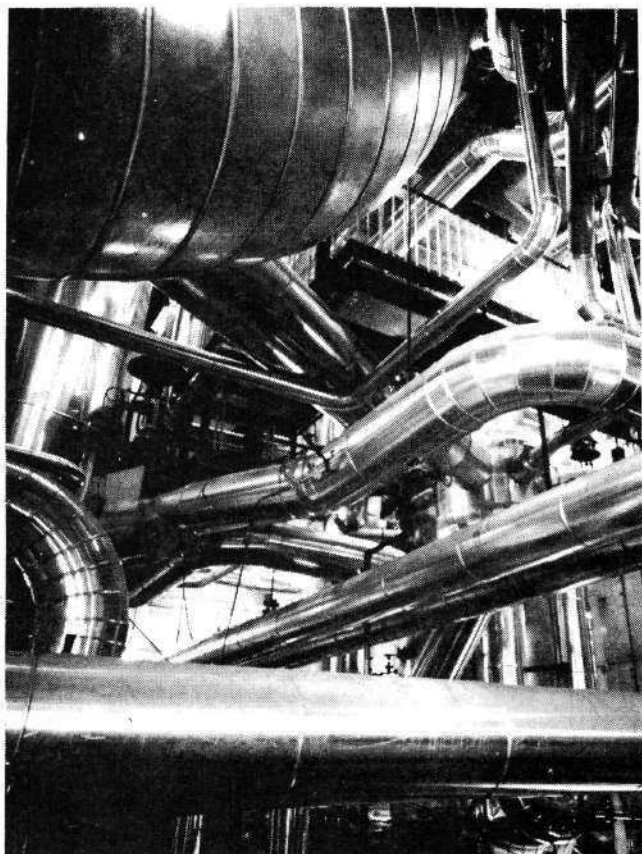
**Société  
d'Etudes  
et d'Entreprises  
Electriques**

\*

**3, square Moncey  
75009 PARIS  
Tél. 526.33.00**

\*

**ÉQUIPEMENTS D'AÉRODROMES  
AIDES A LA NAVIGATION  
CENTRALES NUCLÉAIRES  
GRANDS ENSEMBLES  
HOPITAUX**



# tuyauteries industrielles

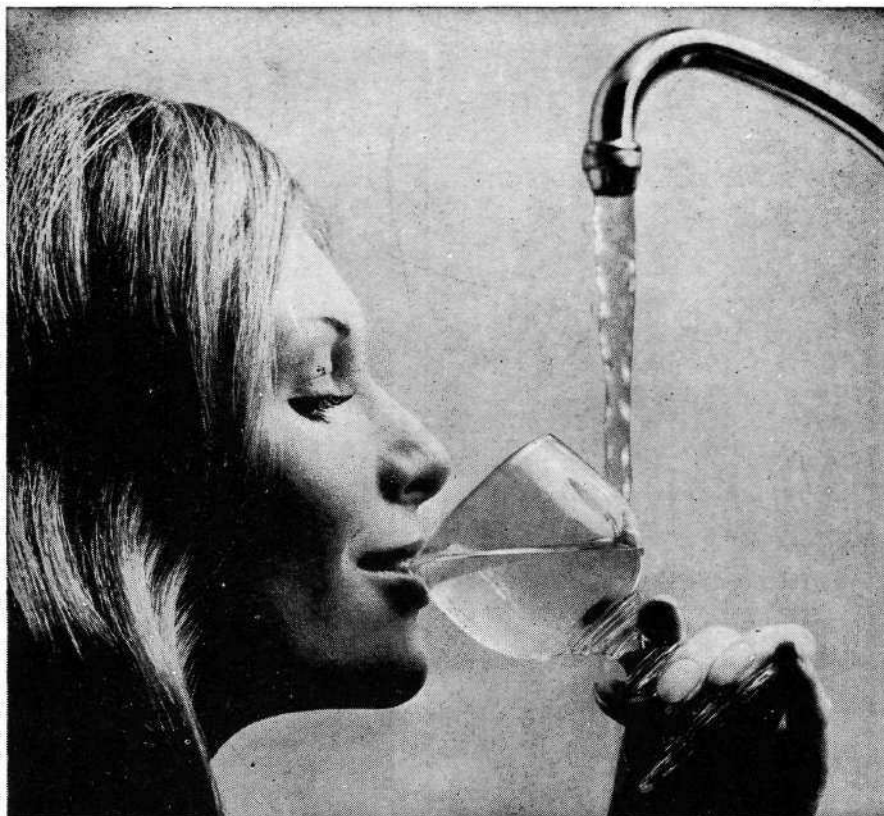
études, préfabrication, montage  
de réseaux de tuyauteries pour  
tous fluides et toutes industries.  
installations "clé en main" d'en-  
sembles industriels, tous corps  
d'état.

mises en exploitation et entretien.  
calculs thermodynamiques.

## ENTREPOSE

direction technique et commerciale: 127, r. de  
saussure - 75850 paris cédex 17 - tél:766.03.89





plaisir retrouvé  
grâce  
à la  
compagnie  
générale des eaux

52, rue d'Anjou  
75384 Paris Cedex 08  
Tél. : 266.91.50



# SGTE

## SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE TECHNIQUES ET D'ÉTUDES

*Présente dans les cinq continents*

• <b>TRANSPORTS</b>	Études de tous systèmes de transport (Factibilité, Conception, Étude détaillée)
• <b>GROUPEMENTS INDUSTRIELS</b>	Étude de mise en place, organisation, pilotage
• <b>INDUSTRIE</b>	Sidérurgie - Industrie légère Centrales thermiques, hydroélectriques, nucléaires Stockage et transport d'énergie Économies et récupération d'énergie - Énergies nouvelles
• <b>BATIMENTS URBANISME</b>	Plans directeurs Logements - Bureaux - Hôtels - Centres Commerciaux - Parkings - Bâtiments industriels - Groupes scolaires - Hôpitaux - VRD
• <b>PORTS ET VOIES NAVIGABLES</b>	Aménagements portuaires Travaux hydrauliques
• <b>GÉNIE CIVIL</b>	Barrages - Aéroports - Infrastructures routières Tous ouvrages d'art - Irrigation
• <b>ENGINEERING FINANCIER</b>	
• <b>ÉTUDES ÉCONOMIQUES</b>	Programmation - Centre de calcul

TOUR ANJOU - 33 QUAI NATIONAL - 92806 PUTEAUX - TELEX : GETUD 613591 F

Téléphone : 776.43.34

Le château d'eau de l'aérogare n° 1 de Roissy,  
les ducs d'Albe de la forme n° 3 à Brest,  
les réservoirs de gaz naturel liquéfié à Montoir-de-Bretagne

*ont été réalisés en*

## **COFFRAGES GLISSANTS P.M.I. PROCÉDÉS et MATÉRIELS INDUSTRIELS SA**

18, rue Rémy-Dumoncel - 75014 Paris  
Cable PROMATINDUS - Paris  
Tél. 327.60.60  
Télex PRODUS 202324 F

*LES MEILLEURES RÉFÉRENCES DANS LE MONDE  
MATÉRIEL BREVETÉ*

**soltrav**  
TRAVAUX SPECIAUX DE FONDATIONS

**SIEGE SOCIAL :**  
AVIGNON, 2, avenue de la Cabrière 84000  
Tél. : (90) 31.23.96

**BUREAUX à :**

**METZ, 1, rue des Couteliers  
57000 METZ BORNAY**

Tél. : (87) 75.41.82  
**PARIS, 5 bis rue du Louvre 75001**  
Tél. : 280.21.43 et 44

**CHALON-S/SAONE, 19, rue Saint-Georges  
71100**  
Tél. : (85) 48.45.60

**ACTIVITES :**

TRAVAUX SPECIAUX  
DE FONDATIONS  
PUITS - POMPAGES

DRAINAGES SUB-HORIZONTAUX  
RABATTEMENTS DE NAPPE  
TRAVAUX SOUTERRAINS  
PIEUX - PALPLANCHES

ANCRAGES  
CONSOLIDATION DES SOLS  
PAR COMPACTAGE  
TRAITEMENT ET INJECTION



# forclum

société de force et lumière électriques  
Centre d'Affaires Paris Nord  
Bât. Ampère n° 1  
93153 LE BLANC-MESNIL CEDEX  
Tél. 865.42.41

**TOUTES INSTALLATIONS  
ÉLECTRIQUES  
TOUTES PUISSANCES**  
Chauffage - Climatisation  
Energie solaire

EQUIPEMENT D'USINES, DE CENTRALES  
ET DE POSTE DE TRANSFORMATION  
IMMEUBLES DE BUREAUX  
ET D'HABITATION  
HOPITAUX - UNIVERSITES  
EQUIPEMENTS SPORTIFS  
ECLAIRAGE PUBLIC  
RESEAUX DE DISTRIBUTION  
TABLEAUX - CONTROLE - REGULATION  
AUTOMATISME - TELECOMMANDE  
BASES VIE

**Entreprises de bâtiment et travaux publics**

**Engineering**

**Coordination pilotage**

**Missions de contractant principal**

**Promotion**

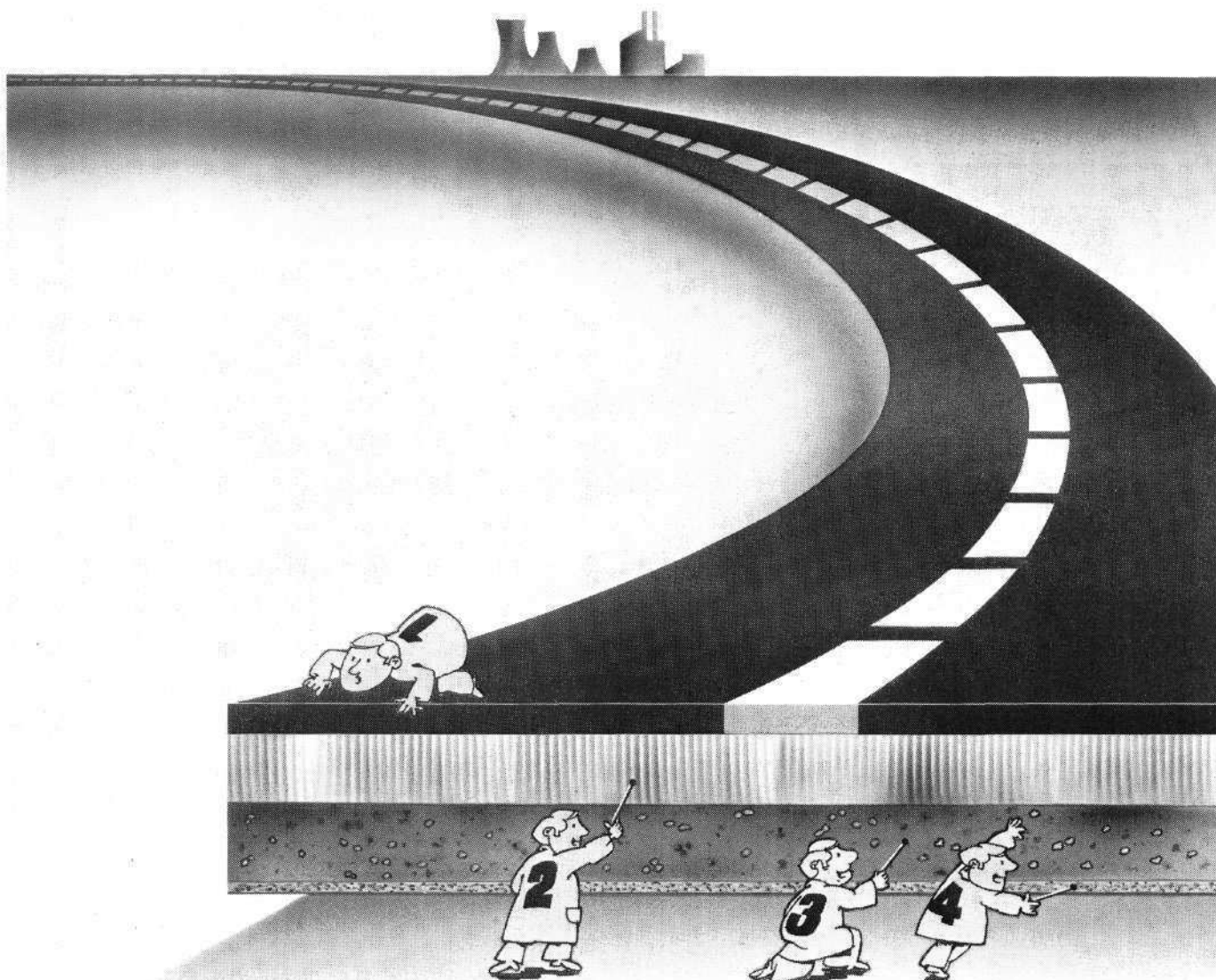
Groupe

# G T M

## **Société des Grands Travaux de Marseille**

61, avenue Jules-Quentin — NANTERRE (Hauts-de-Seine)  
Tél. : (1) 725.94.40  
Télex : GTMNT 611 306 — Télécopieur

# CENDRES VOLANTES



**les cendres volantes  
remplacent avantageusement des matériaux plus onéreux  
depuis le remblai jusqu'à la couche de roulement**

**①**

Dans la couche de roulement, les cendres volantes, en raison de leur finesse, sont utilisées comme filler aussi bien dans les enrobés bitumineux que dans le béton hydraulique.

**②**

Dans la couche de base, les cendres volantes mélangées à la chaux constituent un liant hydraulique donnant des résistances élevées à moyen et long terme.

**③**

Dans la couche de fondation, les mélanges cendres volantes - chaux - gypse sont particulièrement performants.

**④**

Dans la sous couche filtrante, les cendres de foyer ont un effet stabilisateur mécanique et chimique.

## CHARBONNAGES DE FRANCE

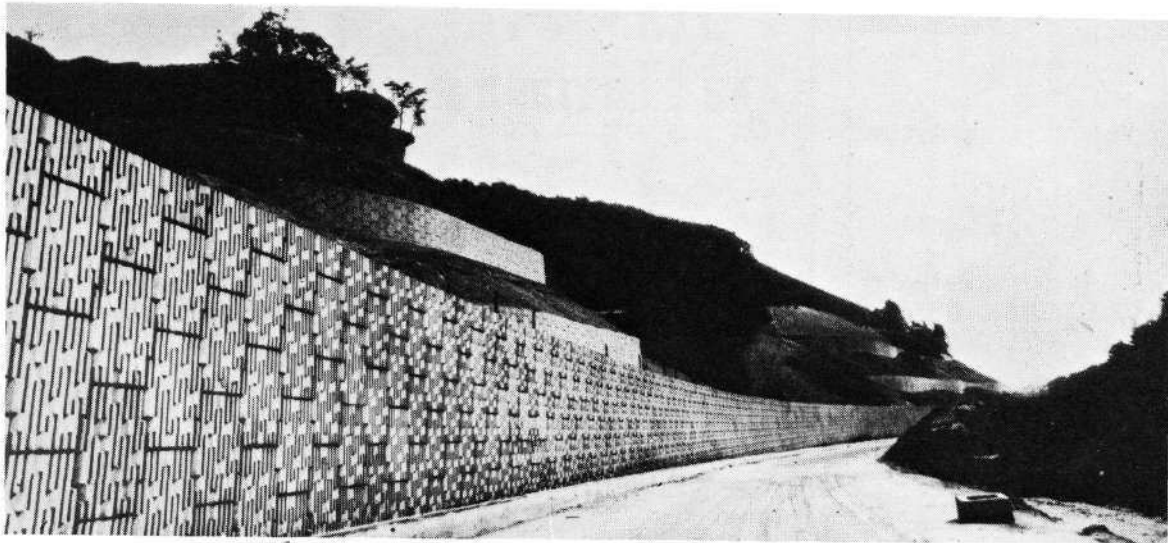
Service des Cendres Volantes  
9, avenue Percier  
B.P. N° 396-08  
75360 Paris Cedex 08  
Tél. : 563 11 20 - Télex : 650 203 Charbon-Paris



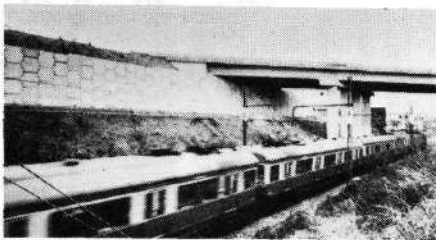
## ÉLECTRICITÉ DE FRANCE

Subdivision des Cendres Volantes  
3, avenue de Messine - 75008 PARIS  
Tél. : 764 22 22 poste 27-29

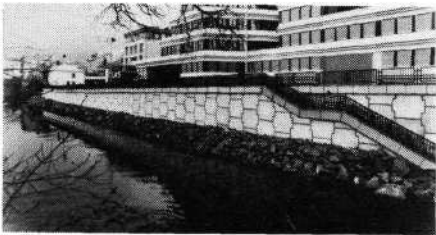
# chaque jour un nouveau chantier **terre armée**



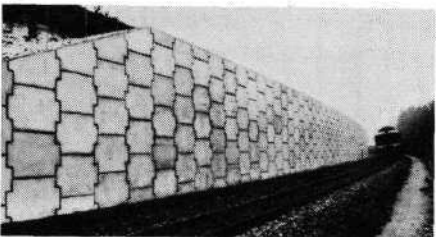
*Autoroute A 34 - passage du Val de Champagne - Saverne*



*Autoroute A 87 Palaiseau  
- passage au-dessus des voies RATP*



*Epinal - mur en bordure du canal*



*SNCF - Val des Escholiers - Chaumont*

**1.500.000 m<sup>2</sup> de parement  
sur les 5 continents.**

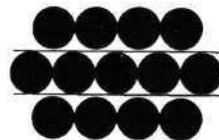
**2.500 ouvrages déjà réalisés en Terre Armée  
dans le monde entier.**

La Terre Armée apporte une solution simple, rapide, économique dans tous les travaux routiers ou ferroviaires (culées de ponts, murs de soutènement), industriels (installations de stockage, merlons de protection, cuves de rétention) exploitation de mines et carrières (stations de criblage ou concassage).

**CONSULTEZ-NOUS POUR VOTRE PROCHAINE ETUDE.**

Notre équipe d'ingénieurs vous proposera gratuitement une solution TERRE ARMÉE.

*Sur simple demande : documentation, visites de chantiers, conférences, projections de films.*



**terre armée**

**TOUR HORIZON**  
52, quai National  
92806 PUTEAUX  
Tél. 776.43.24  
Télex Terrarm 610386 F

CC 8



CC 14



28 RC



71 RC



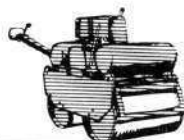
71 RCT



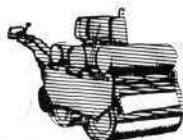
RW 6



RW 9



RW 11



# ALBARET COUTHON

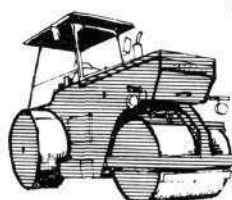
TA 10



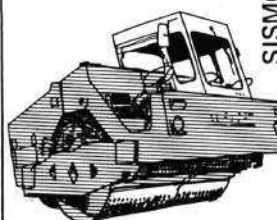
TC 12



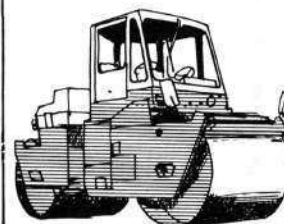
RN 16



SISMOPACTOR TT 900



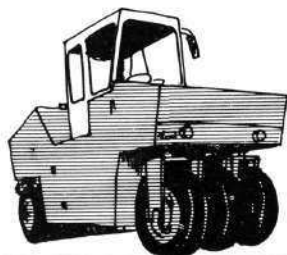
VA 10



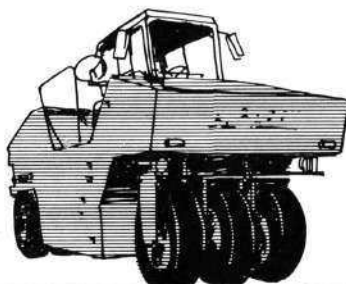
# LA GAMME

(demandez notre nouveau catalogue)

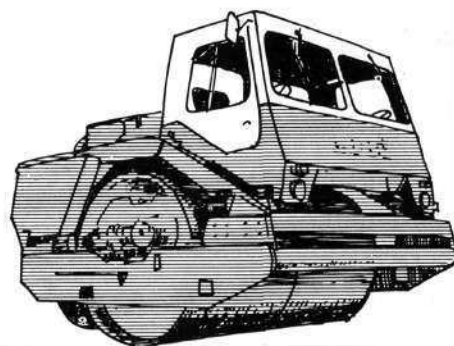
ORTHOPACTOR PF 2



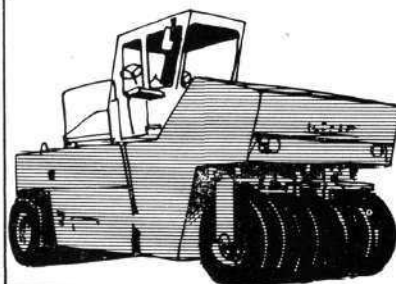
ORTHOPACTOR P 3/PF 3



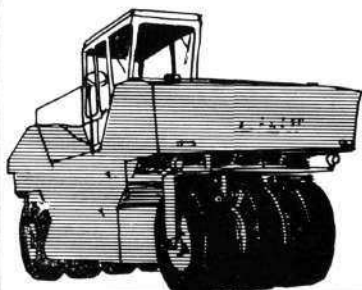
SISMOPACTOR TT 1600



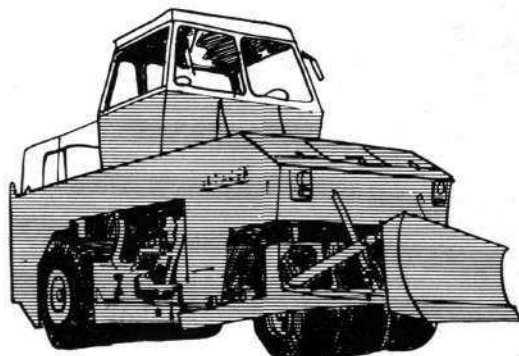
ISOPACTOR M 6



ORTHOPACTOR P 5



GEOACTOR



# ALBARET

ALBARET 60290 RANTIGNY (4) 473 31 55

**CBC  
CAMPENON  
BERNARD  
CETRA**



TRAVAUX PUBLICS  
GENIE CIVIL  
92, 98 boulevard Victor-Hugo  
92115 Clichy  
France  
tél (1) 739.33.93  
tél ex cbtravo 610221 F

get



DIRECTION TECHNIQUE  
DES ENGINES

**Responsable pour l'État  
de la réalisation  
des missiles  
de la Force Nucléaire  
Stratégique  
et des Engins Tactiques.**

Tél. : 506.23.12  
506.27.94

8, quai National  
92806 PUTEAUX



66 route de la Reine  
92100 Boulogne

Tél. : (1) 604.91.40  
Télex : FRESI A 260727F

PREMIER SPÉCIALISTE  
MONDIAL DE LA  
PRÉCONTRAINTE DANS LES  
DOMAINES LES PLUS  
DIVERS

ET L'AUXILIAIRE  
DE TOUTES LES SOCIÉTÉS  
DE CONSTRUCTION  
DE GÉNIE CIVIL



OSCAR EXPORTATION



**COCKERILL**

B 4100 SERAING / BELGIQUE

# RÉPERTOIRE DÉPARTEMENTAL DES ENTREPRISES

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

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

## 01 AIN

Concessionnaire des planchers  
et panneaux dalles « ROP »

**Les Préfabrications 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 430221  
Tél. : (92) 51.60.31

## 13 BOUCHES-DU-RHONE

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE  
DU MIDI**

Tous travaux routiers

Zone Industrielle - 13290 LES MILLES  
Tél. : (42) 26.14.39  
Télex : ROUTMIDI 410702

## 26 DROME

**SOCIÉTÉ ROUTIÈRE  
DU MIDI**

Tous travaux routiers

Route de Mours  
26101 ROMANS - B.P. 9  
Télex : ROUTMIDI 345703  
Tél. : (75) 02.22.20

## 39 JURA

**S<sup>té</sup> d'Exploitations et de Transports PERNOT**

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

**S<sup>té</sup> des carrières de Moisse**  
39-MOISSEY

## 59 NORD

**Ets François BERNARD et Fils**

MATÉRIAUX DE VIABILITÉ :

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

50, rue Nicolas-Léblanc - LILLE  
Tél. : 54-66-37 - 38 - 39

## 63 PUY-DE-DOME

**BÉTON CONTROLE DU CENTRE**

191, a. J.-Mermoz, 63-Clermont-Ferrand  
Tél. : 92-48-74.

Pont de Vaux, 03-Estivareilles  
Tél. : 88-81-85.

BÉTON PRÊT A L'EMPLOI

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

## 67 BAS-RHIN

EXPLOITATION DE CARRIÈRES DE GRAVIERES  
ET DE SABLES -- MATÉRIAUX CONCASSÉS

**Gravière du Rhin Sessenheim**

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

Siège social : 67-SESSENHEIM

Tél. : 94-61-82

Bureau : 67-HAGUENAU, 13, rue de l'Aqueduc  
Tél. : 93-82-15

## 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. 883.69.88 +

FRANCE ENTIÈRE



**Compagnie Générale  
des Eaux**

Exploitation: EAUX  
ASSAINISSEMENT  
ORDURES MÉNAGÈRES  
CHAUFFAGE URBAIN

52, r. d'Anjou - 75008 PARIS - Tél. 266.91.50

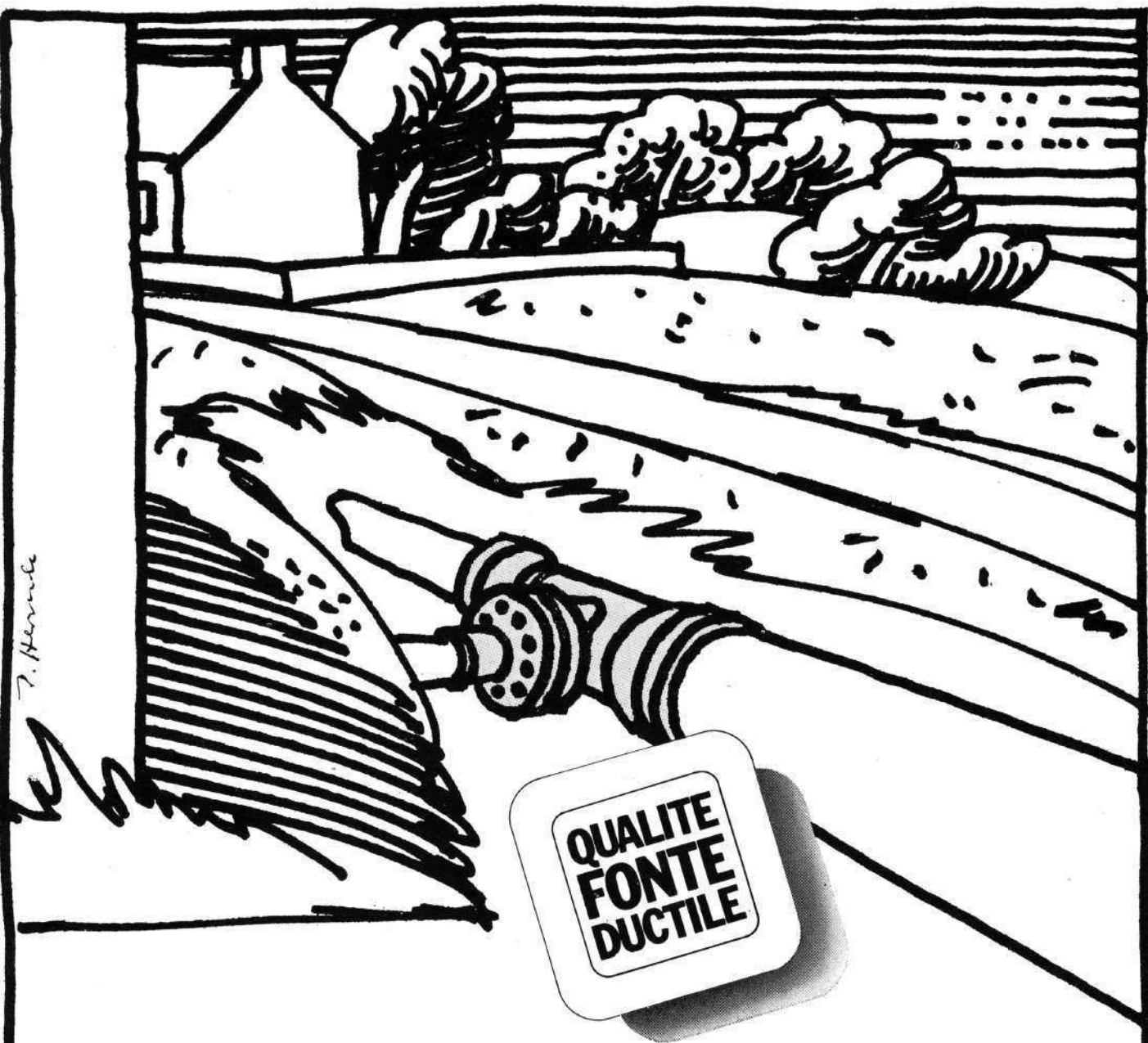
# SOCIÉTÉ ANONYME DES ENTREPRISES

# Léon BALLOT

au Capital de 25 500 000 F

## TRAVAUX PUBLICS

155, boulevard Hausmann, 75008 PARIS



P. Herminet

## Raccords pour canalisations plastiques

### Pourquoi la fonte ductile ?

Parce que les raccords en Fonte Ductile sont étanches. Parce qu'ils sont résistants à la pression et aux chocs.

Parce qu'ils sont dotés du joint automatique SOFO avec bague en élastomère.

Les raccords en Fonte Ductile suppriment les points faibles des canalisations plastiques.

### Pont-à-Mousson S.A.

Bon à retourner au service publicité : 4X, 54017 NANCY CEDEX  
Je désire recevoir une documentation sur les raccords en Fonte Ductile pour canalisations plastiques.

Nom \_\_\_\_\_  
Société \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Téléphone \_\_\_\_\_



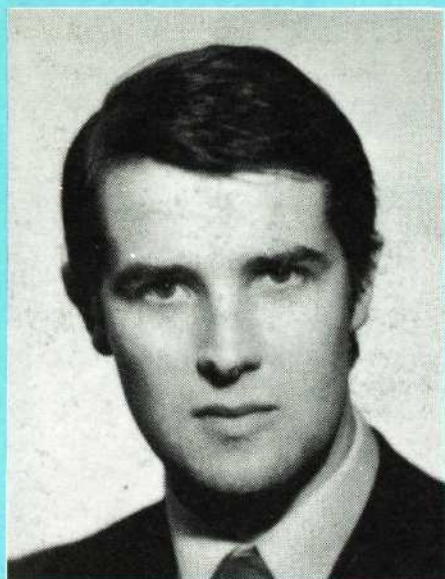
**PONT-A-MOUSSON S.A.**

31, av. de la Libération, 54017 NANCY  
Tél. : (83) 96-81-21  
Télex : PAMSA X 850003 F





# La page du président \_\_\_\_\_



*Le numéro de PCM qui sort au moment de l'Assemblée Générale de l'Association diffère, dans sa présentation, d'une longue série ; le recours à l'offset, une nouvelle mise en page, devraient permettre, comme vous en jugerez avec ce premier essai, une variété plus grande, dont nous espérons qu'elle vous agréera, et, pour nos annonceurs, une qualité de service améliorée.*

---

## **Vers un "recentrage technique"**

---

*Mais ce numéro double a également une autre signification ; revue d'ingénieurs, à l'usage de lecteurs du monde professionnel de l'équipement, PCM revient à ces sources et souhaite privilégier à nouveau l'information de caractère technique et la réalisation.*

*Ce "recentrage technique" va dans le sens de l'approfondissement de nos relations avec la profession, approfondissement dont nous pouvons donner deux exemples.*

*Le premier concerne le rapport sur l'exportation, élaboré sous la présidence conjointe de René Mayer et de Jacques Herve ; ce rapport a été remis le 20 août à M. d'Ornano au cours d'une audience dont nous rendons compte dans la rubrique Vie du Corps.*

*Le second est relatif à l'étude du devenir du BTP à l'horizon 85-90 ; le groupe réuni par Paul Funel a entrepris ses travaux en privi-*

*légiant l'influence de la hausse du coût de l'énergie, les préoccupations d'équilibre des échanges extérieurs, les conséquences sur les structures et sur la main-d'œuvre : le succès de cette réflexion implique que se maintienne une étroite liaison avec les représentants de l'administration et des organisations professionnelles.*

---

## **Le problème de la garantie du pouvoir d'achat ?**

---

*Sur un autre registre, le retour des vacances replace en bon rang l'interrogation sur les modalités définitives de la réforme des rémunérations accessoires des ingénieurs de l'administration.*

*Au-delà même des dispositions techniques en cours de discussion qui devraient semble-t-il être arrêtées prochainement et qui, au niveau syndical, font l'objet d'un assentiment global, nous ne pouvons pas ne pas exprimer une relative appréhension dans le contexte économique actuel, sur la manière dont sera effectivement traité le problème de la garantie du pouvoir d'achat.*

*De la solution retenue dépendront, pour une part certaine, à terme, tout à la fois le maintien, dans le secteur public, d'ingénieurs en nombre suffisant et l'attrait que pourra présenter pour de futurs jeunes ingénieurs le corps des Ponts et Chaussées.*

*J. Leclercq*

" L'image " de l'Ingénieur des Ponts et Chaussées est diverse : pour beaucoup, il est un technicien, voire un technocrate, versé dans l'administration autant que dans la technique ; certains le classent parmi les responsables de la profilération du béton, symbole des agressions contre la nature ; quelques-uns l'identifient parmi les grands commis de l'État et les prestigieux managers. La variété des tâches assumées par nos camarades est grande, en effet. Dans cette livraison de notre revue, il s'agit de montrer par quelques exemples, qui ne prétendent pas à l'exhaustivité, que beaucoup d'entre eux, malgré la charge des responsabilités administratives, ou en dépit de l'attrait de l'exercice du pouvoir qui s'attache à certaines fonctions, pratiquent avec succès ce que l'on nommait naguère **l'art de l'ingénieur.**

Les exposés rassemblés ici constituent une anthologie de " réalisations ", achevées dans les récentes années, ou encore en chantier. Elles appartiennent à des domaines variés : classiques lorsque ce sont des ouvrages de communication ou des équipements d'infrastructure, spécifiques quand elles concourent à la production ou au transport de l'énergie ; il en est aussi qui témoignent de l'ouverture du Corps à l'environnement et au cadre de vie, comme le constate la dénomination nouvelle de son Ministère de tutelle.

Les auteurs sont, en majorité, des maîtres d'oeuvre. Ils ont eu la mission, souvent difficile, de diriger les études, de mettre au point les documents contractuels, d'établir des programmes, de comparer des solutions, de faire - sinon souverainement du moins en pesant d'un grand poids - les choix décisifs, de traiter les problèmes complexes de la gestion financière des opérations.

Quelques autres exercent leurs fonctions dans les sociétés d'ingénierie, ou dans les sociétés de construction. Ceux-ci sont des entrepreneurs, au sens que la langue anglaise a emprunté à la nôtre pour caractériser la hardiesse, l'acceptation des défis et l'ingéniosité. Ceux-là, se tenant entre le théorique et le pragmatique, pratiquent une difficile maïeutique à l'égard des maîtres d'ouvrages dont ils ont à

## éditorial

# L'I.P.C. réalisateur

par Pierre D. COT  
Ingénieur Général des Ponts et Chaussées  
Président du Jury du Prix Albert Caquot



Photo Graphi-Press

traduire en termes réalisables les ambitions et les vœux.

Cette démonstration de la présence marquante du Corps des Ponts et Chaussées parmi les auteurs d'ouvrages indispensables à la Collectivité est opportune, pour plusieurs raisons. D'abord pour encourager, susciter l'orientation vers des carrières à prédominance technique, au moins pour un temps, car notre Pays en a besoin : son accession au rang de nation " développée " est, somme toute, récente et réserve une marge notable de progrès impliquant, à terme, d'iné-

vitables compléments d'équipement. Ensuite, dans les nations les moins favorisées, le manque d'infrastructures et d'ouvrages de diverses natures demeure très important : en concourant à les réaliser, les pays nantis leur apportent une aide essentielle ; les ingénieurs français y ont leur place. Enfin, alors que la rapidité des progrès de la science et la sûreté de beaucoup de ses résultats incitent nos concitoyens à opérer un reclassement dans la hiérarchie des responsabilités, il n'est pas inutile de rappeler que l'art de l'Ingénieur n'a rien perdu de son prestige.

*AÉROPORT DE PARIS est, depuis sa création en 1947, un des organismes constructeurs les plus importants de la région parisienne : il a toujours eu le souci de constituer et de former des équipes compétentes pour planifier, concevoir et faire construire ses grands ouvrages à un rythme soutenu depuis la création d'Orly jusqu'à la mise en service de l'aéroport Roissy Charles de Gaulle.*

*A partir de 1974, la croissance limitée du trafic liée à la crise internationale a conduit l'Établissement public à se préoccuper, plus encore que par le passé, d'exploitation et de gestion ; mais nous avons pris soin que la compétence technique demeure toujours présente à haut niveau ; elle a permis à AÉROPORT DE PARIS d'être recherché comme Ingénieur conseil à l'étranger. Sur notre propre territoire, la qualité de nos réalisations doit être confirmée par l'aérogare n° 2 de l'aéroport Charles de Gaulle, destinée, dans ses premiers modules, à la Compagnie Nationale AIR FRANCE, dont le projet, œuvre de Paul ANDREU, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Architecte D.P.L.G., est présentée par Jean-Claude ALBOUY, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.*



Gilbert Dreyfus, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Directeur Général d'AÉROPORT DE PARIS.

# La deuxième aérogare de l'aéroport Charles de Gaulle à Roissy-en-France

*par J. C. ALBOUY  
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Directeur Technique et Industriel d'AÉROPORT DE PARIS*

L'aéroport Charles de Gaulle, qui a été conçu pour accueillir à terme un trafic d'au moins 50 millions de passagers par an, devrait permettre de faire face au développement du transport aérien dans la Région Parisienne jusqu'en l'an 2000.

La mise en service de la première tranche de l'aéroport, au printemps de 1974, avec une piste et une première aérogare d'une capacité de 10 millions de passagers par an a permis alors de soulager l'aéroport d'Orly, proche de la saturation.

Après une stagnation relative en 1974 et 1975, la croissance du trafic a repris à un rythme de 8 à 9 % par an et dès 1978 le trafic sur l'aéroport d'Orly était supérieur à celui connu par cet aéroport avant l'ouverture de Roissy. En 1980, le trafic aérien à Paris avec 30 millions de passagers atteindra la limite de capacité disponible sur les deux plates-formes (20 millions à Orly, 10 millions à Roissy) et dès 1981, la mise en

service d'une nouvelle installation apparaît comme indispensable.

## Le parti de l'aérogare n° 2

L'aérogare n° 2 est destinée à recevoir essentiellement le trafic de la Compagnie Air France. Elle a donc été étudiée en liaison très étroite avec la Compagnie Nationale, tant sur le plan de la conception générale, que sur ceux des dispositions fonctionnelles et des méthodes d'exploitation. Le fait que l'aérogare soit destinée à la Compagnie Nationale qui réalise, à elle seule, le tiers du trafic aérien à Paris, sa base principale, conduit à adopter des dispositions particulières dans le choix du parti.

Il convient tout d'abord d'envisager une aérogare qui puisse recevoir à terme prévisible dans une seule unité tout le trafic d'Air France basé à Roissy et de ses compagnies associées, soit 30 à 40 millions de passagers. Il paraît en effet exclu de disperser le trafic d'Air France sur un même aéroport entre plusieurs aérogares sans rendre inextricable le problème du guidage des passagers sur le réseau routier et sans rendre techniquement difficile et financièrement prohibitif pour la Compagnie la gestion et sa flotte aérienne et de son personnel d'exploitation.

Mais réaliser une aérogare géante de 30 à 40 millions de passagers par an implique l'abandon des concepts traditionnels adoptés pour les aérogares de taille moyenne que nous connaissons car la simple extrapolation de taille conduirait à faire subir aux passagers des distances de marche à pied incompatibles avec la qualité de service demandée par eux.

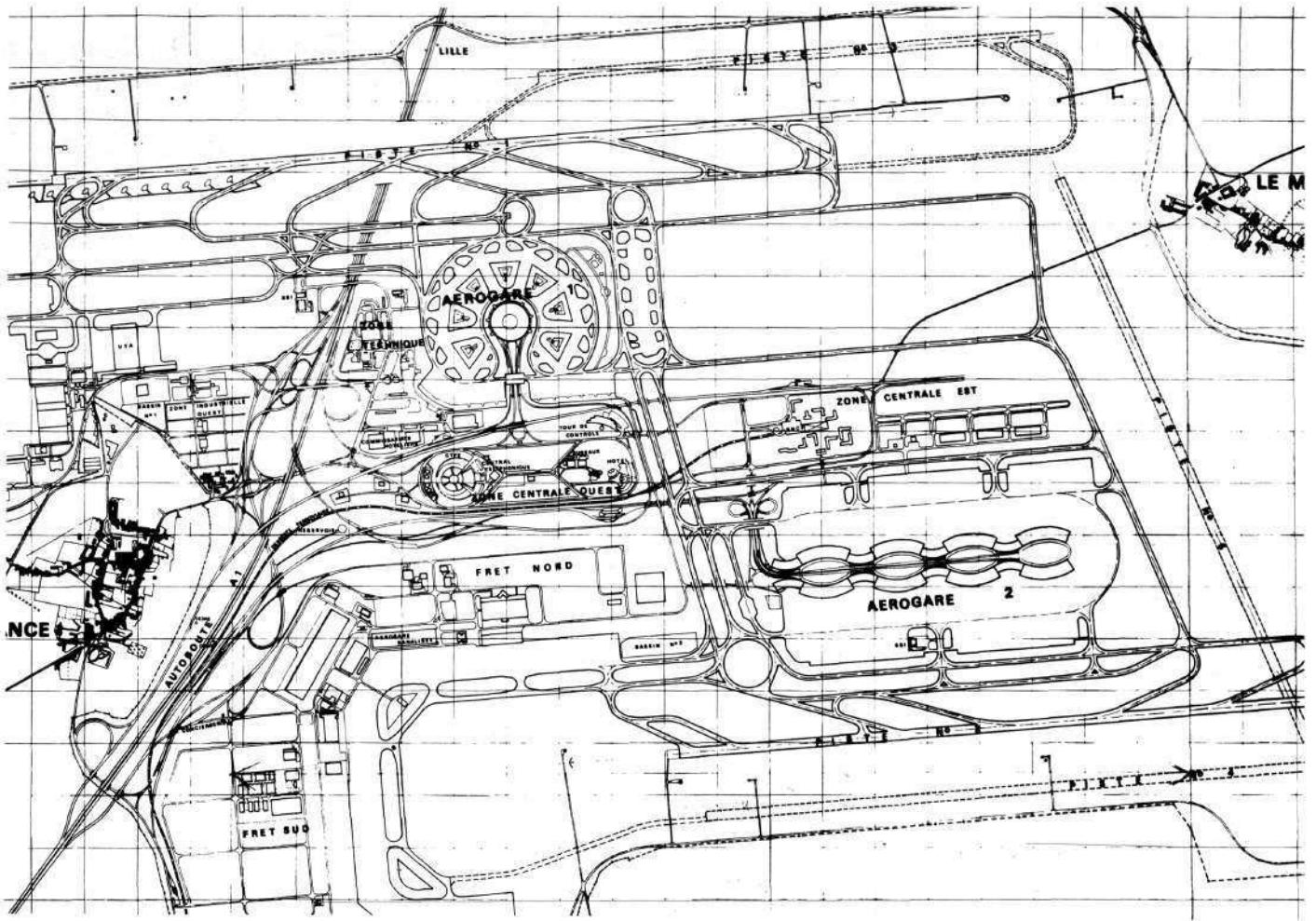


Fig. n° 1 - Aéroport de Roissy. Plan de masse.

De plus, pour des motifs de rentabilité, il importe que la réalisation de l'aérogare puisse être aisément phasable de façon que la capacité offerte suive au plus près la demande de trafic et que l'échéancier de réalisation puisse aisément être adapté aux aléas de la croissance du trafic aérien.

Les considérations nous ont conduit à adopter un parti modulaire et une aérogare du type "déconcentré linéaire" qui s'inscrit dans la partie au sud-est de l'aéroport de Roissy entre la gare ferroviaire de "Roissy Rail" et la piste n° 2 (figure n° 1). Sous un axe routier central de direction générale ouest-est qui constitue l'épine dorsale du dispositif s'inscrivent quatre anneaux routiers de forme ovale auxquels viennent chaque fois "s'accrocher" face à face deux modules de trafic, petites aérogares d'une capacité individuelle d'une capacité d'environ 5 millions de passagers par an.

L'ensemble, avec ses quatre anneaux et ses 8 modules de trafic, est donc suscepti-

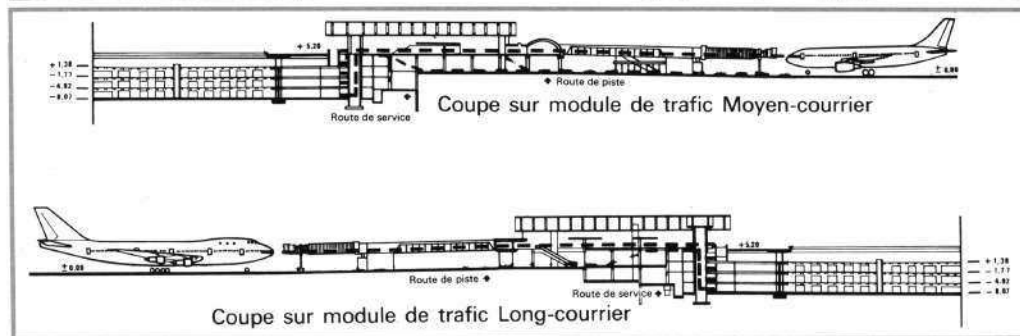
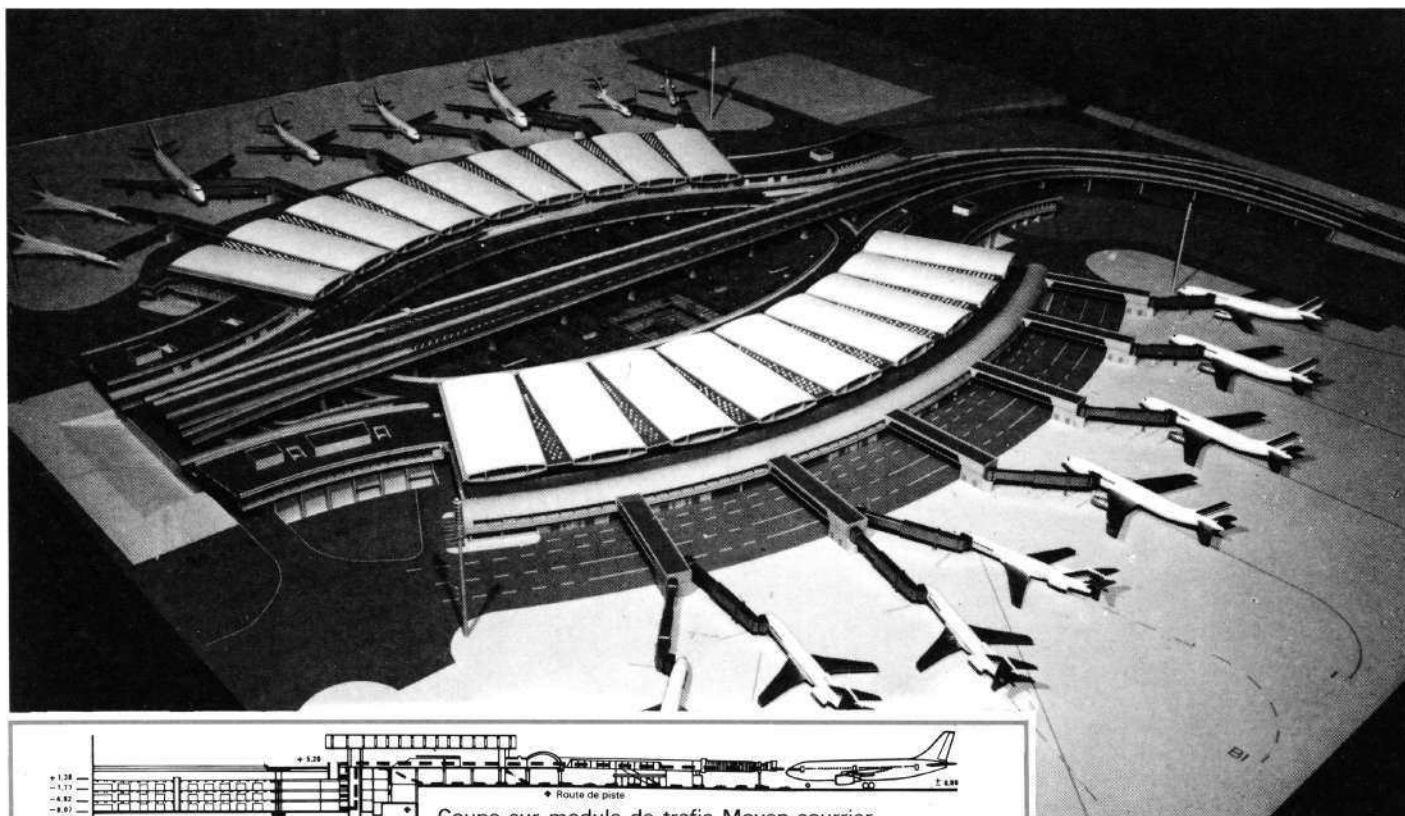
ble d'offrir à terme une capacité de 40 millions de passagers/an ; il se développe sur une longueur de plus de 1400 m et avec les aires de stationnement pour avions couvre une superficie d'environ 120 hectares. Ce parti nous paraît répondre convenablement au problème posé :

- il s'agit d'une aérogare géante offrant au passager un accès unique, aisé à trouver et pour la compagnie aérienne un ensemble unique permettant de tirer tout le bénéfice des effets d'échelle dans la gestion. Le passager, arrivé à son module de trafic, en voiture ou en transport en commun, se trouve, malgré le gigantisme de l'ensemble, dans un bâtiment à l'échelle humaine, où les distances de marche à pied sont faibles et la signalisation aisée à concevoir.
- le phasage de réalisation est commode. La construction progressera d'ouest en est, les anneaux routiers successifs, les modules de trafic et les modules de jonction (bâtiments de service de plus petite dimension qui les relient) pouvant être construits sans interférence avec le fonctionnement des bâtiments déjà en exploitation.

- le parti est suffisamment souple pour s'adapter à une évolution des procédures d'exploitation ou de la typologie et du comportement du passager aérien. En effet, si l'axe routier central, et dans une moindre mesure les anneaux routiers de desserte sont prédéterminés pour l'ensemble de l'aérogare, il reste en revanche une liberté à peu près totale dans la conception des modules de trafic qui pourront être, et très probablement seront, tous différents.

L'échéancier de réalisation actuellement envisagé est le suivant

- en 1981, ouverture du premier module (au nord-ouest) qui recevra le trafic de Grande Bretagne d'Air France et de British Airways, permettant de soulager de 20 % le trafic de l'aérogare n° 1,
- en 1982, ouverture du deuxième module (au sud-ouest) permettant le transfert de la totalité du trafic d'Air France et d'Air Inter présent à Roissy,
- en 1983, ouverture du troisième module liée à la croissance du trafic transféré. Actuellement, les travaux des deux pre-



▲  
Aérogare n° 2.  
Maquette photo J. CASSAN.

Coupe. Aérogare n° 2.

miers modules sont engagés et c'est à eux que nous limiterons la description fonctionnelle et technique.

## Description fonctionnelle

Le passager aérien arrivant en voiture à l'aérogare circule d'abord sur le viaduc axial qui surplombe à 12 m de haut l'ensemble de l'aérogare, ce viaduc donnant accès par des bretelles (aller et retour) successivement aux quatre anneaux routiers qui se trouvent eux à environ 5 m au-dessus du sol et desservent les modules de trafic. La particularité de l'aérogare est que cet anneau routier surélevé dessert de plain-pied le seul étage des modules de trafic qui soit accessible en pratique au public et aux passagers tant au départ qu'à l'arrivée, et dans lequel sont effectués l'enregistrement et la livraison des bagages et les formalités de police et de douane. Cet étage surélevé donne accès aux avions à niveau grâce à

des passerelles ou des autobus élévateurs spéciaux.

L'ensemble des ouvrages peut être réparti entre quatre sous ensembles fonctionnels distincts, le système routier surélevé, viaduc et anneaux, déjà décrits, le parc à voitures, les modules de trafic, et les bâtiments annexes reliant entre eux les modules de trafic et appelés modules de jonction.

Le parc à voitures, sur quatre niveaux et partiellement enterré, se trouve placé sous l'anneau routier. Il est de forme ovale d'environ 320 m x 150 m selon les axes et peut accueillir 5000 voitures environ. On y accède par des rampes depuis l'anneau routier, les piétons pouvant rejoindre l'étage de trafic des modules par des batteries d'ascenseurs situés sensiblement dans l'axe.

Les modules de trafic comportent deux étages de sous-sol desservis par une route de service et où se trouvent les locaux techniques principaux, des magasins, des résér-

ves, un rez-de-chaussée situé au niveau de l'aire de stationnement des avions et essentiellement destiné au tri et à la manutention des bagages, un étage de trafic sur lequel nous reviendrons plus tard, un étage mezzanine partiel logeant des services destinés aux passagers ou au public et enfin une toiture qui ne comporte des poteaux qu'en façades et dégage donc l'ensemble du volume de l'étage de trafic.

Dans l'épaisseur de cette toiture en caisson sont situés les locaux techniques destinés à l'alimentation de l'étage de trafic et comprenant les équipements de chauffage et climatisation, d'éclairage et de sonorisation. Cette disposition a l'intérêt de libérer l'espace intérieur de l'étage de trafic de tous poteaux ou gaines techniques qui sont autant de " points durs " rendant difficiles tous les réaménagements ultérieurs, toujours nécessaires dans une aérogare.

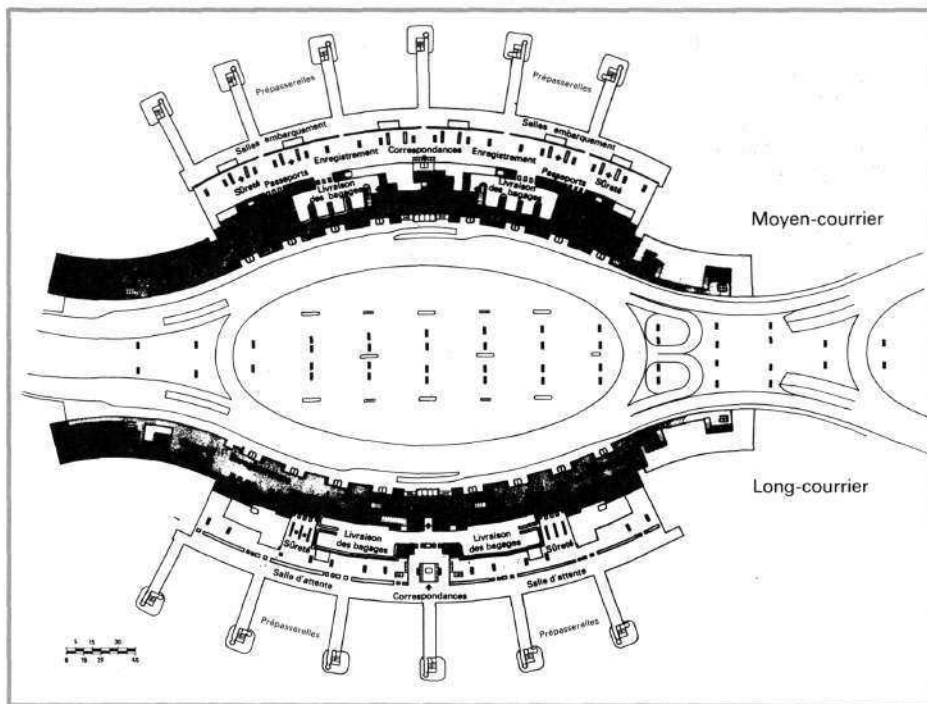
Les modules de jonction qui encadrent les modules de trafic ont des dispositions de niveaux analogues à celles des modules de trafic à l'exception de l'étage technique de toiture qui est supprimé. Leur rez-de-chaussée est essentiellement constitué de

bureaux, le premier étage, à l'étage de trafic, est destiné aux services annexes rendus aux passagers (restaurants, bars, boutiques).

La souplesse offerte par le parti retenu, a permis dès les deux premiers modules de différencier le mode de fonctionnement selon le type de trafic qu'ils doivent recevoir. Les deux modules de trafic ont des dimensions voisines (longueur développée de 250 mètres environ, et épaisseur de la façade "côté ville" à la façade "côté piste" de 60 mètres environ, mais les dispositions intérieures des étages de trafic sont différentes.

Le module nord est plus particulièrement destiné au trafic moyen-courrier international et intérieur pour lequel le passager, généralement peu chargé de bagages et pressé, demande essentiellement que soit réduit le temps entre l'heure limite d'enregistrement et le départ de l'avion. Il lui sera donc offert, sous une géométrie différente, des dispositions fonctionnelles et un service analogue à celui d'Orly-Ouest. Le passager se faisant déposer au trottoir, ou arrivant par ascenseur du parc à voitures, traverse le hall public et peut passer immédiatement "sous douane" dans un deuxième hall où il trouve les services habituels (boutiques franches...) et alignées sur la façade les salles d'embarquement équipées chacune de postes d'enregistrement des billets et de prise de bagages, le contrôle de sûreté s'effectuant à l'entrée de la salle d'embarquement. Le passager à l'arrivée traverse à nouveau le hall sous douane avant de rejoindre les salles de livraison de bagages, de passer les formalités et de se retrouver dans le hall public.

Le module sud est plus particulièrement destiné au trafic long-courrier, et donc à des passagers plus chargés de bagages. Le mode de fonctionnement est plus traditionnel. Dans le hall public, plus vaste que dans l'autre module, le passager procède à l'enregistrement de ses bagages de soute et passe ensuite "sous douane" en subsistant simultanément les formalités de sûreté. Le hall sous douane se présente de façon analogue à celui du module moyen-courrier sauf qu'il n'y a pas de salle d'embarquement et que le passager attend dans le hall l'appel de son vol. Le passager à l'arrivée est totalement séparé du passager au départ (pour des problèmes de sûreté) et accède directement à la salle de livraison de bagages. Ce type de fonctionnement, indépendamment des progrès réalisés sur les distances de marché à pied et la qualité de service, est relativement voisin, fonctionnellement, de celui d'Orly-Sud ou de Roissy 1.



Aérogare n° 2. Etapes du trafic.

Ces deux types de fonctionnement différents ont toutefois en commun la prise en compte des problèmes de sûreté. Les problèmes de détournements ou piraterie, inconnus de l'aviation il y a moins de dix ans, et donc ignorés dans la conception des aérogares, n'avaient pu être résolus que par des expédients souvent dommageables à la qualité de service et au confort du passager. Les deux premiers modules de l'aérogare n° 2 intègrent ce problème, avec des solutions différentes qui ne devraient pas constituer un gêne dans l'écoulement normal du trafic.

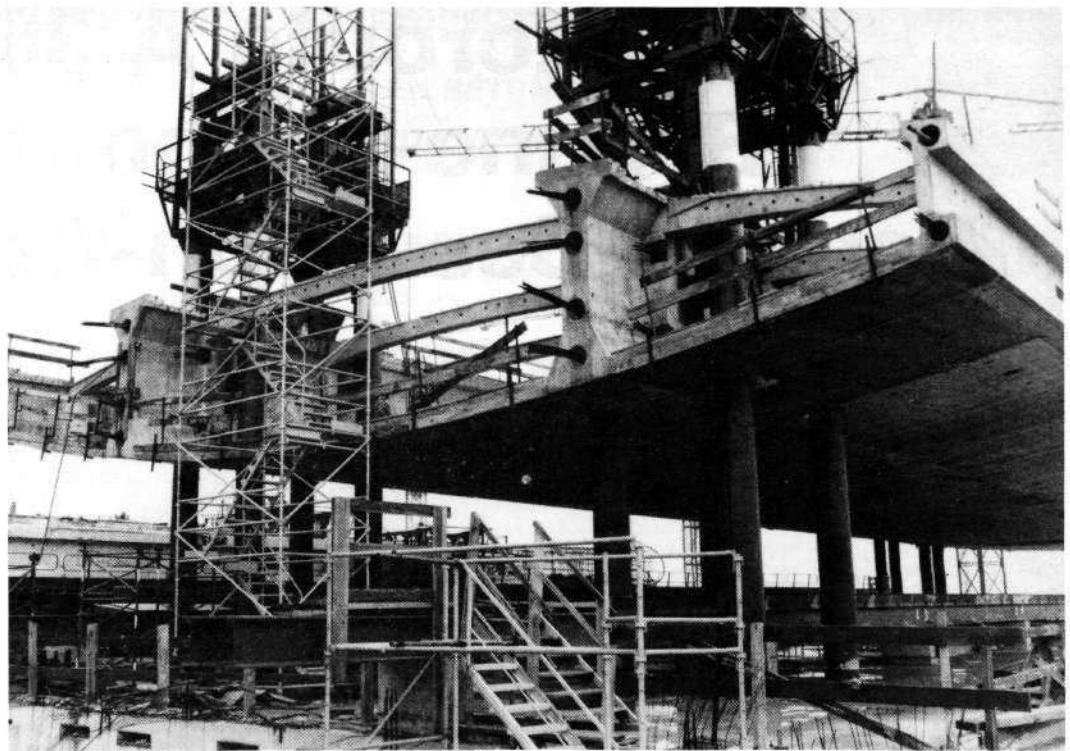
Au total, l'ensemble des deux premiers modules de l'aérogare représente la construction de 100 000 m<sup>2</sup> de bâtiment classique de toitures spéciales, 120 000 m<sup>2</sup> de parc à voitures et de 30 000 m<sup>2</sup> de routes en viaduc ou estacade. Le prix du bâtiment avec ses équipements intérieurs est de 700 millions de francs ; avec les opérations liées (aires de stationnements, routes, puissance électrique ou thermique) l'investissement que doit consentir AÉROPORT DE PARIS pour porter de 10 à 20 millions de passagers par an la capacité de l'aéroport de Roissy est de l'ordre du milliard de francs 1979.

## Description technique

Dire que les solutions techniques retenues ont été choisies de façon à minimiser le

coût peut sembler un truisme ou un acte pieux et demeure peu audible même si l'affirmation est largement exacte. En ce qui nous concerne, autant que le coût minimal, nous avons systématiquement recherché les solutions conduisant au délai d'exécution minimal. En effet pour AÉROPORT DE PARIS, Établissement Public au chiffre d'affaires de l'ordre de 1,5 milliard de francs, se lancer dans un investissement voisin du milliard de francs est un pari lourd de conséquence, fondé uniquement sur des prévisions de trafic dont on peut imaginer la fragilité, surtout dans les périodes d'incertitude économique. Construire un an trop tard, c'est faire subir aux passagers une surcharge des installations difficilement supportée, construire un an trop tôt, c'est, pour AÉROPORT DE PARIS, subir des frais financiers sans recettes correspondantes et à un niveau plaçant l'entreprise dans des difficultés très sérieuses. Dès lors, plus le délai de réalisation est court, moins le risque pris sur la croissance est grand et plus le pari a de chances d'être gagné.

Pour la première aérogare de Roissy, hors terrassements et fondations, le délai de réalisation a été de 5 ans. Pour l'ensemble des deux modules de l'aérogare n° 2, ce délai a globalement été réduit à 4 ans et la mise en service des deux modules étant décalée d'un an, c'est en fait pour chacun des modules, un délai de 3 ans seulement qui s'écoule entre la décision de construire et la mise en service. Ce résultat a pu être obtenu par la mise au point de méthodes de construction appropriées et aussi par



Caisson en cours de levage.  
Photo J.J. MOREAU.

l'acceptation d'un niveau de risque important sur la tenue des délais.

Le premier choix fait est celui du recours systématique à la préfabrication lourde en usine de façon à s'abstraire le plus possible des aléas climatiques. C'est relativement simple pour les parcs à voitures où les bacs préfabriqués précontraints sont d'usage courant ; pour des viaducs, rampes et roca-des, il a été recouru à la préfabrication des coques de sous-face des ouvrages (en dalles précontraintes) de façon à simplifier les problèmes d'étaie-ment.

Pour les modules de trafic et de jonction, l'effort a porté sur la simplification et la systématization de structures, nécessairement complexes par destination pour arriver à la normalisation d'un système par poutrelles et pré-dalles réduisant au minimum le béton coulé en place.

Le deuxième choix a été de méthodologie. Pour éviter les flottements fréquents de début de chantier, AÉROPORT DE PARIS avant réalisé un dossier d'appels d'offres plus complet que d'habitude, comprenant non seulement la plupart des ferrailages d'exécution mais aussi (avec l'assistance des bureaux de méthodes de grandes entreprises françaises) l'étude des moyens de manutention et des outillages et la cinématique des grues pendant tout le déroulement du chantier.

Mais la solution probablement la plus originale est la méthode de réalisation des caissons de couverture des modules de trafic (solution étudiée en collaboration avec le bureau d'études "STRUCTURES"). Ces caissons contiennent les éléments de climatisation de l'étage de trafic dont la mise en route conditionne la mise en place dans l'aérogare d'équipements électromécaniques et électroniques fragiles. Il était donc important que la toiture puisse être mise en place le plus tôt possible. Ces caissons de couverture (9 par module de trafic) ont 60 m de longueur environ et une section elliptique de 23 m de largeur et de 4,10 m de largeur normale. Leur structure est composée de 2 poutres principales espacées de 12 m et de deux poutres de rive, la rigidité transversale étant assurée par des entretoises hautes et basses. Le procédé choisi consiste à couler ces caissons en béton léger de densité 1,7 sur le plancher de l'étage de trafic et de les soulever ensuite par vérins de 6 m jusqu'à leur hauteur définitive les quatre poteaux porteurs étant coulés ensuite en sous-oeuvre. La charge à soulever du caisson sans sa dalle supérieure de couverture est voisine de 1 200 tonnes. Cette solution qui, certes, n'est originale que par une conjugaison inédite de techniques déjà bien maîtrisées, permet de gagner environ 6 mois sur le délai global de réalisation par rapport à une solution traditionnelle.

## Le chantier

Le chantier de gros oeuvre a débuté à la mi-1978. Les cadences de réalisation sont respectées avec une cadence de réalisation de planchers traditionnels au plus de 10 000 m<sup>2</sup>/mois et un levage de caisson de couverture toutes les trois semaines. Le recours à la préfabrication lourde en usine, la rationalisation des méthodes, des outils, la standardisation des éléments de structure permettent de réaliser le chantier de gros oeuvre avec moins de 600 personnes, alors que sur nos chantiers comparables précédents, avec des cadences moindres, le personnel était du double. Mais surtout, les méthodes retenues conduisent à un recours systématique à la main d'oeuvre qualifiée, ce qui à notre sens doit être un objectif essentiel d'évolution de la profession du bâtiment et des travaux publics en France.

# Autoroute A 36

## Beaune-Mulhouse

### Section Besançon-Gendrey

par Maurice VILLEMAGNE  
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Directeur Adjoint SCETAUROUTE

#### Exécution des chaussées en béton de ciment

En vue de l'expérimentation de nouvelles techniques de construction des chaussées en béton arrêtées en accord avec le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées et le Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes, la Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône (S.A.P.R.R.) a bien voulu accepter que la section BESANÇON-Ouest-GENDREY de l'autoroute A 36, BEAUNE-MULHOUSE ait ses chaussées réalisées en béton de ciment.

Compte tenu des résultats des études et des constatations faites sur les chaussées en béton de l'autoroute Paris-Lyon, il est apparu que, pour éviter les défauts constatés, il y aurait lieu pour les chaussées neuves d' :

- augmenter la résistance à l'érodabilité de la fondation sur laquelle la couche de roulement prend appui, au moins au droit des joints : pour en éviter l'attrition lors de la flexion des dalles au passage d'une charge sur le joint.
- écarter le plus possible du bord de la dalle les roues les plus chargées en faisant déborder de 50 cm les dalles de béton sur la bande d'arrêt d'urgence.
- éviter les entrées d'eau à l'interface couche de roulement-fondation et, s'il s'en trouvait, en provoquer l'évacuation la plus rapide possible, d'où la nécessité de soigner le remplissage des joints et d'assurer un drainage efficace.

- assurer le meilleur transfert de charges au droit des joints et, par suite du choix délibéré d'écarter la liaison des dalles par des goujons, obtenir :
- la plus grande rigidité des dalles en augmentant l'inertie
- le meilleur engrènement des bords en raccourcissant la longueur des dalles pour réduire l'ouverture des joints lors des contractions thermiques
- réalisant des bétons ayant les retraits hydrauliques et thermiques les plus faibles (bétons secs, utilisation de granulats de faible coefficient de dilatation, bétonnage par temps frais, etc...)
- augmentant la granulométrie des agrégats pour obtenir les reliefs les plus accentués à la découpe des joints.

Ce sont toutes ces conclusions que l'on a tenté d'appliquer aux travaux à réaliser entre BESANÇON et GENDREY.

Ce tronçon d'autoroute de 15 km 650 a été divisé en deux sections. Sur les dix premiers, côté GENDREY, il a été décidé de réaliser une chaussée de type classique, c'est-à-dire des dalles de roulement en béton de ciment posées sur une fondation en matériaux liés.

Sur la partie restante à l'ouest, la chaussée est réalisée en dalles épaisses, la fondation et la couche de roulement étant réunies et exécutées ensemble.

Ainsi chacune des voies supportera pendant la même période des trafics identiques et il sera possible de noter les différences de comportements d'en analyser les causes et en tirer les conclusions sur les améliorations à apporter aux techniques actuelles.

Les dix premiers kilomètres classiques réalisés côté GENDREY, comportent une dalle de roulement de 8 m de largeur et de section trapézoïdale, l'épaisseur se réduisant de la droite vers la gauche de 28 à 22 cm pour tenir compte de ce que la voie de droite supporte les charges les plus importantes.

Mais au lieu de reposer sur une fondation en graves stabilisées au ciment suivant la méthode habituelle, comme on l'a déjà exécutée sur les derniers tronçons de la chaussée bétons réalisés (autoroute A4 à MEAU, élargissement de A6 au-delà du nœud de ST-GERMAIN), cette fondation a été réalisée en béton maigre sur une largeur de 8,40 m débordant légèrement de la dalle, mais ne permettant pas la circulation normale de la machine à coffrages glissants (fig. 1).

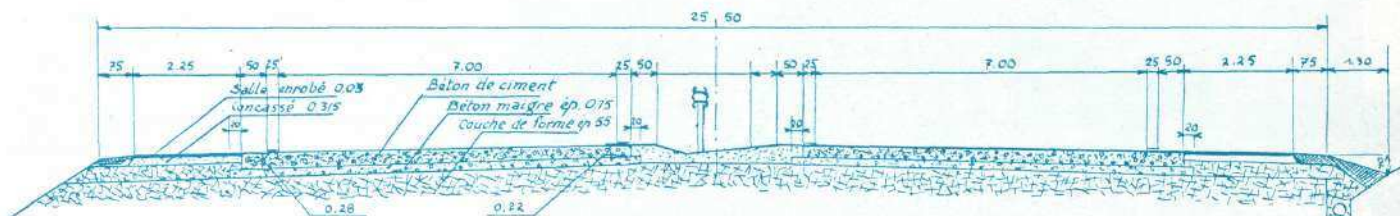
Cette fondation a été mise en place sur une couche de matériaux drainants (4-60) en concassé calcaire, posée sur une couche de forme elle-même réalisée soit en tout venant calcaire d'une granulométrie très voisine, soit en marne stabilisée à la chaux sur une épaisseur de 25/30 cm.



# AUTOROUTE A 36 - BEAUNE - MULHOUSE

## CHAUSSÉES EN BÉTON DALLE CLASSIQUE - PROFILS EN TRAVERS

### Courbes non déversées



### Courbes déversées

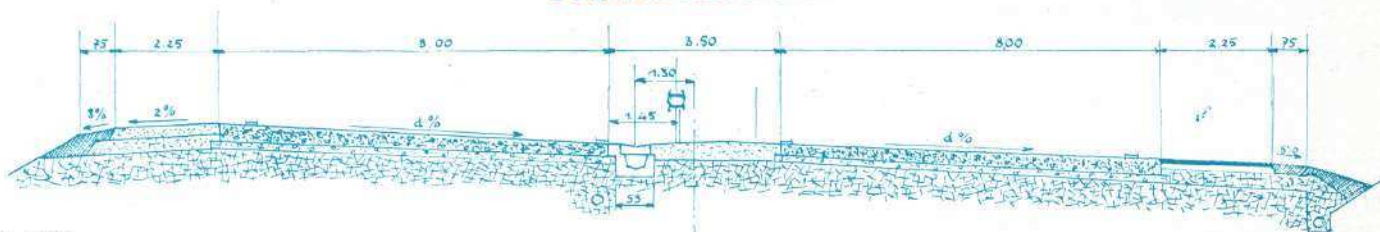


Fig. n° 1

Après étude, la composition adoptée par les bétons a été la suivante :

CONSTITUANTS	PROVENANCE	BÉTON	
		de fondation	de roulement
ciment	CPAC 400 (Champagnole)	170 en hiver 150 en été	300 Kg : M3
sable 0/4	calcaire concassé (Marchaux)	870 kg	710 kg
gravillon 4/20	calcaire concassé (Marchaux)	480 kg	490 kg
caillou 20/60	calcaire concassé (Marchaux)	730 kg	730 kg
eau		145 l/m <sup>3</sup>	135 l/m <sup>3</sup>
plastifiant	plastiment BV 100 SIKA	0,4 % du p de ciment	0,3 %
entraînement d'air		0,1 %	0,1 %

Ces bétons ont été fabriqués par une centrale de malaxage Heltzel (fig. 2) discontinue à contrôle pondéral comportant deux cuves de malaxage, d'une capacité de 400 m<sup>3</sup>/heure. Déjà utilisée sur les chantiers des autoroutes A4 et A6 dont il a été fait mention, elle est équipée d'un enregistrement numérique et graphique des poids des différents constituants et des puissances appelées.

De la centrale installée à l'extrémité Est du chantier, les bétons frais étaient transpor-

tés à l'aide de véhicules semi-remorques sur le chantier de mise en œuvre. Pour accélérer les cadences de mise en œuvre et permettre plus de souplesse dans l'exécution aussi bien de la couche de fondation que de la couche de roulement, deux machines à coffrages glissants furent utilisées.

- Guntert et Zimmerman pour le béton maigre
- un autograde CMI, dual lane, pour la dalle de roulement

Le béton maigre n'a fait l'objet que d'une

amorce de joint longitudinal réalisée dans le béton frais sur 30 mm de profondeur. Cette amorce était décalée de 20 cm vers le terre-plein central pour éviter qu'elle se superpose avec le joint longitudinal de la dalle de roulement. Par contre les fissures transversales ont été laissées aléatoires.

Tant pour éviter la remontée de ces fissures dans le béton de roulement que pour assurer une protection de surface suffisante, le béton frais a été recouvert d'un produit de cure SIKA dosée à 240 g/m<sup>2</sup>.

Malgré ce surdosage la rugosité du béton maigre était telle qu'un engrenement

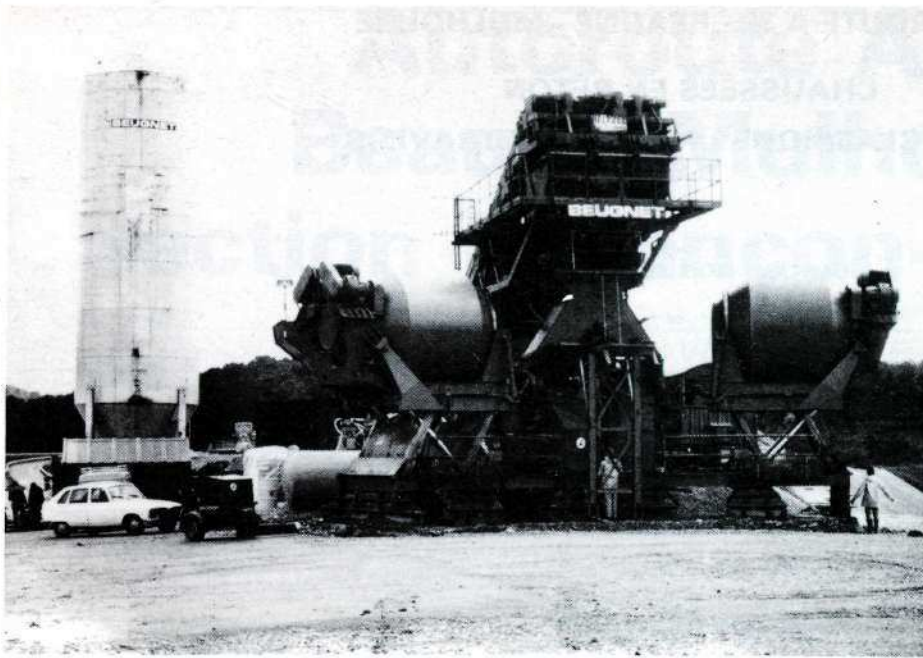


Fig. n° 2. Centrale Hetzel.

important des deux couches de béton provoquait la descente de la fissure des joints de retrait-flexion de la couche de roulement dans la fondation. Pour éviter l'affaiblissement de celle-ci à l'endroit même où l'on souhaitait qu'elle soit la meilleure, la rugosité de surface du béton maigre a été atténuée par un enduit à l'émulsion de bitume sablée au sable de rivière.

En ce qui concerne la couche de roulement, en l'absence de possibilité d'assurer le cloutage mécanique du béton frais, la surface en a été striée au balai automatique à poils fins avant d'être protégée par le produit de cure au dosage de 120 g/m<sup>2</sup>. Toutefois il est entendu que pour améliorer la rugosité de surface, un enduit double gravillonnage sera effectué dans les mois qui vont suivre.

Comme à l'habitude les joints transversaux de retrait-flexion ont été sciés sur une profondeur de 50 mm à une distance moyenne de 4,50 m. Le joint longitudinal placé à 4,25 m du bord droit de la dalle a été également scié à une profondeur de 5 cm. Les uns comme les autres ont été étanchés à l'aide de l'accoplast V. SIKA.

Les chaussées des 5,670 km restant vers l'est de la section ont été réalisées en dalle épaisse de béton sans fondation, renouvelant ainsi sur les deux chaussées de l'autoroute l'expérimentation déjà faite en 1977 sur quelques centaines de mètres d'une des chaussées de cette même autoroute à SECHIN.

En effet compte tenu de l'intérêt de :

- ne pas feuilletter le corps de la chaussée,
- diminuer la flexion des bords de la dalle en augmentant l'inertie,

- assurer un meilleur transfert de charges aux joints transversaux par une surface plus grande d'engrènement des agrégats,
- rendre moins sensibles les mouvements de la dalle sous l'effet des variations thermiques.
- économiser les quantités de matériaux constituant les couches de chaussées
- réduire l'importance des matériels de fabrication et de mise en œuvre des matériaux
- limiter les délais d'exécution à la durée d'un seul passage de la machine à coffrages glissants,

la couche de fondation et la couche de roulement ont été réunies en une seule dalle épaisse de 40 cm sur le bord droit et de 25 cm à gauche, la largeur étant toujours de 8 m comprenant une surlargeur de 0,50 m débordant sur la bande d'arrêt d'urgence (fig. 3).

Comme pour le béton maigre de la fondation de la chaussée classique, la machine à coffrages glissants ainsi que les véhicules assurant son approvisionnement, ont été dans l'obligation de circuler sur la couche drainante (fig. 4) réalisée matériaux calcaires concassés 4/60 compactés sur 15 cm d'épaisseur. Cette granulométrie avait été retenue à la suite d'une expérimentation portant à la fois sur la tenue sous circulation, l'érodabilité, la perméabilité et le coût des matériaux 0/31,5, 4/20 et 4/60.

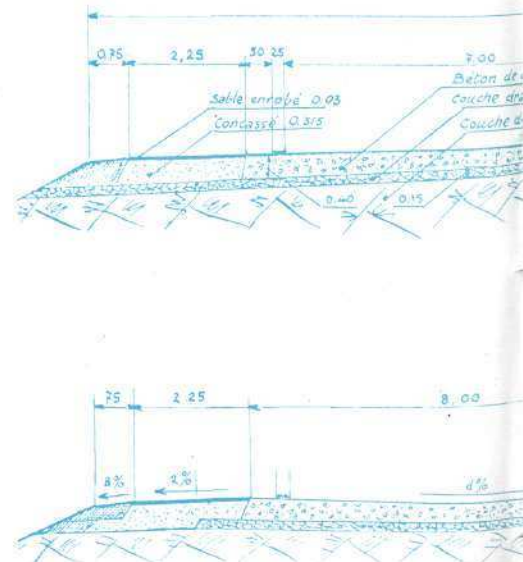
Si le 4/60 permet la circulation de la machine à coffrages glissants, par contre il s'ornière au freinage et au virage des véhicules d'approvisionnement. Naturellement les limites de tolérance de nivellement doivent être en concordance avec les possibilités du matériau, tout en exigeant avant la

mise en place du béton une remise en état de cette couche drainante pour le cas où l'uni aurait souffert.

En dehors de ce problème de circulation, la première expérimentation de dalle épaisse sur A36 avait montré qu'en raison de l'importance de la différence des épaisseurs de la dalle et du dévers dans les courbes de faible rayon, la pente transversale de la partie inférieure de la dalle peut dépasser 5%. Il peut s'ensuivre en raison de l'appel au vide soit une fissuration du béton frais perpendiculairement à la ligne de plus grande pente d'où la nécessité de chanfreiner le bord épais de la dalle, soit l'ouverture du joint longitudinal par glissement de la partie droite de la dalle sous l'effet des vibrations dues à la circulation. Aussi par mesure de précaution a-t-on jugé bon de placer sous le joint longitudinal, avant mise en place du béton, un treilli métallique en forme de U renversé supportant un fer H.A. de O : 16 transversal de 60 cm de longueur, recourbé à ses extrémités, tous les 50 cm.

Ce dispositif (fig. 5) facile à réaliser, fixé rapidement par brochage dans la couche drainante n'a posé aucun problème d'exécution.

Fig. n° 3.



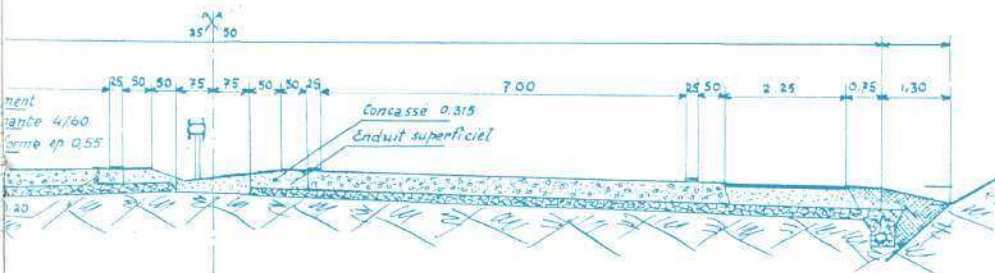
AUTO  
DALL



Fig. n° 4. Véhicules circulant sur la courbe drainante.

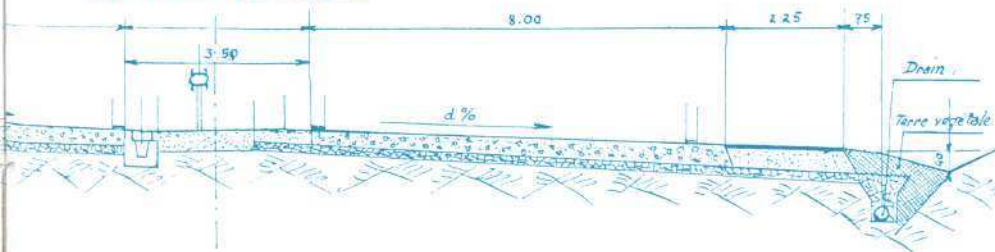
## ROUTE A 36 - BEAUNE-MULHOUSE

### CHAUSSÉES EN BÉTON ÉPAISSE - PROFILS EN TRAVERS



#### Courbes non déversées

#### Courbes déversées



Comme la dalle classique, la surface des dalles épaisses a été striée par balayage transversal au balai à poils fins et sera ultérieurement dotée d'un enduit double gravillonnage pour en augmenter la rugosité. Les joints transversaux ont été sciés sur une profondeur variable de 5 à 8 cm suivant l'épaisseur de la dalle et ont été également à l'accoplast V. SIKA.

A partir du moment où la Société Concessionnaire avait accepté de réaliser un chantier expérimental il était tentant d'élargir cette expérimentation d'autant que les conditions de fatigue des différents tronçons de chaussée seront rigoureusement identiques.

On a donc réalisé :

- sur 200 mètres de voie en béton pour lequel le dosage en ciment a été ramené de  $300 \text{ kg/m}^3$  à 270 seulement. Cette réduction de 10 % du ciment devrait être sans influence importante sur le comportement de la résistance du béton étant donné la qualité (calcaire) et les dimensions (60) des gros agrégats. La quantité de mortier nécessaire au comblement des vides est certainement moins importante que pour un béton dont les agrégats auraient une granulométrie plus faible et par suite la



Fig. n° 5.  
Dispositif d'accrochage  
sous le point  
longitudinal.

quantité de ciment nécessaire pour confectionner ce mortier est, elle-même, réduite dans les mêmes proportions.

- sur 80 mètres la couche drainante en matériaux 4/60 a été remplacée par un matériau 0/31,5

Ce remplacement constitue une excellente solution du point de vue constructif étant donné qu'il peut mieux se compacter et rester en place que le 4/60. Il facilite également la circulation tant de la machine à coffrages glissants que des camions approvisionneurs. Mais l'importance des fines, risque, en limitant la perméabilité de la couche, d'entraîner leur migration vers les drains et la compacité du matériau se modifiant, les anomalies constatées sur des chaussées anciennes pourront réapparaître.

- cette réapparition devrait d'ailleurs être plus sensible sur 20 mètres où la couche drainante étant toujours en 0/31,5 l'épaisseur de la dalle a été systématiquement réduite de 5 cm (soit 20/35 cm au lieu de 25/40 cm).

Dans cette zone les flexions des bords de dalles étant plus importantes, la fondation sera plus sollicitée et par suite les quantités de fines expulsées devraient notablement augmenter.

- sur 20 mètres un cloutage superficiel du béton frais a été réalisé manuellement. Les granulats de porphyre ont été répartis et ensuite enchassés dans le béton par talochage.

A l'origine on avait pensé pouvoir assurer un cloutage mécanique à l'aide d'une machine belge en cours de mise au point par le Centre de Recherches Routières à BRUXELLES. Malheureusement ce prototype n'ayant pas été opérationnel à l'époque, son utilisation a dû être différée. Il est bien certain que l'exécution des granulats

et l'uniformité d'enclassement obtenues à l'aide d'une machine ; l'essai vise essentiellement à s'assurer du bon accrochage des matériaux au béton frais.

- enfin sur près d'un kilomètre de longueur de dalle épaisse le joint longitudinal a été moulé et préformé (fig. 6) et un water-stop en PCV a été incorporé dans le béton frais.

Il ne semble pas que ce type de joint, pourtant prometteur, soit au point malgré toutes les améliorations apportées. Il arrive en effet qu'en raison soit de la présence de granulats de grande dimension au voisinage du tracé du joint le water-stop ou la languette verticale soient déplacés, soit qu'au contraire aux points de grande accumulation de mortier, en raison de la plasticité du matériau, les vides de réservation du joint se referment, le béton se recolle et a tendance à fissurer parallèlement au joint qui n'est plus assez marqué.

Dans son ensemble le chantier s'est déroulé normalement les seules difficultés rencontrées sont dues à la couche de forme en matériaux 4/60 qu'il est difficile de mettre en place et de l'y maintenir au passage des machines et des véhicules. Étant donné les tolérances de nivellement ( $\pm 3$  cm) admises sur cette couche de forme il est bien évident que, quelque soit le soin apporté au réglage des palpeurs altimétriques (fig. 7) et si réduit soit le temps de réponse des verins hydrauliques, l'uni de la chaussée ne peut être parfait. On considère cependant qu'il a été satisfaisant.

Enfin la mise en œuvre d'une couche de béton maigre 0/60 de 15 cm d'épaisseur sur une couche de forme en matériaux 4/60

réglée à  $\pm 3$  cm présente quelques difficultés pour autant qu'un pavier coince un des gros agrégats du béton sur son homologue de la couche de forme. L'ensemble, sol et machine, se met en résonance.

Il ne s'agit là que de difficultés mineures par rapport aux résultats obtenus qui devront d'ailleurs être confirmés par l'épreuve du temps, de la climatologie et du trafic cumulé des véhicules lourds.

Sans doute conviendra-t-il de s'assurer par la mesure des débits, de l'utilité et de l'efficacité des drains.

D'autre part, sans attendre le verdict du trafic sur l'ensemble de la section, le S.E.T.R.A. et le L.C.P.C. feront procéder à ces essais de fatigue au vibreur lourd.

Ils ne pourront donner qu'une idée de l'évolution possible de la chaussée liée à la formation des fines et également à la présence de l'eau aux interfaces de chacune des couches de chaussée.

Parallèlement des mesures fines de battement des dalles seront effectuées avant et après le passage du vibreur lourd. Mais même si les battements des dalles épaisses étaient du même ordre que celles des dalles classiques, le transfert de charges s'améliorant avec la température pendant des périodes plus longues pour les dalles épaisses, il devrait en résulter une amélioration de comportement pour ce type de chaussée.

Ainsi peut-on penser que les expérimentations faites grâce à l'esprit d'entreprise de la Société des Autoroutes PARIS-RHIN-RHÔNE redonneront aux chaussées en béton la place qu'elles devraient avoir dans l'économie du pays tout en améliorant à la fois les techniques de réalisation, le confort et la durée de vie.



Fig. 1 - rame T.G.V.

# La ligne nouvelle à très grande vitesse reliant Paris au Sud-Est de la France

par M. Jean ALIAS, Directeur de l'Équipement de la S.N.C.F.

La Société Nationale des Chemins de Fer Français a entrepris la construction d'une ligne nouvelle à très grande vitesse entre la banlieue Sud de Paris et le Nord immédiat de Lyon permettant de desservir toutes les villes du Sud-Est de la France.

En première étape, la vitesse maximale sera de 260 km/h sur la ligne nouvelle, le tracé permettant 300 km/h. Les rails étant à écartement normal, les rames spécialisées (T.G.V.) qui rouleront sur la ligne nouvelle pourront emprunter également le réseau existant (fig. 1). Une première mise en service entre St-Florentin et Lyon est prévue en octobre 1981 et la mise en service de l'ensemble de la ligne pour octobre 1983.

Il s'ensuivra une amélioration notable du temps de parcours entre toutes les villes desservies. Cela ressort du schéma qui

montre la différence entre les temps actuels et futurs. Le gain de temps entre Paris et la plupart des villes sera de l'ordre de deux heures (fig. 2).

Le présent article décrit les études et les travaux de la ligne nouvelle en insistant plus particulièrement sur les terrassements. La figure 3 donne le profil en travers type de la ligne.

---

## 1 — Les études

---

Inscrire dans un territoire comme la France, une ligne nouvelle de 400 km de long ayant des rayons en plan de 4 000 m et des rampes de 35 mm par mètre (fig. 4) est difficile

et demande de nombreuses études et discussions avec les autorités locales. Par ailleurs, la structure géologique de cette zone est complexe et l'on a rencontré le long du tracé des terrains aux caractéristiques géotechniques très diverses qui ont demandé des examens très détaillés.

Rappelons sommairement les principales étapes des études.

**1968-1969** étude de faisabilité. Ces études établies à partir de cartes au 1/25 000<sup>e</sup> et d'un levé géologique ont permis de définir de nombreuses variantes qui, à la suite d'une étude économique ont été éliminées pour ne retenir qu'une desserte directe de Paris à Lyon avec antenne vers Dijon et la Suisse. Cette étude était présentée au gouvernement français en novembre 1969.

T.G.V. PARIS - SUD-EST  
 Temps de parcours prévus

LÉGENDE

	2.00	Temps de parcours futurs depuis PARIS
1 <sup>ère</sup> cl.	3.44	Meilleurs temps du service d'hiver 1977 / 78
2 <sup>ème</sup> cl.	3.45	

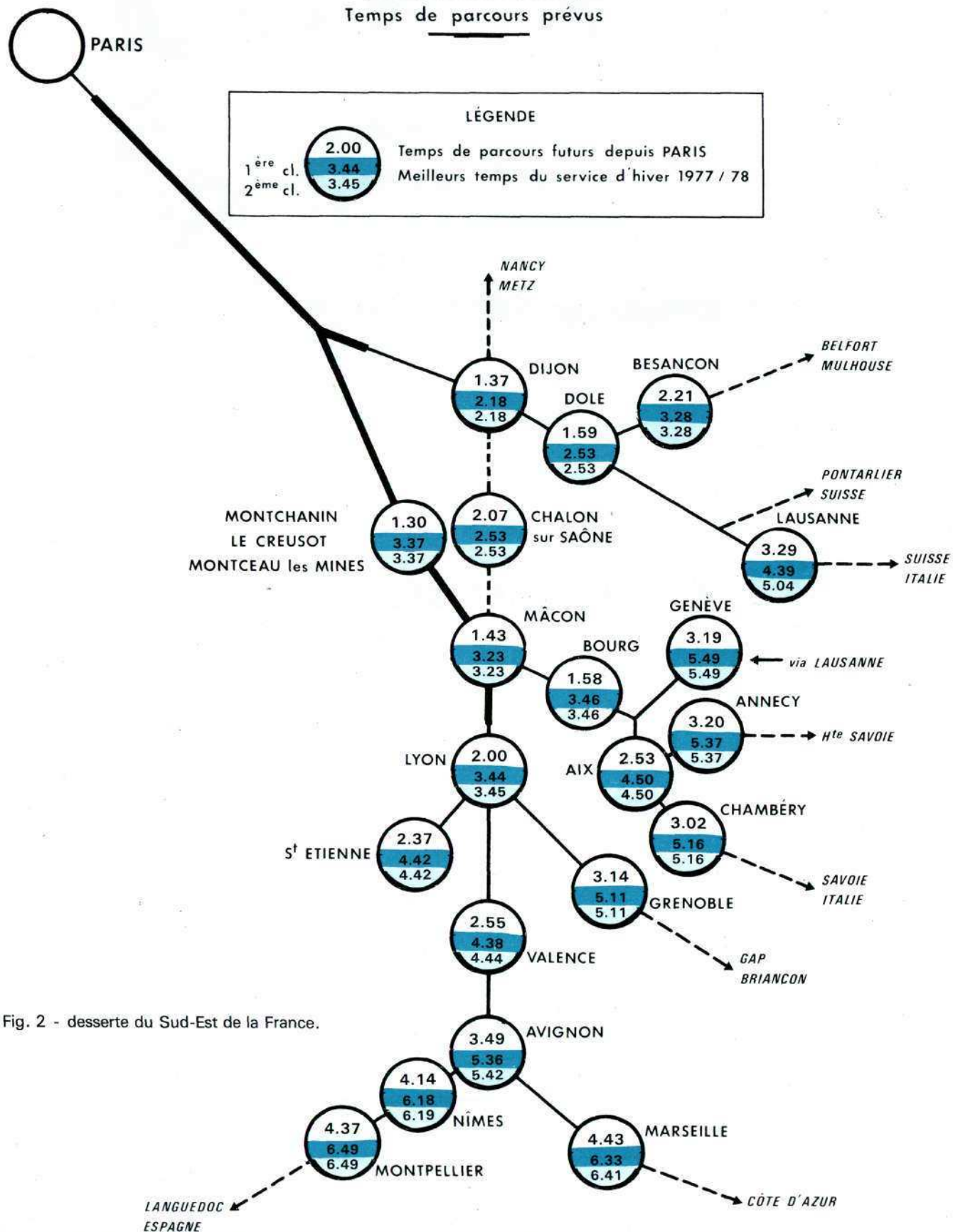


Fig. 2 - desserte du Sud-Est de la France.

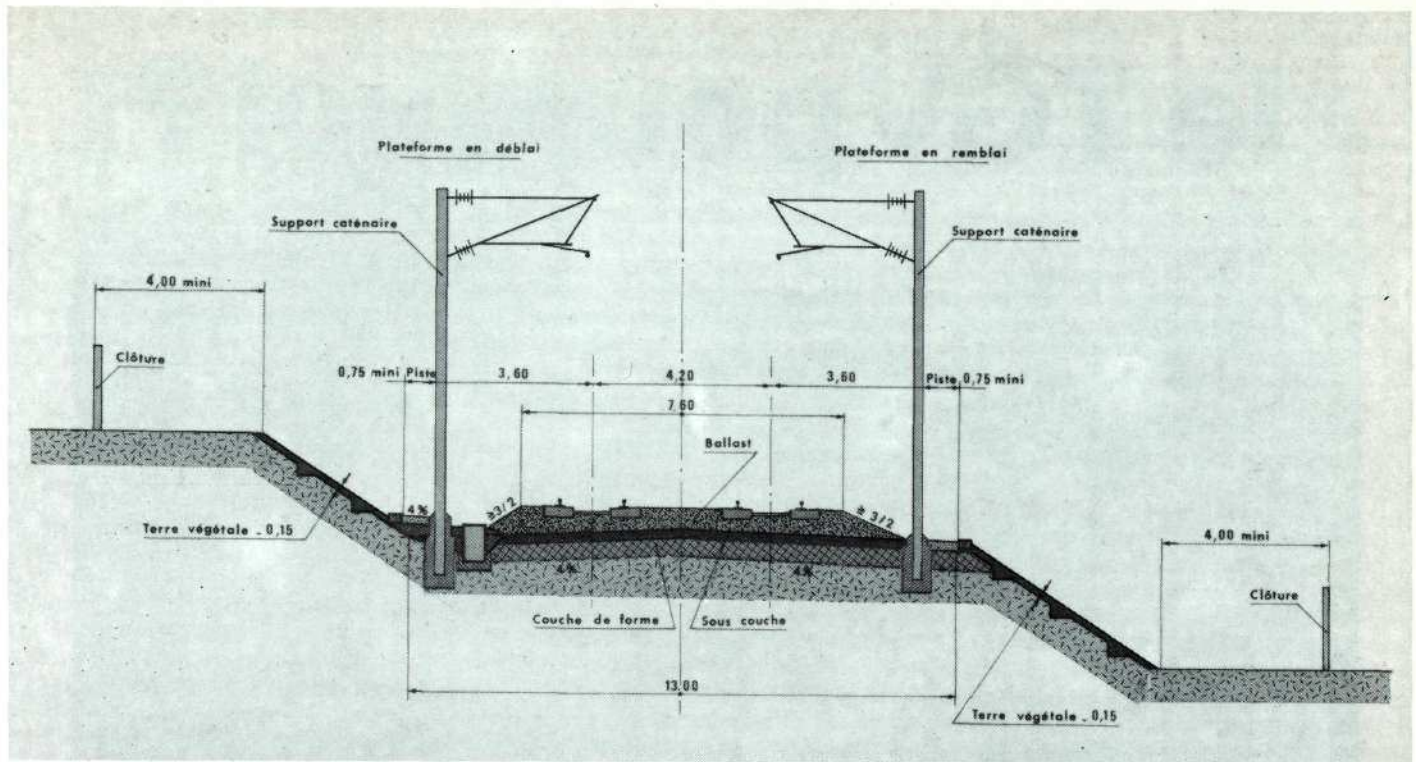


Fig. 3 - profil en travers de la ligne Paris Sud-Est.

**1970-1971** Un groupe d'experts désignés par le gouvernement examinait le projet présenté par la S.N.C.F. et après recherche globale sur tous les modes de transport possibles sur l'axe Paris-Lyon concluait à l'intérêt économique du projet.

**1972-1973** Après accord de principe du gouvernement, la S.N.C.F. entreprenait des études d'avant-projet au 1/5 000<sup>e</sup> afin de caler le tracé. Cette phase entraînait des contacts avec toutes les communes concernées et des études d'insertion dans le site. La synthèse était représentée par le dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique.

**1974-1975** Le dossier connu du public suscitait certaines réactions et des demandes de variantes de tracé. Cette opposition entraînait un retard dans le déroulement des procédures qui, néanmoins se poursuivaient et devaient aboutir à la déclaration d'utilité publique du 28 mars 1976.

**1975-1976-1977** Parallèlement les services de la S.N.C.F. poursuivaient l'étude du projet au 1/1 000<sup>e</sup> afin de lancer les enquêtes parcellaires permettant les acquisitions de terrains et également le lancement des appels d'offres auprès des entreprises.

**1977-1978-1979** Après les études d'exécution des ouvrages d'art et des ouvrages en terre, les travaux de génie civil étaient entrepris.

## 2 — Les travaux

La consistance des travaux est la suivante :  
Longueur de la ligne : 387 km

### Terrassements :

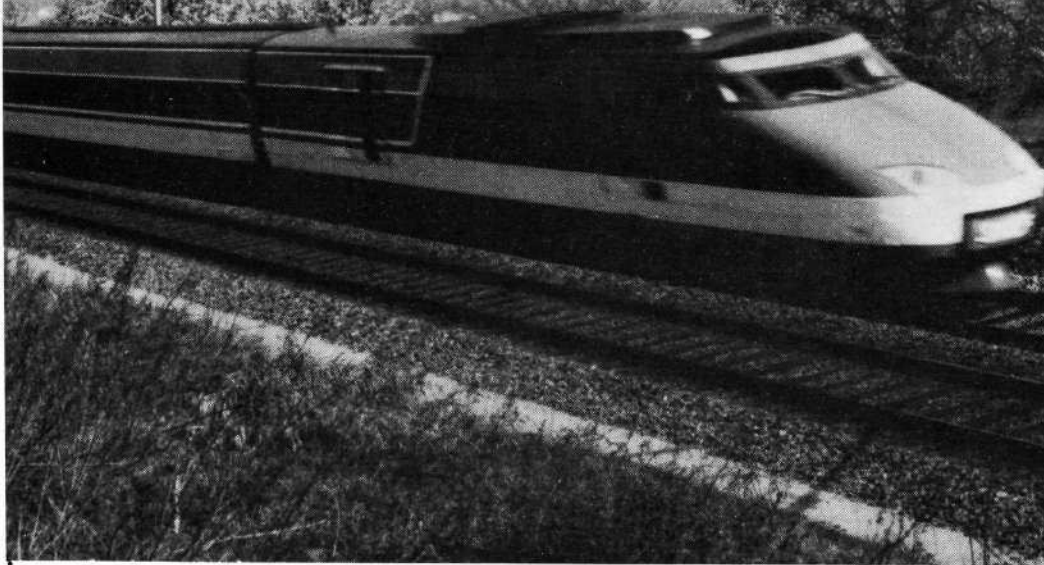
Déblais mis en remblai ou en dépôt définitif

terrain meuble	roche non compacte	roche compacte
10,8 Mm <sup>3</sup>	6,2 Mm <sup>3</sup>	6,6 Mm <sup>3</sup>

Total	23,6 Mm <sup>3</sup>
Emprunts	7,4 Mm <sup>3</sup>
Sous-couches	2,0 Mm <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>33,0 Mm<sup>3</sup></b>

Grands ouvrages		Ouvrages courants	
Autoroute A6	2	routes nationales	
Viaducs	6	et chemins	
Sauts de mouton	6	ponts routiers	160
Grands cours d'eau	3	départementaux	140
		voies communales	20
		ponts hydrauliques	460
		petits ouvrages	

# le TGV pourquoi?



L'évolution du trafic annuel sur la ligne Paris-Lyon

1955 : 5,5 millions de voyageurs

1965 : 9,5 millions de voyageurs

1976 : 12 millions de voyageurs

---

1990 : 23 millions de voyageurs (prévision),

---

conduit à la saturation.

Le doublement de la ligne actuelle était d'un coût trop élevé et n'apportait pas d'amélioration du service rendu aux voyageurs.

C'est pourquoi la création d'une ligne nouvelle s'est imposée. Elle permettra d'acheminer dans les conditions optimales le trafic passagers et marchandises, tout en réduisant de moitié le temps de parcours entre Paris et Lyon.

le TGV une ligne nouvelle une solution d'avenir





## CARACTÉRISTIQUE GÉOMÉTRIQUES (prévues pour V = 300 km/h)

	Valeur normale	Valeur exceptionnelle
	<p><b>TRACÉ EN PLAN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rayon minimal des courbes</li> <li>• Raccordement parabolique (variation de dévers)</li> </ul> <p><b>PROFIL EN LONG</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rampe maximale</li> <li>• Rayon minimal de raccordement cylindrique</li> </ul> <p><b>PLATEFORME</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entr'axe des voies</li> <li>• Largeur totale</li> </ul>	<p>4 000 m 0,6 mm/m</p> <p>0,035 m/m 16 000 m</p>

Fig. n° 4 - Tableau des principales caractéristiques géométriques de la ligne PARIS-SUD-EST.

### Plateforme et voie :

Rail	100 000 t	Clôtures	700 000 m
Traverses	1 500 000 t	Fossé béton armé	360 000 m
Ballast	3 200 000 t	Caniveau	850 000 m
Graves et sables	2 700 000 t		

Coût global du projet (infrastructure et superstructure) (valeur 1979) : 4 milliards de francs. (Fig. n° 5 et 6).

Les travaux d'infrastructure comprennent la réalisation, par un même groupement d'entreprises, des terrassements généraux, des ouvrages courants, des rétablissements routiers, des ouvrages hydrauliques, des assainissements longitudinaux et des couches d'assises.

La ligne a été décomposée en lots de 40 km de long environ dont la durée d'exécution était voisine de deux ans.

Nous donnons ci-dessous la liste des entreprises attributaires des lots déjà adjugés en février 1979.

- lot 3 — Chantiers Modernes et Valérian
- lot 4 — Spie-Batignolles - Citra et Bec
- lot 5 — Deschiron-Bruyère
- lot 6 — Deschiron-Bruyère
- lot 7 — Société Générale d'Entreprises (S.G.E.)

Société Française d'Entreprises de Dragages et de Travaux Publics. Européenne d'Entreprises.

lot 8 — Entreprise Industrielle, Moinon, Montcocol

lot 9 — SPADA - Travaux Hydrauliques et Entreprises Générales

Société Générale d'Entreprises, Maillard et Duclos

lot 10 bis — Société Générale d'Entreprises  
lot 10 — Consortium Etudes et Réalisations Coutant et Brézillon.

Les travaux de superstructure suivent dès à présent les travaux d'infrastructure. Ils englobent :

- la pose de la voie en rail de 60 kg/ml
- la mise en œuvre du ballast et le relevage de la voie en 4 passes successives
- l'électrification de la ligne en courant industriel 25 000 V - 50 Hz (fig. 7)
- les travaux de signalisation (pose de câbles, équipement des centres de signalisation, etc.)

- les essais des équipements et de circulation de rames
- la mise en service.

### 3 — Stabilité de la voie et de l'infrastructure. Dispositions adoptées

Une voie ferrée à très grande vitesse doit rester stable sous l'effet des convois ferroviaires. Les études qui ont été entreprises par la S.N.C.F. ont montré que les effets dynamiques engendrés à 260 km/h par les rames T.G.V. à essieux de 17 t, étaient inférieurs à ceux créés par des essieux de locomotives de plus de 20 t à 160 km/h.

Les dispositions adoptées par la S.N.C.F. ont été les suivantes :

- rail lourd UIC 60 provenant de convertisseurs à oxygène ausculté à l'ultrason à la sortie des laminoirs par procédé RALUS et parfaitement dressé.

- traverses mixtes à deux blocs en béton armé de 84 cm de longueur reliés par une entretoise métallique ou traverses monoblocs précontraintes. Le rail sera fixé sur la traverse par des attaches élastiques type "NABLA" (fig. 8).

- ballastage en pierre cassée dure de 0,32 m d'épaisseur sous traverse et compactage par stabilisateur vibrant la voie.

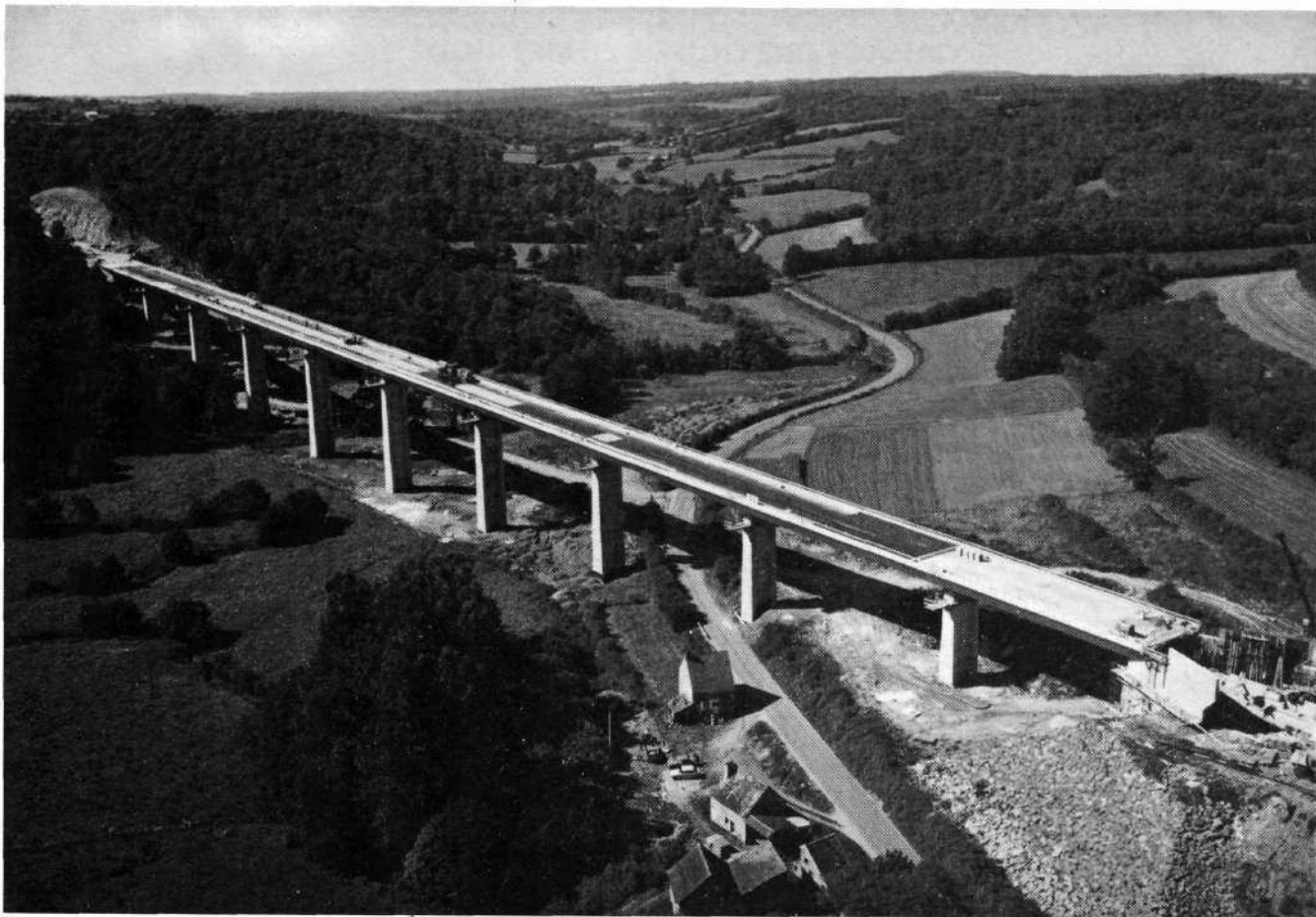


Fig. 5 - viaduc de la Digoine.

- structure d'assise dont l'épaisseur est adaptée à la nature des sols sous-jacents et comprenant au minimum une couche de grave O-315 avec au moins 30 % de concassé et compactée à 100 % OPM.

- couche de forme comportant soit un bon terrain en place compacté à 95 % de l'OPM, soit un meilleur terrain rapporté sur 0,70 m d'épaisseur et compacté à 95 % de l'OPM.

- les terrassements généraux proprement dits.

Pour être sûr que ces terrassements seront stabilisés au moment de la mise en service de la ligne, les précautions suivantes ont été prises :

#### Au niveau des études

- études géologique et géotechnique poussées afin de bien connaître à l'avance la nature et la portance des sols

- établissement d'un mouvement de terre précis étayé par des fiches terrassements établies pour chaque remblai et déblai et joint au dossier d'appel d'offres

- étude d'exécution demandée à l'entreprise et vérifiée par les auteurs du projet notamment les géologues de la S.N.C.F qui ont une connaissance complète de sa zone de travaux

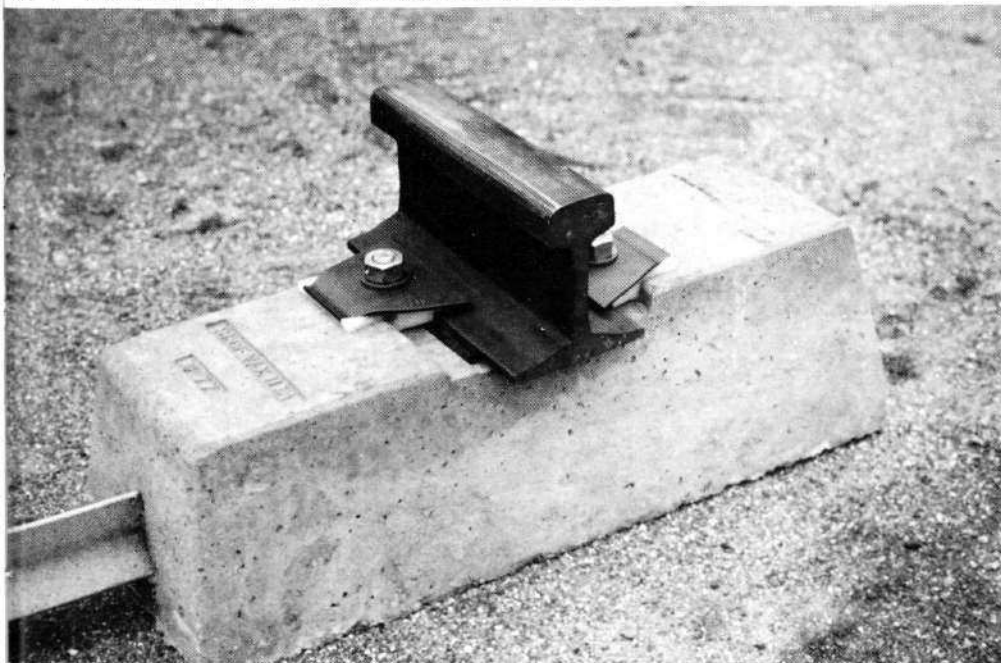


Fig. 7 - ligne électrique 25 KV - 50 H2.



Fig. 6 Chantier de terrassement par la ligne Paris Sud-Est.

Fig. 8 - traverse en béton : bloc équipé d'attaches NABLA.



#### Au moment des travaux

- exécution des purges nécessaires afin d'éliminer dans toute la mesure du possible les tassements résiduels.

- sélection rigoureuse des terres réutilisables et celles à mettre en dépôt. Le géologue qui a participé à l'étude suit également les travaux.

- établissement de planches d'essais par nature de sols qui permettent de caler la méthode Q/S (fig. 9) préconisée par le Service des Autoroutes (S.E.T.R.A.) et le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (L.C.P.C.).

Cette planche d'essai détermine l'optimum d'épaisseur de terre à mettre en œuvre et le nombre de passes de compacteurs.

Les remblais de la ligne étant constitués d'une grande partie de blocs rocheux 0/500 mm, il est évident que la gamme des compacteurs vibrants lourds a été très utilisée.

- suivi de chantier pour s'assurer que les recommandations sur la nature des terres, l'épaisseur mise en œuvre et le compactage sont bien respectés. En particulier, chaque compacteur a été équipé de tachygraphe.

#### 4 — Les contrôles et les réceptions des terrassements

Ainsi que nous l'avons dit, pour chaque catégorie de matériaux, il est effectué une planche d'essais afin de connaître les paramètres d'application du Q/S. Tous les jours le laboratoire de chantier identifie les matériaux, vérifie les teneurs en eau et autorise la mise en œuvre si toutes les conditions sont remplies.

La mesure de la distance parcourue par le compacteur et un contrôle visuel permettent de suivre le compactage. Des contrôles de densité sont faits par la S.N.C.F.

La réception des terrassements s'effectue d'après le marché par passage d'un engin lourd sur la plateforme. La S.N.C.F. a fait équiper le modèle DYNAPAC CA 51 S d'un compacimètre qui enregistre les accélérations du rouleau vibrant (fig. 10).

Dans les zones douteuses, une série de mesures complémentaires est effectuée à l'aide du dynaplaque du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

Lorsque la sous-couche en grave 0-315 est terminée, la réception s'effectue à l'aide d'un rouleau DYNAPAC modèle CG 12 S équipé d'un compacimètre qui reproduit assez fidèlement l'effet dynamique d'un convoi ferroviaire à ce niveau de la plateforme. Cela permet ainsi de vérifier l'homogénéité de la plateforme ce qui est indis-

pensable à une bonne tenue de la voie sous l'effet des grandes vitesses.

L'expérience acquise par les services techniques de la S.N.C.F. en études et travaux

leur permettent d'intervenir comme conseillers techniques de la filiale SOFRERAIL dans de nombreuses études à travers le monde.

Fig. 9

## Méthode Q/S

Les études faites depuis de nombreuses années sur le compactage, les progrès réalisés dans la conception des compacteurs et la connaissance précise de leurs caractéristiques énergétiques ont permis au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées d'établir une corrélation entre le mode de compactage à utiliser et la place occupée par le matériau dans la classification des sols en vue de leur réutilisation.

A un matériau ainsi classé et à un type de compacteur choisi, cette corrélation permet d'attacher 2 paramètres :

e : épaisseur de la couche à compacter,

Q/S : rapport du volume Q de sol compacté pendant un temps donné à la surface S balayée par le compacteur pendant le même temps.

L'inverse de ce rapport est proportionnel à une énergie de compactage par unité de volume de remblai.

On passe aisément des nouveaux aux anciens paramètres :

Soit :

S : la surface de matériaux mis en place dans la journée

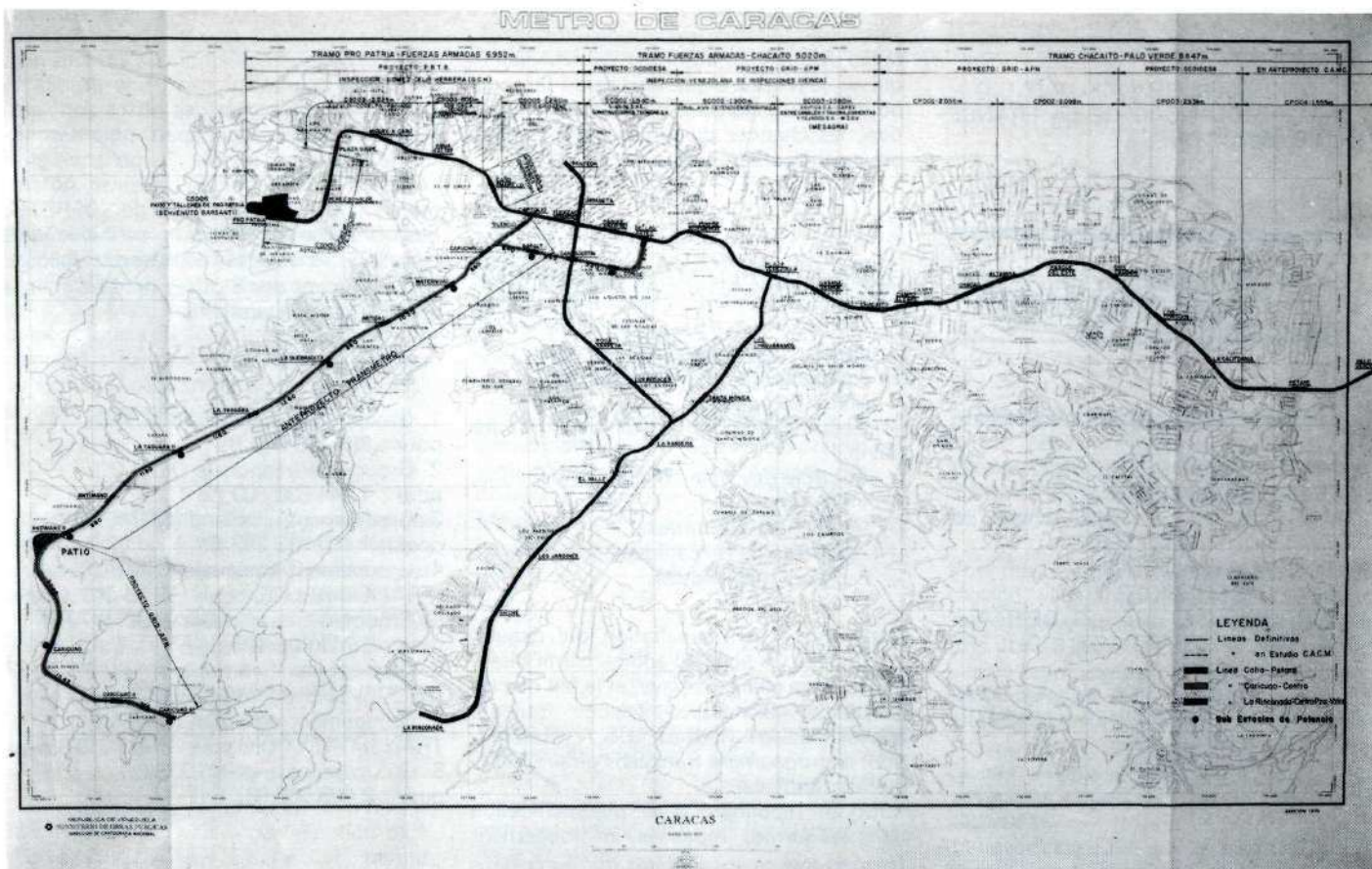
n : le nombre de passages du compacteur pour obtenir la compacité prescrite

$$\left. \begin{array}{l} Q = S \times e \\ S = S \times n \end{array} \right\} \frac{Q}{S} = \frac{e}{n}$$

Instrument monté sur le tableau de bord d'un rouleau vibrant permettant au conducteur de l'engin de mesurer directement la compacité de l'assise en traitement.

Le compacimètre reçoit ses impulsions d'un accéléromètre qui est monté, fixe, sur le cylindre vibrant du rouleau.

Ces signaux électriques sont amplifiés et analysés dans le compacimètre. Les résultats de cette analyse sont affichés en continu sur un écran à chiffres. Un dispositif d'impression reportant les valeurs enregistrées sur une bande de papier peut être raccordé à l'instrument.



# Le métro de Caracas

par Maurice CANCELLONI

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées

Directeur Général de la Société Générale de Techniques et d'Études (S.G.T.E.)

Président du Directoire de FRAMECA (France Métro Caracas).

Le contrat de construction du métro de CARACAS signé en 1978 est l'aboutissement d'une longue histoire, où la foi et la ténacité tiennent une très grande part. En 1965, un groupement de constructeurs français conduit par la S.G.T.E. avait déjà fait des offres aux Autorités Vénézuéliennes pour réaliser en "clés en main" une première ligne de métro à CARACAS, sur un tracé sensiblement identique à celui qui est actuellement prévu.

Les solutions proposées à cette époque, comprenant à la fois les études, les travaux de génie-civil ainsi que tous les équipements d'un métro sur pneus, ne furent pas retenues par les Vénézuéliens et les pourparlers furent interrompus.

Les Autorités Vénézuéliennes firent alors choix d'un ingénieur-conseil américain, le groupement d'engineering PARSONS BRINCKERHOFF, TUDOR, BECHTEL, S.A. (P.B.T.B.).

Les études entreprises étaient suffisamment avancées en 1972 pour permettre un lancement de l'opération.

A cette époque, il semblait que le passage à la phase de réalisation soit imminent.

C'est alors que, sur l'initiative de Monsieur Pierre GIRAUDET, alors Directeur Général de la R.A.T.P., un groupement industriel fut constitué sous l'égide de la S.G.T.E., de façon à répondre à toute consultation, sur cette affaire.

La constitution en est la suivante :

## Coordination - Pilotage

\* SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE TECHNIQUES ET D'ÉTUDES (S.G.T.E.)  
COMPAGNIE INDUSTRIELLE DE MATÉRIEL DE TRANSPORT (C.I.M.T. LORRAINE)

## Matériel Roulant

\* COMPAGNIE INDUSTRIELLE DE MATÉRIEL DE TRANSPORT (C.I.M.T. LORRAINE)

ALSTHOM ATLANTIQUE  
MATÉRIEL DE TRACTION ÉLECTRIQUE  
(M.T.E.)  
TRACTION CEM OERLICKON (T.C.O.)  
ATELIERS DU NORD DE LA FRANCE  
(A.N.F. INDUSTRIE)

#### Électrification pour la traction des trains

\* COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ENTREPRISE ÉLECTRIQUE (C.G.E.E. ALSTHOM) SPIE BATIGNOLLES.

#### Contrôle des trains et communication

\* SOCIÉTÉ D'ÉTUDES TECHNIQUES ET D'ENTREPRISES GÉNÉRALES TRANSMISSION - AUTOMATIQUE - INFORMATIQUE (SODETEG TAI) ALSTHOM ATLANTIQUE JEUMONT SCHNEIDER COMPAGNIE D'ÉTUDES ET DE RÉALISATIONS CYBERNETIQUE INDUSTRIELLE (C.E.R.C.I.) COMPAGNIE DES SIGNAUX ET D'ENTREPRISES ÉLECTRIQUES (C.S.E.E.) SOCIÉTÉ INTER-ELEC.

#### Voies ferrées

\* SPIE BATIGNOLLES COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ENTREPRISE ÉLECTRIQUE (C.G.E.E. ALSTHOM) MONTCOCOL.

Les sociétés dont le nom est précédé d'une astérisque (\*) sont les chefs de file des groupes spécialisés, leurs représentants forment le Comité Directeur du groupement présidé par le représentant de la S.G.T.E.

Parallèlement, un pool bancaire était constitué sous le leadership de la Banque de Paris et des Pays-Bas et de la Société Générale.

Dès cette époque, il était très nettement envisagé de séparer la réalisation des ouvrages de génie-civil de celle des équipements et en conséquence le groupement constitué ne comprenait que des constructeurs et des entreprises de montage d'équipements.

Un certain nombre de démarches ont été alors entreprises, mais pour des raisons politiques et économiques le lancement du projet a été différé.

La réalisation du projet a été décidée par les Autorités Vénézuéliennes en 1975 et un certain nombre d'appels d'offres relatifs aux travaux de génie-civil ont été lancés. En ce qui concerne les équipements, les études faites par l'ingénieur-conseil américain étaient basées sur des techniques et surtout sur les normes spécifiquement issues des U.S.A. ce qui rendait les possi-

bilités de présenter des offres compétitives aléatoires. De plus, malgré des démarches faites auprès des autorités vénézuéliennes qui avaient assuré que tout serait fait pour permettre un élargissement de la compétition, les chances du groupement français pouvaient paraître assez minces.

En janvier 1976, le Métro de CARACAS, qui était alors un Office Ministériel rattaché au Ministère des Travaux Publics, lançait un appel d'offres de préqualification pour les équipements, par lots séparés :

- Matériel roulant,
- Électrification pour la traction des trains,
- Contrôle des trains et communications,
- Voies ferrées,
- Ventilation des tunnels,
- Équipements mécaniques
- Escaliers mécaniques.

Cette forme de consultation qui risquait d'entraîner un achat d'équipements disséminés entre plusieurs pays, et le fait que les conditions techniques étaient toujours basées sur les normes U.S.A., rendait, pour le groupement français, l'affaire extrêmement difficile.

Tout en répondant à la préqualification dans les formes imposées, le groupement français insista sur l'intérêt de réunir dans une même consultation les techniques de base constituant le système métro et, d'élargir les conditions de normalisation, de façon à permettre une large compétition internationale.

Cet appel fut entendu des Autorités Vénézuéliennes, puisque la préqualification fut octroyée uniquement à des groupements pouvant présenter ce qui fut appelé le "Système Intégral" du Métro et qui comprenait les lots techniques groupés suivants :

- Matériel roulant,
- Électrification pour la traction des trains,
- Contrôle des trains et communications
- Voie ferrée.

10 groupements furent retenus pour concourir sous cette forme :

- 1 groupement français (le groupement S.G.T.E.)
- 2 groupements américains
- 2 groupements canadiens
- 2 groupements allemands
- 1 groupement anglais
- 1 groupement japonais
- 1 groupement mixte américano-franco-suisse.

Les cahiers des charges de l'appel d'offres furent remis aux concurrents en août 1976 et les offres devaient être remises en février 1978.

Pour le groupement français face à la concurrence internationale et devant le cahier

des charges qui, tout en permettant l'introduction de variantes, était cependant basé sur la technique et les normes américaines, une seule solution donnait une possibilité de succès : présenter des offres suffisamment compétitives au départ, pour permettre de défendre l'intérêt, l'expérience et la cohésion de la technique française, notamment en disposant de l'appui de SOFRETU. Les offres furent remises en définitive le 18 mars 1977 et ouvertes en séance publique. Le classement des 8 offres remises était le suivant (en Bolivars) :

1. Groupement français (S.G.T.E.) pour : 985 368 000 Bs
2. Groupement japonais (TOH.C.) pour : 1 044 530 609 Bs
3. Groupement allemand (SIEMENS) pour : 1 109 015 392 Bs
4. Groupement américain-franco-suisse (FRANCO-BELGE) pour : 1 275 063 484 Bs
5. Groupement américain (PULLMAN) pour : 1 311 606 607 Bs
6. Groupement américain (WESTINGHOUSE) pour : 1 319 925 497 Bs
7. Groupement canadien (URBAN TRANSPORTATION) pour : 1 611 715 836 Bs
8. Groupement anglais (G.E.C.) pour : 2 605 002 637 Bs

L'offre française classée première fut violemment attaquée, car les techniques qu'elle présentait, tout en respectant la conception de l'esprit du cahier des charges établi par l'ingénieur-conseil américain, faisait appel à la technologie française, déjà mise en pratique avec succès dans différents pays (Montréal - Mexico - Santiago du Chili).

Un certain nombre de mises au point furent nécessaires, tant sous forme de réponses écrites à des questionnaires, que sous forme d'explications verbales dans des réunions au cours desquelles les techniciens vénézuéliens firent preuve d'un remarquable esprit d'objectivité.

Sur le plan commercial et financier, la bataille fut âpre et difficile, en particulier avec le concurrent japonais, classé deuxième, à un prix très proche de celui des Français.

Le groupement français avait proposé un crédit acheteur, remboursable sur 8,5 ans après réception des ouvrages. Le groupement japonais proposait un crédit fournisseur de même durée et de même taux de base, mais qui, en intégrant tout frais d'assurance et de gestion bancaire, pouvait apparaître plus attractif.

Au mois de janvier 1978, seuls restaient en concurrence, les Japonais et le groupement français. Pour contrebalancer les effets de la surchauffe du yen, les Japonais firent alors une cotation en dollars U.S., ce qui était très attractif pour les Autorités

Vénézueliennes, dont la monnaie, le bolivar, est de fait rattachée au cours du dollar. La situation de l'offre française dépendait alors, au plan financier, de l'appréciation conjoncturelle de l'évolution du cours du francs, par rapport au dollar U.S. (et donc au bolivar), pendant la durée du remboursement du crédit.

Devant cette situation et les garanties que demandaient les Autorités Vénézueliennes, le groupement français a été amené à proposer, avec l'aide de son groupement bancaire, et en particulier de la BANQUE DE PARIS ET DES PAYS BAS, une opération d'achat à terme de francs contre dollars U.S., avec décote linéaire annuelle de 2 % l'an.

Cette opération dénommée " SWAP " faite également avec la participation de la MORGAN GUARANTEE TRUST, permet, compte tenu des garanties techniques données par le groupement français et des autres conditions financières consenties, (en particulier, la limitation de la hausse des prix français), d'emporter la décision, et la " Buena Pro " fut finalement accordée au groupement français le 12 mai 1978.

La phase de négociations finale au contrat commença alors tant sur la mise au point définitive des conditions techniques que sur celle des conditions commerciales et financières.

Les impératifs juridiques et administratifs du VENEZUELA entraînent pour le groupement français la constitution d'une société anonyme qui a pris le nom de : FRAMECA

(FRANCE MÉTRO DE CARACAS) titulaire du contrat et qui sous-traite à tous les membres du groupement français les fournitures et prestations objet du contrat. Cette société a été domiciliée au VENEZUELA.

Ces négociations ont permis la signature du contrat commercial entre la Compagnie Anonyme du Métro de CARACAS (C.A.M.C.) et FRAMECA le :

14 septembre 1978

Ce contrat porte sur les équipements du système intégral :

- matériel roulant
- électrification pour la traction des trains
- contrôle des trains et communications
- voie ferrée

pour la première étape de la 1<sup>ère</sup> ligne du métro de CARACAS (Pro Patria-Chacaïto), 13 km environ, pour un montant de (valeur mars 1977) :

605 509 284 F F  
82 234 341 Bs

Le contrat comporte également une option à lever dans un délai de 24 mois pour la réalisation des mêmes équipements pour la deuxième étape de la première ligne du Métro (Chacaïto-palo-verde) 9 km environ, pour un montant de (valeur mars 1977) :

399 726 537 F F  
51 766 783 Bs

Il est prévu de plus une 2<sup>e</sup> option avec le même délai de levée pour la réalisation des mêmes équipements pour une 2<sup>e</sup> ligne (Caricua - Centre) : 14 km environ, dont le montant, non encore fixé, est du même ordre de grandeur que celui de la 1<sup>ère</sup> étape de la 1<sup>ère</sup> ligne.

## Caractéristiques des équipements du système intégral du métro de Caracas

Lorsque la construction sera terminée, la ligne n° 1 du métro aura une longueur totale de 20,700 km et comportera 23 stations.

Cette construction se fera en deux phases :

— **Phase 1** : de Pro-Patria à Chacaïto, soit 11,700 km, dont :

- 3,6 km en tunnel à 1 voie (bitube)
  - 1,6 km en aérien entre les stations Agua Salud et El Silencio
  - 6,5 km en tunnel à 2 voies (monotube).
- Dans cette phase, la ligne est divisée en 2 tronçons et comporte 14 stations.

— **Phase 2** : de Chacaïto à Palo Verde, soit 9 km entièrement en tunnel bitube.

Cette 2<sup>e</sup> phase comportera un seul tronçon avec 9 stations.

En amont du terminus Pro-Patria sera installé un faisceau de voies de garage et des ateliers d'entretien du matériel roulant.

## 1 - Voies ferrées

Le cahier des spécifications techniques établi par PBTB prévoyait une pose des rails directement sur béton dans le tunnel et sur traverses et ballast dans la partie du tracé en aérien.

Pour des raisons de meilleures conditions de réglage, le groupement français a proposé de remplacer la pose directe sur béton par une pose STEDEF, c'est-à-dire sur des traverses composées de deux blochets en béton reliés par un profilé en acier. Les blochets étant encastrés dans le béton avec interposition d'un chausson élastique, il en résulte une amélioration du confort des voyageurs notamment par absorption des vibrations.

Cet avantage a fait que ce système, qui est actuellement généralisé dans les tunnels par la R.A.T.P. et la S.N.C.F., a été adopté par la Compagnie du métro de CARACAS.

## 2 - Électrification pour la traction

Le groupement français est chargé de l'alimentation à partir du réseau 30 kV - 60 Hz, de la transformation de cette énergie en courant continu à 750 V et de la distribution de ce courant continu tout le long de la voie.

L'équipement à installer se décompose en :

- 2 postes d'alimentation en 30 kV dont un dans le tronçon de la 2<sup>e</sup> phase ;
- 2 feeders 30 kV (2 x 3 câbles monophasés 30 kV cheminant sous la voûte du tunnel) ;
- 14 postes de redressement dont 8 pour la phase 1 ;
- 1 rail de courant à faible impédance (bi-métallique). Ce rail de courant sera protégé par un capot isolant aux stations, aux ateliers et dans les zones de traversée des voies par le personnel d'entretien.

Les postes de redressement comprennent chacun deux groupes transformateur-redresseurs en parallèle dont la puissance unitaire varie de 3 000 kW à 4 000 kW.

### 3 - Contrôle des trains et télécommunications

Cette partie du contrat couvre :

- un système de contrôle et de protection des trains (pilotage automatique et signalisation) y compris les équipements à monter à bord des trains ;
- un système informatique de gestion et de simulation, comprenant un ordinateur central situé au poste de commandes centralisées (PCC) et des terminaux aux différentes stations ;
- un système de télécommunications comprenant :
  - une liaison THF entre le PCC et les trains en ligne
  - une liaison radio entre le centre de contrôle du garage et les trains au garage
  - un système de téléphone automatique entre les différents points du métro
  - des téléphones de maintenance et de secours
- un système de " public address " pour les annonces au public dans les stations et dans les trains.

### 4 - Matériel roulant

La 1<sup>ère</sup> phase comporte la fourniture de 140 voitures et la 2<sup>e</sup> phase la fourniture de 102 voitures.

Les voitures seront toutes motrices : elles sont classées en 2 catégories suivant qu'elles comportent un poste de conduite (voitures A destinées aux extrémités des trains) ou qu'elles n'en comportent pas (voitures B).

Les caisses de voitures seront en alliage d'aluminium.

Le système d'alimentation en énergie électrique, comportant des hacheurs, permettra le freinage électrique avec récupération d'énergie.

Les contraintes de poids très sévères, fixées par les spécifications, exigent la mise au point de bogies légers.

Les voitures seront équipées d'un système de climatisation par air réfrigéré.

La longueur des quais des stations est de 150 m, ce qui permettra la constitution de trains de 7 voitures ayant une capacité totale de 1 250 voyageurs.

L'intervalle minimum prévu entre deux rames est de 90 secondes.

Les caractéristiques des voitures sont les suivantes :

- largeur : 3,050 m
- longueur : 21, 600 m
- hauteur totale : 3,548 m
- hauteur au-dessus du plancher : 2,498 m
- bogie avec roues fer bi-moteur

### 5 - R.A.M.S.

La construction du métro de CARACAS devra faire l'objet d'études de contrôles très poussées en matière de RAMS, initiales qui signifient en anglais : fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité.

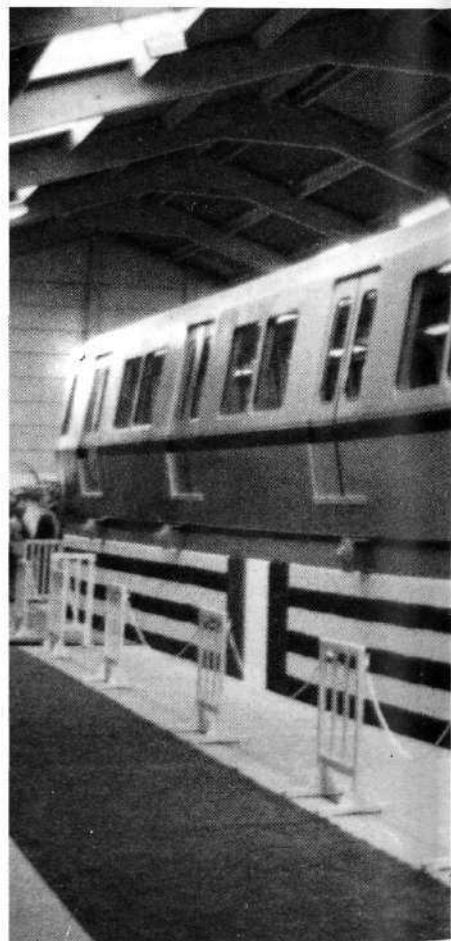
En particulier, un critère de disponibilité, qui devra être évalué au cours des études et mesuré au cours de la première année de fonctionnement, a été défini dans le contrat.

Les études devront montrer et les mesures devront vérifier que la valeur de ce critère atteint 0.96 pour chacun des 4 sous-systèmes. Cette valeur est élevée si l'on considère que la valeur 1 correspondrait à la perfection (aucune panne pendant un an).

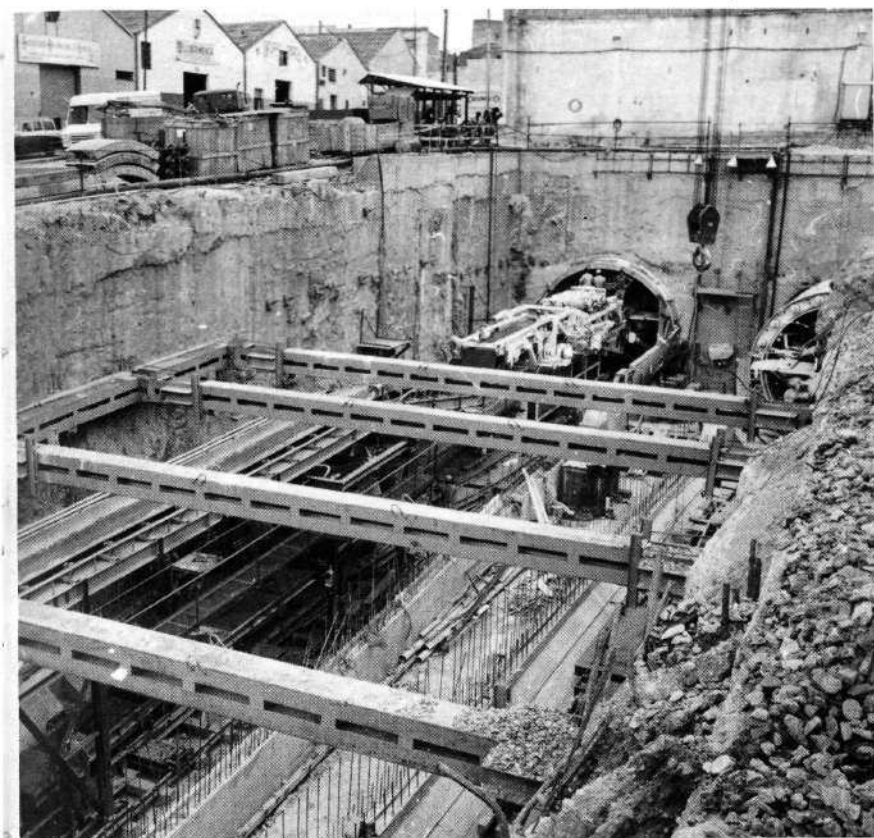
Ainsi s'est conclu cet important contrat



Percement du tunnel.







Maquette des voitures réalisée par CIMT.

pour les équipements du métro de CARACAS, dont l'importance est à souligner pour les raisons suivantes :

- il montre la prépondérance de la technique française en matière de transports urbains et la compétitivité de notre industrie à l'échelon mondial ;
- il revêt pour l'industrie française une importance de première grandeur car avec 88 % de valeur exportée, il apporte aux usines françaises une activité de plusieurs années ;
- les dirigeants vénézuéliens ont demandé à SOFRETU, filiale de la R.A.T.P., d'assurer le rôle d'Ingénieur-Conseil de réalisation en remplacement de leur Conseil américain et ont confié à S.G.T.E. l'étude de la 2<sup>e</sup> ligne.

Le succès de l'industrie ferroviaire française au Venezuela permet d'espérer que les autorités vénézuéliennes mieux conscientes de la qualité de nos produits et de la valeur de nos conceptions techniques ouvrent d'une façon plus importante leur marché national à nos entreprises et que celles-ci réalisent que dans ce pays aux larges possibilités financières nous pouvons établir un important courant d'importation.

Un problème absolument nouveau  
pour tous les maîtres d'ouvrages :

# **LA RÉFORME DE LA RESPONSABILITÉ ET DE L'ASSURANCE DANS LE DOMAINE DE LA CONSTRUCTION**

par Adrien SPINETTA I.G.P.C.  
Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées  
Président de la Commission Interministérielle  
d'Etude de la Réforme

En annexe :

Loi du 4 janvier 1978 et tous les récents décrets d'application (nov. et déc. 1978)

## **BON DE COMMANDE**

à adresser à la revue « Annales des Ponts et Chaussées »  
254, rue de Vaugirard - 75740 PARIS Cédex 15

NOM .....

ADRESSE .....

Pour les Sociétés ou Administrations :

REFERENCES OU SERVICE .....

Veillez nous adresser ..... exemplaires du numéro spécial sur la Réforme de la Responsabilité et de l'Assurance dans la Construction au prix de 44 F l'exemplaire que nous réglons ci-joint.

- par chèque bancaire
- par virement postal au CCP « Annales des Ponts et Chaussées » 2361700 W PARIS
- veuillez nous adresser une facture (ou mémoire) en ..... exemplaires  
(Dans ce cas, prière d'ajouter 12 F à votre règlement pour frais d'établissement)

Date ..... Signature ou Cachet

# Le pont d'Ottmarsheim

par Jean-Paul TEYSSANDIER  
Ingénieur des Ponts et Chaussées  
à la Direction Départementale de l'Équipement du Haut-Rhin



## Présentation de l'ouvrage

L'autoroute A 36 BEAUNE-Allemagne actuellement en cours de construction doit franchir, avant de pénétrer en territoire allemand, le Grand Canal d'Alsace et le Rhin par deux ouvrages importants séparés par un remblai de quelques centaines de mètres de longueur.

Si le pont sur le Rhin est de dimensions somme toute modestes et de conception fort classique (trois travées continues de 70, 110 et 70 m en béton précontraint construit par encorbellement), l'ouvrage sur le Grand Canal, au contraire, de par ses portées et la technique utilisée, présente un aspect moins courant. C'est de lui seul qu'il sera question dans la suite de l'article.

## Les études

A l'endroit du franchissement, situé à l'aval immédiat de l'usine hydroélectrique et des

écluses d'Ottmarsheim, le Grand Canal d'Alsace présente deux bras séparés par un musoir d'une vingtaine de mètres : le canal de fuite assurant l'évacuation des eaux de l'usine et le canal de navigation.

Après quelques études sommaires, il s'est rapidement révélé impossible d'implanter des appuis tant dans le canal de fuite que dans celui de navigation : pour le second le gabarit l'interdit formellement ; quant au premier, la violence et le caractère soudain des lâchers de l'usine rendent la construction d'un batardeau particulièrement aléatoire.

La position du problème est donc apparemment simple : franchir deux brèches voisines d'une largeur respective de 170 à 150 m environ. Sur ces bases, plusieurs solutions furent étudiées avant l'appel d'offres :

- un projet classique en béton précontraint construit par encorbellement, avec des travées d'équilibre sur les rives comportant des contre-poids sur culées
- un projet identique au précédent mais faisant appel au béton léger pour la totalité des grandes travées - nous

aurons l'occasion de revenir sur cette technique particulière

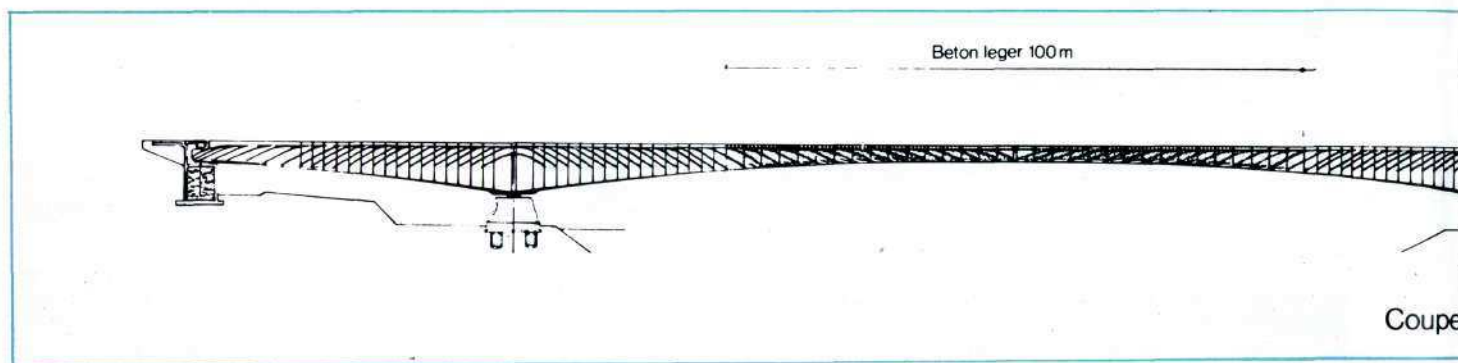
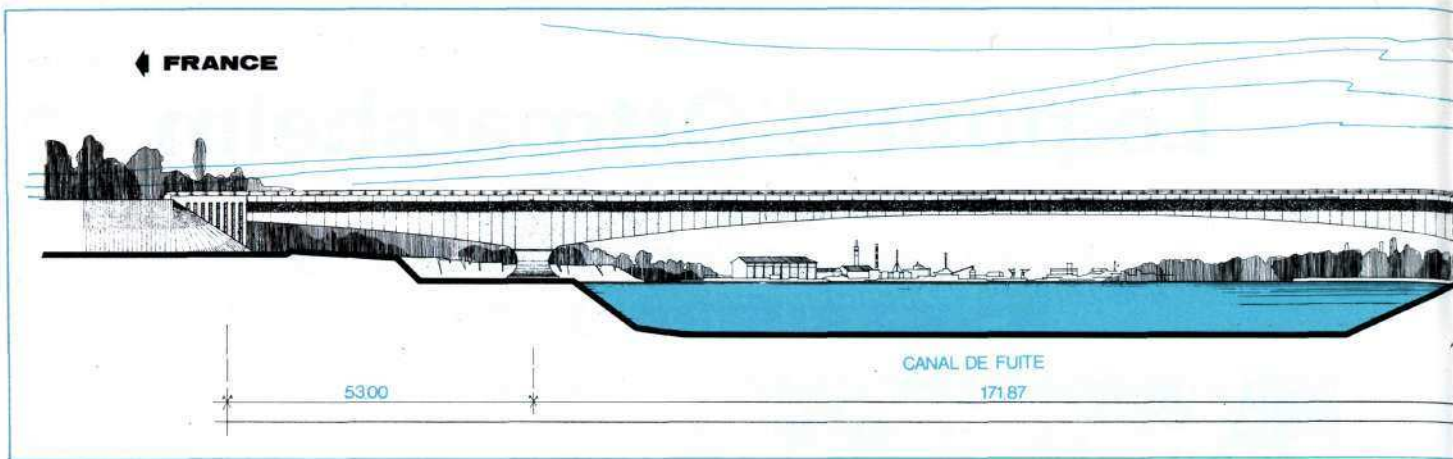
- un projet mixte comportant sur le musoir central une travée béton en encorbellement supportant une travée métallique indépendante au-dessus de chacun des canaux
- un pont à haubans en béton précontraint avec un mât unique situé sur le musoir.

## Le projet retenu

Sur la base de ces projets un appel d'offres fut lancé, avec possibilité de larges variantes.

La solution finalement retenue, confiée à l'entreprise COIGNET, s'apparente étroitement aux deux premiers projets présentés : pont en béton précontraint construit par encorbellement en voussoirs préfabriqués, présentant des portées d'environ 172 m sur le canal de fuite et 144 m sur le canal de navigation. Toutefois, les parties centrales

FRANCE



de ces travées, sur une longueur respective de 100 et 72 mètres, sont réalisées en béton léger, matériau dans lequel les granulats, au lieu d'être alluvionnaires, sont constitués d'argile ou de schiste expansé.

Le recours à un tel matériau présentant une densité sensiblement plus faible que celle du béton traditionnel (1,8 au lieu de 2,5) est en effet intéressant pour ces grandes portées dans lesquelles les efforts dus au poids propre sont particulièrement déterminants. Dans le cas présent, l'emploi du béton léger permettait également de diminuer la longueur des travées de rive, qui ne servent qu'à équilibrer les grandes travées adjacentes lors de leur construction.

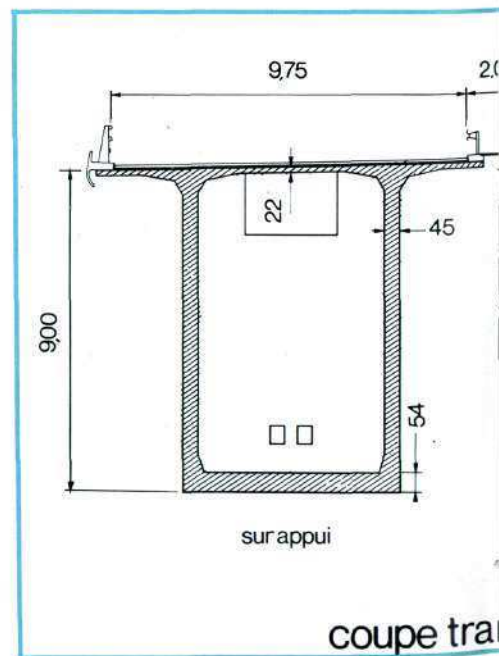
Les travaux, ayant débuté au courant de l'été 1977, s'achèveront à la fin de cette année.

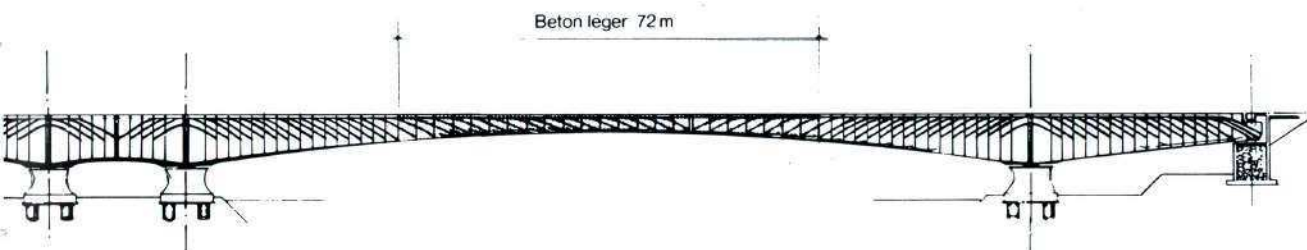
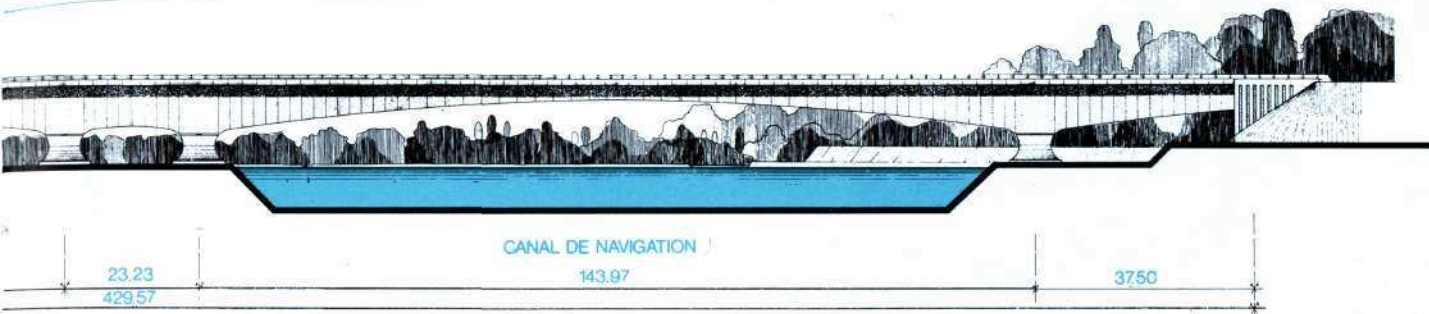
Le chantier comporte deux zones bien distinctes, l'une constituée par l'aire de préfabrication et de stockage des voussoirs, l'autre par le montage de l'ouvrage. Le transport et la mise en place des voussoirs

s'effectuent sans poutre de lancement grâce à un engin de levage à bras tournant situé en extrémité de fléau, les voussoirs étant amenés par voie terrestre ou voie fluviale de l'aire de préfabrication.

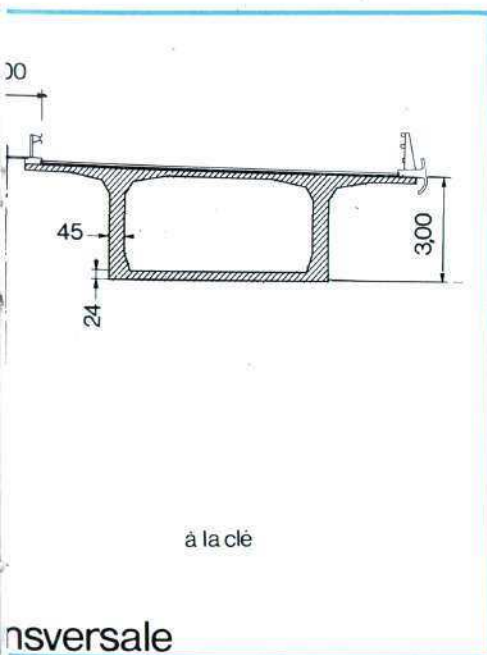
En définitive, même si sa travée de 172 mètres en voussoirs préfabriqués constitue un record mondial, le pont d'Ottmarsheim ne présente pas un caractère vraiment exceptionnel par la technologie utilisée, mais se situe plutôt dans le prolongement d'une technique créée il y a un peu plus de trente ans et largement utilisée depuis lors - la construction par encorbellement - qui conduit à ces fléaux s'allongeant sans point pesant.

Si certains de ces ouvrages ont connu quelques vicissitudes, l'on peut néanmoins penser que les enseignements tirés des récents déboires ont permis de largement améliorer cette technique et de mettre ainsi les derniers ponts construits à l'abri des ennuis qu'avaient connus certains de leurs prédécesseurs.





longitudinale - cablage



à la clé

nsversale

## Quelques réflexions sur le métier de constructeur

Face à un tel ouvrage, quels sont les soucis quotidiens du maître d'œuvre ?

Construire un grand pont, et d'une façon plus générale une structure complexe, est une aventure passionnante, mais dangereuse. Le rôle principal du maître d'œuvre est précisément de réduire cette marge d'incertitude qui pèse sur la vie de l'ouvrage dès sa naissance.

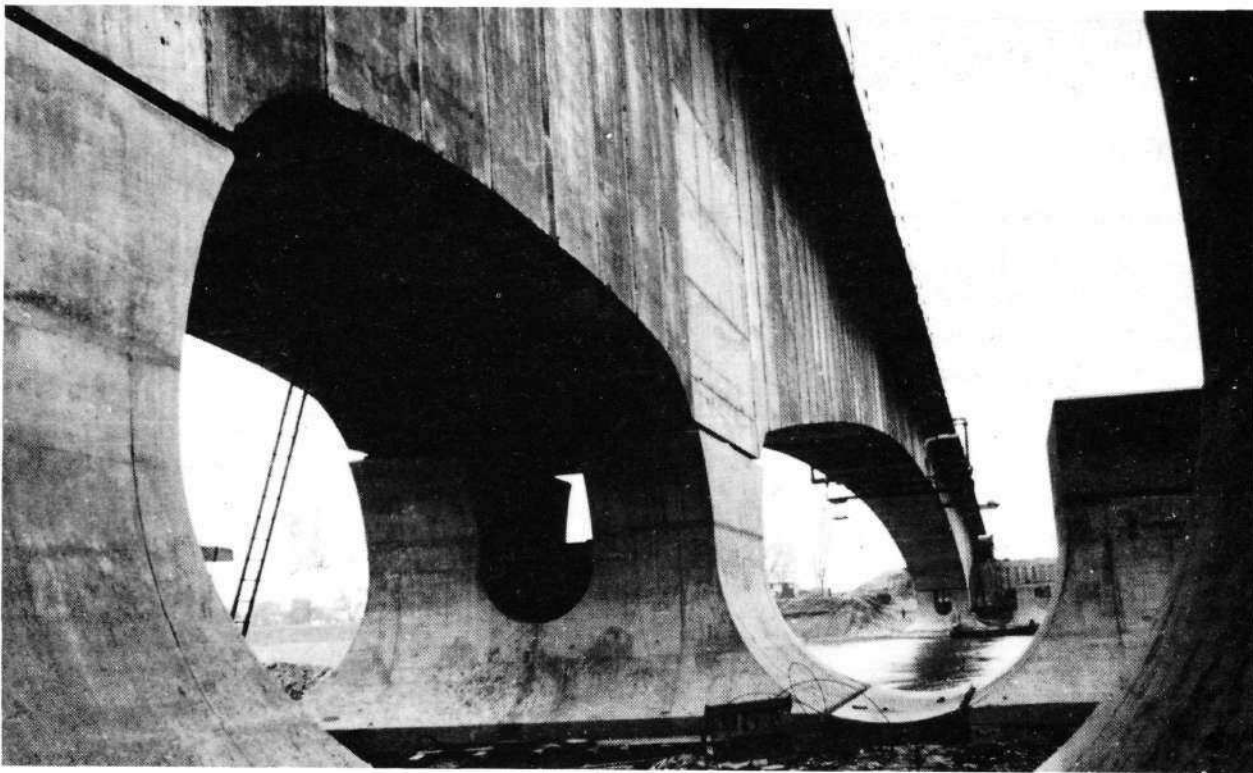
### Homme d'étude

Il doit se montrer soucieux d'analyse, tant la sécurité et la pérennité se logent parfois dans des recoins insoupçonnés. J'en prendrai pour exemple la petite travée centrale de 23 m, d'un aspect tout-à-fait anodin.

Des raisons architecturales ont conduit à

donner au dessous du tablier une courbure prolongeant la ligne générale des deux piles adjacentes. Une telle particularité développe un phénomène de poussée vers le haut des compressions régnant dans le hourdis inférieur du caisson. Dans le cas général, cette poussée est relativement faible et en grande partie compensée par le poids propre du hourdis. Or dans le cas présent, le rayon de courbure est beaucoup plus petit (de l'ordre de 1 à 10) que les rayons en général employés dans ce type de structures, ce qui conduit à des poussées considérables vers le haut, de plusieurs dizaines de tonnes par m<sup>2</sup>. Si ce phénomène, en général négligé, n'avait pas été pris en compte, le hourdis inférieur aurait littéralement explosé lors de la construction des deux grands fléaux adjacents, entraînant la chute de ceux-ci dans le canal de fuite et de navigation avec les conséquences que l'on imagine.

Parfois les risques encourus réclament de la part du constructeur un raisonnement de type aléatoire : si telle partie d'ouvrage ou tel élément venait à défailir, quelle en serait



La petite travée centrale. Une courbure explosive...

la conséquence pour l'ouvrage ? C'est à partir d'un tel raisonnement que l'on peut déterminer le coefficient de sécurité avec lequel il convient d'appréhender telle partie d'ouvrage ou les dispositions conservatoires qu'il convient de prendre pour porter ultérieurement remède à cette défaillance.

Je donnerai là encore deux exemples :

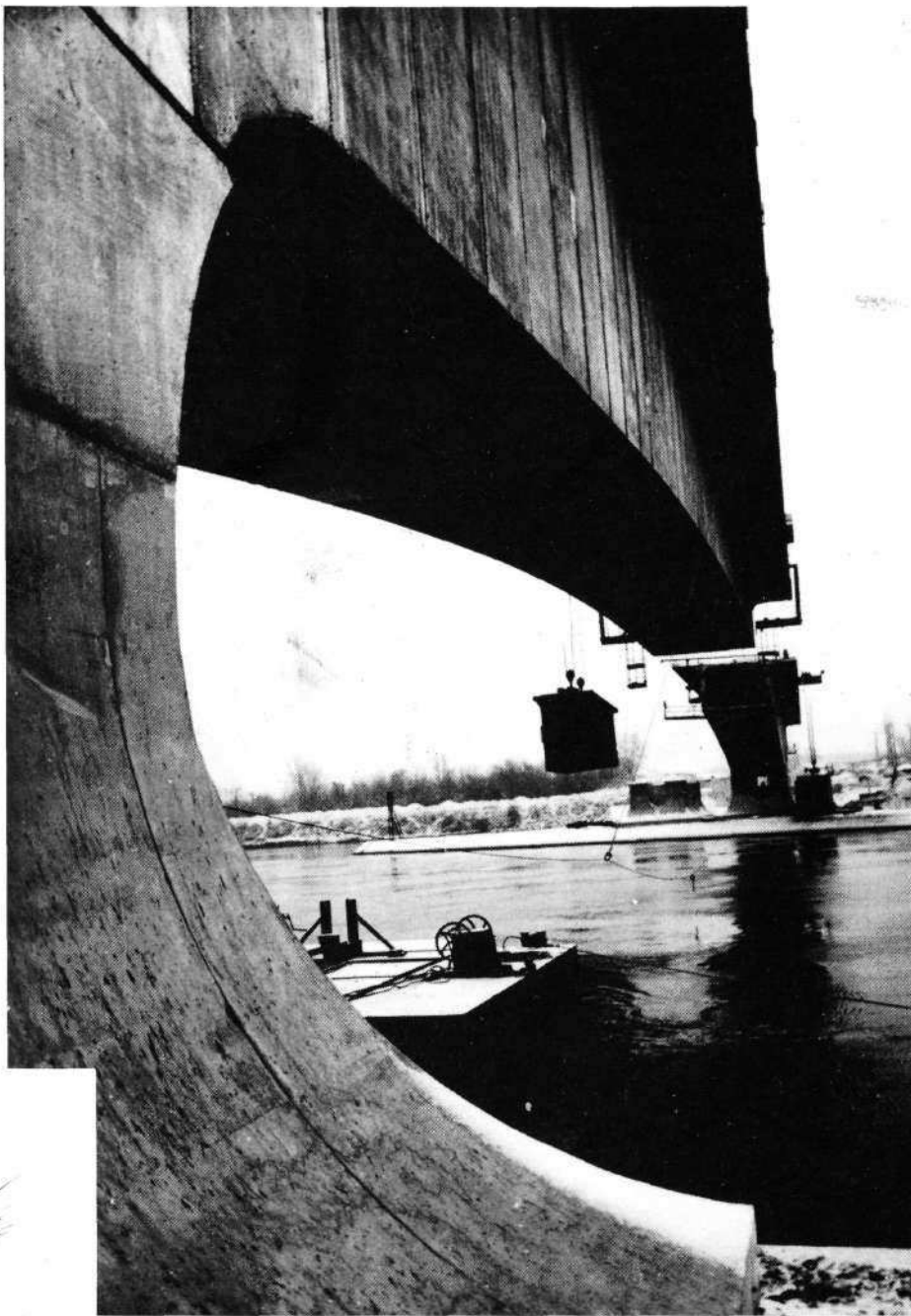
Bien des ennuis survenus à des ouvrages construits par encorbellement provenaient d'une insuffisance de précontrainte liée elle-même soit à des efforts non pris en compte, soit à une exécution défectueuse. La mise en place de précontrainte ultérieure, lorsqu'aucun dispositif n'a été prévu, est tellement complexe et coûteuse qu'un raisonnement même simpliste conduit à prévoir systématiquement de tels dispositifs dans les zones les plus sensibles, car cette précaution, au stade de la construction, présente un coût extrêmement faible.

Le deuxième exemple est constitué par un des points particuliers de l'ouvrage d'Ottmarsheim, son accrochage sur les culées par une pièce précontrainte. Que les quelques câbles de cette précontrainte aient une défaillance et c'est l'ensemble de l'ouvrage qui risquerait de basculer. C'est dire l'importance particulière de ce dispositif pour lequel l'on doit se prémunir à la fois contre une rupture de type fragile (c'est-à-dire qui ne prévient pas) et contre une impossibilité de rajouter une précontrainte ultérieure en cas de nécessité.

De façon plus générale, une analyse détaillée d'une structure complexe fait apparaître



L'accrochage sur culée : un point délicat.



Les deux fléaux à la rencontre l'un de l'autre.

certains points particuliers que je baptiserai " points de concentration de la sécurité " pour lesquels l'un des deux conditions suivantes est remplie :

- la sécurité de l'ouvrage repose sur un petit nombre d'éléments peu aversisseurs et de pérennité aléatoire.
- impossibilité ou extrême difficulté de remédier ultérieurement à la défaillance d'un de ces éléments.

#### Homme de chantier

Homme d'étude, le maître d'œuvre est également homme de chantier, tant il est vrai que ce qui compte finalement c'est ce qui est réalisé. Que servent les calculs complexes, si la mise en place des gaines con-

duisent à des pertes importantes de précontrainte ?

Plutôt que de développer ce problème, dont on commence à mesurer l'importance et l'étendue, je prendrai un exemple apparemment plus anodin :

Lors de sa construction, un fléau repose à la fois sur son appui définitif situé au milieu de chaque pile et sur deux cales provisoires disposées de part et d'autre de cet appui et destinées à stabiliser le fléau. En fait, ce problème apparemment simple contient un piège : l'ensemble de ces appuis, au nombre de trois, constitue un système hyperstatique dont les réactions ne sont déterminées que par le mode de leur mise en place. Si le fonctionnement de ce système n'était pas étroitement surveillé, l'on risquerait de voir une partie du poids propre du fléau, théoriquement repris par l'appui définitif, descendre sur les cales provisoires, ce qui pourrait entraîner une rupture de la partie de la pile supportant ces cales et donc le basculement du fléau.

C'est sur le chantier que le maître d'œuvre pourra donner toute la mesure de son métier et de son jugement. Comme le théorique et le réel ne coïncident pas toujours, il lui revient en effet de déterminer le degré d'importance que revêtent les imperfections, les remèdes qu'il convient éventuellement d'y apporter, et les dispositions destinées à les prévenir, le tout dans le contexte du dialogue avec l'entreprise. Cela nécessite parfois un subtil dosage d'intransigeance et de compromis, et en tout cas un solide bon sens technique.

#### Homme de synthèse

Pour réaliser l'ensemble de cette tâche, le maître d'œuvre n'est évidemment pas seul. Il est entouré de ses collaborateurs, du bureau d'études de l'entreprise, de la direction du chantier, du laboratoire, éventuellement du bureau de contrôle.

C'est dire l'importance de son rôle de coordinateur. Pour ce faire, il ne doit pas être un technicien pointu, spécialisé dans une branche particulière, mais un généraliste, possédant une solide culture technique ou plutôt une " attitude technique " lui permettant d'appréhender rapidement un problème et d'en fixer le degré d'importance. Capable de prendre conseil, il se retrouve finalement seul pour prendre la décision, tenant compte de l'ensemble des données techniques, financières et parfois fonctionnelles.

Gestionnaire responsable des deniers publics, animateur dirigeant parfois une équipe importante, administratif ayant une bonne connaissance des textes et des procédures, le maître d'œuvre n'est donc pas ce technicien pur auquel parfois on l'assimile.

C'est dire toute la difficulté de son métier... et tout son intérêt.

# Le pont de Brotonne

par Vincent AMIOT  
Ingénieur des Ponts et Chaussées  
Direction Départementale de l'Équipement de la Seine Maritime

## Utilité de l'ouvrage (trafic)

Depuis sa mise en service le 11 juillet 1977, les trafics observés sur le Pont de Brotonne ont été les suivants (en moyenne) :

- entre le 11/07/1977 et le 31/12/1977 = 4 326 véhicules/jour
- entre le 01/01/1978 et le 31/12/1978 = 4 272 véhicules/jour
- entre le 01/01/1979 et le 30/04/1979 = 3 970 véhicules/jour

Dans ces moyennes, les poids lourds ne sont comptés que pour une unité. Le pourcentage de poids lourds observé est d'environ 10 %.

En réalité, ces chiffres masquent une progression régulière du trafic compte tenu des variations saisonnières importantes :

- Janvier 1979 : 2 886 véhicules/jour
- Avril 1979 : 5 026 véhicules/jour

L'examen des trafics mensuels au cours des 22 mois écoulés montre que le trafic moyen progresse régulièrement sur la base d'environ 7 % par an. Ce taux d'augmentation est actuellement largement supérieur au taux d'augmentation général de la circulation en France.

En outre, on peut rappeler que lors de la présentation de l'avant-projet sommaire de l'opération au Conseil Général de la Seine-Maritime en mai 1971, il avait été retenu dans l'étude financière un trafic moyen de 3 500 véhicules/jour à l'horizon 1975.

Encore convient-il d'ajouter que, dans les mois qui viennent, deux éléments sont susceptibles de favoriser l'augmentation de la circulation sur le pont :

- la réalisation de la déviation courte d'Yvetot, tout juste entamée aujourd'hui et qui ne pourra être ouverte avant l'automne 1980. Elle améliorera notablement les conditions d'accès au Nord.
- le classement de l'axe Yvetot-Bourg Achard dans la voirie à grande circulation, actuellement en cours, qui permettra d'améliorer la perception de cet itinéraire sur les différentes cartes routières commercialisées.

## Quelques réflexions en marge du sujet

Qu'on ait envisagé, une nouvelle fois, d'évoquer le Pont de BROTONNE est bien sûr sympathique à l'ancien Maître d'Oeuvre. Reste néanmoins que le chantier a été ouvert voici plus de cinq ans, et qu'il est clos depuis deux ans. L'ouvrage appartient donc au passé, et ce serait forcément jouer les anciens combattants que d'en parler encore.

On peut craindre, au demeurant, que ce choix fait par la Revue d'évoquer BROTONNE ne résulte d'une certaine pénurie : celle des ouvrages novateurs, imaginatifs, à la pointe de la technique. C'est sur ce constat que je voudrais axer ces quelques lignes, plutôt que de remémorer des faits qui sont déjà dépassés.

Chacun trouvera une excuse à ce manque d'ouvrages intéressants : la raréfaction des crédits d'investissements, tant il est vrai que depuis 1973 notre pays doit faire face à une préoccupation impérieuse et croissante : l'équilibre de sa balance des paiements. Mais deux questions surgissent immédiatement, auxquelles il est à peine besoin de répondre

- le génie civil, quand il est très " technique ", ne constitue-t-il pas un domaine d'élection de notre exportation, et ne faudrait-il pas, si l'on souhaite vendre à l'extérieur, savoir dépenser à l'intérieur pour progresser ?

- en admettant même qu'il faille réduire en volume, ce qui n'est pas prouvé, la qualité a-t-elle remplacé la quantité ?

La technique française a besoin, pour se placer sur le marché international, de disposer sur notre sol de chantiers-écoles, et de chantiers-références. Une réflexion a-t-elle été engagée dans ce sens, a plus forte raison une action ? Sans doute la balle est-elle, pour l'essentiel, dans le camp de la Profession. Toutefois, dans le système propre à notre pays, l'Administration joue un rôle moteur considérable, et la moisson ne

lèvera pas sans son pouvoir d'initiation, de promotion.

On s'est beaucoup polarisé, dans ces dernières années, sur la réglementation et la pathologie. C'était sans doute nécessaire, mais il ne faudrait pas se bloquer dans cet état d'esprit, peu propice à la créativité. Pourquoi ne pas lancer, ne serait-ce qu'une ou deux fois par an, de grands concours d'idées, qui tonifieraient les techniciens ?

À l'extérieur des frontières, les concours ne manquent pas, mais les forces françaises s'y présentent de façon dispersée et souvent velléitaire, avec un soutien des Pouvoirs Publics qui a encore besoin de s'affermir et de s'affirmer.

Est-il nécessairement utopique, par exemple, de souhaiter l'appui, à l'exportation et sur des affaires précises, d'organismes compétents et puissants comme le SETRA ou le LCPC, qui remplaceraient, dans l'esprit des pays clients, les grands professeurs d'Universités techniques qui en France n'existent pas ? Ces interventions constitueraient d'ailleurs des occasions idéales pour faire participer des Ingénieurs de l'Administration aux études de méthodes et de prix, auxquelles ils ne peuvent s'initier dans leurs fonctions courantes.

Notre technique du génie civil a besoin d'une nouvelle vigueur. Nos forces sont trop démobilisées, et trop introverties sur les préoccupations hexagonales. J'ajoute que les jeunes Ingénieurs que la technique passionne et sur lesquels on compte pour prendre la relève sont trop peu nombreux, et trop peu encouragés.

Si donc le Pont de BROTONNE a eu quelques mérites, c'est surtout sur les vocations qu'il aura suscitées que je souhaiterais mettre l'accent.

Pour le reste, mon successeur Vincent AMIOT a bien voulu se charger de rédiger une note sur l'après-chantier. On y trouvera des constatations et des réflexions très intéressantes.

**Jean-Louis BRAULT**



## Impact de l'ouvrage

Sur le plan de l'aménagement du territoire, les retombées de l'ouvrage sont encore peu perceptibles. Certes les entrepreneurs et transporteurs locaux conviennent volontiers que la réalisation du pont se traduit par un net avantage pour leurs déplacements entre les deux rives de la Seine ; mais il n'est pas actuellement possible de citer une activité dont l'extension ou l'implantation aurait été causée par la présence de l'ouvrage. Il est vrai que les effets de la crise économique l'emportent largement sur les impacts positifs que constitue l'amélioration des liaisons.

En ce qui concerne l'habitat, les mouvements à peine sensibles que l'on perçoit sont peu significatifs. Tout au plus signale-t-on certains lotissements sur la rive gauche, déjà en cours de réalisation, qui se sont achevés un peu plus rapidement que prévu.

Par contre, au plan touristique l'ouvrage a un impact non négligeable. Dans un secteur relativement dynamique du fait de l'existence du Parc Régional de Brotonne, le pont constitue un élément attractif indiscutable ; en période estivale les visiteurs, du curieux à l'amateur, sont relativement nombreux. De ce point de vue, le Département participe à l'animation en diffusant largement un dépliant que la D.D.E. a réalisé début 1978. Ce dépliant, accessible au grand public, est distribué par l'intermédiaire des syndicats d'initiative. Pendant les mois d'été, les péagistes le remettent aux usagers étrangers à la région. Enfin, le Département va procéder avant la fin de l'année à la mise en place de projecteurs permettant l'illumination des mâts et des haubans du pont. Il en résultera une remise en valeur certaine de l'ouvrage et une plus-value appréciable au plan touristique.

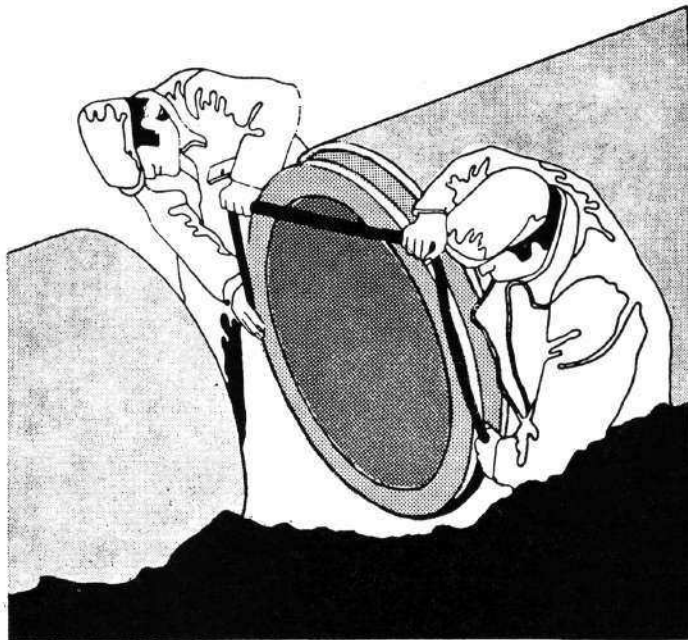
Enfin le Pont de Brotonne suscite un grand intérêt technique auprès des ingénieurs du monde entier : délégations d'ingénieurs chinois, soviétiques, mexicains, danois, norvégiens, allemands, délégations d'ingénieurs européens dans le cadre de l'OCDE... etc... Suivant les cas il s'agit d'ingénieurs de bureaux d'études privés, parfois d'entreprises, ou de hauts fonctionnaires ; souvent les délégations sont mixtes.

Le film qui a été réalisé pendant la construction a également joué un rôle important dans la promotion du Pont de Brotonne. Il faut rappeler pour mémoire qu'il a été réalisé du surcroît une version destinée au grand public et projetée dans les salles. Le film technique est largement diffusé auprès des entreprises, bureaux d'études, écoles ou collèges techniques par la SEDFI (Société de Diffusion du Film Industriel) qui en possède 4 copies. Par ailleurs, la D.D.E. détient également 4 copies prêtées à la



**JOINTS CAOUTCHOUC POUR TOUS**

**TUYAUX BÉTON ET PLASTIQUE**



**Forsheda-France s. a.**

Zone Industrielle des Sœurs

**17304 ROCHEFORT - FRANCE**

B.P. 217 - Tél. (46) 99.40.00

Télex : FORFRA 790825 F - R.C. Rochefort 69 B 18

demande. Pendant 18 mois, il y a eu constamment 2 à 3 films en circulation.

---

## Aspect financier

---

Au plan financier, il est intéressant d'analyser les conséquences de la politique suivie en matière de péage.

Il faut dire que la décision prise in extrémis par le Conseil Général de dispenser du péage les usagers de Seine Maritime, entraîne un bouleversement du plan de financement de l'opération.

Depuis la mise en service, on constate que 20 % des usagers environ sont étrangers au département. En 1978 les recettes du péage se sont élevées à 2 750 462 F (pour 349 000 véhicules payants). Pendant la même période, les dépenses de salaires supportées par le département pour assurer le fonctionnement de la gare de péage se sont élevées à 1 166 000 F, et les frais d'entretien et de fonctionnement de l'ouvrage de la gare de péage et des voies d'accès à 1 863 000 F.

La comparaison du plan de financement initial et du budget réel n'a dès lors plus grande signification. En fait, les élus départementaux ont exercé souverainement un choix politique qui leur appartenait.

Ce choix se traduit actuellement par un passif d'environ 10 MF par an. Le budget des chemins départementaux ne se trouve cependant pas obéré trop gravement par cette situation. Ce niveau actuel des investissements sur chemins départementaux se situe en francs constants à un niveau inférieur à celui des années 1975, 76 et 77 compte tenu du Pont de Brotonne, mais à un niveau supérieur à celui des années antérieures.

---

## IV - La conception de l'ouvrage

---

Il est encore bien tôt pour savoir si l'audace du parti technique aura des conséquences sur la pérennité de l'ouvrage. La D.D.E. suit actuellement le comportement de la structure sous le fluage. Les déformations différées de l'ouvrage principal ne sont pas

trop éloignées des estimations prévisionnelles.

Deux points méritent cependant une attention particulière :

### les vibrations des haubans

Il faut dire en premier lieu que l'efficacité présumée des amortisseurs s'est confirmée dans la pratique. Les investigations entreprises par le L.C.P.C. au sujet du problème théorique ont peu évolué. Il avait, dans un premier temps, été envisagé de procéder à des observations après avoir débloqué les haubans équipés d'une hélice. Cela supposait bien entendu la mise en place d'instruments de mesure sur le site : anémomètre et girouette pour mesurer les caractéristiques du vent, capteurs de déplacement pour connaître l'amplitude des vibrations des haubans désolidarisés de leur amortisseur, accéléromètres pour mesurer l'état de vibration des haubans et du pylône... etc... Compte tenu du coût de l'opération, celle-ci a été abandonnée.

Parallèlement, le L.C.P.C. a étudié les modes de vibration de la structure constituée de pylône et du tablier supposés encastrés sur la pile et reliés mécaniquement l'un à l'autre par les haubans, la continuité de l'ouvrage étant prise en compte dans la définition des conditions aux limites au milieu de la travée principale. Les résultats obtenus ont montré que les fréquences des premiers modes propres de cet ensemble se situent tout à fait dans la gamme des fréquences propres des premiers harmoniques des haubans.

D'où l'hypothèse émise selon laquelle la mise en résonance des haubans par action sur eux du tablier et du pylône n'était pas improbable. Cette théorie qui prend le contre-pied des conclusions du C.E.B.T.P. après étude en soufflerie est notamment défendue par l'ONERA qui s'est vu de ce fait confier une mission par le L.C.P.C. Il s'agissait d'abord d'avoir confirmation des caractéristiques dynamiques de l'ouvrage. Les fréquences propres, les déformées et les amortissements ont été mesurés in situ, sur le tablier, sur un des pylônes et sur certains haubans. L'excitation était effectuée par lachers. Les résultats obtenus ont été en général en assez bon accord avec les calculs.

Il s'agissait ensuite de vérifier l'hypothèse avancée au moyen de calculs basés sur des coefficients aérodynamiques instantanés mesurés en soufflerie à Modane. Ces calculs ont montré que les amplitudes d'oscillation des haubans peuvent atteindre plus d'un mètre lorsque ceux-ci sont excités par les pylônes ou le tablier oscillant à petite amplitude sous l'action de leur échappement tourbillonnaire propre. Du point de vue de la D.D.E. les résultats ne sont pas concluants dans la mesure où l'ONERA obtient des amplitudes de l'ordre de 1 mètre pour des vents qui ne correspondent ni en vitesse, ni en direction, aux vents observés à Brotonne les jours de vibration. L'affaire en est là pour l'instant.

L'ONERA a cependant calculé que les dispositifs mis en place augmentaient dix fois l'amortissement naturel des haubans, confirmant ainsi leur efficacité. Il n'est donc pas question de démonter les amortisseurs.

### Étanchéité

L'étanchéité des tabliers a donné beaucoup de soucis à la D.D.E. ; en effet, les circulations d'eau à l'intérieur du béton sont importantes et favorisées par nombre des joints, reprises de bétonnage, réservations... etc... Le caisson était parsemé de nombreuses flaques d'eau, surtout pendant les saisons humides.

Cela provenait de la non-continuité de l'étanchéité au niveau du terre-plein central et plus particulièrement au droit des files de bordures puisque les chapes ont été réalisées après mises en place des bordures sur la seule largeur des chaussées sans relevé d'étanchéité sur les contre-bordures.

Dans un premier temps, il a été demandé à l'entreprise d'améliorer l'étanchéité du TPC proprement dit en mettant en place des relevés de chape qui interdisent aux eaux de ruissellement du TPC qui cheminent entre les bordures de s'échapper. Les améliorations constatées après cette opération ont été peu spectaculaires. Des infiltrations continuaient à se produire par les joints des bordures et au pied de celles-ci au bord de l'enrobé.

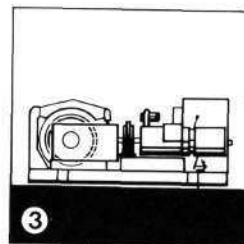
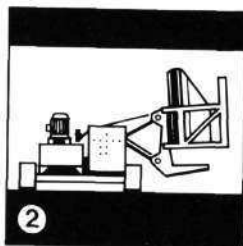
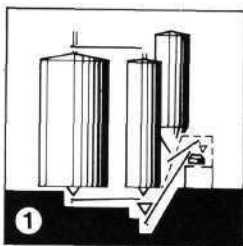
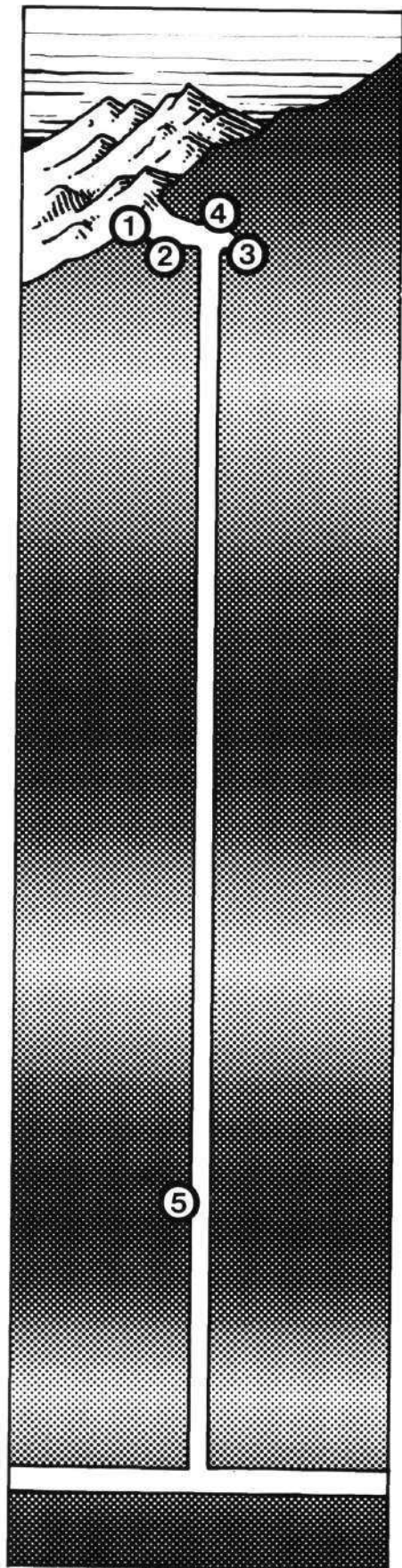
La D.D.E. a donc récemment décidé de reprendre ce point particulier sur l'ensemble de l'ouvrage : découpe de l'enrobé, réalisation d'un relevé d'étanchéité contre la bordure, mise en place d'un drain longitudinal. Ces travaux sont actuellement en cours.

Sans doute aurait-il été préférable de réaliser la chape d'étanchéité sur toute la largeur du tablier avant d'exécuter le terre-plein central.

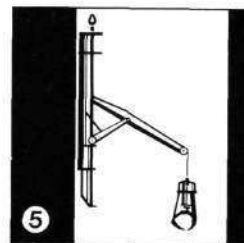
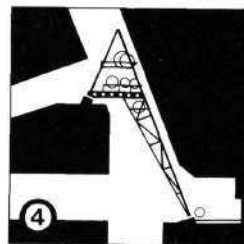
# AU COEUR DE L'ACTION

Octobre 1977 : Forage du puits de ventilation de la partie française du Tunnel du Fréjus. Profondeur 735 m. Diamètre 8 m. Altitude 2.030 m. Température atteignant  $-20^{\circ}$ .

Notre rôle : concevoir, réaliser, installer, le matériel de haute fiabilité qui répondrait à ces contraintes et ceci dans un délai record.



1. Une centrale à béton isolée à 2.030 m d'altitude, capable d'alimenter le chantier durant les six mois d'hiver, sans approvisionnement.
2. Un culbuteur à cuffat monté sur rails, pour assurer le marinage.
3. Un treuil Migal M50 150. Puissance 190 cv, force 5.000 kg à 2,5 m/sec., capacité 700 m. Pour le bétonnage et le transport du personnel.
4. Un chevalement souterrain assymétrique, adapté à la configuration du terrain, équipé d'un système de treuils, molettes et sondes de pesage.
5. Une grue de chargement du marinage suspendue par un câble, et pouvant opérer jusqu'à 700 m de profondeur.



La Société **INTRAFOR-COFOR** a fait confiance à :



## GALINET

Z.I. Rorianet, 21, rue de Douai, 87004 LIMOGES Cedex. Tél. (55) 30.55.18. Télex : 580.766.

# Le tunnel rou

par Michel  
Directeur à la S

## Introduction

Le 12 mai 1979, le Premier Ministre Français rencontrait son homologue italien au milieu du tunnel routier du Fréjus et passait de France en Italie en voiture à travers le chantier, préluant ainsi à la mise en service de l'ouvrage qui est prévue pour juin 1980.

A cette réalisation, ont participé de nombreux ingénieurs des Ponts et Chaussées tant du côté du Maître d'Ouvrage (S.F.T.R.F.) que du Maître d'Oeuvre (SETEC TP) (Commission Intergouvernementale, DDE, CETu). Nous allons donner dans l'article qui suit un rapide aperçu du projet et de sa réalisation.

## Le projet

### Caractéristiques géométriques et géologiques

Le tunnel routier du Fréjus a une longueur de 12,87 km ; il permettra de relier Lyon à Turin en toutes saisons sans dépasser 1300 m d'altitude (2200 par le Col du Mont-Cenis). Il a une pente faible (0,54 %) et uniforme, une largeur de chaussée de 9 m pour 2 voies bidirectionnelles et dégage un gabarit de 4,50 m en hauteur (fig. 1, 2 et 3). En dehors de terrains variés sur les 500 premiers mètres du côté français et d'un passage d'anhydrite de 300 m, il traverse essentiellement des schistes lustrés très secs. La couverture atteint 1800 m au milieu du tunnel.

### La ventilation

#### — Principe de ventilation

Le profil du terrain naturel favorisant l'implantation de puits de ventilation au 1/3

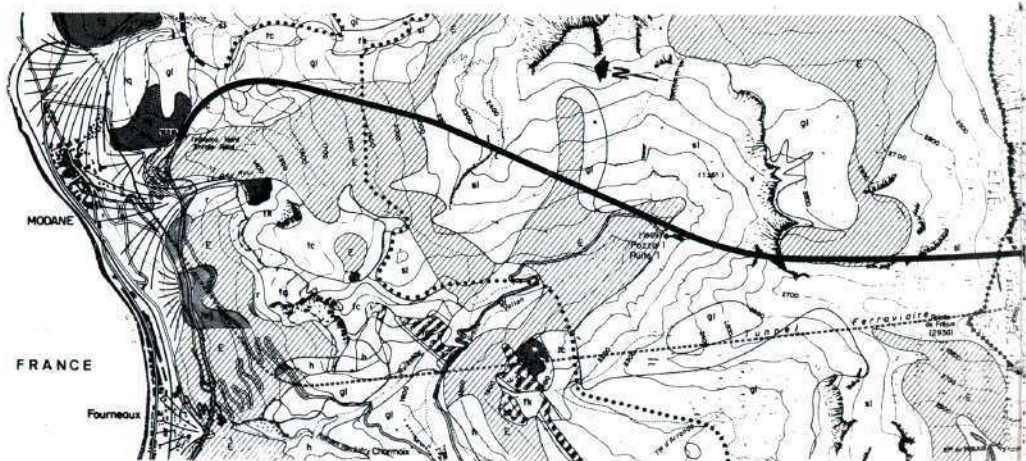
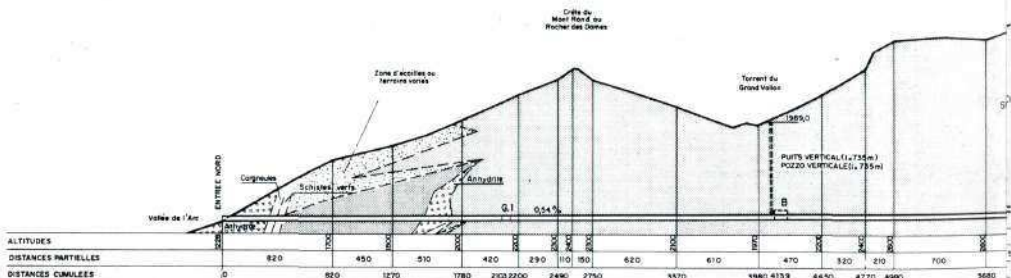
et aux 2/3 de la longueur, on peut assurer la ventilation par tronçons de 2 km comme indiqué sur le schéma ci-joint (fig. 4).

Le principe de ventilation consiste à introduire de l'air frais réparti dans le tunnel grâce au conduit situé dans le plafond et à faire sortir l'air vicié par les têtes du tunnel. Le circuit d'aspiration n'est utilisé qu'en cas de trafic intense ou en cas d'incendie.

#### — Les ouvrages de génie civil nécessaires à la ventilation

Le puits côté France (fig. 5) à une hauteur de près de 800 m (dont 700 m verticaux) un diamètre de 7,40 m et il est séparé en 2 compartiments par une cloison en béton armé. Le puits côté Italie se compose de 2 tubes inclinés à 45° de 700 m de longueur et de 5,40 m de diamètre.

Fig. 1 et 2.



# tier du Fréjus

LEVY  
SETEC TP

Au pied de chaque puits on trouve une usine souterraine constituée par un ensemble de galeries permettant d'implanter des ventilateurs et d'assurer le passage de l'air entre le puits et le plafond du tunnel. A chaque tête du tunnel on trouve également une usine extérieure de ventilation.

— Les équipements de ventilation

On dispose, au total, de 24 ventilateurs à pales variables en marche (12 pour l'air frais, 12 pour l'air vicié) assurant chacun un débit de 127,5 m<sup>3</sup>/s pour l'air frais et 104 m<sup>3</sup>/s pour l'air vicié, ce qui fera du tunnel du Fréjus l'un des tunnels routiers les mieux ventilés.

### Autres équipements

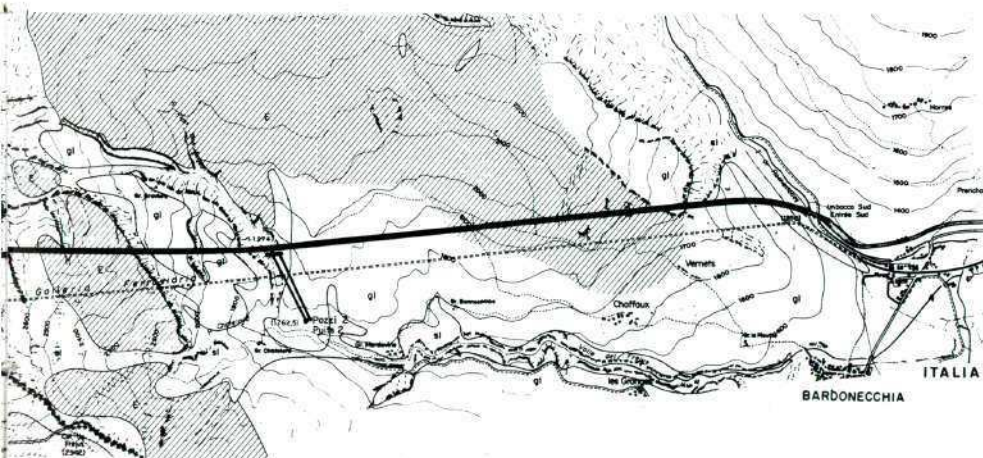
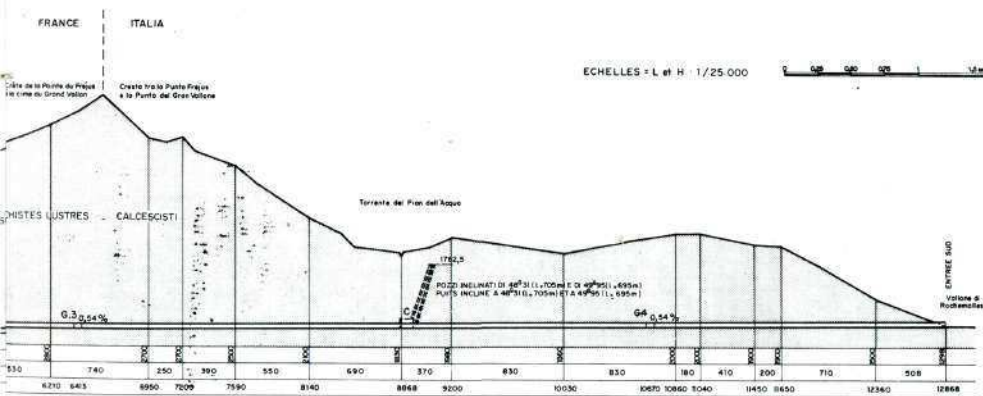
Un éclairage de 50 lux environ en section

courante, renforcé près des têtes assure une bonne visibilité renforcée par la couleur claire des piédroits.

Les appareils de contrôle et sécurité (analyseurs de CO, opacimètres, télévision) permettent de moduler la ventilation en l'adaptant au trafic et à la pollution avec un minimum de " gaspis ".

Des postes d'appel de secours, une conduite d'incendie, des refuges ventilés assurent une sécurité convenable des usagers. L'alimentation électrique de 16 MVA est faite en 20 000 V à partir de l'ENEL et de l'EDF. En cas de défaillance simultanée d'EDF et d'ENEL, 2 groupes électrogènes assurent un service minimal d'éclairage et de ventilation, cependant que des groupes à temps zéro assurent la permanence des organes de sécurité et de contrôle et le balisage du tunnel.

## PROFIL EN LONG ET VUE EN PLAN.



### Les installations extérieures

En dehors de la difficile route d'accès construite à flanc de montagne par la DDE et qui mérite à elle seule un article, le tunnel comporte des installations extérieures pour l'exploitation technique, la douane et la police des deux pays, les postes de péage, les stations d'essence... etc. Faute de place

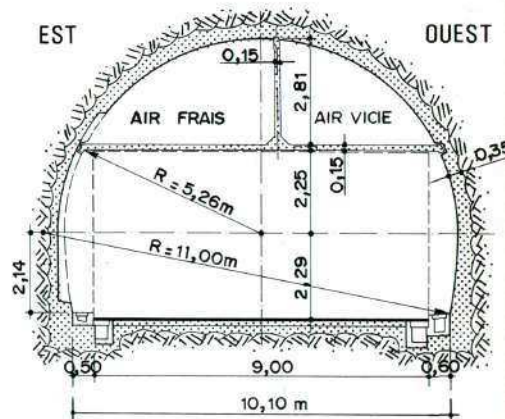


Fig. n° 3. COUPES EN TRAVERS

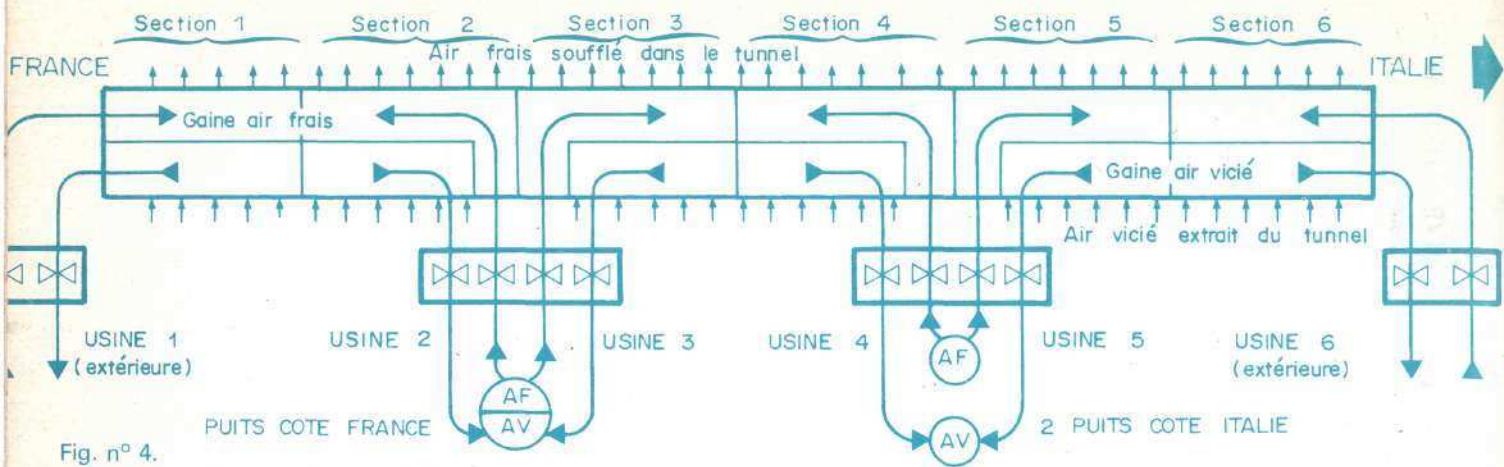


Fig. n° 4.

## SCHEMA DE VENTILATION

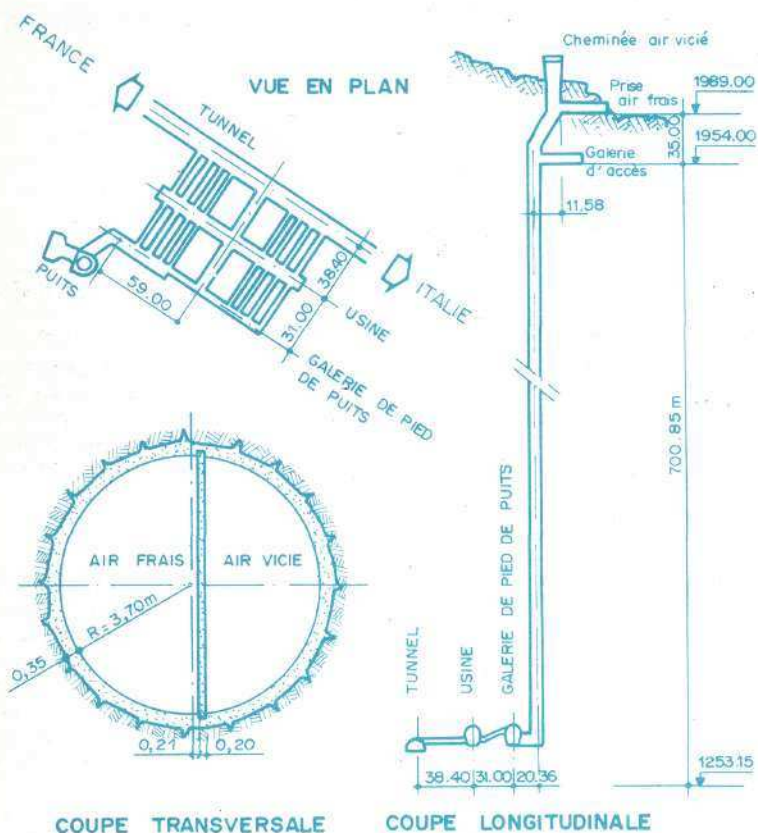


Fig. n° 5. Puits COTE FRANCE

ces installations sont construites sur une plateforme constituée avec les matériaux extraits du tunnel, compactés sur une hauteur de plus de 40 m.

La tête proprement dite du tunnel a également nécessité l'exécution de grands déblais et de grands remblais, cependant que la route d'accès au chantier du puits

comporte de nombreux passages difficiles, le long de ses 17 km.

## La réalisation

Il est difficile de décrire, même en résumé, les méthodes d'exécution des diverses par-

ties d'un ouvrage de 1,2 milliards de francs courants dont les travaux auront duré 7 ans. Nous préférons évoquer quelques-uns des problèmes intéressants que nous avons vécus personnellement sur la partie française de l'ouvrage après 1976. Pour plus de détails les lecteurs se reporteront aux revues Expomat-Actualité (février 78) et Travaux (juillet-août 79).

## Le soutènement provisoire du tunnel

Le schiste lustré rencontré sur la plus grande partie du tunnel est en moyenne un rocher de bonne qualité (résistance à la compression : 10 à 100 mpa). La fracturation résultant du litage et des diaclases oblige cependant à prévoir un soutènement systématique en grande section. Mais surtout la direction du tunnel, parallèle au plan de schistosité, conduit à des déformations importantes qui aggravent la fracturation d'origine.

Le principe d'un soutènement provisoire souple par boulons et plaques complétés par un grillage, s'adaptant bien aux déformations s'est confirmé être non seulement une bonne solution mais la seule viable (photo 1).

La mise au point des modalités pratiques de soutènement (longueur et diamètre des boulons, type d'acier, type d'ancrage, types de plaques) s'est faite de façon plus scientifique qu'à l'habitude, avec le concours des experts les plus compétents dans ce domaine ; des essais au vérin ont permis de tester fréquemment les ancrages dans diverses qualités de schistes ; les courbes effort-déformation des tiges, des plaques et de l'ensemble ont été vérifiées. Des examens à l'endoscope, des mesures de tritiges, bitiges et distofors ont permis d'adapter le soutènement à l'évolution des déformations (50 cm dans certaines zones).

Enfin une surveillance très serrée du comportement de l'excavation (sections de convergence, tous les 30 mètres) a permis de vérifier la stabilité d'ensemble (diminution convenable des déformations avec le

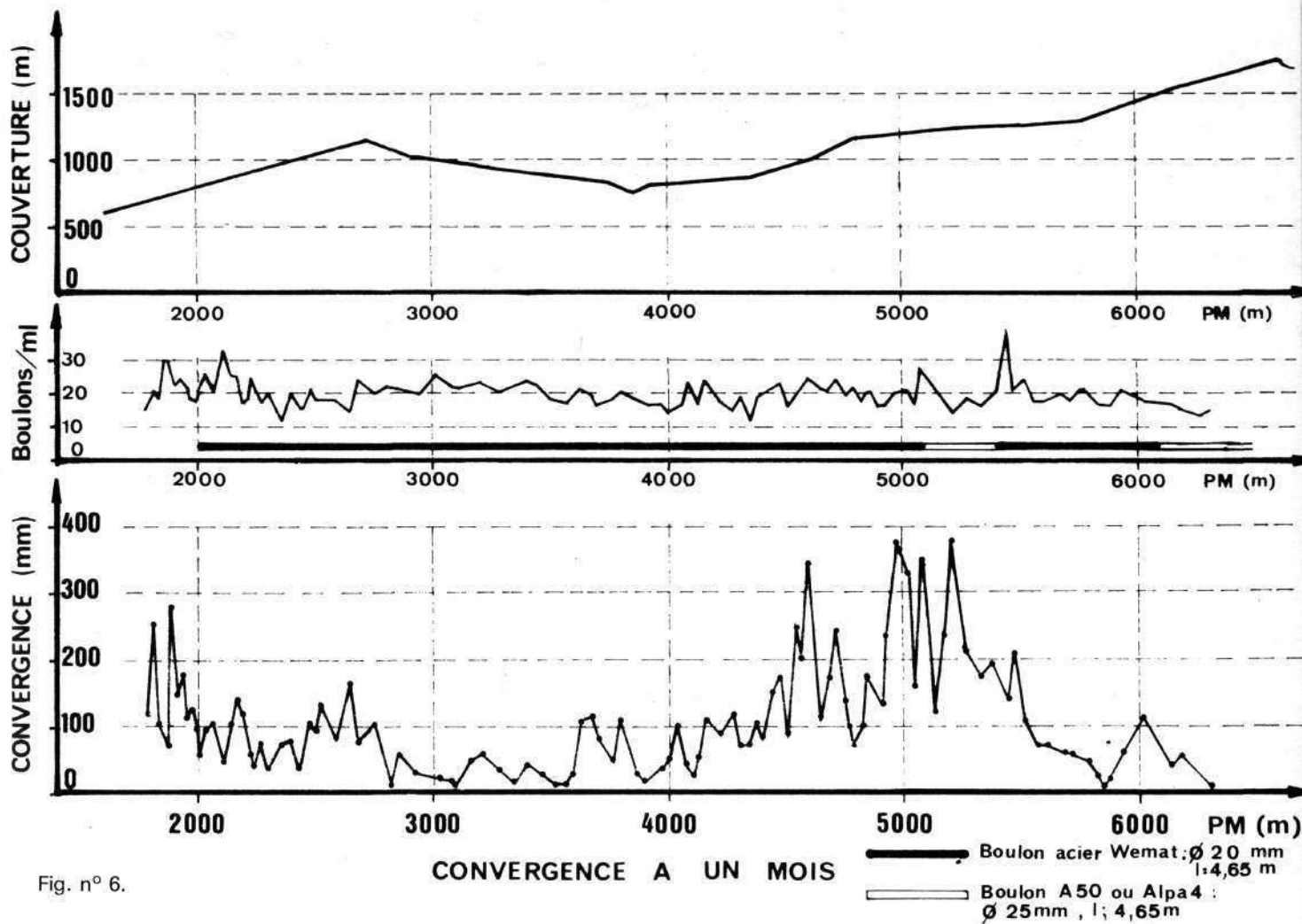


Fig. n° 6.

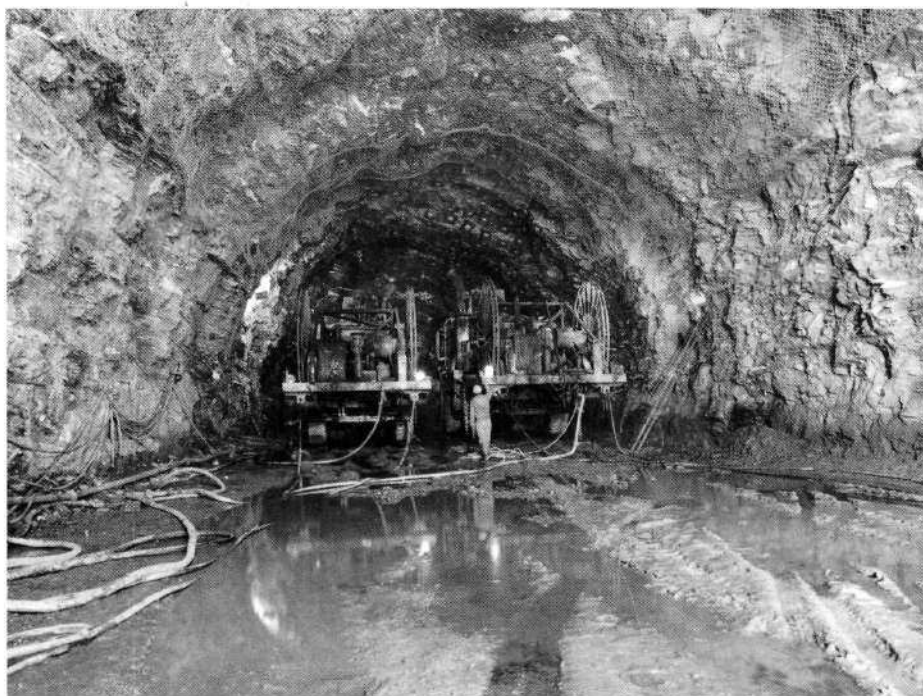


Photo n° 1.

temps) et d'adapter le soutènement aux diverses qualités de schiste en jouant sur le nombre et le diamètre des boulons, le type d'acier, le type des plaques... etc. (fig. 6). Au total une équipe de 4 personnes à plein temps a exécuté 40 000 mesures tout au long de l'excavation et a permis, à chaque fois, de réagir en temps utile, en reboulonnant si nécessaire ; elle a contribué au maintien d'une grande sécurité puisque le soutènement provisoire n'a pas une seule fois été pris en défaut (la distance entre le front et le revêtement en béton, exécuté après que la plus grande partie des déformations se soit produite, était de 600 m environ).

#### Mise au point du matériel et des méthodes

La section de 90 m<sup>2</sup> étant excavée à l'explosif en une seule phase et le soutènement de la volée de 4,50 m étant constitué par un boulonnage associé à un grillage mis en place peu de temps après le tir, il fallait dis-

poser d'un matériel et de méthode bien adaptés. C'est ainsi qu'ont été utilisés sur ce chantier :

- des perforateurs et surtout de boulonneurs MONTABERT qui exécutaient la perforation de la volée en 1 h pour 160 trous et le boulonnage en 2 h 15 pour 90 boulons de 3 m à 4,65 m
- des tombereaux CAT 613 de 20 t capables de faire demi-tour dans le tunnel sans recourir à la marche arrière, et qui ont permis de gagner un temps précieux sur le marinage en le mettant en cordon sur le côté à 100 m du front
- une purgeuse mécanique PINGON permettant de ne pas exposer le personnel pendant la délicate opération de purge des blocs ébranlés par le tir
- des portiques de reprofilage
- une installation très spécifique de ventilation de chantier.

D'autre part les installations de bétonnage ont été conçues pour que les ouvrages en béton puissent suivre l'excavation quelle que soit sa cadence, ce qui n'est pas si facile, en raison de l'exiguïté et des circulations à maintenir. En effet, la ventilation de chantier devenait insuffisante si la distance entre le plafond terminé et le front dépassait 1500 m.

Les installations étant en place, il s'agissait d'en tirer le meilleur parti possible en améliorant l'organisation et les méthodes. Cela aussi fut étudié de façon très analytique, ce qui permit de passer d'un avancement de 135 m par mois (en 16 postes par semaine) à 170 puis 200 pour terminer à 250 avec une pointe de 280 après une zone de terrain plus difficile passée avec un rythme plus lent.

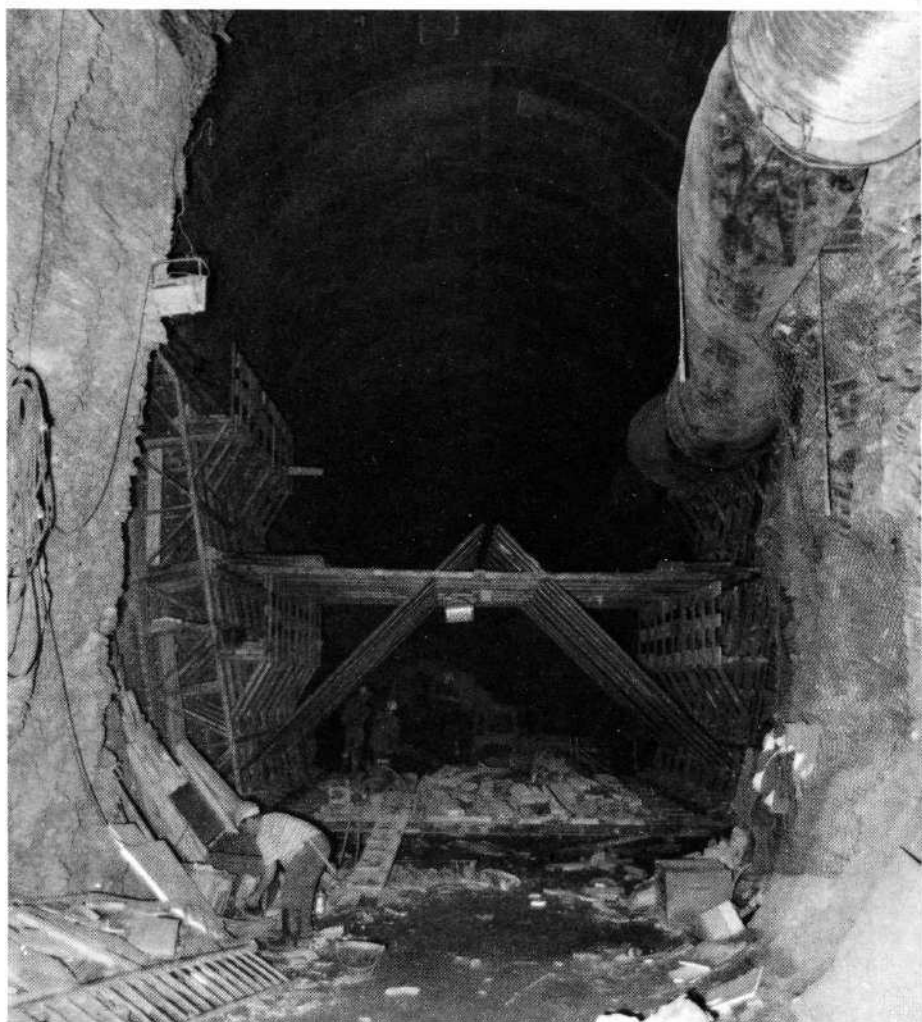
Cet effort d'organisation a permis de combler des retard pris au moment de la résiliation du marché de génie civil en 1976 et de terminer en avance sur l'autre attaque.

### L'usine souterraine de ventilation

Un ensemble de galeries de 800 m de long à creuser sur une surface de moins de 10 000 m<sup>2</sup> constitue un exercice plus proche des mines que des tunnels routiers, la différence est que deux de ces galeries avaient une hauteur variant de 10 à 15 m (photo 2).

La phasage des opérations d'excavation et de bétonnage était fort complexe dans la mesure où il fallait s'efforcer de ne pas perturber les travaux du tunnel proprement dit.

Là aussi, des déformations importantes se manifestèrent (jusqu'à 72 mm dans le revêtement en béton) ce qui conduisit à quelques désordres qui furent également maîtrisés grâce à une surveillance régulière et serrée des déformations.



### Le puits de ventilation

Le puits de ventilation a des dimensions qu'on ne rencontre que dans les mines. Une difficulté supplémentaire provenait de la situation du chantier principal à 2000 m d'altitude, balayé par des avalanches venues des sommets de 3000 m qui l'entourent.

Les nécessités du programme après 1976 conduisant à travailler en continu y compris l'hiver, il fallut étudier en peu de temps les installations de chantier extérieures (silos, centrale à béton, bâtiments, téléphérique) en fonction des avalanches, surveiller en permanence le site à l'aide de spécialistes de la neige, disposer les installations intérieures (treuils, chevalement) dans des galeries. Comme de bien entendu, les hivers travaillés connurent un enneigement supérieur à ce qui avait jamais été observé auparavant dans ce site (photo 3).

D'autres difficultés résultèrent des venues d'eau sur les 150 premiers mètres de puits

(jusqu'à 3,4 l/s) qui ralentirent considérablement l'avancement et aggravèrent les conflits sociaux à l'intérieur de l'Entreprise. Heureusement un avant trou, entrepris depuis le bas à l'aide du procédé Alimak-Diesel, atteignit 425 m (précédent record de France 240 m) et permit d'atteindre un meilleur avancement pour les 400 derniers mètres.

### Conclusion

Comme tout ouvrage d'une certaine importance, celui-ci connu son contingent de difficultés de tous ordres, techniques, administratives, internationales etc... Pour le mener à bien les responsables doivent réunir un ensemble de qualités très diverses incluant notamment des connaissances techniques. Par leur formation et par leurs goûts les Ingénieurs des Ponts et Chaussées sont en mesure d'y jouer un rôle utile et d'en retirer de grandes satisfactions.



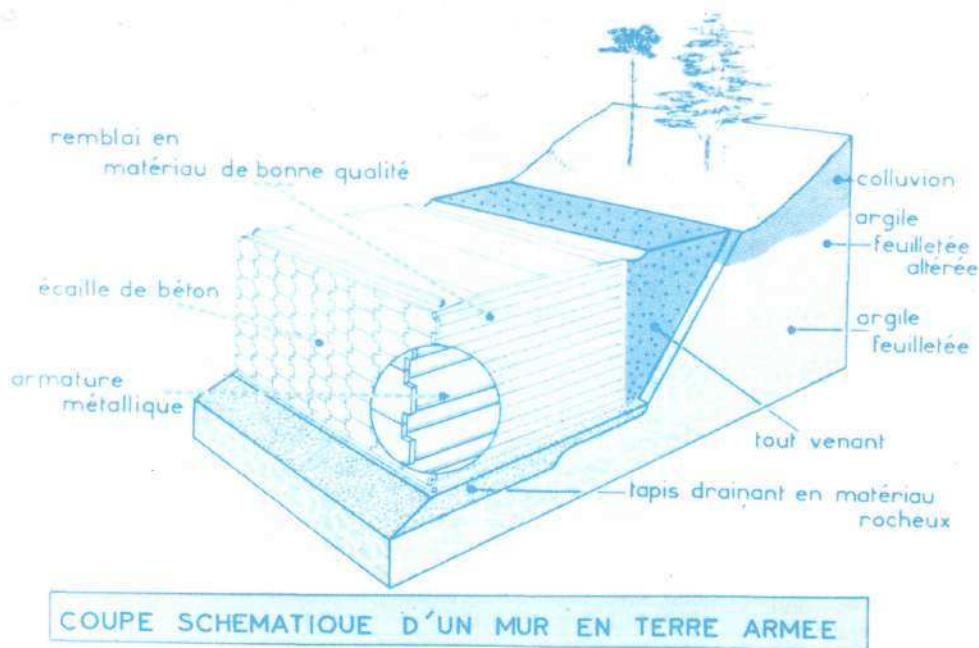


Fig. 1

# La technique de la terre armée

par François SCHLOSSER  
*Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
 P.D.G. de la Société d'Études de la TERRE ARMÉE*

Dans le domaine du génie civil l'innovation technique est une des clefs de l'exportation, mais c'est aussi un chemin difficile qui requiert beaucoup d'enthousiasme, de patience et d'obstination. La Terre Armée, inventée par Henri VIDAL en 1963, en est un bon exemple. Onze ans après les premières réalisations, plus de deux mille ouvrages ont été construits un peu partout dans le monde. Mais cet essor rapide, notamment en France, sous-entend qu'à bien des titres les Ingénieurs des Ponts et Chaussées ont contribué au succès et au développement de cette technique, comme on pourra le constater à travers ce bref historique du procédé et les quelques exemples des réalisations les plus marquantes.

## Le matériau Terre Armée

Plus de quinze années après l'invention de la Terre Armée, il est frappant de constater que le concept et le mécanisme de ce matériau composite (terre associée à des armatures) n'ont pas été admis aisément, alors

qu'au contraire les applications du procédé ont été rapides et spectaculaires. Comme il arrive assez fréquemment, la pratique a précédé la théorie !

Le type d'ouvrage le plus couramment réalisé avec ce matériau a été et reste le mur de soutènement. La figure 1 y montre la disposition horizontale des armatures (bandes crânelées en acier galvanisé) et le parement souple (écailles de béton) sur lequel elles sont fixées. Ce dernier ne joue qu'un rôle mécanique secondaire, car, comme pour le béton armé, ce sont les armatures qui, en résistant à la traction, donnent de la cohésion à l'ensemble du matériau et lui permettent de prendre des formes quelconques.

Le frottement entre la terre et les armatures est le phénomène fondamental qui gouverne le mécanisme et le comportement de la Terre Armée. Sa mobilisation est complexe, comme l'ont montré les études expérimentales et théoriques ; mais on peut mettre en évidence, pour les forces de traction le long des armatures, des lois de variation qui soient propres à chaque type d'ouvrage et ainsi élaborer des méthodes de dimensionnement appropriées. Sur le

plan pratique, cela impose d'utiliser un matériau de remblai frottant et a conduit à la mise au point de spécifications précises.

## Les débuts de la Terre Armée et les ouvrages de Roquebrune Menton

Le 14 Mars 1965, Henri VIDAL prononça à Paris sa première conférence sur la Terre Armée. A l'époque, il n'existait qu'un seul ouvrage en Terre Armée, le mur expérimental de Pragnière de 5 mètres de hauteur, construit de façon artisanale en 1964. Mais toute une recherche, à la fois théorique et expérimentale sur des petits modèles réduits avait déjà été réalisée par l'inventeur lui-même.

Dès 1966, le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées s'intéressa à la Terre Armée. Au début de l'année 1967, il entama de premières études expérimentales pour vérifier les méthodes de dimensionnement des

murs. Dans le même temps, les ingénieurs de cet organisme participaient à l'étude géotechnique de la première autoroute de montagne en France : l'autoroute A8 dans sa section Roquebrune-Menton. Préoccupés par l'édification de remblais de grande hauteur sur des pentes d'éboulis, proches de la limite d'équilibre, ils pensèrent avec le maître d'oeuvre que cette nouvelle technique de la Terre Armée pouvait apporter une solution intéressante compte tenu de sa souplesse, proche de celle d'un remblai. L'implantation de l'autoroute dans ce site avait en effet déjà donné lieu à l'étude de trois solutions :

- 1) Une solution en déblai, avec des talus de grande hauteur,
- 2) Une solution avec des remblais, mais nécessitant des ouvrages de soutènement pour en limiter l'emprise,
- 3) Un viaduc fondé sur pieux.

Pour des raisons économiques la préférence allait aux deux premières solutions. Cependant ces trois projets présentaient tous des difficultés d'ordre technique. Dans la première solution, même avec un bon drainage de la pente, les talus n'étaient pas stables. La seconde solution nécessitait des murs de soutènement de 10 à 20 m de hauteur qui devaient être fondés sur pieux, comme les piles du viaduc envisagé dans la troisième solution. Or, on pouvait craindre dans la couche d'éboulis des déplacements suffisamment importants pour cisailer les pieux.

C'est pourquoi, progressivement une quatrième solution fut envisagée qui consistait à remplacer les ouvrages de soutènement classiques par des murs en terre armée fondés directement sur les éboulis. Ces murs pouvaient grâce à leur souplesse s'adapter sans dommage aux déformations du sol de fondation.

Mais utiliser, pour la première fois dans des ouvrages importants à flanc de montagne, un matériau aussi nouveau, demandait beaucoup d'audace. A cet égard, il faut rendre hommage à l'ingénieur chargé du projet et de la construction de l'autoroute, J. TANZI, qui, en prenant un risque calculé, réalisa des ouvrages qui restent parmi les plus spectaculaires de ceux faits en Terre Armée.

La figure 2 montre l'ensemble des deux murs décalés de Vigna, représentant une hauteur globale de 28 m et supportant directement la plate-forme autoroutière. Ce parti a été retenu pour quelques-uns des grands murs afin d'en réduire le coût.

Le mur du Peyronnet, de 23 m de hauteur à lui seul, est longtemps resté l'ouvrage le plus haut construit en terre armée.

En tout, cette section d'autoroute compte dix murs en terre armée de 4 m à 23 m de hauteur, de 10 m à 200 m de longueur, représentant une superficie de parement de 5 630 m<sup>2</sup>.

Ces ouvrages furent construits au cours de

Fig. 2 : Les murs de Vigna - Autoroute Roquebrune-Menton (1968)



Fig. 3 : Mur de l'autoroute Nice-Menton (1978)

l'année 1968, leur comportement a été complètement satisfaisant depuis lors. Leur réalisation a constitué une étape importante dans le développement de la Terre Armée, apportant au procédé une solide référence : des centaines d'ingénieurs français et étrangers les ont visités.

Le parement était à l'époque constitué d'éléments métalliques de 33 cm de hauteur et de section elliptique. A partir de 1971, pour des raisons technologiques, économiques et esthétiques, il a été progressivement remplacé par un parement en écailles de béton. La figure 3 montre un mur réalisé en 1978 sur une autre section de cette autoroute en bordure de la route nationale. On notera l'évolution de la technologie du parement.

## Développement des études et autres réalisations

De 1968 à 1976 les Laboratoires des Ponts et Chaussées ont instrumenté dix ouvrages dont les résultats ont largement contribué à la connaissance du mécanisme de fonc-

tionnement de la Terre Armée ainsi qu'à l'élaboration des nouvelles méthodes de dimensionnement. Le premier fut le mur d'Incarville, réalisé au printemps 1968, pour l'aménagement de l'autoroute de Normandie ; il fut également le premier ouvrage construit par un ingénieur des Ponts et Chaussées : A. LOUBEYRE.

Dans le même temps un effort de recherche important sur la technologie du procédé était réalisé par la Société la Terre Armée dans quatre domaines principaux :

- 1) Le parement des ouvrages,
- 2) Les armatures,
- 3) La durabilité des armatures
- 4) Le matériau de remblai.

Sur un plan plus fondamental de nombreuses universités étrangères entreprirent à partir de 1971 des recherches sur le matériau terre armée (U.S.A., Grande-Bretagne, Australie, etc.) qui prirent rapidement assez d'ampleur. La France a cependant toujours conservé la première place dans ces études ; c'est ainsi que, sous l'égide de l'E.N.P.C. et du L.C.P.C., elle vient d'organiser le premier colloque international sur le renforcement des sols à Paris en Mars 1979.

Très rapidement les constructions d'ouvrages montrèrent que le domaine d'utilisation

de la Terre Armée dépassait largement le simple cadre des ouvrages de soutènement. Parallèlement si les routes et autoroutes restaient un domaine privilégié, il s'avérait que d'autres applications étaient fructueuses. C'est ainsi que furent réalisés en 1970 un mur de 30 m de hauteur au Pakistan pour la station de criblage du barrage de Tarbella et en 1971 un mur à double parement de 15 m de hauteur sur près d'un kilomètre de longueur pour l'aménagement d'un parc de stockage pour le port de Dunquerque.

Ce dernier mur supportait des portiques roulants appliquant une charge de 30 t par mètre linéaire. Ce fut le premier cas de surcharge en tête ; l'instrumentation qui y fut placée apporta d'excellents résultats. Parmi les différents matériaux utilisés dans le génie civil (bétons, métaux, sols), la terre armée trouvait sa place et grâce à sa souplesse s'imposait dans de nombreux cas. En 1972, P. SCHMIDT, Ingénieur des Ponts et Chaussées, réalisa la première culée de pont d'autoroute à Thionville (figure 4). D'une hauteur de 14 m et fondée directement sur un sol limoneux, cette culée d'ouvrage hyperstatique a ouvert la voie à un nouveau domaine d'utilisation. Ins-

Fig. 4 : Culée du pont hyperstatique de Thionville (1972).

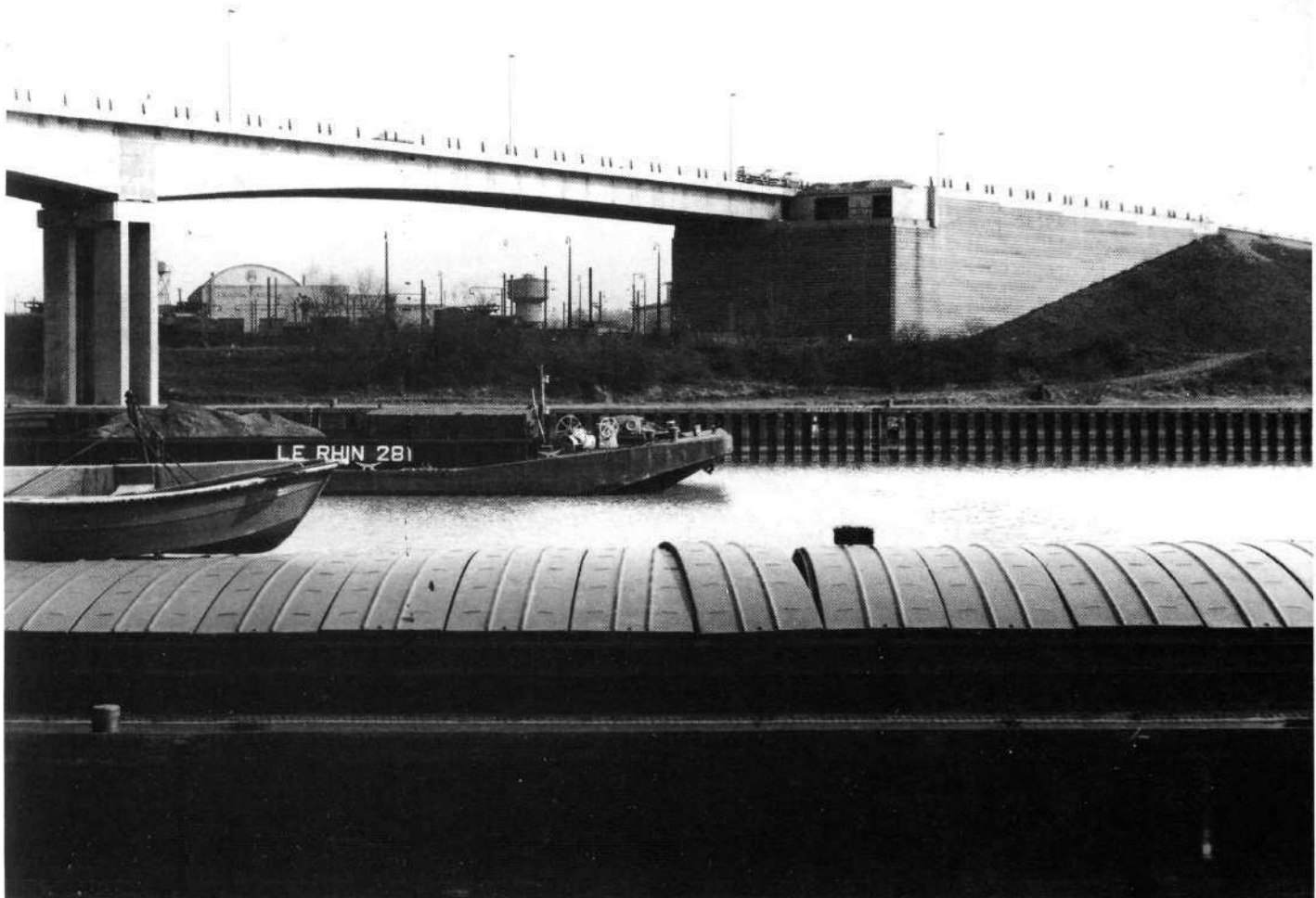




Fig. 5 : Viaduc de Magnan sur l'autoroute Nice-Menton

trumentée, ayant fait l'objet d'observations suivies, elle reste encore l'ouvrage de référence.

Depuis 600 culées ont été construites, dont plus de 350 en Espagne pour le réseau d'autoroutes. Parmi les 200 culées construites en France une bonne partie a été réalisée par Scétauroute. (Fig. 6 : culée de Freyning sur l'autoroute A34 Metz-Strasbourg dans une zone d'affaissements miniers).

Dans le domaine des autoroutes de montagne, où la terre armée a une large application, il faut citer les réalisations récentes et spectaculaires de la traversée du col de Saverne (autoroute de l'Est) par Scétauroute (Fig. 7) et de la route d'accès au tunnel du Fréjus par la D.D.E. de la Savoie (Fig. 8). Située sur un flanc de montagne instable, cette route d'accès est réalisée dans des conditions particulièrement difficiles avec des mouvements de terrain importants et continus.

On ne peut oublier le domaine de l'habitat où tout récemment la S.C.I.C. vient de commencer au-dessus de Nice à Saint Pierre de Féric la construction d'un projet de 50 maisons où l'utilisation de la terre

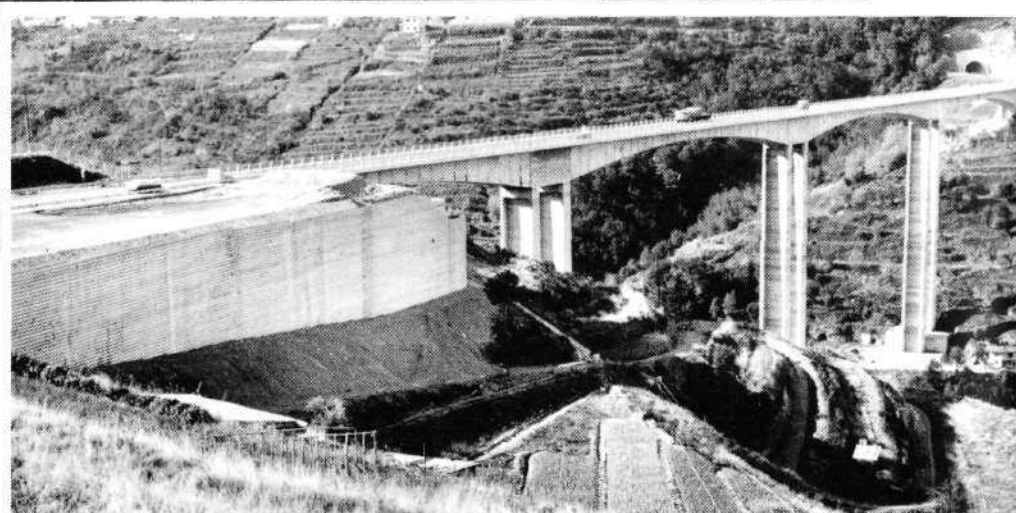


Fig. 6 : Culée de Freyning sur l'autoroute A34 Metz-Strasbourg

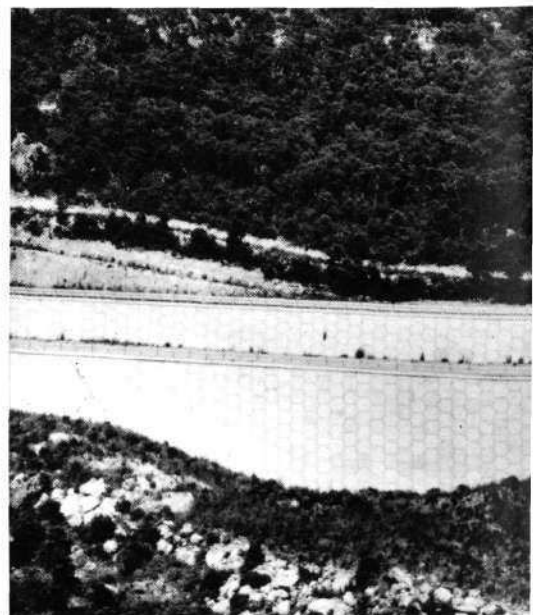




Fig. 7 : Murs de la traversée du col de Saverne. Autoroute Paris-Strasbourg

Fig. 9 : Autoroute de Catalogne - murs de Perthus - Espagne

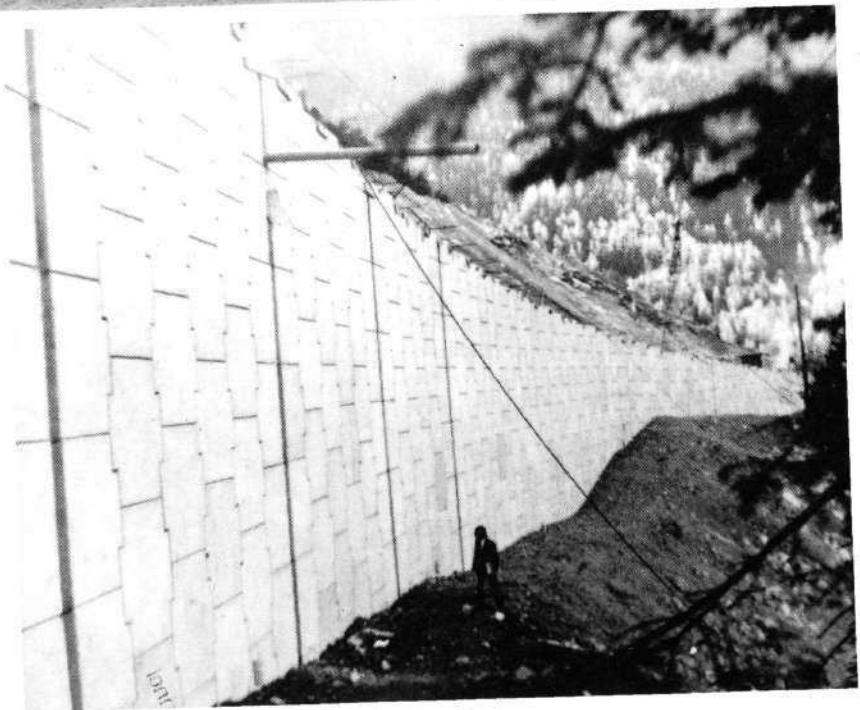
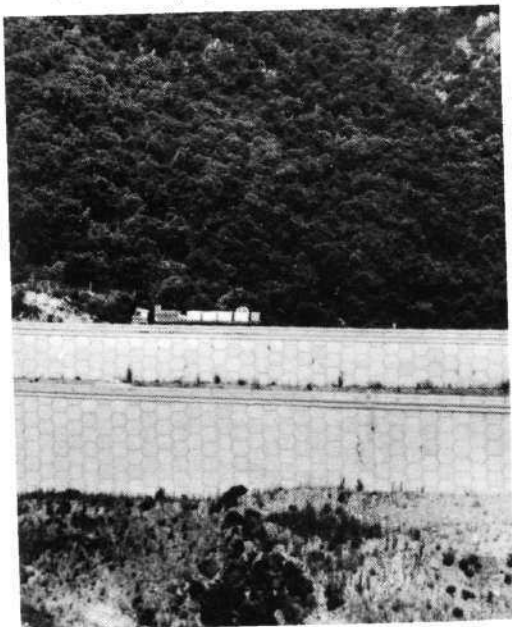


Fig. 8 : Murs de la route d'accès au tunnel de Fréjus

armée dans des pentes va bien au-delà de la simple construction de plate-formes décalées. Il s'agit en fait d'intégrer la terre armée aux structures mêmes des maisons.

---

## Le développement à l'étranger

---

Si les premières réalisations en Terre Armée sont essentiellement françaises, les réalisations à l'étranger sont maintenant prépondérantes puisqu'elles représentent 75 % du chiffre d'affaires global.

Après la France, le pays qui a le plus construit est l'Espagne. La Terre Armée y a été systématiquement utilisée dans la réalisation des autoroutes. Ainsi au Perthus, sitôt la frontière franchie, l'autoroute de Catalogne, conçue avec deux chaussées décalées, comprend de longs murs en Terre Armée (Fig. 9).

Aux États-Unis, après une première période difficile, la Terre Armée est maintenant bien implantée depuis quelques années. Les applications industrielles y sont plus nombreuses qu'en France. C'est dans ce pays qu'ont notamment été développés les murs à parements inclinés pour réaliser des trémies pour des stockages de pondéreux. Mais le domaine des ponts et autoroutes reste cependant prépondérant ; les figures 10 et 11 en montre des applications en site montagneux.

A l'heure actuelle des Sociétés Terre Armée ont été créées dans quinze pays et des ouvrages ont été construits dans 27 pays.

Ce développement a conduit plusieurs administrations étrangères (U.S.A., Espagne, notamment) à élaborer des spécifications précises sur la Terre Armée. La France conserve là encore un rôle de pilote puisque paraît au mois de Septembre de cette année une réglementation sur la Terre Armée, publiée par la Direction des Routes et de la Circulation Routière et qui, étant la première sur cette technique, devrait servir de document de référence.

Fig. 10 : Murs d'autoroute avec chaussées décalées - Colorado U.S.A.

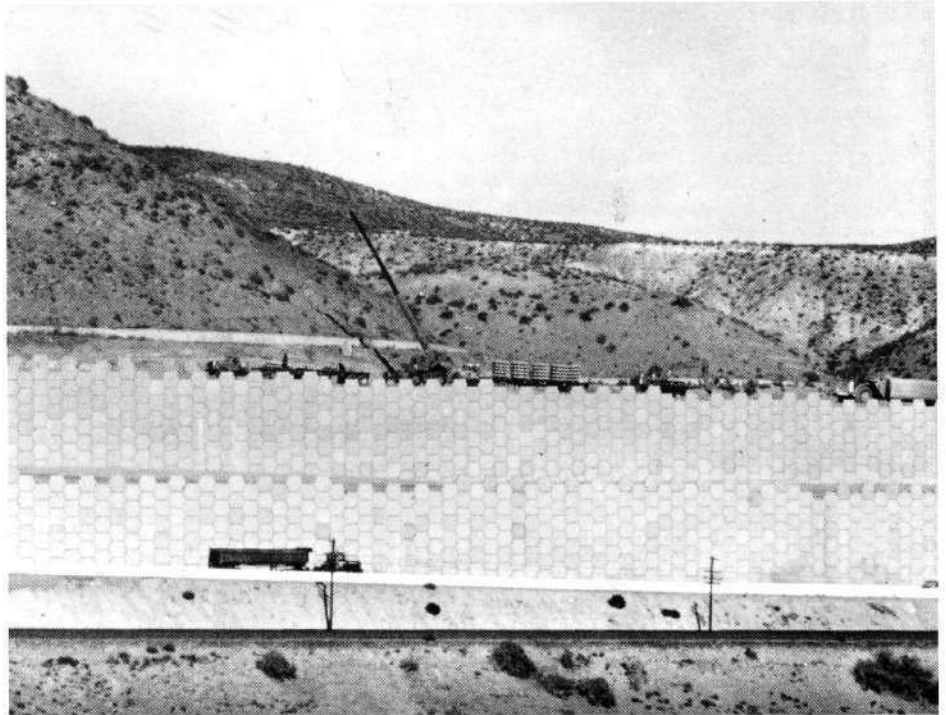
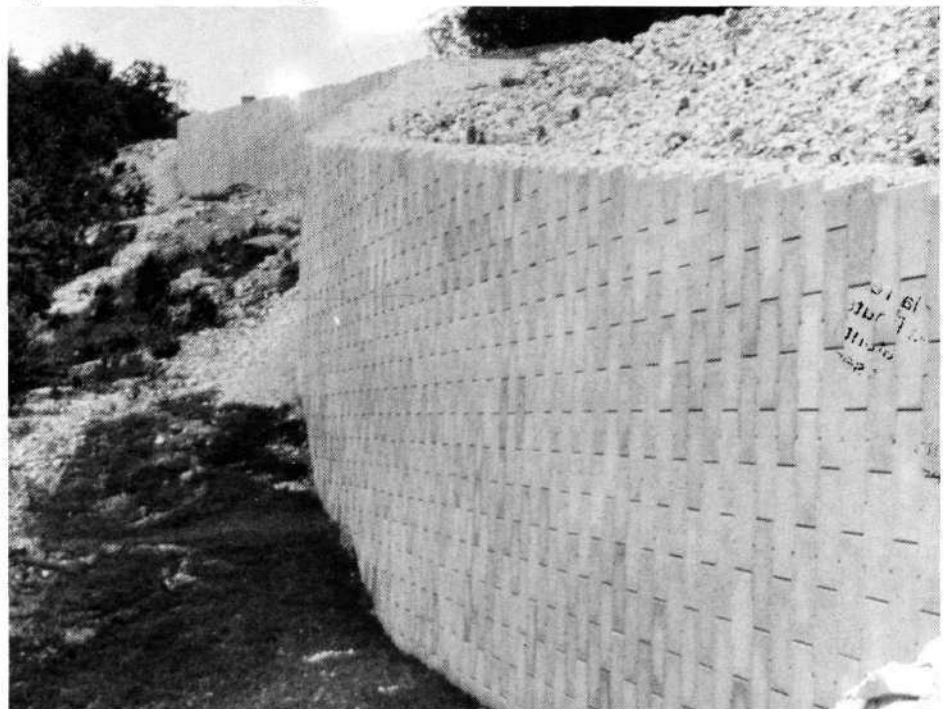


Fig. 11 : Mur en site montagneux. Alebonne - U.S.A.



# La forme de radoub n° 3 du port de commerce de Brest

par Marc NOYELLE  
Ingénieur des Ponts et Chaussées  
Chargé de l'Arrondissement Polyvalent de Brest  
D.D.E. du Finistère

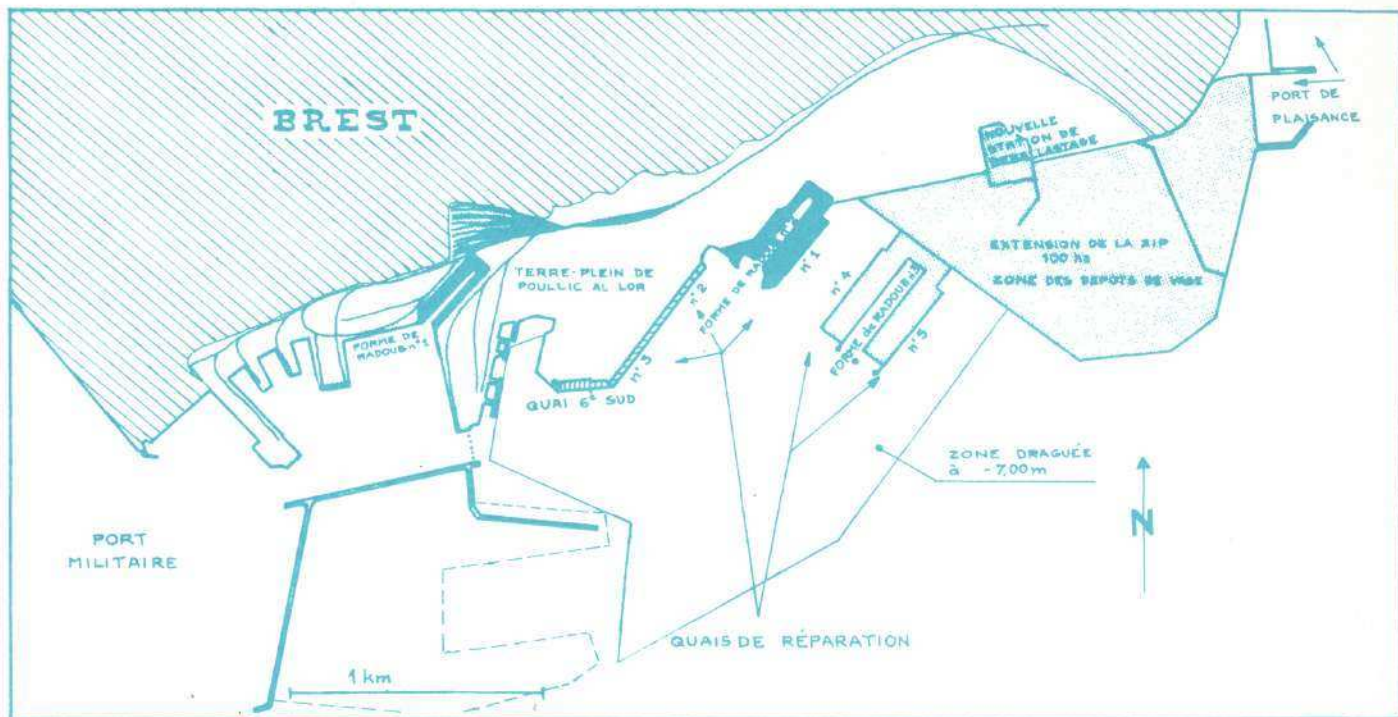


Fig. 1 Plan du port de commerce de Brest.

Le port de commerce de Brest comprend deux parties : le port marchand et la réparation navale qui, toutes les deux, sont en plein développement.

Le trafic marchand a été de 2,25 millions de tonnes en 1978 dont 1,75 hors hydrocarbures. Il se développe surtout avec l'élevage breton.

La réparation navale emploie déjà plus de 1 000 personnes sur le port en utilisant la "petite" forme de radoub n° 1 pour bateaux de 40 000 tpl, construite en 1910 et la forme de radoub n° 2 mise en service en 1968 (forme Yves Kerdreux) pour pétroliers de 250 000 tpl, ainsi que les quais de réparations navales n° 1, 2 et 3 mis en service en 1970, 1975 et 1976.

Le 4 septembre 1975, à l'occasion du plan de relance de l'économie française, le président de la République annonçait la décision de construire à Brest, une troisième forme

de radoub "allongeable en cours de travaux ou ultérieurement, pour recevoir des navires de 500 000 tpl". Deux quais de 400 mètres doivent flanquer cette forme.

## Pourquoi une troisième forme de radoub ?

Pour la réparation navale, point n'est besoin d'être sur un terminal pétrolier. Il est même préférable de se trouver sur la route du retour.

A l'entrée de la Manche, avec sa rade protégée, profonde et d'accès facile, Brest est bien placé pour être la "station service" des pétroliers qui desservent l'Europe.

La nécessité de construire la forme n° 3 a fait l'objet d'études de rentabilité serrées en

1975. C'est aussi un problème de survie de cette activité à Brest :

— Exploiter une seule grande forme entraîne un travail en dent de scie nécessairement onéreux.

Avec deux grandes cales sèches et cinq postes à quai, la souplesse est beaucoup plus grande.

— Il y a dans le monde, 900 navires de plus de 150 000 tonnes et seulement la moitié d'entre eux peuvent être reçus dans la forme n° 2 alors qu'ils pourront tous l'être dans la nouvelle. De plus, le nombre de formes susceptibles d'accueillir les plus gros navires est moins grand : une trentaine de cales de plus de 250 000 tpl.

La forme de radoub n° 3 de Brest est un ouvrage de l'Etat construit avec la participation du Syndicat Mixte Brest-Iroise - S.M.B.I. - égale à 50 % du coût de l'infras-

structure (500 MF). En plus de ce fonds de concours de 250 MF, le S.M.B.I. finance la totalité des superstructures (135 MF), c'est-à-dire principalement les grues, l'électricité et les réseaux divers ainsi qu'une station de déballastage et une station de soustage.

Le S.M.B.I. comprend à parts égales :

- La région de Bretagne,
- le département du Finistère,
- la communauté urbaine de Brest,
- la Chambre de Commerce et d'Industrie de Brest.

La maîtrise d'œuvre des travaux est assurée par la Direction Départementale de l'Équipement du Finistère - Arrondissement de Brest.

La forme sera ensuite concédée comme un outillage à la Chambre de Commerce et d'Industrie de Brest, à charge pour celle-ci de récupérer, par la location de la forme et des quais, les frais de fonctionnement et les ressources nécessaires au remboursement des emprunts du S.M.B.I. avec lequel elle est liée par convention.

## Les caractéristiques de l'ouvrage

La définition de la forme n° 3 a fait l'objet de longs débats.

La largeur était la caractéristique la plus importante à définir et l'on a longtemps hésité entre 70, 75 et 80 m. Pour finir, on estima plus opportun et plus rentable de disposer de la largeur maximale envisagée, soit 80 m, pour donner passage aux navires les plus larges (une dizaine de plus de 70 m) ainsi que bon nombre de plates-formes de recherches pétrolières en mer qui auront un jour ou l'autre besoin d'entretien.

De même, la longueur fût portée de 370 à 420 mètres pour accueillir les pétroliers les plus longs (415 m pour la série des 550 000 tpl, type Batilus).

La cale sèche est fermée par un bateau-porte de 85 m de long, reposant sur un seuil à la cote - 9 m CM.

L'épuisement est réalisé en moins de 3 h 30 par trois pompes principales d'une capacité unitaire de 40 000 m<sup>3</sup>/h complétées par trois pompes d'assèchement ainsi que trois pompes de drainage pour relever et évacuer les débits arrivant sous le radier que l'on estime à moins de 700 m<sup>3</sup>/h. La station de pompage est également équipée de pompes pour le reballastage des navires sortant de réparation ainsi que des pompes pour assurer la protection incendie. Le remplissage s'effectue gravitairement par trois aqueducs.

La forme de radoub et les deux quais de réparation à flot seront desservis par une grue sur rail de 150 tonnes à 38 m d'une portée maximum de 58 m, la plus puissante de France, construite par la Société Paris de Nantes et par trois grues sur rail de 15 t à 46 m avec une capacité de 3 t en bout de flèche (70 m) construites par la Société Fives Cail Baboock près de Lille. Un système d'aiguillage permet de faire passer les grues d'un quai à l'autre ainsi que de part et d'autre de la forme.

La construction d'un tunnel routier pour descendre en fond de forme des convois de gabarit autoroutier, permettra d'économiser une ou deux grues supplémentaires et les frais d'exploitation correspondants.

Les bâtiments d'exploitation et les réseaux permettant de desservir tous les types de navires ainsi que les équipements d'infrastructure et superstructure sont prévus : électricité, eau douce, eau de mer, incendie, air comprimé, vapeur, etc.

Un terre-plein de 20 hectares est mis à disposition des réparateurs et le principal d'entre eux, les Ateliers Français de l'Ouest (A.F.O.) va bientôt entreprendre l'édification d'un bâtiment de tôlerie lourde dans l'axe de la forme. Les caréniers et notamment la Sobrecar, ont également fait des demandes de terrain.

## Le lancement des travaux

Le 4 septembre 1975, les études préliminaires disponibles étaient très sommaires.

Il a fallu dans les plus brefs délais, renforcer les structures de l'Arrondissement, faire prendre en considération le projet, lancer les diverses enquêtes et notamment l'Instruction Mixte (une bonne vingtaine de directions centrales consultées), réunir plusieurs commissions, faire désigner et consulter un expert en environnement (on ne parle pas encore d'étude d'impact), faire délibérer toutes les collectivités locales du Syndicat Mixte, trouver des zones d'extraction de sable et des zones de dépôt, obtenir les autorisations nécessaires, lancer une douzaine d'études techniques et les sondages indispensables ainsi que les appels d'offres pour commencer les premiers travaux avant la fin décembre 1975, condition pour bénéficier des crédits du plan de Relance.

Le 15 décembre 1975, la Société Européenne d'Entreprises entame la construction de cordons d'enclôture pour gagner sur la mer les terre-pleins industriels pour la réparation navale et pour l'accès et les installations de chantier de la nouvelle forme. Cet endiguement sera d'ailleurs poursuivi pour constituer un lieu de dépôt pour les produits de dragage. Nous parlerons plus en détail de cet endiguement "complémentaire" financé par le S.M.B.I. avec le concours de la Datar et du Fonds Européen de Développement régional.

Pour les travaux principaux (Génie Civil, dragage et équipement d'infrastructure), un concours est lancé. La procédure combinée (entreprise générale et 4 lots spécialisés : dragage, bateau-porte, station de pompage, tins) a été retenue pour le concours.

Les principales dates sont les suivantes :

Fig. 2

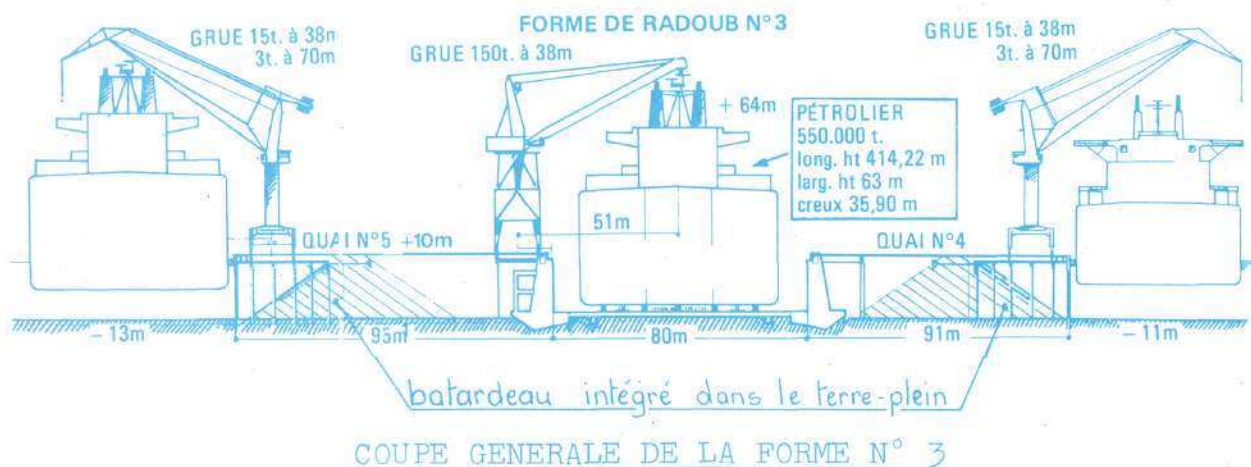
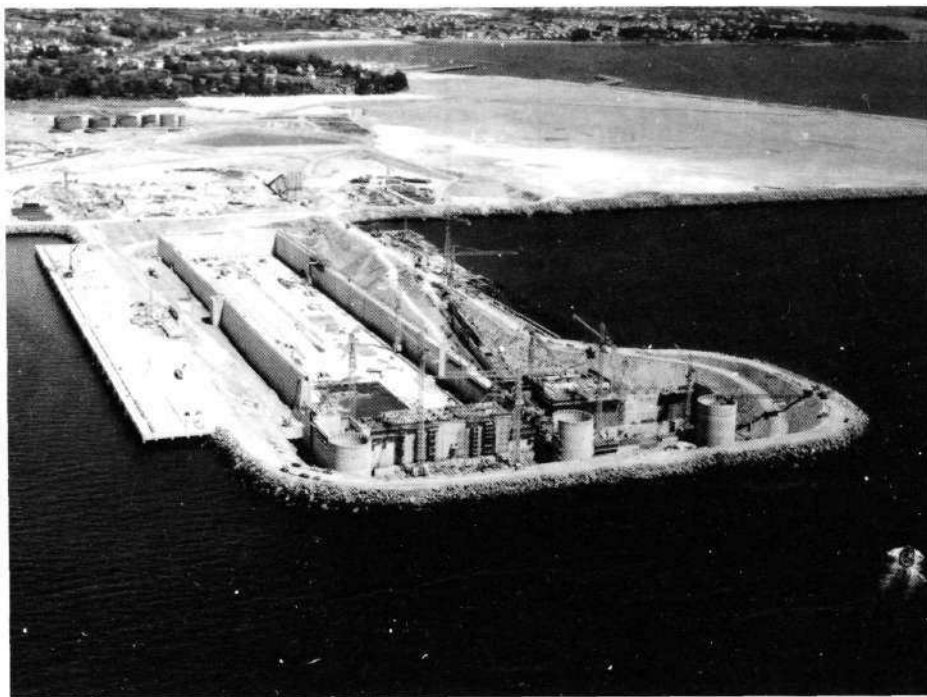




Fig. 3 — La forme de radoub de 420 m x 80 m à l'intérieur du batardeau et la zone de dépôt des produits de dragage, future zone industrielle portuaire de 100 hectares. A gauche, la station de déballastage avec sa lagune et les bacs de la station de soutage. Au fond, l'extension en cours du port de plaisance et la plage artificielle du Moulin Blanc réalisée à l'occasion des travaux.



— 23 septembre 1975 : appel des candidatures.

— 13 novembre 1975 : envoi du premier dossier de concours qui sera suivi de plusieurs lettres pour compléter le dossier initial.

— 17 décembre 1975 : réunion de la Commission spécialisée des marchés. Son avis est transmis aux entreprises pour être pris en compte dans les offres.

— 10 février 1976 : remise des offres de concours.

Six groupements d'entreprises répondent malgré les délais très tendus. Ils présentent des documents très complets avec beaucoup d'idées et plusieurs solutions satisfaisantes.

Le jury de concours présidé par l'Inspecteur général Laval, se réunit une première fois le 24 février 1976 pour prendre connaissance des offres.

Il apparaît assez vite que trois types de projets se dégagent, correspondant chacun à un type de batardeau.

1 — Réalisation d'un batardeau provisoire entourant tout l'ensemble de l'ouvrage, quais compris, qui serait ainsi construit à sec. Cette solution permet une réalisation assez sophistiquée : utilisation de la précontrainte par exemple.

2 — Caissons préfabriqués amenés par flottage et coulés sur place. Une fois reliés, l'ensemble de ces caissons forme batardeau pour construire à sec la forme proprement dite, la station de pompage et le bateau-porte. En phase finale, ces caissons constituent les quais de part et d'autre de la forme.

3 — Batardeau en matériaux tout-venant de carrière intégré au terre-plein de la

future forme, celle-ci étant construite à l'intérieur et les quais à l'extérieur.

Pour le fond de la cale sèche, les forces de sous pression sont telles que presque toutes les entreprises ont proposé une solution radier drainant. Mais nous avons demandé à chaque groupement de nous proposer un prix de radier ancré si la géologie apparaissait à l'exécution moins favorable que ne le laissent penser les sondages (plus-value de 25 MF). Ce ne sera pas le cas.

A la suite des précisions demandées systématiquement par télex et des rectifications apportées par le Service — d'ailleurs renforcé par plusieurs ingénieurs de la Direction des travaux maritimes de la Marine Nationale à Brest et du service central techniques de la Direction des Ports de Compiègne — pour rendre homogènes les projets, il apparaît que trois groupements proposent des offres particulièrement intéressantes.

En définitive, le jury retient le classement suivant :

— 1<sup>er</sup> : Groupement Campenon Bernard Cetra — Fougerolles — Dodin — Marc — Levaux (batardeau de type 3).

— 2<sup>e</sup> : L'entreprise G.T.M. (batardeau de type 1).

— 3<sup>e</sup> : Le groupement S.F.E.D.T.P. — S.G.E. — Européenne d'entreprises et Morillon-Corvol (batardeau de type 3).

Le Directeur départemental de l'Équipement notifia le marché le 13 juillet 1976 au groupement Campenon Bernard Cetra, Fougerolles, Dodin, Marc, Levaux, avec la S.N.T.D. comme sous-traitant dragage et Bergeron pour la station de pompage.

L'étanchéité du batardeau sera assurée, non pas par des palplanches, mais par une

paroi moulée dans les remblais du batardeau exécutée par Soletanche.

Dans le cadre nécessairement limité de cet article, je ne parlerai pas de l'ensemble du chantier qui emploie actuellement 850 personnes de divers corps d'Etat et a subi un ensemble d'aléas relativement normal : grand nombre d'obus dragués avec les sables destinés au remblaiement des terre-pleins (un seul à explosé), cote du rocher plus profonde et moins régulière qu'estimée initialement, tempêtes, mise au point difficile des bétons dont il a fallu couler 330 000 m<sup>3</sup> en un peu plus d'un an, avec des agrégats "difficiles" et des ciments un peu "chauds", difficultés pour faire faire 1 000 allers et 1 000 retours par jour à des camions semi-remorques traversant toute la ville pendant plus d'un an, etc... La vidange du batardeau, comparable à la mise en eau d'un barrage de 23 mètres de hauteur et 1 300 mètres de longueur, s'est déroulée en 35 jours, fin 1977, malgré la découverte d'une faille à la naissance de la digue Nord qui a pu être injectée correctement.

Je ne mentionnerai que 3 points particuliers pour l'ensemble de ces travaux dont la fin est prévue au début de 1980 :

— Le dépôt des vases et l'extension de la zone industrielle.

— Le bateau-porte.

— La station de déballastage et de soutage.

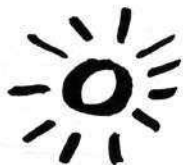
## Dépôt des vases draguées et zone industrielle

Pour dégager les accès et atteindre le

la qualité  
de la Vie

SAUR

s'en préoccupe  
depuis plus  
de 40 ans



études,  
construction,  
exploitation  
de services publics,  
de distribution  
d'eau potable,  
d'irrigation,  
d'assainissement,  
de collecte  
et de traitement  
des ordures ménagères

SAUR

SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT  
URBAIN ET RURAL

Siège Social :  
50/56, rue de la Procession  
75015 PARIS  
Tél : 539 22 60  
Télex : 202 090 F  
16

Directions Régionales en France

Filiales :  
SODEN (Nîmes) - SAUR/AFRIQUE  
SODECI (Abidjan) - STEREAU

SAGAL PUBLICITE - PARIS - N° 1424 - Dessin Véronique SEVER

VIENT DE  
PARAÎTRE

## L'HYDROTECHNIQUE AU SERVICE D'UNE POLITIQUE DE L'EAU

Évolution des problèmes de l'eau  
au cours de la dernière décennie

2 tomes 21 x 29,7 - 750 pages environ.  
Tirage limité - Prix : 500 F

Cet ouvrage rassemble les 6 Rapports Généraux et les 75 Mémoires présentés aux XV<sup>e</sup> JOURNÉES DE L'HYDRAULIQUE (Toulouse, 1978) par 180 des meilleurs experts français et quelques spécialistes étrangers.

Il comporte également le compte rendu complet des Discussions auxquelles ces travaux ont donné lieu.

### Amélioration des ressources en eau

13 mémoires

*Rapporteur Général* : J. PICARD, Ingénieur en Chef du G.R.E.F.,  
Directeur de l'Agence Financière de Bassin " LOIRE-BRETAGNE ", Orléans.

### Amélioration de la qualité des eaux de surface

12 mémoires

*Rapporteur Général* : J.F. JANIN, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Service de l'Industrie et des Mines, Région Auvergne-Limousin, Clermont-Ferrand.

### Protection des eaux souterraines contre la pollution

12 mémoires

*Rapporteur Général* : G. CASTANY, Ingénieur en Chef, Conseiller de Direction du Service Géologique National, B.R.G.M., Orléans.

### Hydraulique agricole

14 mémoires

*Rapporteur Général* : F. PELISSIER, Ingénieur en Chef du G.R.E.F., Chef du S.R.A.E. de la Région " Provence-Alpes-Côte d'Azur ", Aix-en-Provence.

### L'aménagement des cours d'eau et du littoral

13 mémoires

*Rapporteur Général* : P. SAVEY, Directeur des Études et Travaux, COMPAGNIE NATIONALE DU RHÔNE, Lyon.

### Aménagements hydrauliques pour la production d'énergie et les besoins industriels

11 mémoires

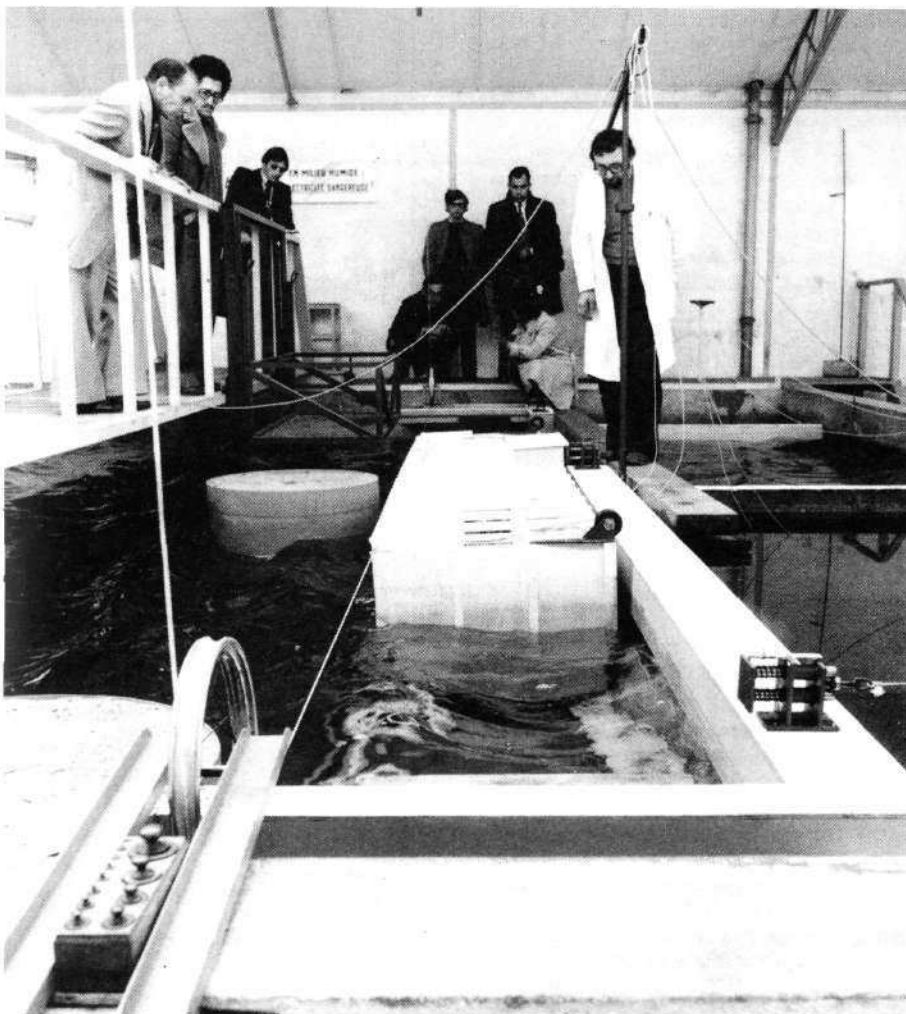
*Rapporteur Général* : G. MAURIN, Directeur adjoint de la Production et du Transport, Chef du Service de la Production Hydraulique, ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, Paris.

**SOCIÉTÉ HYDROTECHNIQUE DE FRANCE**  
199, Rue de Grenelle, 75007 PARIS — Tél. : (1) 705.13.37



Fig. 4 — La partie avant de la forme et le batardeau qui va être levé à partir de septembre 1979. On voit les gabions protégeant le garage du bateau-porte et la structure alvéolaire de celui-ci. Sur la droite, le futur tunnel d'accès en fond de forme.

Fig. 5 — Maquette du bateau-porte en cours d'essai en bassin pour étudier son comportement en cours de manœuvre avec de la houle.



rocher sur le site de la forme n° 3 à la cote — 12 CM environ, il fallait retirer 7 Mm<sup>3</sup> d'un mélange vasard comprenant 25 % de bon matériau (maerl), 25 % de sable très fin (70 à 200 microns) et 50 % de vase molle (inférieur à 70 microns).

Initialement, il était prévu de transporter cette vase à l'extérieur de la rade puisqu'il n'était pas question de claper une telle quantité à l'intérieur de la rade dont les 18 000 ha sont déjà bien occupés.

Mais il est vite apparu que le coût du transport était très élevé et incompatible avec l'économie du projet. Nous avons donc imaginé de réaliser plusieurs polders qui seraient transformés ultérieurement, après stabilisation des vases, en zone industrielle portuaire. Le fait qu'absolument toutes les forces vives locales, président et membres du Syndicat Mixte Brest-Iroise, élus, personnalités diverses, etc, étaient partisans du développement du port, a permis de démarrer cette affaire dans les plus brefs délais. Il a été tenu compte d'une étude de la SOGREAH définissant l'influence de cette protubérance de 100 hectares sur les courants de la rade de Brest.

Une solution économique et rapide mais relativement audacieuse a été mise en œuvre pour réaliser le cordon d'enclôture de ces polders. Le sol naturel était environ à la cote 0, constitué de vase et maerl sur une dizaine de mètres au-dessus du rocher (schiste) sur le tracé du cordon.

Au lieu d'enlever la vase au préalable, le matériau tout-venant a été benné à l'avancement par des camions semi-remorques. Il fallait verser 700 m<sup>3</sup> de matériaux terres-

tres, soit environ 45 camions, pour avancer d'un mètre, et la longueur à réaliser était de plus de 3,5 km... Compte tenu des cadences de travaux (près de 10 000 m<sup>3</sup> par jour sur deux fronts), la vase était presque complètement poinçonnée.

La fermeture du premier polder de 60 ha a été assez spectaculaire compte tenu des courants de la marée qui s'accéléraient au fur et à mesure de la fermeture de la brèche : il a fallu ne benner que des blocs de plus d'une tonne, les blocs plus petits étant entraînés par le courant.

L'équilibre au grand cercle de ce cordon était très tangent et en principe non assuré lorsque le niveau des vases atteindrait la cote + 6,00 à l'intérieur du polder. Mais ce calcul ne tenait pas compte de l'accélération des tassements due à la marée et du poinçonnement de la vase plus important que prévu.

En définitive, en surveillant bien le cordon avec l'aide du Laboratoire régional de St-Brieuc et la Société Menard, nous avons pu monter le niveau de la vase jusqu'à la cote + 14,00 à l'intérieur de ce fragile barrage et tous les produits de dragage ont pu être ainsi recueillis, soit une économie nette de 75 millions de francs.

Il reste maintenant à assurer la stabilisation du sol qui, au bout d'un an a déjà tassé de plus d'un mètre. On s'attend à un tassement à long terme de 2 mètres supplémentaires et l'objectif que nous avons fixé dans une consultation récente assurée pour le compte du Syndicat Mixte Brest-Iroise est de pouvoir marcher et faire circuler des engins à chenilles sur toute la surface de ce polder avant la fin de l'année 1981.

## Le bateau-porte

L'entrée de la forme est fermée par un bateau-porte stable en béton précontraint de 85,40 m de long, 17,50 m de large et 18,35 m de haut. Il se déplace longitudinalement, tiré par une chaîne et guidé par quatre panneaux, coulissant dans une rainure pour venir dans son garage aménagé du côté tribord devant la station de pompage, et protégé par deux Ducs d'Albe.

La solution métallique étant nettement plus onéreuse, tous les concurrents du concours ont proposé une solution précontrainte malgré la difficulté de réalisation d'un tel ouvrage, le plus grand du monde compte tenu de sa hauteur : celui de la forme n° 10 de Marseille mesure 87 m de long, 15 m de large et 13 m 50 de hauteur.

Sa difficulté majeure de conception est liée au marnage qui peut atteindre 8 mètres et à la houle perpendiculaire, dont les pressions alternatives engendrent des efforts dynamiques importants.

C'est un bateau, il ne faut pas qu'il soit trop lourd et ses faibles épaisseurs de parois de 0,30 m rendent la mise en place des armatures et de la précontrainte dans trois directions particulièrement délicate.

Sa mise au point a débuté par des essais sur modèle réduit au 1/25<sup>e</sup>, maquette de 130 kg dans le bassin d'essais de Campenon Bernard Cetra à Asnières, fin 1976 et en 1977.

Ces essais ont apporté d'importants enseignements. C'est ainsi qu'il est apparu que les chocs dus au talonnement du bateau sur ses appuis lors de son échouage ou de son déséchouage produisaient des contraintes inadmissibles. Un ingénieux système d'appuis souples a été mis au point : des défenses tournantes roulant verticalement sur les côtés extrémités des bajoyers de la forme permettent d'encaisser l'énergie de la houle en donnant un degré de liberté de roulis plus favorable que le pilonnement pendant le "décollage" pour la mise en flottaison.

Le système de guidage a été mis au point pendant ces essais. Il comporte 4 panneaux guides de 20 m de haut et 1 m de large. Ils sont articulés au tiers inférieur de leur hauteur et dépassent de 2 m sous les appuis du bateau-porte. En tête, un amortisseur compense les à-coups à la houle qui se limite à 110 tonnes au niveau de la rainure de guidage. Sans ce système élastique, non prévu initialement, les chocs auraient pu dépasser 1 000 tonnes avec les houles admises pour la manœuvre.

Les calculs du bateau-porte, réalisés à l'aide des programmes en éléments finis tridimensionnels, ont été conduits en fonction de trois catégories de sollicitations et de leurs probabilités d'apparition :

- sollicitations normales en position échouée ou en flottaison pour manœuvre ;
- sollicitations exceptionnelles d'inondation totale ou partielle de l'ouvrage pouvant être due, par exemple, au choc d'un remorqueur contre la paroi externe ;
- sollicitations type détresse impliquant une vidange partielle ou totale des ballasts.

C'est le cas, par exemple, du détachement d'une hélice perforant une paroi interne. Il faut alors que la superstructure permette de disposer de 2 h pour l'évacuation du personnel.

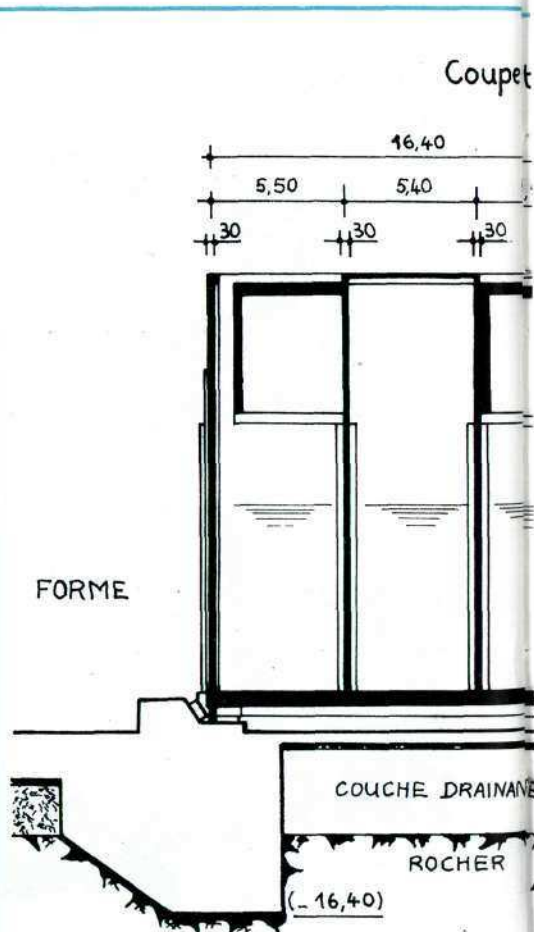
La structure alvéolaire du bateau-porte consiste en trois rangées de 16 cellules équipées de tout un ensemble de canalisations et de vannes permettant d'assurer et de contrôler leur ballastage : remplissage gravitaire, déballastage par pompage et refoulement vers l'extérieur, déballastage différentiel d'un ensemble de cellules vers l'autre, jumelage des cellules permettant de pallier la déficience d'une pompe, marnage avec la forme. Les 6 pompes de 2 500 m<sup>3</sup>/h sont alimentées en 5 500 volts et 2 groupes

diesel hydrauliques fournissent l'énergie au moteur de halage.

Lors de la mise en flottaison, le soulèvement vertical du bateau-porte, avec un pied de pilote déterminé en fonction de l'amplitude et du sens de la marée, est suivi par un basculement vers la mer de façon à mieux dégager les défenses roulantes. Cette gîte de 1°, obtenue par ballastage différentiel, est maintenue pendant tout le délai de translation.

Le guindeau de halage, monté sur une console à l'extrémité du bateau, côté garage, soulève la chaîne suffisamment libre pour permettre les mouvements verticaux ou latéraux mais assez tendue pour maintenir, accélérer ou ralentir le bateau-porte avec précision dans sa translation vers son garage.

Toutes ces manœuvres sont commandées depuis le poste de pilotage par un seul homme. Il dispose de toutes les informations nécessaires : niveaux, gîte, vitesse, position, multiples sécurités.



Bateau-porte sur ses appuis, forme fermée, avec 8 m de ballast liquide. On remarque que les cloisons des cellules des ballasts latéraux sont interrompues à la cote + 4,50 pour des raisons de stabilité et de poids.

Le bateau-porte a été construit directement sur ses appuis dans la position qu'il occupera pour fermer la forme. Ses 85 m ont été décomposés en 9 plots, pour des questions de retraits et de facilité d'exécution. Le bétonnage a été exécuté pour chaque plot par levées de 2 m 65 avec une pompe à béton.

Ce système de bétonnage indispensable du fait de la complexité du ferrailage a conduit à de grandes difficultés de réalisations notamment pour assurer des reprises de bétonnage parfaitement étanches et il a fallu injecter certaines d'entre elles. De plus un système de protection complémentaire à base de brai epoxy après sablage de la surface a été décidé pour éviter tout risque d'infiltration de l'eau de mer.

Les gaines de précontrainte sont du type tuyau de chauffage continu et les injections ont été particulièrement soignées. Des capots spéciaux ont été utilisés pour fermer les têtes d'ancrage afin d'éviter toutes infiltrations.

Il a fallu mettre en œuvre 4 500 m<sup>3</sup> de béton

et 700 tonnes d'acier dont 210 tonnes pour précontrainte (12 t 13 et 6 t 13). Le bateau-porte, en cours de finitions, aura employé 160 personnes travaillant à 2 et parfois 3 postes pendant 8 mois.

On peut penser que pour cet ouvrage un luxe de précautions a été pris. Mais, il est vital qu'il fonctionne parfaitement et durablement. N'oublions pas qu'il faut 4 manœuvres par bateau en réparation et que nous en attendons 30 par an.

## Station de déballastage et station de soutage

Les pétroliers venant en réparation ne doivent plus contenir de gaz d'hydrocarbures susceptibles de donner lieu à des mélanges explosifs avec l'air. Pour aboutir à cette

situation, ils doivent non seulement se dégazer (opération qui consiste en une simple ventilation), mais encore éliminer tous les résidus d'hydrocarbures pouvant générer des gaz et donc laver leurs citernes.

Les pétroliers génèrent ainsi des mélanges eau-huile de qualités et d'importances diverses qui peuvent être classés en deux catégories :

- les mélanges eau-huile riches en huile (dits "slops") qui résultent de la décantation à bord du navire, par une opération continue en cascade, des eaux de lavage et des tranches sales de ballast. Ces mélanges contiennent de 20 à 60 % d'huile.

- les mélanges eau-huile pauvres en huile qui regroupent l'ensemble des autres effluents (ballast sale, eaux de lavage, eaux de rinçage après lavage au pétrole brut).

Une station de déballastage (appelée aussi parfois station de "dégazage") est essentiellement constituée par une installation de réception de ces effluents, de séparation de l'eau et de l'huile et de traitement des résidus pour les rendre propres à la consommation ou à la décharge.

Pour économiser du temps et des mouvements aux navires, tous les quais et toutes les formes seront équipées de bras de déchargement et reliées à la station par deux canalisations de 400 mm "banalisées", en fibre de verre armée, qui permettent de traiter deux navires simultanément, quelles que soient les opérations effectuées.

La station proprement dite peut être divisée en quatre sections dont les trois dernières sont tout à fait nouvelles à Brest, la première remplaçant une installation existante vétuste :

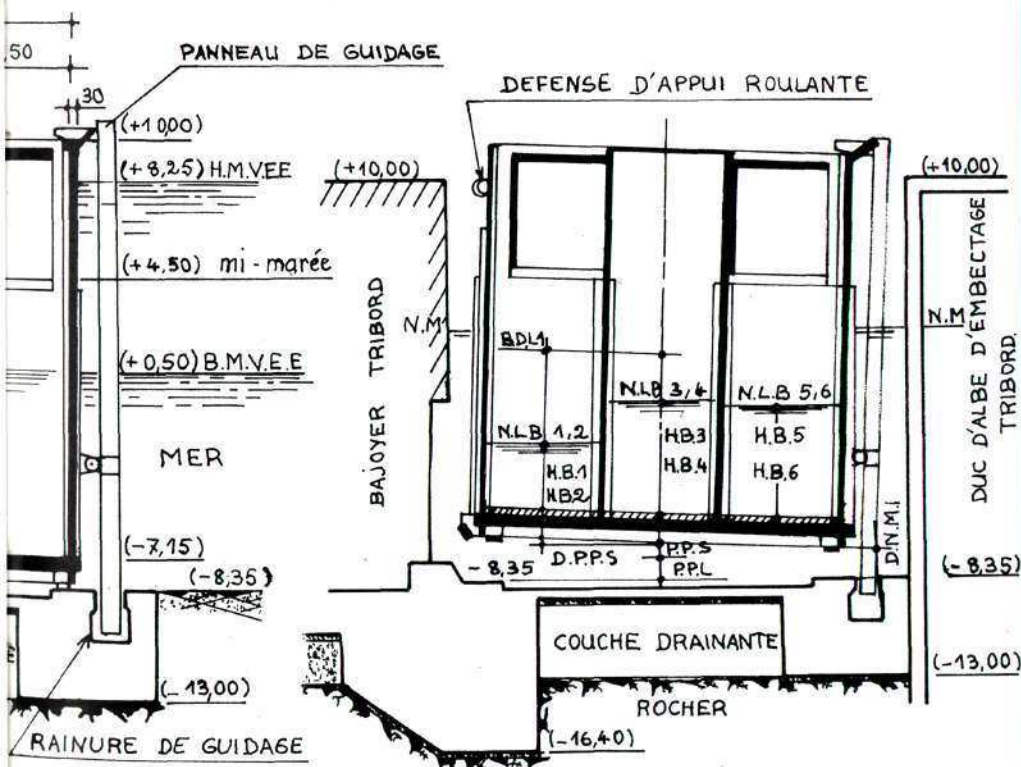
- une section déballastage qui assure la séparation eau-huile,
- une section de traitement de l'huile qui transforme l'huile récupérée en produits commercialisables,
- une section soutage, assimilable à un dépôt d'hydrocarbures et à la pompe à essence du garagiste,
- une section "boues" pour le traitement des résidus solides.

La section déballastage comprend :

- un "séparateur primaire" type piscine de 50 m de longueur à grand débit (2 000 m<sup>3</sup>/h)
- un lagunage tampon de 60 000 m<sup>3</sup> et une séparation secondaire à petit débit, ce qui la rend économique et permet d'obtenir des performances et des garanties très bonnes sur la qualité de l'effluent de sortie.

La section de traitement d'huile est composée d'une unité de "stripping vapeur". L'intérêt de cette mini-raffinerie est de pouvoir valoriser sur place l'huile brute récupérée à bord des navires, soit 30 à 50 000 tonnes par an.

transversale du bateau-porte et du seuil.

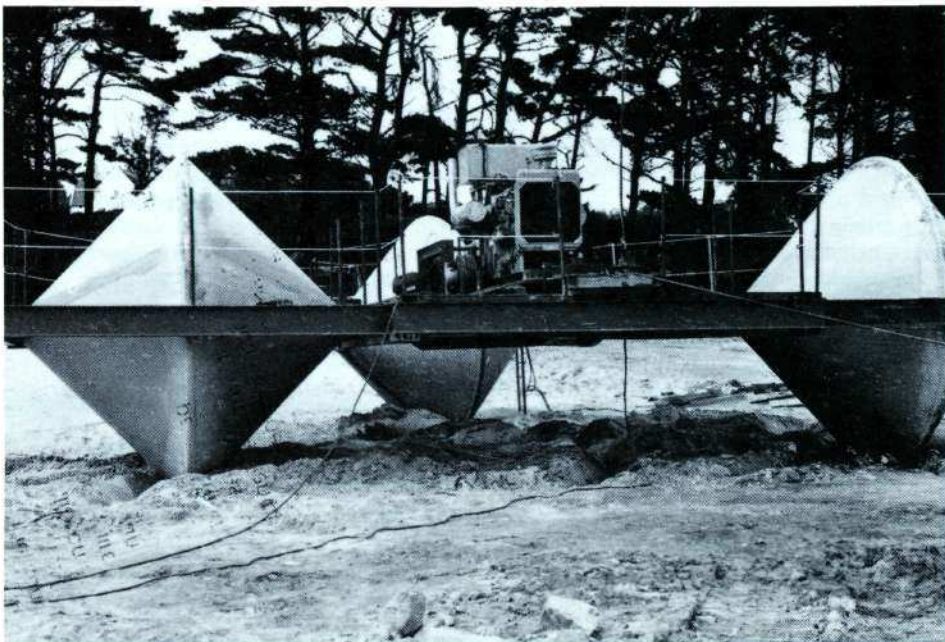


Bateau-porte et flottaison. Le niveau du ballast liquide (NLB) varie en fonction du niveau de marée. Le bateau est déhalé dans son garage avec une gîte de 1° pour écarter la défense d'appui sur le bajoyer.

Ces produits sont "gérés" dans le dépôt de soutage pour l'avitaillement des navires qui fréquentent la réparation navale brestoise et le port de commerce traditionnel, ce qui permet de rendre compétitif le soutage à Brest. Ce dépôt comprend un ensemble de réservoirs métalliques de 35 000 m<sup>3</sup> pour le fuel n° 2 et le diesel Marine et des lignes.

La section "boues" est unique en Europe et a été mise au point au moment de la marée noire de l'Amoco-Cadiz. Elle permettra de résoudre le problème épineux de l'élimination des sédiments des navires, à un coût économique, par le traitement à la chaux dans deux types de malaxeurs selon la nature des boues, mis au point par la Société Laurent Bouillet avec le concours du laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Saint-Brieux. L'installation dispose également des moyens nécessaires pour stocker et traiter les déchets d'une éventuelle marée noire.

Cet ensemble intégré permettra donc de réduire de façon sensible les charges d'exploitation qui auraient été bien plus élevées pour faire fonctionner des unités indépendantes, mais nécessaires. Il sera géré par une filiale de la Société pétrolière Mon-



7 — L'engin destiné à sillonner la zone de dépôt de vase pour accélérer le dessèchement de la surface.

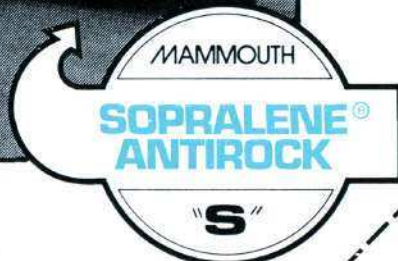
tenay, la S.M.P., liée par contrat avec la Chambre de Commerce et d'Industrie de Brest.

La construction de cette véritable usine (55

MF) a fait l'objet d'un contrat avec le groupement d'Engeenerie Auxitec-Theobald - Port Autonome de Marseille - le D.D.E. assurant la conduite de l'opération.

# ÉTANCHÉITÉ

## SPECIAL PONTS OUVRAGES D'ART



B.P. 121  
STRASBOURG CEDEX 67025  
Téléphone (88) 39.99.45  
Télex 890 307 F

Je désire sans engagement,  
une documentation SOPREMA  
sur le produit ANTIROCK-S<sup>®</sup>  
Nom : \_\_\_\_\_  
Adresse : \_\_\_\_\_

# Le terminal méthanier de Montoir de Bretagne

par Pierre DELAPORTE  
Directeur Général de Gaz de France

A la suite de la signature en avril 1976 avec la Société algérienne SONATRACH d'un contrat d'approvisionnement de gaz naturel liquéfié (GNL), le Gaz de France a entrepris la construction d'un terminal méthanier à MONTOIR-de-BRETAGNE près de SAINT-NAZAIRE.

Le Gaz de France a déjà construit et exploite des terminaux au HAVRE et à FOS-sur-MER, mis en service respectivement en 1965 et 1972.

Le contrat porte sur des fournitures annuelles de GNL s'élevant pour les premières années, à 4,5. 10<sup>6</sup> tonnes environ, soit encore à 65. 10<sup>9</sup> kWh ce qui équivaut à 5,5. 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>(n) de gaz naturel. Les installations du terminal sont conçues de façon à permettre un accroissement des réceptions.

Les premières livraisons régulières de GNL sont prévues pour 1980.

Un terminal méthanier doit assurer essentiellement trois fonctions :

- la réception des navires méthaniers,
- le stockage du GNL après le déchargement des navires,
- la compression et la gazéification du GNL avant l'émission dans le réseau de transport du Gaz de France.

A cet effet, le terminal de MONTOIR comprend essentiellement :

- deux appontements conçus pour recevoir les navires méthaniers ; deux navires de 125 000 m<sup>3</sup> seront affectés normalement au transport du GNL entre l'ALGÉRIE et MONTOIR ;
- deux réservoirs de stockage d'une capacité unitaire de 120 000 m<sup>3</sup>, à cuve externe en béton précontraint et cuve interne constituée d'une membrane assurant l'étanchéité ;
- un ensemble d'installations de traitement du GNL (pomperie, échangeurs, gazéificateurs) et de reprise des évaporations, avec tous les équipements de contrôle et de sécurité associés.

Deux appontements identiques ont été prévus pour des raisons de sécurité d'approvisionnement du GNL. Chacun

d'entre eux peut recevoir des méthaniers dont la capacité est comprise entre 25 000 et 200 000 m<sup>3</sup>, ils pourraient, après quelques aménagements, recevoir des navires de 300 000 m<sup>3</sup>.

Chaque appontement, disposé parallèlement au rivage et à l'axe du chenal de navigation, comprend :

- quatre ducs d'Albe d'accostage souples, composés de tubes à inertie variable ; les deux ducs d'Albe d'extrémité peuvent absorber chacun une énergie maximale de 275 tonne mètres et les deux ducs d'Albe intermédiaires peuvent absorber chacun une énergie maximale de 120 tonne mètres ;
- deux ducs d'Albe élastiques, également composés de tubes à inertie variable, pour les amarres longitudinales, et quatre massifs d'amarrage à terre en béton armé, pour les amarres transversales ;
- une plate-forme de 150 m de long sur 20 m de large, reliée à la terre par 3 passerelles d'accès ; cette plate-forme supporte les canalisations et les bras de déchargement du GNL et permet l'accès à bord.

Le front d'accostage a été fixé à 90 m de la crête de rive, de façon à permettre à la fois une pente du talus de berge assez faible et une position du méthanier à poste aussi en retrait que possible du chenal de navigation.

Les trois passerelles d'accès à la plate-forme de déchargement sont destinées, l'une exclusivement aux canalisations de déchargement, les deux autres à l'accès du personnel et à l'avitaillement des navires. Chaque plate-forme sera équipée d'une tour d'accès à bord à plusieurs niveaux.

Le transfert de la cargaison de GNL s'effectuera, sur chaque appontement, par une batterie de cinq bras articulés en acier inoxydable : 4 bras pour le déchargement du GNL, 1 bras pour le retour du gaz. A cause, d'une part, du marnage important et d'autre part de la variété des navires susceptibles d'accoster, ces bras auront un débattement très important.

Chacun des deux réservoirs de stockage est conçu pour recevoir, sous une pression légèrement supérieure à la pression atmosphérique, 120 000 m<sup>3</sup> de GNL dont la température d'ébullition est de - 165° C environ et la masse volumique moyenne de 0,45 t/m<sup>3</sup>. Leur diamètre extérieur est de 64,30 m et leur hauteur totale de 54,90 m.

Il sont du type à membrane intégrée, selon un procédé mis au point par la Société TECHNIGAZ et déjà utilisé sur de nombreux navires méthaniers.

Le principe de cette technique est de dissocier la fonction d'étanchéité de la fonction de résistance mécanique.

La résistance mécanique est assurée par la cuve externe, construite en béton armé et précontraint de 90 cm d'épaisseur ; les efforts dus à la charge hydrostatique du GNL et à la pression de la phase gaz sont transmis à cette cuve externe par l'isolation porteuse.

L'étanchéité au GNL et au gaz est assurée au niveau du fond et des parois par une membrane en acier inoxydable austénitique de 1,2 mm d'épaisseur ondulée dans deux directions orthogonales, conçue de façon à prendre des déformations thermiques très importantes en ne développant que de faibles contraintes. L'étanchéité est complétée au niveau du dôme par une tôle métallique en acier au carbone qui sert également de coffrage au béton de coupole.

L'isolation entre cuve externe et cuve interne est réalisée au moyen de panneaux de polychlorure de vinyle à cellules fermées, recouverts de contre-plaqués, et d'une épaisseur uniforme de 18 cm. Ces panneaux assurent la protection thermique du béton et limitent les fuites thermiques du réservoir de sorte que le taux d'évapora-



Vue des réservoirs et d'un appontement en construction - Photo Y. BLOND - Nantes.

tion journalier reste inférieur à 0,10 % de la capacité du réservoir. L'isolation est complétée en partie haute par un toit suspendu en aluminium supportant une épaisseur de 50 cm de laine de verre.

Toutes les entrées et sorties du réservoir se font en partie haute : les réservoirs sont équipés d'un dispositif de trop plein et d'un disque de rupture au sommet de la coupole ; trois orifices dans le dôme permettent le passage des pompes immergées.

Le sol du terminal est constitué d'une épaisse couche de vase (35 m environ), comportant quelques alternances sableu-

ses. Cette couverture surmonte un socle altéré composé de couches de granite, de gneiss et mécaschistes. Les strates possèdent un fort pendage et la profondeur d'altération varie d'une strate à l'autre.

Les caractéristiques particulières de ce sol ont conduit à fonder chaque réservoir sur un ensemble de 113 barettes oblongues de 2,5 m<sup>2</sup> de section et de 35 à 40 m de profondeur. Ces barettes sont prolongées par des poteaux encastrés dans le radier général, épais de 1 m et situé à 2 m au dessus du

sol de façon à assurer une bonne ventilation. Dans le radier, est encastrée la jupe cylindrique de 90 cm d'épaisseur réalisée en coffrage glissant. La couverture est composée d'une coupole de 60 cm d'épaisseur coulée sur une tôle en acier.

Le radier est précontraint par 32 câbles assurant une résistance à la rupture de 300 tonnes, disposés en demi-cercles. La jupe est précontrainte verticalement par 80 câbles de 200 tonnes de résistance renforcés en partie haute par 88 barres de 58 tonnes de résistance. La précontrainte horizontale est réalisée par 156 câbles de 275 tonnes de résistance.

Les diverses sollicitations prises en compte pour le calcul des ouvrages sont de trois types :

- sollicitations de service : poids propre, mise en précontrainte par phases successives, remplissage de GNL, pression de la phase gazeuse (230 mbar), gradients thermiques, surcharges de toit, neige et vent ;
- sollicitations d'épreuve : mise en surpression de 345 mbar et en dépression de 3,75 mbar, remplissage partiel à l'eau cumulable avec la surpression ;
- sollicitations exceptionnels : séisme (défini par un spectre de fréquence calé sur une accélération de 0,1 g en surface), mise en froid accidentelle du béton de la jupe ou de radier (un rectangle de béton de 5 m sur 2 m est supposé porté puis maintenu à - 164° C), impact d'un avion du type de ceux fréquentant régulièrement l'aérodrome de ST-NAZAIRE - MONTOIR.

Par ailleurs, chaque réservoir est entouré d'une cuvette de rétention d'une capacité égale à 110 % de celle du réservoir, et qui est destinée à contenir toute fuite accidentelle de GNL. Les merlons des cuves, hauts de 6,5 m et larges de 6 m à la base, sont construits en terre armée.

Le débit nominal d'émission du terminal est de 1 200 m<sup>3</sup>/h de GNL soit 710 000 m<sup>3</sup> (n)/h de gaz naturel.

Le GNL stocké dans les réservoirs est repris par des pompes primaires immergées (3 par réservoir) qui alimentent, sous une pression de 8 bar, des pompes secondaires verticales. Le GNL ainsi comprimé à 96 bar est gazéifié dans des panneaux à ruissellement, les calories nécessaires étant apportées par l'eau de la LOIRE. La pomperie d'eau de gazéification comprend 4 pompes de 10 150 m<sup>3</sup>/h chacune. La prise d'eau est formée de 4 caissons flottants avec grille d'entrée. La filtration est assurée par deux filtres à tambour. L'eau, après passage dans les gazéificateurs, est rejetée par gravité dans l'estuaire.

En secours des gazéificateurs à ruissellement sont installés des gazéificateurs autonomes à brûleur immergé.





Construction de la cuvette de rétention d'un des réservoirs. Photo Y. BLOND - Nantes.

Le gaz naturel sortant des gazéificateurs est dirigé, après comptage, vers le réseau de transport du Gaz de France, sous une pression d'environ 80 bar.

Les évaporations produites par les fuites thermiques des tuyauteries et des réservoirs sont récupérées par 3 compresseurs de 2 000 m<sup>3</sup>/h qui maintiennent constante la pression absolue dans la phase gazeuse des réservoirs et refoulées sous 10 bar vers un mélangeur qui assure leur dissolution dans le GNL.

Au cours du déchargement des méthani-  
ers, des surpresseurs permettent de ren-

voyer sur le navire le volume de gaz correspondant au déplacement de la cargaison. Les surcroûts de gaz d'évaporation éventuels seraient brûlés sur les deux torches (l'une pour le terminal et l'autre pour le navire) prévues à cet effet.

Par ailleurs, le terminal comprend des installations de sécurité générales ou particulières à une partie des installations, des moyens de lutte contre l'incendie, une salle de contrôle et de commande, des bâtiments d'exploitation, ainsi que tous les auxiliaires indispensables à son fonctionnement.

# Le réseau de Gaz de Slovénie

*par Georges de BUFFEVENT  
Ingénieur des Ponts et Chaussées  
Directeur Général de SPIE-CAPAG*



Un souci d'harmonie entre les besoins de la Slovénie en énergie et le respect de l'environnement ont amené les autorités de la République Yougoslave de Slovénie à concevoir le projet du " Slovenian Gas Pipeline " .

Ce réseau, qui couvre l'ensemble de la Slovénie permettra d'approvisionner en gaz naturel, d'une part, les consommateurs industriels, d'autre part, trois centres de distribution pour la consommation domestique des villes principales : Ljubljana, Maribor et Celje.

La consommation de la Slovénie en gaz naturel a été fixée pour 1980 à 750 millions de m<sup>3</sup>/an à pression normale, pour 1990 à 1.8 milliard de m<sup>3</sup>/an et au-delà de 1995 à 2.2 milliards de m<sup>3</sup>/an. Le réseau de gaz a été conçu pour satisfaire aux besoins jusqu'en 1995, sans modification et sans adjonction de station de compression.

Un contrat pour la fourniture de ces quantités en gaz naturel a été signé avec l'Union Soviétique. Les livraisons s'effectuent à la frontière autrichienne à la station de Cersak qui raccorde le réseau Slovène au Trans-Austria-Gasleitung (TAG) lui-même alimenté en gaz russe. Le réseau est également raccordé à l'Ouest au système gazier européen par la station de Nova Gorica sur la frontière italienne. L'extension future du réseau jusqu'à Koper et la construction éventuelle d'un terminal maritime de réception de gaz liquéfié devraient ouvrir des possibilités nouvelles d'importation.

Le montant initial de l'investissement représentait environ 500 millions de francs. L'ensemble des crédits français ne pouvant couvrir le montant de financement requis par les autorités Yougoslaves, le complément était apporté par des crédits hollandais, ce qui impliquait une participation hollandaise à la réalisation du projet.

Le 21 juillet 1976, un accord préliminaire était signé entre le client Yougoslave, PETROL TOZD ZEMELSKI PLIN, et un groupement Franco-Hollandais piloté par SPIE-CAPAG. Le financement extérieur était assuré de la manière suivante :

- Un crédit acheteur français
- Un crédit acheteur hollandais
- Un crédit financier organisé par un groupement bancaire international (BNP, Bankers, Trust, Hollandse Bankunie, etc...),

les financements yougoslaves étant montés par la LJUBLJANSKA BANKA.

Le contrat définitif était signé le 16 septembre 1976 et portait sur la fourniture " clé en mains " de l'ensemble du réseau de gaz de Slovénie soit : l'engineering, les fournitures, la construction et la mise en route de :

- 620 kilomètres de pipeline dans des diamètres allant de 20" à 2",
- les distributions moyenne et basse pression des villes de Ljubljana, Maribor et Celje,

- un réseau complet de télécommunications,
- 80 stations de régulation et comptage.

## Construction

Les tubes proviennent de deux origines : les tubes de petits diamètres, (11.000 tonnes de 12" à 2") ont été commandés localement à la tuberie de Sisak. Les tubes dans les diamètres de 20" et 16" (24.000 tonnes) ont été commandés en France chez Vallourec et Pont à Mousson.

Les tubes de petits diamètres sont revêtus en ligne au moyen de bandes plastiques. Les tubes de 20" et 16" ont été revêtus en usine (Isopipe Sedan) selon un procédé nouveau en Europe : le polyéthylène extrudé à chaud sur un primer réversible à base de Butyl qui adhère à la fois au tube acier et au revêtement polyéthylène. Ce revêtement résiste très bien aux températures extérieures et aux contraintes subies lors du cintrage des tubes.

Le transport des tubes a été effectué par chemin de fer jusqu'en Slovénie puis, par camions des gares Slovènes aux sous-dépôts de chantiers. Enfin, les tubes sont disposés en cordon le long de la piste par des engins chenillés porte-tubes. Les tubes sont ainsi bardés en tenant compte de leur épaisseur qui varie de 6 à 12 mm suivant les normes liées à la densité de population des zones traversées.

Le tracé dans l'ensemble est peu sinueux, il faut cependant compter une moyenne de dix à vingt cintrages au kilomètre.

Le raccordement se déroule en plusieurs opérations successives : chanfreinage des extrémités des tubes, soudure, meulage de la soudure, application du joint de revêtement.

La qualité de ces opérations est contrôlée en permanence. Une sonde annulaire est utilisée pour vérifier l'étanchéité du revêtement. De plus, chaque soudure est radiographiée et les développements sont effectués quotidiennement pour corriger immédiatement les défauts éventuels.

Le pipe devant être recouvert d'un mètre de terre, la tranchée a une profondeur moyenne de 1,50 m et une largeur à la base de 0,60 m. Une trancheuse effectuée en permanence par plusieurs pelles hydrauliques. Celles-ci sont également employées pour réaliser les " points spéciaux " : passages de routes, franchissements de rivières ou de zones rocheuses, points de raccordements, etc...

Les tronçons sont mis en fouille par des " side-booms " et raccordés entre eux. Après remblayage de la tranchée, la terre végétale est remise en place et nivelée et l'aspect initial du paysage est reconstitué par gazonnement.

Le parc matériel nécessaire à toutes ces opérations représente environ 25.000 chevaux. Il est constitué de bulls, pelles hydrauliques, side-booms, cintreuses, trancheuses pour le gros équipement.

La difficulté dans la construction d'un tel réseau est de coordonner des chantiers éloignés les uns des autres et qui se déplacent continuellement. L'organisation d'ensemble est coordonnée par une direction de projet qui rassemble à Ljubljana engineering, approvisionnements et administration. L'effectif du chantier a atteint en période de pointe cinq cents personnes dont deux tiers de Yougoslaves.

## Conception du réseau et détermination du tracé

Le réseau comporte quatre parties :

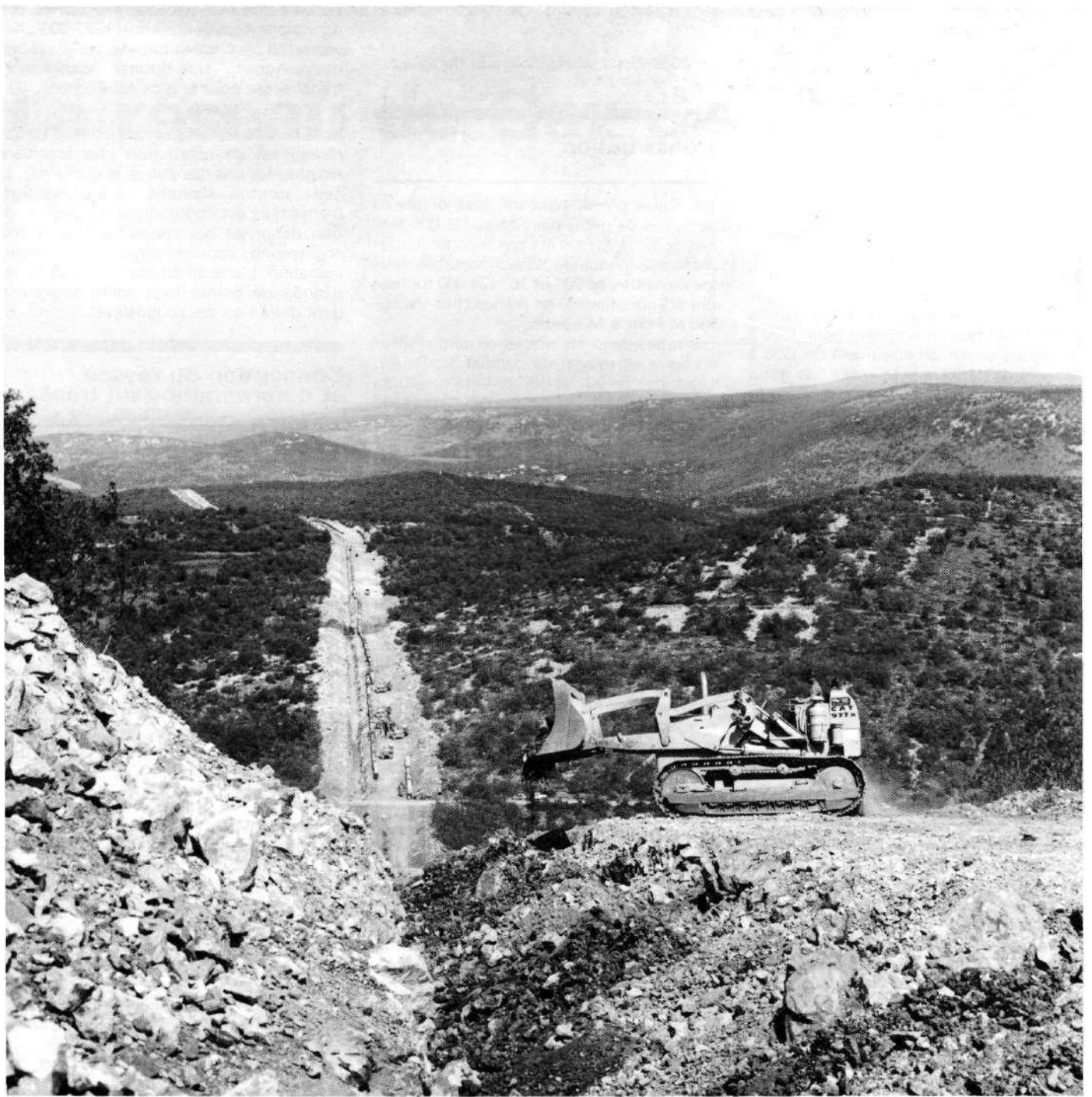
- Une ligne principale Nord-Sud (M1) de 65 km de long, diamètre 20". Cette ligne qui amène le gaz en provenance d'U.R.S.S. depuis la frontière autrichienne continue vers la Croatie à travers les villes de Maribor et de Rogatec.
- Une seconde ligne principale Ouest-Est (M3) venant de la frontière italienne et continuant jusqu'à Vodice après avoir traversé Ljubljana. Cette ligne de 20" a 97 km de long.
- Une ligne secondaire (M2) raccordant les deux lignes principales M1 et M3. Cette ligne mesure 108 km avec un diamètre de 16".
- En plus de ces lignes principales, les lignes latérales suivantes raccordent les centres de consommation et les clients individuels au réseau :
  - Vodice - Kranj (Primskovo) 10 3/4" longueur 12 km
  - Kranj - Jesenice 8 5/8" longueur 33 km
  - Zalec - Velentje - Ravne na Koroskem 8 5/8" longueur 42 km
  - Kidricevo - Ptuj - Ljutomer 10 3/4" longueur 43 km
  - Ljutomer - Lendava 8 5/8" longueur 19 km
  - Nova Gorica - Ankhovo 8 5/8" longueur 20 km
  - Trojane - Hrastnik 8 5/8" longueur 21 km

## Stations de comptage

Les stations principales de comptage et régulation sont installées aux postes frontières :

- **Cersak** : à la frontière autrichienne
- **Nova Gorica** : à la frontière italienne
- **et à Rogatec** : à la limite de la République de Croatie.

Le volume de gaz débité est mesuré par l'intermédiaire de compteurs à orifice. Ce



comptage ainsi que la pression et la température sont transmis par radio au Centre de Dispatching de Ljubljana. D'autres mesures telles que le poids spécifique, la valeur de réchauffage ne sont pas retransmises mais seulement enregistrées.

Le Centre de Dispatching est installé à Ljubljana et permet la supervision et le contrôle de l'ensemble.

En dehors des stations principales de comptage, chaque consommateur industriel possède à l'entrée de son installation une petite station de comptage/régulation. Ceci représente 37 stations avec réduction de pression à double étage et 38 avec

réduction de pression à simple étage.

Les pressions de service vont de 67 à 20 bars dans le réseau haute pression et de 10 à 1 bar dans le réseau basse pression.

L'ensemble du projet a été exécuté en trois phases. Les deux premières phases ont été achevées respectivement en juin et décembre 1978 selon le calendrier contractuel et grâce à une excellente collaboration avec les fournisseurs et sous-traitants Yougoslaves.

Quand la phase III du projet sera terminée au mois de décembre de cette année, la Slovénie disposera d'un réseau de distribution de gaz naturel alimentant quelques

vingt six villes et communautés urbaines et un grand nombre de consommateurs industriels.

Un tel outil de transport constitue un apport économique important et créateur d'emplois dans des régions jusque là éloignées des zones de développement industriel.

C'est là un des mérites du pipeline, ouvrage discret puisque sa réalisation tend à le rendre invisible mais ouvrage efficace et économique qui contribue au développement des régions sans troubler leur environnement.



# spie-capag

**worldwide  
pipe line  
contractor**

SPIE-CAPAG engineers and constructs all types of product, oil, gas or slurred solid pipelines, as well as any related facilities such as pumping and compressor stations, terminal facilities, cathodic protection, telecommunication systems... SPIE-CAPAG has gained a unique expertise in constructing over 20,000 km of pipelines during the last 30 years, in 23 countries on the five continents, under most severe conditions ranging from Algerian desert to Borneo swamps, Brazilian jungle, Austrian Alp mountains or Dutch polders... SPIE-CAPAG has adequate resources — men and means — to carry out any major pipeline project, of any size, any time, anywhere in the world...



**spie-capag**

OSLO BUILDING - 2, PLACE DE L'ÉQUERRE

SILIC 312 - 94588 RUNGIS CEDEX FRANCE - PHONE: 687.31.45  
TELEX: SPICA 202010

7ag'

Algeria  
Austria  
Belgium  
Brazil  
Canada  
France  
Gabon  
Germany  
Great Britain  
Holland  
Indonesia  
Iran  
Iraq  
Italy  
Libya  
Luxembourg  
Mauritania  
Morocco  
Senegal  
Spain  
Switzerland  
Tunisia  
Yugoslavia

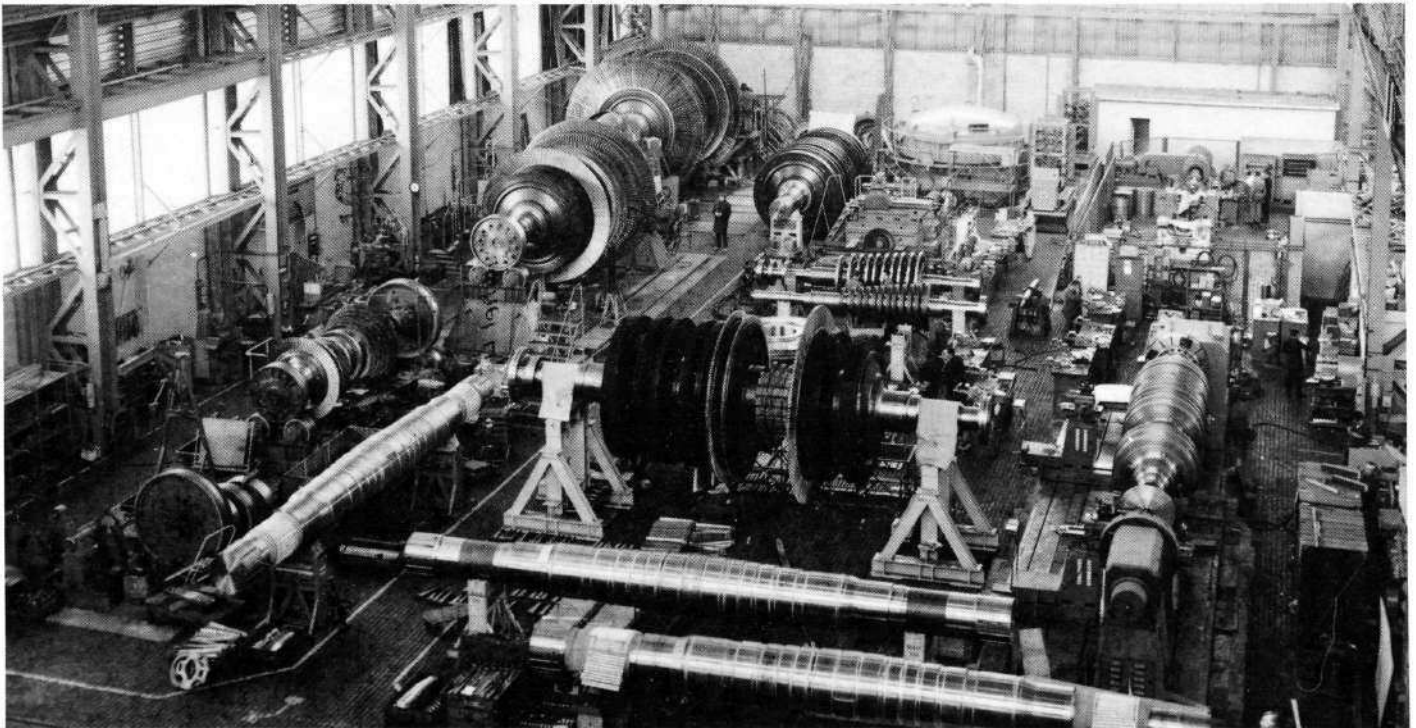


Hall de l'usine de Chalons s/Seine.

# La réalisation des centrales nucléaires françaises : les grands choix

*par Michel HUG  
Directeur de l'Équipement d'Électricité de France*

Centrales nucléaires de Tihange et de Fessenheim. Hall d'équipement.



Qu'il s'agisse de ménager les ressources rares - énergie et matières premières - ou l'environnement, le problème de nos sociétés est de situer les décisions dans un horizon plus étendu que celui qui est généralement pris en compte dans les autres secteurs de l'activité.

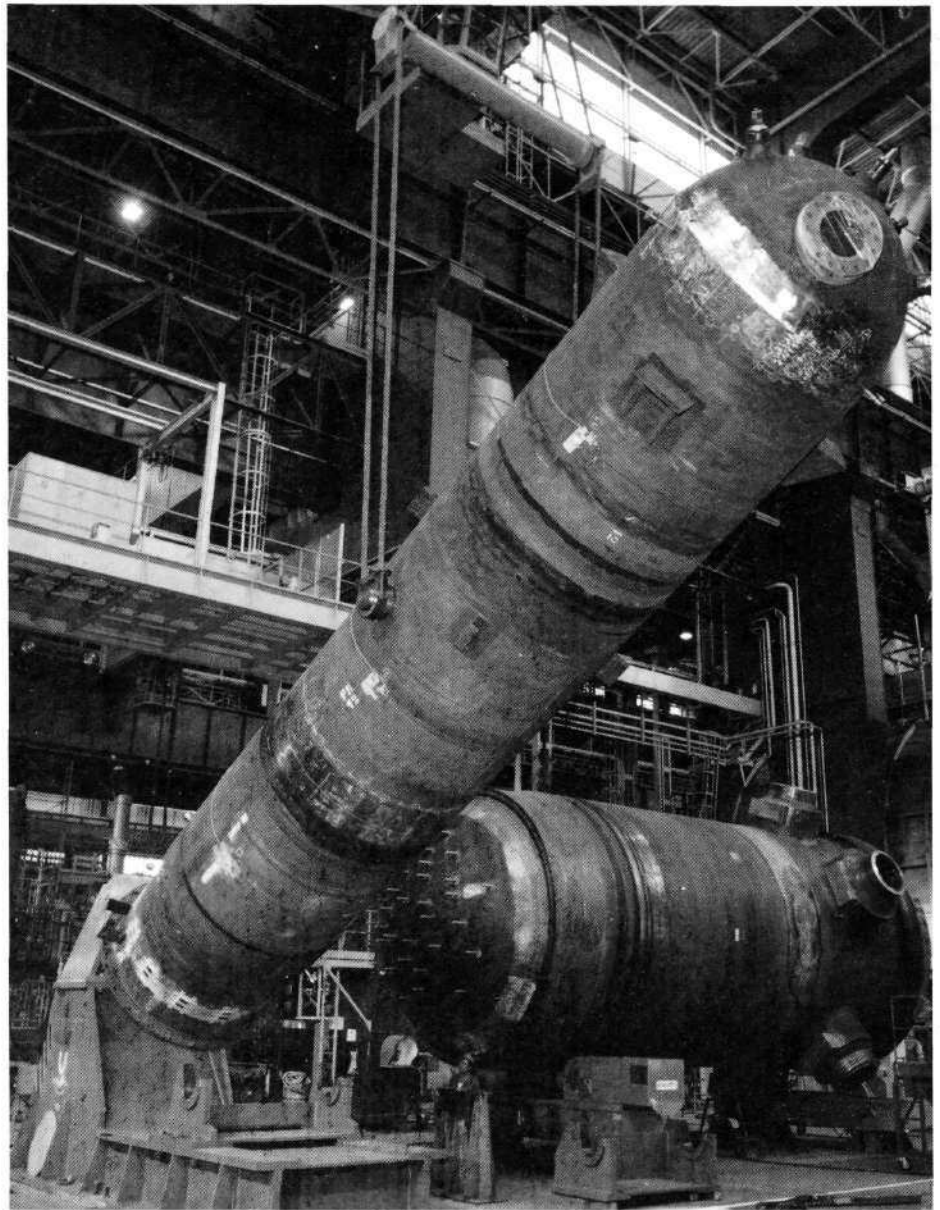
Précisément, le secteur de l'énergie est parmi ceux dont le temps de réponse à une inflexion décisionnelle est le plus long : la durée de construction d'une centrale entre le premier béton et son couplage au réseau est d'au moins cinq ans, elle est précédée d'une phase de préparation du site qui peut être supérieure à deux ans. Ces étapes de réalisation doivent être préparées par l'exécution d'études d'impact, l'instruction de nombreuses procédures, une concertation locale. Au total, dix ans s'écouleront entre les premiers gestes relatifs à un site et le couplage de la première tranche sur ce site. D'une façon générale il faut à une filière énergétique quelconque plusieurs décennies pour trouver son plein développement. Une prospective est donc indispensable à plus long terme pour étayer les choix relatifs à des équipements dont la durée de service est de l'ordre de vingt à trente ans.

Pour bien comprendre l'importance du facteur que constitue la durée d'exploitation, utilisons la référence automobile qui est entrée dans la vie courante : CX, 504, R20, dans les conditions d'exploitation des centrales (pleine puissance en marche continue) couvriraient plus de 100 000 km chaque mois. Combien d'entre elles fonctionneraient un mois sans anicroche ? Combien d'entre elles dureraient plus de trois mois sans réparation majeure ? Dans le cas des voitures, la recherche des meilleures conditions économiques d'exploitation vient déjà tempérer la recherche du prix de vente minimum. Dans le cas des centrales ce facteur devient si dominant qu'aucun constructeur au monde ne pourra jamais donner de garantie d'exploitation sur la vie de la centrale. C'est à l'exploitant de porter seul ce risque.

Aussi n'est-il pas étonnant qu'Électricité de France se soit toujours efforcé de fonder la définition de ses moyens et les grands choix de ses équipements sur son expérience d'exploitation.

C'est dans cette optique que la réalisation des centrales du programme électro-nucléaire français a été conçue. Ses caractères essentiels en sont : la rigueur de l'effort de standardisation appliqué à un programme de construction de centrales sans précédent ainsi que la recherche de la réduction des coûts et de l'amélioration de la qualité par l'effet de série dans la construction en usine des matériels.

L'importance du programme imposait par ailleurs la recherche d'une standardisation rigoureuse, la répétitivité des installations permettait la réduction des délais de réalisation et parallèlement une réduction importante des moyens d'études et d'exé-



Framatome.

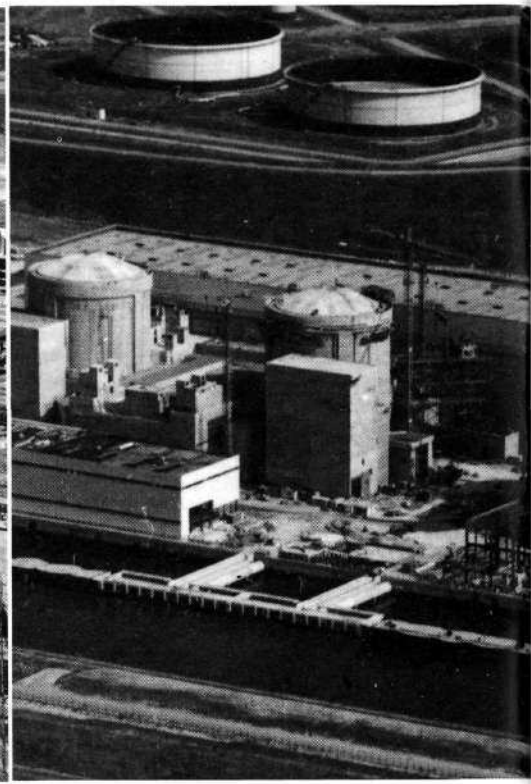
cution chez les différents partenaires : administration, constructeurs, entrepreneurs et sous-traitants, aussi bien que chez le maître d'œuvre. C'est pourquoi, plutôt que de décrire seulement le programme nucléaire et son état d'avancement, il faut aussi définir les aspects originaux des choix en cause : les paliers de puissance, la standardisation des tranches, la construction en série des matériels.

### Intérêt de la standardisation

Lorsqu'on considère la somme de travail que représente la réalisation d'une tranche nucléaire et le volume d'un programme, la nécessité de reconduire, autant que faire se peut, les solutions techniques semble

s'imposer. Mais au-delà de cette nécessité, l'unification des tranches nucléaires apporte bien d'autres avantages. Rappelons-en quelques-uns particulièrement importants :

- en matière de sûreté, la standardisation a notamment permis l'établissement de "fiches d'option de base" (définissant, pour 30 à 40 sujets fondamentaux, des préoccupations de sûreté et les solutions retenues pour y répondre pour les paliers 900 MW et 1 300 MW). De fait, la sûreté a tout à gagner à la standardisation et aux notions qui en découlent, car elle laisse le temps de l'analyse et de la réflexion avant l'introduction des changements et permet une évolution ordonnée et cohérente des règles de sûreté, appuyée sur l'examen des conséquences pratiques au niveau des projets. Elle donne en outre à l'exploitant une bien meilleure connaissance des systèmes, facteur essentiel de la sûreté quotidienne ;



Centrales de Tricastin, de Gravelines et Dampierre. Effets de série de génie civil.

- une fois réalisée la tête de série, la concentration des études sur un seul produit et l'effet de série sur les réalisations se traduisent directement par une diminution des délais. On peut en outre escompter une amélioration de l'instruction des procédures d'autorisation ;
- de plus une série de matériels identiques à des stades divers de construction constitue un volant de rechange en cas d'avarie sur les premières tranches en cours de démarrage ;
- à cela s'ajoute une diminution des frais intercalaires liée à la réduction des délais et un dégonflement des stocks de pièces de rechange ;
- par ailleurs, il est un avantage essentiel qui prend un relief particulier dans le cadre de centrales nucléaires : il s'agit de la réduction des aléas. L'étude d'un projet, et par la suite l'étude de solutions nouvelles ou simplement modifiées pour les tranches suivantes, se fait au prix de tâtonnements et de mises au point. L'uniformisation des tranches, en revanche permet de réduire les aléas d'études, de limiter les maladies de jeunesse aux premières tranches. De plus, il est possible de concentrer sur les problèmes essentiels le gros des moyens d'études et d'approfondir le projet. Il devient possible également de réaliser des maquettes détaillées d'installation (à grande échelle) de développer des essais de matériaux, de financer des bancs pour y essayer les matériels comportant des inno-

ventions ou simplement tête de série. Par la suite, ce potentiel d'études est utilisé pour corriger les défauts des premières tranches (appareils en exploitation) au bénéfice des suivantes. En outre, la réduction du nombre des types de matériels, des modifications et des corrections à apporter à ceux-ci, l'harmonisation des spécifications permet aux industriels de renforcer leurs moyens d'études et de rationaliser leur fabrication au bénéfice des coûts, des délais et de la fiabilité de leurs fournitures.

Au regard de ces avantages incontestables, les limites de la standardisation des tranches nucléaires sont rencontrées sur les sites difficiles, devant l'évolution des techniques et devant certaines contraintes industrielles.

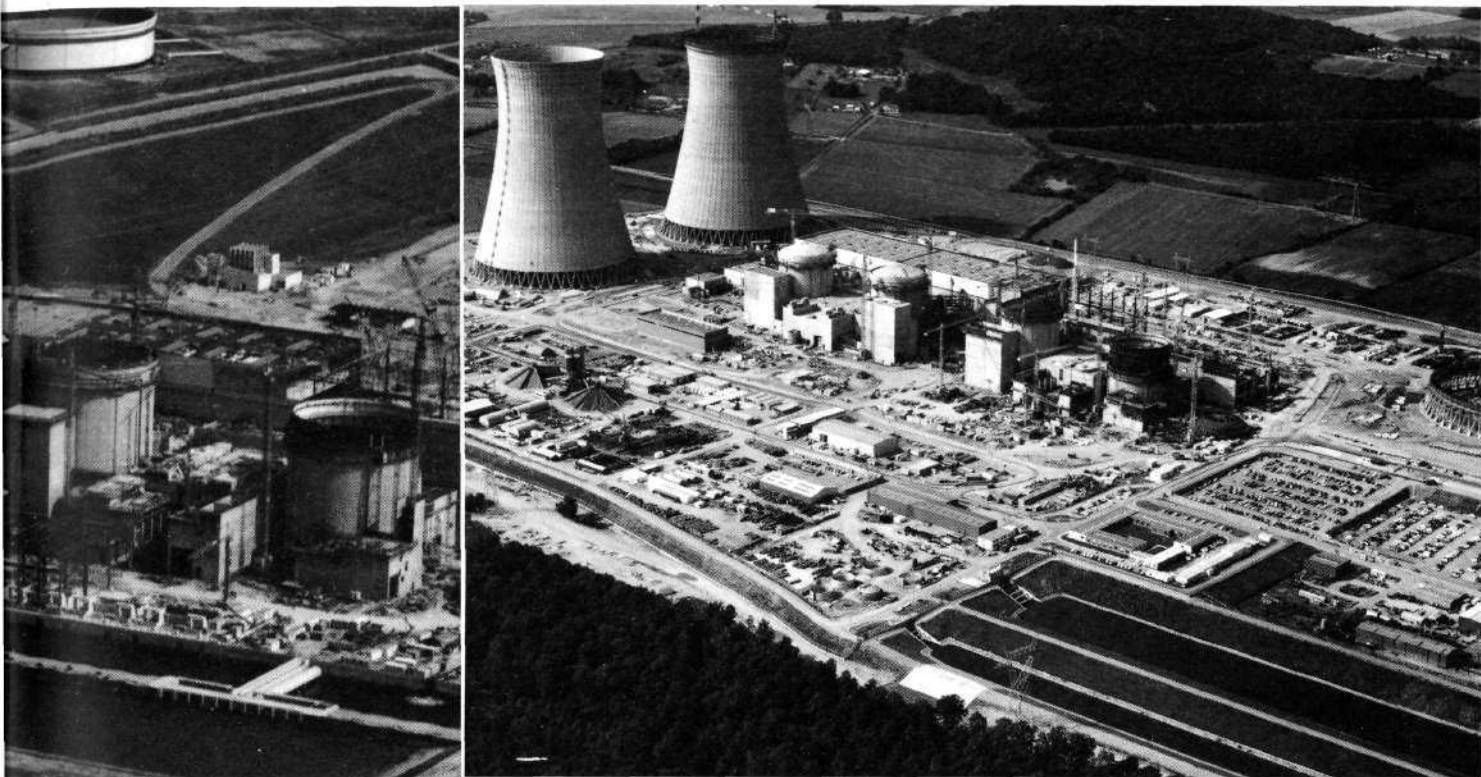
- il serait en effet onéreux, sinon irréaliste, de tenter de définir un projet standard capable de couvrir tous les lieux possibles. Le compromis raisonnable consiste en un projet standard couvrant la bonne majorité des sites et conçu, en outre, pour s'adapter sans trop de difficultés à des sites plus contraignants.
- Il faut permettre en outre à la technique d'évoluer tout en contrôlant cette évolution. C'est pourquoi, pour mieux bénéficier de la standardisation, comme cela avait déjà été fait pour les centrales thermiques ("paliers techniques"), à une évolution continue est substituée une évolution par

étapes discontinues ("trains" à l'intérieur des paliers techniques). Ainsi bénéficie-t-on d'une certaine stabilité, du temps et de l'expérience nécessaire pour préparer une évolution et peut-on éviter les inconvénients de changements mal motivés et désordonnés.

Au niveau des grands composants : cuves, internes, générateurs de vapeur, pompes primaires, turbines, alternateurs, l'unicité du constructeur a été jugée nécessaire compte tenu de la taille des investissements industriels nécessaires et de la difficulté des techniques. Ce choix accompagne l'effort de standardisation et de série et le valorise. A l'inverse au niveau du génie civil, des charpentes métalliques, de la ventilation des locaux, des installations électriques générales, de certains matériels comme les pompes, les transformateurs, etc... il a été jugé souhaitable de conserver une certaine souplesse industrielle. La compatibilité entre la standardisation des centrales et des matériels et cette souplesse a été recherchée dans différentes directions. Le regroupement d'industriels prenant conjointement et solidairement la responsabilité d'un marché pluriannuel reporte au niveau de leurs bureaux d'études l'effort de standardisation c'est la solution retenue pour les installations électriques générales.

La dévolution de matériels homologues de deux trains différents à des industriels con-





currents permet, si ces trains présentent dans le temps un recouvrement suffisant, un certain équilibre industriel, c'est par exemple le cas des turbo-pompes alimentaires.

### Les tranches nucléaires standard françaises

Devant la taille des investissements industriels nécessaires et le caractère forcément limité des capacités nationales, les pouvoirs publics ont préféré l'unicité du constructeur aussi bien dans le domaine de la chaudière que dans celui du turbo-alternateur. Dans le cadre d'une grande continuité technique permettant l'usage maximum de l'expérience d'exploitation, principale garantie de la fiabilité et de la sûreté des ouvrages, les paliers techniques sont décomposés en trains de tranches, afin de conserver une certaine souplesse dans le choix des autres fournisseurs et sous-traitants, ou même, pour pouvoir introduire les améliorations souhaitées le moment venu.

En ce qui concerne le palier des tranches 900 MW après FESSENHEIM et BUGEY (qui en constituent en quelque sorte les têtes de série), deux autres trains de tranches jumelées ont été engagés. Le premier de ceux-ci comporte 16 tranches et le second 8 tranches \*. Ces deux trains ne se

différencient guère que par la salle des machines. Les premières sont disposées tangentiellement alors que les secondes le sont radialement. Ce palier constitue donc un ensemble de 30 tranches (plus 3 tranches supplémentaires) très homogènes entre elles. L'expérience d'exploitation de celles de FESSENHEIM (2) et de BUGEY (4) permettra ainsi d'optimiser la disponibilité et la fiabilité de l'ensemble du palier.

Pour le nouveau palier 1 300 MW qui s'engage avec la construction de PALUEL 1 et 2, les tranches sont indépendantes, répétitives par translation. L'augmentation de puissance a été obtenue en portant de 3 à 4 le nombre de bouches de circuit primaire. L'enceinte est nouvelle ainsi que certains agencements. Toutefois ce palier bénéficie pleinement de l'expérience du palier 900 MW grâce au fait que les composants essentiels présentent beaucoup de points communs, par exemple les premières turbines comporteront 3 corps BP identiques à ceux des turbines du deuxième train 900 MW.

La définition du standard, correctement adapté à la majorité des sites et facilement adaptable à d'autres, résulte de certains choix. On a ainsi retenu une fourchette raisonnable pour les différentes caractéristiques de définition des sites. En second lieu, on s'est efforcé de concevoir le projet pour qu'il s'adapte aisément à des sites dont les caractéristiques sortiraient des fourchettes choisies. Par ailleurs, l'agencement des ouvrages est conçu pour rendre la tranche

facilement adaptable à plusieurs sites. (Il est possible par exemple de modifier le niveau relatif de la salle des machines par rapport à celui de l'îlot nucléaire sans modification des conditions d'installation). Le projet est en outre conçu pour s'adapter aux différentes conditions de réfrigération (rivière, mer, réfrigérants). Le projet est lié enfin aux conditions d'accès (chemin de fer ou route) et de liaison au réseau électrique. Le standard ainsi mis en œuvre facilite non seulement la valorisation de l'expérience d'exploitation des premières tranches mais constitue également un atout considérable dans l'effort d'exploitation.

### Les résultats

L'engagement d'un programme important, la nécessité d'étudier les projets dans le cadre d'une standardisation poussée, la recherche de l'effet de série et d'un niveau de qualité sans précédent conduisent à imposer une évolution des méthodes de travail et une redistribution des moyens.

\* Le Comité interministériel de l'énergie électro-nucléaire qui s'est tenu le 3 avril 1979 a décidé de prolonger le palier des tranches 900 MW en autorisant l'engagement de trois tranches 900 MW supplémentaires au titre des programmes des années 1980-81. Ces tranches devraient s'inscrire dans les deux trains du palier 900 MW.

Sans pouvoir faire ici une analyse exhaustive de ces points, il faut souligner l'effort exceptionnel de mobilisation qui a été réalisé par les industriels, les entrepreneurs, l'exploitant et le maître d'œuvre.

Quels sont aujourd'hui les résultats de cet effort ?

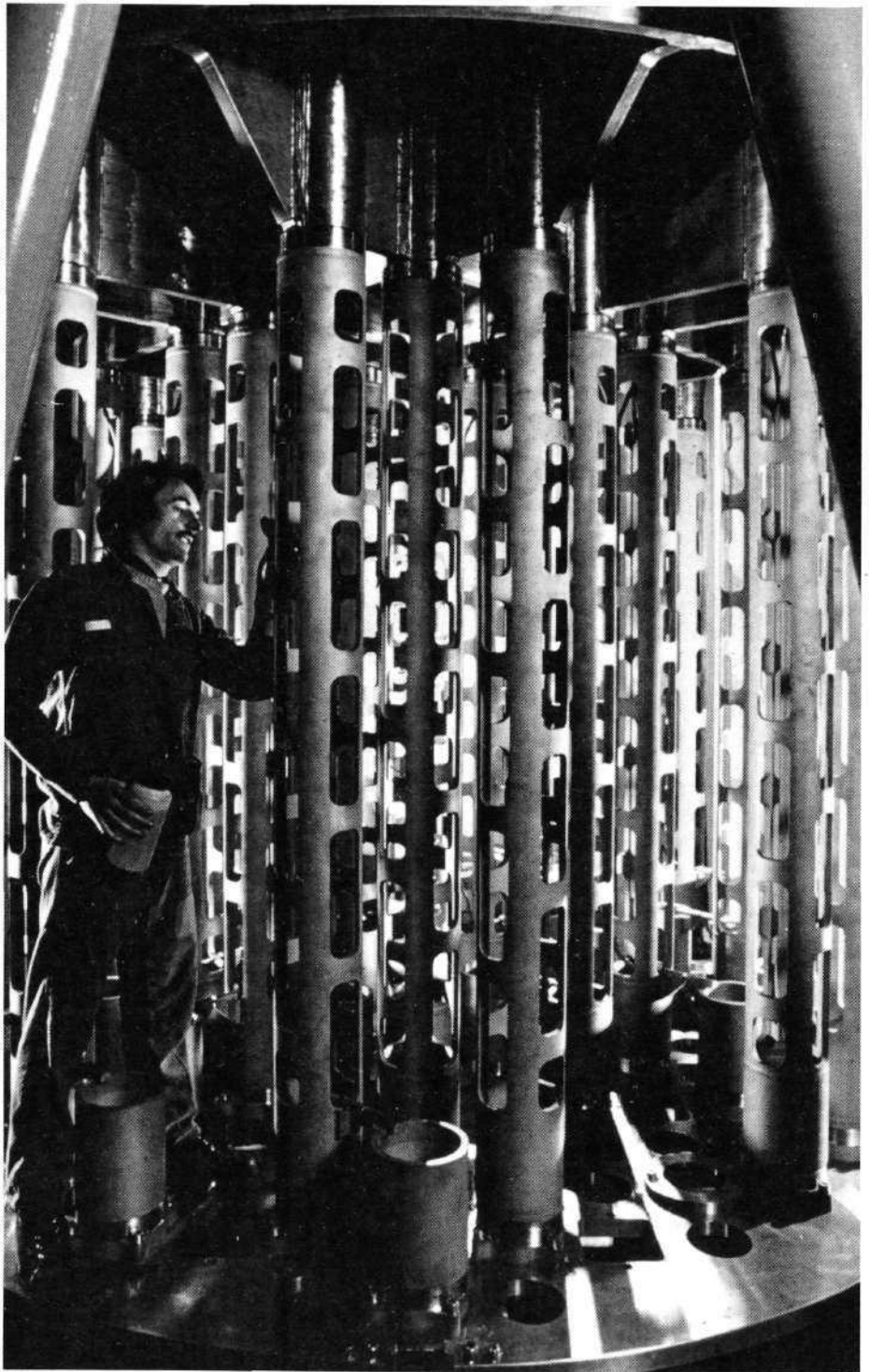
— Sur le plan des coûts, mis à part les premiers éléments de chaque train, les devis de chaque opération sont tenus à 10 % près ce qui n'est pas un mince effort si on veut bien apprécier l'incidence sur cinq ans de l'évolution des conditions d'exécution (durée du travail, niveau des salaires, exigences réglementaires diverses, etc...). Les dérives plus fortes enregistrées pour les premiers éléments de chaque train ne sont que l'expression du refus du maître d'œuvre de se doter de marges confortables dans un devis établi avant que les conséquences des modifications acceptées ou imposées aient pu être entièrement cernées.

— Sur le plan des délais, la quasi totalité des tranches 900 MW après FESSENHEIM et BUGEY seront réalisées en cinq ans entre leur couplage et le premier béton de tranches sur le site. La standardisation et la série auront permis des gestes tels que l'échange des couvercles des cuves de FESSENHEIM 1 et 2 après l'attentat, le remplacement en vingt jours d'une pompe alimentaire de FESSENHEIM, l'arrivée à la date prévue sur le site des internes de DAMPIERRE 2 alors que quelques semaines plus tôt un incident sur la route rendait les internes initialement destinés à cette tranche inutilisables, l'échange des chaudières de BLAYAIS et de SAINT-LAURENT pour tirer parti d'une exécution plus rapide du génie civil de SAINT-LAURENT, etc...

— Sur le plan de la disponibilité des tranches, il est difficile de donner une appréciation qui pourrait apparaître trop précoce. La disponibilité des tranches de FESSENHEIM 1 et 2 a été exceptionnelle, pour une première année de fonctionnement, elle laisse bien augurer de l'avenir dans la mesure où les décisions prises pour ces tranches l'ont été en vue d'optimiser la fiabilité de l'ensemble du palier 900 MW.

Pour conclure sur cet aspect de la réalisation du programme nucléaire, il faut souligner le fait que les choix effectués conduisent à faire l'économie des tâtonnements renouvelés à chaque réalisation et à amortir sur un nombre d'unités important le coût de l'acquisition de l'expérience chez tous les acteurs du programme. L'effet bénéfique de cet effort sur le coût des installations, leur disponibilité et leur fiabilité (donc leur sûreté) est certain même s'il est difficile à chiffrer.

Fruit de l'action opiniâtre et concertée de centaines de Constructeurs, Bureaux



Vue en atelier des équipements internes supérieurs.

d'Études, Services de l'Administration et du Maître d'Ouvrage ce programme va entraîner dans les années à venir une profonde mutation dans l'économie des moyens de production de l'énergie électri-

que et contribuer ainsi puissamment au développement de cette diversification des sources primaires d'énergie qui est une impérative nécessité pour l'économie nationale.

# L'usine de Morsang-sur-Seine

par René COULOMB  
Ingénieur des Ponts et Chaussées  
Directeur de la Société Lyonnaise des eaux et de l'éclairage

## Sa place dans l'alimentation en eau de la grande banlieue parisienne

Dans un cadre de verdure et dans une boucle du fleuve, la station de traitement d'eau de Seine de Morsang n'est pas une " usine " comme les autres. A l'amont des pollutions de l'Essonne et de l'agglomération de Corbeil, elle reste encore assez près de Paris pour que le Schéma général d'alimentation en eau de la Région Parisienne y ait vu un moyen de limiter le développement des usines situées plus à l'aval et d'en faire ainsi, dans l'avenir, le centre de production de la Seine le plus important : un million de m<sup>3</sup> par jour à la fin du siècle. La qualité et de l'originalité de la conception et de la réalisation permirent que l'inauguration de la première tranche fut présidée par le Ministre chargé du premier Ministère de l'Environnement, M. Robert POUJADE.

Morsang-sur-Seine améliore même, en effet, la qualité du site : tout ce qui pourrait gêner l'œil est enterré : sans luxe, sans prétention, de beaux bâtiments s'élèvent dans

la verdure, la tour centrale de la station de traitement en étoile marquant néanmoins d'un signal le paysage.

C'est déjà une grande usine : sa capacité de 75.000 m<sup>3</sup> par jour en 1970 est passée à 150.000 m<sup>3</sup> en 1975. Une dizaine d'années après la mise en service de la première tranche de l'étoile, la troisième et dernière sera réalisée, portant cette capacité à 225.000 m<sup>3</sup> par jour.

Dans le vaste terrain de plus de vingt hectares, il faudra alors prévoir la construction d'une nouvelle usine, Morsang II, qui, en deux tranches sans doute, permettra de tirer tout le parti possible des bâtiments d'exhaure et de refoulement, dont le génie civil a été dimensionné pour 450.000 m<sup>3</sup> par jour.

La réalisation par tranches du génie civil de l'usine, la mise en place, seulement lorsqu'ils deviennent nécessaires, des équipements mécaniques et électriques, résultent d'études économiques établies avec l'aide de la SAFEGE, qui a participé à l'ingénierie de l'ensemble : une anticipation coûte cher, mais il faut par contre être prêt à temps pour que l'on puisse " passer " les pointes de consommation sans que les usagers s'en rendent même compte !

Cette eau produite à Morsang irriguera toute la grande banlieue Sud de Paris, se raccordant à l'Est avec les conduites qui amènent vers Créteil les eaux du calcaire de Champigny et se raccordant à l'Ouest, à travers la Ville Nouvelle de Saint-Quentin-en-Yvelines, à l'adduction d'Aubergenville (cf. figure 1).

Il ne reste actuellement que quelques kilomètres de canalisations à poser sur le territoire de la Ville Nouvelle pour acheter l'interconnexion des réseaux des eaux exploitations parisiennes Ouest et Sud de la Lyonnaise des Eaux et leur permettre ainsi de se secourir mutuellement en cas de besoin, anticipant ainsi les recommandations en matière de sécurité du Comité des Experts nommé par le Préfet de la Région d'Île de France.

## Conception modulaire et évolution technologique

Les ouvrages de traitement méritent une attention particulière. Un bâtiment central dimensionné pour un débit de 225.000 m<sup>3</sup>/j abrite : le stockage et la préparation des réactifs, les pompes et surpresseurs de lavage des filtres, les ozoneurs Degrémont et les armoires électriques nécessaires au fonctionnement des différents appareillages. Partant de ce bâtiment, deux chaînes de traitement d'une capacité unitaire de 75.000 m<sup>3</sup>/j composées d'ouvrages de clarification et de stérilisation réalisés par Degrémont forment les deux premières branches d'une étoile qui en comportera trois. Cette conception modulaire permet une réalisation adaptée à l'évolution des besoins et la prise en compte des progrès techniques qui interviennent entre chaque extension. Ainsi, les deux branches mises en service, l'une en 1970 et l'autre en 1975, sont différentes (cf. figure 2).

On découvre sur la chaîne numéro 1 :

- l'injection des réactifs : floculant (sulfate d'alumine), adjuvant (silice activée), charbon en poudre.

### L'USINE DE MORSANG-SUR-SEINE DANS L'ALIMENTATION EN EAU DE LA GRANDE BANLIEUE PARISIENNE EN 1979

Capacité de l'Usine de MORSANG 150.000 m<sup>3</sup>/j actuellement

Capacité totale de production du Groupe S.L.E.E. dans l'agglomération parisienne dont la moitié d'origine souterraine 1.000.000 m<sup>3</sup>/j

Population desservie par le Groupe S.L.E.E. dans l'agglomération parisienne 1.800.000 habitants

Interconnexion Morsang-Aubergenville, travaux réalisés :

- 60 km environ de canalisation en acier ou fonte de 800 à 1.200 mm de diamètre ;
- un réservoir de 20.000 m<sup>3</sup> à LINAS (devant être quadruplé à l'avenir) ;
- une station de surpression à LINAS équipée pour refouler en première étape 500 m<sup>3</sup>/h.

Usine d'AUBERGENVILLE

Usine de VERNOUILLET

Usines du PECQ-CROISSY

Usine de la MAULDRE

ST QUENTIN  
en YVELINES

TRAPPES

PARIS

la Seine

la Marne

CRETEIL

Usine de  
VIGNEUX

Usine de  
VIRY

VAL  
D'YERRES

LINAS

EVRY

MELUN  
SENART

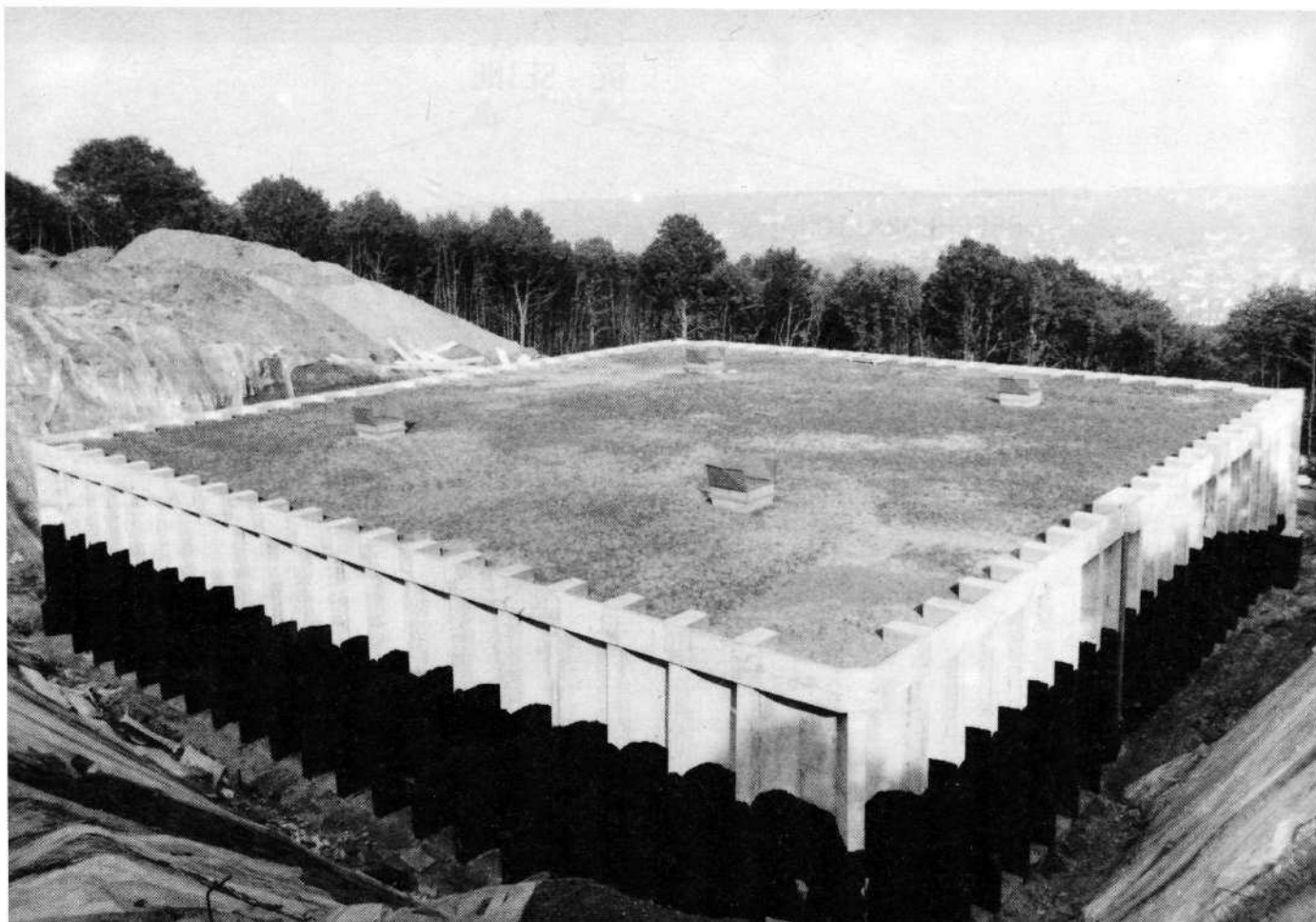
Usine de MORSANG

— Canalisations Existantes

- - - Programmes en cours

●●●●● Programmes ultérieurs

FIGURE 1



*Interconnexion Morsang - Aubergenville. Réservoir de LINAS.  
Première cuve de 20 000 m<sup>3</sup> mise en service en 1978. Il est prévu de construire sur le même site dans l'avenir trois autres cuves de même capacité.*

- un flocculateur-décanteur " Pulsator ", d'un débit maximal de 3.300 m<sup>3</sup>/h pour une vitesse ascensionnelle de 5,50 m/h à ce débit.
- Une batterie de filtres à sables Aquazur V, travaillant à une vitesse maximum de 9 m/h.
- puis une ozonation de l'eau filtrée assurée par sa mise en contact avec de l'air ozoné, dans deux tours en série, pendant au moins dix minutes.

La conception de la deuxième chaîne est le résultat de longues études menées sur des installations pilotes et industrielles pendant plusieurs années et qui ont abouti, par rapport à la première branche : au remplacement du charbon actif en poudre, injecté en tête du traitement, par du charbon actif en grains régénérable en deuxième étage de filtration, en aval de l'ozonation ; à l'accélération de la décantation par utilisation d'un nouvel appareil, le superpulsator. Le circuit de l'eau dans la deuxième chaîne est donc :

- floculation-décantation dans un Super Pulsator, qui permet de doubler les vitesses ascensionnelles (11 m/h) et donc de

construire un ouvrage moins important pour un même débit traité.

- filtration sur sable à une vitesse de 13 m/h.
- ozonation.
- filtration sur charbon actif en grains.

La sécurité étant un élément fondamental, s'agissant d'eau potable, un " Ichtyotest " a été installé à 2,5 km en amont de Morsang. Cet appareil, construit par Degrémont, réalise un test global de pollution en contrôlant l'activité de truites. Ce poisson est en effet extrêmement sensible à l'augmentation de pollution. Dans une telle hypothèse, une alarme est envoyée au responsable de l'usine de Morsang, qui en arrêterait alors le fonctionnement. Afin de renforcer efficacement la surveillance, la Lyonnaise des Eaux a demandé en outre à Degrémont d'aménager au niveau de la prise d'eau une station d'analyse automatique qui mesure en permanence : la température, la conductivité, le pH, la turbidité et l'ammoniacque. Cet équipement prévient la

salle de contrôle dès que l'un ou l'autre des paramètres sont d'une fourchette déterminée à l'avance. De plus, les données enregistrées par cette station sont transmises au Centre de télécontrôle de la Banlieue Sud, à Vigneux, où elles sont archivées sur des supports informatiques, pour ultérieurement être traitées statistiquement avec l'ambition d'adapter exactement le traitement à la qualité de l'eau brute.

### **L'avenir de Morsang - L'optimisation des ouvrages de traitement**

Une filière - ou chaîne - de traitement est constituée par la succession des opérations élémentaires qui transforme une eau brute - de Seine - en une eau conforme aux normes de potabilité. Chaque traitement élé-

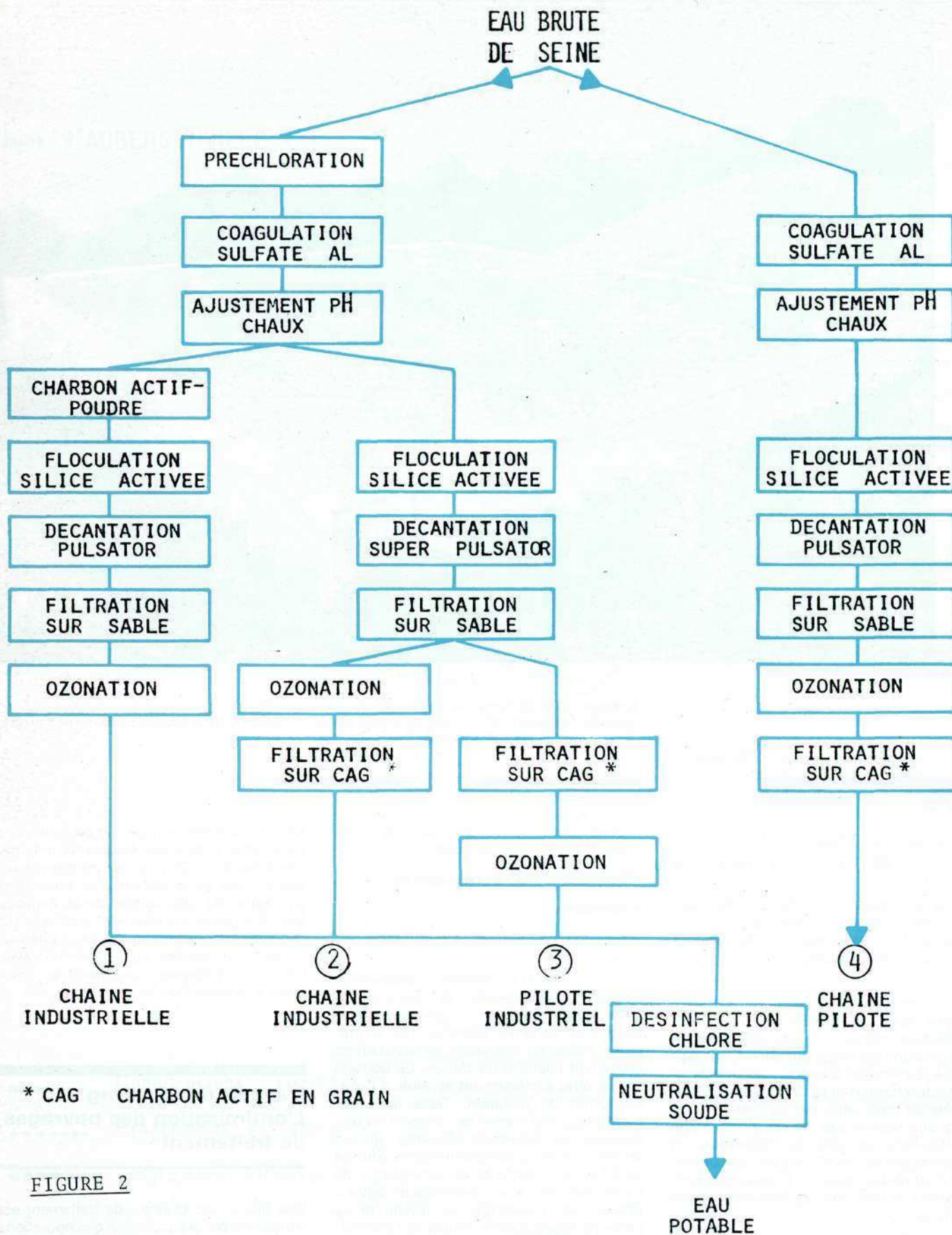


FIGURE 2

mentaire, chaque maillon de cette chaîne, se distingue du précédent par la nature physique, chimique, ou biologique, du phénomène qu'il met en jeu. L'optimisation d'une filière de traitement consiste d'abord à choisir chaque traitement individuel. Cependant, dans le cas d'une filière de traitement d'eau de surface, les traitements disponibles sont relativement limités et il semble peu probable qu'il en apparaisse de nouveaux. Les progrès importants viendront donc essentiellement de l'amélioration des performances des traitements existants et de leur positionnement plus judicieux dans l'ensemble de la chaîne.

Deux traitements posent avec particulièrement d'acuité le problème de l'optimisation de leur position dans la filière : le traitement d'oxydation à l'ozone et le traitement d'absorption au charbon actif. La première chaîne de Morsang, conçue en 1968, utilise le charbon actif en poudre en amont du décanteur de l'ozone en désinfection finale. La deuxième chaîne, conçue en 1974, utilise le charbon actif en grains (CAG) en deuxième étage de filtration, avec une ozonation entre les deux filtrations. Fallait-il mettre l'ozone avant ou après la filtration sur CAG ? (voir figure 2).

Un autre traitement pose un problème d'arrangement : la chloration. Faut-il l'utiliser en tête ou en fin de filière ? Actuellement, son utilisation en tête est largement controversée. Faut-il alors pratiquer une préozonation ? Pour répondre à ces questions, des filières pilotes ont été mises en place, où sont simulées toutes ces variantes.

Optimiser une chaîne de traitement, ce n'est pas uniquement rechercher les combinaisons les plus efficaces pour éliminer tel ou tel type de pollution, mais aussi, réaliser pour des contraintes de qualité données, les ouvrages les plus économiques en investissement et en exploitation. L'évolution technologique a permis progressivement de réduire le volume des ouvrages en augmentant les vitesses de transit. C'est notamment le cas des décanteurs accélérés à lit de boues du type Pulsator et Superpulsator, qui ont pris l'avantage sur les décanteurs statiques depuis plusieurs décennies.



*Usine de traitement des eaux de Morsang/Seine (150 000 m<sup>3</sup>/jour).*

*Au premier plan, la 2<sup>e</sup> chaîne de traitement mise en service en 1975 (décanteur Superpulsator, filtres à sable, et recouverts filtres à charbon actif et cuves d'ozonation).*

*Au second plan, la 1<sup>ère</sup> chaîne de traitement et la station de refoulement sur le réseau.*

Quelle sera la contexture de la troisième tranche de Morsang, dont la mise en service est prévue pour l'été 1983 ? Il est prématuré de le dire aujourd'hui, les études et les essais entrepris seront terminés à la fin de l'année 1979.

Au plus fort de la sécheresse de 1976, alors que des métabolites sapides d'algues ayant proliféré dans la Seine posaient des problèmes aux distributeurs d'eau, les techniques employées à Morsang-sur-Seine permettaient de fournir une eau toujours agréable à boire. Car l'usine de Morsang est un exemple et un modèle : les techniques différentes des deux tranches, qui représentaient à leur mise en service le dernier cri en matière de traitement des eaux, celles actuellement en cours de mise au point pour les tranches ultérieures, contribuent au maintien du renom international de l'industrie française de l'eau.

# La construction de la plate-forme Cormorant A

par Roger LACROIX,  
Vice-Président Directeur Général de SEA TANK CO

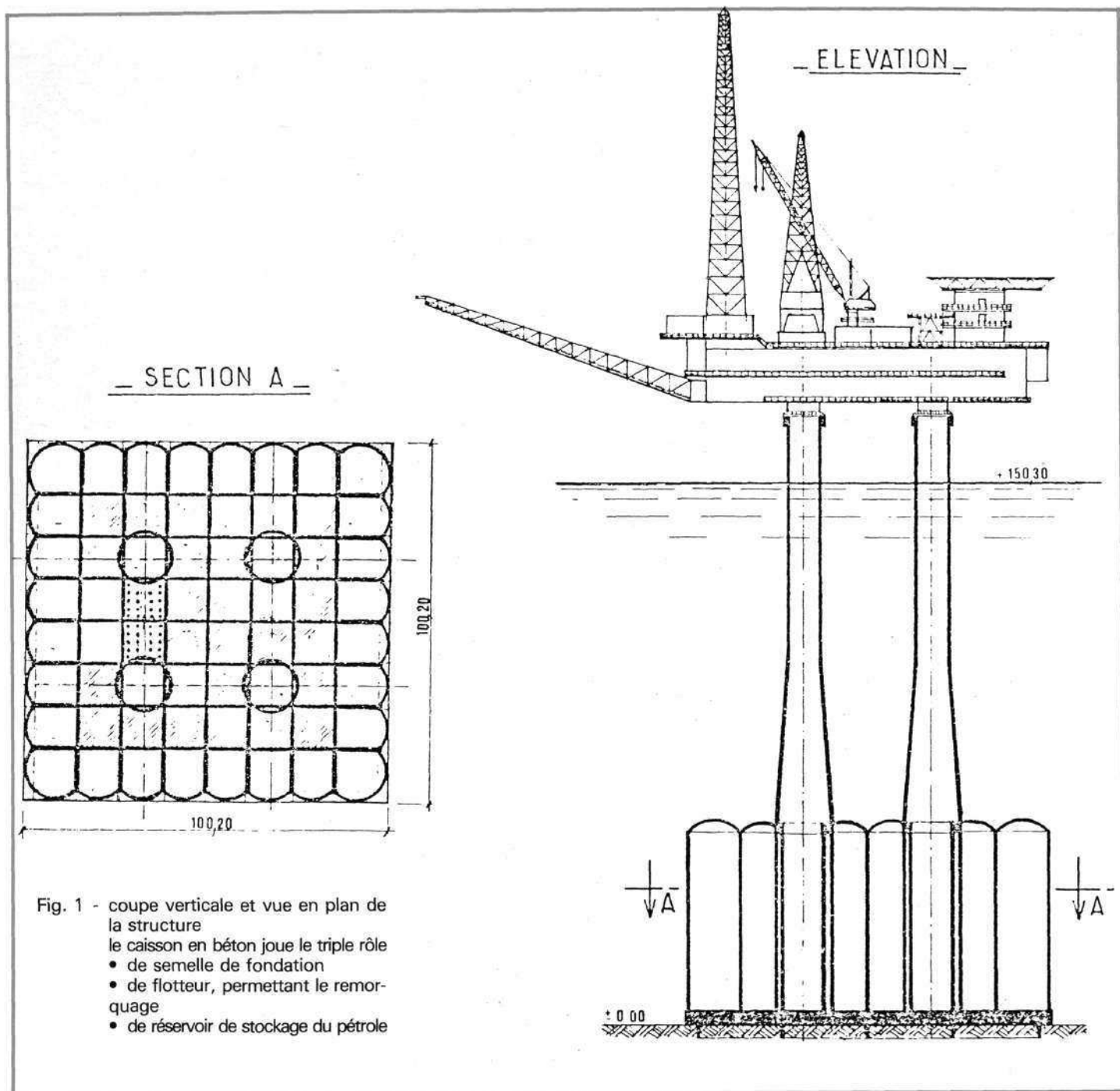


Fig. 1 - coupe verticale et vue en plan de la structure  
le caisson en béton joue le triple rôle

- de semelle de fondation
- de flotteur, permettant le remorquage
- de réservoir de stockage du pétrole



Le projet, la construction, l'équipement et la mise en place d'une plate-forme en mer ont été décrits dans le détail à plusieurs occasions. C'est pourquoi, afin d'éviter une répétition fastidieuse, le présent article ne comprend que le rappel de quelques chiffres, et de nombreuses photographies, ainsi qu'une bibliographie qui permettra au lecteur de retrouver les sujets qu'il souhaiterait approfondir.

La plate-forme Cormorant A a été construite à Ardyne Point, en Écosse par la Société Française SEA TANK CO (1), associée avec l'entreprise britannique Sir Robert Mc ALPINE & Sons Ltd., pour le compte de SHELL U.K. Le projet d'exécution et les travaux furent entrepris au début de 1974, et l'ensemble de la structure était achevée à fin 1976. Après la mise en place du pont métallique, fabriqué par CFEM, et de la majeure partie du matériel, la plate-forme était remorquée jusqu'à son emplacement définitif, et mise en place en juin 1978.

La plate-forme constitue une véritable île artificielle, qui permet les fonctions suivantes :

- forage de puits de production,
- séparation et traitement du pétrole brut,
- stockage du pétrole,
- compression et refoulement du pétrole par pipe-line.

Le pont de la plate-forme supporte en outre des quartiers d'habitation ainsi qu'une centrale de production d'énergie, et différents stockages.

Les principales caractéristiques sont les suivantes :

Profondeur d'eau	140 m
Dimensions du pont	80 x 70 m
Poids du pont en acier	4700 t
Charge totale sur le pont	25000 t
Nombre de tubes de forage	36
Capacité de stockage	160.000 m <sup>3</sup>
Dimensions du caisson	100 x 100 x 57 m
Hauteur des bèches	3,00 m
Diamètre extérieur des colonnes	9,30 à 16,00 m
Volume total du béton	130.000 m <sup>3</sup>
Poids total des armatures	17.000 t
Épaisseur des parois du caisson	0,70 à 0,85 m
Épaisseur des colonnes	0,40 à 1,00 m
Déplacement au remorquage	350.000 t

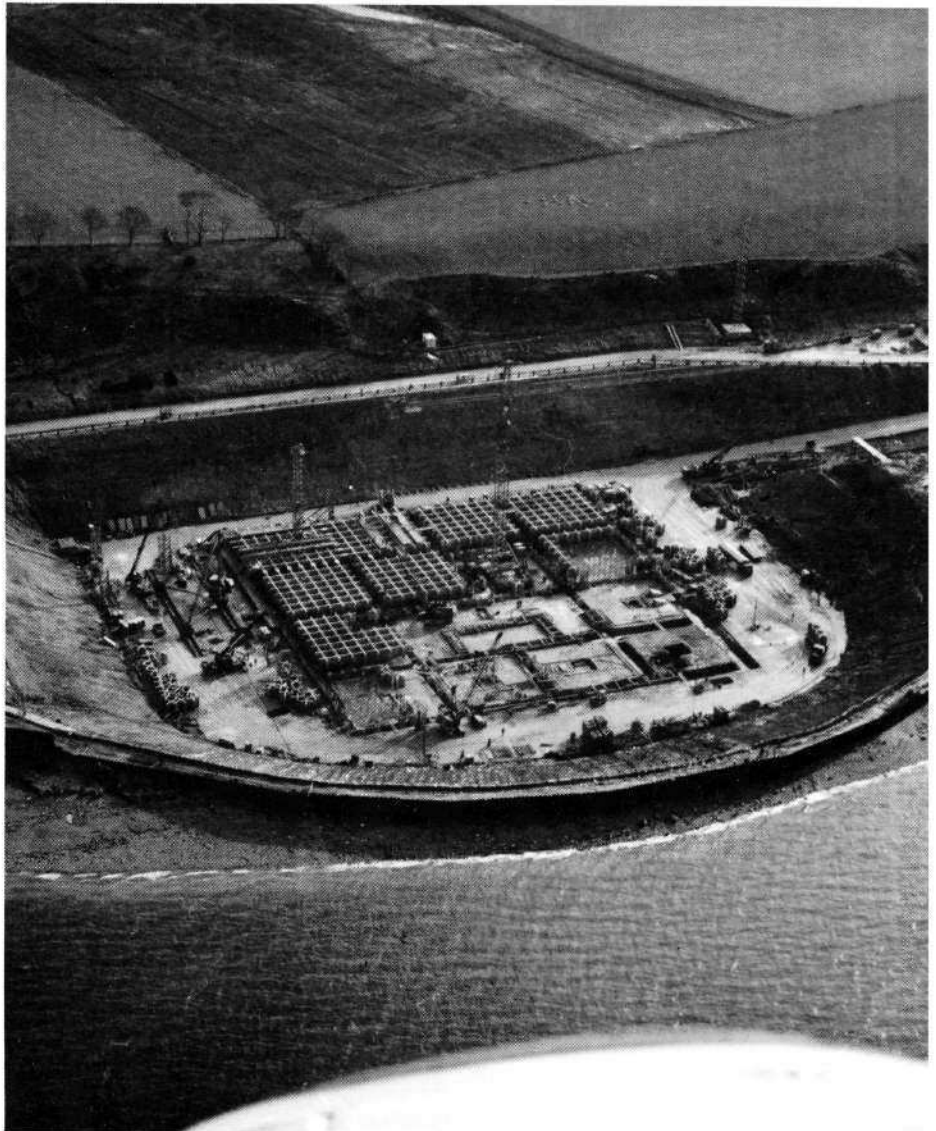


Fig. 2 - la construction en souille, au niveau (- 12), fait appel à la préfabrication on distingue les fossés dans lequel sont mis en place les éléments des bèches préfabriquées.

(1) les actionnaires de SEA TANK CO sont :  
SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'ENTREPRISE  
DUMEZ  
L'ENTREPRISE INDUSTRIELLE  
SAINRAPT & BRICE  
DRAGAGES & TRAVAUX PUBLICS

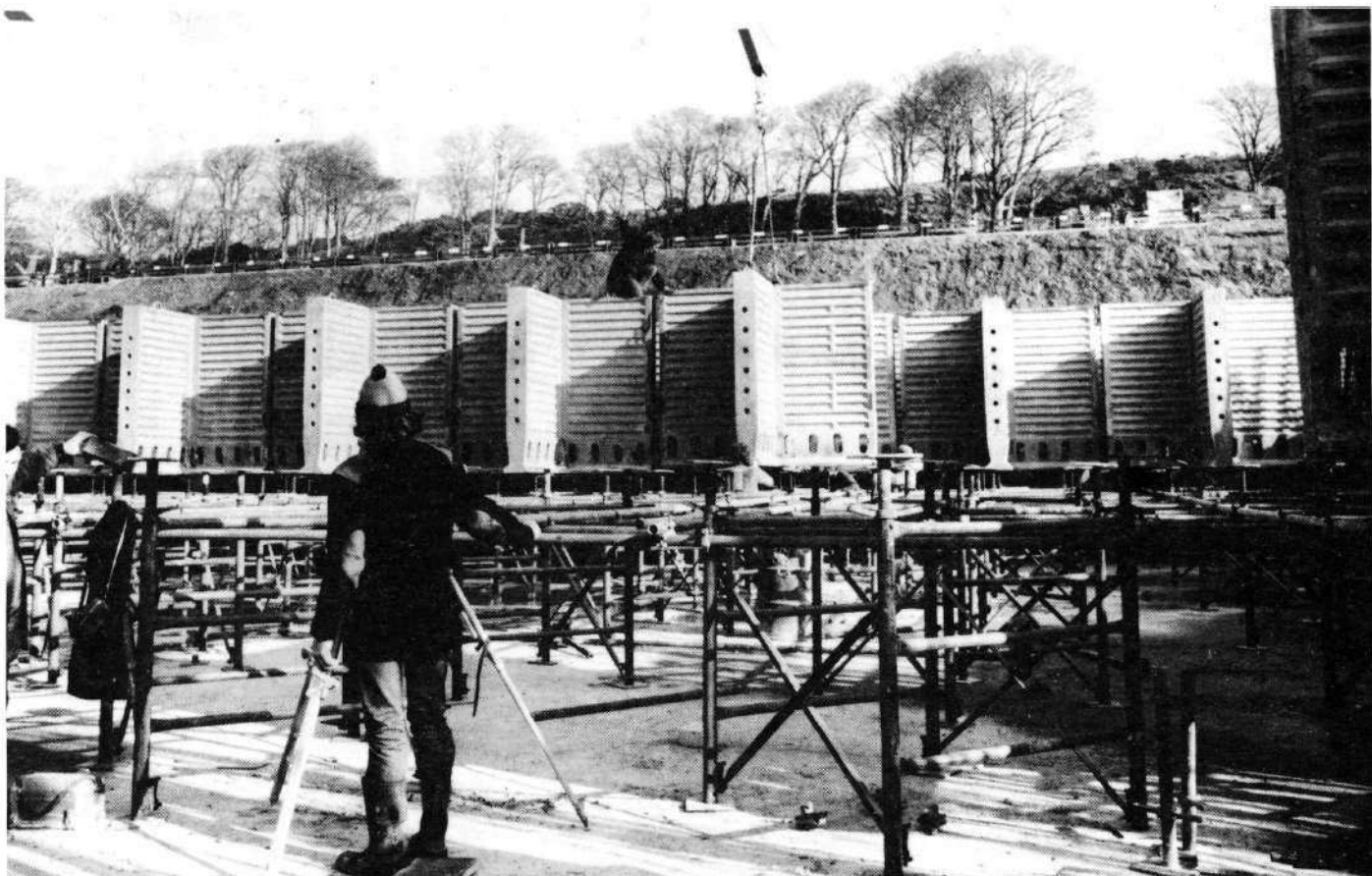


Fig. 3 - mise en place à la grue des éléments préfabriqués qui, assemblés par précontrainte dans les deux directions, raidiront le radier de 1<sup>ère</sup> phase ; ces éléments seront ensuite noyés dans l'épaisseur du radier définitif.



Fig. 4 - après la construction d'une hauteur suffisante des murs extérieurs en voûtes multiples, la souille est remplie, et les palplanches du rideau de fermeture sont arrachées.



Fig. 5 - un premier remorquage de quelques centaines de mètres seulement, amène l'ébauche de la plate-forme jusqu'à un site profond et abrité, où l'on pourra construire l'ensemble de la structure en béton.

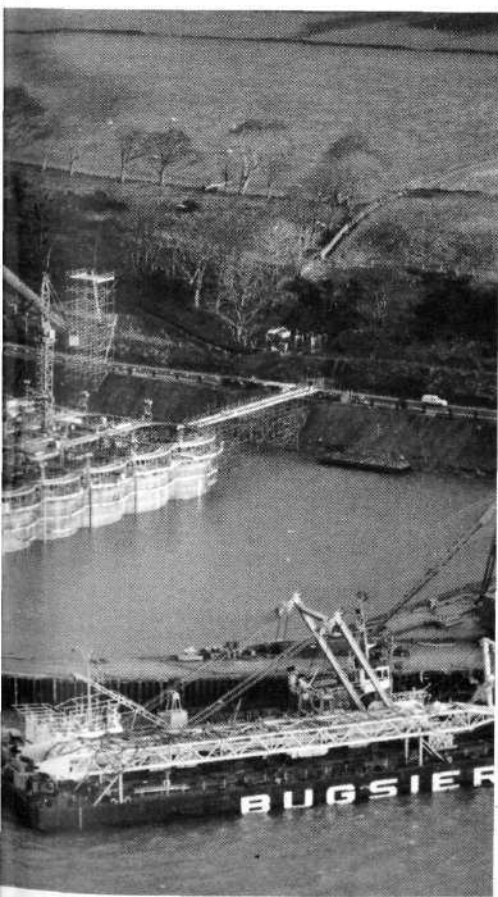


Fig. 6 - pendant la construction du caisson en coffrages glissants, la plate-forme, qui s'enfonce progressivement, est reliée à la terre par une passerelle flottante ; celle-ci supporte les canalisations qui transportent le béton pompé jusqu'au sommet des murs.

Photo W. Ralston Ltd.





Fig. 7 - les toits des cellules du caisson sont coulés sur des coques en béton préfabriquées constituées par du béton projeté sur un quadrillage d'armatures.



Fig. 8 - Chaque coque pourrait former la couverture d'une maison individuelle confortable : ses dimensions en plan sont environ 12 x 12 m



Fig. 9 - les colonnes sont construites avec un coffrage glissant dont les panneaux peuvent se recouvrir, ce qui permet d'obtenir une forme conique.

Fig. 10 - la structure en béton est en voie d'achèvement ; sur le toit du caisson, on distingue les baraques du chantier.

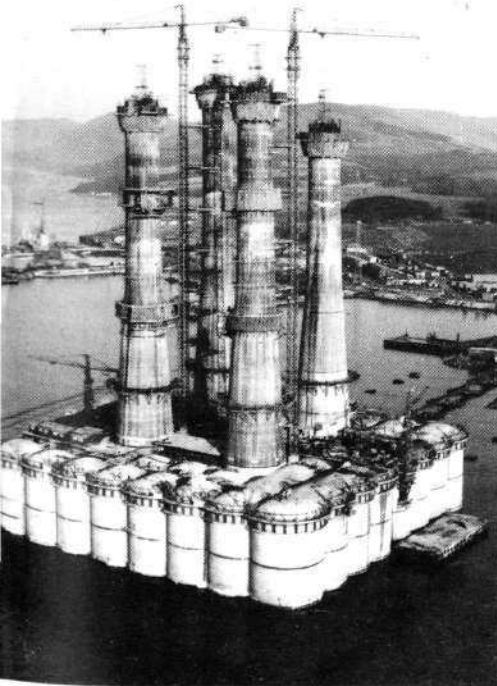
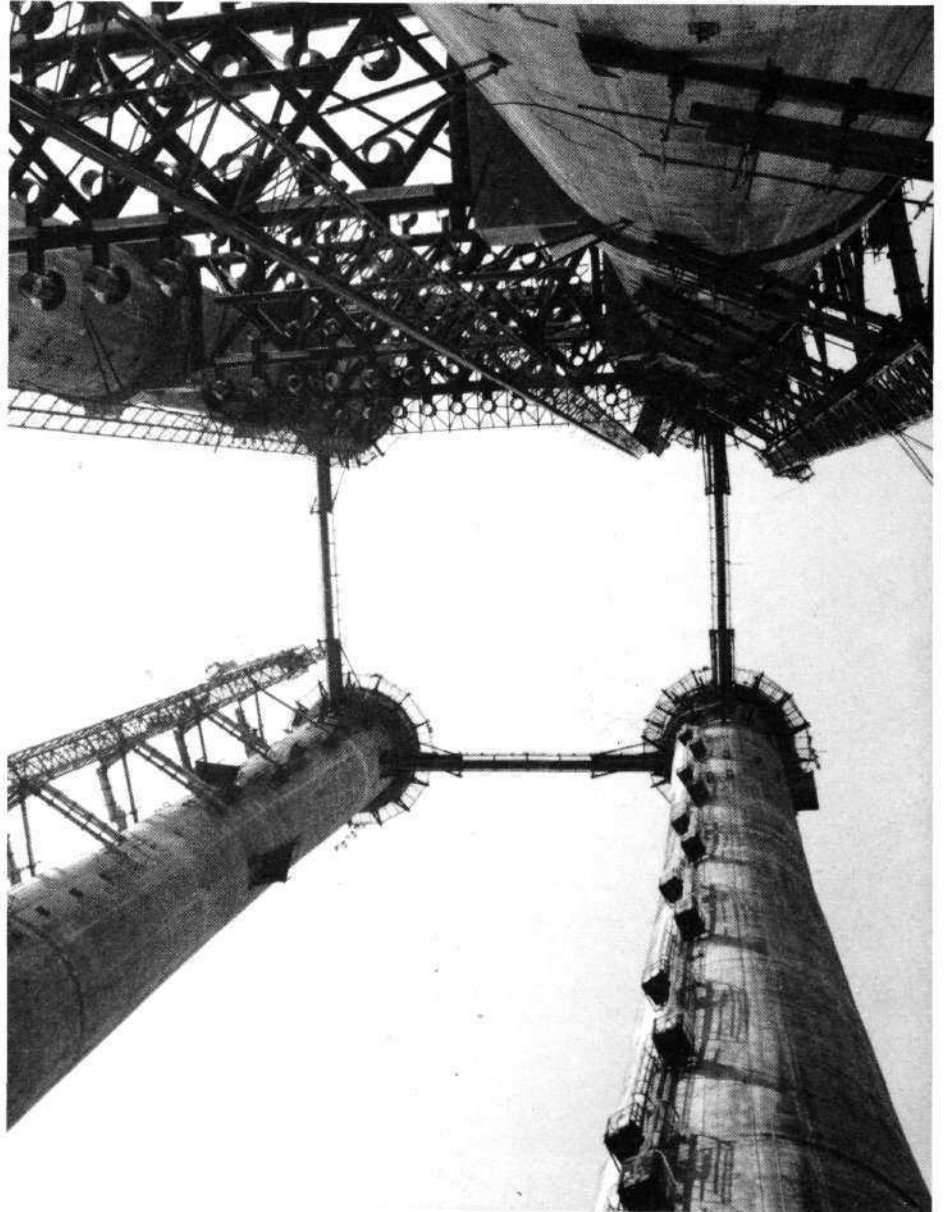


Fig. 11 - deux des colonnes sont reliées par trois charpentes en acier qui serviront de guides et d'appuis aux tubes de forage ; ceux-ci traversent le caisson par des joints étanches qui doivent permettre la dilatation des tubes.



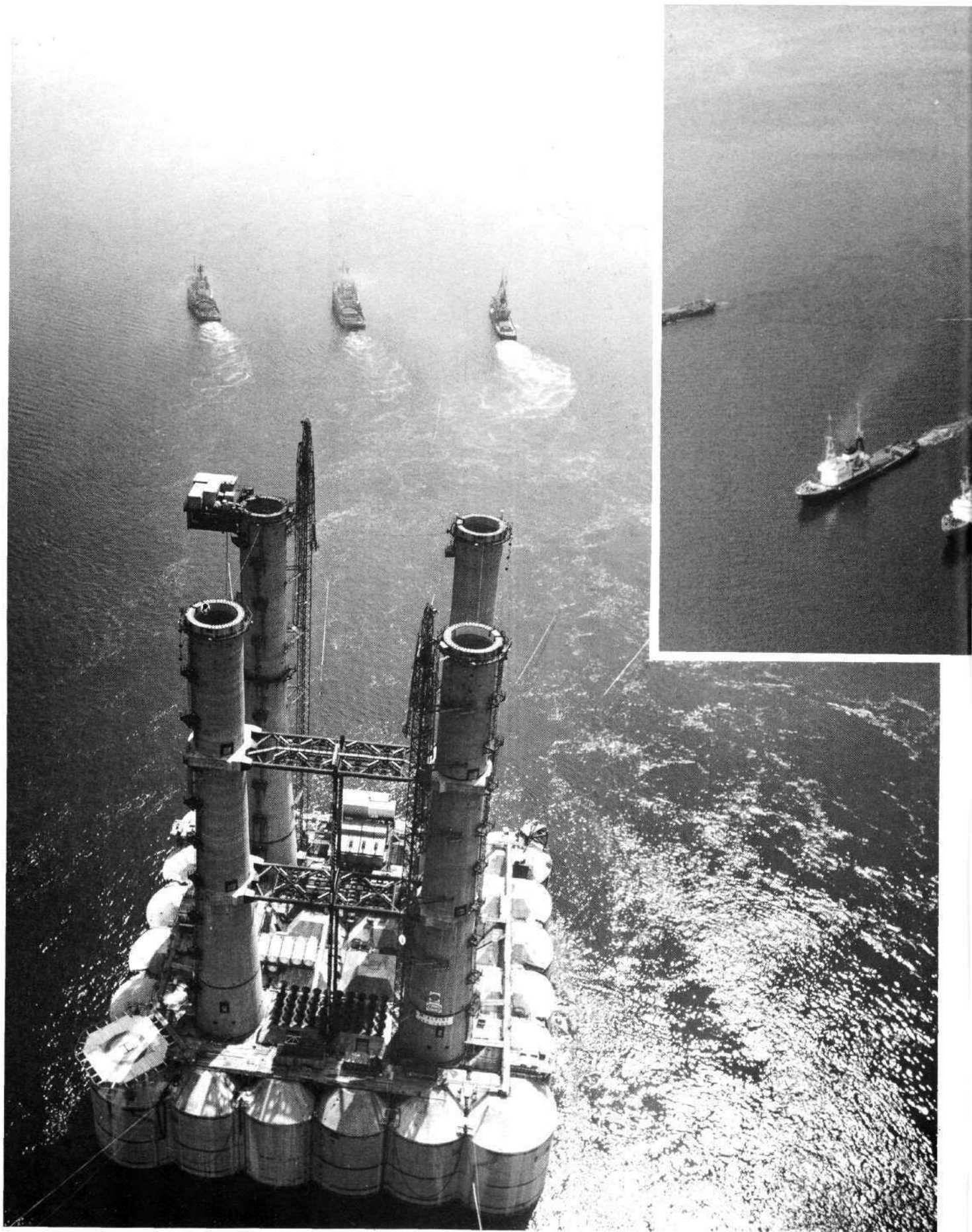


Fig. 12 - le remorquage s'effectue à la vitesse d'environ 3 nœuds, sur une distance de 800 miles nautiques, avec un tirant d'eau de 40 m.

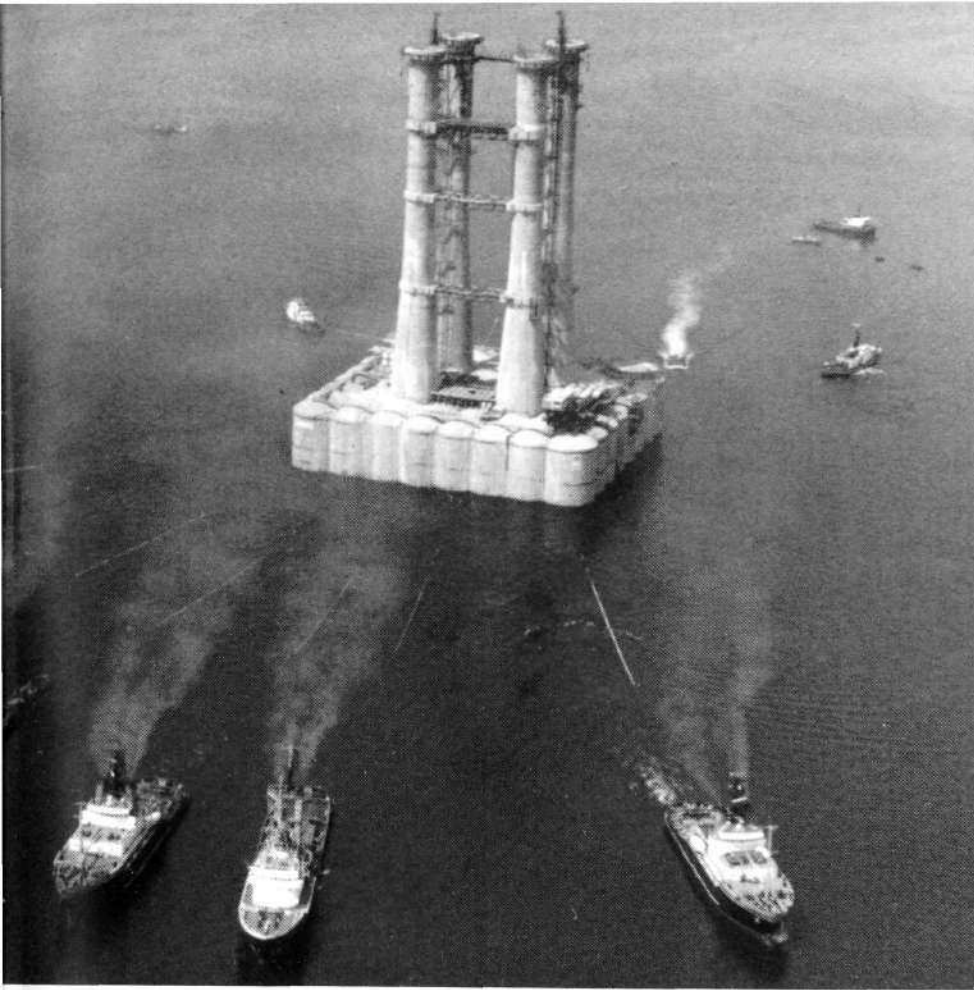
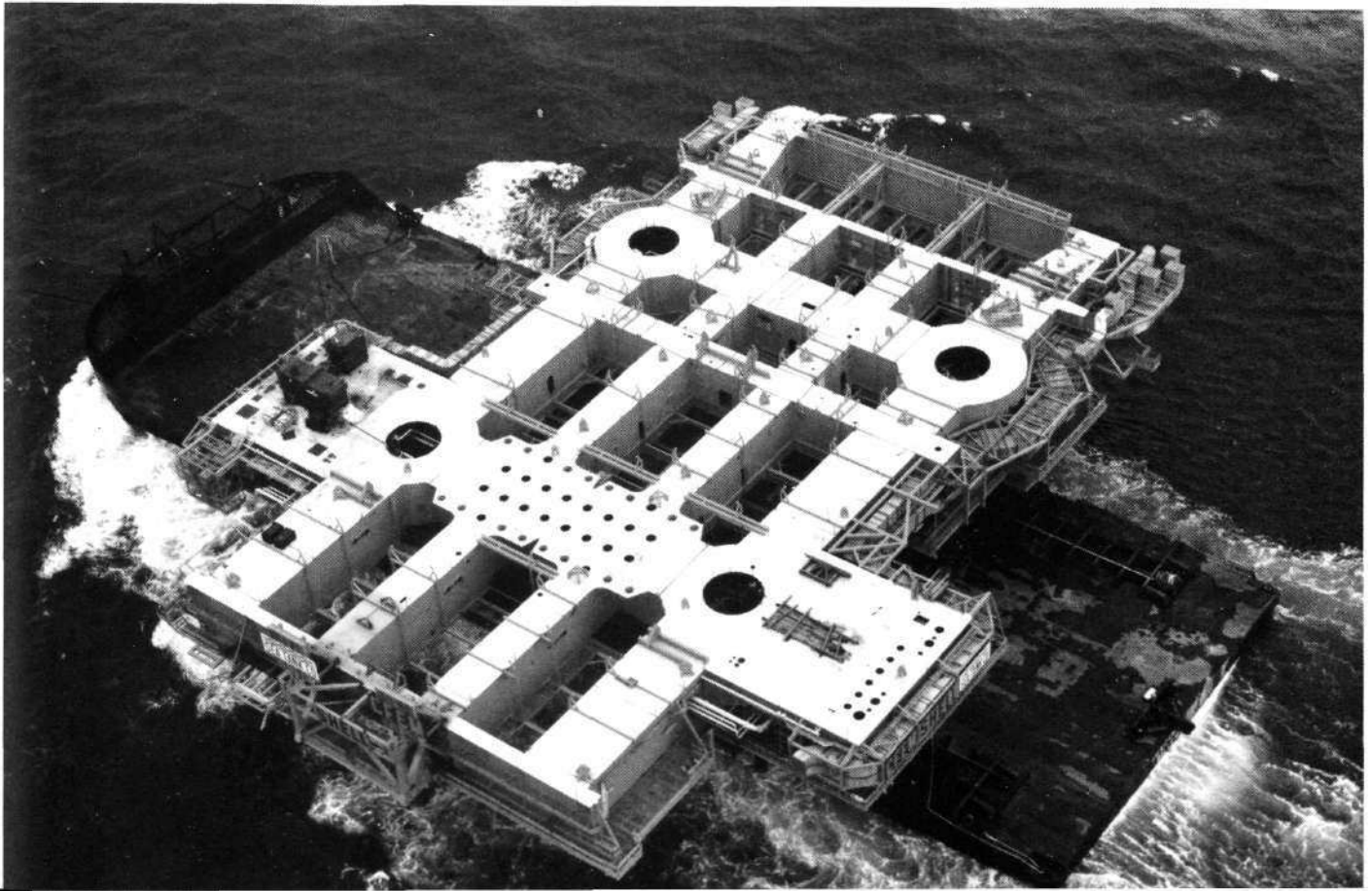


Fig. 13 - six remorqueurs de tête et deux remorqueurs arrière prennent en charge la plate-forme pour la conduite à STORD, en Norvège, où la profondeur sera suffisante pour une immersion quasi-totale.

Fig. 14 - le pont métallique est formé d'un quadrillage de poutres-caissons de section rectangulaire. Construit à Fos-sur-Mer, il est ripé sur une barge, et remorqué jusqu'à STORD.



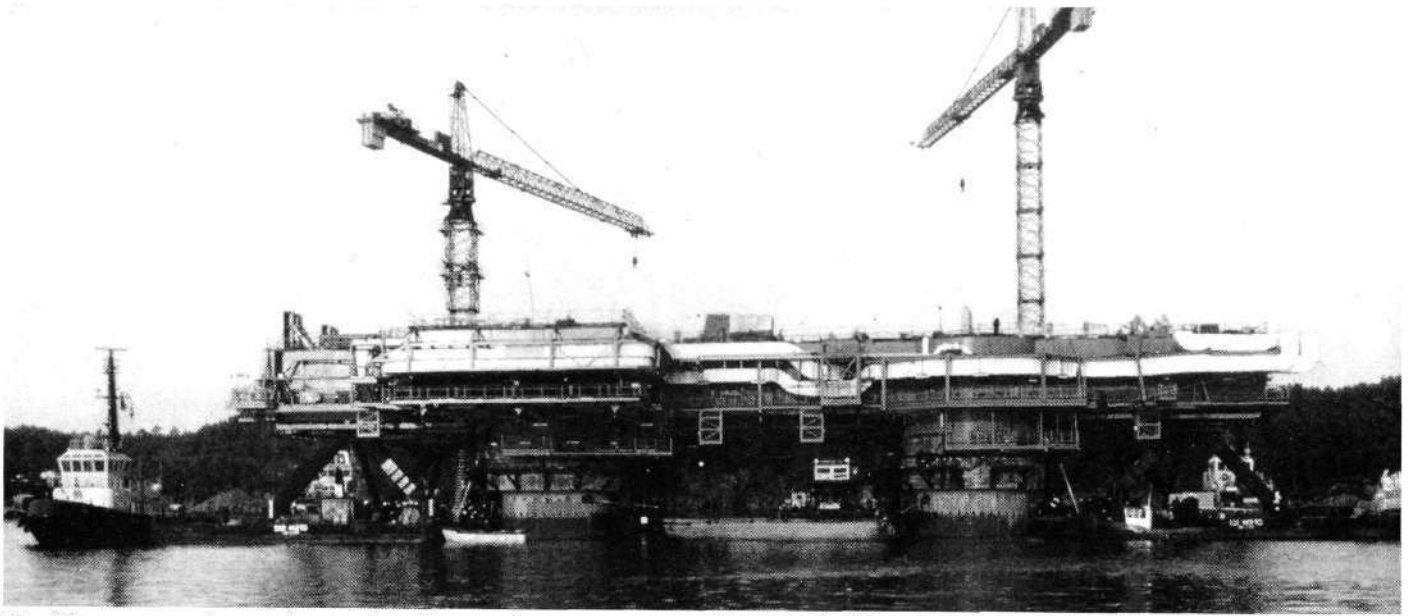
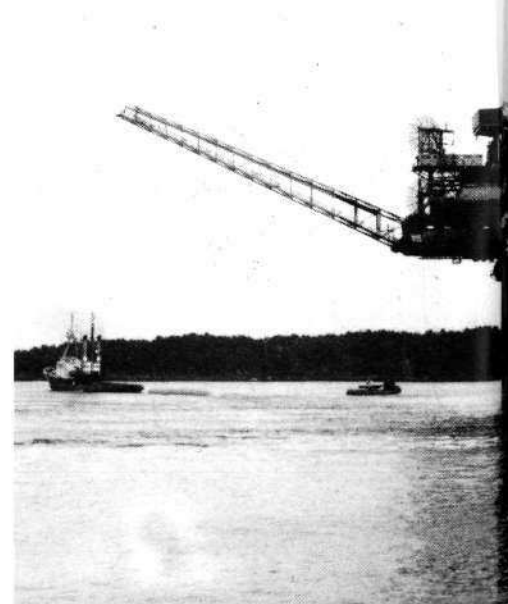
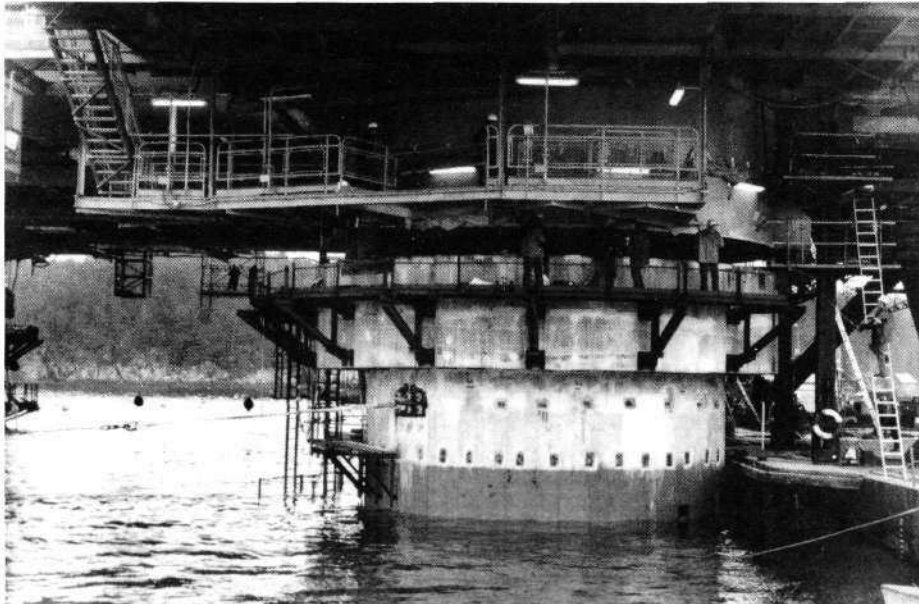


Fig. 15 - pour sa mise en place sur les colonnes, le pont est supporté à ses extrémités par deux barges en configuration de catamaran, puis amené au-dessus de la plateforme, préalablement immergée jusqu'à ce que les colonnes n'émergent que de 5 m.

Fig. 18 - la plate-forme équipée est prête pour le remorquage final ; à droite, les quartiers d'habitation surmontés du pont pour hélicoptères ; à gauche, la torche qui permet de brûler les gaz séparés du pétrole.

Fig. 16 - puis la plate-forme, déballastée progressivement vient prendre en charge le poids du pont, et soulager les barges, qui sont évacuées. La liaison du pont aux colonnes est réalisée par des barres de précontrainte.





## BIBLIOGRAPHIE

**M. GERBAULT** - Conception et réalisation de plate-formes en béton pour la Mer du Nord  
"Travaux" juin-juillet 1975  
pp 62-66

**R. SOULAS** - Construction de trois grandes plate-formes marines en béton  
"Travaux" octobre 1976 pp 34-39

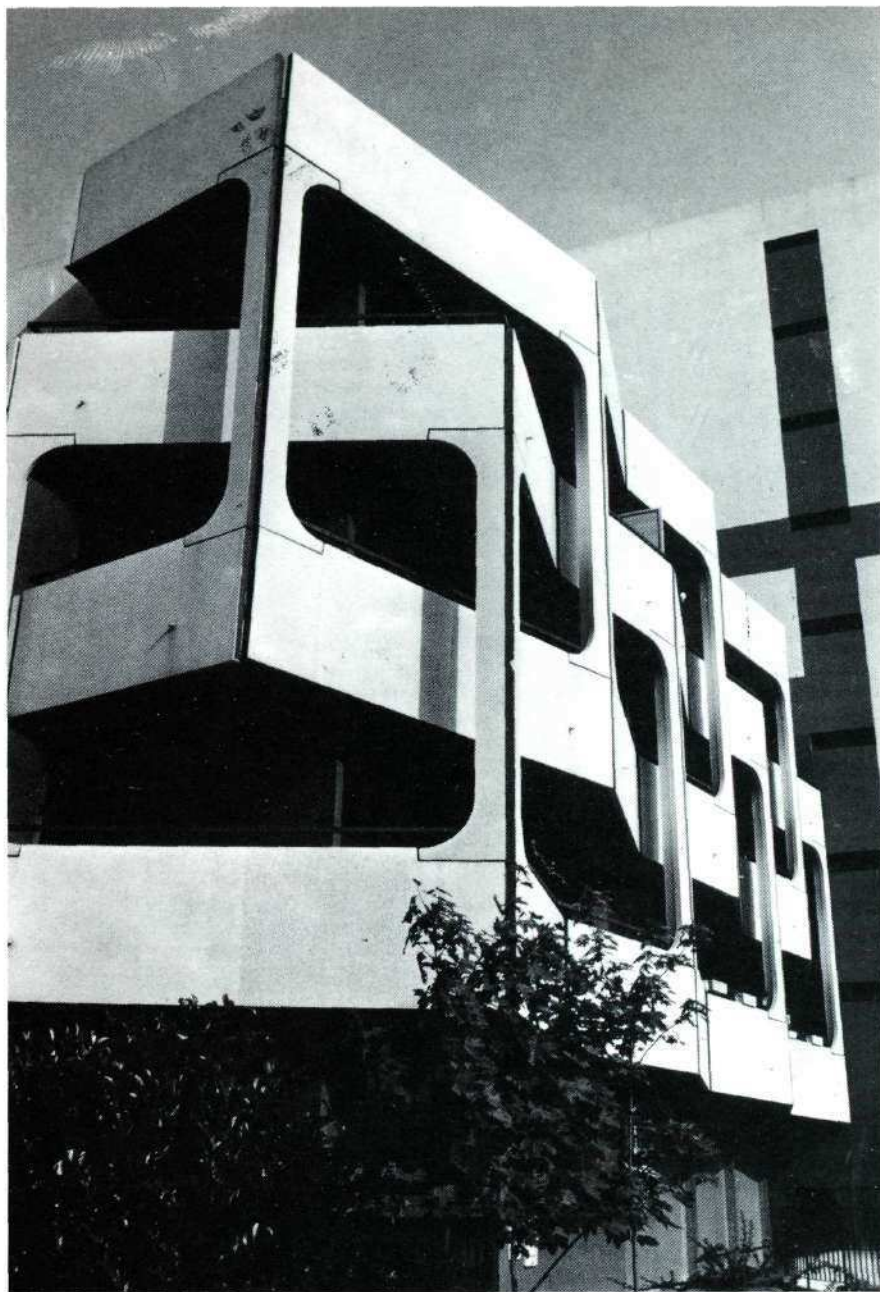
**R. LACROIX** - Remorquages et immersion de la plate-forme Cormorant A  
"Travaux" octobre 1978 pp 42 à 48

**R. LACROIX/L. PLISKIN** - Réalisation de la plate-forme pétrolière Elf Frigg TP 1  
"Annales ITBTP" n° 361 1978



Fig. 18 - les remorqueurs reprennent la plate-forme en charge avec cette fois-ci un tirant d'eau de 135 m. Le convoi devra contourner la plate-forme Brent C, en cours





Lyon "les deux" (SCIC).

# L'ingénieur des Ponts et Chaussées et le logement

*par Michel SAILLARD  
Directeur Général  
de la Société Centrale Immobilière  
de la Caisse des dépôts.*

Les bâtiments de logements sont en général beaucoup moins prestigieux que les grands ouvrages de travaux publics. Il est donc plus difficile, dans ce domaine, d'illustrer les mérites de l'ingénieur par des réalisations spectaculaires.

Cependant, on trouve des ingénieurs des Ponts et Chaussées en bonne place dans bon nombre d'équipes qui ont réalisé, depuis le lendemain de la dernière guerre, l'essentiel du développement urbain de notre pays. Que ce soit les grands ensembles d'habitation, les villes nouvelles, la restructuration du cœur des agglomérations, les ingénieurs des Ponts se sont impliqués à tous les niveaux du processus de réalisation : programmation, conception, construction, exploitation.

Ceci est parfaitement logique car le bâtiment est par excellence le domaine de l'ingénieur en raison de l'importance économique qu'il revêt, de sa complexité, et de l'indispensable effort qu'il y a lieu de développer en permanence pour le faire progresser.

---

## Le poids économique du bâtiment est considérable :

---

Le Premier Ministre n'a-t-il pas déclaré récemment qu'il doit être " un facteur de compensation et de régularisation de l'économie dans laquelle il doit jouer un rôle moteur " ?

C'est d'ailleurs la branche économique qui a le plus gros chiffre d'affaires (en 1975 : 177 milliards contre 139 pour l'agriculture et 70 pour l'automobile).

Le secteur bâtiment représente plus de 10 % de la P.I.B. et le seul logement (construction neuve et entretien) 31 % de la F.B.C.F. totale. En effectif, on y trouve près d'un million d'ouvriers. C'est dire que tout gain de productivité, qu'il provienne de la mise en œuvre de nouvelles techniques ou du perfectionnement de la conception et du chantier aura des répercussions considérables sur l'économie du pays.

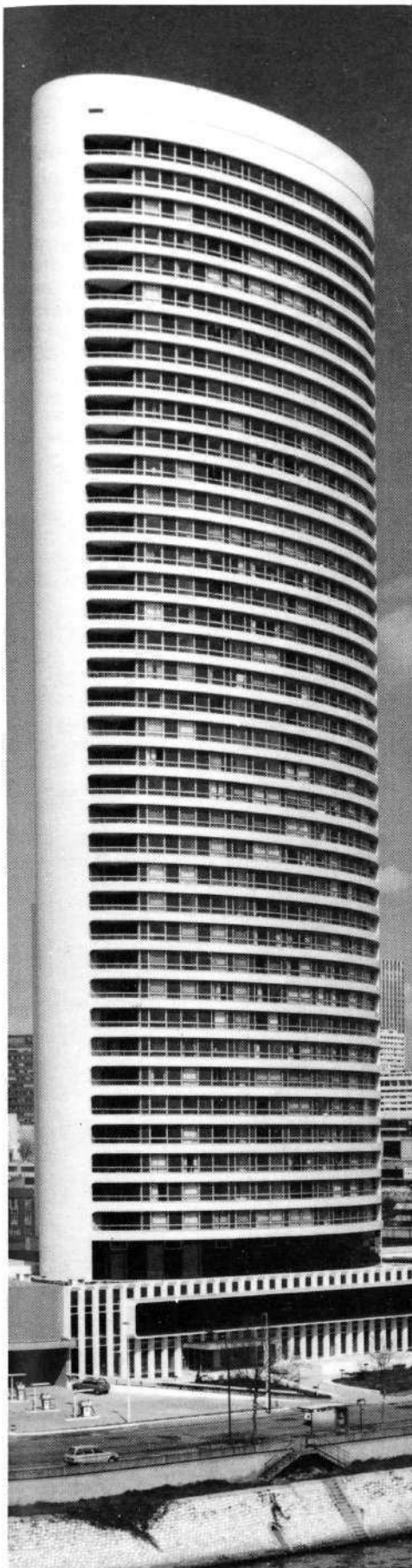
Un ouvrier produisait 34 logements en 1955, 51 en 1970, 60 en 1978. On peut penser que l'asymptote est encore éloignée et qu'il reste encore beaucoup à faire pour l'ingénieur de bureau d'études et d'entreprises.

---

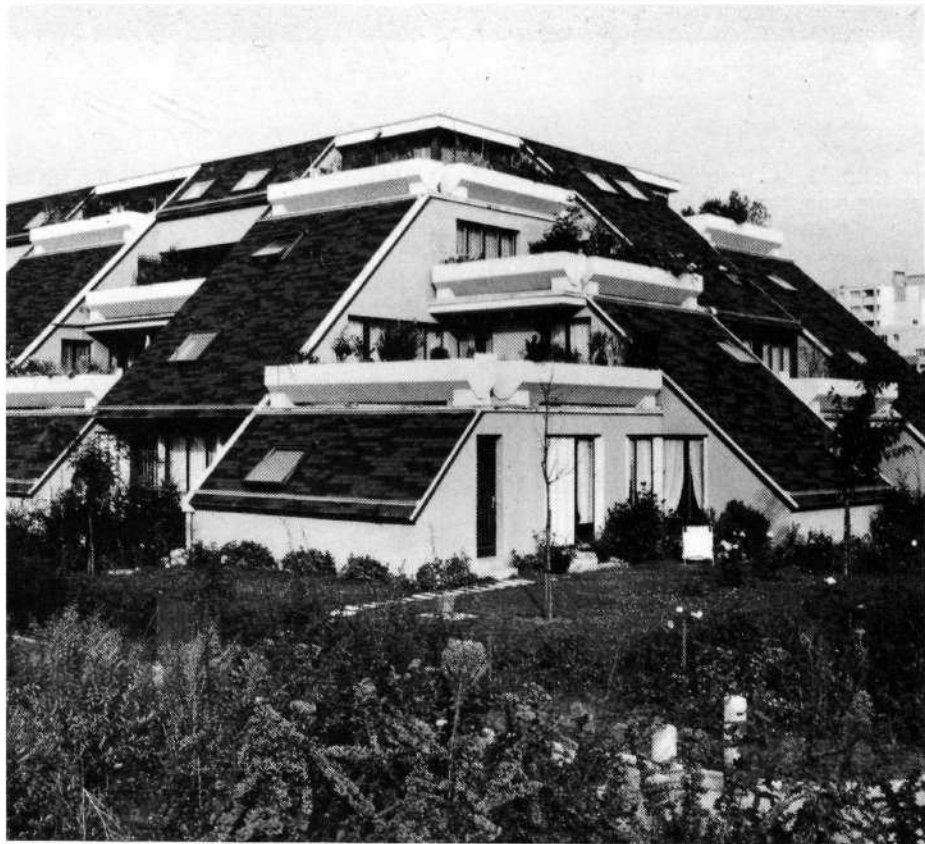
## La complexité du bâtiment est très grande :

---

Contrairement à l'apparente simplicité que le sens commun lui attribue, le bâtiment est redoutablement complexe par les fonctions qu'il remplit, les techniques qu'il met en œuvre et les professions qu'il intéresse.



Puteaux : Le France. (CAPRI)



Epinay les Epondeaux SCIC.



Les ouvrages de travaux publics sont en général destinés à remplir une seule fonction fondamentale : le transport (route, pont) ou la production d'énergie (barrages, centrales thermiques) par exemple. Pour assumer cette performance essentielle, les qualités exigées se limitent à deux ou trois données principales : stabilité, durabilité et facilité d'entretien qui relèvent de techniques éprouvées, lesquelles s'appuient sur des bases scientifiques indiscutables.

Le bâtiment, par contre, est le lieu où vit l'homme et où il doit s'épanouir pour résider, travailler ou se distraire. Les fonctions du bâtiment sont donc multiples et entraînent de nombreuses exigences parfois impossibles à quantifier et souvent difficiles à préciser.

Aux exigences techniques comme la stabilité, la durabilité et la facilité d'entretien - certes moins sophistiquées que pour les ouvrages d'art - s'ajoutent d'autres exigences, encore plus techniques, comme l'isolation thermique ou l'isolation phonique. Il est en outre indispensable de prendre en compte les exigences physiologiques (par exemple ensoleillement ou débit de renouvellement d'air), psychologiques et sociologiques qui, dans le logement notamment, occupent de plus en plus le premier plan des préoccupations des usagers.

L'architecture doit être personnalisée, authentique, diversifiée. L'intégration au site et la qualité de l'environnement prennent de nos jours une importance fondamentale. On ne saurait en effet dissocier le logement du site de son implantation, de son voisinage et des équipements résidentiels qui l'accompagnent. On débouche vite sur les quartiers et sur les villes. Construction et urbanisme sont intimement mêlés dans la conception et dans l'élaboration des décisions. Architectes et Ingénieurs doivent travailler en étroite symbiose à tous les stades de la réalisation.

Construire un bâtiment, c'est donc résoudre un problème complexe en recherchant un compromis harmonieux entre certaines données diversifiées et un grand nombre d'exigences plus ou moins précises.

Le réalisateur aura à sa disposition une pluralité de techniques, une multitude de matériaux, des appareillages parfois très élaborés pour résoudre le problème complexe ainsi posé. La division du travail est très poussée : on ne trouve pas moins de 18 corps d'état différents pour construire des logements.

Le bâtiment exige en outre de ne rien laisser au hasard car dans tout système compliqué le moindre élément défectueux peut ruiner l'ensemble (défaut d'étanchéité, fragilité d'un appareil). Les finitions sont fondamentales, l'utilisateur demandant de plus en plus la perfection et la perfection dans le détail.

La conséquence principale de cette complexité est que la construction est nécessairement l'œuvre d'une équipe dans laquelle l'ingénieur trouve sa place non seulement en raison des techniques qu'il exerce, mais aussi en raison de ses facultés de synthèse et d'organisation indispensables au fonctionnement harmonieux de tels systèmes.

---

### Innovation et progrès doivent être des impératifs :

---

Le bâtiment, et particulièrement le logement, réclame un très grand effort de

recherche et de développement de l'innovation. Tout d'abord il faut bien voir que ce n'est pas une science exacte ni même une technique éprouvée. C'est un ensemble de techniques "exactes" (hygrothermie, acoustique, résistance des matériaux, etc.), de données expérimentales (sociologie, psychologie) d'art et de "savoir-faire" que l'on tente de synthétiser en l'ordonnant de manière logique.

L'ingénieur devra donc faire progresser les "sciences du bâtiment" et préciser les données expérimentales en tentant de les quantifier.

D'autre part, la structure de production est encore très artisanale. Beaucoup reste à faire pour organiser et rationaliser les commandes et les chantiers.

L'industrialisation ouverte devient à cet égard, l'objectif n° 1 de la construction car, seule, elle permettra d'accroître de manière radicale la productivité et la qualité des produits.

St-Quentin en Yvelines. Centre des Sept Mares : Elancourt Maurepas.



Au plan énergétique, l'économie à attendre tant pour les constructions neuves que pour le patrimoine existant est considérable. L'ingénieur a un domaine de toute première urgence à explorer car presque tout reste à faire. Régulation et isolation sont les deux techniques qui donneront de bons résultats, mais les innovations, notamment pour la production d'énergie nouvelle ou le lancement de systèmes mixtes : solaire, géothermie, pompes à chaleur, etc... commencent à peine à être mises en œuvre.

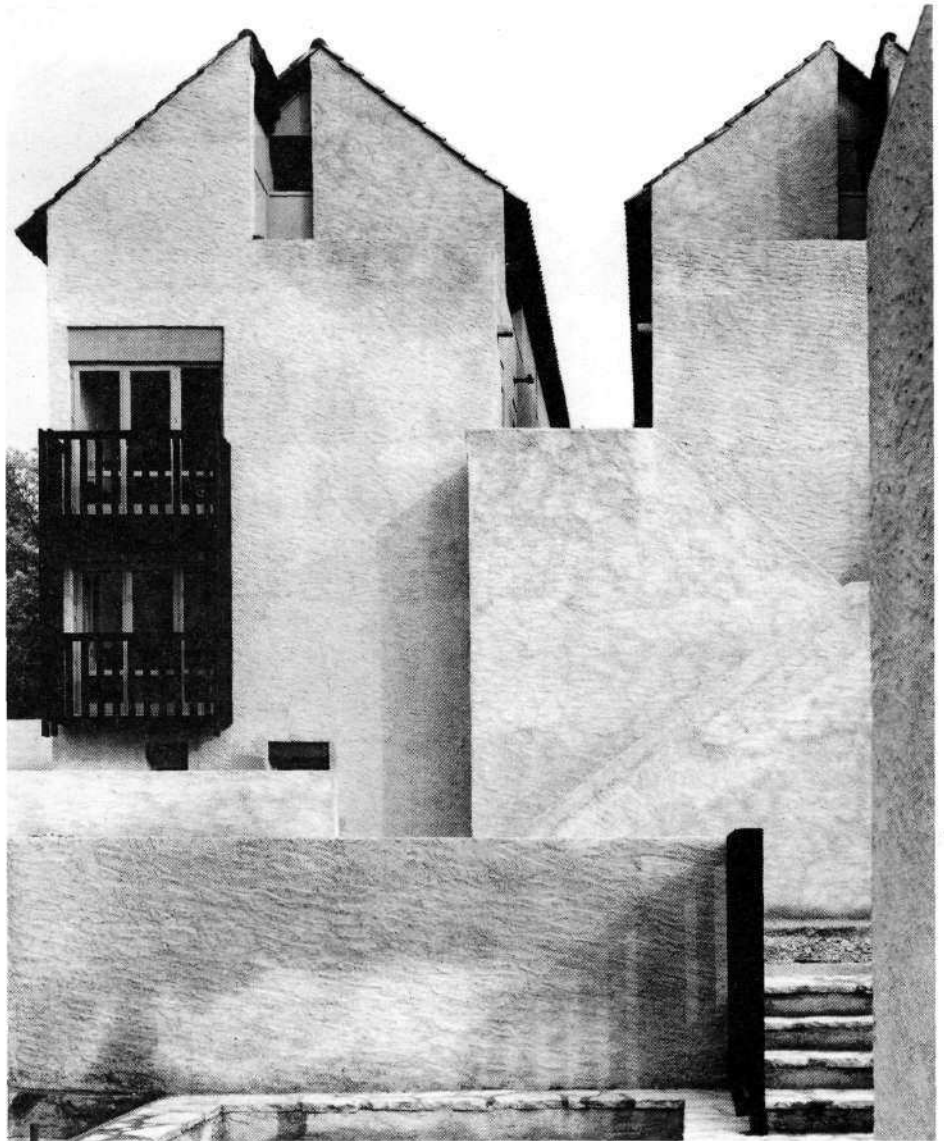
Enfin, une nouvelle notion se fait jour dans les préoccupations des constructeurs et des usagers. Il s'agit d'optimiser les dépenses d'investissement en regard des charges prévisibles d'entretien et d'exploitation.

Cette notion de " coût global " s'applique non seulement au chauffage mais à d'autres postes de la construction. Pour qu'elle devienne tout à fait opérationnelle, il est indispensable que des progrès soient accomplis notamment en ce qui concerne la connaissance prévisionnelle des charges d'entretien attachées aux différents types de matériel et de matériaux utilisés.

On voit que le logement - malgré son apparente simplicité - fait appel à une gamme très large de compétences et que le poids économique qu'il représente nécessite un effort technique tout particulier pour obtenir un indispensable progrès.

Les ingénieurs des Ponts et Chaussées sont à cet égard les mieux placés pour " manager " ce secteur de par leur culture scientifique, les techniques auxquelles ils ont été formés et leur faculté de synthèse et d'organisation. On les retrouve d'ailleurs aux différents stades du processus de réalisation :

- élaboration des politiques et des décisions fondamentales : dans les administrations centrales, régionales et départementales.
- maîtrise d'ouvrage : les grands constructeurs de logements font souvent appel à des ingénieurs des Ponts au niveau de la conception, de la programmation et de la gestion des opérations.
- maîtrise d'œuvre : les bureaux d'études sont souvent encadrés par nos camarades, certains d'entre eux étant associés à des architectes ; enfin, plusieurs ont la double formation qui leur permet d'autant mieux de faire la synthèse entre les différentes préoccupations du concepteur.



Maisons individuelles.

- entreprises, dont un nombre important est animé par des ingénieurs des Ponts et Chaussées.
- fabrication de matériaux et de matériel : là également l'ingénieur fait progresser les techniques et développe de nouveaux produits.

Ils se sont donc taillé dans ce secteur un domaine d'activité particulièrement vaste et diversifié. Dans l'avenir, leur compétence sera encore plus utile, pour atteindre les objectifs ambitieux d'innovation et de progrès indispensables à l'économie de notre pays.

L'indispensable coordination des nombreuses disciplines et professions qui sont concernées par le logement constitue une excellente application de la formation des ingénieurs des Ponts et Chaussées au delà des techniques qu'ils peuvent exercer.

# La construction d'un hôpital : le nouvel hôpital Saint-Louis à Paris

*par Jean-Pierre WEISS  
Ingénieur des Ponts et Chaussées  
Directeur des Équipements de l'Assistance Publique de Paris.*

Personne ne peut plus aujourd'hui prétendre être seul l'auteur ou le responsable d'un grand investissement public, et notamment d'un hôpital.

D'abord parce que les 45 000 à 50 000 mètres carrés qui constituent aujourd'hui un hôpital de taille moyenne (500 lits) ne peuvent plus être décrits par un homme seul, ni le maître d'ouvrage que je représente ici, ni l'architecte, presque toujours entouré d'une équipe, et collaborent avec un bureau d'études, ni les entreprises qui partagent la responsabilité de la construction, ni les futurs utilisateurs du bâtiment, personnel hospitalier, médecins, malades, visiteurs, étudiants.

Ensuite parce que la durée qui s'écoule entre le projet de construction d'un hôpital et son achèvement est en moyenne de dix ans.

La construction proprement dite dépasse rarement trois à quatre ans, mais est précédée de longues années de maturation administrative, médicale et financière - si longues que le représentant du maître de l'ouvrage a de fortes chances d'avoir changé entre le début et la fin de cette période.

Mais construit-on encore des hôpitaux en France ?

Cette question est souvent posée par ceux qui ont trop rapidement assimilé l'objectif de stabilisation - voire de réduction - du nombre de lits d'hospitalisation rendu possible par l'amélioration de la qualité des soins et l'arrêt de la modernisation du patrimoine hospitalier.

La construction d'un hôpital ne constitue plus aujourd'hui le moyen d'accroître le potentiel de soins de la région concernée, mais celui de réaliser dans les meilleures conditions un outil de soins moderne.

Celui-ci se substituera à des bâtiments peu fonctionnels, parfois même encore dotés de salles communes et dont les caractéristiques techniques et la nécessité de ne pas interrompre l'activité médicale qui s'y exerce, rendent très délicate la modernisation dans les murs.

Ainsi l'Assistance Publique de Paris, qui regroupe en une seule entité 38 établissements hospitaliers presque exclusivement situés à Paris et dans la région Ile de France, achève-t-elle actuellement un nouveau bâtiment hospitalier de 900 lits à côté de l'ancien hôpital Bichat, qu'y sera transféré (ouverture début 1980) et construit-elle au Kremlin-Bicêtre un centre hospitalier universitaire de 814 lits, qui accueillera à son ouverture en 1981 une part importante des activités de l'ancien hôpital de Bicêtre.

Dans le plan directeur général de l'Assistance Publique de Paris approuvé en 1978 par le Maire de Paris, président du Conseil d'Administration de l'Assistance Publique, et le Ministre de la Santé et de la Famille, figurent deux autres projets d'hôpitaux qui joueront un rôle comparable :

- un hôpital d'enfants et une maternité au nord de Paris, d'une capacité totale de 436 lits, destiné à se substituer aux hôpitaux Hérold et Bretonneau très difficiles à moderniser sur place,
- un hôpital général de 702 lits dans le 15<sup>e</sup> arrondissement de Paris, destiné à accueillir les activités des hôpitaux Boucicaut, Vaugirard, Laënnec et d'une partie de Necker.

L'instruction administrative et le nécessaire débat politique et économique sur ces projets sont aujourd'hui très avancés.

J'aurais pu sélectionner l'un des deux pour décrire un ouvrage public auquel un ingénieur des Ponts et Chaussées aura collaboré - puisque tel est le thème de ce numéro - quitte à être démenti quelques années plus tard, à son achèvement, par un autre représentant du maître d'ouvrage, ou par moi-même.

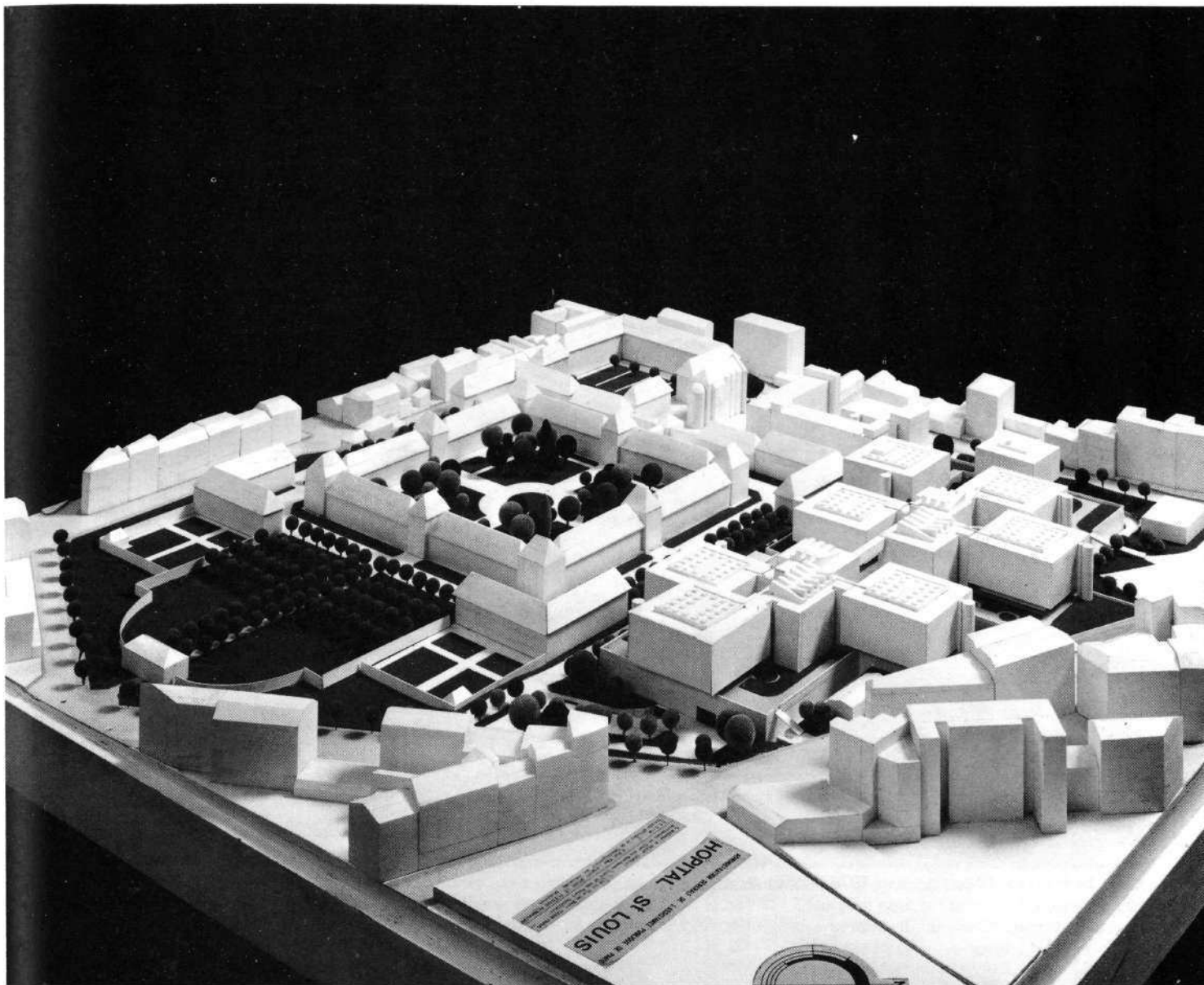
Je propose plutôt d'évoquer ici une autre réalisation dont la construction proprement dite a débuté cette année avec les travaux préalables à l'ouverture du chantier, le NOUVEL HÔPITAL SAINT-LOUIS dans le 10<sup>e</sup> arrondissement de Paris.

Avec l'achèvement actuel des travaux préalables, la réalisation de l'intégralité des financements acquis et inscrits dans les projets de budgets 1980, la demande de permis de construire déposée, le nouvel hôpital Saint-Louis a atteint le stade de la réalisation définitive.

Il s'agit d'un bâtiment d'une emprise au sol totale de 16.900 m<sup>2</sup> composé d'une galette technique comportant deux niveaux en sous-sol, un niveau en rez-de-chaussée et un premier étage, sur laquelle viennent s'accrocher six plots - deux de trois étages et quatre de quatre étages - destinés à accueillir l'hospitalisation proprement dite et deux plots, respectivement d'un et deux niveaux réservés aux logements des personnels astreints aux gardes.

L'ensemble représente une surface construite hors œuvre de 90.000 m<sup>2</sup> dont 28.728 m<sup>2</sup> pour les chambres de malades, 31.543 m<sup>2</sup> de pièces réservées à un usage médico technique, 29.729 m<sup>2</sup> de locaux réservés aux services communs de l'hôpital, environ deux kilomètres de circulation principales.

La présence dans l'hôpital d'un important secteur d'hématologie, qui nécessite des installations particulières présentant



Hôpital Saint-Louis. Vue générale. Janvier 1978. Photo Assistance publique.

d'excellentes conditions d'asepsie, d'un centre lourd de radiothérapie et d'un ensemble urologie - néphrologie complété par un secteur d'hémodialyse confèrent sans doute un caractère technique poussé à cette réalisation, qui comporte par ailleurs un bloc opératoire de onze salles et un important centre de radio-diagnostic.

Mais s'il fallait caractériser le futur hôpital Saint-Louis c'est plus d'architecture que de technique qu'il faudrait parler.

Architecture extérieure, qui parvient à ne pas rompre l'unité du site historique (le nouveau bâtiment n'est pas visible du "carré historique") tout en rejetant la monotonie et l'uniformité de trop d'hôpitaux passe-partout construits ces dernières années, architecture intérieure qui recherche systématiquement le confort maximal des malades, bien sûr, mais aussi du per-

sonnel médical et hospitalier qui travaillera dans l'établissement.

Il serait inattendu de parler d'architecture sans citer le nom des architectes à qui l'Assistance Publique de Paris a confié la réalisation du nouvel hôpital Saint-Louis : Daniel Badani et Pierre Roux-Dorlut, assistés du bureau d'études techniques : SEDIM.

Dans la foule des centaines de personnes qui à un titre ou un autre, fonctionnaires, concepteurs, ouvriers des entreprises de construction, auront construit Saint-Louis, quel est le rôle d'un ingénieur des Ponts et Chaussées à qui le hasard d'une carrière administrative a confié le rôle de représentant du maître de l'ouvrage et que peut-il apporter de spécifique à cette réalisation ?

Il aura d'abord à rappeler sans cesse les deux contraintes qui pèsent sur le projet : son coût - 320 millions de francs en valeur 4<sup>e</sup> trimestre 1978 pour la première tranche, taxes et honoraires compris - et ses délais de réalisation de trois ans et demi pour cette première tranche.

Sans cesse, en effet, jusqu'à l'achèvement des travaux, la tentation va être grande, non de dépenser plus, mais de faire mieux, de parachever le projet en y ajoutant tel perfectionnement technique, telle amélioration à caractère médical.

Il ne suffit pas de repousser ces demandes, issues du corps médical pour une part, de la maîtrise d'œuvre ou de la maîtrise d'ouvrage pour d'autres.

Il faut les évaluer, proposer à un moment de dire oui, lorsque la modification est prise



CHU Bichât façade ouest. Juin 1979. Photo Assistance publique.

Façade nord. Juin 1979.

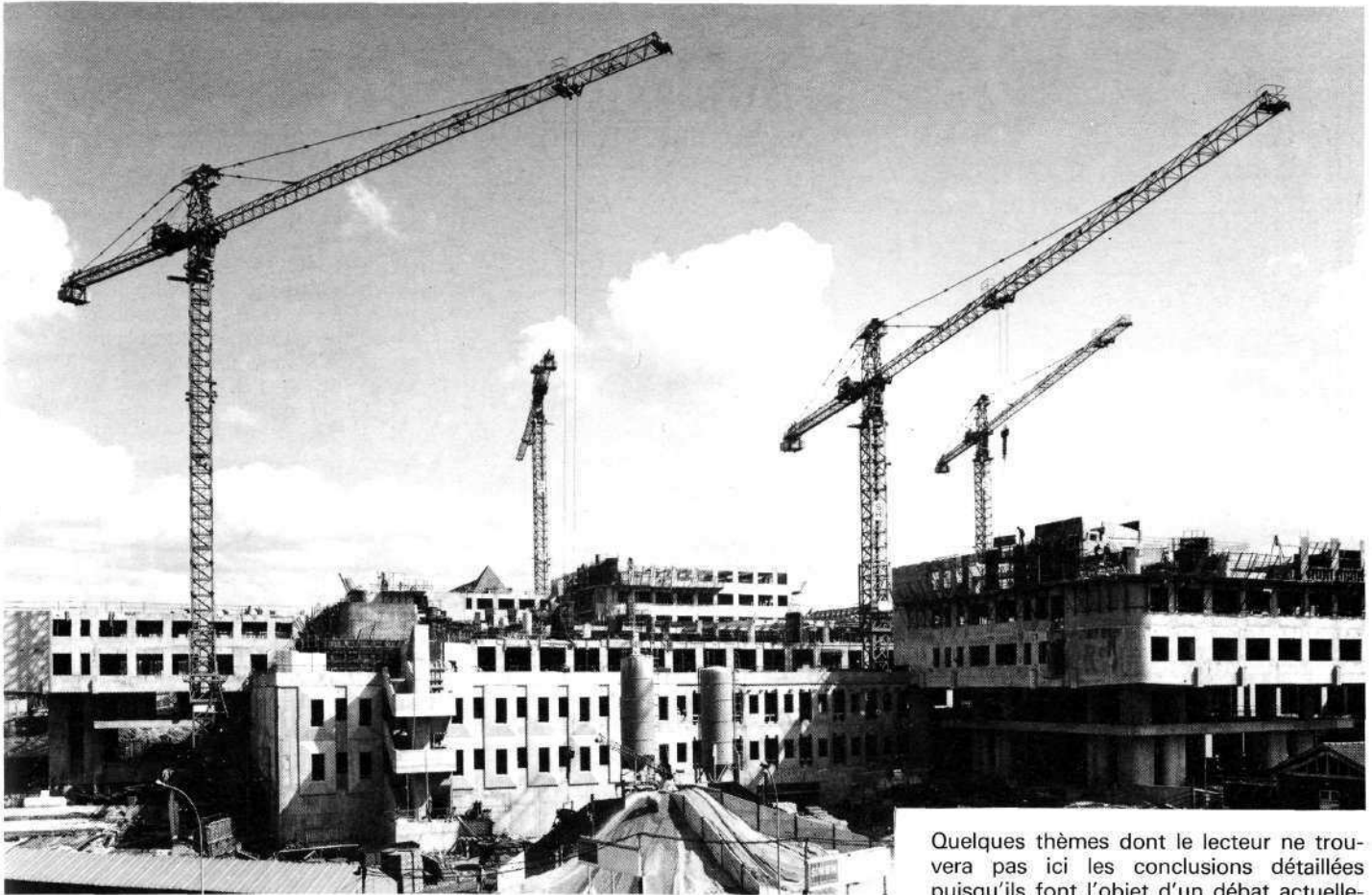
en compte à temps pour ne pas avoir de répercussions financières significatives, accepter ailleurs en échange d'économies sur le reste du programme, savoir refuser enfin, mais avec des arguments sérieux, lorsque la demande ne peut réellement être satisfaite dans le cadre de l'enveloppe déterminée.

Tout au long de ce parcours, le représentant du maître de l'ouvrage doit être capable de déceler les suggestions qui cèdent à une mode passagère ou étrangère - il en est de nombreuses en matière médicale notamment - et celles dont la prise en compte apportera une réelle valeur ajoutée au projet.

Quelques étapes stratégiques vont marquer l'histoire du nouveau Saint-Louis avant l'inauguration du nouveau bâtiment :







CHU Bicêtre. Façade ouest. Avril 1975.

- la remise par la maîtrise d'œuvre de l'avant projet sommaire : à ce stade il est encore temps - il a été nécessaire pour un hôpital conçu cinq ans plus tôt - de remettre en cause certaines options.

Le débat avec le corps médical, pour lequel la Direction des Équipements de l'Assistance Publique est côte à côte avec la Direction du Plan, chargée de la programmation médicale, a été largement ouvert.

Il a abouti, comme prévu, à beaucoup d'améliorations et à quelques refus.

- le dépôt du permis de construire : c'est l'occasion de la discussion technique avec la Ville de Paris - le débat proprement politique et financier ayant déjà eu lieu - et avec les Bâtiments de France.
- la remise de l'avant-projet détaillé : dernière étape avant que l'hôpital ne soit complètement figé.

Dans ces différents moments, il est sans doute particulièrement utile de se rappeler que l'on est ingénieur, et, identifiant les plans avec la future construction, de veiller à ce que les documents dessinés restent simples - seule garantie que la réalisation ne posera pas, sur le chantier trop de problèmes délicats.

- le lancement des adjudications, sur la

base des spécifications techniques détaillées et plans d'exécution des ouvrages, leurs dépouillements, le choix des entreprises retenues.

- enfin, le début du chantier, et, vingt quatre mois plus tard, sauf accident de parcours, l'achèvement du gros œuvre, dix huit mois de plus et l'achèvement du second œuvre.

A chacune de ces étapes, et sur des modes différents, il est utile d'intervenir, non seulement pour assurer le bon déroulement des opérations, organiser l'analyse critique par l'Administration des études remises par la maîtrise d'œuvre, mais aussi pour orienter, dans un certain sens, l'ensemble de la démarche.

Soyons clair : le champ de réflexion que représente la réalisation d'un hôpital comme le nouveau Saint-Louis est si vaste qu'il n'est pas envisageable de tout voir, et de peser sur tout.

Il faut donc choisir quelques points névralgiques et faire appel pour les traiter, au cours du débat, avec la maîtrise d'œuvre et les entreprises retenues, aux connaissances réunies de l'ingénieur et du responsable administratif.

Pour choisir, il faut se rappeler que la première partie du bâtiment ouvrira fin 1983. Donc penser : économies d'énergie, sécurité anti-agression, amélioration des conditions de travail du personnel, ouverture de l'hôpital sur la ville...

Quelques thèmes dont le lecteur ne trouvera pas ici les conclusions détaillées puisqu'ils font l'objet d'un débat actuellement ouvert entre maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre.

Quant aux thèmes prioritaires dans les choix techniques ils seront le résultat de l'expérience et de la connaissance de l'ingénieur chargé de construire pour un maître d'ouvrage public.

Leur liste peut en être fort longue : qualité des bétons, dimensionnement des installations d'ascenseurs, techniques d'isolation phonique, caractéristiques des installations de chaufferie, du central téléphonique, etc...

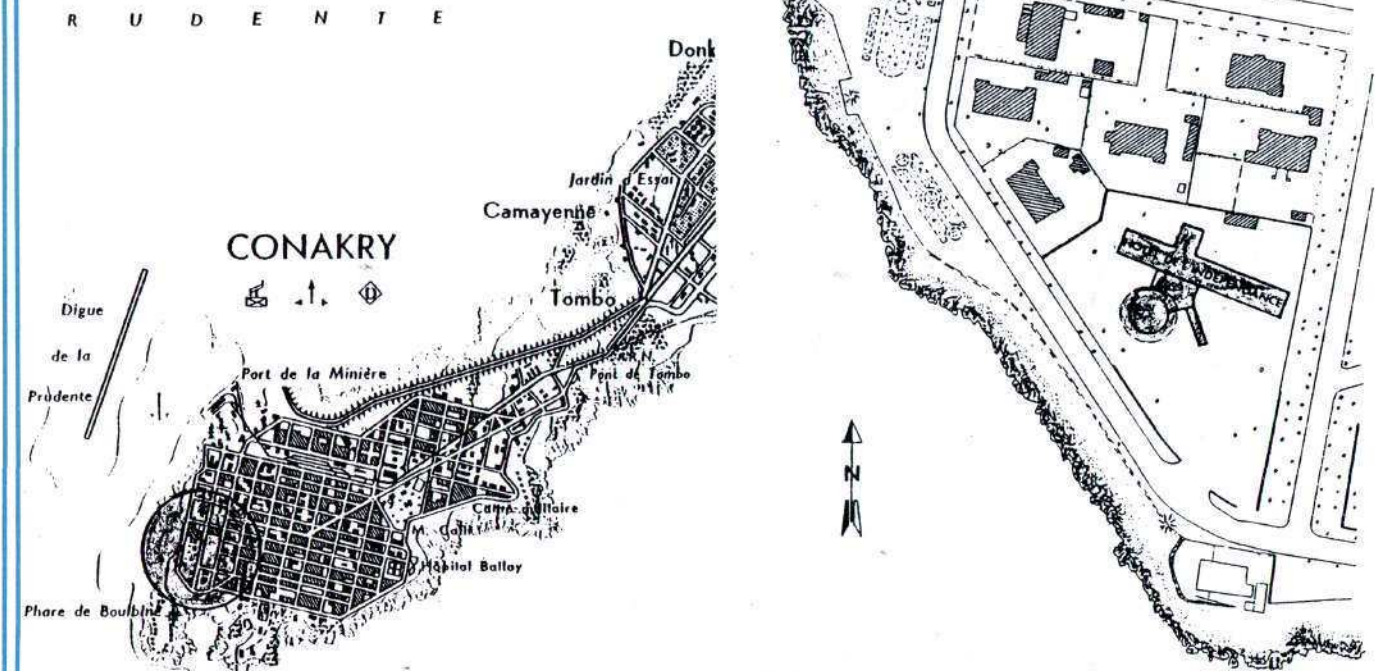
Reconnaissons que l'intérêt personnel pour telle ou telle technique n'est pas absent de cette indispensable sélection.

Résumer très brièvement une histoire qui commence, et dont les chapitres restent en fait encore largement à écrire, était une tâche difficile, mais plus honnête sans doute que celle qui aurait consisté à s'attribuer les mérites d'autres pour un hôpital en voie d'achèvement ou terminé.

De l'hôpital comme de tout autre ouvrage public, il faut sans doute espérer que ses usagers ne se demanderont pas qui l'a construit, oublieront les dizaines de milliers d'heures de travail de centaines de personnes qui ont permis cette réalisation pour ne retenir que le résultat - un bâtiment à la fois bien adapté à sa fonction de soins, aussi rassurant que possible, c'est tout à fait nécessaire en un lieu réservé à la maladie, et beau non de surcroît mais grâce à tout cela.

## LE SITE EXISTANT

FIGURE N° 1



# Le complexe hôtelier de l'indépendance à Conakry

*par Philippe FLEURY  
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées  
Société NORD-FRANCE*

Dernier article du numéro exceptionnel de P.C.M. consacré à l'ingénieur des Ponts et Chaussées réalisateur, celui sur la construction du complexe hôtelier de l'Indépendance à Conakry en République Populaire Révolutionnaire de Guinée ne se veut pas le moindre - pour de multiples raisons.

## Une équipe nombreuse d'ingénieurs des ponts

En premier lieu les ingénieurs des Ponts sont largement représentés dans l'équipe qui conduit la réalisation "clés en main" de ce projet ; elle associe en effet un "staff" d'architectes comprenant MM. Brière et Gouaux et Arzac (X Pont 48) au binôme composé de Fleury (X Pont 64) et Nolot (X civil Pont 76) sous l'égide de Bruyant (X Pont 43) P.D.G de Nord-France.

## Des devises et des hommes

En second lieu, l'hôtellerie est une activité économique à un double titre. En permettant l'accueil des touristes, elle peut être une source importante de devises pour le pays qui développe cette production. En fournissant aux industriels et aux investisseurs une résidence confortable, et des services qui facilitent leur tâche de relations publiques, de secrétariat, de traduction..., elle multiplie leur efficacité et encourage leur venue.

## Une impérieuse nécessité pour Conakry

Dans le cas particulier de Conakry, ville de plus de 600.000 habitants, cette réalisation représentera enfin la structure d'accueil importante et de qualité attendue depuis longtemps.

Nous traiterons successivement de la conception puis de la réalisation avant de conclure sur la spécificité des opérations clés en main.

## Des contraintes multiples

La conception du complexe hôtelier devait tenir compte du programme et du site. En outre, le maître de l'ouvrage lui-même avait insisté sur la sensibilité particulière des Guinéens et le symbolisme qu'il fallait attacher à la composition architecturale.

Enfin la commande originelle de nos partenaires était un complexe hôtelier clés en main, comprenant un hôtel neuf, indépendant et séparé de l'hôtel existant qu'il fallait également rénover. Pour le même budget, il a été rapidement convenu de réaliser un complexe hôtelier intégré.

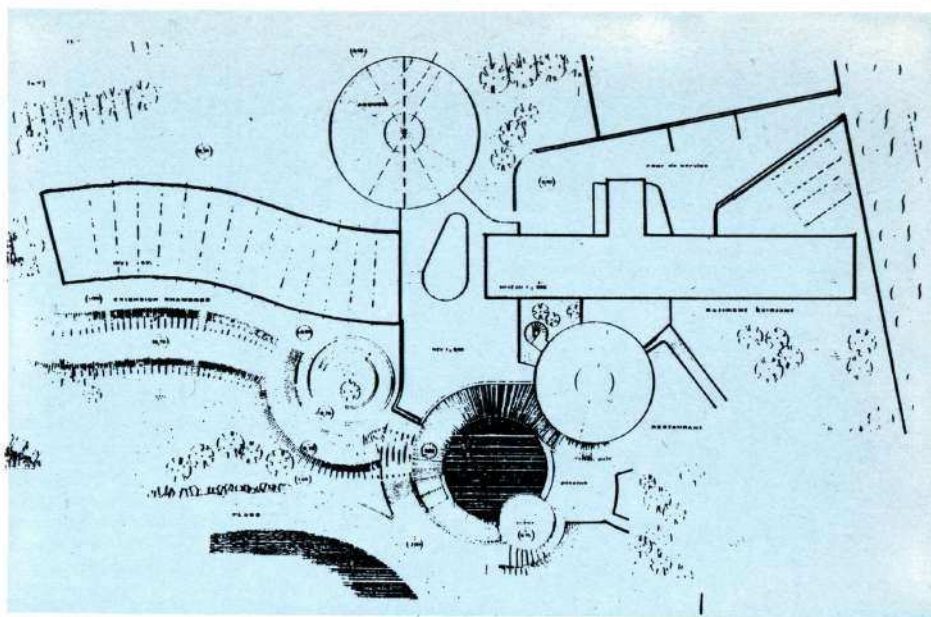


Fig. n° 2. Plan de masse.

## Le programme

Le programme comporte la réalisation de 250 chambres neuves dont dix suites et la restauration des 80 chambres existantes de l'hôtel de l'Indépendance actuel. Les services communs comprennent un bar, un restaurant gastronomique, un restaurant grill terrasse, des salons, des salles de réunions. Enfin les aménagements extérieurs prévus sont : une piscine, deux courts de tennis, le parc paysager de l'hôtel et des parkings. Il s'inscrit dans un site d'une grande beauté, à l'extrémité de la presqu'île de Conakry, au bord de l'Atlantique en face des îles de Loos qui se profilent au large à quelques kilomètres. Il est limité au sud par un fromager plus que centenaire, arbre sacré dont l'immense frondaison offre une ombre agréable au promeneur, et le phare de Boulbinet. Ce phare, au bout d'une chaussée découverte à marée basse, veille sur la rade assez dangereuse où de nombreux bateaux attendent d'entrer dans le port visible au nord ouest. La côte est rocheuse et constituée de débris de la carapace latéritique.

## Le symbolisme

Dans ce cadre naturel, les autorités guinéennes ont décidé de conserver l'hôtel existant dont la qualité architecturale est grande et qui est, par ailleurs, remarquablement conçu. Il symbolise aussi une période de leur histoire que les Guinéens ne renient pas, mais qu'ils ont dépassée. Il doit s'intégrer en revanche dans un complexe dont la

partie nouvelle préfigure l'avenir, d'où le contraste entre les lignes de l'ancien bâtiment et celles du nouveau. L'ensemble devant styliser un oiseau qui prend son envol et illustrer par là la volonté d'expansion de ce pays !

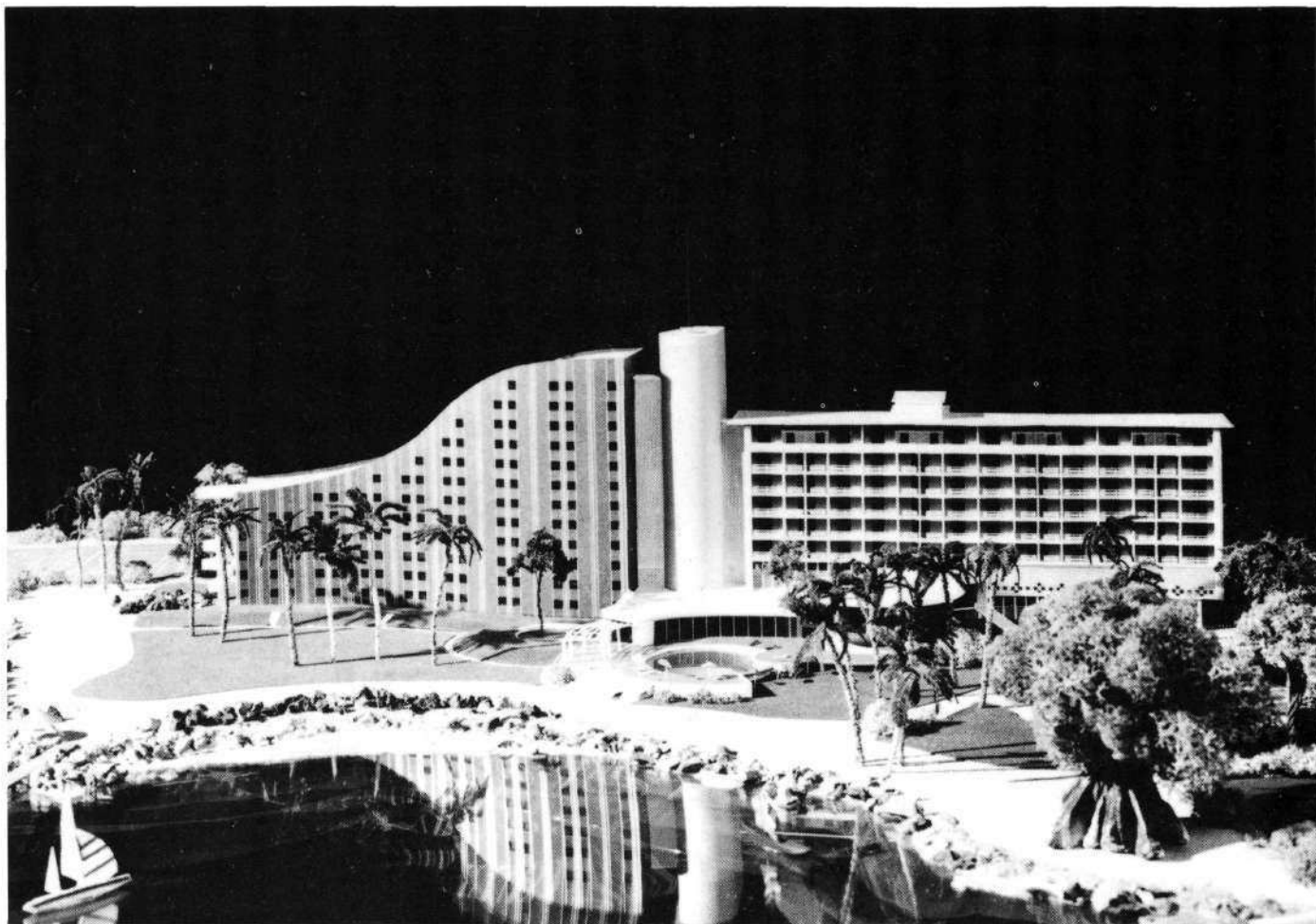
Les architectes ont réussi à capter le message et la sensibilité originale qu'il contenait et l'on traduit comme le montre la photo de la maquette (figure n° 3).

## Les multiples contraintes de la réalisation

Programmés pour une mise en service en septembre 1980, les travaux de gros œuvre du complexe hôtelier sont aujourd'hui assez avancés. Leur organisation à 6000 km de la France pose des problèmes particuliers. Le délai de réaction augmenté de celui du transport devient très long ; plusieurs semaines sinon plusieurs mois, quand les ports français sont paralysés par des incidents divers !

## Les matériaux

Il y a très peu de matériaux disponibles sur place. Il faut avant le commencement des travaux rechercher puis mettre en exploitation des carrières (cf figure n° 4) en approvisionnant le matériel nécessaire à cette effet, sans oublier les multiples pièces de rechange dont l'absence pourrait avoir des conséquences graves.



Maquette Novotel/Conakri Fig. n° 3.

Photo PIP'S Clamart.

## La base vie

Il faut loger le personnel expatrié en édifiant à cet effet une " base " (cf figure n° 5). Chacun doit pouvoir y retrouver partiellement son mode de vie européen. La recherche puis l'affectation du terrain sont un préalable nécessaire. Lorsque le délai global est de vingt-trois mois, dont deux saisons de pluies diluviennes, il n'y a pas de temps à perdre !

C'est pourquoi, il a été décidé de réaliser deux bases vie. La première, au pied de l'hôtel, a été mise en place en quinze jours avec des bâtiments préfabriqués transportés par avion. L'intérêt de cette opération coûteuse est bien sûr de commencer rapidement l'installation du chantier et le chantier lui-même.

## Une maquette " grandeur nature " en France

Sur un tel chantier où le temps joue un rôle capital tout doit être prévu pour parer à toute éventualité. C'est pourquoi un ordre strict est exigé. L'inventaire permanent des produits consommables est tenu. Des plannings de consommation plusieurs mois d'avance sont établis pour éviter les ruptures de stocks de ciment, d'armatures, de bois... De plus pour faciliter la coordination entre les différents corps d'état, une " maquette " grandeur nature de la chambre d'hôtel future est construite en France ou chacun, du plombier à l'électricien en passant par le décorateur ou le fournisseur de meubles, vient vérifier si ses prestations sont conformes, et si elles pourront effectivement être mises en œuvre sur le site. Tous les points de détail dimensionnels sont vérifiés.

## La dialectique investissement exploitation

Cette mise au point, baptisée coordination des sous-traitants, exige beaucoup de temps. Elle se fait en liaison étroite avec l'exploitant qui s'assure que les dispositions retenues permettront un entretien facile. La dialectique entre le réalisateur clés en main et l'exploitant commence au niveau du programme lui-même, certains choix d'équipements peuvent en effet rétroagir sur les investissements. C'est ainsi, à titre d'illustration, que le choix de linge à base de fibres synthétiques, plus coûteux à l'achat que du linge en coton, mais plus facile à laver et surtout à sécher, diminue l'importance de la buanderie (en surface et en équipements) - Un bilan est donc à établir dès l'origine des études.



Fig. n° 4. Carrière de MANEA.

Fig. 5. Base Vie. ▶

### Un système constructif adapté à la main d'œuvre locale

La structure doit être conçue en fonction des ouvriers qui la réaliseront. Si la main d'œuvre disponible sur place est nombreuse et de bonne volonté, sa qualification laisse à désirer. C'est pourquoi, il a été choisi un système de construction s'appuyant sur du béton banché pour les refends, des prédalles, des panneaux de façade préfabriqués. Ce système très classique n'appelle pas de commentaire particulier sur le plan technique. Sur le plan humain, en revanche, il permet de multiplier les petits ateliers spécialisés (atelier refends, atelier prédalles...). Le chef d'équipe expatrié peut à la fois faire réaliser son programme quotidien tout en qualifiant progressivement une main d'œuvre à la fois habile et motivée par des tâches dont elle voit immédiatement le résultat.

Ce choix rencontre à la fois l'intérêt de ce pays de voir sa main d'œuvre se perfectionner et celui de Nord-France de disposer dans des délais brefs d'ouvriers qualifiés nécessaires.



### Conclusion

Ainsi dans une opération clés en main, combinée avec la gestion ultérieure de la construction proprement dite pour se concentrer sur le résultat. Il faut alors que l'entreprise instaure en son sein des mécanismes de contrôle intégrés et qu'elle associe à son équipe, les architectes dont le rôle

ne sera plus uniquement conceptuel. Ils

participeront directement à l'acte de construire. L'absence du maître d'œuvre est ainsi compensée. L'ambiance de travail est tout à fait différente de celle qui règne sur les chantiers métropolitains. Le métier d'entrepreneur retrouve alors sa plénitude d'autrefois. Il est complété dans le cas particulier par la recherche, la mise en place du financement et enfin par une mission de formation des équipes locales.

La diversité des préoccupations et des compétences nécessaires, économiques et financières, techniques et architecturales, de gestionnaire et de formateur s'accorde bien de la polyvalence de l'ingénieur des Ponts et Chaussées.

# La Vie du Corps des Ponts et Chaussées

## Informations Retraite

L'A.I.P.C. et le S.N.A.I.P.C. projettent de tenir une réunion d'information sur la préparation et l'organisation de la retraite. Cette réunion aura lieu durant la 2<sup>e</sup> quinzaine du mois de novembre à l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

Elle intéresse principalement les Camarades dont l'âge de la retraite approche (55 à 65 ans), mais elle s'adresse également aux retraités, aux veuves de nos Camarades décédés et aussi à tous les Ingénieurs, quel que soit leur âge, qui se préoccupent à juste raison de certaines dispositions à prendre pour améliorer les conditions de leur future retraite.

L'ordre du jour de la réunion sera approximativement le suivant :

- La matinée sera consacrée à l'exposé, par les représentants de l'Administration, des problèmes administratifs du passage à la retraite : modalités du calcul de l'assiette de la pension, annuités prises en compte, cumul de la pension principale avec d'autres pensions et avec des rémunérations publiques et privées, pension de reversion, revalorisation, etc... Une discussion suivra ces exposés.

En fin de matinée, seront succinctement évoquées les possibilités et les modalités de constitution d'une retraite complémentaire ainsi que les résultats à escompter.

- L'après-midi sera consacrée à l'examen des problèmes de la retraite avec leurs aspects matériels et psychologiques, notamment :

- la préparation personnelle préalable à la retraite,
- les mesures qui pourront être prises par l'Administration pour cette préparation,
- les occupations rémunérées et bénévoles,
- le maintien de la formation intellectuelle et technique,
- la participation aux opérations d'assistance technique,

- les concours apportés aux organismes publics et privés,
- l'occupation des loisirs,
- les moyens de combattre l'isolement,
- le logement et le cadre de vie avec leurs aspects sociaux, notamment aux approches du 4<sup>e</sup> âge : analyse des divers aspects

du problème à la lumière de l'expérience des réalisations de l'AREPA,

- les idées fausses ou les leurre à éviter,
- le service de renseignement du Syndicat,
- l'Université du 3<sup>e</sup> âge.

Au cours de ces exposés qui donneront lieu à un large débat, il sera fait état des indications procurées par l'enquête qui a été faite auprès des Camarades retraités.

Un colloque général précèdera la clôture de la réunion à laquelle participera M. MAYET, Directeur du Personnel.

## Lu pour vous

### SYSTÈMES ET MODÈLES

de B. WALLISER

(Editions du Seuil - 1977)

Au moment où l'accent est mis plus encore qu'auparavant sur la complexification du monde, où référence est souvent faite à l'utilité de l'**analyse du système**, il nous a paru intéressant de rappeler le très intéressant travail de synthèse publié au Seuil en 1977.

Notre camarade B. WALLISER a bien voulu, à notre demande, résumer cet ouvrage.

Depuis quelques années se développent, dans le prolongement de certains corpus théoriques (cybernétique), courants épistémologiques (structuralisme) ou disciplines décisionnelles (recherche opérationnelle) un ensemble de réflexions théoriques et de travaux appliqués se réclamant de l'**approche systémique**. Celle-ci comporte en fait trois facettes, une "**théorie des systèmes**", se proposant d'étudier les propriétés générales des systèmes fortement organisés tant physiques que sociaux, une "**analyse cognitive des systèmes**" déga-

geant des règles méthodologiques pour la modélisation d'objets naturels en tant que systèmes et une "**analyse normative des systèmes**" proposant des principes praxéologiques pour le pilotage ou la conception d'objets artificiels traités comme systèmes. Bien que les divers développements de l'approche systémique présentent encore un caractère très hétérogène et fragmentaire, il devient possible d'en donner une vision relativement cohérente et didactique à partir des concepts et propriétés essentielles concernant les systèmes et les modèles, ces deux notions étant étroitement liées.

- Un système se présente, tout d'abord, comme une entité relativement autonome, qui s'adapte à son environnement en procédant avec lui à des échanges de divers types et en réalisant des transformations internes entre entrées et sorties de manière causale ou finalisée. Il est, en général, décomposable en sous-systèmes coordonnés entre eux par l'intermédiaire de structures d'organisation relationnelles ou statistiques et de processus d'intégration faisant dériver les propriétés macroscopiques du tout des propriétés microscopiques des parties et de leurs interactions. Il peut, de plus, être capable d'un auto-apprentissage face à l'environnement et d'une auto-

organisation de ses éléments, à partir de transformations différentielles de ses différentes caractéristiques selon des temporalités propres plus ou moins synchronisées. Ces trois familles de propriétés peuvent être articulées dans des **schémas d'auto-régulation** (passive ou active), par rétroaction ou interaction, positive ou négative), dont les fonctions assurées et les niveaux hiérarchiques permettent de classer les systèmes par ordre de complexité.

• Un modèle peut, quant à lui, être d'abord caractérisé par sa **syntaxe**, c'est-à-dire le support à travers lequel il s'exprime, qu'il soit physique (maquette) ou symbolique (schéma) et la formalisation de ses variables et relations, qu'il soit graphique (carte) ou analytique (système d'équations). La **sémantique** étudie, pour sa part, ses relations avec le système qu'il décrit d'un point de vue statique par les notions de "distance" système-modèle et de domaine de validité d'un modèle et d'un point de vue dynamique par la démarche cyclique de confrontation du modèle au réel. Enfin, la **pragmatique** s'intéresse aux rôles qu'il peut jouer dans les processus de connaissance et d'action, compte tenu des types de simulation auxquelles il se prête et de l'antériorité relative entre système et modèle (modèle cognitif d'un système existant ou normatif d'un système à

construire). Ces trois types de caractérisation permettent de dégager une méthodologie générale de construction des modèles insistant sur la phase de prémodélisation qualitative et d'utilisation des modèles mettant l'accent sur la sensibilité des résultats aux hypothèses.

En définitive, l'approche systémique n'est ni une science, dans la mesure où elle ne se propose pas d'énoncer des propositions théoriques validées pour tel ou tel système réel, ni une technologie dans la mesure où elle ne fournit pas de procédures opératoires pour maîtriser tel ou tel système concret. A partir des apports théoriques des différents champs de connaissance existants, elle vise plutôt à construire des classes de modèles suffisamment généraux, dans lesquelles le modélisateur pourra puiser pour mieux appréhender et représenter certains systèmes difficilement formalisables ou pour mieux agir ou concevoir certains systèmes particulièrement complexes. Si ces ambitions ne sont pas très nouvelles, elles se traduisent actuellement par une floraison d'ouvrages théoriques, d'enseignements spécialisés, d'organismes d'études, de colloques spécifiques qui, malheureusement, n'échappent pas toujours aux effets de mode et aux tentatives de récupération.

## LA MORT INUTILE

de C. Gerondeau

Le premier livre sur l'un des phénomènes majeurs de la vie quotidienne des Français.

C'est l'histoire d'un long combat contre la fatalité que raconte l'ouvrage de Christian Gerondeau — "Monsieur Sécurité Routière". Lorsqu'il est chargé par Jacques Chaban-Delmas, en juin 1972, de la lutte contre les accidents de la route, ceux-ci sont responsables de 17 000 morts et 350 000 blessés par an et ne cessent de croître.

Moins de sept ans après, le risque sur les routes a été divisé par deux. En 1978, 12 000 tués furent en effet recensés, pour une circulation accrue de 40 %.

Un tel résultat, que personne n'aurait osé prédire, n'est pas le fruit du hasard.

Dans "La mort inutile" Christian Géron-



# SCETA ROUTE

BUREAU D'ETUDES ET D'INGENIERIE AUTOROUTIER

DIRECTION GENERALE : Rue Gaston-Monmousseau - B.P. n° 117 - 78192 TRAPPES CEDEX - Tél. : 050.61.15  
Télex : BETSER 697 293

## AGENCES

### Agence de NICE

28, avenue de la Californie - 06200 NICE  
Tél. 86.22.53 - Télex : 470 198

### Agence de NIORT

75, rue de Goise - 79000 NIORT  
Tél. (49) 28.10.68 - Télex : 791 213

### Agence de MIDI-PYRENEES

Zone Industrielle de Montaudran  
Rue Jean-Rodier - 31400 TOULOUSE  
Tél. 80.45.20 - Télex : 520 006

### Agence d'AQUITAINE

B.P. 189 - 47007 AGEN  
Tél. 66.63.08 - Télex : 570 417

### Agence de ANNECY

13 bis, boulevard du Fier - B.P. 552 - 74000 ANNECY  
Tél. 57.18.13 - Télex : 300 807

### Agence de CLERMONT

Aérogare d'AULNAT - B.P. n° 9 - 63510 AULNAT  
Tél. 92.60.67 - Télex : 390 024

### Agence de BOURGOGNE

2, avenue Garibaldi - B.P. n° 622 - 21016 DIJON CEDEX  
Tél. 32.80.93 - Télex : 350 810

### Agence de PAU

Lotissement Berlanne - Cidex 36 - 64160 MORLAAS  
Tél. (59) 30.23.23 - Télex : 570 895 F

### Agence du NORD

Rue Yves-da-Cugis (Triolo) - B.P. 58 - 59650 VILLENEUVE-D'ASCQ  
Tél. (20) 91.27.19 - Télex : 120 648

### Agence de l'EST

2, rue du Vair - 54520 LAXOU  
Tél. (28) 96.50.13 - Télex : 960 801

### Agence REGION PARISIENNE

Rue Gaston-Monmousseau - B.P. n° 117 - 78192 TRAPPES  
Tél. 050.61.15 - Télex : BETSER 697 293

### Agence de BORDEAUX

Avenue de la Résistance, Carrefour de la Croix-Rouge  
33310 LORMONT  
Tél. 06.40.68 - Télex : 550 181

# mouvements

## MUTATIONS

**M. Jean ZULBERTI**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de la CÔTE D'OR, est, à compter du 16 juin 1979, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de l'HÉRAULT pour y être chargé du Groupe d'Études et de Programmation.  
Arrêté du 27 Juin 1979.

**M. Louis RUELLE**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de la MANCHE, est muté à la Direction Départementale de l'Équipement de la RÉUNION en qualité d'Adjoint au Directeur.  
Arrêté du 2 juillet 1979.

**Mademoiselle GONTIER**, I.P.C. à la Direction Régionale de l'Équipement " ILE DE FRANCE ", est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1979, muté à la Direction Départementale de l'Équipement de la VIENNE pour y être chargée de l'Arrondissement Opérationnel.  
Arrêté du 2 juillet 1979.

**M. Christian GENTRIC**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement de l'ARDÈCHE, est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1979, muté à la Direction Départementale de l'Équipement du VAUCLUSE pour y être chargé du Groupe d'Études et de Programmation.  
Arrêté du 2 juillet 1979.

**M. Lucien BOLLOTTE**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement du DOUBS, est, à compter du 1<sup>er</sup> septembre 1979, muté à la Direction Régionale de l'Équipement " BOURGOGNE " en qualité de Chargé de Mission auprès du Directeur.  
Arrêté du 4 juillet 1979.

**M. François LEPINGLE**, I.P.C. au Centre d'Études Techniques de l'Équipement d'AIX EN PROVENCE, est, à compter du 16 août 1979, muté à la Direction Départementale de l'Équipement du GARD en qualité d'Adjoint au Directeur.  
Arrêté du 4 juillet 1979.

**M. Michel CONRUYT**, I.P.C. au Centre d'Études Techniques de l'Équipement d'AIX EN PROVENCE, est, à compter du 1<sup>er</sup> août 1979, muté au Service Spécial des Basses Aériennes des BOUCHES DU RHÔNE à AIX-en-PROVENCE, arrondissement de l'Est.  
Arrêté du 11 juillet 1979.

## DÉCISIONS

**M. Jacques MARCHAND**, I.P.C. est, à compter du 15 Novembre 1978, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès de la Communauté Urbaine de BORDEAUX, en qualité de Directeur des Services Techniques de l'Eau et de l'Assainissement.  
Arrêté du 7 juin 1979.

**M. François de MARIN de MONTMARRIN**, I.G.P.C., est, à compter du 10 janvier 1978, placé en service détaché pour une période de cinq ans, éventuellement renouvelable, auprès de la PRÉFECTURE de PARIS, en qualité de Directeur de l'Urbanisme et des Équipements.  
Arrêté du 7 juin 1979.


**M. Barthélémy RAYNAUD**, I.P.C. est en sa qualité de Directeur de l'Artisanat, placé en service détaché auprès du Ministère de L'Industrie du 5 avril 1978 au 1<sup>er</sup> février 1983 inclus pour être mis à la disposition du Ministère du Commerce et de l'Artisanat.  
Arrêté du 7 juin 1979.

**M. Christian PARENT**, I.P.C. en service détaché auprès du Bureau Central d'Études pour les équipements d'Outre-Mer (BCEOM) est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1979, réintégré dans son administration d'origine et affecté à la Direction Départementale de l'Équipement du BAS-RHIN en qualité d'Adjoint au Directeur.  
Arrêté du 22 juin 1979.

**M. Robert BOYER**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> janvier 1979, placé en service détaché pour une période d'un an éventuellement renouvelable auprès du Centre National de la Recherche Scientifique sur un emploi d'Attaché de Recherche.  
Arrêté du 26 juin 1979.

**M. François FAVANT**, I.P.C. est, à compter du 1<sup>er</sup> mai 1979, placé en service détaché pour une période de cinq ans éventuellement renouvelable auprès de la Confédération Nationale du Crédit Mutuel en vue d'y exercer des fonctions de Direction.  
Arrêté du 26 Juin 1979.

**M. Jean MOREL**, I.P.C., au Service Technique de l'Urbanisme, est à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1979, mis à la disposition du Ministère de l'Intérieur, Direction de la Protection Civile.  
Arrêté du 2 juillet 1979.



deau raconte quels obstacles il fallut vaincre, et quels appuis furent trouvés pour cette œuvre de longue haleine.

Il prouve qu'il est possible de faire beaucoup plus encore, et que les grands fléaux de la société moderne peuvent être dominés, pour peu qu'on le veuille.

Car si les drames de la route ont progressé sans cesse pendant un quart de siècle, c'est que personne ne voulait vraiment les combattre et que notre société a été coupable d'indifférence à l'égard des victimes.

En affirmant que la responsabilité première des accidents n'incombe pas uniquement aux usagers de la route, mais aussi à ceux qui ont des pouvoirs de décision, Christian Gerondeau va à l'encontre des idées reçues, et jette un éclairage nouveau sur les relations entre le citoyen et la collectivité dans le monde moderne.

"La mort inutile" est aussi un ouvrage éducatif, contenant de multiples conseils de sécurité aux usagers de la route.

"La mort inutile" : un livre aux aspects multiples qui s'adresse aux publics les plus divers, et dont la lecture devrait être indispensable pour tous les Français.

- automobilistes
- motocyclistes
- parents
- candidats au permis de conduire
- membres de grandes associations (Prévention Routières ; Automobile Clubs ; Touring-Clubs ; Croix-Rouge ; Protection Civile)
- enseignants
- médecins
- gendarmes, policiers, secouristes, etc...

Un témoignage passionnant, car chacun est concerné.



**M. Pierre ANDRAU**, I.C.P.C. en service détaché auprès du Port Autonome de NANTES-SAINT-NAZAIRE, en qualité de Directeur, est, à compter du 7 avril 1979, maintenu dans la même position et dans les mêmes fonctions auprès de cet organisme pour une période d'un an.

Arrêté du 2 juillet 1979

## NOMINATIONS

**M. Raymond OURADOU**, I.P.C. à la Direction Départementale de l'Équipement des PYRÉNÉES ORIENTALES, est, à compter du 16 juin 1979, nommé Directeur Départemental de l'Équipement de l'ARIÈGE, en remplacement de M. CESARI, appelé à d'autres fonctions.

Arrêté du 2 juillet 1979.

**M. Alain PUZENAT**, chargé du groupe Infrastructures à la Direction Départementale de l'Équipement de la SEINE-SAINT-DENIS, est, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 1979 nommé à la même Direction Départementale de l'Équipement, en qualité d'Adjoint au Directeur.

Arrêté du 5 juillet 1979.

## PROMOTIONS

Les Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées dont les noms suivent sont promus Ingénieurs Généraux des Ponts et Chaussées à compter des dates ci-après indiquées :

M. Roger **VIAN** 21 mai 1979  
M. Jean **GAYET** 22 juin 1979  
M. François **VALIRON** 28 juin 1979

Arrêté du 25 mai 1979.

## RETRAITES

**M. Albert JOUVENT**, I.G.P.C., chargé de l'Inspection Générale spécialisée dite du Contrôle des Sociétés Concessionnaires d'Autoroutes, est, à compter du 27 novembre 1979, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 13 juin 1979.

**M. Jean STAIMESSE**, I.G.P.C., mis à la disposition du Ministère de l'Industrie, est, à compter du 25 décembre 1979, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 13 juin 1979.

**M. Jacques IMBERT**, I.C.P.C., au Centre d'Études Techniques de l'Équipement d'Aix-en-Provence, est, à compter du 17 décembre 1979, admis à faire valoir ses droits à la retraite.

Arrêté du 13 juin 1979.

## APPEL DE CANDIDATURES POUR UN ENSEIGNEMENT D' " AÉROPORT ET TRANSPORTS AÉRIENS "

(Enseignement Spécialisé ES 22)

### A L'école nationale des Ponts et Chaussées

L'École Nationale des Ponts et Chaussées lance un appel de candidatures pour la chaire de Professeur "d'Aéroports et Transports Aériens" (Enseignement Spécialisé ES 22 - Option V Infrastructure et Transports).

Cet enseignement comporte dix séances de trois heures chacune, entre les mois d'avril et de juin, qui comportent exposés et conférences, travaux dirigés (par groupes de quinze à vingt élèves) et visites d'installations.

Il vise à donner un large panorama du transport aérien et des aéroports insistant plus particulièrement sur certains problèmes comme la

recherche d'un site ou l'insertion dans l'environnement.

Les personnes intéressées peuvent obtenir des précisions complémentaires auprès du Directeur de l'Enseignement de l'École.

Chaque candidat devra joindre à sa lettre de candidature, son curriculum vitae, ainsi que la liste de ses références, travaux et publications. Il fournira également un programme sommaire de l'enseignement qu'il se propose de faire.

La date limite des réponses à cet appel de candidatures est fixée au vendredi 9 novembre 1979.

## Rapport exportation Audience de M. d'Ornano

L'AIPC et l'AENPC ont constitué conjointement, durant l'automne 1978, une commission de réflexion sur l'exportation dans le bâtiment et les travaux publics.

Cette commission, présidée par René Mayer Directeur Général de l'I.G.N. pour l'AIPC et par Jacques Hervet Directeur Général Adjoint de la F.N.T.P. pour l'AENPC, et dont le rapporteur était Alain Gerbaldi, Secrétaire Général de l'AIPC, était composée de 19 membres ayant des responsabilités importantes dans l'administration, les bureaux d'études et les entreprises du secteur BTP ; elle s'est réunie 8 fois entre octobre 1978 et mars 1979 et son rapport a été remis à Monsieur le Ministre d'Ornano le 20 août par MM. BIC, Président de l'AENPC ; Mayer, qui représentait J. Leclercq, Président de l'AIPC ; Hervet et Gerbaldi ; M. Picard, Directeur du Cabinet du Secrétaire d'Etat et Conseiller du Ministre, participaient à la réunion.

Le rapport, après avoir rappelé l'importance vitale de l'exportation pour le secteur BTP, compte tenu du ralentissement d'activité en France, étudie les obstacles au développement de cette activité :

• **problèmes humains** : les cadres français restent relativement réticents à travail-

ler à l'étranger et maintiennent des exigences souvent excessives, en particulier en matière financière ; des efforts doivent être menés au niveau des Ecoles (formation aux langues, sensibilisation à la nécessité de l'exportation et à ses contraintes) et des entreprises (modération des exigences des expatriés, mais aussi définition d'une politi-



M. Gerbaldi



M. Mayer

OROP

que de carrières prenant mieux en compte les postes à l'étranger).

En ce qui concerne les coopérants français à l'étranger, le rapport recommande de les associer davantage à l'effort d'exportation du secteur.

- **problèmes techniques** : c'est souvent plus au niveau de la qualité et de la technicité des solutions proposées qu'au niveau des prix que les exportateurs français peuvent se montrer concurrentiels. Le rapport recommande une adaptation des techniques aux marchés étrangers, un développement de la recherche destinée à définir des techniques de pointe exportables, une part plus grande consacrée à l'exportation de services "après-vente" (gestion et exploitation des infrastructures, formation des cadres étrangers), ainsi que la valorisation des normes françaises.

- **problèmes de structure** : notre effort d'exportation est souvent compromis, voire paralysé, par l'insuffisance de coordination entre pouvoirs publics et organismes privés, ainsi qu'entre organismes privés eux-mêmes.

Le rapport recommande l'instauration, d'une meilleure solidarité des Français à l'exportation (soutien du soumissionnaire le mieux placé), le développement de la synergie entre ingénierie, entreprises et fournisseurs de matériels, de matériaux et de services (avec, par exemple, le financement des études préalables par l'Etat et par les entreprises), les groupements de PME, le développement de notre réseau commercial, et la mise sur pied d'un système de caution et de garanties de risques relevant plutôt du domaine de l'assurance que de celui de la banque.

Il prône également le renforcement du soutien public au secteur BTP, en particulier par la mise à disposition des experts et des références du secteur public (détachements de longue durée).

- **nécessité d'élaborer une stratégie à l'exportation** : le rapport souligne que le secteur BTP devrait définir des priorités



M. d'Ornano

OROP

géographiques en prenant garde à ne pas uniquement se centrer sur les Pays du Tiers Monde, et notamment l'Afrique (effort plus important à mener vers les pays industrialisés et ceux de l'OPEP - tremplins privilégiés vers les pays importateurs). Une stratégie cohérente devrait également favoriser la mise en place de spécialistes français à des postes clés dans les pays étrangers et les organismes internationaux, ainsi que développer les actions de formation des ingénieurs étrangers en France.

Monsieur d'Ornano a manifesté son intérêt pour la réflexion ainsi menée par l'AIPC et l'AENPC et a notamment insisté au cours de la réunion sur les points suivants du rapport :

- formation des responsables étrangers aux techniques et pratiques françaises : L'effort de nos Ecoles doit être poursuivi dans ce sens, en s'attachant à former des cadres étrangers convenablement sélectionnés.



M. Hervet

OROP

- développement des passerelles entre secteur public et secteur privé :

Des fonctionnaires ayant une solide expérience professionnelle et une bonne connaissance des problèmes de l'entreprise peuvent jouer un rôle important dans le développement de l'activité BTP à l'étranger ; dans l'autre sens, l'insertion dans l'administration de responsables venant du secteur privé peut permettre à celle-ci de mieux prendre en compte les impératifs de l'exportation.

Le Ministre a également retenu l'idée de stages d'ingénieurs-élèves sortant de l'ENPC dans des entreprises et bureaux d'études français travaillant à l'étranger.

- motivation des cadres à la nécessité des postes à l'étranger :

Les cadres français doivent prendre conscience que l'exportation constitue un devoir prioritaire pour la nation, ainsi que pour leurs entreprises et pour leurs familles ; à ce sujet, M. d'Ornano a insisté sur les revendications salariales excessives des cadres concernant les postes à l'étranger et a souligné la nécessité pour les employeurs, de tempérer ces revendications, les entreprises publiques devant en particulier montrer l'exemple dans ce domaine.

- aspect "structurels" :

Le Ministre a estimé que le BTP devait désormais être considéré comme une industrie à part entière et bénéficier en conséquence d'un traitement équivalent de la part des organismes qui soutiennent l'effort d'exportation du pays.

En conclusion, le Ministre a encouragé les Associations à poursuivre leur réflexion sur ce thème et à mener toute action susceptible de contribuer au développement des exportations de BTP.

*Le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment doit prochainement publier un article sur le rapport de la Commission.*



# 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



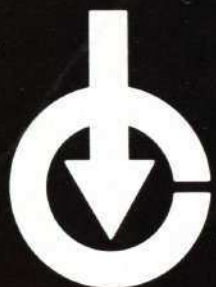
Équipement épandeur à transmission hydrostatique et rampe à commande pneumatique

## 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



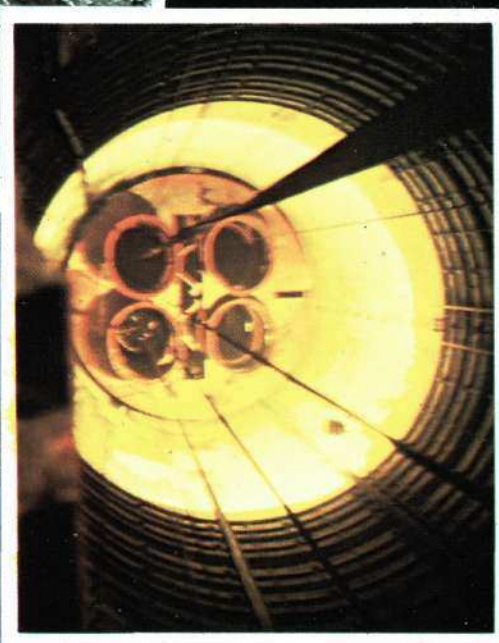
# INTRAFOR-COFOR

SPÉCIALISTE DES TRAVAUX DANS LE SOL

15, RUE DES SABLONS - 75116 PARIS - TÉL. 505.14.20 - TELEX PARIS 611017 F



TUNNEL DU FREJUS :  
PUITS DE VENTILATION



SONDAGES - FORAGES - PUIITS

INJECTIONS - TIRANTS D'ANCRAGE

RABATTEMENT DE NAPPES - CONGELATION

COMPACTAGE DYNAMIQUE OU PAR VIBRATION

TRAVAUX SOUTERRAINS ET MINIERES