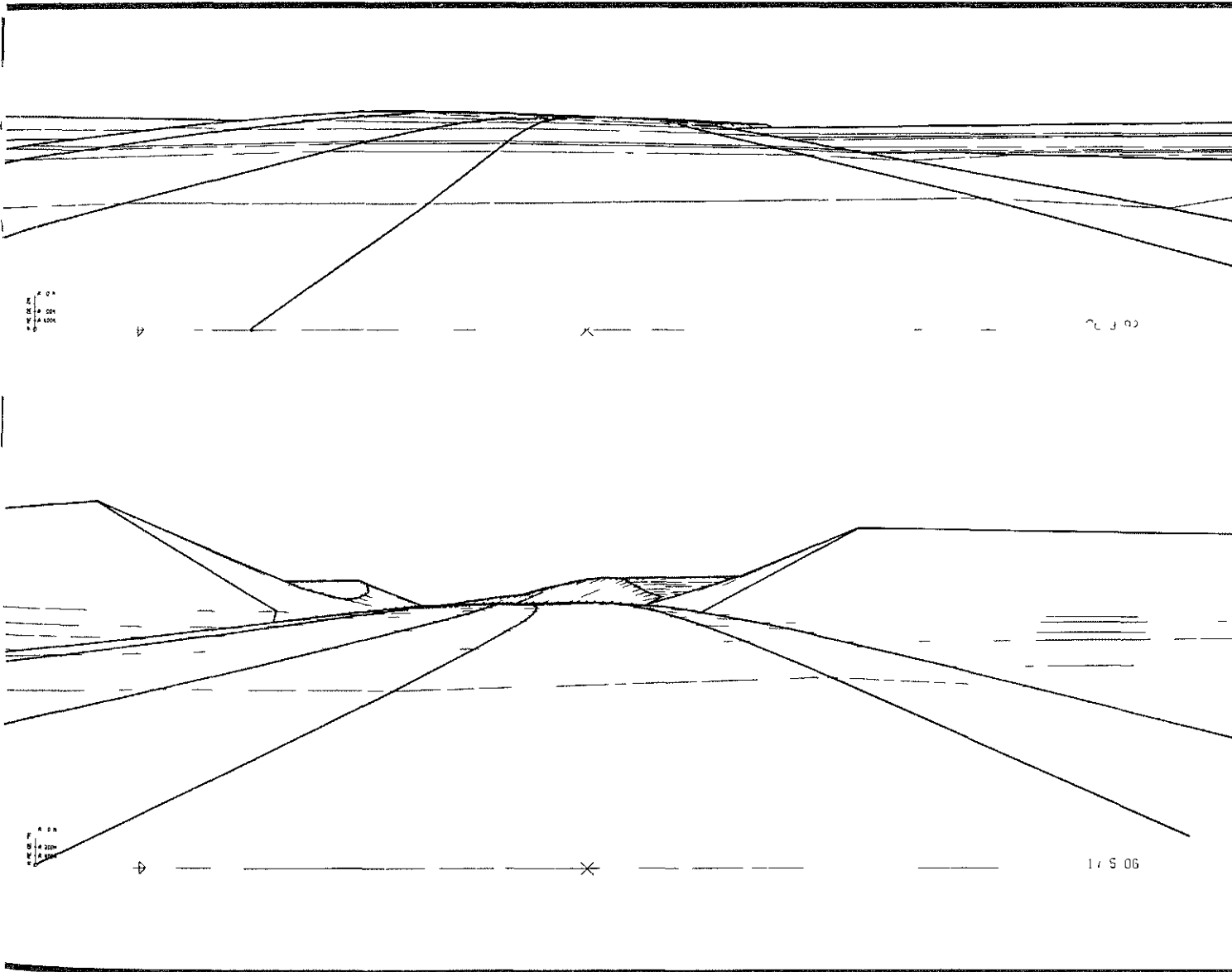


La Recherche Opérationnelle





SUR LE BOULEVARD PÉRIPHÉRIQUE NORD à PARIS L'ÉCHANGEUR DE
LA CHAPELLE A ÉTÉ SIGNALISÉ PAR PRISMO FRANCE
EN BANDES PLASTIQUES ZEBRA.

PRISMO FRANCE

53, Rue Jean-Bonal
92 — LA GARENNE-COLOMBES

Tél. : 782 35 00

S O M M A I R E

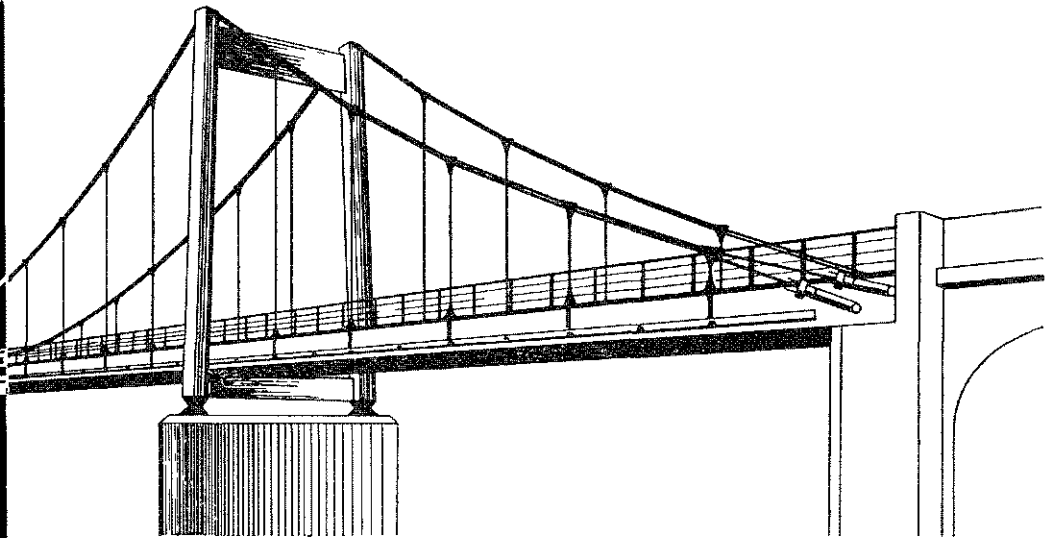
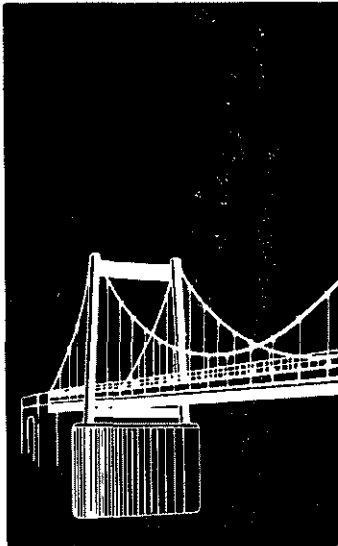
<i>Avis : Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées dans le secteur privé</i>	49
<hr/>	
<i>L'application des méthodes scientifiques à la préparation des prises de décision</i>	52
<i>I - Le choix d'une stratégie nationale d'investissement</i>	57
<i>II - Les arbitrages internes à un secteur : l'exemple du secteur des Transports</i>	65
<i>III - L'optimisation technico-économique</i>	71
<i>IV - L'ordonnancement</i>	85
<i>V - Les tests de cohérence : l'exemple des schémas des structures et des transports</i>	87
<i>VI - L'automatisation de l'exploitation : l'exemple du contrôle de la circulation aérienne</i>	93
<i>Conclusion</i>	102
<hr/>	
<i>Procès-Verbaux des réunions du Comité du P.C.M. : Séance du vendredi 7 juillet 1967</i>	106
<hr/>	
<i>Mutations, Promotions et Décisions diverses</i>	109

Photo de couverture : Perspectives d'autoroute calculées et dessinées automatiquement par un traceur de courbes relié à un ordinateur.

LXIV^e année - n° 9 - mensuel **RÉDACTION** : 28, rue des Sts-Pères, Paris-7° LIT. 25.33
PUBLICITÉ : 254, rue de Vaugirard, Paris-15° LEC. 27.19

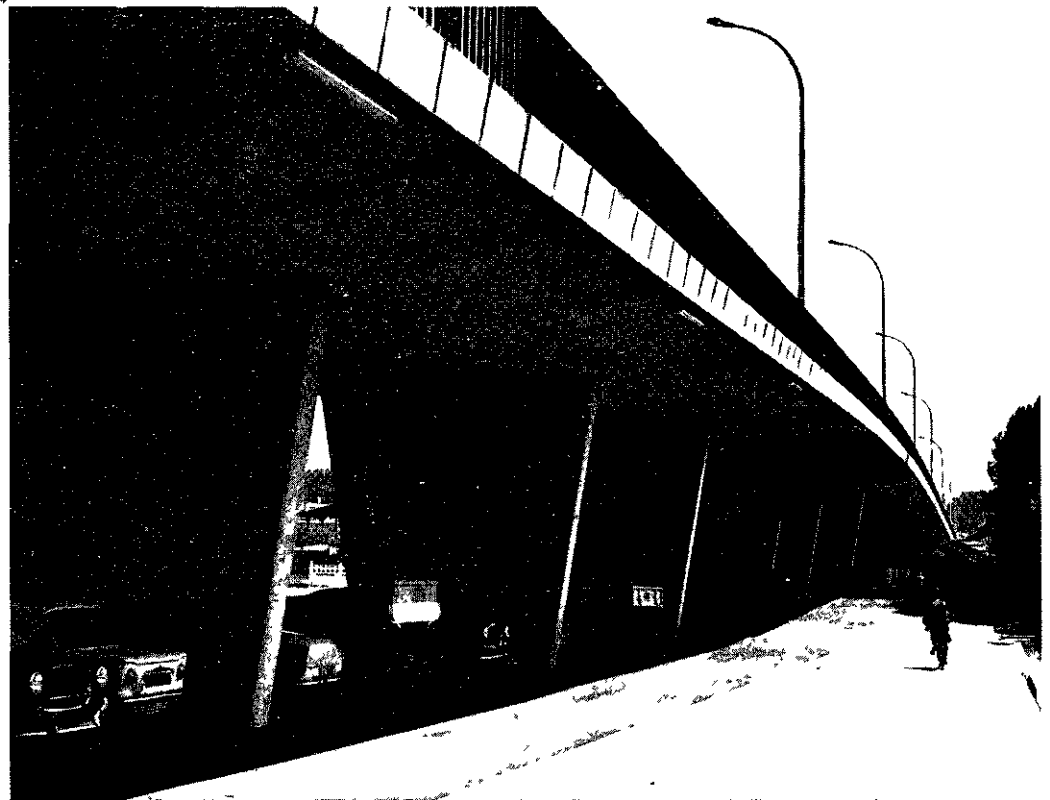
PONTS

CONSTRUITS EN ACIER, EN BÉTON
OU EN ALUMINIUM



Pont de St DOULCHARD
(participation)

Maître de l'Œuvre
Pons et Chaussées
du Cher



pyc-publicité

Baudin-Châteauneuf

Société Anonyme au capital de 3.000.000 F

Châteauneuf-sur-Loire (Loiret) - Tél. Orléans 89-43-09

BUREAU A PARIS : 254, RUE DE VAUGIRARD - XV^e - TÉL. LEC. 27-19 +

SOMATER

8 IMPASSE TERRIER (Ile de la Jatte)
92 . NEUILLY S/SEINE TEL. 722.22.23

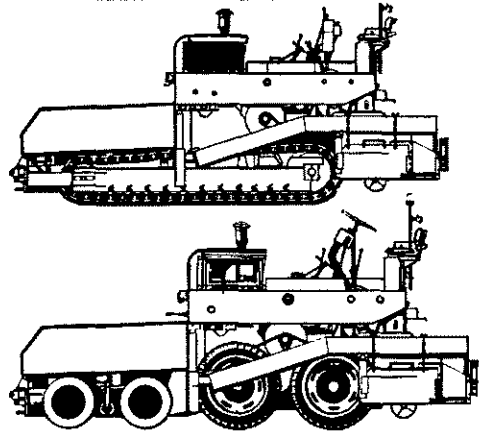
finisseuses **VÖGELE**
DE ROUTE

BETON BITUMINEUX
BETON DE CIMENT
GRAVE CIMENT



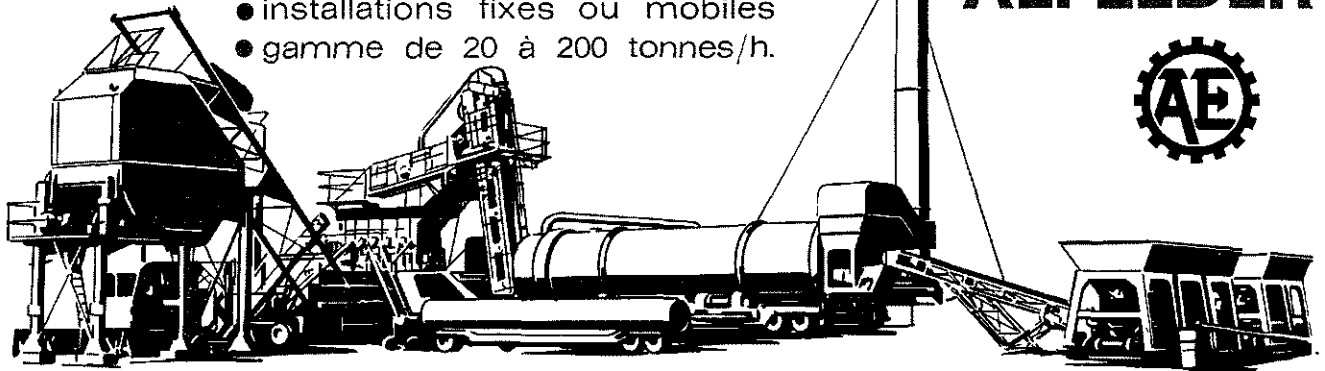
TAMPER ET SCREED
VIBRANT

...de 60 à 300 Tonnes/heure



postes d'enrobage en discontinu

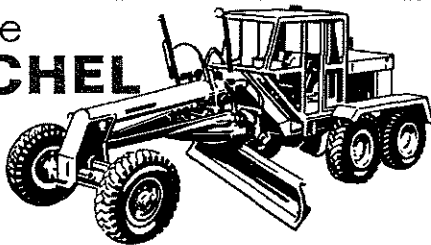
- installations fixes ou mobiles
- gamme de 20 à 200 tonnes/h.



ALFELDER

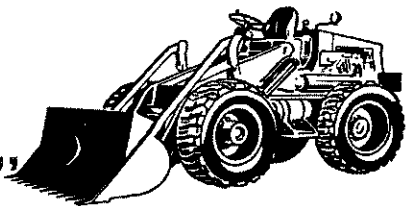


niveleuse
HENSCHEL



tracteur
et
pelleteuse-
chargeuse

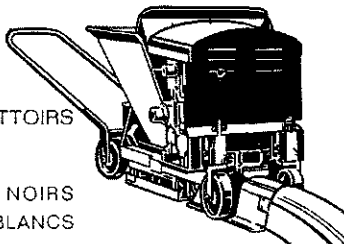
"AGRIP"



finisseuse
VÖGELE
DE BORDURES DE TROTTOIRS

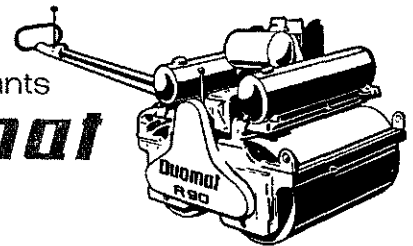


PRODUITS NOIRS
PRODUITS BLANCS



rouleaux
tandem vibrants

Duomat





société chimique de la route



Digue de la Morge : Revêtement béton bitumineux

- ◆ Routes et autoroutes ◆ Aérodomes
- ◆ Voirie et réseaux divers
- ◆ Travaux hydrauliques : Revêtements de canaux et digues

Siège social :

2, AV. VELASQUEZ

PARIS 8^e



Téléphone: 522.13.79

522.96.33

LIANTS et PRODUITS SPÉCIAUX

- ◆ Emulsions acides (répandage et enrobage, stabilisation et imprégnation)
- ◆ Bitumes fluides
- ◆ Dopes
- ◆ Tapis minces en sable-enrobé
- ◆ Coulis sable-émulsion
- ◆ Binders de reprofilage et de renforcement
- ◆ Revêtements antikérosènes

ACTIMUL, ACTIFIX,
MICSOL, IMPREMAC
MICTARS
MICOIL, V 51
MICSABLE
ACTISEAL
MICGRIF
MICKER

PLANNINGS

ORDONNANCEMENT SCIENTIFIQUE DES TACHES

La méthode **PERT** a introduit dans les plannings des chantiers modernes la précision calendaire et la souplesse d'exécution clairement exprimée sous la forme de marges.

L'expérience des grands chantiers montre qu'il ne suffit pas de connaître les marges. Il est primordial de les gérer.

L'ordonnancement des moyens d'exécution — facteur économique de premier ordre — n'est pas compatible avec l'utilisation improvisée de ces marges.

Le programme **ORME** : Ordonnancement et Répartition des Moyens d'Exécution a été mis au point par la **SEGIC** pour apporter une solution optimisée aux problèmes d'ordonnancement des tâches.

ORME est un programme global et produit à lui seul les calculs :

- PERT
- d'optimisation des moyens
- du planning financier.

Sa souplesse, sa grande capacité et son exploitation particulièrement économique rendent le programme **ORME** parfaitement adapté aux problèmes de l'ordonnancement des grands travaux :

- PROGRAMMATION DES TACHES DU MAITRE D'OUVRAGE
- PROGRAMMATION ECONOMIQUE DES CHANTIERS
- PROGRAMMATION INTÉGRÉE PERMANENTE DE L'ENTREPRISE

La **SEGIC** propose deux formules d'exploitation :

- établissement d'un réseau PERT par ses ingénieurs spécialisés dans la construction et calcul par le programme **ORME**
- calculs programme **ORME** des réseaux établis par ses clients

Documentation envoyée sur demande faite à :

SEGIC

SOCIÉTÉ D'ÉTUDES GÉNÉRALES
DE CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES ET CIVILES

273, Av. DE FONTAINEBLEAU - 94 - THIAIS

TÉL. : 235.33.99/34.02

pourquoi attendre

pour

**CONSTRUIRE
ACQUERIR**
un immeuble neuf

pour

**AMENAGER
REPARER
AGRANDIR**
un immeuble ancien

depuis 1848
au service de la
construction

...alors que votre financement peut être assuré dès
maintenant par le **COMPTOIR DES ENTREPRENEURS**
qui seul peut vous proposer **PRÊTS**
une gamme aussi variée de
à des conditions aussi avantageuses



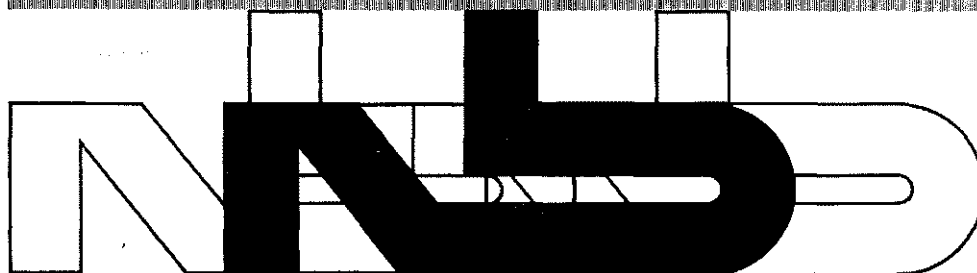
RÉSIDENCES PRINCIPALES OU SECONDAIRES

Demandez notre documentation gratuite **6, rue Volney, PARIS-2^e - Tél. 742-73-15**

En province : s'adresser aux Directeurs départementaux
du Crédit Foncier de France.

DYNAMITES

EXPLOSEURS - ACCESSOIRES DE TIR - TOUTES ETUDES D'ABATTAGE

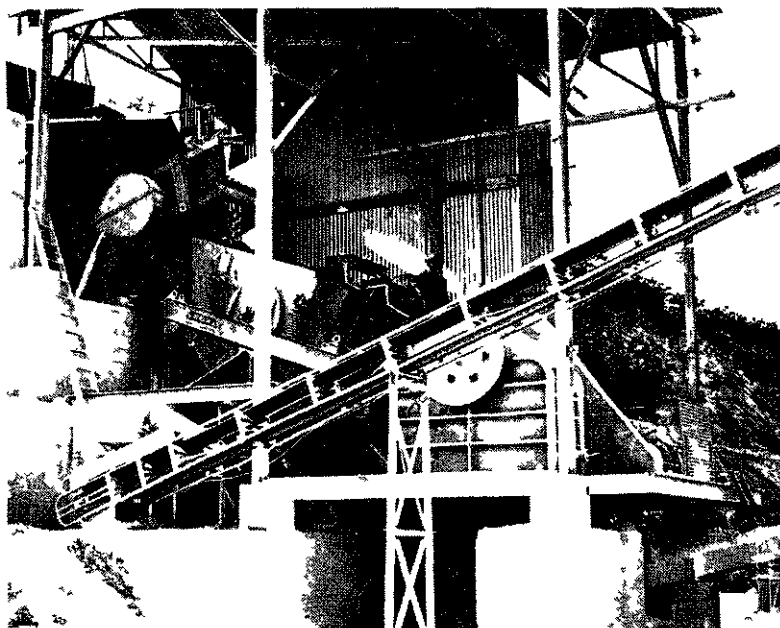


NOBEL-BOZEL

S.A. au capital de 44.138.350 F

Département **EXPLOSIFS**
3, av du Général de Gaulle
92 - PUTEAUX
tél. 772-12-12

DES MATERIAUX PROPRES AVEC LES MATERIELS ET LES INSTALLATIONS DRAGON

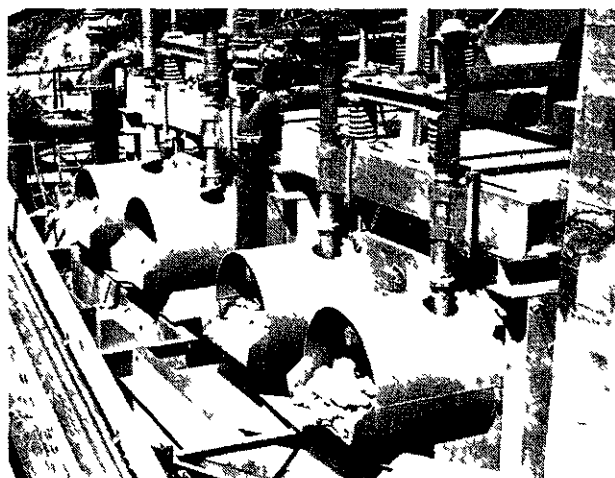
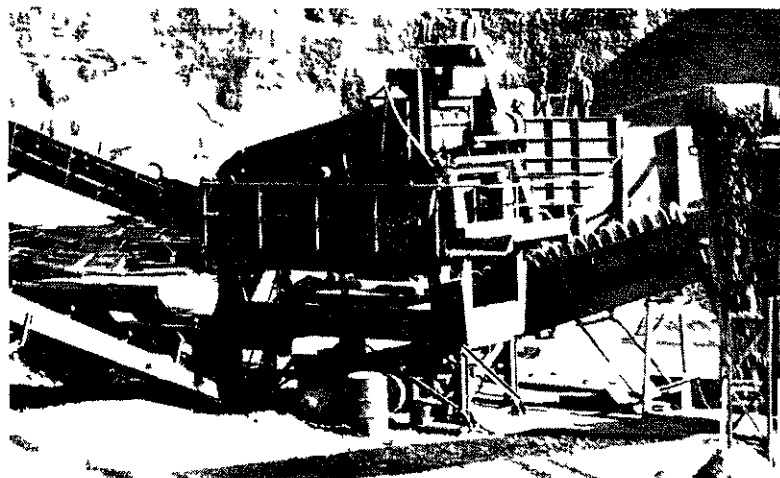


EN VOIE SECHE

- Par pré-criblage
 - Elimination des terres et argiles
 - Récupération des fins valables (augmentation du débit du concasseur)

EN VOIE HUMIDE

- Par crible avec rampe de lavage ou de rinçage (suivi de classificateur ou décanteur à vis)
- Par laveur débourbeur vibrant, à grande efficacité



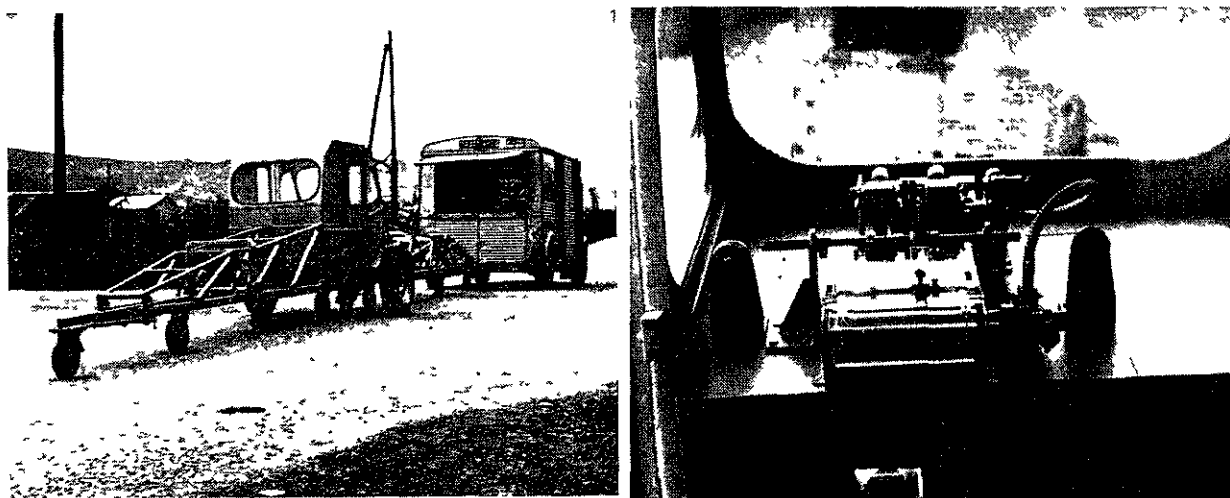
Tous les problèmes de préparation mécanique de matériaux pour la construction et la viabilité sont étudiés et résolus par DRAGON.

APPAREILS DRAGON

Siege Social et Usines a FONTAINE (Isere) Tel 44-84-24 +
Direction a PARIS
92 Avenue de Wagram (17^e) Tel 227 84-70

SOCIÉTÉ DU VIAGRAPHE

94, RUE SAINT-LAZARE PARIS 9^e 874-89-14



CONTROLE des PROFILS au VIAGRAPHE
DEFLACHAGE ——— BOUCHARDAGE
RABOTAGES - STRIAGES DE RUGOSITÉ

UTILISATION DU VIAGRAPHE :

Le viagraphe est extrêmement rapide, il peut enregistrer son graphique à une vitesse de 4 kilomètres à l'heure. Sa précision est supérieure au millimètre, et il est soustrait aux erreurs de manipulation et d'appréciation des opérateurs.

La connaissance exacte du profil des chaussées, enregistré et conservé sur une bande transparente, millimétré et superposable, dénommée : Viagramme, donne aux Ingénieurs des renseignements précieux permettant :

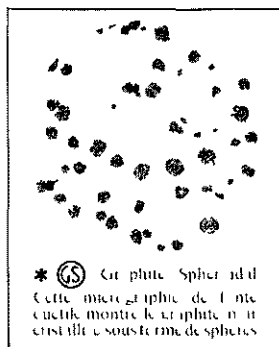
- 1° — de vérifier lors de la réception des travaux neufs si les tolérances prescrites ont été respectées.
- 2° — le contrôle de chacune des couches successives de constitution d'une chaussée épaisse, et la possibilité pour les entreprises de corriger les irrégularités produites au cours même de l'exécution des travaux.
- 3° — l'appréciation de la nécessité ou non d'un reprofilage ou d'une réfection de chaussée.
- 4° — l'étude des déformations des chaussées, leur évolution : renseignements précieux pour en déterminer les causes et y porter remède en temps voulu.

La construction des chaussées est une science de plus en plus exacte, et ses progrès sont fonction des moyens de mesure de contrôle. Le viagraphe apparaît comme appareil de mesure très précis, rapide et pratique.

LOCATION OU VENTE SUR DEMANDE



En fonte ductile GS* ce tuyau résistera aux agressions corrosives



La présence du graphite (10 à 12 % en volume) confère à la fonte ductile une bonne résistance à la corrosion

La fonte ductile résiste à une traction de 40 kg/mm² peut s'allonger de 7 % et possède une limite élastique de 32 kg/mm² (ces chiffres sont des minima)

Pour recevoir gratuitement la plaquette sur la fonte ductile editez par nos soins, découpez ce coupon réponse et envoyez-le à la Société des Fonderies de Pont à Mousson en 91 avenue de la Libération - 54 Nancy

Nom _____

Fonction ou titre _____

Société _____

Adresse _____

B. P.



SOCIÉTÉ DES FONDERIES DE PONT-A-MOUSSON

91 avenue de la Libération 54 Nancy Tél. (28) 53 60 01

54 avenue Hoche Paris 8 Tél. (1) 622 05 05 924 19 29

ROULEAUX VIBRANTS TANDEM

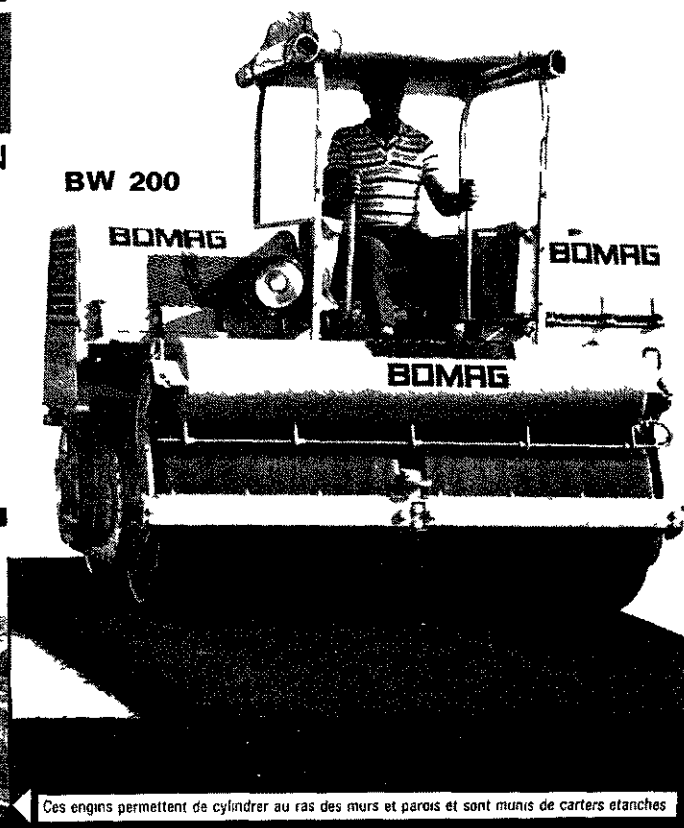
BOMAG

A DOUBLE EFFET DE COMPACTION

Types	Largeur	Poids	Effet de compact	Puissance moteur	Rampes
BW 35	35 cm	530 kg	3,5 t	4 cv	40 %
BW 60	60 cm	800 kg	9 t	7 cv	40 %
BW 65	65 cm	535 kg	5 t	6 cv	40 %
BW 75	75 cm	850 kg	10 t	8 cv	40 %
BW 80	80 cm	1350 kg	15 et 19 t	12 cv	40 %
BW 90	90 cm	1300 kg	15 t	12 cv	40 %
BW 200	200 cm	7600 kg	60 t	50 cv	40 %

Moteur diesel Refroidissement par air

BW 200



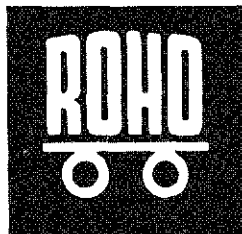
BW 35



BW 60

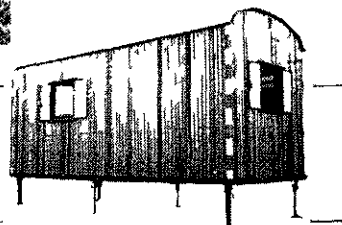
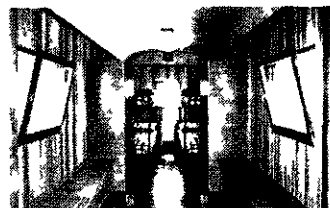
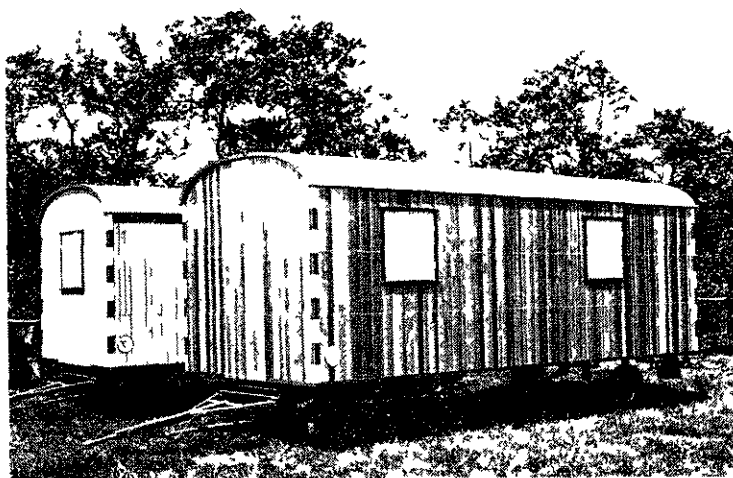
Ces engins permettent de cylindrer au ras des murs et parois et sont munis de carters étanches

ABRIS DE CHANTIERS



adaptables en

- bureaux
- magasins
- refectories
- dortoirs
- vestiaires
- sanitaires
- laboratoires



Les roulettes ROHO peuvent être également livrées en barriques de chantier (chaises, meubles) voire recommandées pour chantier de longue durée



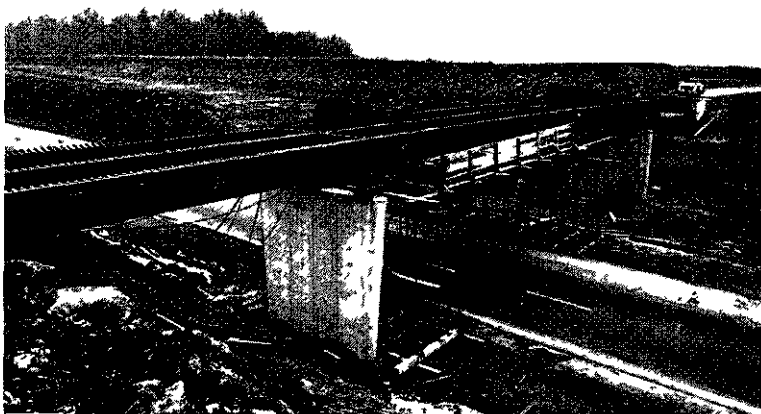


Autoroute A 6 - Paris-Lyon - Passage supérieur du C.V. 3 bis à Sauvigny-le-Bois (Yonne).

Caractéristiques :

- ouvrage mixte
- 3 travées continues (avec suppression de l'appui central)
- acier 52 Ponts et Chaussées

Les premières poutres de cet ouvrage ont été livrées le 25 janvier 1967 et l'autoroute a été ouverte à la circulation le 15 mars 1967



Passage supérieur en cours de construction avec plate-forme de protection pour maintenir la circulation sur l'autoroute.

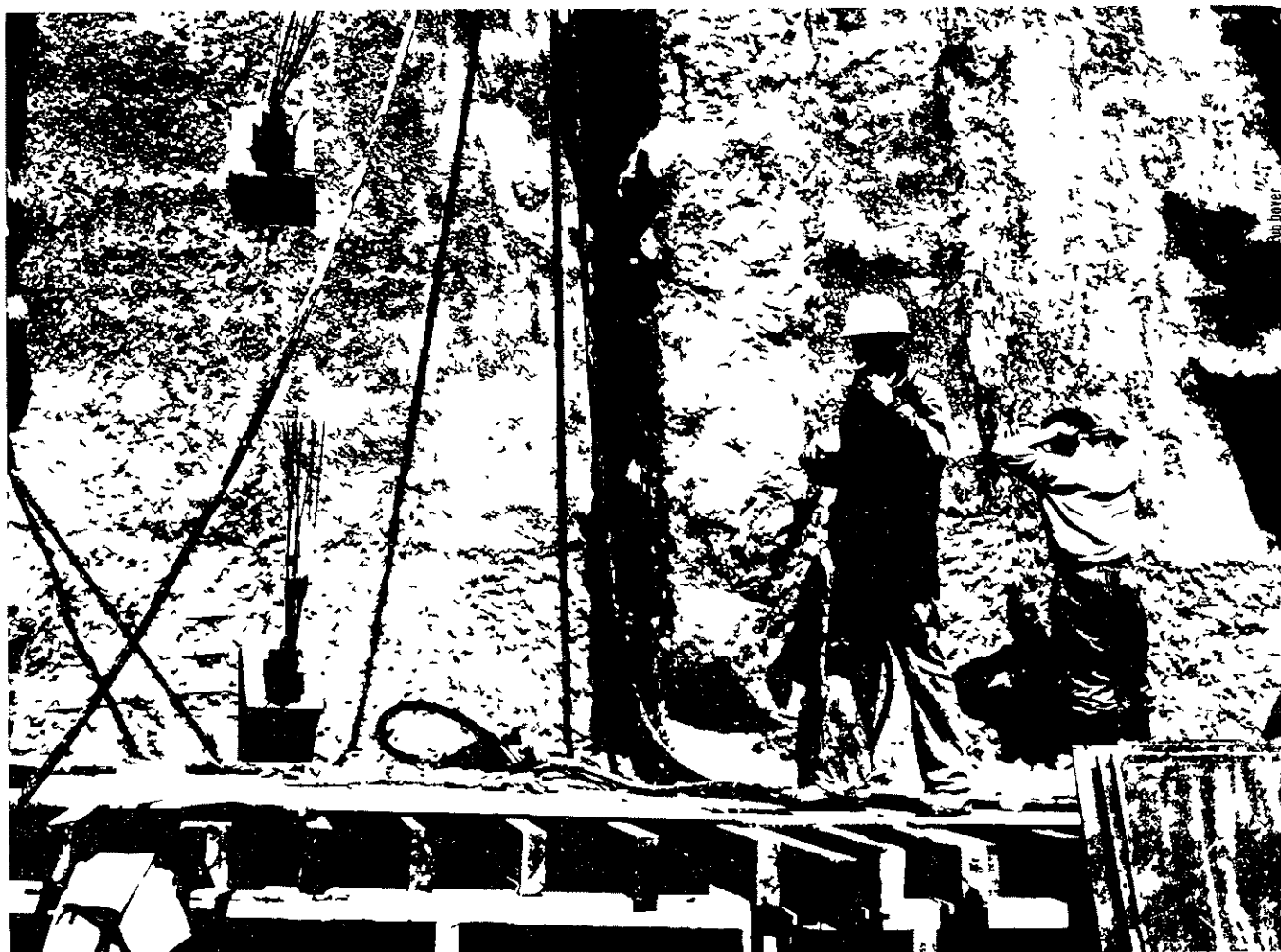
La C.F.E.M. a également réalisé : 16 P.S. de ce type sur l'autoroute de Normandie, elle réalise actuellement 8 autres P.S. pour l'autoroute Paris-Lyon



**COMPAGNIE FRANÇAISE
D'ENTREPRISES MÉTALLIQUES**

Société Anonyme au capital de 50 470 000 F

37, boulevard de Montmorency - 75 PARIS 16^e
Tel 288-97-70 - Télégr. Lonbois Paris - Telex 27 604



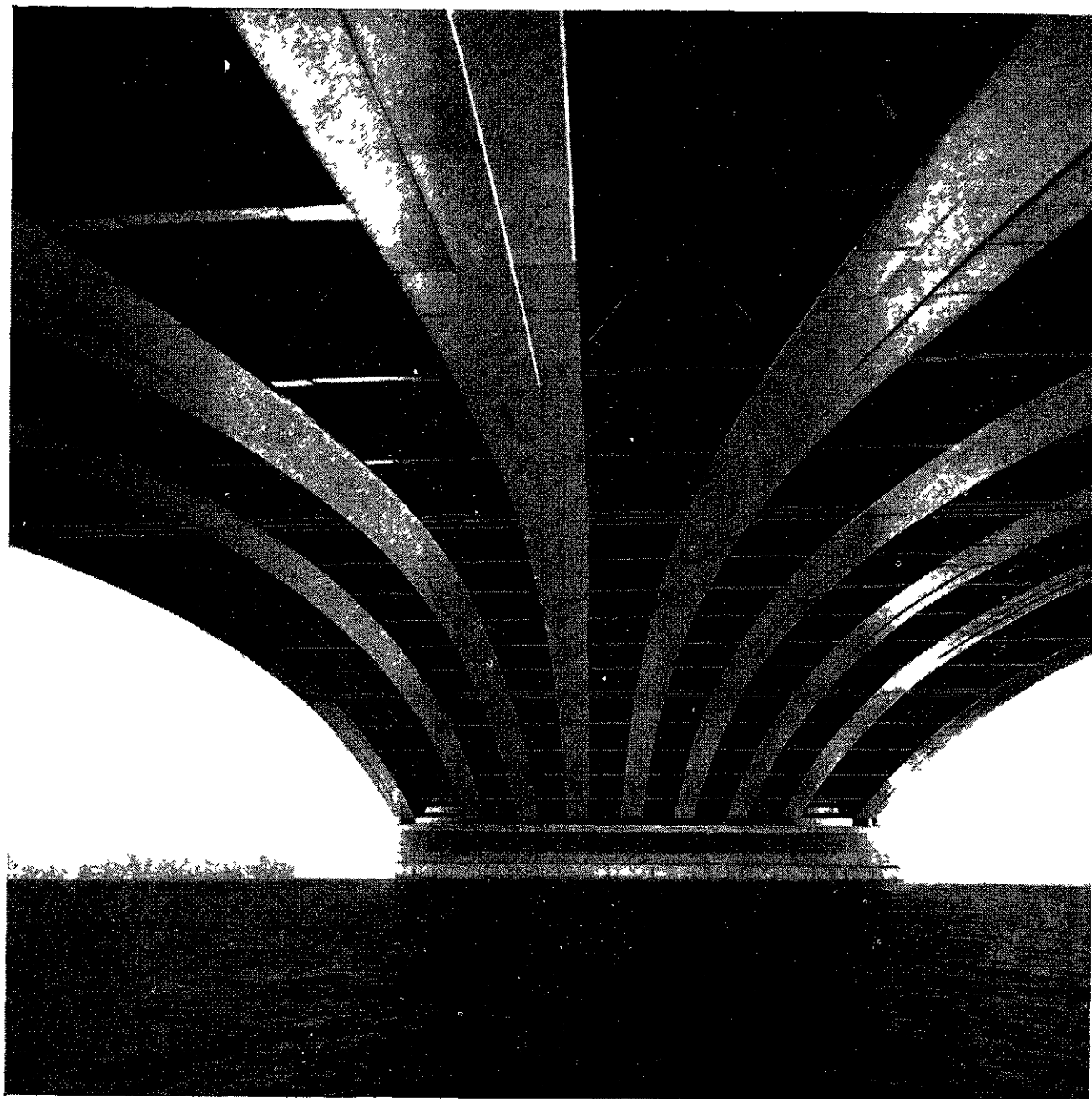
ANCRAGES DANS LE SOL

ANCRAGES DE MURS DE SOUTÈNEMENT, BARRAGES, etc.
STUP. 66 route de la reine. Boulogne. Hauts de Seine. Tél. 408 32 20

Concessionnaire exclusif des Procédés Freyssinet

40 Agences dans le monde

procédés
freyssinet



usinor

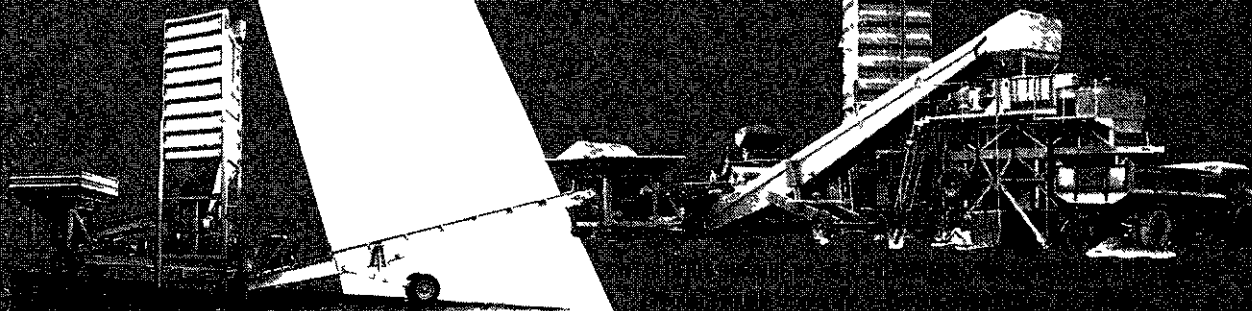
Siege Social et Direction Generale - 14 rue d Athenes - PARIS
Services Centraux et Direction Commerciale - VALENCIENNES

TÔLES FORTES

poutrelles à larges ailes

CENTRALES DE MELANGE GRAVES-CIMENT ET GRAVES-BITUME

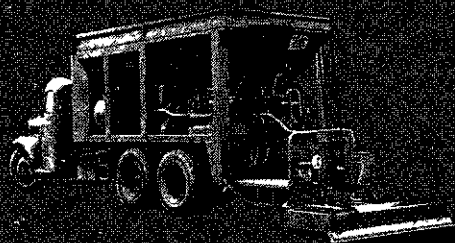
pour constituer des couches de base des routes et autoroutes



**DOSEURS
VOLUMETRIQUES**



SUPER-SLURRY



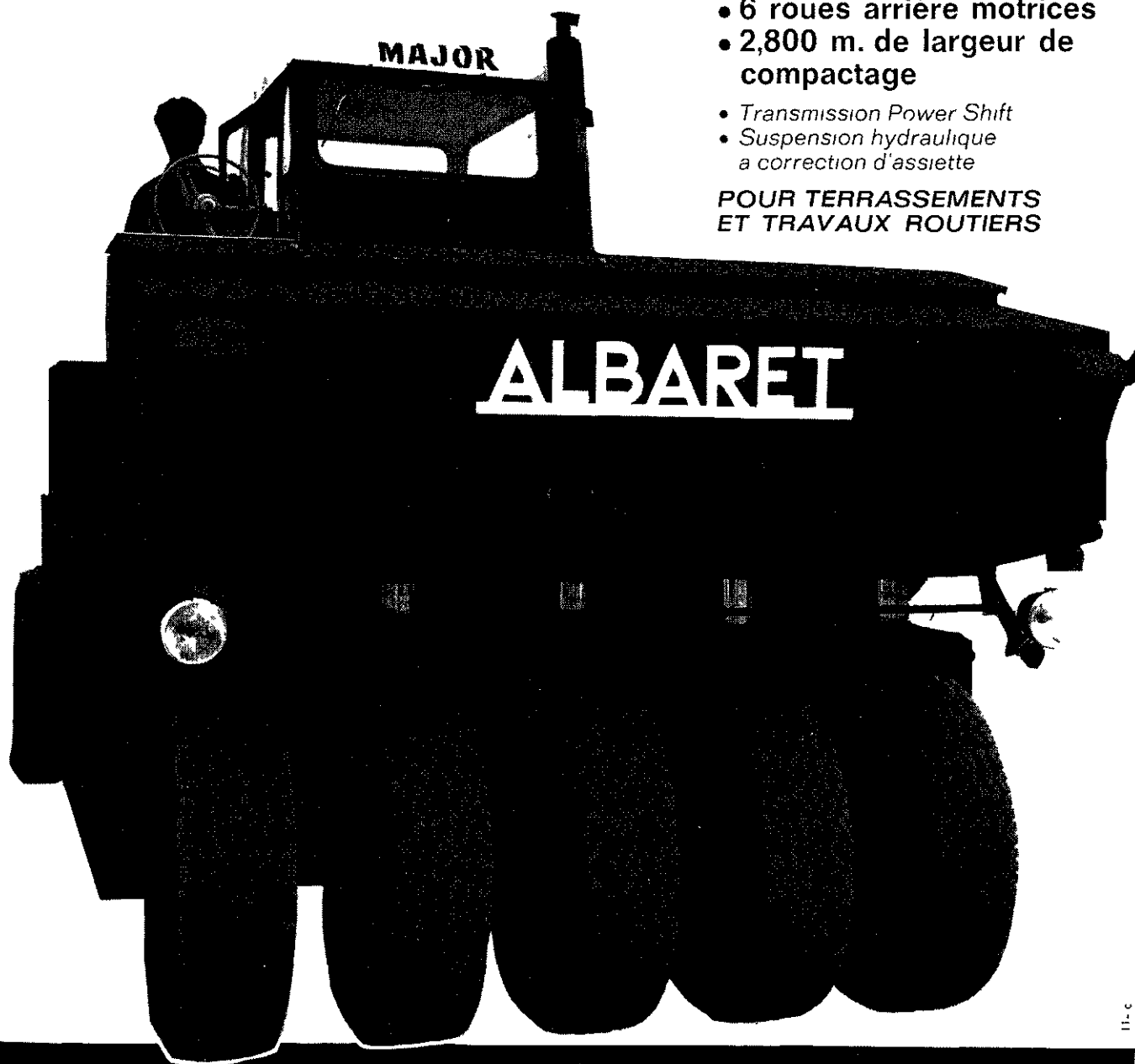
PUBLIFIX 4875

AG

AUXILIAIRE-ENTREPRISES, 23 bis, Quai Maurice Riquiez, 91 CORBEIL ESSONNES - Tél. 496-25-53

ISOPACTOR MAJOR

30 TONNES



- 6 roues arrière motrices
- 2,800 m. de largeur de compactage

- *Transmission Power Shift*
- *Suspension hydraulique a correction d'assiette*

**POUR TERRASSEMENTS
ET TRAVAUX ROUTIERS**

ALBARET

60-RANTIGNY - téléphone : 456.06.84 - Télex. 26.786

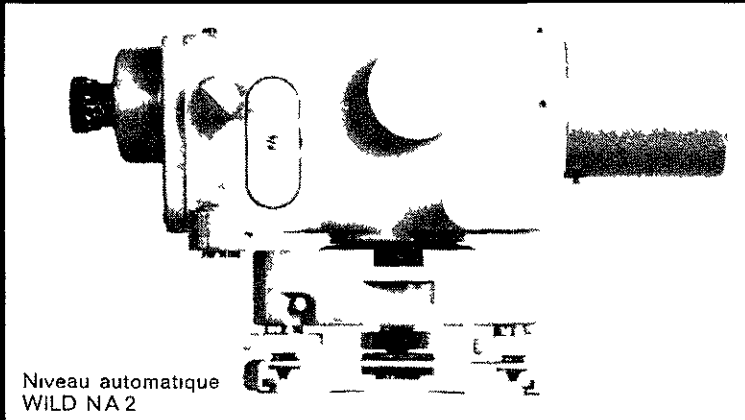
11-c

instruments de

géodésie

WILD

HEERBRUGG



Niveau automatique
WILD NA 2

Niveaux à lunette

Théodolites

Tachéomètres autoréducteurs

Photogrammétrie

Mires, Jalons, Rubans

Boussoles Büchi

instruments

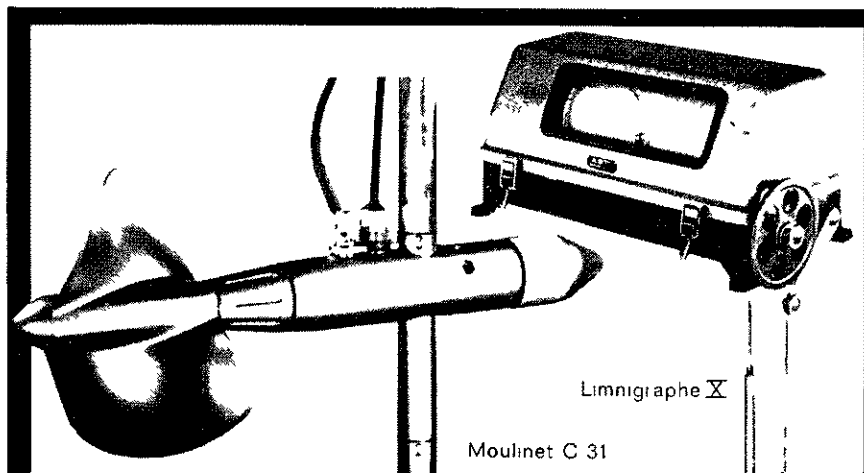
d'hydrométrie



**SOCIÉTÉ
WILD
PARIS**

86, route de St Cloud
92 - RUEIL-MALMAISON

Tél : 967-71-00
et 967-73-00 (.)



Limnigraphe X

Moulinet C 31

Moulinets - Micro-moulinets
Treuils et perches de manœuvre
Transporteurs aériens
Limnigraphes - Télélignigraphes
Marégraphes - Débitmètres

le

LAITIER

de hauts-fourneaux



LAITIER
GRANULÉ

LAITIER
CONCASSÉ

TARMACADAM
DE LAITIER

pour :

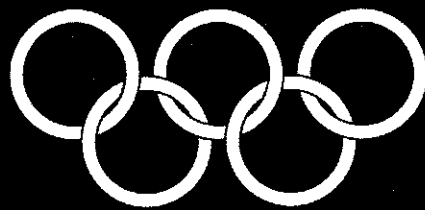
**ROUTES
BATIMENTS
GÉNIE CIVIL
BALLAST
AÉROPORTS
LITS BACTÉRIENS**



ASSOCIATION TECHNIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT
DE L'UTILISATION
DES LAITIERS DE HAUTS-FOURNEAUX

SIÈGE SOCIAL : 6 RUE DE ROME - PARIS-8^È

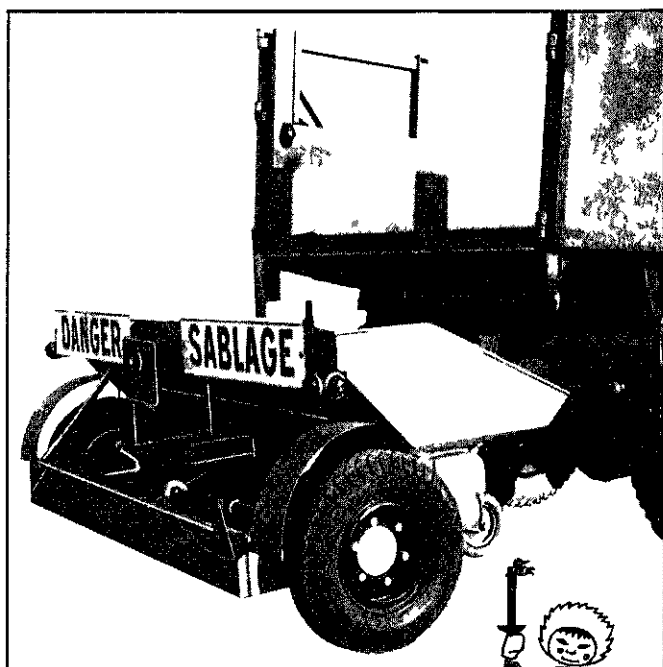
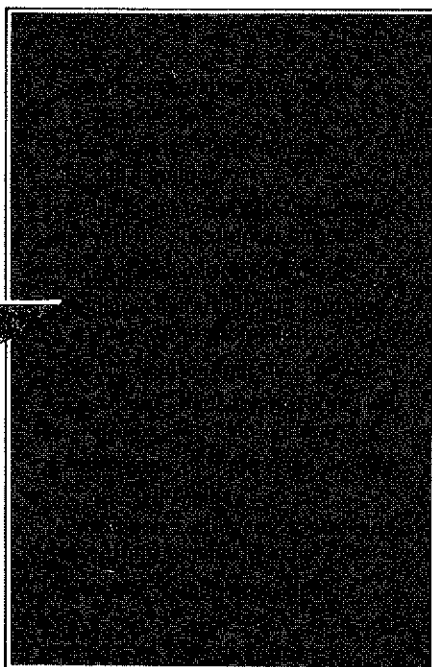
SERVICES TECHNIQUES ET DE DOCUMENTATION
39 RUE D'ANJOU - PARIS 8^È - TEL 265 28-15



SALEUSE SABLEUSE

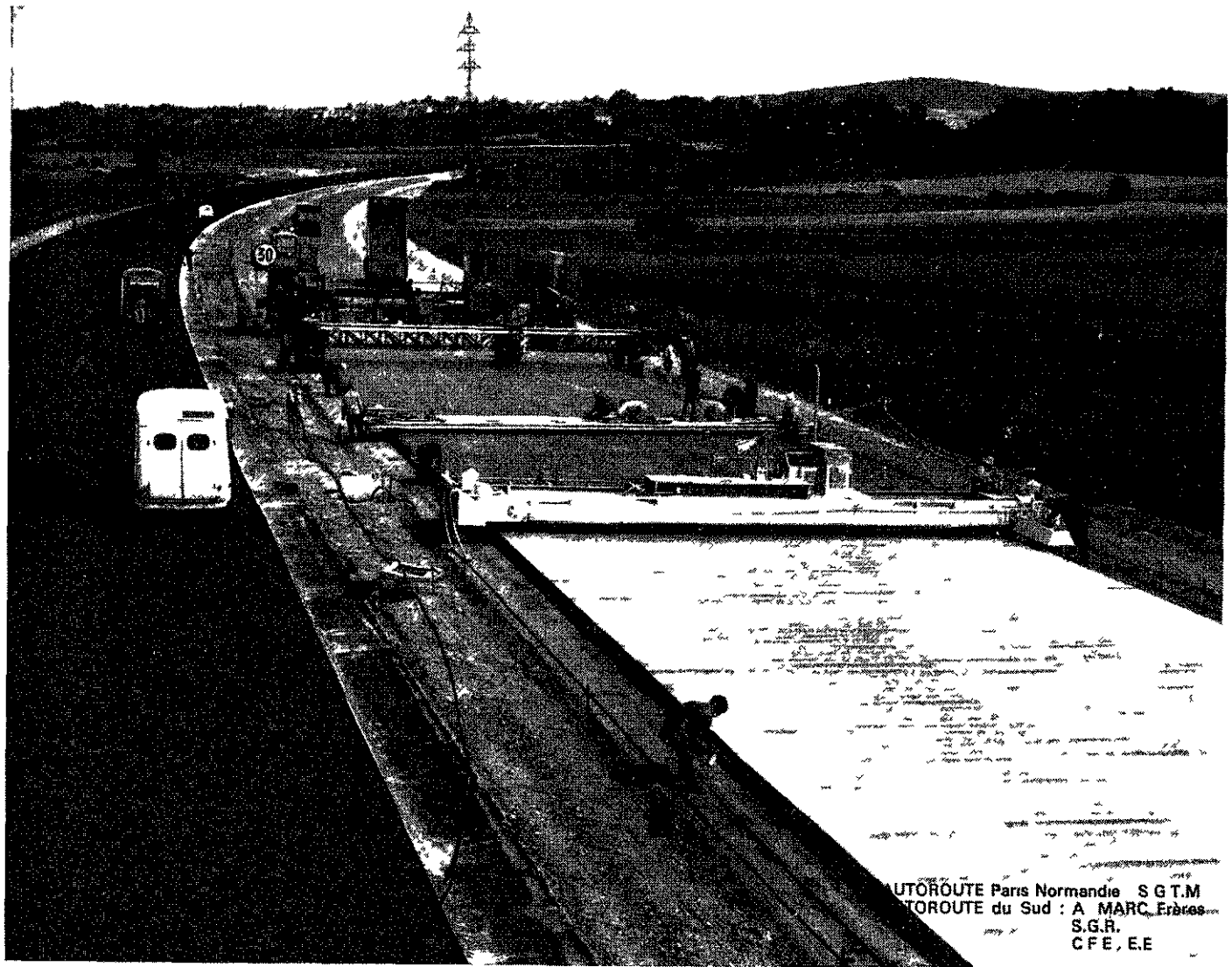
la saleuse-sableuse tractée
retenue pour
les jeux olympiques 1968

JEUX OLYMPIQUES 1968



ANCIENS ETS. PIQUARD FRÈRES, DUREY-SOHY
59, RUE DE LA VOUTE/PARIS 12^e/TÉL. 343-19-19





AUTOROUTE Paris Normandie S.G.T.M.
AUTOROUTE du Sud : A. MARC, Erbes
S.G.R.
C.F.E., E.E.

En 1966, sur les Autoroutes de France,
1.350.000 m² de béton sont exécutés avec
incorporation d'adjuvants SIKA:

PLASTOCRÈTE

LE PLASTIFIANT SPÉCIFIQUE DU BÉTON

- › améliore la maniabilité du béton
- › améliore l'aspect du parement
- › régularise la prise
- › augmente les résistances

FRO B entraîneur d'air



LA GRANDE MARQUE DE RENOMMÉE MONDIALE

164 rue du Faubourg St Honore Paris 8^e Tel (1) 359 42 15 +

UNE ADDITION SIMPLE :

1 Vibrofonneur 2-50
+ 1 Vibrofonneur 2-50

32 mètres de tubes Mannesmann *diam.* 1,70 m.,
pesant 32 tonnes, foncés à plus de 20 mètres.

UN RÉSULTAT ÉTONNANT . . .

. . . pour qui ne connaît pas les Vibrofonneurs !

Cette opération a été effectuée à Port-Jérôme le 19 janvier 1967, pendant presque toute sa durée, la vitesse de fonçage a été de

2 mètres/minute.

Elle peut se renouveler à votre profit

Si vous avez un problème de fonçage,
pensez **d'abord « Vibrofonneur ».**

Les VIBROFONNEURS *

sont une fabrication 



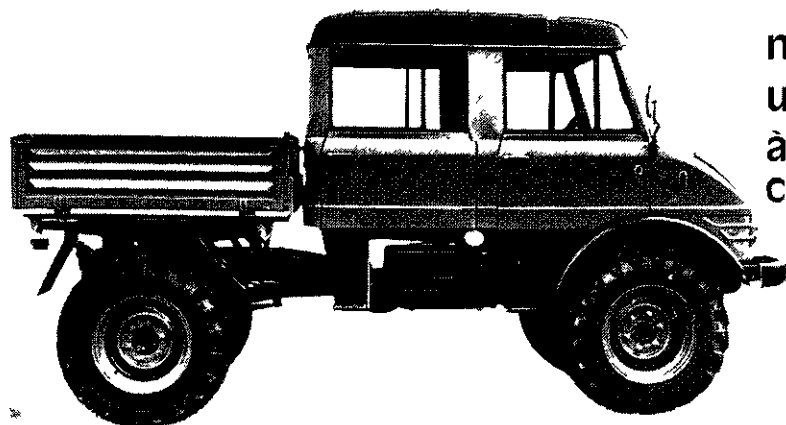
PROCÉDÉS TECHNIQUES DE CONSTRUCTION

9, Place des Ternes - 75 - PARIS (17^e)

Téléphone : 227.65.35 — Télégrammes : MATIGAVENU PARIS

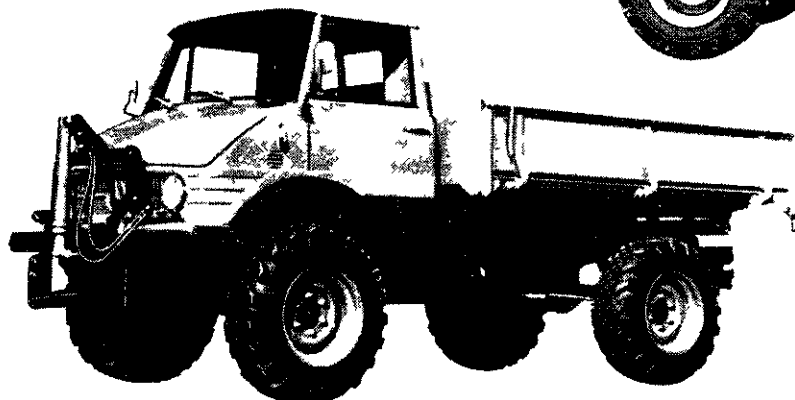
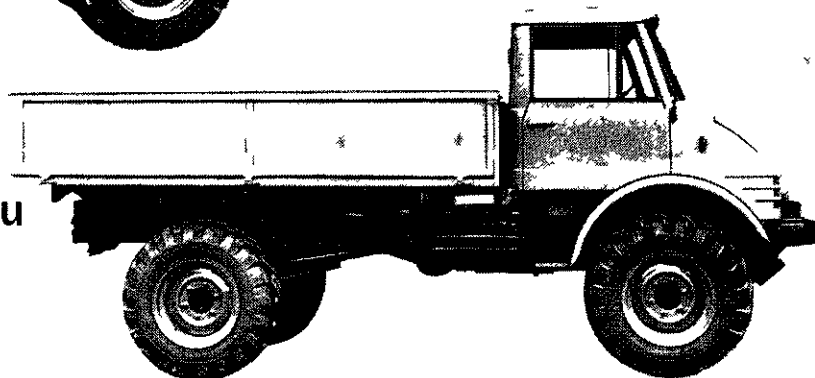
* Marque déposée

Atelier : 158, rue Diderot - 93 - PANTIN
Tél. 845.43.05



nous vous présentons
un **UNIMOG 416**
à double cabine,
carrossé en plateau

à cabine normale,
carrossé en plateau



à cabine normale,
équipé d'une benne
basculante

Le Mercedes Benz UNIMOG est idéal pour tous travaux publics. Il sert à longueur d'année pour tous les travaux des routes : élagage des haies, entretien des fosses, régularisation des accotements. Les perfectionnements techniques de l'UNIMOG en font l'instrument de travail qui satisfait à toutes les exigences quotidiennes. Véhicule tous terrains, c'est un tracteur puissant pivot d'un système bien étudié comportant toute une gamme d'équipements : lames braises frontales ou remorquées, appareil de déneigement, équipement de forage, etc. Quel que soit l'usage que vous en fassiez, l'UNIMOG toujours et partout manifeste ses hautes qualités de résistance et de rentabilité.

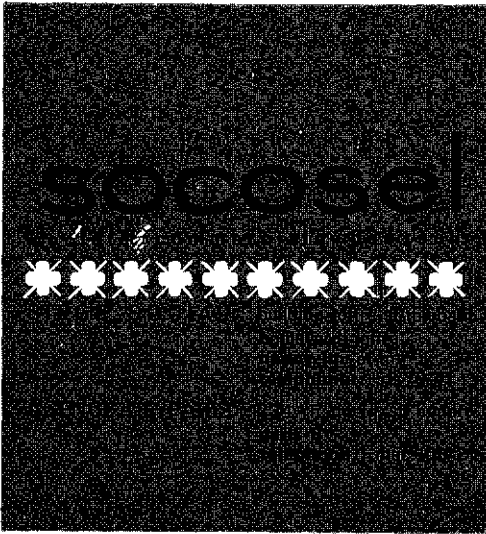
TYPES	puissance en CV (SAE)	poids total en charge	poids total roulant	puissance au crochet
411	35	3 200 kg	13 000 kg	2 100 kg
421	46	3 700 kg	10 000 kg	2 500 kg
403	63	5 500 kg	16 000 kg	3 100 kg
406	82	5 500 kg	21 500 kg	4 000 kg
416	88	5 950 kg	21 950 kg	4 200 kg
404 (Unimog S)	92	4 750 kg		

MERCEDES-BENZ



ROYAL-ELYSEES S.A. - CH. DELECROIX
Importateur exclusif pour la France
Division Véhicules Industriels
44 rue Francis de Pressense 93 St Denis
Tel 243 15 90
80 Concessionnaires en France

ACTA 209 U



au secours de la circulation contre

**LE SEL
GEMME
N°4 CALIBRE
NEIGE ET
VERGLAS**

ÉTUDES ET PROJETS

INGÉNIEURS-CONSEILS
BUREAU D'ÉTUDES TECHNIQUES
ET
DIRECTION DE TRAVAUX

V.R.D. Distribution d'eau - Assainissement -
Pompage - Electrification - Eclairage -
Automatisme - Télécommande - Aménage-
ment de prises d'eau - Vannes de tous types

12, Bd Edouard Rey - GRENOBLE
Allo 44-64-40

*Nombreuses références
Collectivités et Industries*

POZZOLITH
EMBECCO
MASTERPLATE

T. T. B. S. A.

185, avenue de Clichy - PARIS 17^e
Tél. 627-47-69 + - Télégr. TECHNIBETON

SLOM

PARIS

2 et 6, RUE PASTOURELLE - PARIS-3^e
Telephone 887 72 50 (Postes 230 et 239)



NIVEAUX A LUNETTE
Niveaux de chantier
Niveaux d'ingénieur
Niveau automatique d'ingénieur
Niveau automatique type Goulier

THÉODOLITES ET CERCLES D'ALIGNEMENT
Theodolite niveau de précision
Theodolite niveau de chantier
Cercle d'alignement de précision
Cercle d'alignement de chantier

ALIDADE OPTORÉDUCTRICE
homologuée par le service du cadastre
permet la détermination SANS AUCUN
CALCUL de la distance réduite à
l'horizontale et des dénivelées

ALIDADE TACHÉOMÉTRIQUE
Alidade simplifiée avec stadia au 1/100
mais réduction à l'horizontale
par le calcul classique

Catalogue général
et notices techniques d'utilisation
sur simple demande



POLIET & CHAUSSON

Deux réalisations prestigieuses :

- Vaujourn, la plâtrière la plus moderne d'Europe
- Gargenville, la cimenterie la plus importante de France. 6 cimenteries - 2 plâtrières - 1 usine à enduits de parement - 4 centres de distribution de ciments - 15 maisons de vente de matériaux de construction
- et son groupe de filiales et sociétés associées

POLIET & CHAUSSON - 125, QUAI DE VALMY - PARIS 10^e - Téléphone : 208-86-00



pureté de l'aluminium

l'aluminium

- possède le pouvoir réflecteur le plus élevé
- assure la permanence des propriétés optiques
- résiste à l'action des intempéries
- est léger et facile à entretenir

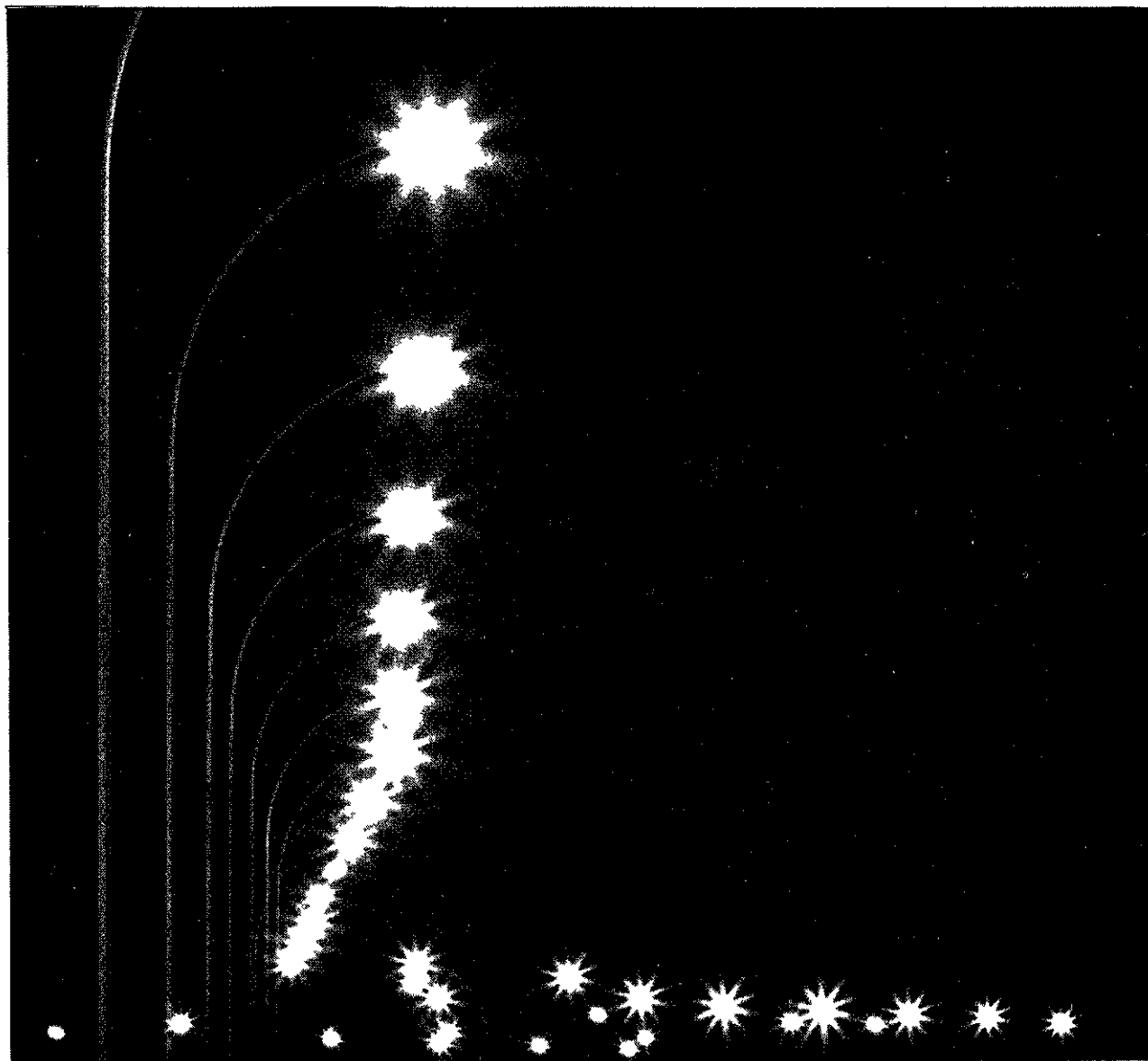
l'aluminium

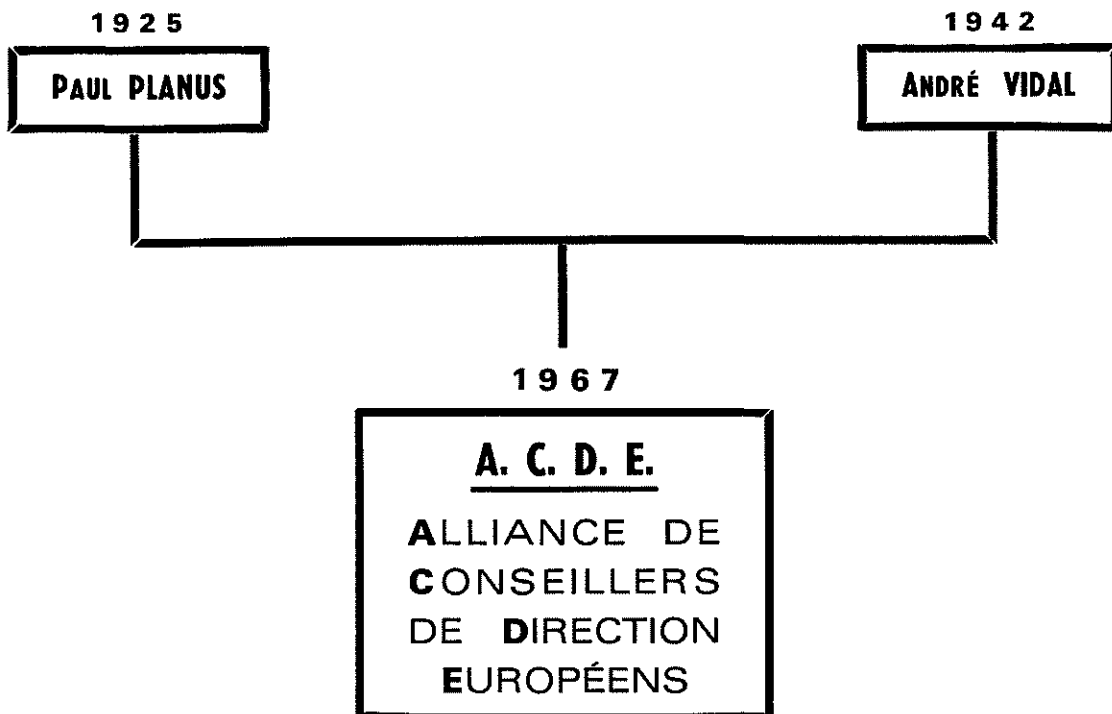
apporte la sécurité dans la construction
du **matériel d'éclairage public**

l'aluminium français 23 rue balzac paris 8^e



*premier vendeur européen
d'aluminium*

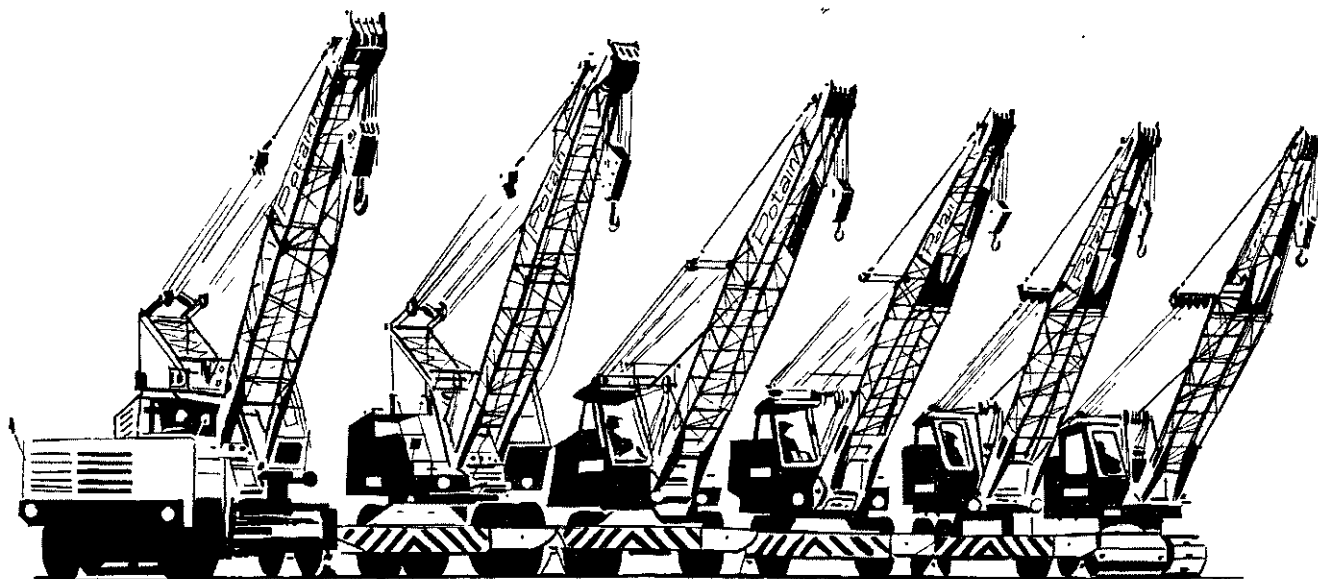




*une grande équipe pluridisciplinaire,
de sérieuses références européennes et étrangères,
et dans le domaine des Equipements Généraux
et des Constructions, trois départements spécialisés:*

- ◆ **SOCIO-ÉCONOMIE DES COLLECTIVITÉS ET DES ENTREPRISES**
- ◆ **ORGANISATION BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS**
- ◆ **S. E. P. R. O.** (Société d'Etudes Pratiques de Recherche Opérationnelle)

sur tous les chantiers,
Potain travaille pour vous



R 250 CA
25 tonnes

R 200
20 tonnes

R 150
15 tonnes

R 122
12 tonnes

R 7 H
10 tonnes

R 7 C
8 tonnes

une vraie gamme de grues mobiles

Notice détaillée sur chacun de ces modèles sur simple demande.

Potain

Services Commerciaux
89, avenue du Président Roosevelt - 91-CHEVILLY-LARUE - tel. : 726.18.11 - telex 27001

Services Administratifs
71 - LA CLAYETTE - tel. : 83 (lignes groupées) - telex 35 990

Agences : PARIS, MARSEILLE, STRASBOURG, LYON, RENNES

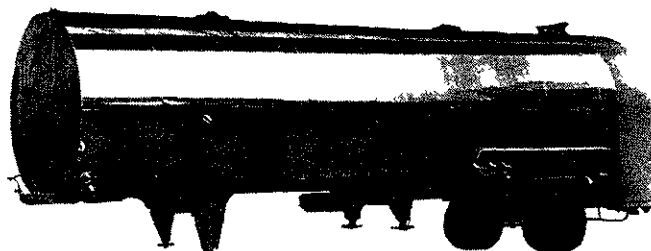
RINCHEVAL

Soisy-sous-Montmorency Val d'Oise — Tél. 989-04-21

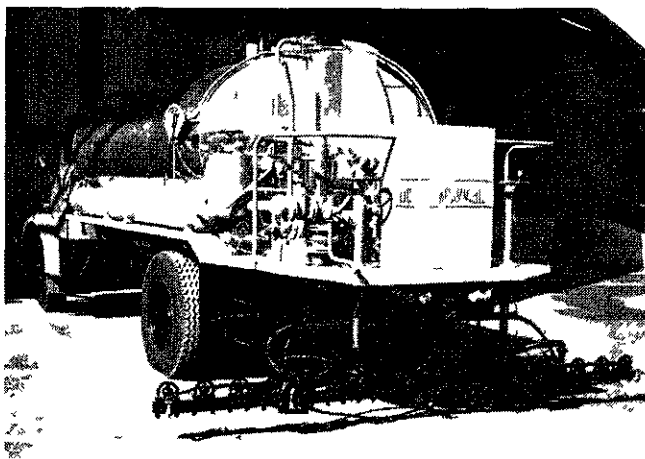
TOUS MATERIELS POUR

- STOCKAGE
- CHAUFFAGE
- EPANDAGE

De liants hydrocarbonés



Citerne 49 000 l à chauffage à huile automatique

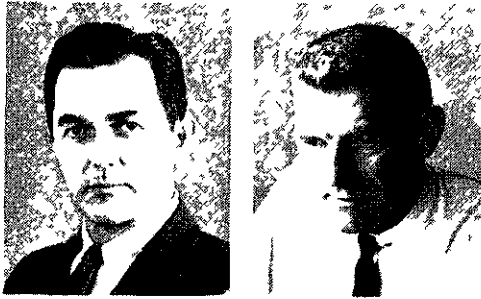


Epandeuse 8 000 l avec rampe pneumatique JM 65

- EPANDEUSES
 - POINT A TEMPS
 - CITERNES fixes et mobiles
 - CENTRES DE STOCKAGE
 - CHAUDIERES A HUILE
- etc...

50 ANS D'EXPERIENCE AU SERVICE DE LA ROUTE

que payeriez-vous pour mettre un ordinateur à la disposition de chacun de vos ingénieurs?



Mettre un ordinateur à la disposition de chaque ingénieur, c'est en fait supprimer le problème de communication que posent aux ingénieurs les gros ordinateurs et leurs programmeurs spécialisés.

Le CLARY DE-600 représente cet ordinateur que travailleurs scientifiques, ingénieurs et chercheurs utiliseront eux-mêmes.

Toutes les fonctions de cet ordinateur peuvent en effet être déclenchées par clavier manuel ou être programmées automatiquement. Quant au câblage d'une programmation, il peut être

effectué par l'utilisateur lui-même après quelques heures d'apprentissage. Et malgré cette facilité d'emploi, le CLARY DE-600 est un véritable ordinateur dont les fonctions de calcul, de mémoire, de transfert et de comparaison répondent aux besoins très variés des bureaux d'études et des laboratoires.

La bibliothèque des programmes du CLARY DE-600 complète les possibilités de cet appareil et s'accroît constamment : mathématiques générales, fonctions, matrices, équations, mécanique, résistance des matériaux, électricité, béton armé, génie civil, topographie, géodésie, aérodynamique, hydraulique, vibrations, génie chimique, biologie, statistiques, probabilités, etc...

Compact (format bureau), facile à déplacer sur ses roulettes, pouvant travailler partout sans conditionnement d'air, affichant ses résultats en clair sur machine à écrire I.B.M., le CLARY DE-600 est l'instrument de travail toujours disponible que réclament ingénieurs et chercheurs. Il résout vos problèmes sans vous en créer de nouveaux.



OSCAR pub

Agents pour la France :

Ets A. KOVACS - 177, Rue de la Convention, PARIS 15^e - Tél. 250-89-70

par tous les temps...



*...brouillard ou tempête, neige
ou verglas, le train est le meilleur
moyen de voyager ! A plus de 100
de moyenne, il brave les intempéries.
Il part et arrive à l'heure.*

En toute quiétude...



prenons le train!

Photo J. C. Devolf 21-67



521 - Répandeur de liants de 8.000 litres.



567-RF - Poste mobile d'enrobage à chaud 35 t/h.



7365 - Chargeur de matériaux en cordons 100 m3/h.

ATELIERS DE CONSTRUCTION DE MATÉRIELS ROUTIERS

ET DE TRAVAUX PUBLICS



5161-DC - Répandeur tracté tous liants de 1.500 litres.



5733 - Poste mobile d'enrobage à froid 50 t/h.



6521 - Sabieuse tractée.

Acmar

Bureaux : Parc de la Hays
tél. 53-85 Angers
AVRILLE
(Maine - & - Loire)
Ateliers à CRADON
(Mayenne)



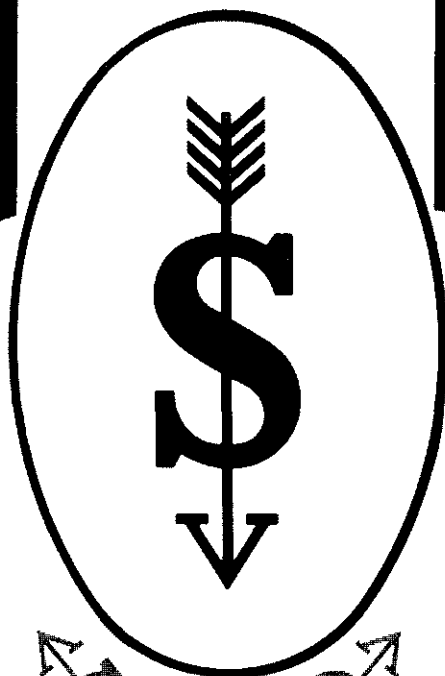
6992 - Fendeur malaxeur pour asphalte coule de 4 tonnes.



527 - Poste fixe d'enrobage à chaud 75 t/h.

Y. Ch. Lambert

Nouvelle adresse : 41, rue de Belgique
B.P. 104 — 49 - ANGERS



Pour • la suppression de la poussière • le compactage des tout-venant • la construction de routes économiques en matériaux à granulométrie étalée et continue • les travaux de bétonnage à basse température • la lutte contre le verglas et la neige sur les routes

CHLORURE DE CALCIUM

SOLVAY & C^{IE}

Adressez ce bon à SOLVAY & C^{IE} 12, Cours Albert-1^{er} - Paris 8^e - Service Technico-Commercial, afin de recevoir gracieusement la documentation SOLVAY - Chlorure de Calcium -

Nom

Adresse

BON GRATUIT

SOP 271 B.P.C.M.

TRAVAUX SOUTERRAINS
 FLUVIAUX & MARITIMES
 BÉTON ARMÉ
 PRÉCONTRAIT
 TRAVAUX PUBLICS
 BATIMENTS

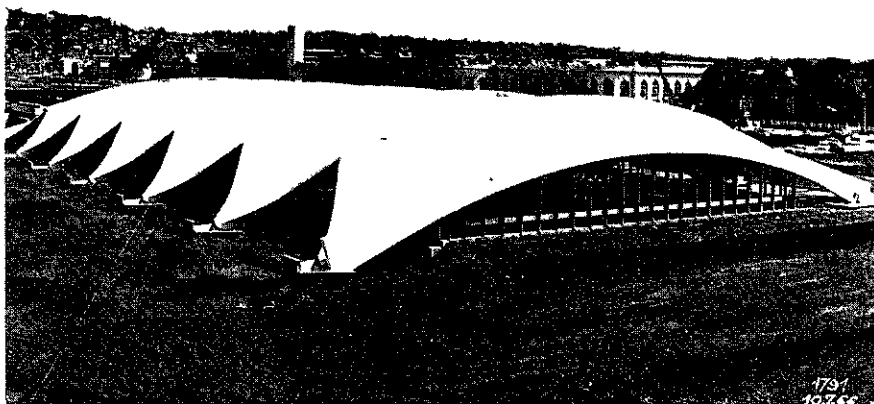


Photo BARANGER

*Centre Nautique de Deauville. Voûtes minces précontraintes
 Roger TAILLIBERT, Architecte D.P.L.G.*

ENTREPRISE MOINON
 57, Rue de Colombes **NANTERRE**
 Tél. 204-20-92 — 204-57-20

ENTREPRISES ALBERT COCHERY

Société Anonyme au Capital de 17 500 000 F.

SIEGE SOCIAL

6, rue de Rome - PARIS (8^e)

Téléphone 387-31.87

Telegr. Superacco Paris 118

(10 lignes groupées)



TRAVAUX ROUTIERS, PUBLICS ET PRIVÉS
 AÉRODROMES - TRAVAUX HYDRAULIQUES
 GOUDRONS, BITUMES ET LIANTS COMPOSÉS
 POUR ROUTES

PRODUITS CHIMIQUES DÉRIVÉS DU GOUDRON

LAITIERS DE HAUTS FOURNEAUX,
 CONCASSÉS, GRANULÉS BRUTS ET
 PRÉBROYÉS

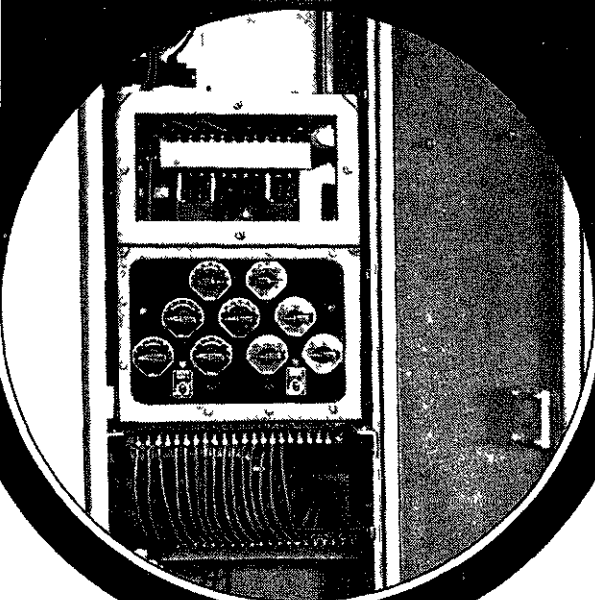
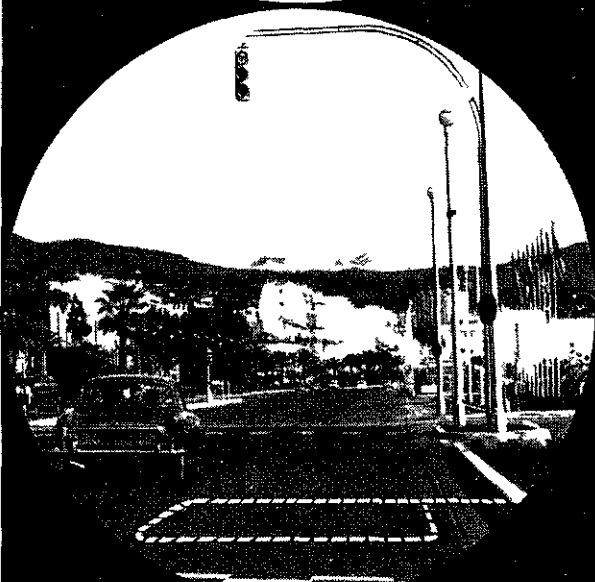
TARMACADAM DE LAITIER — MATÉRIAUX
 ENROBÉS — BÉTONS HYDROCARBONÉS

CIMENTS DE LAITIER — LIANTS
 HYDRAULIQUES POUR ROUTES

CHAPES - MATÉRIAUX ET LIANTS SPÉCIAUX
 POUR ÉTANCHÉITÉ

JOINTS ET REVÊTEMENTS DE SOLS

EVIR



**seul
constructeur
ayant 30 ans
d'expérience
dans l'utilisation
des détecteurs
de véhicules**

**signalisation acyclique
auto-adaptative commandée
par le trafic**

- carrefours simples et complexes
- axes coordonnés
- zones urbaines complexes
- intégration
de trafic autoroutier

22, rue de l'Arcade
Paris 8^e tél. 265 79 40 +
télex : Socever - Paris 29557

La Société de Diffusion des Techniques du Bâtiment et des Travaux Publics, 9, rue la Pérouse, Paris 16^e, met à la disposition des Professionnels un large éventail d'ouvrages et revues techniques, scientifiques et réglementaires sur tout ce qui a trait à la construction (Bâtiment, Génie Civil, Travaux Publics, etc...).

La Société de Diffusion des Techniques du Bâtiment et des Travaux Publics :

- vous aide à résoudre, par ses publications spécialisées, les nouveaux problèmes pour lesquels vous n'avez trouvé aucune solution malgré votre expérience personnelle,
- vous permet d'appliquer les différents règlements techniques de la construction grâce à ses éditions appropriées et à leurs commentaires,
- met à votre disposition ses services de microfilms, photocopies,
- vous fait bénéficier des traductions de textes étrangers reçues par la bibliothèque du Centre d'Assistance Technique et de Documentation,
- édite les revues :
 - ANNALES de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,
 - BATIR,
 - RILEM,
 - INDUSTRIES THERMIQUES,
- et parmi plus de 100 Titres, les derniers ouvrages parus :
 - Connaissance du Béton par G. DREUX.
 - Les Revêtements de sols actuels par R. ROUTABOULE.
 - Règles Neige et Vent 1965.
 - Règles de Calcul des Constructions en acier (Décembre 1966).
 - Guide Pratique de charpente métallique par R. DAUSSY.
 - Pratique du Béton Précontraint par G. DREUX.

Tenue au courant des dernières nouveautés, la Librairie de la Société de Diffusion des Techniques du Bâtiment et des Travaux Publics vous procure les ouvrages édités par nos confrères.

LE SPÉCIALISTE DU MATÉRIEL
DE CONSTRUCTION ROUTIÈRE

L'ÉQUIPEMENT MÉCANIQUE

• Niveleuse "GALION"

La gamme la plus étendue de 50 à 250 CV.

• Finisher "HOES"

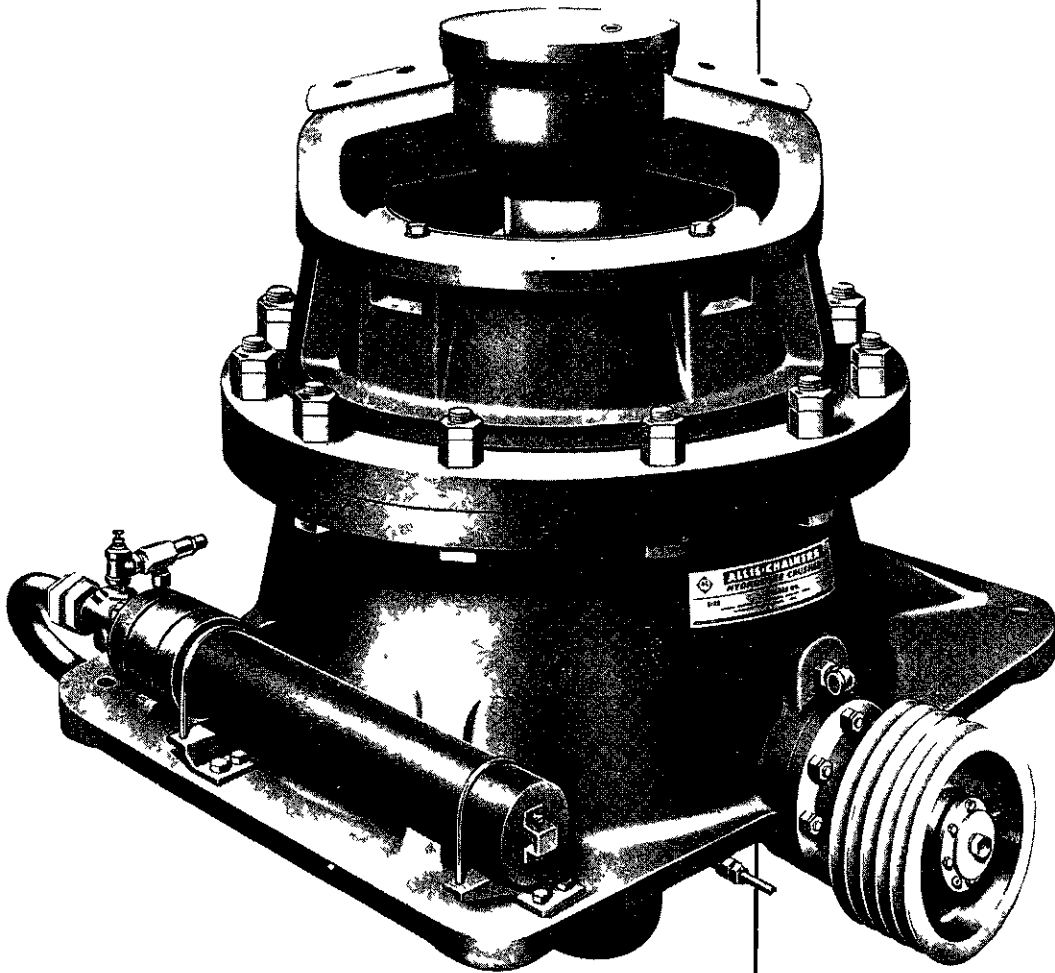
avec le modèle révolutionnaire 8.000

• Compaction par plaques vibrantes "LOSENHAUSEN"

L'ÉQUIPEMENT MÉCANIQUE

49, Bd. Pereire - PARIS 17^e

Tél. : 227-38-85



HYDROCONE

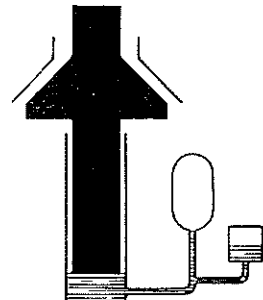
MARQUE DÉPOSÉE

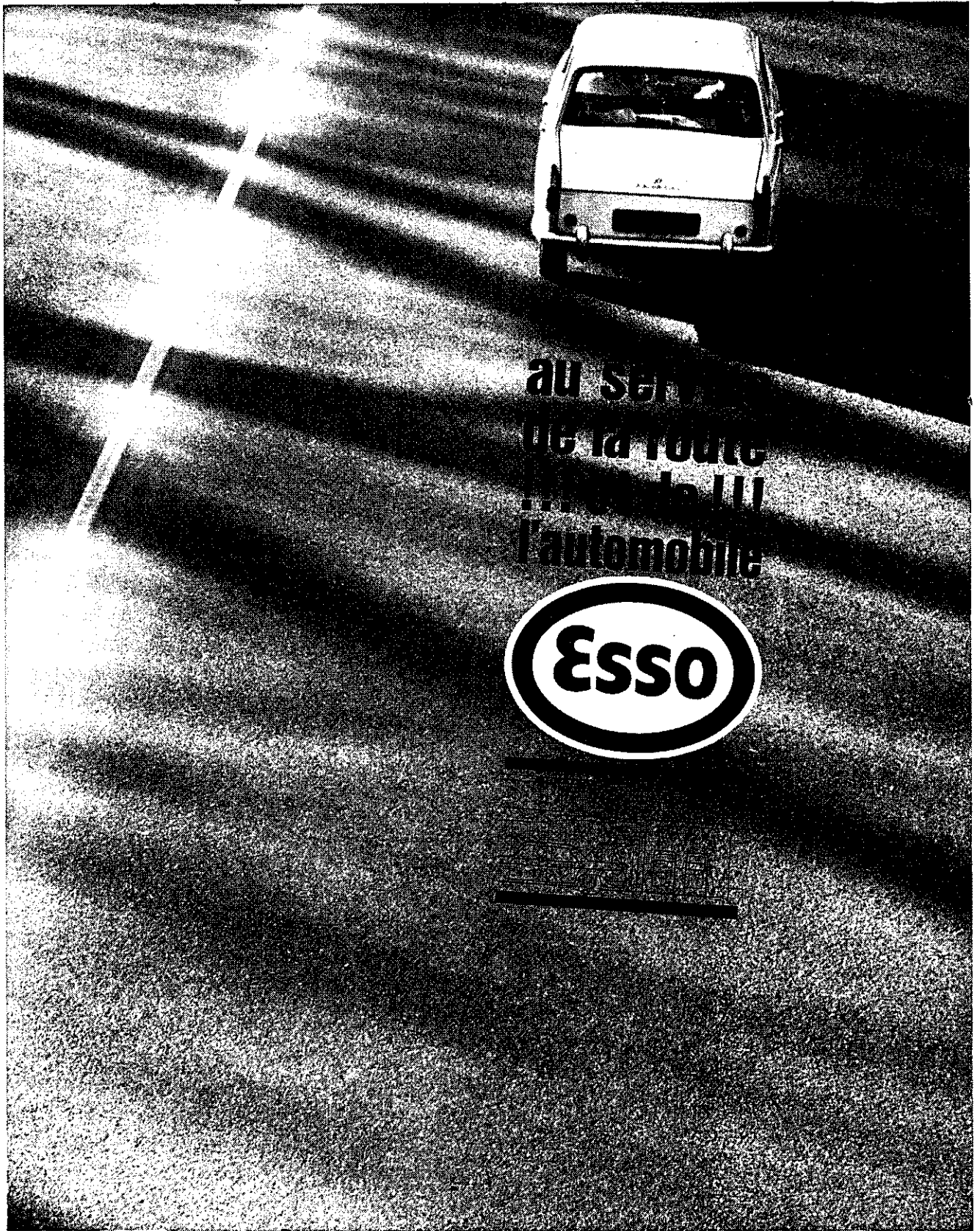


- Réglage oléopneumatique de la décharge et correction instantanée de la granulométrie.
- Pas de rupture d'arbres ou de bâtis.
- Productions horaires très élevées.
- Plus de 500 appareils en Europe.

EMMISA Constructeur en France sous licence **ALLIS-CHALMERS**
CHANTIERS DES PONTS-JUMEAUX, Distributeur
116, bd de l'Embouchure 31 Toulouse Tel 62 41 64

Documentation N° 107-25 sur simple demande





au service
de la route



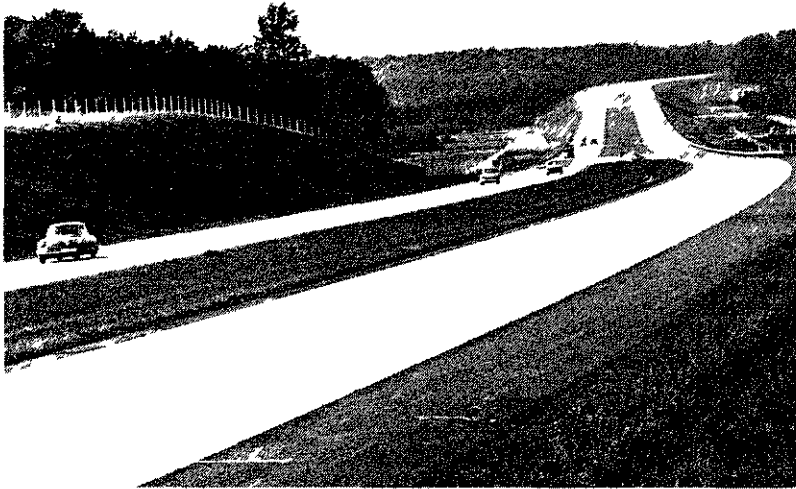
ENTREPRISE **PLISSON S.A**

S A AU CAPITAL DE 1 400 000 F

27, RUE DE LA GLACIERE - PARIS 13°

TEL : 707-53-19

**BETON ARME
BATIMENTS INDUSTRIELS
GENIE CIVIL
OUVRAGES D'ART
REVETEMENTS BETONNES**



publicitas publistup

tous les aciers fins et spéciaux

VOUS CHOISIREZ

CREUSABRO

pour sa haute resistance

à L'ABRASION

VOUS CHOISIREZ

CREUSELSE & SUPERELSE

soudables et indeformables

pour satisfaire a tous les problemes

D'ALLEGEMENT



11 BD LOUIS SEGUIN 92 GENNEVILLIERS

TEL 242 51 39

CREUSOMETAL

ACIERS SCHNEIDER-CREUSOT

ENTREPRISES DE GRANDS TRAVAUX HYDRAULIQUES

Société Anonyme au Capital de 15.000.000 de Francs

29, rue de Miromesnil — PARIS - 8° — 265.09.30

TRAVAUX A LA MER

DRAGAGES
ET TERRASSEMENTS

AMÉNAGEMENTS
HYDRO-ÉLECTRIQUES

BARRAGES ET CANAUX

ROUTES ET AÉRODROMES

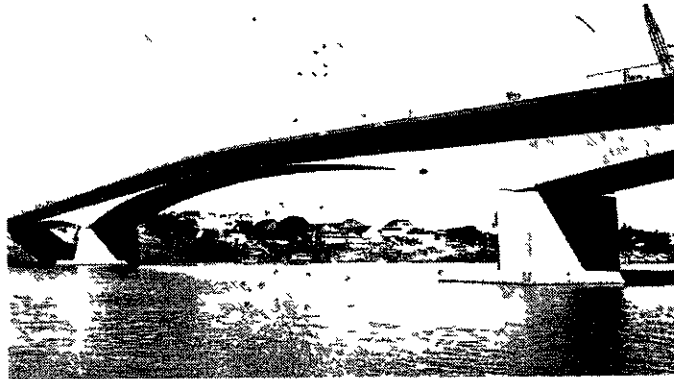
CHEMINS DE FER

OUVRAGES D'ART

ASSAINISSEMENT
ET ADDUCTION D'EAU

FONDATIONS SPÉCIALES

BATIMENTS ET USINES



Pont sur le
BASSAC

Béton
Précontraint
construit en
porte-à-faux

Travée
centrale :
117,50 m

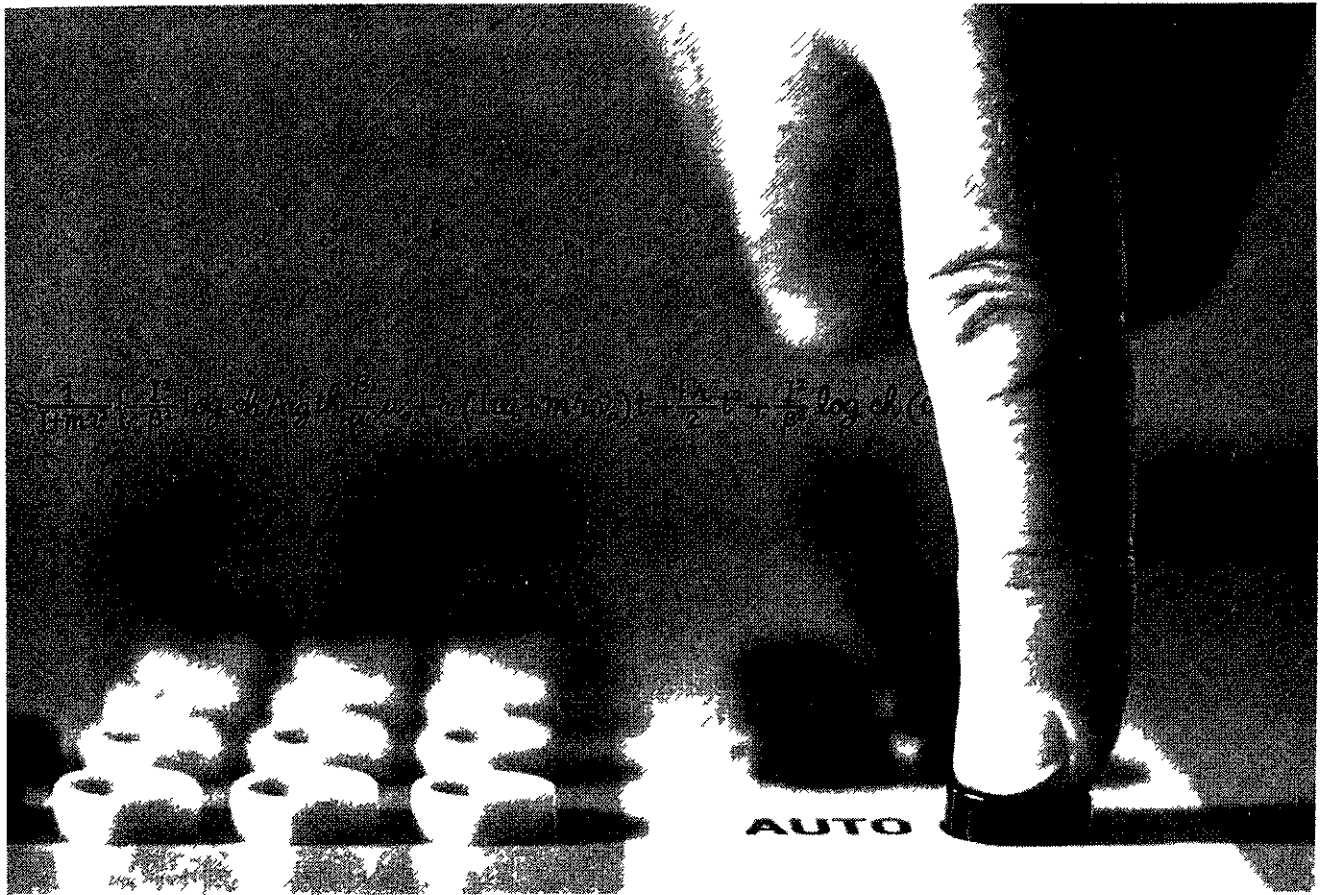
SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ENTREPRISES DE DRAGAGES ET DE TRAVAUX PUBLICS

Société Anonyme au Capital de 34.440.500 Francs

10, rue Cambacérés — PARIS - 8° — 265.67.61

SIGNAUX-LAPORTE
LYON





**un doigt,
une touche,
une fonction mathématique complexe**

**ELECTRONIQUE
MARCEL DASSAULT**

**Nouvelle gamme
d'ordinateurs
scientifiques
de bureau**

- encore plus compacts
- encore plus puissants
- encore plus performants

Les seuls ordinateurs de bureau

- utilisant directement le langage courant des mathématiques
- avec lesquels on communique par un simple clavier
- programmables simultanément au clavier et par bandes perforées
- travaillant seuls et automatiquement grâce à leurs mémoires et à leurs sous-programmes pré-cablés

Une gamme d'ordinateurs

- scientifiques mathématiques techniques statistiques
- modulaires et compatibles
- complètes par un ensemble de périphériques d'entrée et de sortie leur permettant de répondre à tous les besoins

Une importante bibliothèque de programmes dans les domaines les plus divers

Pour les calculs les plus complexes l'ordinateur le plus simple et le moins cher à partir de **36 800 F**

Soumettez nous vos problèmes techniques et scientifiques nous vous dirons quel modèle de la gamme EMD peut les résoudre



**ELECTRONIQUE
MARCEL DASSAULT**

55 Quai Carnot
92 Saint Cloud
408 89 00

Agents dans toute la France

FONDEDILE FRANCE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 500 000 F

9, avenue Hoche, Paris-8^e — Tél 227-62-62 et 227-74-27



— FONDATIONS SUR PIEUX - PAROIS MOULÉES —

— CONSOLIDATIONS - INJECTIONS - SONDAGES —

Procédés brevetés pour renforcement des fondations "PALI RADICE"

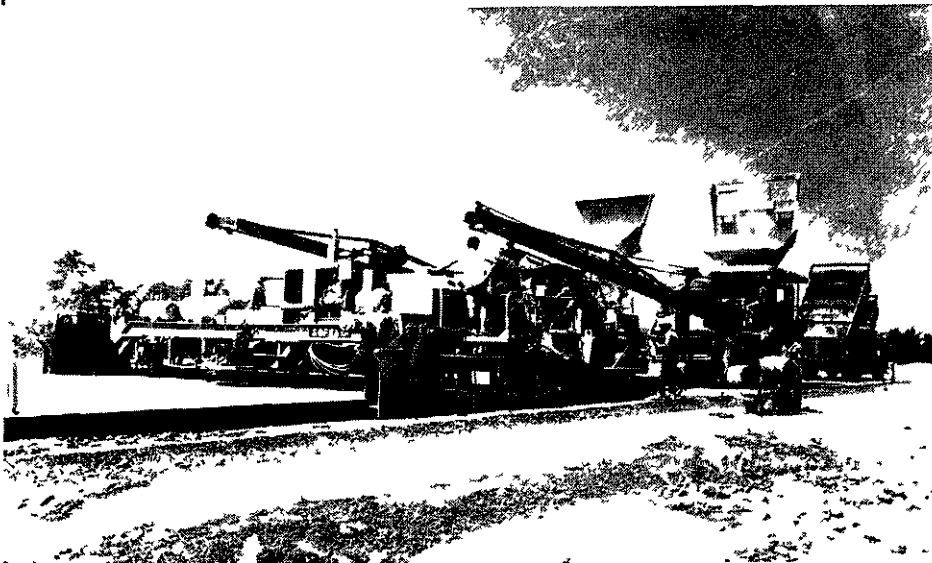
ROME - NAPLES - MILAN - GÈNES - PALERME - ATHÈNES - LONDRES - MADRID

SOFRA T. P.

Société Française de travaux publics

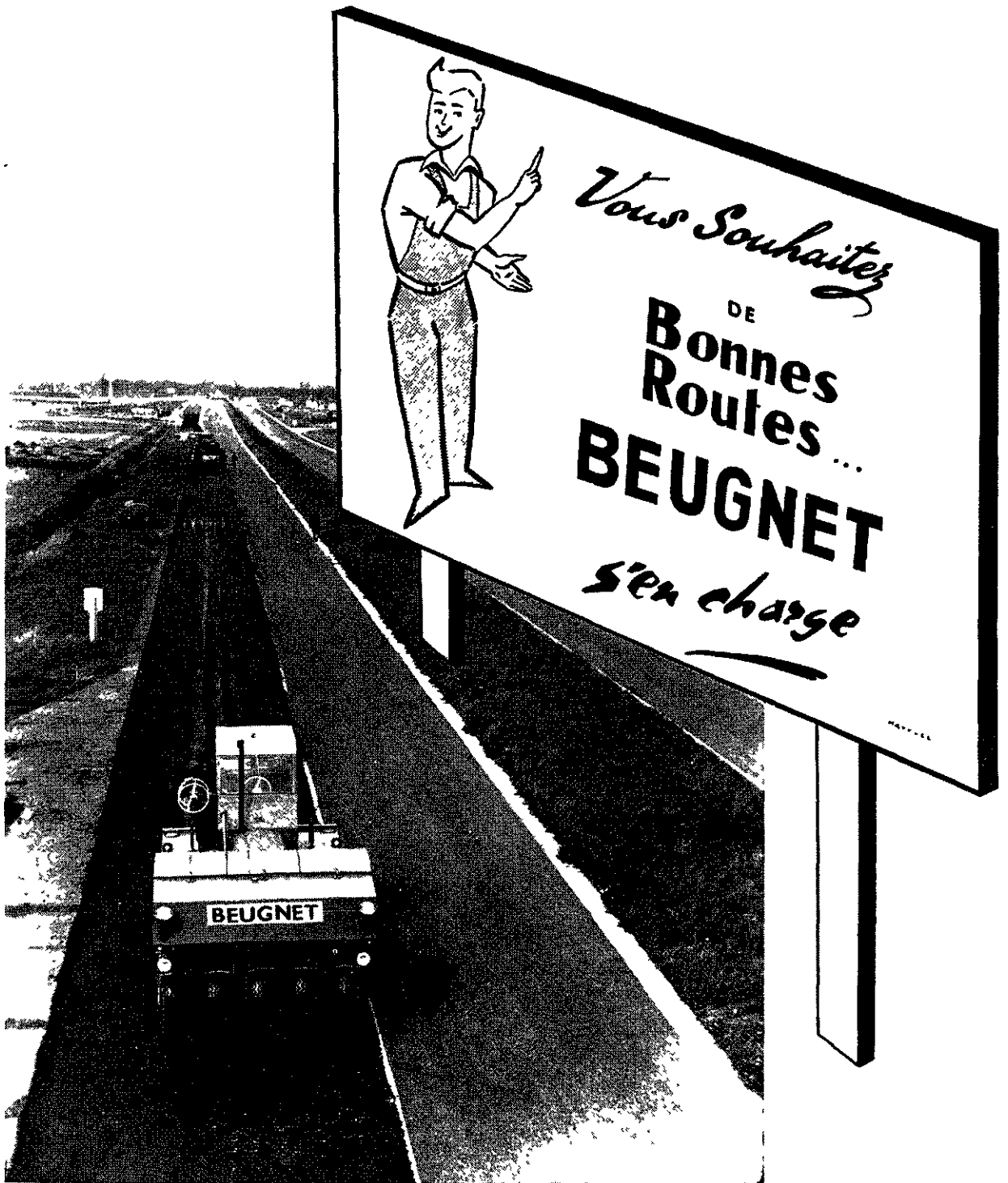
Siège social 11, rue Galilée, PARIS-16^e - Téléphone 553-49-07

Agences à Paris, Bordeaux, Alger, Port-Etienne, Dakar, Abidjan, Lomé, Cotonou, Douala et Libreville



routes
aérodomes
assainissements
terrassements
ouvrages d'art
canaux
barrages
bâtiment
voies ferrées

Autoroute Sud de Paris
(Section Arbonne Ury)
Revêtements bétonnés
exécutés à l'aide
d'une machine à
coffrages glissants



53, BOULEVARD FAIDHERBE - ARRAS - CAPITAL 5 200 000 FRANCS

ROL-LISTER & C^{ie}

Société Anonyme au Capital de 6.000.000 de F.

7, Rue Mariotte — PARIS 17^e

Téléphone : LABorde 19-39

Laitier
Tarmacadam,
Enrobés
Emulsions de bitume
Répandages
Assainissement
Produits de carrières
ROUTES — CANAUX
AERODROMES
SOLS INDUSTRIELS

ENTREPRISES

CAMPENON BERNARD

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 30 399 900 F

Siège social 42 avenue Friedland - PARIS (8^e) Tel 227 10-10 et 924 65-53

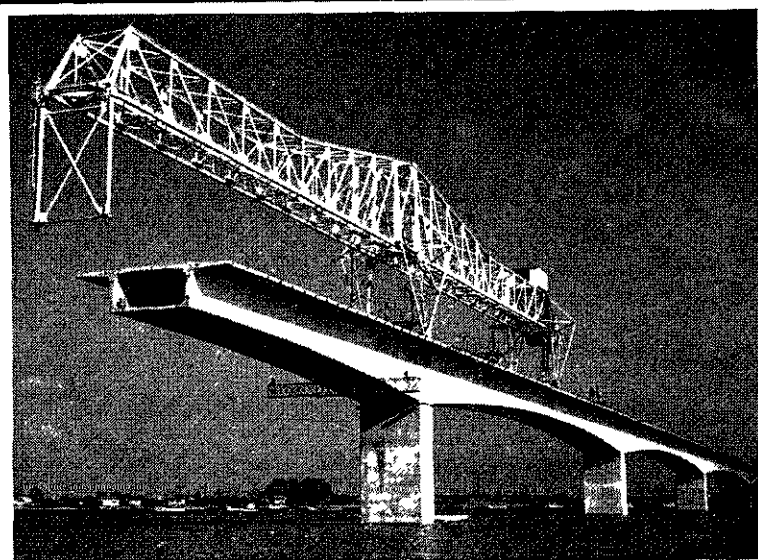
Amenagements Hydro-Electriques
Barrages - Usines
Centrales Thermiques et Nucléaires - Travaux
Maritimes et Fluviaux - Travaux Souterrains
Fondations Spéciales - Grands Terrassements
Assainissements - Voies Navigables et
Canaux d'Irrigation
Routes - Autoroutes - Chemins de Fer
Aérodromes - Revêtement en Béton
de Ciment et Hydrocarbures
Ponts - Réservoirs - Silos - Ouvrages d'Art
Aménagements et Bâtiments Industriels
Ensembles Immobiliers, Privés et Administratifs
Toutes Constructions et Ouvrages
Spéciaux en Béton Précontraint
(Procédés Freyssinet)

*

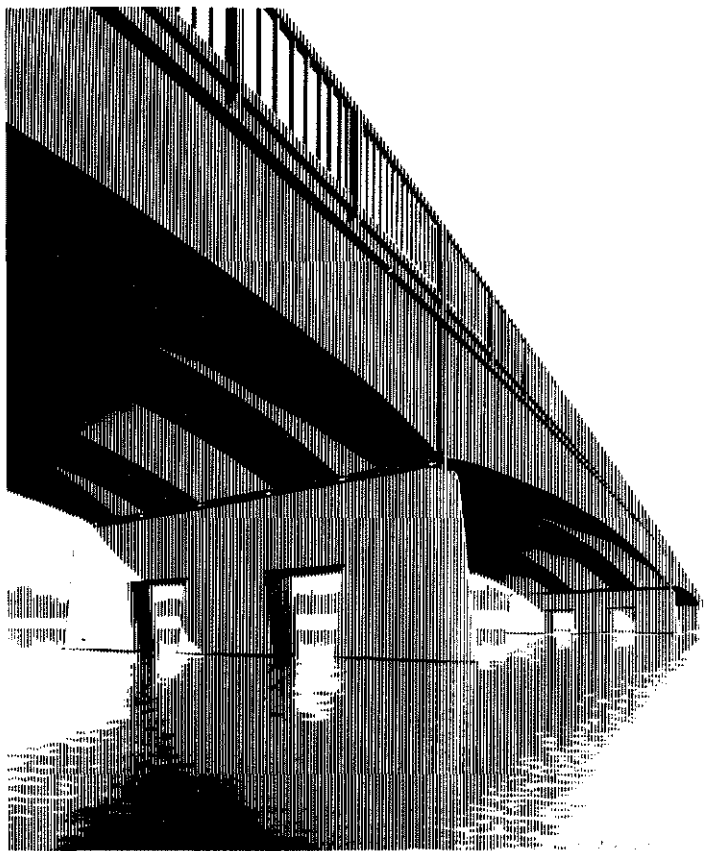
BUREAU D'ETUDES-ENGINEERING
G.E.C.T.I.

Société d'Etudes de Génie Civil et de Techniques Industrielles
59 bis avenue Moche - PARIS (8^e) Tel 227 10 15

Construction du Viaduc de 3062 m en reliant l'île d'Oleron au continent



CB 12L



PONTS ET CHARPENTES MÉTALLIQUES

de tous types et pour tous usages

CONCEPTION et
RÉALISATION

avec les aciers SCHNEIDER-CREUSOT
soudables à haute limite élastique
CREUSELSE et SUPERELSE

Foreuses SMF pour reconnaissance des
sols, recherche d'eau, forage de pieux...



SOCIÉTÉ DES FORGES ET ATELIERS DU CREUSOT
DEPARTEMENT CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES
5, Rue de Montessuy - Paris 7^e - Téléphone 705 89.09 et 90.00
Télégramme BATICHATIL-Paris - Telex : BATENSA 20.657

PANNEAUX DE SIGNALISATION

armur



SUREAU-NICE

A G R E M E N T M I N I S T E R I E L N ° 8

Les Entreprises de Travaux Publics **André BORIE**

Société Anonyme au Capital de 10.000.000 Frs

Siège Social à **PARIS (17°) 92, Avenue de Wagram** - Tél. WAGram 85-61

BUREAUX

NICE	42, Rue de Châteauneuf	Tél. : 88-21-12
MARSEILLE	40, Boulevard Longchamp	« 62-25-41
LYON	3, 4 et 5, Pl. Antonin-Perrin	« 72-65-97
LA BATHIE	(Savoie)	« 17 et 18 à Tours
CHAMONIX MONT-BLANC	B.P. 28 (Hte-Savoie)	« 551
ABIDJAN	B. P. N° 1 (Côte-d'Ivoire)	« 567-65 ou 568-65

Terrassements - Maçonnerie - Béton armé
Tunnels - Ponts - Viaducs - Barrages - Adduction
d'eau - Bâtiments industriels - Cités ouvrières

LE MONITEUR DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BATIMENT

32, RUE LE PELETIER, PARIS 9° - TÉL. 770-97-69

Cirage : 62.050

Abonnés : 55.516



Le plus important Journal européen de la Construction



...un simple appel suffit pour y voir clair

Cette eau n'est pas naturellement bonne ! Confiez-la à un SPECIALISTE.

DEGREMONT, sur simple appel, étudie avec vous une solution "sur mesure", donc économique, à votre problème particulier. Il applique pour vous à l'échelle urbaine ou industrielle, les résultats obtenus en laboratoire et les données de sa longue expérience internationale. Vous pouvez lui demander conseils, analyses, avant-projets, comparaison des diverses solutions possibles, étude définitive, surveillance et entretien. Vous pouvez aussi visiter ses réalisations, petites et grandes, dans toute la FRANCE. Les ingénieurs DEGREMONT sont à votre disposition aux adresses suivantes :

13-AIX-EN-PROVENCE - Route d'Avignon	Tél	27 84 59
31-TOULOUSE - 4 place du Parlement		52 03 50
33-BORDEAUX - 291 293 av de la République		52 87 03
35-RENNES - 11 rue Paul Bert		40 67 28
45-ORLÉANS - 63 rue des Carmes		87 66 47
54-NANCY - 50 rue du Docteur Bernheim		53 63 89
59-LILLE - 271 rue de Solférino		53 25 77
69-LYON - 169 rue Paul Bert		60 59 39
SIÈGE SOCIAL		
92-RUEIL-MALMAISON - 183 route de St Cloud		506 66 50


Degrémont
 TRAITEMENT DES EAUX

arma publicite



*souple
et
silencieux*

LE BITUME



Estacade de Vienne - Garde-corps en Duralinox
« Entreprise Lesœur » à Vienne (Isère)

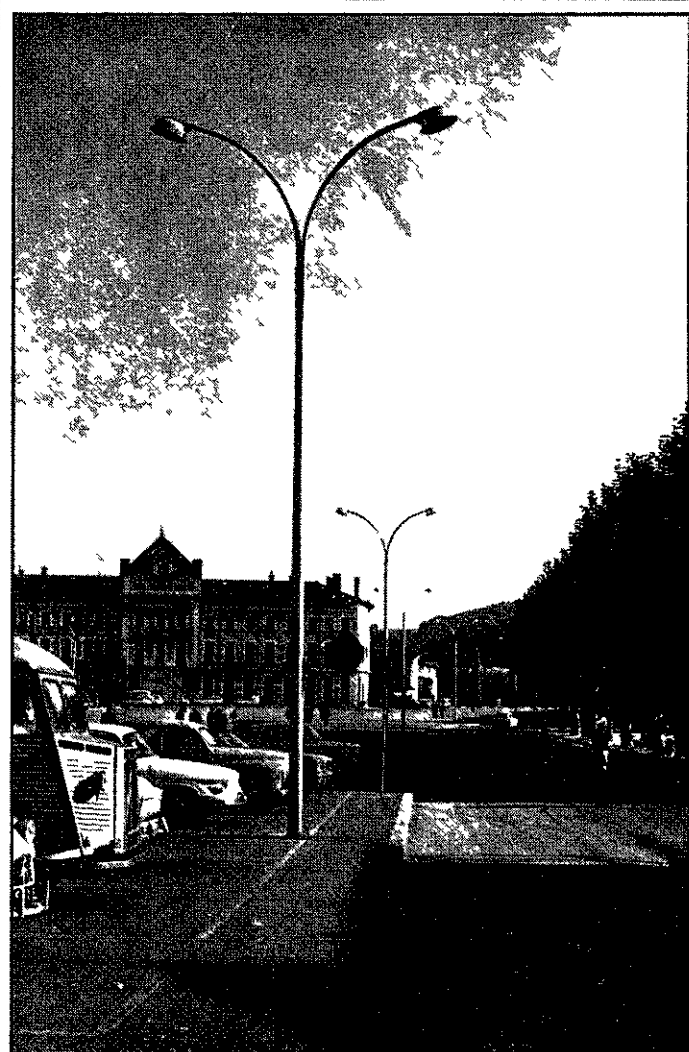
duralinox
CEGEDUR

apporte une solution
moderne et économique
pour :
candélabres d'éclairage public
mâts de pavoisement
garde-corps pour ponts
panneaux et portiques
de signalisation

BEL ASPECT - INALTÉRABILITÉ
FACILITÉ DE POSE

CEGEDUR
DÉPARTEMENT
ALUMINIUM

66, AV. MARCEAU - PARIS 8^e - tél. 225.54.40

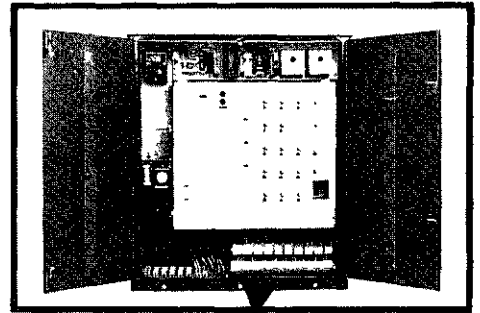


Candélabres d'éclairage public en Duralinox
« Le projecteur standard » à Lyon Caluire

LA "Signalisation-Pilote" SILEC

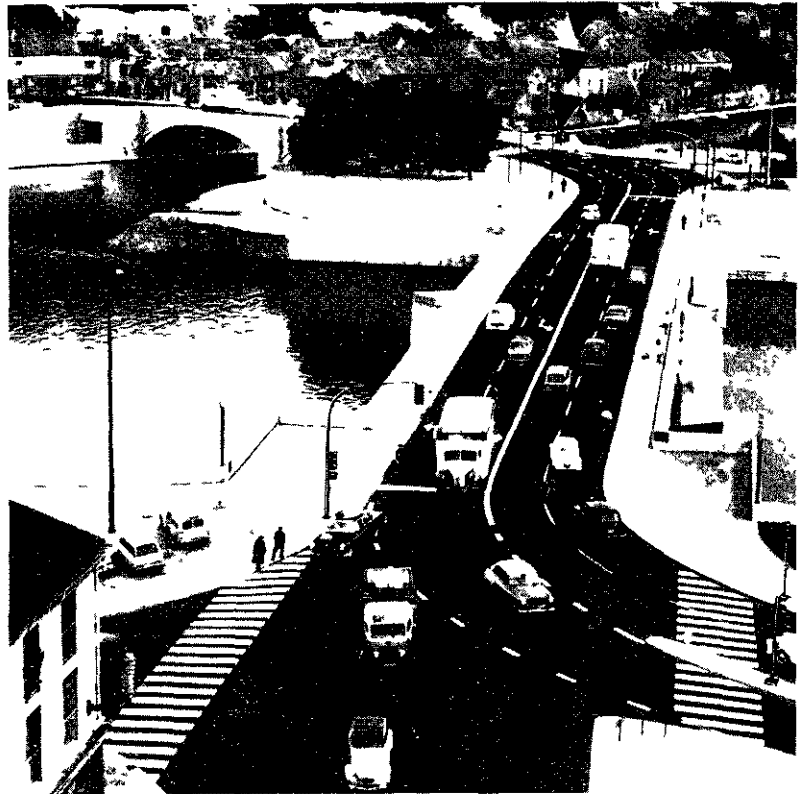
VOUS ENTRAINE DANS LA BONNE VOIE.

35 ans d'expérience en signalisation ont permis aux techniciens de la SILEC d'être rompus à toutes les techniques, aussi bien traditionnelles que d'avant-garde. Ils étudient et réalisent un matériel garanti, fabriqué de "toutes pièces" dans les usines SILEC.



Aperçu de la gamme du matériel de Signalisation SILEC:

- **Détecteurs :**
de passage,
de présence
- **Contrôleurs Electro-mécaniques et électroniques :**
A comptage,
à intégrateurs...
- **Calculateurs électroniques:**
Choix de programme
Sens préférentiel de coordination
Durée de cycle
Répartition des temps de vert
A seuils.
- **Sémaphores et balises:**
Signaux à lampes
Signaux fluorescents
Poteaux, Potelets, Candélabres,
Portiques
Répétiteurs voitures et piétons
Bornes lumineuses
Signalisation de chantiers
Feux mobiles.



Les accès du Pont de Montereau sont commandés par un contrôleur électronique 18 phases 3 programmes et un calculateur électronique.

Le trafic est régulé par 6 détecteurs et un calculateur qui choisit le sens de coordination et déclenche un programme "heures creuses" en dessous d'un seuil affichable

Y. CH. LAMBERT

SILEC

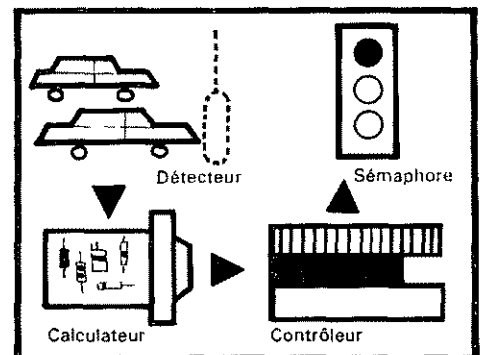
SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE LIAISONS ÉLECTRIQUES

Société Anonyme au Capital de 30 096 000 F
64 bis, rue de Monceau - PARIS 8^e

DÉPARTEMENT SIGNALISATION

Tél. 522 56.01

Service après-vente dans toute la France



AVIS

Les ingénieurs des ponts et chaussées dans le secteur privé

L'étude statistique ci-jointe montre que sur environ 1.300 ingénieurs des Ponts et Chaussées (ingénieurs-élèves et retraités exclus), 235 exercent leur activité dans des entreprises du secteur privé ou dans des entreprises semi-publiques affrontant directement la concurrence d'établissements privés.

Celles-ci se répartissent dans les secteurs suivants de l'économie :

	nombre d'ingénieurs
01 - Production et distribution publique d'eau et d'électricité	8
02 - Pétroles et carburants	6
03 - Exploitations minières	3
04 - Sidérurgie	7
05 - Production de métaux non ferreux	3
06 - Métallurgie générale	5
07 - Construction de machines et matériel industriel automobiles	4
08 - Aéronautique et espace	1
09 - Construction électrique et électronique	13
10 - Travaux publics	72
11 - Produits chimiques	3
12 - Caoutchouc	1
13 - Promoteurs immobiliers	2
14 - Banques et sociétés de crédit	21
15 - Ingénieurs conseils et bureaux d'étu- des techniques et économiques	74
16 - Transports	8
17 - Commerce et hotellerie	4

Cette étude montre que si les entreprises de travaux publics et de bâtiment et les activités liées à celles-ci utilisent un nombre important d'ingénieurs des Ponts et Chaussées, de nombreuses autres possibilités existent également. Il paraît souhaitable pour l'avenir de notre Corps que cette éventualité s'ouvre encore d'avantage.

L'expérience montre que les passages dans le secteur privé se groupent principalement autour de deux étapes de la vie professionnelle.

Le plus souvent, c'est vers 40 ou 45 ans que l'ingénieur des Ponts et Chaussées, se posant la question de son orientation future, peut envisager de quitter l'Administration. Ce type de « pantoufle » orienté le plus souvent vers les secteurs classiques (travaux publics, bâtiment, construction) doit continuer d'attirer un certain nombre de camarades.

Cependant les possibilités d'orientations vers le secteur privé sont d'autant plus nombreuses et les chances de réussite d'autant plus grandes que la mutation a lieu lorsque l'ingénieur est plus jeune (par exemple entre 30 et 35 ans). L'ingénieur qui désire alors quitter l'Administration peut plus facilement s'adapter à une activité nouvelle et à l'espoir, ayant déjà accumulé un ensemble de connaissances et acquis une certaine expérience, de pouvoir développer toutes ses qualités au cours d'une longue carrière active. Cette possibilité est encore relativement peu utilisée par les ingénieurs (1).

(1) Il faut rappeler que le statut des fonctionnaires ne permet pas la mise en disponibilité avant 10 années de service effectif, soit dans le cas des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, avant 2 années depuis la sortie de l'EN.P.C. Un Ingénieur des Ponts et Chaussées ne peut donc guère « pantoufler » avant l'âge de 35 ans.

Il semble donc qu'il y ait là un problème qu'il importe d'aborder de front et en toute franchise dans le souci d'élargir le rayonnement du Corps. Aussi le président du PCM a-t-il demandé à quatre ingénieurs des Ponts et Chaussées du secteur privé de réfléchir, en liaison avec le PCM et son secrétariat, aux moyens propres à assurer une meilleure information des ingénieurs des Ponts, à faire connaître aux principaux responsables des diverses branches de l'économie du pays les possibilités qui pourraient s'ouvrir à elles en s'attachant leurs services, en bref à parvenir à une meilleure connaissance réciproque du Corps et des activités industrielles ou tertiaires qui sont susceptibles d'être intéressées.

Les ingénieurs dont les noms suivent recevront volontiers les camarades et leurs suggestions qu'il s'agisse d'ingénieurs du secteur public, para public ou privé. Si les suggestions ou les questions posées ont un caractère personnel, il va sans dire que tous sont assurés de la plus complète discrétion.

Après une phase expérimentale de quelques mois, le groupe tirera les premiers enseignements de son expérience et sera en mesure de préciser l'orientation de son action.

Composition du groupe :

- **Caudrelier-Benac L.** (X 34)
Directeur de la Banque de l'Union européenne,

industrielle et financière
4, rue Gallion - PARIS 2^e (Tél. 073 66-70)

- **Deschênes H.** (X 35)
Ancien Directeur du Port autonome du Havre
Président de la Compagnie française d'entreprises métalliques
37, Bd de Montmorency - PARIS 16^e (Tél. 288 97 70).
- **Fontaine JP** (X 41)
Directeur adjoint de la Banque de Paris et des Pays-Bas
3, rue d'Anlin - PARIS 8^e (Tél. 073 14-00).
- **Thibault B.** (X 55)
Conseil national du Patronat français
31, av Pierre I^{er} de Serbie — PARIS 8^e
(Tél. 359 48-01).

Il est rappelé de plus que le camarade

- **Deschamps J** (X 45)
Direction des Travaux neufs - R.A.T.P.
21, Bd Bourdon - PARIS 4^e (Tél. 887 35-29).

vient à jour une liste de postes offerts dans le secteur privé

Le présent numéro du Bulletin du P.C.M. est le résultat d'un travail d'équipe. Certains articles ont été rédigés par une seule personne, d'autres constituent une synthèse d'écrits ou de travaux émanant de plusieurs auteurs dont certains étrangers au Corps des Ponts et Chaussées et des Mines.

Le P.C.M. les remercie tous très sincèrement pour leur collaboration. Leurs noms ont été rassemblés ici, plutôt qu'en tête de chacun des articles auxquels ils ont participé, afin de respecter l'unité de présentation qui a semblé souhaitable :

(par ordre alphabétique)

MM. ABRAHAM, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur-adjoint de Cabinet du Ministre des Transports,

BARBIER, Ingénieur civil des Ponts et Chaussées, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région parisienne,

BOITEUX, Directeur général d'Electricité de France,

DELIGNY, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Service spécial des Autoroutes,

GERONDEAU, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Service technique central d'Aménagement et d'Urbanisme,

LERAY, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Service spécial des Autoroutes,

PARAYRE, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Conseiller technique au Cabinet du Secrétaire d'Etat aux Affaires sociales, chargé des problèmes de l'emploi,

RIVELINE, Ingénieur des Mines, Chef des travaux de l'Ecole des Mines de Paris,

SAKAROVITCH, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Service des Etudes et Recherches de la Circulation routière,

STOLERU, Ingénieur des Mines, Commissariat au Plan,

TARDIEU, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Service des Affaires économiques et internationales,

THEDIÉ, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Direction des Routes et de la Circulation routière au Ministère de l'Equipement et du Logement,

VILLIERS, Ingénieur en chef de la Navigation aérienne.

L'application des méthodes scientifiques à la préparation des prises de décision

Le problème du choix présente deux aspects principaux, l'un éthique, voire politique, dans la détermination du but à atteindre, l'autre technique dans le choix du meilleur moyen de réaliser l'objectif ainsi fixé. On peut dire que l'on a fait appel à la Recherche opérationnelle lorsque, les fins étant fixées, le choix des moyens a été effectué au terme d'un processus scientifique. L'objet de cette publication est de montrer quelques exemples d'application des procédés de recherche opérationnelle et d'informatique dans des Administrations où Ingénieurs des Ponts et Chaussées et Ingénieurs des Mines sont traditionnellement présents.

C'est seulement pendant la guerre que la Recherche Opérationnelle reçoit, en Grande-Bretagne, son nom de baptême. Degrands chefs militaires vont solliciter l'appui d'hommes de science, non pour créer des engins nouveaux, mais pour étudier la façon la plus efficace de s'en servir. La première recherche porte sur l'emploi des radars. Un effort considérable avait été accompli par les savants et les ingénieurs pour mettre au point ce remarquable outil. Mais là s'arrêtait le rôle traditionnel des scientifiques : étudier la meilleure manière d'user du radar n'était pas leur affaire ; on leur demande, pour la première fois, de s'y consacrer aussi. Peu de temps après, un autre groupe est créé pour étudier le tir contre avion et non plus seulement le canon anti-aérien. Les résultats sont spectaculaires. Le mouvement s'amplifie et l'« Army Operational Research Group » prend corps, consacrant à cette occasion le vocable nouveau de « Recherche opérationnelle ». Aux Etats-Unis se développe un mouvement analogue qui connaîtra rapidement un essor considérable : à la fin de la guerre, les Groupes de Recherche Opérationnelle de l'Armée de l'Air, à eux seuls, comptaient quatre cents officiers et hommes de science.

Un bref exemple permettra sans doute de mieux saisir par quel processus de pensée les chercheurs opérationnels ont maîtrisé les problèmes d'emploi des armements qui leur étaient posés.

A quelle profondeur convenait-il de faire exploser les bombes employées par l'aviation anglaise pour la chasse aux sous-marins allemands ? La première phase du calcul fut de déterminer la probabilité pour qu'un sous-marin repéré se trouve encore en surface, plongeant ou en plongée au moment où exploserait la bombe, compte tenu de la maniabilité des appareils et des délais de bombardement. On a calculé ensuite quelle était la probabilité d'endommager le sous-marin en fonction de la profondeur d'explosion. La composition de ces deux probabilités permettait alors de définir la meilleure conduite à tenir : faire éclater les bombes à une profondeur de cinq à huit mètres ; ne pas lâcher de bombe sur un sous-marin en plongée depuis

plus de trente secondes. Le calcul laissait prévoir une efficacité doublée par rapport à la technique antérieure d'éclatement à vingt mètres ; l'expérience a confirmé cette conclusion.

Les diverses étapes de l'étude de Recherche Opérationnelle peuvent déjà être décelées sur cet exemple, pourtant très simplifié :

- définition de l'objectif : endommager le nombre maximum de sous-marins avec un nombre donné de bombes ;
- collecte et analyse des données : ici, maniabilité des appareils, délais de bombardement, efficacité du tir ;
- construction d'un modèle logique ou mathématique schématisant les aspects essentiels de la réalité : ici, une combinaison de lois de probabilités ;
- formulation des conclusions : dans telles hypothèses, telle attitude devrait conduire à tels résultats ;
- contrôle des résultats : efficacité effectivement doublée, comme le calcul le laissait prévoir, grâce à la stratégie d'emploi retenue.

Si c'est aux militaires qu'on doit cette première collaboration systématique entre les hommes d'action et les hommes de science dans le domaine de la décision, c'est aux applications civiles que la Recherche Opérationnelle va devoir, après les années de guerre, sa renommée grandissante — sans, bien sûr, que les militaires cessent de s'y intéresser activement.

La démarche de la Recherche Opérationnelle est donc, après l'analyse d'un problème et de ses paramètres la construction et le traitement d'un « modèle » qui soit une représentation abstraite acceptable de la structure de ce problème, des mécanismes qu'il met en jeu. Le rôle de ce modèle mathématique est alors, dans les domaines défrichés par l'analyse scientifique, de relayer et soulager les facultés de jugement ; celles-ci peuvent ainsi s'exercer pleinement dans le choix des hypothèses et l'appréciation des conséquences, où elles sont irremplaçables, au lieu de s'épuiser dans des tâches d'organisation logique qui peuvent être sous traitées à des calculateurs.

Il est important de noter ici les relations étroites entre la Recherche Opérationnelle et l'Informatique. L'informatique (*), si on en croit l'Académie Française, est la « science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances et des communications dans les domaines technique, économique et social ».

Elle comprend donc d'une manière indissociable les méthodes et les moyens de ce traitement ainsi que l'étude de leurs domaines d'application. On voit qu'il y a des recouvrements importants entre le domaine de l'informatique et celui de la Recherche Opérationnelle. D'ailleurs l'adaptation de cette dernière aux très grandes

(*) Il est tout à fait remarquable de constater que le terme « informatique » n'existe pas outre-Atlantique et que les américains s'en passent, si bien que le concept même semble difficile à concevoir. Cette différence de points de vue traduit une différence de mentalité. Depuis cinquante ans le poids scientifique et technique relatif de la France n'a fait que décroître ; ayant reconnu l'importance de la révolution « ordinateurs », les Français ont le souci de ne pas « manquer le coche ». Cartésiens, ils ont décidé de regrouper sous le même éclairage les techniques et les modes de pensée que cet outil formidable avait bouleversés. Pragmatiques, les américains se sont adaptés très soupagement à cette révolution dans les différents domaines concernés sans qu'ils semblent avoir ressenti le besoin d'une synthèse : au pays des pionniers, le nouvel outil, si révolutionnaire soit-il, est adopté sans histoire. Notre rationalisme cache souvent une certaine rigidité d'esprit ; combien de responsables français pensent que l'usage intensif de l'ordinateur dissimule chez les américains (et c'est quelquefois vrai, bien sûr) une grande paresse intellectuelle. Les américains ne savent pas ce qu'est l'informatique et s'en passent bien, car ils ont plus facilement « digéré » le phénomène ; en France cette conception synthétique peut nous aider à vivre avec notre temps.

synthèses est apparue comme la généralisation de la première des facultés dont les ordinateurs tirent leur nom : le classement, le tri et l'exploitation de données éparses mais nombreuses. Seules les calculatrices électroniques sont capables de traiter la masse de données ou d'équations dont les techniciens estiment nécessaire la prise en compte. En outre, devant parfois la capacité des machines et incitant ainsi à son extension, les chercheurs tentent d'appréhender une masse toujours plus considérable de paramètres, pensant être à même de mieux analyser les problèmes en intégrant dans leurs calculs une fraction plus étendue du monde dans lequel ils se meuvent.

La Recherche Opérationnelle n'aurait pas eu tous les développements qu'on lui connaît si le chercheur n'avait su pouvoir disposer de l'outil indispensable à la mise en œuvre de ses modèles, les algorithmes de résolution qu'il conçoit étant en outre souvent directement déterminés par les performances mêmes de ces outils. Et réciproquement ces développements de la Recherche Opérationnelle ont eux-mêmes stimulé ceux des calculateurs.

De plus surgit ici le besoin de mathématiques originales, ou au moins inhabituelles, adaptées à la nature de modèles nouveaux que requiert généralement la maîtrise des domaines encore inexplorés par la pensée scientifique traditionnelle : les mathématiques de la physique moderne ne sont plus celles de la physique classique ; les mathématiques de l'économétrie ou de la Recherche Opérationnelle ne sont pas, non plus, celles dont la mécanique céleste et la physique avaient suscité la diffusion.

Nombre de problèmes posés par les décisions humaines se situent aux franges des sciences et disciplines classiques. L'économie et la psychologie sont parvenues à un stade de développement assez avancé pour fournir à la Recherche Opérationnelle des concepts déjà élaborés ; la sociologie, la science administrative, la science politique en sont encore aux balbutiements. C'est au carrefour de ces diverses disciplines que, confronté à des problèmes pratiques de décision qui devront être résolus d'une manière ou d'une autre, le chercheur opérationnel s'efforce de bâtir des modèles logiques susceptibles d'aider le chef responsable en lui permettant de concentrer ses facultés de jugement sur ce qui ne peut faire l'objet d'un calcul.

Dans certains cas presque tout est calculable ; dans d'autres le chercheur opérationnel ne saura que faire naître, dans la masse amorphe des considérations multiples à prendre en compte, une première ossature logique qui guidera la pensée ; dans d'autres, plus difficiles encore, il parviendra seulement, comme au début d'un puzzle, à structurer quelques îlots sur lesquels le flair du chef pourra quand même prendre appui.

Si les îlots sont trop rares, si l'ossature est trop lâche, l'apport de la Recherche Opérationnelle est modeste et peut s'avérer non rentable. Si ce qui n'était qu'ossature pour guider le jugement est présenté, ou compris, comme un calcul capable de s'y substituer, de graves erreurs peuvent être commises. C'est dire qu'en ces occurrences le chercheur opérationnel doit faire preuve de modestie dans ses prétentions, d'honnêteté dans la portée conférée à ses conclusions.

Mais l'expérience des années récentes montre que bien des problèmes que traite la Recherche Opérationnelle se prêtent à des calculs poussés, dont les conclusions sont aisément utilisables. Il s'agit quelquefois de problèmes faciles, mais mal résolus, auxquels il suffisait de donner un tour mathématique : on n'y avait pas songé jusqu'alors, et le faire constitue déjà un progrès. Mais, plus souvent, c'est l'emploi de mathématiques dont l'ingénieur de formation classique n'avait pas habituellement la pratique qui explique le succès de la Recherche Opérationnelle. En effet, bien des problèmes de décision apparaissent complexes en raison de l'enche-

vêtement des contraintes à respecter, de la multiplicité des solutions possibles, du caractère incertain des éléments à prendre en compte : la diffusion des mathématiques de la complexité (le calcul combinatoire) et de l'incertain (le calcul des probabilités) a offert aux chercheurs des possibilités nouvelles qui ont été largement exploitées, au cours des dernières années, pour résoudre ce genre de problèmes. Parallèlement, l'accroissement spectaculaire des performances des machines à calculer électroniques a multiplié, dans des proportions qu'on n'eût pas osé soupçonner il y a vingt ans, la puissance des moyens de calcul mis à la disposition des chercheurs.

Issues des problèmes militaires, développées dans leurs applications à la gestion des entreprises les techniques de la Recherche Opérationnelle qui ont fait, au cours de ces vingt cinq dernières années, la preuve de leur efficacité devaient trouver dans les problèmes que pose l'organisation de la vie collective un champ d'application particulièrement approprié.

Pour illustrer à la fois les possibilités d'application de ces méthodes et les difficultés qu'une approche scientifique peut soulever dans certains domaines, nous prendrons pour exemple les recherches actuellement en cours sur le problème de l'exploitation optimale d'un tissu urbain donné du point de vue des transports.

Il est assez facile d'avoir une connaissance, au moins statistique, des résidences et des emplois dans chaque zone de l'agglomération et des « lignes de désir » (c'est-à-dire pour chaque période de la journée le nombre d'individus désirant se rendre d'une zone de la ville à une autre). Supposons que les conditions de transport en commun soient données, qu'un nombre connu de voyageurs les utilise, nombre qui en première approximation ne sera pas modifié par les mesures envisagées. Et supposons que nous nous proposons d'utiliser « au mieux » le réseau.

1) Il s'agit d'abord de savoir avec précision ce que l'on veut faire. On peut se proposer de minimiser la somme des temps de trajet pour tous les usagers. Cet objectif simple et bien défini, neutre vis-à-vis de la demande (puisqu'on attribue la même valeur au temps de chaque usager) ne semble pas prêter le flanc à la critique. Voire. Tout d'abord il peut sembler légitime de favoriser certains déplacements, par exemple, les déplacements domicile-travail aux heures de pointe. Ensuite l'étude porte en général sur une zone limitée ; comment va-t-on tenir compte des répercussions que les mesures envisagées peuvent avoir sur des usagers dont l'itinéraire ne rencontre pas normalement la zone d'étude ? Enfin la fonction objective définie accorde un coût de l'unité de temps constant, or il semble contestable de supposer qu'il soit équivalent de faire perdre dix secondes à 360 personnes ou une heure à une personne.

2) En supposant qu'on se satisfasse de la fonction objective proposée en 1) on voit que le moyen de parvenir à sa minimisation n'est pas évident :

Chaque usager, s'il avait une information totale sur l'état du système, choisirait un chemin de coût minimum pour lui. Or il est facile de se convaincre qu'en général dans le cas du trafic urbain comme en bien d'autres cas l'intérêt général ne se réduit pas à la somme des intérêts particuliers et qu'un certain nombre d'automobilistes devraient consentir un sacrifice de temps au profit de la collectivité. Cette situation est assimilable à un jeu (dans le sens que Von Neumann et Morgenstern ont donné à ce terme dans leur « Théorie des jeux »). L'exploitant doit donc si cela est possible (et on peut montrer que tel est bien le cas) élaborer une stratégie (réglage de feux de circulation, tarification), qui permette à chacun d'agir suivant son intérêt propre et cependant à un optimum collectif d'être atteint.

3) Ceci étant on peut concevoir un certain nombre de mesures susceptibles d'améliorer la fluidité de la circulation, par exemple des interdictions de stationnement, des mises en sens unique, la coordination des feux de circulation. Chacune de ces mesures pose des problèmes difficiles :

- Si on interdit le stationnement on facilite la circulation mais on décourage en même temps l'utilisation de l'automobile. Il y a un arbitrage à trouver entre les restrictions de stationnement et de circulation.
- La mise en sens unique d'une voie augmente sa capacité de 30% environ. Cependant les distances moyennes parcourues sont augmentées. Il faut prévoir un schéma de mise en sens unique suffisamment cohérent pour que le bilan global soit le meilleur possible. A moins de vouloir décourager l'utilisation de l'automobile sur certains trajets, il faut éviter d'imposer des itinéraires en zig-zag.
- Il est facile de coordonner les feux de circulation sur une voie à sens unique pour une certaine vitesse de base moyenne. Il est beaucoup plus délicat de coordonner les feux de circulation dans chaque sens pour une voie à double sens. Quant au problème de coordination sur un réseau, il n'a pas reçu à ce jour de solution totalement satisfaisante.

4) Il faut, à ce stade, lever l'hypothèse de constance de la demande. En effet, si par des mesures diverses l'exploitant a amélioré les conditions de circulation sur le réseau, il faut prévoir une réponse des usagers consistant en une demande accrue de transport automobile. Mais il est assez clair que dans l'état de saturation où se trouve le réseau de nos grandes villes, chaque usager marginal, s'il trouve un profit personnel à utiliser son automobile, fait perdre à l'ensemble des autres automobilistes une somme bien plus grande. Sur le plan collectif, ces effets induits négatifs sont très importants et le bilan d'une mesure qui vise à « décongestionner » la circulation automobile est très délicat à établir, d'autant plus que la réserve des usagers potentiels de l'automobile est quasi infinie.

Les articles qui suivent constituent quelques illustrations (sans aucune prétention à l'exhaustivité) de l'usage qui est fait actuellement des méthodes scientifiques de préparation des décisions dans l'Administration. On est, bien entendu, encore très loin d'avoir tiré tout le parti possible de ces méthodes ; la voie est simplement ouverte.

Ces illustrations concernent :

- 1°) le choix d'une stratégie nationale d'investissement ;
- 2°) les arbitrages internes à un secteur (exemple du secteur des transports) ;
- 3°) l'optimisation technico-économique ;
- 4°) l'ordonnancement ;
- 5°) les tests de cohérence (exemple des schémas des structures et des transports) ;
- 6°) l'automatisation de l'exploitation (exemple du contrôle de la circulation aérienne).

I - Le choix d'une stratégie nationale d'investissement

L'un des tous premiers problèmes de la planification est de chercher à constituer un potentiel productif suffisant pour entretenir une croissance satisfaisante de l'Économie. Cette préoccupation conduit donc à analyser avec soin les diverses politiques nationales concevables pour l'investissement en essayant de rechercher un moyen terme entre deux politiques extrêmes, et également mauvaises, de développement :

— Une croissance « spartiate » où l'on investit chaque année presque tout ce que l'on produit dans l'espoir d'avoir plus tard un potentiel énorme de production.

— Une croissance « sybarite » où l'on investit le moins possible en utilisant le potentiel disponible pour produire des biens de consommation.

In medio stat virtus, de sorte que l'un des choix économiques fondamentaux sera celui du taux d'investissement qui assurera un développement rapide sans pour autant sacrifier trop la consommation présente. Pour faire ce choix en connaissance de cause, il est donc nécessaire de pouvoir chiffrer l'effet sur la croissance d'un effort d'investissement. Un modèle économique a été mis au point à cet effet, par le Commissariat général du Plan. Ce modèle mathématique ne sera pas reproduit ici (1), mais est à la base des résultats et réflexions qui suivent.

L'hypothèse fondamentale du modèle utilisé est que le taux d'investissement reste constant au cours des années. Il est donc incapable de rendre compte d'un effort temporaire d'investissement. Rappelons en outre que le revenu actuel du taux d'investissement (productif, logement, et collectif) est de 23% de la production intérieure brute.

1. — LES DIFFERENTS MODES DE CROISSANCE POSSIBLES

a) La croissance équilibrée.

Une politique quelconque d'investissements ne donnera en général pas une croissance régulière de l'économie, c'est-à-dire que les taux de croissance de l'activité et de la consommation ne seront ni égaux, ni constants. On peut voir sur le modèle qu'il existe, par contre, une stratégie particulière *s.* qui permettra d'atteindre une croissance équilibrée où toutes les grandeurs économiques progresseront à taux constant.

(1) On trouvera la formulation et les données du modèle dans « L'Équilibre et la Croissance Économique », chapitre XVI par L. STOLERU, Dunod 1967.

On trouve ainsi que l'adoption d'une politique d'investissement de $s_0 = 23\%$ (c'est-à-dire le maintien du taux d'investissement à son niveau 1965) permet une croissance équilibrée, régulière, au taux de 5%, ce qui ne fait que refléter la croissance passée française qui a eu lieu au rythme régulier d'environ 5% durant la période 1950-1965.

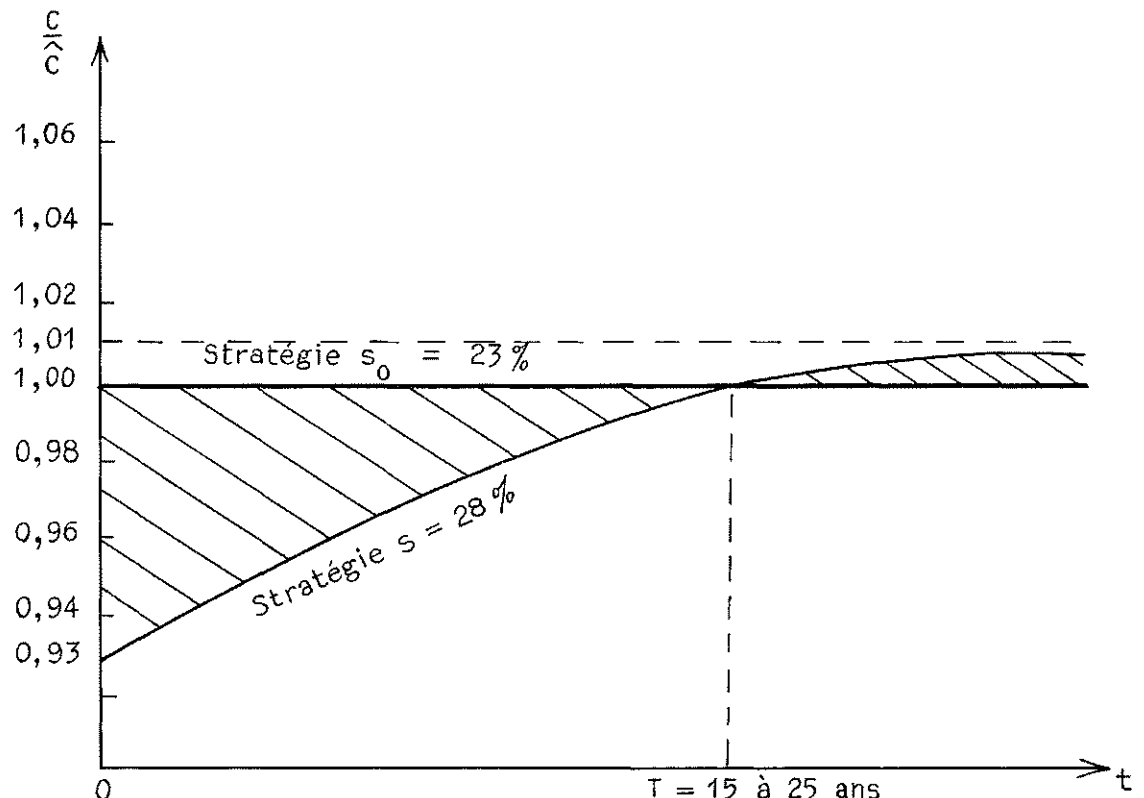
b) Effet d'un effort d'investissement.

Que se passerait-il si l'on investissait plus que 23% de la Production chaque année ? Tout d'abord, la croissance ne serait plus régulière, le taux de croissance évoluant au cours du temps. Ensuite, si l'on prend pour référence le programme de consommation correspondant à la croissance équilibrée précédente, il est certain qu'on y perdra en consommation au début, puisque, la première année par exemple, ce que l'on investira en plus sera autant que l'on consommera en moins. Par contre, on peut espérer qu'à plus ou moins brève échéance, le potentiel productif accumulé grâce à cet effort sera « payant », c'est-à-dire que l'on pourra consommer plus que dans le programme précédent.

Tout le problème est donc de savoir, par rapport au programme de consommation précédent, ce que l'on perd au début, ce que l'on gagne à la fin et au bout de combien de temps a lieu le retournement. Le modèle permet de chiffrer ces éléments pour toute valeur du taux d'investissement s .

Premier exemple : Stratégie d'investissement $s = 28\%$

Si, au lieu de prolonger la tendance actuelle $s = 23\%$, l'on s'efforçait de favoriser vigoureusement l'épargne pour se placer à un palier d'investissement plus élevé de 28% de la Production Intérieure Brute, quel serait l'effet sur la croissance ? En raisonnant en termes de consommation C , et en prenant comme référence le programme de consommation équilibré \bar{C} précédent, on obtient les résultats figurés sur le graphique 1 :



Graphique 1 : Effet d'un effort d'investissement

- On consent un sacrifice de consommation initial de 7% par rapport à la croissance équilibrée $s = 23\%$.
- Ce sacrifice diminue progressivement pour s'annuler au bout de 15 à 25 ans, selon la conception choisie par le rôle du progrès technique.
- Le gain ultérieur atteint peu à peu 1% par rapport à la croissance équilibrée (gain *relatif* limité à 1% mais écart absolu $C - \dot{C}$ devenant de plus en plus grand).

On voit que l'incitation à investir n'est pas très forte puisque le sacrifice immédiat est non négligeable, comparé à des gains assez faibles et bien éloignés.

Deuxième exemple : Stratégie d'investissement $s = 40\%$

Lorsque l'on continue à élever le taux d'investissement, un phénomène se produit : le sacrifice initial de consommation est évidemment de plus en plus grand mais le gain ultérieur ne s'accroît plus et finit même par disparaître : ce paradoxe apparent n'est qu'un résultat de la formulation du modèle où l'on a supposé s éternellement constant. Or, si l'on investit 40% de la Production, on échafaude un potentiel productif énorme, mais dont on s'impose d'entretenir la croissance : les besoins d'entretien sont alors si forts qu'il reste en définitive pour la consommation moins que si l'on s'était contenté d'un potentiel productif moins ambitieux.

De telles politiques ne sont donc concevables que *temporairement*, c'est-à-dire qu'il faudrait modifier le modèle pour permettre au taux d'investissement s de décroître après un certain temps.

Cette « rigidité » du modèle a donc pour conséquence de rendre inefficaces des taux d'investissement trop élevés : on y perd au début en consommation et on n'y gagne rien à la fin. Avec les données utilisées ici, on trouve que le taux d'investissement limite est de

$$s = 28\%$$

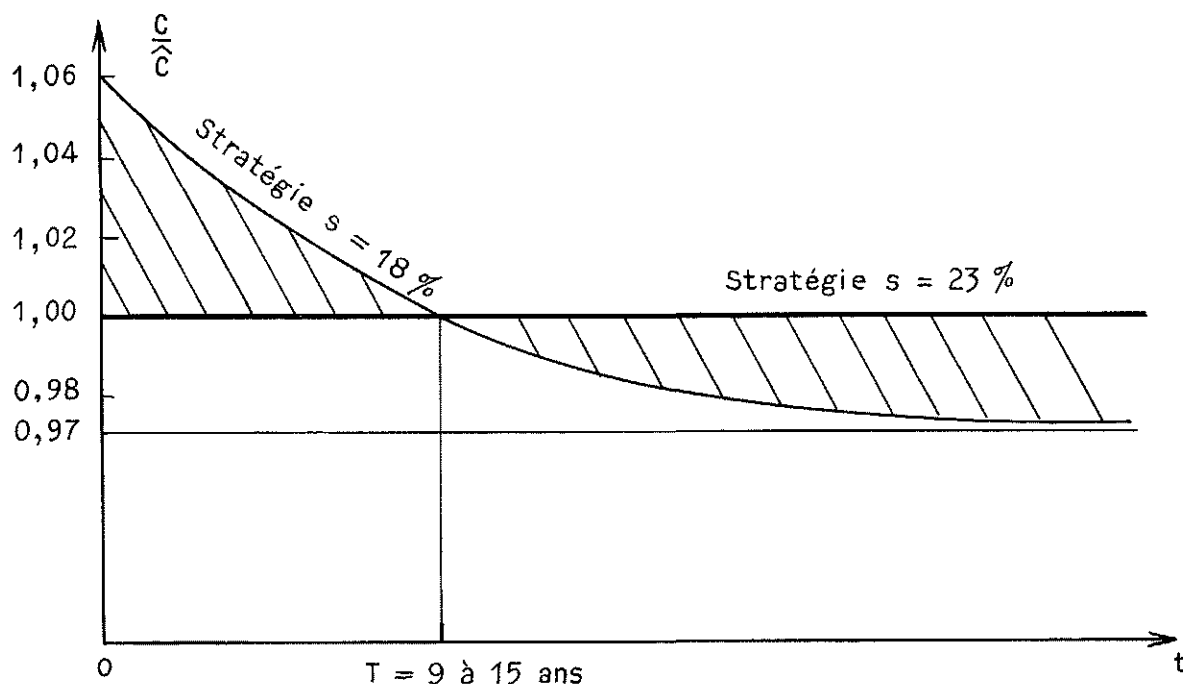
taux souvent appelé « *taux d'épargne optimum* » dans la littérature économique, le terme optimum signifiant qu'il permet d'atteindre à long terme le niveau de consommation le plus élevé possible : un taux d'investissement plus élevé serait alors, comme on l'a vu, inefficace car la consommation serait trop entamée par les besoins perpétuels d'accumulation du capital.

Les deux exemples précédents montrent ainsi que les gains de consommation maximum que l'on peut attendre à long terme d'efforts d'investissement par rapport à la prolongation de la tendance actuelle ($s = 23\%$) sont relativement limités, d'autant qu'ils sont contrebalancés par des sacrifices immédiats non négligeables. Cette constatation conduit à se demander si au contraire il n'y aurait pas lieu de diminuer le taux actuel d'investissement, c'est-à-dire à explorer des politiques de faible investissement.

c) Effets d'un relâchement de l'investissement : $s = 18\%$.

En étudiant la politique d'investissement $s = 18\%$, on peut s'attendre à trouver un gain immédiat en consommation par rapport à la politique de croissance équilibrée $s_0 = 23\%$ mais, évidemment, une perte ultérieure. C'est bien ce que fait apparaître le graphique 2.

On y voit que le gain en consommation est de l'ordre de 6%, qu'il décroît durant une dizaine d'années pour faire place ensuite à une perte en consommation d'environ 3%.



Graphique 2 : Effet d'un relâchement de l'investissement

Que conclure de l'analyse précédente ? Tout d'abord, bien sûr, que le modèle est trop sommaire pour que l'on puisse accorder foi à ces résultats numériques. Mais le problème n'est pas là : à supposer que le même problème soit traité par un modèle beaucoup plus détaillé et représentatif de l'Economie Française, et à supposer que les courbes précédentes puissent être déterminées de manière plus réaliste, comment pourrait-on choisir parmi les diverses politiques possibles ? Telle est la question que nous allons maintenant examiner.

2. — LE CHOIX D'UNE STRATEGIE D'INVESTISSEMENT

Une première évidence s'impose : le choix n'est pas du ressort de l'économiste car l'une quelconque des stratégies possibles (tout au moins celles correspondant à $s \leq 28\%$) satisfait le seul critère qui lui est propre : celui d'efficacité économique et de non-gaspillage des ressources. Quant à savoir s'il vaut mieux faire des sacrifices de consommation maintenant pour avoir plus tard une consommation plus élevée, ou vice-versa, cela sort manifestement de ses compétences. C'est une affaire de goût, c'est-à-dire de préférences individuelles ou collectives entre le présent et l'avenir.

L'arbitrage ne peut donc être que sociologique ou « politique », ce qui incite à se tourner vers les autorités représentatives des opinions individuelles :

- Les individus eux-mêmes
- Le Parlement
- Le Gouvernement.

a) Le choix par le Gouvernement.

Au cours des périodes passées, l'arbitrage a été tranché par le Gouvernement, c'est-à-dire que, pour un Plan par exemple, l'on a fait choix d'une certaine stratégie

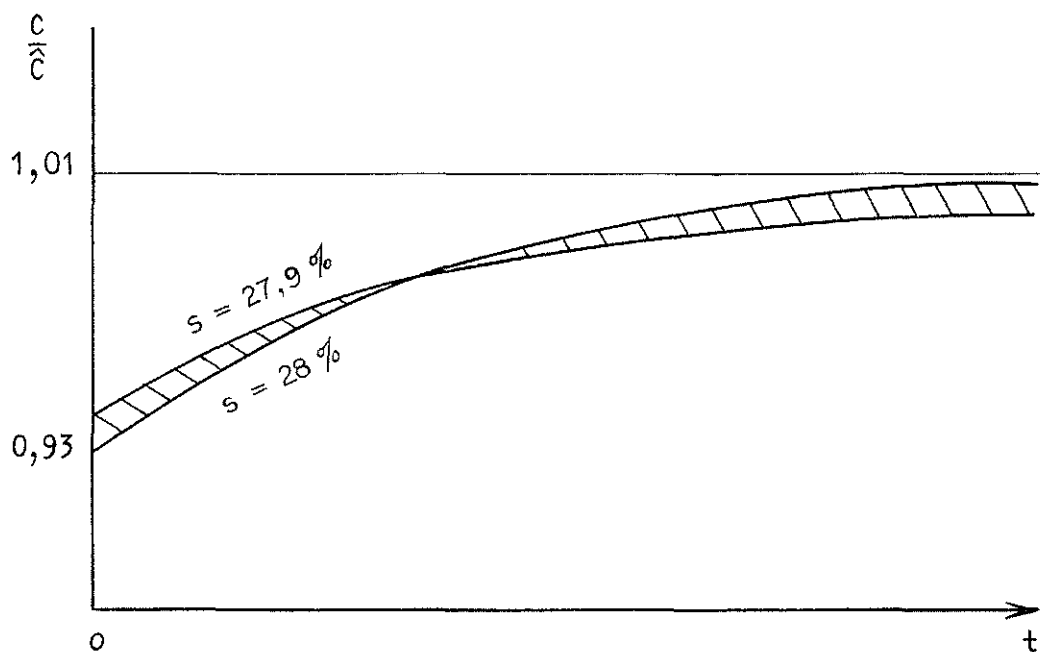
d'investissement. Tout se passe implicitement comme si les autorités économiques avaient prélevé sur les graphiques précédents une certaine courbe de consommation en la préférant aux autres. Ce choix est naturellement influencé par le niveau actuel de l'épargne, mais il y a quand même une marge de jeu non négligeable car l'Etat est capable de favoriser ou défavoriser l'épargne individuelle par des mesures, fiscales ou autres, relativement efficaces.

b) Le choix par le Parlement.

Si le Gouvernement recule devant la responsabilité du choix, en estimant qu'une telle décision de sa part serait largement arbitraire et qu'il vaut mieux consulter les préférences collectives de manière plus approfondie, on en arrive à une procédure du type de celle des *Grandes Options* : les autorités économiques établissent plusieurs schémas de développement correspondant à plusieurs stratégies d'investissement et soumettent ces diverses variantes au Parlement : les diverses tendances se manifestent alors pour désigner parmi le réseau de programmes précédents, celui qui réunit le consensus le plus large. Dans son principe, cette procédure paraît très satisfaisante et semble s'appliquer à de nombreux choix politico-économiques : arbitrage présent-futur présentement évoqué, arbitrage revenu-loisirs pour savoir s'il vaut mieux maintenir la durée du travail pour augmenter le niveau de vie ou diminuer cette durée pour augmenter les loisirs, etc... Il faut être conscient toutefois des difficultés pratiques rencontrées : tout d'abord, la confection de nombreuses variantes de développement est techniquement très difficile et, il faut bien le dire, très longue à effectuer. Ensuite, le dialogue économique s'engage malaisément : les députés sont peu habitués à l'analyse de ce genre de problèmes, sont rebutés par les tableaux de chiffres qui accompagnent nécessairement les propositions qu'on leur soumet et sont en outre tentés de profiter du débat pour sortir du sujet et amener la discussion sur un terrain politique ou sur des intérêts régionaux. Ces difficultés ne doivent toutefois pas empêcher de persévérer dans une telle procédure qui devrait ouvrir la voie à une politique économique réellement démocratique.

c) Le choix par les individus.

Une autre procédure de choix peut être envisagée, procédure *indirecte* dans la mesure où l'on ne va évidemment pas faire un referendum, un Livre Blanc ou une enquête par sondages sur la question. Si l'on se rappelle que le choix considéré est celui entre consommation présente et consommation future, c'est-à-dire en somme un arbitrage entre le présent et l'avenir, on voit que ce choix évoque immédiatement celui fait par les individus entre leur revenu présent et leur revenu futur, c'est-à-dire celui reflété par le *taux d'intérêt*. Il existe donc un lien intuitif entre le comportement vis-à-vis du taux d'intérêt et le comportement vis-à-vis de la stratégie d'investissement qui nous préoccupe. On peut préciser ce lien en raisonnant de la manière suivante : considérons une certaine stratégie d'investissement $s = 28\%$ et voyons si elle reflète les comportements individuels. Si elle est véritablement la meilleure, c'est, par définition, qu'on ne gagnerait rien à la modifier, par exemple en une politique $s = 27,9\%$: formulons cela de manière précise en comparant les deux programmes correspondants sur le graphique 3.



Graphique 3 : Détermination du taux d'actualisation

Entre ces deux programmes, il y a un gain de consommation au début, une perte à la fin ; on peut trouver alors un taux d'intérêt tel que ce gain et cette perte (actualisés à l'année de référence) s'équilibrent.

On voit ainsi qu'on peut associer un taux d'intérêt à chaque taux d'investissement s : plus s est élevé, plus les capitaux sont abondants et plus le taux d'intérêt est faible. On trouve ainsi, dans notre modèle :

$$\begin{aligned} s = 28\% &\longleftrightarrow i = 5\% \\ s = 23\% &\longleftrightarrow i = 9 - 10\% \\ s = 18\% &\longleftrightarrow i = 12 - 13\% \end{aligned}$$

Ces chiffres sont extrêmement imprécis, vu la nature du modèle mais montrent la méthode à suivre : pour choisir la stratégie d'investissement s , on étudiera les comportements individuels sur le marché des capitaux ; à partir du moment où l'on peut estimer le taux d'intérêt qui équilibre ce marché, le taux d'investissement national s'en déduit directement par le raisonnement précédent. Dans le modèle précédent, par exemple, la politique $s = 28\%$ est certainement à rejeter car les comportements d'épargne actuels ne permettent certainement pas un équilibre du marché des capitaux au taux de 5% : une politique de l'ordre de $s = 23\%$ paraît alors plus conforme aux désirs implicites des consommateurs.

Remarquons que les taux précédents sont définis à partir des investissements totaux. Le seuil de rentabilité défini à partir des seuls investissements productifs, serait beaucoup plus élevé.

CONCLUSION : LES ENSEIGNEMENTS DU MODÈLE

Il ne faudrait pas accorder aux chiffres issus du modèle une confiance illusoire : la formulation schématique, la valeur approximative des données numériques et les nombreuses particularités du modèle lui enlèvent toute prétention à l'exactitude numérique. Par contre, s'il ne sert pas à résoudre numériquement des problèmes, il sert d'une part à en déceler, d'autre part à faire apparaître les diverses liaisons économiques.

Quelques mots d'abord sur les insuffisances : outre la schématisation très poussée (modèle à un seul secteur, sans commerce extérieur, où l'investissement en logements ou écoles est traité comme de l'investissement productif) et l'incertitude notoire sur les données (coefficients des fonctions de production, coefficients de capital), il y a dans ce modèle des contraintes plus cachées dont il faut bien comprendre les effets si l'on ne veut pas commettre d'erreurs grossières quant à l'interprétation des résultats.

Ainsi le résultat relatif au taux d'épargne optimum doit s'interpréter comme suit : il est inefficace d'épargner plus de 28% (à supposer que 28% soit exact) du revenu national *chaque année jusqu'à la fin des temps*. Rien ne dit par contre qu'il ne serait pas opportun d'épargner 40% pendant quelques années puis beaucoup moins ensuite : le modèle est incapable de donner une réponse à cette question. De la même manière, on remarquera que les résultats numériques dépendent fortement de la valeur du taux de progrès technique ; or, ce taux a été choisi de manière exogène, c'est-à-dire qu'il est le même, quel que soit le rythme de croissance ou l'effort d'investissement. Or, il y a probablement, surtout à long terme, lien de causalité réciproque entre progrès technique et niveau de l'activité ou de l'investissement : la découverte des lois physiques a entraîné la révolution industrielle de la fin du siècle et cette révolution industrielle a sûrement permis l'essor scientifique à son tour. Toutes ces remarques montrent qu'il faut être parfaitement conscient de *toutes* les hypothèses, même les moins apparentes, sur lesquelles repose le modèle pour en bien déceler le mécanisme et en interpréter clairement les résultats.

Cela dit, le premier type d'enseignements du modèle est de mettre des ordres de grandeur sur cette vérité de bon sens que tout gain futur en consommation se paie par des sacrifices immédiats : l'investissement. On voit apparaître ainsi, face à une croissance équilibrée, des croissances à forte préférence, soit pour le présent (taux d'épargne faible), soit pour le futur (taux d'épargne fort). Un des enseignements essentiels est de montrer que la politique consistant à obtenir le maximum de consommation à *long terme* est loin de s'imposer avec évidence comme étant la meilleure politique : cet optimum à long terme apparaît en effet comme très « plat », au point que le pourcentage gagné à long terme est souvent minime (et en outre tardivement obtenu) par rapport aux pertes immédiates. *Il suffit d'une préférence faiblement marquée pour le présent pour que le taux d'épargne optimum soit nettement inférieur à celui correspondant à la croissance régulière maximum (8%)*. Il faut donc se méfier de tous les raisonnements qui tablent sur les bénéfices futurs sans prendre en compte la période transitoire des sacrifices de consommation.

Un deuxième type d'enseignements du modèle est de montrer le lien fondamental qui existe entre le choix par la Nation d'un programme de croissance, et le choix d'un taux d'actualisation pour les calculs économiques et par conséquent d'un taux d'intérêt pour le marché des capitaux à moyen et long terme. Dire que le V^e Plan a choisi un taux de croissance de la consommation tel que l'investissement représentera en 1970 environ 24% de la production intérieure brute, c'est dire que la Nation a fait un arbitrage entre les consommations du présent et celles de l'avenir. Or, cet arbitrage a des conséquences pratiques directes et importantes : en sacrifiant 1 F de plus de consommation présente, la collectivité aurait pu obtenir, par exemple, 1,07 F de consommation supplémentaire l'an prochain, ou $(1,07)^T$ francs dans T années. Si elle n'a pas accepté ce sacrifice, c'est qu'elle ne doit pas non plus accepter qu'E.D.F. construise des centrales hydroélectriques si leur rentabilité n'atteint pas 7%. On comprend ainsi comment le taux d'actualisation à employer dans les calculs économiques d'investissement doit être lié au programme de croissance nationale retenu.

En d'autres termes, le choix d'un programme de croissance gouverne en principe le choix du taux d'actualisation à utiliser pour les calculs d'investissement des entreprises et le taux d'intérêt du marché financier à moyen et long terme. Plus le programme de croissance insiste sur l'avenir, plus le taux d'intérêt doit baisser pour se rapprocher du taux de croissance l'économie.

Enfin, un troisième type d'enseignement de ce modèle est de faire réfléchir sur les procédures de choix en matière économique : choix centralisé par le Gouvernement, choix semi-centralisé par le Parlement, choix décentralisé par l'observation des comportements individuels dans les décisions de même nature. Mais, c'est là quitter le domaine économique pour aborder un débat bien plus large : celui de l'économie de marché, de l'économie concertée et de l'économie dirigiste !

II - Les arbitrages internes à un secteur : l'exemple du secteur des transports

Les transports sont un secteur où les investissements ont une très grande importance. Les montants de dépenses effectuées à ce titre sont relativement très élevés par rapport aux chiffres d'affaires correspondants. Si l'on considère, par exemple, les chiffres de la comptabilité nationale pour l'année 1964, on constate que le rapport de la Formation Brute de Capital Fixe à la valeur ajoutée s'élève à 36% dans la branche transports, tandis que le rapport de la F.B.C.F. totale à la production intérieure brute ne s'élève qu'à 23%. Les transports sont donc une activité très « capitalistique ».

En outre, une part importante de ces investissements est constituée par les infrastructures qui conditionnent les activités de nombreux secteurs économiques : directement celles des entreprises des transports, indirectement celles de la plupart des entreprises industrielles et commerciales.

Enfin, ces investissements — et surtout les investissements d'infrastructures — exercent une influence indiscutable sur l'évolution des économies régionales puisque beaucoup d'entre eux ont un effet structurant et engagent l'avenir.

L'objet des considérations suivantes est de présenter les méthodes de choix des investissements utilisées pour la préparation du programme du V^e Plan dans le secteur des transports.

Le processus suivi pour le choix des investissements comprend :

- l'éclairage de l'horizon à long terme ;
- l'application à ces propositions de critères économiques de choix ;
- les programmes provisoires dans différentes hypothèses de dotations budgétaires pour chaque sous-secteur ;
- les enveloppes définitives après arbitrages au niveau le plus élevé.

ECLAIRAGE DE L'HORIZON A LONG TERME

Cet éclairage a été effectué surtout pour les routes, les chemins de fer, et les grandes liaisons fluviales.

Ainsi, pour les routes, un groupe de travail a été spécialement mis en place à la fin de 1963 et a déposé son rapport en juillet 1964.

Ce groupe a fourni une estimation des besoins de circulation routière à long terme caractérisée par une évaluation du parc de véhicules particuliers en service d'environ 22 millions de véhicules en 1985.

Par ailleurs, ce groupe a précisé les différentes fonctions économiques que doivent assurer les investissements routiers.

En rase campagne, trois niveaux de liaisons entre les centres d'activité économique ont été définis :

- liaisons primaires unissant entre elles : la capitale, les grandes agglomérations et les principales villes étrangères voisines ;
- liaisons secondaires joignant les agglomérations moyennes et assurant les principales relations entre communes voisines ;
- liaisons tertiaires de niveau local et rural pour la desserte des lieux d'habitation et de culture.

De même, en milieu urbain :

- un réseau de voies rapides destiné principalement à supporter dans l'avenir les parcours à grandes et moyennes distances à l'échelle de l'agglomération et excluant toute desserte ;
- un réseau de voies de distribution permettant l'irrigation des quartiers urbains et assurant la structuration des quartiers ;
- enfin, un réseau de voies de desserte consacrées à l'accès aux parkings et aux immeubles.

A partir des prévisions générales de développement de la circulation automobile on a pu définir approximativement l'évolution future des trafics sur ces différentes catégories d'infrastructures.

Le groupe en a déduit une estimation des besoins d'investissements à long terme en utilisant principalement la notion de saturation physique des voies à partir d'un certain niveau de trafic (par exemple, 7.800 véhicules par jour pour une route à trois voies en rase campagne).

Dans les villes, l'estimation des besoins, et notamment des besoins de voiries primaires, était naturellement liée aux partis d'urbanisme des grandes métropoles d'équilibre.

Le groupe de travail est ainsi arrivé à une estimation des besoins totaux d'investissements routiers de 1965 à 1985, d'environ 44 milliards de francs pour le réseau national (autoroutes et routes nationales) et d'environ 105 milliards de francs pour les voiries urbaines.

La plupart de ces investissements ont un tracé déjà défini car il s'agit d'accroître la capacité des voies existantes. Mais, pour les autoroutes de liaison et de dégagement, et pour la voirie primaire des villes, des tracés entièrement nouveaux devaient être étudiés. Le groupe de travail en a défini les grandes lignes, et les tracés détaillés ont été étudiés dans les services spécialisés de la Direction des Routes du Ministère de l'Équipement. Un nouveau « Plan directeur » pour 1985 viendra ainsi compléter et préciser celui qui avait été publié en 1961.

Pour le réseau inter-régional, les autoroutes et les grandes voies rapides ont été tracées en fonction des grandes options d'aménagement du territoire, les be-

soins de trafic à long terme étant calculés à partir des répartitions de populations et d'activités retenues par la Commission nationale de l'aménagement du territoire.

La plupart de ces voies assurent les liaisons entre les métropoles d'équilibre et la capitale, d'une métropole d'équilibre à l'autre et avec les grandes villes étrangères.

Entre ces points terminaux, les tracés envisagés cherchent à desservir le nombre maximum de villes du niveau secondaire. De plus, on a préféré, toutes choses égales d'ailleurs, des tracés nouveaux plutôt que la reconduction d'anciens itinéraires.

Ces études de tracés ne sont pas terminées pour certains axes (Paris-Est et Paris-Centre notamment). Le service des études et recherches sur la circulation routière a appliqué pour ces axes les méthodes de calcul économique de la Direction des Routes et estimé les avantages respectifs, en 1985, des différents tracés possibles. Le « Plan directeur pour 1985 » comportera un certain nombre de tracés nouveaux complétant ou modifiant la disposition classique des radiales, ainsi qu'un réseau important de voies transversales reliant entre elles les métropoles d'équilibre.

En milieu urbain, les plans de modernisation et d'équipement sont élaborés en étudiant simultanément plusieurs partis d'urbanisme et les réseaux de voiries primaires correspondants. Ces travaux se poursuivent pendant toute la période d'application du V^e Plan ; il n'est pas question de les reprendre ici en détail.

APPLICATION A CES PROPOSITIONS DE CRITÈRES ECONOMIQUES DE CHOIX

C'est en tenant compte de ces informations que les Directions du Ministère de l'Équipement ont procédé au recensement des projets qu'il paraissait souhaitable de retenir pour le V^e Plan.

Deux critères économiques, définis à partir des travaux de MM. ALLAIS, LESOURNE et ABRAHAM ont été retenus pour guider les choix :

- le bilan actualisé,
- le coefficient de rentabilité immédiate.

La définition de ces critères peut sans doute être critiquée puisqu'elle suppose notamment une répartition des revenus réputée « parfaite » aux yeux de la collectivité. Or, on sait que dans les conditions dans lesquelles se trouvent définis, exprimés et réalisés les choix des collectivités, on ne peut considérer comme acquise la répartition optimale des revenus.

D'ailleurs, la notion même d'utilité collective est mise en cause par certains économistes, en tant que concept de valeur générale en économie publique. Mais heureusement, dans la plupart des problèmes d'investissements du secteur des transports, il s'agit de réaliser une capacité en mesure d'écouler des accroissements de trafic, ou plus souvent encore, d'écouler un trafic donné avec une consommation moindre des facteurs de production. La définition proposée de l'utilité collective ne peut alors être mise en cause pour son application à de tels problèmes : c'est une définition simple, objective, et la plupart du temps, déjà spontanément retenue par le bon sens. C'est la raison pour laquelle elle a été systématiquement adoptée pour orienter le choix des investissements du secteur des transports.

On notera, cependant qu'il reste toujours possible de remettre en question ce postulat fondamental et notamment dans les circonstances suivantes :

- lorsque l'investissement pose des problèmes de financement importants et spéciaux (par exemple, financement par un groupe de la collectivité d'investissements apportant des avantages précis à un autre groupe de la collectivité) ;
- lorsque l'investissement est d'une ampleur telle qu'il entraîne de sérieuses modifications de l'équilibre des économies régionales (équilibre Paris-Provence, équilibre Est-Ouest...)

Nous examinerons maintenant, plus précisément, chacun des deux critères retenus.

1. Le Bilan actualisé.

L'établissement du bilan actualisé consiste à recenser toutes les conséquences positives et négatives, actuelles et futures, directes et indirectes, entraînées par la décision et, en particulier :

- les dépenses d'investissements ;
- les variations des dépenses d'entretien fixes et variables ;
- les variations des dépenses de fonctionnement ou d'exploitation ;
- les avantages directs dont bénéficieront les usagers ;
- les avantages indirects de toutes natures.

Puis, ces conséquences sont valorisées en utilisant les prix d'équilibre antérieurs à la décision. Pour les valeurs futures, l'utilisation du principe de l'actualisation (1) permet de calculer les valeurs actualisées.

La valeur de ces estimations dépend évidemment de la validité des prix utilisés ou des estimations de valeur des biens ne donnant pas lieu à des transactions monétaires (valeur du temps et de la sécurité, par exemple).

Enfin, on calcule la somme algébrique des valeurs actualisées ainsi obtenues.

Si le bilan est positif, la décision est réputée avantageuse pour la collectivité et susceptible d'être inscrite dans les programmes. Par contre, si le résultat est négatif, l'opération doit être écartée. Bien entendu, ce résultat dépend largement de la valeur du taux d'actualisation : les premiers travaux ont été effectués avec un taux de 7%, égal à celui qui avait été retenu pour la préparation du IV^e Plan ; une plus exacte appréciation des contraintes financières a conduit à porter ce taux à 10%.

2. Le coefficient de rentabilité immédiate.

Cependant, le résultat positif du calcul du bilan actualisé n'est pas suffisant pour entraîner obligatoirement l'inscription des opérations proposées au V^e Plan. Il reste à démontrer que la date optimum de réalisation de l'opération est bien antérieure à 1970. En effet, si l'on examine la variation du bilan actualisé en fonction

(1) Selon ce principe, une valeur V_t réalisable en l'année t a une valeur « actualisée » en l'année t_0 égale à :

$$V = \frac{V_t}{(1+i)^{t-t_0}}$$

i étant le taux d'actualisation.

de la date de mise en service, on constate qu'elle passe généralement par un maximum correspondant par définition à la date optimale de mise en service. On est ainsi conduit à étudier les conséquences sur le bilan actualisé d'une modification d'un an, en plus ou en moins, de la date de réalisation : si l'on retarde, par exemple, il en résulte un gain du côté des dépenses d'investissements et une perte du côté des avantages attendus des opérations. Le calcul complet des deux bilans actualisés peut être évité, dans beaucoup de cas, car on démontre que si les avantages attendus de l'opération sont pratiquement indépendants de la date de mise en service (une fois l'investissement réalisé évidemment) il suffit de calculer le rapport de la valeur des avantages attendus la première année au coût total (intérêts intercalaires compris) des investissements. C'est ce rapport que l'on appelle le taux de rentabilité immédiate. S'il est supérieur à la valeur retenue pour le taux d'actualisation (7% ou 10%), il convient de réaliser l'investissement à la date prévue. Par contre, si ce taux a une valeur inférieure à celle du taux d'actualisation, il convient de retarder la réalisation.

Pour les opérations de très longues durées de vie on constate en outre, et dans les mêmes hypothèses simplificatrices, que si les avantages augmentent d'une année sur l'autre, ce qui est généralement le cas dans les transports, (ou seulement s'ils restent constants), le fait que le taux de rentabilité immédiate soit supérieur au taux d'actualisation entraîne, ipso facto, que le bilan actualisé est positif. Ceci explique que la quasi-totalité des calculs de rentabilité effectués pour la préparation du V^e Plan des transports soient des calculs de rentabilité immédiate.

Ces calculs soulèvent cependant des problèmes délicats d'évaluation : il faut d'abord disposer d'estimations correctes du montant des investissements, tenant compte de toutes les dépenses entraînées directement et indirectement, dans le présent et le futur, par l'investissement étudié. On a trop souvent constaté, dans le passé, des sous-estimations très importantes, surtout pour les grands ouvrages.

Du côté des avantages, il faut disposer de prévisions de trafic correctes, s'appliquant spécialement à l'infrastructure en cause et pour l'année de mise en service proposée. Enfin, il faut disposer d'un calcul correct des avantages et inconvénients directs et indirects correspondant à ce niveau de trafic et chiffrés dans l'optique de la collectivité : ce qui nécessite, en particulier, une bonne comparaison des coûts de transports et des estimations correctes des valeurs économiques des biens ne donnant pas lieu à transactions monétaires (gain de temps et de sécurité par exemple).

LES PROGRAMMES PROVISOIRES

Ainsi, en mai 1964, la Commission des transports du Plan a-t-elle réuni un ensemble de projets satisfaisant à ces deux critères, ce qui lui permettait d'effectuer des propositions de montants d'investissements souhaitables dans chaque secteur. Ces propositions ont été présentées dans un rapport intérimaire d'août 1964 et communiquées au Commissaire Général du Plan. Celui-ci s'en est servi pour proposer au Gouvernement un certain nombre d'arbitrages généraux concernant les emplois de la production globale en 1970, et plus précisément le volume des équipements collectifs et l'orientation des efforts par secteurs. Ces options ont été traduites par des valeurs des indices de croissance de 1965 à 1970 des différents emplois généraux de la production nationale. Pour les équipements collectifs, c'est l'indice 154-155 qui était proposé. Adoptés par le Parlement en novembre 1964, ces indices ont été traduits en enveloppes d'engagements totaux pour le V^e Plan dans chaque secteur. Aux enveloppes ainsi obtenues (hypothèse hautes) ont été adjointes des enveloppes inférieures de 10% à 20% (hypothèses basses).

Les rapporteurs particuliers et les groupes de travail ont alors procédé à l'étude des programmes concrets d'opérations à engager au cours du V^e Plan compatibles avec ces hypothèses hautes et basses. Pour ce travail, l'usage des taux de rentabilité immédiate s'est avéré fondamental car on démontre, dans le cadre des hypothèses simplificatrices énoncées ci-dessus, qu'un programme sectoriel donné n'est optimum à l'intérieur d'une contrainte de financement donnée que si toutes les opérations exclues du programme présentent des taux de rentabilité immédiate inférieure à ceux des opérations qui sont inscrites au programme. Le classement prioritaire se fait donc en fonction de ce critère et il conduit à définir les opérations marginales qui sont celles qui peuvent être introduites ou qui risquent d'être exclues lorsque la contrainte de financement varie un peu, en plus ou en moins. Ces opérations marginales sont évidemment très intéressantes à examiner de près pour situer la valeur économique des programmes proposés et pour apprécier la sévérité des contraintes financières. En théorie, les coefficients de rentabilité immédiate de ces opérations marginales devraient être les mêmes d'un secteur à l'autre. Mais, en pratique, des disparités sont inévitables, dues en partie à l'imprécision des calculs économiques et, en partie, à des défauts non résolus des mécanismes de financement.

LES ENVELOPPES DEFINITIVES

L'examen des résultats des études économiques conjugué avec certaines appréciations qualitatives et avec les études économiques de synthèse des Commissions horizontales du Plan a permis de définir, par arbitrages entre secteurs, les contraintes de financement définitives applicables au secteur des transports.

Ces contraintes portent non seulement sur le coût total des opérations à engager dans chaque secteur, mais aussi sur les autorisations de programme correspondant à la charge du budget de l'Etat.

Elles ont été communiquées à la Commission des Transports au début du mois de juillet 1965. Celle-ci a procédé alors à un nouvel examen détaillé des propositions d'inscriptions et finalement à la mise au point des programmes définitifs.

III - L'optimisation technico-économique

Il est difficile, sinon impossible, de tracer une frontière bien précise entre le domaine de l'économiste et celui de l'ingénieur responsable de la recherche de meilleures conditions de productions et d'exploitation. Il convient au contraire d'insister sur le caractère complémentaire et indissociable de ces deux approches.

Ainsi, dans le chapitre précédent, l'économiste avait besoin que l'ingénieur lui propose un certain nombre de variantes possibles permettant de répondre à un objectif donné ; la tâche de l'économiste étant de classer ces diverses variantes en fonction de critères économiques. Dans ce chapitre on verra comment des considérations, en fin de compte purement économiques, conduisent à l'adoption de techniques de construction et d'exploitation « optimales », ce mot ne prenant d'ailleurs son sens (meilleur emploi des ressources disponibles) que par référence aux critères économiques donnés.

Nous examinerons successivement :

- la détermination des grandes lignes du futur réseau de transport en région de Paris ;
- la recherche d'un tracé optimal pour un tronçon autoroutier ;
- l'optimisation en matière d'ouvrages d'art ;
- l'exploitation d'une mine.

LA DÉTERMINATION DES GRANDES LIGNES DU FUTUR RÉSEAU DE TRANSPORT FERRÉ EN RÉGION DE PARIS

Chacun reconnaît aujourd'hui que les réseaux de transport occupent une place essentielle parmi l'ensemble des équipements qui forment l'infrastructure des agglomérations. Affectant quotidiennement l'existence de chaque individu — que ce soit pour se rendre à son travail, pour faire des achats, pour rendre visite ou partir en week-end — et de chaque entreprise, les moyens de transport disponibles orientent la distribution de la population et des emplois, c'est-à-dire la forme de l'urbanisation.

Etant donnée l'interdépendance des diverses liaisons et le caractère quasi irréversible des choix, on a procédé à l'étude globale d'un réseau en prenant comme horizon des études l'an 2000. L'étude décrite ici a trait à l'étude des grandes lignes du futur réseau ferré en région de Paris.

Dans une première étape, en s'appuyant sur des résultats d'enquêtes, sur une connaissance détaillée du comportement des usagers et sur une prévision de l'évolution de ces comportements on a procédé à une estimation du volume des déplacements quotidiens entre les diverses zones de l'agglomération, leur répartition horaire, leur répartition entre divers modes de transport. Il se trouve que les migrations alternantes, qui sont les plus facilement prévisibles (en fonction des autres partis urbanistiques) constituent l'essentiel — environ 90% — des déplacements en heure de pointe sur les transports en commun.

Les résultats de cette première partie de l'étude sont les suivants : la population active totale de Paris diminuerait pour atteindre à terme 1.250.000 personnes

tandis que l'emploi continuerait à y croître légèrement pour atteindre 2.080.000 personnes. Par ailleurs le développement des emplois en banlieue proche (couronne d'habitat collectif), la modification de la structure des emplois à Paris — diminution des emplois de production d'environ 250.000, augmentation des emplois de bureau du secteur secondaire (80.000), augmentation des emplois tertiaires —, enfin l'amélioration recherchée des conditions de transport, accroîtront la mobilité des Parisiens : l'utilisation d'un modèle de prévision conduit à estimer que le nombre de Parisiens travaillant en banlieue passerait de 190.000 à 250.000.

Au total, les migrations quotidiennes alternantes entre la banlieue et Paris croîtraient de 760.000 aujourd'hui à 1.100.000 environ vers la fin du siècle, la variation possible de ce dernier chiffre compte tenu des hypothèses de réseau proposées pouvant atteindre au maximum $\pm 5\%$.

Un raisonnement analogue montrerait que, compte tenu des contraintes physiques limitant les possibilités de construction d'un réseau autoroutier radial et de pares de stationnement dans Paris, le pourcentage de migrants banlieue — Paris utilisant la voiture particulière resterait compris entre 10 et 20% — comme du reste dans la plupart des grandes métropoles possédant un centre urbain dense.

En sens inverse, l'utilisation des transports en commun dans la banlieue resterait limitée quel que soit le réseau proposé.

On suppose donc donnés les besoins de transport journaliers et horaires à assurer au moyen du réseau de transport ferré. En d'autres termes il s'agit d'un modèle simplifié du réel négligeant l'élasticité de la demande de transport en commun par rapport au réseau offert, ou nécessitant, pour en tenir compte, un calcul itératif.

L'agglomération est divisée en un certain nombre de zones i (120 dans le cas de Paris).

On connaît les trafics de pointe t_{ij} et t_{ji} entre chaque paire de zones i et j , ainsi que les trafics journaliers et annuels. Chaque zone i est représentée par son centre, défini par ses coordonnées géographiques. On recherchera ensuite quelles sont les liaisons ferrées à établir entre les différents centres i et j ainsi définis qu'on appelle alors « nœuds » du réseau.

Il existe évidemment une infinité de tracés théoriquement possibles. Pour chacun d'entre eux les caractéristiques topographiques, géologiques, et urbanistiques entraînent une variabilité assez importante des coûts unitaires. Une exploitation totale de « l'espace de transport » constitué par l'ensemble de ces tracés apparaît impossible. Il était donc inutile de chercher à pousser trop loin la recherche du réseau optimal, en particulier de tenir compte de possibilités de variation de tracé entre nœuds adjacents, ou même d'établissement de jonctions hors des centroïdes.

On examine donc simplement la possibilité de liaisons entre nœuds. Faute de pouvoir considérer toutes les liaisons directes entre divers nœuds, en raison des difficultés d'ordre combinatoire qui resteraient pratiquement insolubles, on considère initialement un réseau réduit de liaisons possibles tel que les liaisons les plus importantes soient assurées directement. Le graphe orienté, ainsi constitué par les nœuds et les arcs des liaisons possibles est en outre caractérisé par les données suivantes définissant chaque maillon :

- coordonnées géographiques du nœud origine et du nœud extrémité
- coût de construction unitaire de la première voie
- coût de construction d'ouvrages fixes exceptionnels
- coefficient de coût marginal de construction d'une voie supplémentaire
- capacité initiale dans le sens ij
- capacité initiale dans le sens ji
- les difficultés de tracé rencontrées se traduisent par la donnée d'un coefficient d'allongement.

On recherche à rendre maximum l'utilité collective, ce qui équivaut à minimiser la somme actualisée :

- des coûts de construction
- des coûts d'exploitation
- de la valeur du temps passé en transport pour les usagers.

Le problème se formule alors de la façon suivante : étant donné un réseau de liaisons possibles entre les différents points de l'agglomération et les trafics t_{ij} à assurer par transport ferré entre ces points, à quels itinéraires choisis dans ce réseau faut-il affecter les trafics t_{ij} , de telle sorte que soit minimale la somme des coûts de construction correspondant aux capacités nécessaires sur les itinéraires retenus, compte tenu des capacités déjà existantes et des coûts de fonctionnement ?

A l'échelle considérée les données de coût et de trafic sont nécessairement imprécises, cela rend illusoire la recherche d'un optimum économique absolu et on se suffit d'une solution approchée.

Le programme, réalisé sur ordinateur Control Data 3.600, a effectivement permis de dégager d'utiles indications sur les tracés les plus rentables.

Deux calculs ont été effectués correspondant à des conditions de confort et de vitesse telles qu'elles sont prévues pour la première ligne du futur réseau express régional, ou améliorées.

Ils ont montré :

- l'importance d'une desserte la plus directe possible des centres d'emplois principaux dans Paris ;
- la nécessité de construire un réseau rapide nouveau utilisant partiellement des voies existantes pour desservir les nouvelles zones d'extension prévues au Schéma Directeur ;
- la nécessité de dédoubler le réseau pour desservir séparément les zones actuellement mal reliées de proche banlieue et soulager les lignes S.N.C.F. existantes, et ceci particulièrement dans le cas d'une augmentation du confort.

La plupart des directions dans lesquelles apparaissent des besoins nouveaux sont radiales. Ce résultat s'explique aisément : les transports ferrés n'apparaissent rentables que s'il est possible de concentrer sur quelques itinéraires un grand nombre de voyageurs. Malgré la création de centres secondaires en Région Parisienne (une ville de 500.000 habitants pourrait disposer de 200.000 emplois), le pouvoir d'attraction de Paris et de ses 2 millions d'emplois restera prépondérant. Les besoins de transports en commun non radiaux correspondent à de faibles volumes et restent plutôt du domaine des autobus.

RECHERCHE D'UN TRACÉ OPTIMAL POUR UN TRONÇON AUTOROUTIER

L'élaboration des avant-projets d'autoroutes nécessite une recherche minutieuse et systématique des diverses solutions possibles, en vue d'en extraire celles qui conviennent le mieux aux buts préalablement fixés. Cette recherche se faisait hier encore par des méthodes manuelles, longues et fastidieuses, limitant obligatoirement le domaine des investigations et les bénéfices financiers qui doivent en résulter.

L'emploi des méthodes de la recherche opérationnelle et des ordinateurs électroniques apporte des solutions intéressantes à ces problèmes difficiles : la détermination d'un tracé est une recherche d'optimum économique, si l'on admet que tous les paramètres de choix peuvent se chiffrer par des coûts. L'ordinateur peut alors étudier des multitudes de tracés différents et évaluer chacun d'eux pour en sélectionner les meilleurs.

1. Elaboration du modèle.

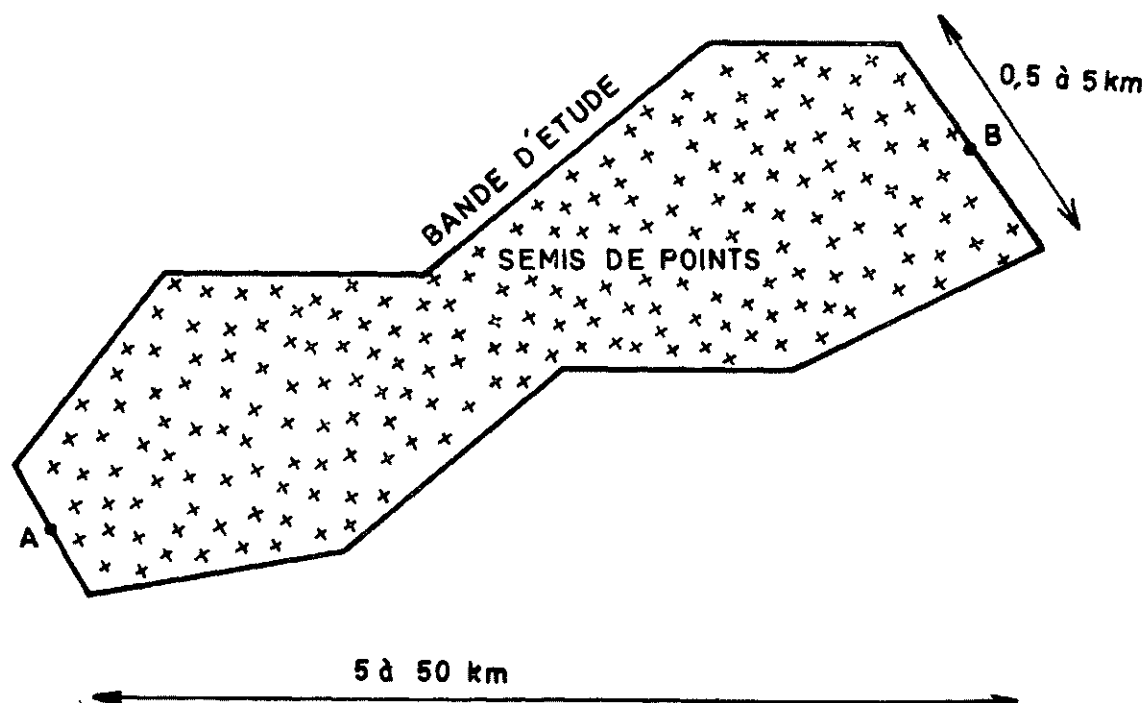
Les méthodes dont il va être question ici se situent au stade des avant-projets : il s'agit de rechercher le tracé d'une section d'autoroute dans les limites des options déjà prises par le plan directeur. A titre indicatif, les sections-tests déjà traitées par ces méthodes sont longues de 5 à 50 kilomètres et se limitent à des bandes d'étude de 500 mètres à 5 kilomètres de largeur. On suppose en outre qu'à ce stade des études la demande de trafic ait été précédemment évaluée et qu'elle soit donc indépendante du tracé qui sera finalement choisi. En d'autres termes, on écarte les possibilités de variations de l'affectation du trafic entre la voie projetée et les itinéraires concurrents, variations qui seraient dues à des avantages différents selon la géométrie du projet. Cette hypothèse est généralement valable pour les longueurs de sections considérées et entre deux échangeurs consécutifs.

Malgré ces hypothèses simplificatrices, les données du problème sont très nombreuses et souvent difficiles à obtenir à l'époque où elles sont préparées : il faut donc se contenter de fournir leurs valeurs les plus probables ou un éventail de ces valeurs pour juger de leur influence sur le tracé sélectionné. L'un des mérites les plus grands de ces méthodes est justement de faire prendre conscience au projeteur de la masse des données qui influent sur la détermination d'un tracé et de le faire réfléchir sur chacune d'entre elles, alors que, par les méthodes manuelles traditionnelles, il avait tendance à en omettre parfois certaines en se fondant sur des idées préconçues.

Les données géométriques, tout d'abord, méritent d'être réduites à des images simples, facilement assimilables par des ordinateurs électroniques : c'est-à-dire fournies sous forme numérique.

Un tracé routier peut être représenté par un ensemble de portions de surfaces mathématiquement définies qui s'appuient sur une surface irrégulière, le terrain naturel.

Le terrain est représenté par un ensemble fini de points de la surface du sol, donnés en vrac par leur coordonnées cartésiennes X, Y, Z dans toute la bande d'étude du projet (figure 1). C'est une image numérique du terrain que l'on appelle



« *semis de points* ». Les points doivent être suffisamment serrés et convenablement répartis pour traduire fidèlement la forme du terrain : leur densité dépend à la fois du relief du sol et de la précision recherchée.

Le calcul de l'altitude *Z* en un point quelconque se fait par un programme d'interpolation en s'appuyant sur les cotes des points les plus voisins du semis. La précision de cette méthode d'interpolation est bonne puisque la variance des erreurs observées n'excède généralement pas 15 centimètres (une motte de terre au regard des terrassements) pour une densité moyenne de 25 points par hectares en terrain de relief normal.

Les altitudes et la nature des diverses couches géologiques pouvant être atteintes par les travaux de terrassements pourront, dans des programmes futurs, être définies par leur épaisseur et leur nature géotechnique.

Le projet est décomposé selon son axe dans l'espace et des profils en travers plus ou moins régulièrement espacés. Ces profils en travers sont schématisés par des quadrilatères ayant pour côtés le terrain naturel, la plate-forme de l'autoroute et les deux talus. L'axe dans l'espace est une courbe mathématique soumise à des contraintes :

- *contraintes topographiques* : points de passages obligés, zones interdites en plan, altitudes maximales ou minimales ;
- *contraintes géométriques* : pentes et rampes maximales, courbures maximales du tracé en plan et du profil en long, variations de courbure en plan limitées, torsion suffisante de l'axe dans l'espace, coordination plan-profil en long en vue du guidage optique de l'utilisateur.

Toutes ces contraintes n'ont pas pu, jusqu'à présent, être prises en considération simultanément.

La fonction économique adoptée peut être composée de tels termes que l'on veut du bilan collectif. Ainsi le critère d'optimisation peut aller, par exemple, de l'autoroute la moins chère possible en frais de première construction à l'autoroute la plus avantageuse à l'usage en comptabilisant les dépenses actualisées des investissements et de l'entretien d'une part, et les dépenses consenties par les usagers de l'autre, tels que frais de traction, usures des véhicules, etc... Les coûts d'exploitation sont évalués selon les règles en vigueur dans l'Administration d'après l'« Instruction Provisoire sur les Calculs de Rentabilité Appliqués aux Investissements Routiers » et la rédaction définitive de la « Rentabilité des Travaux Routiers », publiées par la Direction des Routes et de la Circulation Routière.

La fonction économique est, en première approximation, décomposée en coûts élémentaires proportionnels :

- à la *longueur du projet* (construction et entretien des chaussées, circulation des véhicules, etc...),
- à la *somme des dénivelées* du profil en long (circulation des véhicules, notamment des poids lourds),
- à la *surface de l'emprise* (acquisitions foncières, aménagement paysager, etc...),
- à la *cube des terrassements* (volumes des déblais et des emprunts, volumes de terres mises en remblais ou en dépôt, moment de transport, etc...).

Pour chaque variante du tracé on peut calculer, par un programme de transport très classique (1), l'optimum du mouvement des terres, c'est-à-dire la meilleure façon d'affecter les terres extraites entre remblais et dépôts et ce qu'il en coûte.

2. Les méthodes.

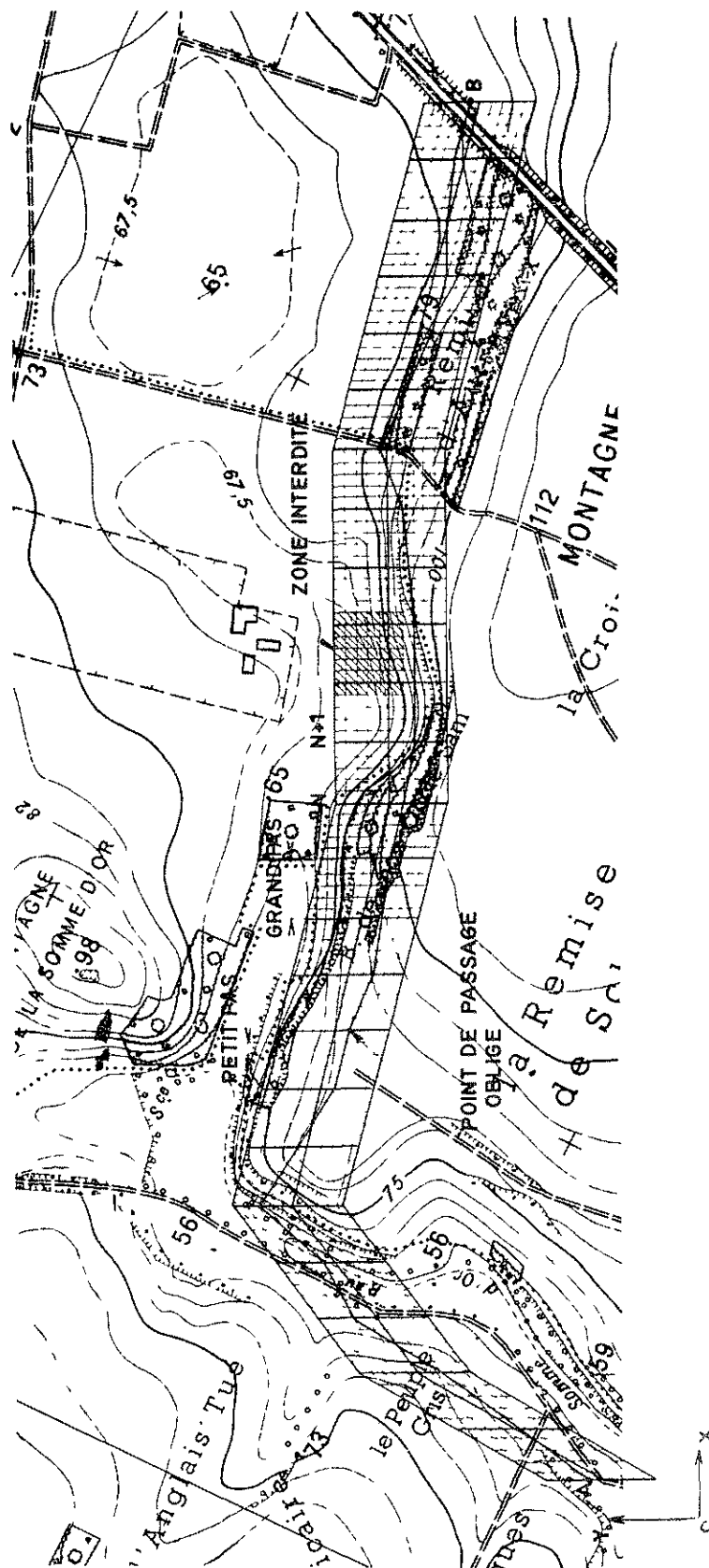
a) Recherche d'un tracé optimal par la méthode dite des « graphes ».

Le but de cette méthode est de trouver un voisinage du tracé optimal en étudiant le plus grand nombre de solutions possibles dans toute la bande d'étude du projet. Pour cela, on « discrétise » l'espace, c'est-à-dire qu'on se bornera à n'étudier que les tracés qui joignent les sommets d'un maillage tridimensionnel. Le nombre de ces sommets est forcément limité par la capacité de l'ordinateur et par sa vitesse de traitement des informations : par conséquent la solution trouvée ne pourra être que grossière. Nous verrons plus loin une des méthodes possibles pour l'affiner.

Le maillage est constitué par les sommets de parallélépipèdes contigus. La préparation de ce maillage est très importante, non seulement pour la finesse de la recherche proprement dite, mais aussi pour le découpage en zones de la bande d'études : les zones sont, en plan, des parallélogrammes délimités par des points du maillage et permettent de faire varier les données géométriques et les données économiques. Sa préparation est souvent rendue difficile par la configuration de la topographie et nécessite de la part du projecteur la plus grosse partie de la préparation de ses données.

La méthode consiste alors à chercher le chemin de coût minimum entre les points de passage obligés origine et destination. Cette méthode a été programmée pour le compte du Service Spécial des Autoroutes et une dizaine d'applications en ont été faites à titre expérimental qui ont donné les résultats encourageants suivants :

(1) Il faut noter ici ce qu'écrivait C. BERGE à propos de l'origine du problème du transport : « Il a été attribué successivement à HITCHCOCK qui l'avait abordé en 1941 pour des graphes simples, à F.C. KOOPMANS, qui l'avait traité indépendamment pour un cas de transport maritime, à KANTOROVICH qui en a traité un cas continu ; en fait MONGE l'avait étudié en 1781, par des procédés d'ailleurs purement géométriques ». Le mémoire de MONGE s'intitulait d'ailleurs : « Deblai et Remblai. »



PROJETS	NOMBRE DE TRONÇONS	LONGUEUR APPROXIMATIVE	REMARQUES ET CONCLUSIONS
Section fictive de route dans le département du Var (6 essais)	Variables	5 km	Divers enseignements intéressants sur l'influence mutuelle des coûts d'investissement et des coûts d'exploitation.
Déviations autoroutières de Saverny (Essais)	22	5 km	Tracé optimisé très proche de celui du projeteur.
Autoroute A 13 - Franchissement de la Risle - Solution « Viaduc » (Essais)	30	12 km	Le viaduc est introduit par un artifice de données (coût fictif de revêtement au m ²).
Autoroute A 13 - Franchissement de la Risle - Solution « Remblai » (Essais)	38	12 km	Le programme ignore les voies existantes et les franchit un trop grand nombre de fois.
RN 686 - Déviation de Volvic (Essais) 1 ^{re} section	8	1 km	Comparaison avec le tracé déjà construit : amélioration de 20%.
RN 686 - Déviation de Volvic (Essais) 2 ^e section	7	1,5 km	— dito —
Autoroute B 9 - Le Boulou le Perthus (Exploitation)	33	8 km	Pcu d'amélioration du tracé initial (2%) dans une zone très difficile. (Relief montagneux et irrégulier).
Liaison Calais-Langres : Section Reims-Chalons (Exploitation)	32	50 km	Franchissements trop fréquents des voies de communication et des rivières (non chiffrées par le programme).
RN 89-68-A : Déviation de Thiers (Exploitation)	22	5 km	Non encore dépouillés.

b) Optimisation locale du profil en long.

Cette méthode consiste en la recherche d'un tracé localement optimum dans l'espace et dont le principe se rattache à celui des méthodes dites de relaxation.

Les données du problème général sont très simplifiées dans le cas où le tracé en plan est fixé et où seul le profil en long est à optimiser.

L'axe de la route est défini par les abscisses et les cotes de N profils. Le terrain naturel est défini au droit des mêmes profils par sa cote et éventuellement par sa pente transversale locale. Les diverses couches géologiques pourront aussi être définies par leurs cotes. Les altitudes minimales et maximales sont définies par leurs cotes.

Les contraintes géométriques sont :

- rayons de courbure minimaux aux angles saillants ;
- rayons de courbure aux angles rentrants ;
- pente maximale.

Les profils en travers sont caractérisés par les demi-largeurs de plate-forme en remblai et en déblai ; les données économiques sont les coûts unitaires d'extraction de déblais, de mise en remblai, d'acquisition de terrain et d'exploitation en dénivelée. Les valeurs numériques de tous ces paramètres peuvent varier d'une zone à l'autre le long du tracé.

La méthode des relaxations successives ne fut, jusqu'ici, employée que pour optimiser les coûts de construction, acquisitions et terrassements, le tracé en plan ayant été préalablement choisi. Les sections étudiées ont été de 5 à 25 kms, mais la méthode peut probablement s'appliquer à de plus longues sections.

Les améliorations observées sur des projets seulement optimisés à la main ont été, selon les cas de 5 à 25%, en moyenne de 15%, sur les travaux de terrassement. Il faut cependant ajouter que ces bénéfices se sont trouvés réduits après les modifications nécessaires à une bonne coordination plan-profil en long. Des bénéfices de 5 à 10% peuvent généralement être retirés de l'emploi de cette méthode, soit plusieurs centaines de milliers de francs pour un projet de 10 à 15 kms.

Les coûts d'exploitations du programme du calcul électronique sont par contre très faibles, de l'ordre de 50 à 100 F. par km. Sa rentabilité est donc très intéressante et son emploi aura tendance à se développer en France et à l'Étranger pour l'étude des avant-projets sommaires. Signalons qu'il a servi à ce jour plus d'une vingtaine de fois.

Les deux méthodes ainsi décrites se complèteront par enchaînement des deux stades de recherche.

- localisation grossière d'un optimum absolu,
- ajustement fin d'un optimum local.

D'ores et déjà un programme qui permet d'engendrer des vues perspectives existe. Il a permis de réaliser des perspectives d'autoroute urbaine, de souterrain autoroutier, de ville nouvelle, etc. Ce programme présente l'intérêt évident de permettre de « voir » le projet tel qu'il sera exécuté. C'est un premier pas dans un dialogue de plus en plus étroit de l'homme avec la machine.

L'OPTIMISATION EN MATIÈRE D'OUVRAGES D'ART

Par rapport aux études d'optimisation des tracés, que nous venons d'examiner, les études d'optimisation des ouvrages d'art présentent, malgré l'existence d'un certain nombre de points communs, des différences nombreuses et importantes.

Tout d'abord, si l'objet final de ces études est toujours, évidemment, la recherche d'une décision, le destinataire des résultats ou si l'on préfère leur utilisateur, ne se situe généralement pas sur le même plan dans l'un et l'autre cas : alors que le choix d'un tracé affecte beaucoup d'intérêts particuliers et que la décision relève donc d'une autorité politique, la recherche de la meilleure structure de pont, une fois l'emplacement choisi, n'a généralement pas d'incidence importante débordant du domaine technique, de sorte que le plus souvent la décision peut être prise, séance tenante, par les techniciens qui ont procédé à la recherche.

D'autre part la distinction entre méthodes traditionnelles et méthodes modernes est moins tranchée dans le cas de l'optimisation des ouvrages d'art que dans celui de l'optimisation des tracés : en effet la technique des Ouvrages d'Art a évo-

lué d'une manière beaucoup plus continue que celles des Tracés, depuis plus d'un siècle. En particulier, elle était déjà fortement imprégnée d'esprit scientifique bien avant l'apparition des ordinateurs, de sorte que ceux-ci sont tout d'abord apparus comme des moyens supplémentaires pour la mise en œuvre de méthodes de calcul préexistantes ; et ce n'est que peu à peu qu'ils ont été reconnus comme devant être le moyen déterminant de méthodes nouvelles.

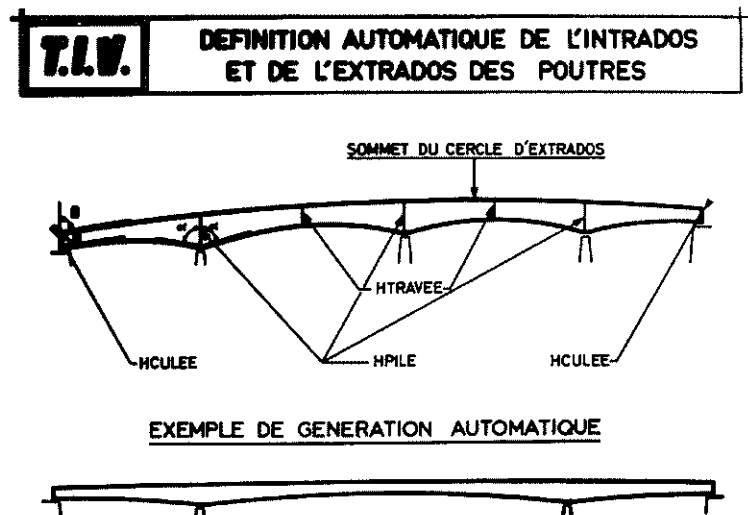
Il est pourtant certain aujourd'hui que l'ordinateur a également apporté de profonds changements dans ce domaine et qu'il a notamment, en matière d'ouvrages d'art presque autant qu'en matière de tracés, fortement amoindri la part de l'empirisme par rapport à celle des méthodes scientifiques ; et ce, tout particulièrement en matière d'optimisation.

1. Elaboration des modèles.

L'optimum que l'on recherche se situe dans un certain cadre ; ce cadre peut être défini comme correspondant à un « parti » acceptable, c'est-à-dire qui réponde aux conditions suivantes :

- être fonctionnel (en particulier l'ouvrage porte une chaussée de largeur donnée au-dessus d'un obstacle donné)
- être viable (les taux de travail des matériaux doivent être limités de manière que l'ouvrage ne s'écroule pas sous les surcharges et qu'il soit durable)
- être économique (en construction, entretien et renouvellement)
- être d'un aspect satisfaisant (l'ouvrage passe inaperçu ou il est d'aspect plaisant).

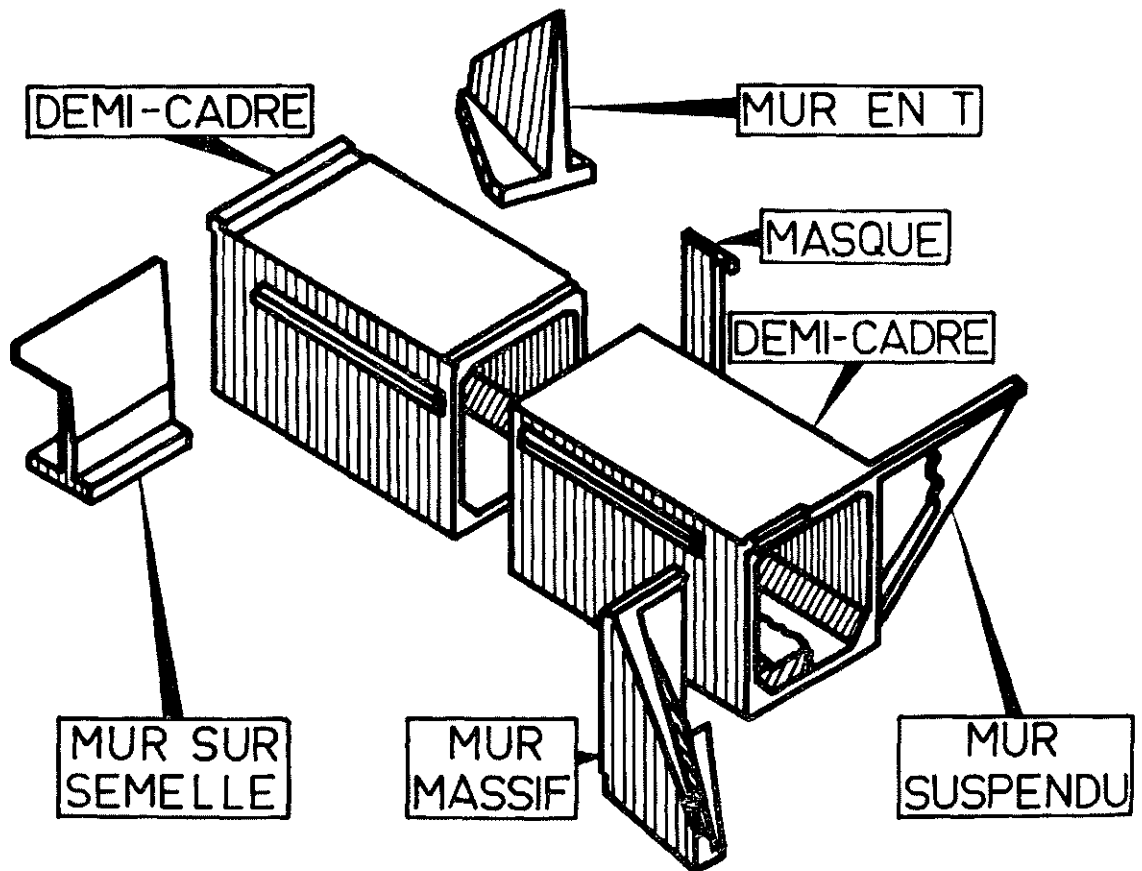
Nous voyons que ces conditions peuvent s'exprimer sous forme numérique. C'est évident pour les trois premières. Pour la quatrième il peut, dans une très large mesure, en être de même car il s'agit de proportions et d'échelle, et les recherches que l'on fait par le moyen du dessin, de préférence perspectif et sous forme de restitution, peuvent se conclure par des chiffres. La figure n° 3 fait apparaître, à titre de simple exemple, un ensemble coordonné de courbes d'intrados, connu comme étant de proportions harmonieuses, qui a pu être défini par des formules et se trouve automatiquement engendré par l'ordinateur dans le cadre de deux programmes de calcul de tabliers d'épaisseur variable du Service Spécial des Autoroutes.



Nous allons nous attacher essentiellement à l'optimisation des ouvrages courants, qui sont ceux pour lesquels les méthodes sont les mieux élaborées parce qu'ils sont les mieux connus et qu'ils ont été les premiers traités.

On a vu que la recherche du meilleur tracé d'une voie nouvelle nécessitait au départ un certain nombre d'hypothèses simplificatrices. Il en va de même de la recherche du meilleur ouvrage d'art. En effet la recherche de la meilleure distribution de béton et d'acier dans l'espace est pour le moment, hors de notre portée. On est donc obligé de faire dégénérer le problème, au sens mathématique du terme.

Cela signifie, pour commencer, faire choix d'un ou plusieurs types d'ouvrages. Cette notion de type d'ouvrage correspond à l'association d'un très petit nombre d'options à titre d'exemple dans le cas du pont cadre de la figure n° 4 cela signifie qu'on fera le choix des murs latéraux parmi les types d'éléments représentés aux quatre angles.



Tous les choix préalables auxquels on procède ainsi reposent, on le voit, sur une classification qualitative. Cette classification n'est dans son principe pas nouvelle. Mais il paraît intéressant de signaler que depuis que l'Administration des Ponts et Chaussées a entrepris vers 1961 un important programme de construction d'autoroutes, la répétitivité des problèmes devenait élevée et la réalisation d'artisanale devenait donc industrielle, ce qui a conduit à passer à son stade plus avancé, celui d'une véritable *standardisation*.

Cette standardisation aurait pu sur nos autoroutes être rigide ; et comporter par exemple la réalisation de ponts tous identiques et implantés perpendiculairement à l'autoroute. Il est clair que si l'on avait procédé ainsi, il serait resté bien peu

de place pour les études d'optimisation, et même peu de place pour les études en général, au grand dam de la dépense totale et de la qualité des Tracés.

La standardisation à laquelle il a été procédé est souple en ce sens qu'elle implique de la part de l'Ingénieur d'études des choix et des optimisations partielles.

Les choix portent sur la sélection parmi des ouvrages-types ; cette sélection se présente, en fait, comme la recherche d'une combinaison extrêmement simple et dont le résultat est en général évident. Quant aux optimisations partielles, elles portent sur le dimensionnement exact des ouvrages-types retenus ; parfois cette opération se réduit, purement et simplement à la lecture d'un abaque.

Cette standardisation a été matérialisée par la bibliothèque des « *dossiers pilotes* » du Service Spécial des Autoroutes, véritables guides pour l'établissement des projets d'ouvrages courants autoroutiers, et éventuellement routiers. Ces dossiers pilotes, au nombre d'une vingtaine au total, traitent chacun d'un type d'ouvrage (exemples : pont cadre, tablier dalle précontraint) ou d'une partie d'ouvrage (exemples : piles, équipements).

Soulignons que tous ces documents permettent aux Ingénieurs de gagner beaucoup de temps, par le simple fait qu'ils fournissent un cadre à leurs études ; mais ils ne suppriment pas le rôle de l'Ingénieur dont au contraire l'intervention consiste précisément à faire les choix les plus judicieux en fonction des données propres aux ouvrages à étudier.

2. La méthode courante de détermination et d'optimisation.

Finalement, après avoir ainsi choisi un type d'ouvrage et plusieurs éléments types, le projeteur se trouve amené à faire procéder au calcul proprement dit.

Jadis, cela se faisait manuellement. Mais depuis quelques années, pour les ouvrages les plus courants, le projeteur n'a plus qu'à remplir un « Bordereau des données » qu'il aura extrait d'un dossier pilote. Ce bordereau des données comporte la définition, par une trentaine ou une cinquantaine de nombres, des données du problème (données géométriques du franchissement, caractéristiques des matériaux à utiliser et données de dégrossissage qu'avec l'aide du dossier pilote on pourra fixer immédiatement).

Le travail de détermination et d'optimisation va alors pouvoir se dérouler automatiquement, selon le programme de calcul électronique qui a été établi au préalable, une fois pour toutes.

Exposer ici la consistance des programmes de calcul de ponts, sortirait de l'objet du présent article. Qu'il suffise de préciser que l'ordinateur, après entrée en mémoire des données, délivre finalement une note de calcul imprimée qui fournit le dimensionnement complet de l'ouvrage, la justification de ce dimensionnement, et l'avant métré ; la note de calcul peut même déjà, dans quelques cas, être accompagnée de dessins automatiques, et les travaux dans ce domaine sont en plein développement, en particulier en ce qui concerne les dessins automatiques d'avant-projet et de projet, documents globaux qui sont évidemment une excellente base matérielle de décision.

Dans la demi-douzaine de programmes existants de ponts « automatisés », il est procédé à des optimisations techniques : elles consistent par exemple à déterminer l'épaisseur d'une partie d'ouvrage de manière à ne pas y laisser travailler le béton au-delà du taux indiqué puis à rechercher le nombre minimum de câbles nécessaire pour précontraindre cette partie d'ouvrage suivant un schéma donné, ou à arrêter les armatures là où elles cessent d'être utiles. Ce dernier exemple montre que souvent, elles correspondent déjà à une optimisation économique partielle évidente.

Quant à l'optimisation économique directe, elle peut très aisément trouver une place dans ce processus, dès lors qu'on aura introduit une fonction économique dans le programme de calcul ; ceci ne présente aucune difficulté car cette fonction peut en pratique, dans le cas d'espèce, être assimilée au coût de construction des ouvrages et de leurs accès.

On constate donc que pour les ouvrages courants l'optimisation technique ou économique s'incorpore sans difficulté dans le processus de détermination du dimensionnement dès lors que celui-ci donne lieu à une formulation mathématique et logique ; ce stade était déjà atteint dans ce domaine avant l'apparition des ordinateurs et ceux-ci n'ont fait à cet égard que systématiser la méthode et améliorer le rendement des études.

Il n'est toutefois pas inutile de signaler que la standardisation et l'automatisation des ouvrages courants ont procuré de nombreux avantages annexes : non seulement les études sont devenues plus rapides et plus économiques, mais les dimensionnements sont devenus plus économiques tout en devenant plus sûrs, les contrôles ont été simplifiés, les chantiers ont vu leur rendement s'accroître par la répétitivité ; au total, on peut dire en gros que le coût d'un ouvrage de franchissement d'autoroute s'exprime par le même nombre de francs depuis 1959.

Il faut noter que, tant en France qu'à l'étranger, on travaille aujourd'hui sur des méthodes nouvelles qui sont très prometteuses. Ainsi, par exemple, dans les méthodes actuelles lorsqu'on optimise la précontrainte dans un câble, on suppose le tracé du câble donné. Dans les méthodes « d'avant-garde » ce tracé même est l'objet de la recherche. A ce jour, ne sont opérationnelles que les méthodes linéaires ; mais les problèmes non linéaires peuvent souvent être remplacés par une approximation linéaire. Ainsi on peut penser que ces nouvelles méthodes permettront le calcul et la mise au point de structures de plus en plus complexes.

3. L'exploitation d'une mine.

Dans la mine le nombre de variables de décisions est très grand, et il est difficile de cerner les variables indépendantes. Quant aux données nécessaires, elles sont également nombreuses, et souvent mal connues. De surcroît, elles sont souvent non probabilisables, et situées dans de vastes domaines d'incertitude. Pour ne prendre que l'exemple de la physionomie du gisement, l'on devine qu'une modification de l'épaisseur d'une couche, ou un jeu de failles, peuvent rapidement invalider un optimum.

Cependant de grands progrès sont en cours dans le monde entier dans la recherche d'une méthodologie propre à la mine. Nous citerons deux exemples de recherches, menées à l'Ecole des Mines de Paris, en liaison avec les exploitants des Houillères. Ces deux études portent sur des problèmes de transports, dans les

conditions assez particulières de la mine souterraine et traitent, l'une d'un problème de nature combinatoire, l'autre de nature aléatoire.

a) *Recherche du tracé optimal d'un réseau de galeries.*

Il s'agit de la recherche du tracé optimal d'un réseau de galeries destinées à relier des points de chargement à un ou plusieurs puits, dans un nouvel étage d'un gisement. La nature du gisement fait que les contraintes géologiques n'interviennent qu'à titre de correctif.

Dans ces conditions, la première démarche a consisté à rechercher le tracé le plus court, ou, pour employer le langage de la théorie des graphes, à déterminer l'arbre minimal. Le lecteur pourra rechercher quel est le plus court tracé qui relie deux points à un troisième. Le résultat est simple, mais lorsque le nombre de points augmente, la recherche de ce tracé fait appel à des procédés systématiques d'investigation, ou algorithmes, de découverte assez récente, et d'un maniement délicat.

Mais le problème n'est pas résolu pour autant. En effet, il est facile de voir sur l'exemple des trois points que le tracé minimal ne correspond pas, en général à la distance de transport minimale, et que par conséquent une certaine pondération doit intervenir entre le coût du traçage, le coût du transport des produits, et le coût du temps perdu par le personnel pour se rendre au chantier. La solution mathématique de cette pondération est d'une grande difficulté, mais il existe une analogie mécanique, découverte par M. SOLLIN, Ingénieur à l'Air Liquide, qui permet de réaliser avec élégance une simulation physique du problème. Pour cela, on représente par des orifices dans une planche les différents points à relier, et chaque tronçon de galerie est matérialisé par un fil qui traverse la planche, que l'on soumet à une tension fonction du coût unitaire du tronçon concerné. On peut montrer que, après une judicieuse jonction des fils dans la planche, ceux-ci prennent une position d'équilibre qui matérialise le tracé optimal.

Cette étude constitue la première approche systématique du choix d'un type d'investissements très coûteux et pour lequel, par conséquent, toute amélioration procure des gains substantiels.

Il est à noter que l'optimum ainsi défini repose sur des prévisions de tonnage et de rendement, qui peuvent être infirmées par la suite. Ce que l'on peut affirmer, c'est que d'une part il n'est pas possible de décider de la direction du creusement d'une galerie déterminée en faisant abstraction du réseau total, et que d'autre part, il est toujours possible, chaque fois qu'une décision de creusement doit être prise, d'afficher sur l'appareil analogique toute l'information dont on dispose à ce moment. La décision n'aura pas de raison d'être optimale a posteriori, mais elle est, au moment où elle est prise, la meilleure compte tenu de l'information disponible.

La méthode est entrée en application dans les Houillères, où elle a procuré dans les différents cas une économie de 10 à 15%.

b) *Le roulage souterrain.*

Il s'agit, pour un étage d'exploitation de déterminer quelle est la meilleure politique d'évacuation du charbon. Un chantier ou un quartier disposant en général d'une capacité de stockage très faible, tout arrêt dans le chargement des berlines (manque à vides) provoque un arrêt de la production. A infrastructure donnée, il s'agit donc de trouver un compromis entre le volant de berlines vides que l'on doit prévoir à chaque point de chargement, et le pourcentage de manques à vides que l'on peut tolérer. Simultanément, il convient d'apprécier l'influence

de la politique de roulage (règles d'appel des trains) sur ces résultats, ainsi que le nombre de locomotives et de berlines qu'il faut utiliser. D'autre part, le choix même de l'infrastructure, pour un nouvel étage, déterminera l'écoulement maximum possible.

De nombreux phénomènes aléatoires interviennent, par exemple : les temps de roulage sur chaque tronçon, les temps d'attente au puits, la marche du puits, les temps des manœuvres aux points de chargement et surtout, le débit des points de chargements eux-mêmes.

La mise en équation globale du problème serait une tâche insurmontable, d'autant plus que la plupart de ces phénomènes aléatoires ne peuvent pas être représentés par des lois simples, mais seulement appréhendés par des chronométrages, dans l'exploitation existante.

Dans ces conditions, l'instrument privilégié pour aborder un tel problème est la simulation, instrument qui a été utilisé, sur une large échelle, pour l'exploitation des mines de fer.

Cette méthode consiste à reproduire, grâce aux possibilités de calcul de l'ordinateur, la vie du roulage dans chaque politique, en tirant à l'aide de nombres au hasard la valeur des paramètres aléatoires.

Plusieurs mois d'exploitation se trouvent ainsi reconstitués en quelques minutes, et l'on enregistre la valeur des éléments de décision (temps d'attente, utilisation du matériel, manques à vides, etc.).

La simulation est donc en quelque sorte une expérimentation par le calcul. A la différence de la méthode précédente, celle-ci ne procure jamais au calculateur, l'assurance d'être parvenu à un optimum. Tout au plus est-il possible d'affirmer, un critère de choix étant défini, qu'une politique est meilleure qu'une autre, dans la mesure où les tirages aléatoires reproduisant le réel sont toujours légitimes. Mais le choix des politiques à tester ne peut résulter que du jugement du praticien, éclairé, il est vrai, par le résultat des simulations précédentes.

Malgré ces limitations, cette méthode présente l'intérêt d'éclairer le choix d'investissements particulièrement coûteux dans la mine (dimensions de garages, doubles roulages, etc.), et d'expérimenter des règles de gestion dont l'essai sur le terrain conduirait à des bouleversements difficilement envisageables.

Cette méthode, comme la précédente, est entrée en application dans les Houillères, et des résultats de la simulation ont été confirmés par la mise en pratique de politiques testées sur ordinateur.

IV - L'ordonnancement

Il n'est pas rare de constater un divorce entre des techniques d'études très élaborées et des techniques de gestion désuètes et inadaptées. Il est regrettable de voir le gain de productivité de plusieurs points dû à des techniques d'études très complexes compromis par une mauvaise organisation. C'est pourquoi il est nécessaire de donner à ces techniques modernes un cadre dans lequel elles pourront trouver leur pleine efficacité que l'accroissement des crédits d'équipement rend indispensable.

Qui parle d'organisation d'études et de travaux dit fatalement (et parfois abusivement) recours aux méthodes modernes d'ordonnancement : P.E.R.T. ou autres. Ces méthodes sont suffisamment connues pour qu'il soit inutile de les décrire, nombre d'articles de la presse technique leur étant consacrés. Rappelons simplement qu'elles sont utilisables dès qu'un projet ou travail est décomposable en tâches élémentaires et qu'on peut figurer sur un graphe les contraintes liant ces tâches entre elles (antériorité de certaines réalisations par rapport à d'autres, limitations des moyens en hommes ou en crédits, etc...). Les graphes d'ordonnancement sont souvent trop complexes pour être traités à la main ; l'ordinateur permet d'extraire de ce graphe des liaisons essentielles, en particulier un « chemin critique » c'est-à-dire une succession de tâches dont le strict enchaînement conditionne la durée totale de réalisation du projet.

La durée des tâches placées sur le chemin critique influe directement et irréversiblement sur la durée globale de l'opération. Autrement dit, une augmentation du délai écoulé pour leur exécution entraîne obligatoirement un retard correspondant sur la fin effective du chantier. Cette constatation oblige donc les intéressés à porter une attention spéciale à l'exécution des tâches correspondantes et le cas échéant à étudier si l'on peut en diminuer la durée, et les moyens d'y parvenir.

Pour les travaux non situés sur le chemin critique, interviennent deux notions essentielles dites dates « au plus tôt » et dates « au plus tard ». Cela signifie que l'opération en question doit commencer au plus tôt à une date calendaire déterminée et doit être terminée au plus tard à une autre date précisée. Mais n'étant pas sur le chemin critique, la durée normale de cette tâche est inférieure au temps qui s'écoule entre ces deux dates. D'où une « marge libre » qui donne les limites à l'intérieur desquelles on peut placer indifféremment les dates d'intervention.

L'application des méthodes d'ordonnancement aux tâches d'équipement ne va pas sans poser un certain nombre de problèmes particuliers. Pour certains travaux des facteurs importants sont déterminés par des phénomènes à caractère aléatoire. C'est le cas par exemple des conditions météorologiques pour les chantiers de travaux publics ou de la houle pour les chantiers de travaux maritimes (construction d'une digue en mer) ou encore le débit fluvial pour un ouvrage réalisé dans une rivière à régime variable. On peut connaître les caractéristiques de ces

phénomènes en probabilité mais on ne peut prévoir avec exactitude leur déroulement dans le temps. Cette difficulté ne saurait justifier de laisser au hasard l'exécution du chantier, -- les périodes de l'année pendant lesquelles les froids, les tempêtes ou les crues sont « probables » sont en effet bien connues — mais on ne peut appliquer une planification trop serrée, et la programmation du chantier exige une certaine souplesse (dont les paramètres peuvent être calculés à partir de la théorie des probabilités) de façon à adapter le déroulement des opérations en fonction des conditions naturelles locales d'exécution.

Mais, malgré ces difficultés, les méthodes d'ordonnancement présentent de tels avantages que leur usage tend à se généraliser. Au moment des études elles permettent de respecter un délai fixé en assurant un emploi optimum du personnel et des crédits disponibles. L'ordonnancement permet de faire apparaître d'éventuelles insuffisances de moyens, imposant l'appel à des concours extérieurs. Elle facilitera la coordination entre les divers services : c'est ainsi que, dans un but de simplification et de rationalisation, le Service Spécial des Autoroutes élabore actuellement des documents standards qui traduiront, sous forme de graphe, la succession et l'imbrication des tâches qu'il faut accomplir pour mener à bien une étude autoroutière. Ces documents constitueront ainsi de véritables guides de l'Ingénieur, utilisables pour les études d'avant-projet sommaire, d'avant-projet détaillé et de projet définitif.

Au fur et à mesure que les études progressent, l'Ingénieur est amené à prendre certaines options non seulement sur la consistance des travaux mais aussi sur leurs modalités d'exécution. Ces hypothèses, qui reflètent une stratégie, peuvent se traduire sous forme d'un graphe préliminaire des travaux qui donne des indications sur le meilleur partage en lots, sur les délais globaux et partiels, et sur les contraintes de réalisation imposées à l'entrepreneur, qui auront une incidence sur le coût.

Enfin pendant les travaux, ces techniques sont utilisées par l'entreprise pour lui permettre de gérer ses moyens avec efficacité, et par l'Administration qui porte notamment son attention sur les points sensibles du chantier que constituent les tâches critiques. De plus, la facilité de remise à jour des plannings ainsi élaborés permet de faire face à tout aléa avec efficacité.

Ces méthodes sont aussi particulièrement utiles au cours des phases administratives en mettant en évidence la dépendance étroite des activités des divers services et en fixant clairement les responsabilités. Le Service Spécial des Autoroutes a établi des graphes types relatifs aux procédures d'acquisitions de terrains, au déroulement des enquêtes diverses ainsi qu'à la passation des marchés.

L'utilisation des méthodes modernes d'ordonnancement présente finalement les avantages fondamentaux suivants :

- en imposant à tous les participants à l'étude ou aux travaux et notamment aux Ingénieurs responsables l'analyse détaillée des tâches à accomplir, elles constituent de véritables « techniques anti-hasard » limitant les aléas et décelant à temps les goulots d'étranglement ;
- en mettant en évidence les tâches critiques qui conditionnent le délai, elles permettent la gestion du personnel et des crédits et fixent clairement les responsabilités ;
- en cours d'études ou de travaux, elles permettent de réagir au mieux à tout événement imprévu ;
- elles permettent, même à des non initiés, de comprendre et de suivre le déroulement d'une opération complexe ;
- enfin, en mettant en évidence le caractère anormalement lourd, compliqué ou onéreux de certaines procédures, elles sont un moteur de progrès favorisant l'accroissement de la productivité.

V - Les tests de cohérence : l'exemple des schémas des structures et des transports

L'évolution récente des agglomérations françaises a généralement été désordonnée. Les conséquences en sont évidentes dans de nombreux domaines : architecture, ordonnancement urbain, absence ou insuffisance d'équipements collectifs, etc... Mais c'est probablement dans celui des transports que les répercussions sont, à la fois, les plus graves et les plus immédiatement sensibles. Aux pertes économiques considérables qui résultent de l'engorgement des réseaux de voirie et de transports en commun s'ajoutent la dégradation du cadre urbain de vie et l'accroissement de la tension nerveuse qui en sont les conséquences.

Les textes prévoient qu'un schéma directeur des structures sera établi dans chaque agglomération pour en fixer les grandes lignes de développement à long terme.

Le test des schémas des structures et des transports a pour but de comparer, sous l'angle des transports, plusieurs options d'implantation des structures urbaines et des réseaux de transport, de rejeter celles qui présentent des incohérences, c'est-à-dire, qui ne permettent pas d'assurer, dans des conditions satisfaisantes, les déplacements de personnes et les mouvements de marchandises dans l'agglomération future et d'établir, pour les solutions viables, des bilans économiques qui fournissent des éléments de choix aux responsables.

LE PRINCIPE

Les déplacements de personnes dans une ville et les flux de véhicules qui sont la conséquence de ces déplacements dépendent essentiellement de trois groupes de facteurs :

1. L'utilisation du sol dans l'agglomération qui traduit les structures de cette dernière,
2. Les caractéristiques socio-économiques de la population qui l'habite et son comportement,
3. Les réseaux de transport disponibles : voirie, transports en commun et stationnement.

En fonction d'hypothèses concernant ces trois groupes de facteurs, c'est-à-dire, d'un schéma des structures et des transports et d'hypothèses de comportement, il est donc possible, par un processus qui sera explicité plus loin, de calculer les déplacements et, finalement, la charge potentielle du réseau.

Le rapprochement de cette charge potentielle et de la capacité du réseau constitue le test. Deux cas peuvent, alors, se présenter selon que l'on se trouve devant une incompatibilité ou non.

Suppression des incohérences.

Dans le premier cas, on est amené à conclure que les hypothèses prises ne sont pas cohérentes et donc à les remettre successivement en cause.

On cherchera, en général, à modifier tout d'abord les caractéristiques du réseau de transport en laissant intactes les hypothèses d'utilisation du sol et de comportement.

S'il n'est, cependant, pas possible de trouver une solution satisfaisante en modifiant les réseaux de transports, on remettra en cause les hypothèses d'utilisation du sol.

Enfin, si les contraintes d'ordre géographique, ou de toute autre nature, sont telles qu'il n'est pas possible d'arriver à une solution satisfaisante avec les hypothèses de comportement adoptées, ce sont ces dernières qu'il conviendra de modifier.

Un exemple simple permettra d'explicitier ce processus. Un test peut ainsi révéler que la voie qui doit relier au reste de l'agglomération un grand ensemble d'habitations, ne pourra pas supporter les flux engendrés à l'heure de pointe par ce dernier. La première démarche consiste à examiner s'il est possible d'accroître la capacité de la voie de desserte afin de supprimer cette incohérence.

Si aucune mesure de cet ordre n'est susceptible d'apporter de solution, il est logique d'envisager une modification des hypothèses d'urbanisation, par exemple, en réduisant le nombre de logements du grand ensemble, ou en implantant à proximité des emplois susceptibles de diminuer les flux de pointe vers l'extérieur.

Enfin, si des contraintes, de site par exemple, imposaient malgré tout la réalisation du projet tel qu'il est envisagé, il faudrait bien admettre que le comportement des habitants en serait modifié. Ces derniers renonceraient à certains déplacements, étaleraient leurs arrivées et leurs départs, etc..., du fait de la congestion du réseau. C'est cette adaptation qui explique que, malgré les calculs, le blocage total du réseau n'est qu'exceptionnellement atteint.

Il va dans dire que l'on doit tout faire pour éviter un tel résultat qui ne saurait être le but d'une bonne planification.

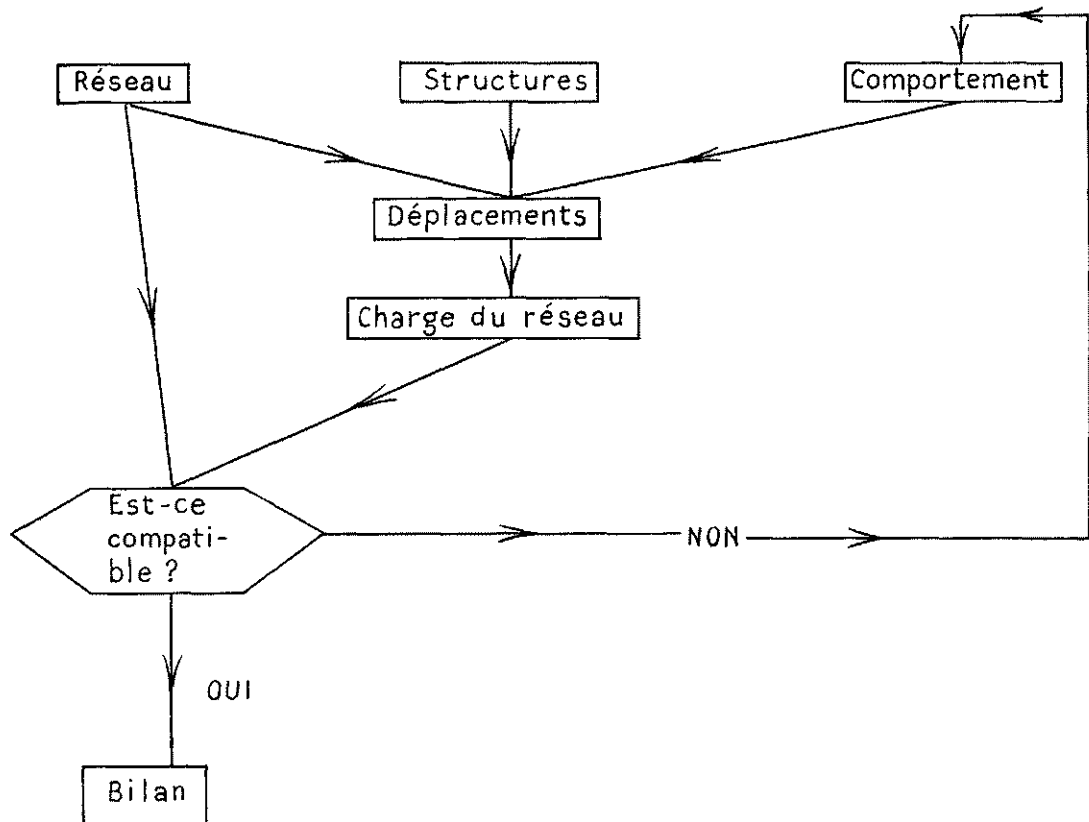
Etablissement de bilans.

Après avoir éliminé les schémas qui aboutissaient à une incohérence sur le plan des transports, il est possible d'établir, pour chacun de ceux qui assurent des conditions satisfaisantes de transport, un bilan financier faisant intervenir, d'une part, le

montant des investissements et de l'exploitation des réseaux, d'autre part, les services rendus, c'est-à-dire les durées des déplacements et leur confort.

Une telle opération permet la comparaison entre eux de plusieurs schémas sur le plan de la rentabilité.

Le processus du test du schéma des structures et des transports peut donc être résumé dans la figure ci-jointe.



PREVISION DE LA CHARGE DU RESEAU

Après avoir divisé l'agglomération en un certain nombre de zones qui constitueront les unités géographiques élémentaires en ce qui concerne aussi bien le recueil des données que les prévisions, on procède à l'élaboration des hypothèses.

a) Utilisation du sol.

L'établissement des schémas d'implantation des diverses utilisations du sol de l'agglomération future constitue l'essence même du travail de conception de l'aménagement urbain.

Mais, pour pouvoir tester le fonctionnement de ces schémas — sur le plan des transports — il est nécessaire de les traduire en prévisions chiffrées. Avant cette opération, les schémas n'ont d'ailleurs qu'une existence relative.

Pour les tests rapides, des données simples sont suffisantes. Il faudra d'abord évaluer, pour chaque zone, le nombre futur d'habitants et le nombre d'emplois, en distinguant, si possible, les emplois du secteur secondaire et du secteur tertiaire.

Pour être réaliste, cette prévision devra s'appuyer sur une analyse aussi exacte que possible de la situation actuelle, c'est-à-dire qu'il est pratiquement indispensable, avant d'avancer les chiffres pour l'avenir, de connaître la population et les emplois actuels dans chaque zone du découpage.

A partir de l'analyse de la situation actuelle, l'élaboration des prévisions à court terme de population et d'emploi est possible, par zone, en tenant compte des décisions prises et des mouvements naturels d'urbanisation.

Enfin, les schémas à tester fixeront l'implantation de l'urbanisation à long terme.

En outre, il sera nécessaire de caractériser les grands générateurs de trafic dont la description est mal rendue par les simples chiffres de population et d'emploi :

- Enseignement : nombre d'élèves ou d'étudiants
- Commerce : superficie de vente
- Hôpitaux : nombre de lits
- etc.

b) Réseau.

Il faut tout d'abord choisir le réseau que l'on veut tester. Le choix de ce réseau doit être cohérent avec le découpage en zones. En général, il s'agira du réseau assurant les liaisons entre zones et qui aura vocation de réseau primaire dans la hiérarchie future des voies qu'il apparaît nécessaire de créer. Chaque zone doit donc compter un nombre réduit de points d'accès sur le réseau à tester.

Mais, pour établir des prévisions de circulation sur un réseau, il faut connaître, avec précision, les points de chargement de ce dernier. Ceci revient à dire que pour élaborer des prévisions correctes sur le réseau primaire, il faut décrire, au moins sommairement, le réseau secondaire.

Pour chaque tronçon de réseau finalement retenu, la description doit porter essentiellement sur :

- la longueur,
- la capacité ou la largeur de chaussée en mètres,
- le régime d'exploitation (sens unique ou double sens, stationnement autorisé ou non),
- une vitesse de parcours probable.

Il faudra distinguer les tronçons pour lesquels le dimensionnement est imposé et ceux qui, situés en terrain vierge, ne sont soumis à aucune contrainte.

En ce qui concerne les transports en commun, et sauf cas particulier (transport en site propre par exemple), une description des réseaux envisagés ne s'impose pas. L'étude aura au contraire pour but de fournir des indications quant à leur implantation souhaitable.

c) Hypothèses de comportement.

La formulation de ces dernières est nécessaire au cours des quatre étapes maintenant classiques de la prévision de circulation.

- Génération : Combien de déplacements et pour quels motifs ?
- Distribution : Quelles sont l'origine et la destination de ces déplacements ?
- Répartition entre modes de transport : Quel est le moyen de transport utilisé ?
- Affectation sur le réseau : Quel est l'itinéraire suivi ?

Pour avoir des renseignements sur les trois premiers points on procède tout d'abord à des enquêtes de différents types : certaines supposent l'interview des citoyens chez eux ou au cours de leurs déplacements, d'autres la distribution de questionnaires écrits. Elles ont en commun de rassembler un nombre élevé de renseignements dont il importe d'assurer l'interprétation par l'utilisation d'outils de calculs modernes.

Il faut ensuite élaborer des tableaux croisant entre eux certains des renseignements obtenus : par exemple, le nombre de déplacements en fonction de la dimension des ménages ou de la distance au centre de leur résidence ; le nombre de véhicules possédés en fonction des revenus du ménage ; la destination des déplacements ayant leur origine dans certains quartiers de la ville, etc..

Mais ce simple dépouillement ne saurait suffire et il faut déduire des résultats de l'enquête à l'aide des corrélations qui ont été mises en évidence des lois qui permettent la prévision.

Comment la distance à parcourir intervient-elle dans le choix du lieu de travail ? En fonction de quels critères s'effectue le partage entre les différents modes de transport ? etc..

Si l'on songe qu'il est souvent nécessaire pour cela de découper l'agglomération en une cinquantaine ou une centaine de quartiers différents, on conçoit que l'exploitation de renseignements qui porte alors sur un réseau de 2.500 ou de 10.000 échanges nécessite l'emploi de calculateurs à très grande mémoire.

Connaissant enfin les flux de véhicules qui s'échangent entre les différents quartiers de la ville, il faut en déduire la charge des différents réseaux.

Dans ce but, l'ordinateur à qui l'on a fourni une description précise de chaque réseau : longueur des tronçons, capacité, vitesse de circulation, etc., recherche, parmi tous les itinéraires possibles d'un quartier à un autre, ceux qui sont les plus courts et répartit le trafic entre ces derniers selon des lois qui lui ont été indiquées à l'avance. Ce travail est répété pour tous les échanges entre quartiers et le trafic total est obtenu par sommation des différents trafics individuels sur chaque tronçon.

CONCLUSION

Ainsi le test permet-il de faire correspondre à chaque schéma des structures et des transports envisagé, une prévision de charge du réseau et un bilan économique. De plus en mettant en évidence les incohérences, le test indique comment modifier les hypothèses pour supprimer ces incohérences, et, par la même, il apparaît comme un instrument fondamental de la conception des schémas des structures et des transports.

Les résultats des tests doivent être interprétés par des personnes ayant une bonne connaissance du contexte local afin de pouvoir tenir compte de contraintes qui auraient pu échapper lors du processus de calcul automatique.

Cette première interprétation doit permettre de dégager les directions dans lesquelles il convient de modifier un ou plusieurs des schémas pour établir de nouveaux schémas plus appropriés. Ceux-ci doivent alors être testés à leur tour de façon à vérifier leur cohérence et leur solidité sur le plan des transports.

Ce n'est donc qu'au prix d'un processus de va-et-vient et d'un dialogue entre les responsables de l'élaboration du schéma de structure et les ingénieurs qui mèneront à bien les tests que ces derniers pourront apporter leur pleine contribution à l'élaboration d'une solution valable.

La bonne utilisation des tests exige donc que ceux-ci puissent être répétés un grand nombre de fois et dans des délais rapides. Les prolongements régionaux du Service des Etudes et Recherches sur la Circulation Routière sont à même de les réaliser lorsque les hypothèses de structures et de réseaux leur sont fournies.

Enfin des tests portant sur des étapes intermédiaires permettent de déboucher sur la programmation en orientant le choix d'un ordre de réalisation des infrastructures et donc d'influencer directement l'action.

VI - L'automatisation de l'exploitation: l'exemple du contrôle de la circulation aérienne

Le besoin du contrôle de la circulation aérienne s'est fait sentir parce que les pilotes ne peuvent assurer par eux-mêmes la prévention des abordages entre avions (visibilité réduite, vitesses relatives très grandes, navigation dans un espace à 3 dimensions) ni organiser l'écoulement optimum du trafic là où il existe des limitations dues à la capacité des pistes ou de l'espace.

L'objectif du système de contrôle de la circulation aérienne est de subvenir à ces fonctions de sécurité et d'efficacité. A cette fin le contrôleur de la circulation aérienne dispose de *données* sur la position actuelle et future des avions. Ces informations proviennent de plusieurs sources :

- le plan de vol déposé par le pilote avant son départ et transmis par télétype à tous les centres intéressés par le vol. Ce plan de vol comprend les informations sur le vol et sur les intentions du pilote (type et équipement de l'avion, route, etc...).
- les « reports de position » effectués par les pilotes aux passages par des points ou des niveaux spécifiés et transmis au sol sur la voie radio-téléphonique bilatérale qui relie en permanence un contrôleur et l'ensemble des avions dont il assume à un moment donné le guidage.
- le radar. Le radar primaire donne au contrôleur la position actuelle des avions, sans toutefois indiquer l'identité ou le niveau de l'avion qui a engendré chaque écho par réflexion purement passive des ondes incidentes. Grâce à l'émission active d'une réponse codée aux interrogations du radar secondaire, on obtiendra une certaine « personnalisation » des échos.

Les *règles* concernant l'exercice du contrôle de la circulation aérienne résultent de règlements internationaux (OACI) complétés par des règlements nationaux et des procédures particulières.

D'une manière générale le pilote est autorisé, de proche en proche, à poursuivre son vol jusqu'à un point ou un niveau spécifié dans des conditions qui lui ont été données par le contrôleur en fonction de ses désirs et compte tenu du reste du trafic. A l'expiration de cette autorisation limitée ou lorsque l'évolution de la situation générale l'exige, le contrôleur doit élaborer ses *décisions* et notifier en conséquence au pilote les nouvelles conditions dans lesquelles il est habilité à poursuivre son vol. La validité des autorisations peut varier d'une dizaine de minutes à quelques minutes ou moins.

CARACTÈRES SPÉCIFIQUES DU CONTROLE

Sans entrer plus profondément dans les mécanismes complexes du contrôle de la circulation aérienne, le caractère très spécifique des décisions qu'il implique apparaissent immédiatement.

D'une part la durée acceptable entre l'apparition d'un fait nouveau générateur d'une décision à prendre et l'application de la décision est très faible. Par exemple lorsqu'un pilote fait connaître par radiotéléphonie qu'il vient de survoler un point de report (balise par exemple), la nouvelle autorisation pour le segment suivant de son vol doit lui être donnée par le contrôleur immédiatement, c'est-à-dire que le contrôleur analyse la situation et élabore sa décision, en même temps qu'il prend connaissance des informations transmises par le pilote. On dit qu'il s'agit d'un problème « en temps réel ».

D'autre part les faits nouveaux générateurs de prise de décision sont très fréquents et se présentent en ordre aléatoire. A titre d'illustration, la voie radiotéléphonique reliant chaque contrôleur aux seuls avions dont il a la charge est occupée aux heures de pointe d'une manière presque continue et constitue un des goulots d'étranglement du système. A la complexité s'ajoute donc l'ampleur de la tâche. En effet, un Centre de Contrôle comme celui de la Région Nord couvrant la moitié Nord de la France acheminera quelque 2.000 avions par jour en 1967, chacun des 17 secteurs de contrôle entre lesquels cet espace est divisé pouvant être survolé simultanément par 15 à 20 avions.

Enfin chacune des décisions prises par un contrôleur peut présenter des conséquences considérables sur la sécurité (en raison du nombre de vies humaines impliquées) et sur l'économie du transport aérien (chaque minute de vol d'un long courrier coûte 200 F. ; la pénalisation générale apportée au transport aérien par les contraintes résultant du contrôle de la circulation aérienne est estimée à plusieurs dizaines de millions de dollars par an pour les Etats-Unis seulement).

La décision dans le cadre de contrôle de la circulation aérienne présente donc trois caractéristiques rarement rencontrées simultanément, à savoir : temps réel, cadence élevée, conséquences considérables.

Pour mieux illustrer la nature des tâches de décision impliquées, le lecteur se reportera à un exemple de problèmes typiques qu'affrontent d'une manière quasi continue les contrôleurs. Pour ce faire on a représenté (fig. 1) les deux « tableaux de bord » d'un contrôleur, à savoir :

- le tableau de prévision où chaque bande représente le vol d'un avion dans le secteur considéré,
- le réseau des routes aériennes dans le secteur considéré.

LES PROBLÈMES DE LA COLLABORATION HOMME-MACHINE

Au fur et à mesure de l'augmentation du trafic (+ 20% pour les jours de pointe en 1966) il devient nécessaire de procéder à une division de plus en plus poussée du travail. Cette division peut s'effectuer soit en diminuant le volume de chaque secteur de contrôle, soit en répartissant dans chaque secteur les tâches par nature spécifique (information, classement, coordination, contrôle, etc...).

Il est classique cependant de constater que le bénéfice de cet émiettement du travail est loin d'être proportionnel à son degré de morcellement ; en effet, pour chaque participant, la résolution de problèmes, mêmes partiels, implique la prise

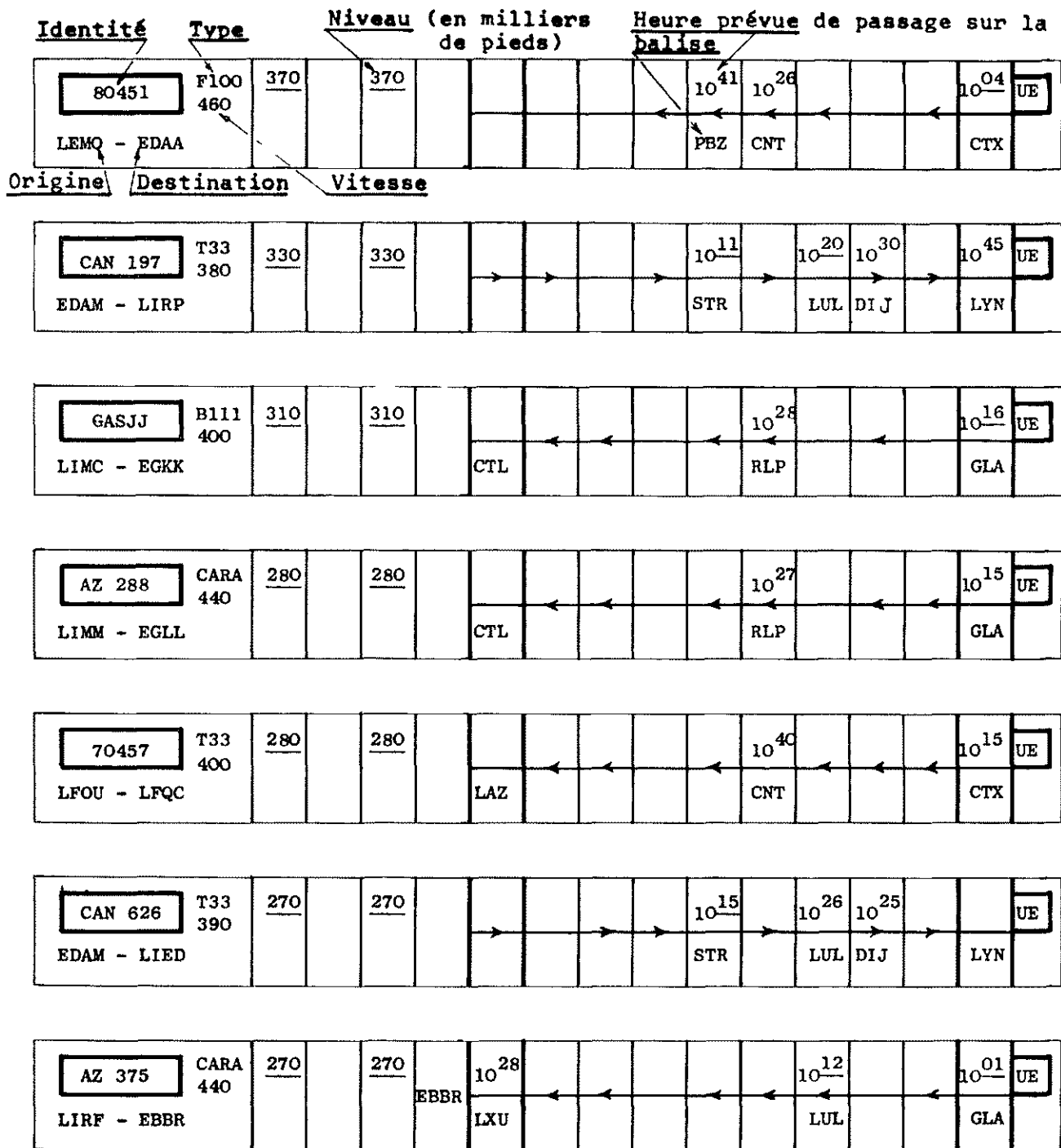


Fig. 1. — Exemple de problème simple (tous les avions en palier, sauf 1)

1.A) — Situation à 10 h. 20 dans un secteur (Sud-Est de la Région Nord)

Il n'y a que 7 avions dans le secteur (en pointe 15 à 18)

Le CAN 626 demande à monter au niveau 330 (33.000 pieds)

Le Contrôleur donne-t-il l'autorisation, compte tenu de la séparation de 10 minutes ou de 1.000 pieds nécessaire entre avions ?

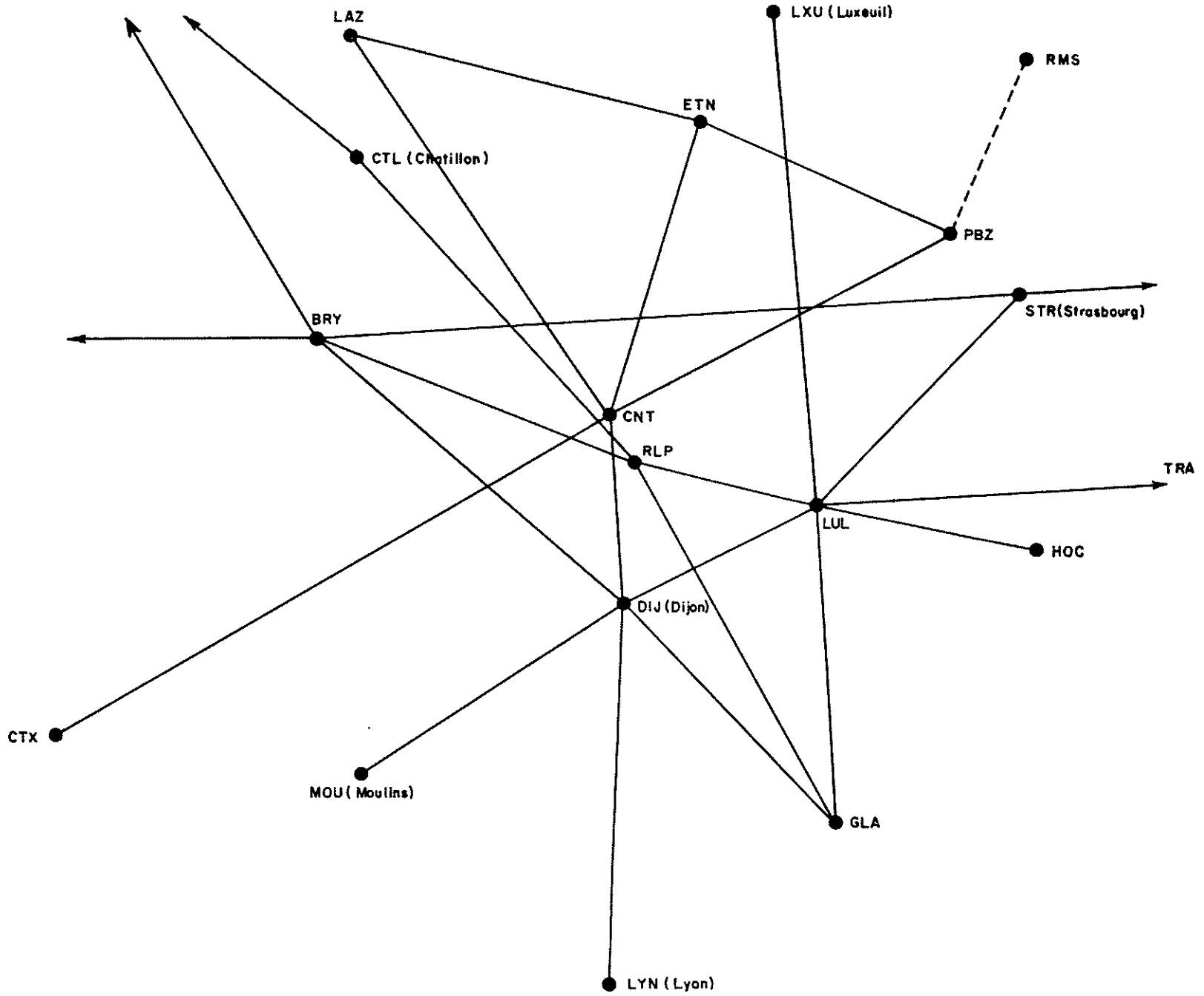


Fig. 1 — 1.B)

en considération d'informations dont il ne dispose plus directement. L'accroissement rapide des tâches découlant de la dispersion de l'information réduit l'apport effectif de chacun à la tâche collective de traitement des informations et amorce une *réaction en chaîne* de division toujours plus poussée du travail.

Il en résulte qu'au-delà d'une certaine densité de trafic, le temps imparti au traitement de l'information devient trop faible pour qu'il puisse être tiré parti de toutes les données disponibles dans le système. Dans bien des cas la saturation apparente de l'espace n'est qu'une conséquence indirecte de ce dernier phénomène.

L'automatisation offre potentiellement des solutions pour sortir de cette impasse. Les calculateurs modernes n'ont-ils pas une puissance de traitement de l'information quasi-illimitée et ne sont-ils pas capables, en conséquence, de suppléer à la capacité restreinte de traitement de l'information résultant de la mise en commun mal ordonnée de l'activité intellectuelle d'une collectivité de contrôleurs ?

Le problème n'est malheureusement pas plus simple que celui qui consisterait à tenter d'accélérer la progression trop lente d'un marcheur en terrain accidenté au moyen d'une voiture de compétition. Le marcheur et le bolide présentent chacun leur supériorité partielle et il est bien difficile de les associer en toutes circonstances. La machine peut rendre de précieux services sur les routes, mais peut se révéler si encombrante en tout terrain qu'elle constitue alors une charge telle qu'il vaut mieux renoncer à son utilisation.

Le contrôle de la circulation aérienne constitue bien ce terrain accidenté dans lequel il est difficile de faire partager en temps réel à l'homme et à la machine des tâches multiples et imbriquées. Tant que l'homme n'aura pas été éliminé du dispositif, le Système automatisé constituera un *système* hybride dans lequel l'homme au plus haut degré de sa compétence et de son activité intellectuelle est destiné à partager l'acquisition et le traitement de l'information en temps réel avec un calculateur.

Un tel système présente donc en ce sens, par rapport à d'autres systèmes de traitement de l'information en temps réel une nouvelle originalité marquée et pose des problèmes d'une rare complexité.

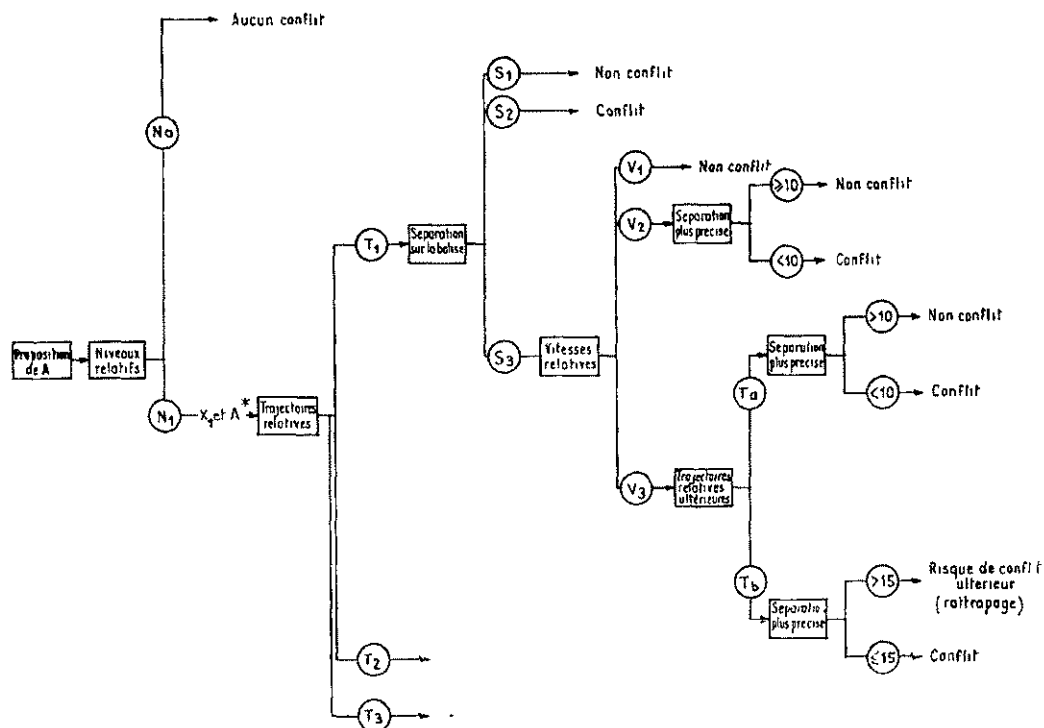
C'est essentiellement pour cette raison que l'automatisation n'a pas encore obtenu dans ce domaine des succès aussi spectaculaires que dans d'autres applications.

L'analyse montre en effet qu'il n'existe pas de ligne de partage simple entre la part de traitement de l'information qui peut être effectuée utilement par le calculateur et celle qui, à un stade donné d'automatisation, ne peut être dévolue qu'à l'homme.

L'étude de l'automatisation est donc inséparable de l'analyse profonde et méticuleuse de la nature fondamentale de chacune des tâches exercées par les contrôleurs et du processus d'élaboration des décisions (voir fig. 2).

Les problèmes soulevés à chaque étape relèvent donc essentiellement des sciences humaines. Cette conception est à la base des travaux effectués en France dans ce domaine, travaux auxquels contrôleurs, ingénieurs et spécialistes des problèmes psychotechniques du travail ont été associés en franche, complète et fructueuse coopération.

Le but poursuivi étant de réduire la tâche globale dévolue à l'homme dans le système, on a recherché et analysé toutes les tâches partielles que le calculateur pouvait effectuer.



CODE

- N₀ Aucun avion au même niveau que A
- N₁ 1 ou plusieurs (X₁, X₂, X₃, X₄) avions au même niveau que A
- T₁ X₁ se dirige vers la même balise que A mais sur une route différente.
- T₂ X₁ se dirige vers une balise différente
- T₃ X₁ est sur la même route que A et se dirige vers la même balise
- S₁ nette separation (> 20')
- S₂ separation nettement insuffisante (< 5')
- S₃ separation aux environs de 10'
- V₁ Le plus vite devant
- V₂ vitesse égale
- V₃ le plus vite derrière
- V₄ les 2 avions divergent après le croisement à la balise
- V₅ les 2 avions suivent la même route après la balise

(*) Lorsqu'il n'y a pas de conflit avec X₁, on recommence le processus avec un autre appareil présent dans le secteur, X₂ et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les appareils au même niveau que A aient été examinés

Figure 2 - Organigramme de la décision
(d'après J. Leplat et A. Bissseret)

Il est rapidement apparu qu'il existe très peu de tâches que le calculateur puisse effectuer au profit du Système sans recourir au moins partiellement à l'initiative ou à l'assistance des contrôleurs.

On se heurte, en particulier à la première évidence suivante : le calculateur ne peut pas créer l'information de base et il existe des sources d'informations auxquelles il ne peut pas avoir accès sans la participation des contrôleurs (report de positions des avions en radiotéléphonie, autorisations accordées, etc...).

La deuxième évidence apparaît moins directement mais ses conséquences n'en sont pas moindres. Si l'on maintient des maillons humains dans le Système, et que l'on ne procède pas directement à l'automatisation complète, c'est que l'on estime que la souplesse d'adaptation du contrôleur est irremplaçable actuellement pour faire face à une grande variété de situations à caractère peu prévisible.

Or précisément si le contrôleur s'adapte rapidement à des situations évolutives il est difficile de le faire assister par un ordinateur qui ne présente pas la même souplesse.

Qui plus est, le contrôleur est doté de libre arbitre, dans la manière d'aborder chaque problème particulier et dans le choix du moment opportun pour le traiter de sorte qu'il serait contradictoire d'espérer que le ordinateur puisse sans le concours du contrôleur lui fournir à chaque instant sous la forme la plus appropriée toutes les informations dont il a besoin et seulement celles-ci. Ecraser le contrôleur sous un flot incontrôlé d'informations ne constituerait aucunement une solution rentable.

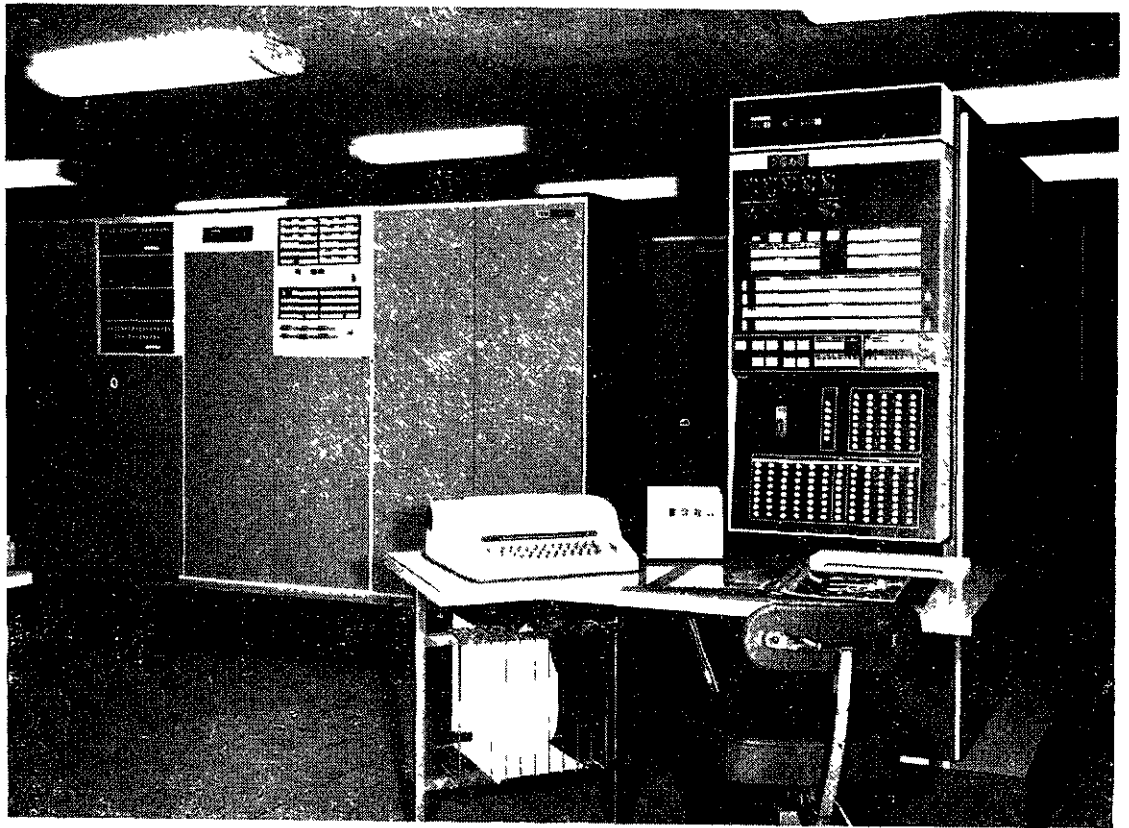
Il résulte de ces deux évidences que si l'automatisation offre des possibilités de réduction de la tâche globale des contrôleurs par rapport au système manuel, elle ne peut manquer de donner naissance à une nouvelle catégorie de tâche supplémentaires, inconnues dans le système manuel et que nous avons appelées les « tâches induites ».

Le bénéfice réel de l'automatisation se chiffre donc par la différence entre les tâches économisées et les tâches induites.

L'importance donnée à ces préoccupations constitue sans doute une des caractéristiques les plus marquantes des travaux effectués en France dans ce domaine.



(Gluche public avec l'aimable autorisation du STBA)



(Cliché publié avec l'aimable autorisation du S.T.B.A.)

Un premier calculateur a été loué dès 1962 et installé dans le Centre de Contrôle Régional Nord. Il a permis de procéder à des premières expérimentations et a débouché sur la mise en service d'une première phase d'automatisation : le calcul automatique des Plans de vol et la préparation des éléments du tableau de prévisions (bandes de progression). Des expérimentations complémentaires ont permis de préparer une deuxième phase d'automatisation qui entrera en service opérationnel en 1967. De nouveaux calculateurs ont été loués à cet effet et des matériels périphériques spécialisés ont été développés et leur ont été connectés. Cette deuxième phase se caractérise par :

- - La transformation des signaux du radar en une succession de messages codés sous forme numérique pouvant ainsi être traités par un calculateur,
- le traitement automatique de l'information délivrée par le radar secondaire (identification et poursuite des échos, corrélation avec les plans de vol),
- l'accès direct des contrôleurs au calculateur par des claviers et des dispositifs spéciaux et inversement la possibilité pour le calculateur d'adresser des messages à chacun des contrôleurs sur des visualisateurs cathodiques.

Le calculateur participera ainsi à la présentation, l'intégration et la diffusion de l'information au sein du Centre. Il supervisera les coordinations intercontrôleurs. Dans une phase ultérieure, il est prévu de faire prendre au calculateur une part de plus en plus active à l'élaboration des décisions.

Il n'est malheureusement pas possible dans le cadre du présent article d'entrer dans le détail des options qui ont été retenues.

Le lecteur se doute que pour procéder à l'automatisation d'un système aussi original, il convient de faire appel à des calculateurs à hautes performances dotés de nombreuses entrées/sorties. Les moyens d'échange d'information entre le calculateur et les contrôleurs doivent être particulièrement étudiés pour que leur emploi ne constitue pas une servitude pour ceux dont on cherche justement à limiter la tâche. Les matériels spéciaux ainsi étudiés et mis en place comprennent notamment :

- des claviers spéciaux pour les contrôleurs
- des tubes cathodiques sur lesquels le calculateur adresse sélectivement des messages aux contrôleurs
- des « décodeurs-générateurs de caractères » permettant au calculateur d'interrompre le balayage des écrans du radar pour afficher en surimpression sur les échos radar, des informations (lettre et chiffres) concernant ces derniers (identité, niveau...)
- des dispositifs (« boules roulantes ») permettant inversement au contrôleur de désigner au calculateur un avion donné, par la mise en place d'un marqueur cathodique sur son écho radar
- des dispositifs d'impression décentralisés permettant l'impression des bandes de progression des avions, automatiquement distribuées sans manipulation aux divers points d'utilisation.

Tous ces moyens d'entrée et de sortie du calculateur travaillent en simultanéité, du moins à l'échelle de temps perceptible par l'homme. Ils peuvent être installés à grande distance du calculateur, quand le problème se pose (par exemple, impression au deux Centres de Contrôle Sud - Aix-en-Provence, Bordeaux — des bandes de progression calculées et mises en formes par le calculateur de Paris).

L'aspect souvent spectaculaire des réalisations complexes et onéreuses ne doit pas faire oublier le travail de grande ampleur, difficile et méticuleux qui consiste à écrire le « programme » des calculateurs, c'est-à-dire à prévoir et mettre au point l'ensemble de toutes les instructions détaillées qui, stockées ensuite dans les mémoires du calculateur, permet au Système de réagir à toutes les sollicitations et en toutes circonstances

Grâce à l'effort entrepris, la Direction de la Navigation Aérienne dispose maintenant d'un moyen puissant pour mettre les techniques les plus modernes de traitement de l'information au service d'un Système dans lequel les responsables du travail noble de prise de décision étaient de plus en plus submergés par l'abondance des tâches d'acquisition et de traitement préalable de l'information

L'étude du nouveau Système a soulevé de nombreuses difficultés qui proviennent essentiellement de l'extrême « contraction de l'échelle du temps » ; les problèmes de gestion ou de recherche opérationnelle plus classiques n'imposent pas, en général, de telles contraintes temporelles

CONCLUSION

Les quelques réalisations décrites ci-dessus ne donnent sans doute qu'une faible idée de l'extension future du rôle de la Recherche Opérationnelle et de l'Informatique dans la préparation des décisions

Un des projets de l'Administration de l'Équipement et du Logement est par exemple celui d'une « banque des données urbaines » :

Il s'agit de réunir toutes les sources de renseignements concernant l'utilisation du sol urbain (I.N.S.E.E., Domaines, Direction Générale des Impôts, Municipalité, Ministère de l'Intérieur, Quittance de l'E.D.F., etc.). Les renseignements enregistrés seraient les suivants :

-- la localisation géographique : les coordonnées cartésiennes des sommets des bâtiments, ce qui permettrait la restitution cartographique automatique. On peut enregistrer aussi le numéro d'îlot, l'adresse courante (automatisation de l'adressage de la correspondance), le numéro cadastral ;

-- la surface ;

-- la surface bâtie ;

-- la surface de plancher détaillée par activité occupante avec le nom de l'occupant et le nombre des occupants ;

-- le nombre d'étages, la hauteur ;

-- le statut de la parcelle dans le Schéma des Structures ;

-- le statut de la parcelle dans le Plan d'occupation des Sols ;

-- la nature et le coût des dernières transactions ;

-- les bases d'imposition ;

-- les divers réseaux de distribution et les points de raccordement.

Par tronçon de voie, on pourrait enregistrer :

-- les réseaux de distribution (transport, téléphone, gaz, électricité, eau, égouts) et leur capacité ;

-- la longueur de la voie ;

-- l'implantation des feux de croisement ;

-- l'implantation des arbres ;

- l'implantation de l'éclairage public.

Dans sa réalisation, cette « banque des données » pourrait être plus ou moins complète. Outre la cohérence des divers fichiers que cette banque assurerait, les applications seraient très riches :

-- Optimisation des réseaux de transport ;

-- calcul des coûts d'expropriation ;

-- permis de construire instantanés ;

etc.

Deux autres exemples feront voir à quel point l'ordinateur est destiné à devenir un auxiliaire indispensable de l'ingénieur :

— Dans la recherche du Tracé optimal d'un tronçon autoroutier, la solution qui sera probablement adoptée dans un avenir plus ou moins proche, serait de mettre à la disposition du projecteur trois écrans cathodiques : l'un présenterait le tracé en plan sur la carte, le deuxième le profil en long, le troisième les perspectives successives du tracé permettant au projecteur de se déplacer dans l'espace. Ainsi le projecteur pourrait-il voir en perspective la route qu'il déplacerait lui-même manuellement sur le terrain, cependant que l'ordinateur évaluerait à mesure le coût de la route envisagée et ferait les calculs nécessaires à la mise à jour des écrans.

— Dans le calcul et le dessin automatique des ouvrages d'art l'ordinateur suffisamment puissant sera doté d'une mémoire assez vaste pour contenir des programmes d'analyse structurale, des programmes d'implantation, des programmes de dessins et en particulier de perspectives, des programmes d'optimisation et des programmes d'estimation ; de plus cet ordinateur sera relié à un ou plusieurs écrans cathodiques impressionnables par crayons lumineux.

Un utilisateur ayant à concevoir une structure complexe (un échangeur par exemple)

- esquisserait les ouvrages les uns après les autres ;
 - en ferait faire l'implantation compte tenu des contraintes propres au projet ;
- s'assurerait que leur aspect est encore correct par appel du programme de dessin perspectif ;
 - analyserait les divers éléments structuraux (tabliers, appuis, fondations) et optimiserait leurs dimensions dans le cadre du parti précédent défini ;
- estimerait l'ensemble après s'être assuré que celui-ci a un aspect acceptable ou recyclerait le tout jusqu'à satisfaction.

Ces perspectives sont peut être étonnantes, mais elles conduisent à poser en même temps certaines questions. Quel « meilleur des mondes » la Recherche Opérationnelle nous prépare-t-elle donc ? Y a-t-il lieu de se réjouir du développement de ces techniques ?

Pour citer M. BOITEUX :

« En ce qui concerne la Recherche Opérationnelle, cela revient à se demander si le bon sens est plus efficace quand il s'exerce directement sur la conclusion sans formulation consciente des enchaînements qui y conduisent ; ou y a-t-il plus de chances d'aboutir à une conclusion valable en s'efforçant d'amener au niveau de la conscience les motifs d'une décision pour les plier aux exigences d'une pensée cohérente ? C'est là le fond du débat. Car il y a des esprits faux dans toutes les familles spirituelles — y compris, d'ailleurs, celle des chercheurs opérationnels. — Il ne s'agit donc pas d'opposer un esprit faux et logique (il y en a) à un esprit juste et non mathématicien (il y en a aussi) mais seulement de savoir si un esprit juste peut utilement s'appuyer sur le calcul pour améliorer son jugement. A l'échelle des siècles, il semble bien que la part croissante prise par la conscience au dépens de l'instinct ait, dans l'ensemble, favorisé la race humaine ».

Tant que les ordinateurs sont cantonnés dans les dépouillements statistiques ou le traitement de problèmes scientifiques ou techniques à caractère répétitif ou à calculs interminables — et c'est presque toujours par le traitement de ce type de problèmes que l'on s'initie à l'Informatique tant que les ordinateurs ne sont considérés que comme des machines à calculer un peu perfectionnées, l'esprit humain ne s'émeut guère. Mais dès que l'on fait intervenir les facultés « logiques » de la machine, et sa « mémoire », dès qu'il devient possible de leur faire reproduire —

maladroïtement mais avec quelle rapidité — des processus un peu élaborés et jusqu'ici considérés comme une exclusivité de l'homme, alors les esprits non informés peuvent s'inquiéter. Ces machines qui peuvent lire, écrire, traduire, composer un concerto, dessiner ou jouer aux échecs quel rôle jouent-elles réellement ? Aussi bien rassure-t-on en insistant, à juste titre, sur le fait que les machines ne peuvent faire que ce que l'homme leur ordonne, et ce pour quoi ils les ont construites et instruites.

Ceci est vrai, et là n'est pas le vrai problème. Car, s'il est exclu que le pouvoir passe de l'homme à la machine, il n'est pas impossible, en revanche, qu'il se transfère de l'homme qui ne sait pas maîtriser la machine à celui qui sait, c'est-à-dire du responsable au spécialiste.

Si on considère, ainsi qu'il est légitime, que la Recherche Opérationnelle et l'Informatique ne sont que des outils susceptibles de fournir au responsable des éléments pour guider celle-ci, on ne doit pas craindre leur extension mais le mauvais usage qui peut en être fait. On débouche donc sur le problème de savoir : comment utiliser au mieux la Recherche Opérationnelle et l'Informatique ?

Un monde où tout « se mettrait en équation » pourrait séduire certains parce que :

- la cohérence parfaite de toutes les décisions serait assurée,
- l'optimum que l'on s'est défini serait obtenu sûrement,
- il serait possible de déconcentrer les études et les décisions, chacun pouvant agir en pleine cohérence avec toutes dès lors que les critères de choix sont connus et imposés.

Mais les choses ne sont pas si simples. L'optimum économique qu'on a pu se fixer n'est pas à l'abri de toutes critiques. Sa définition suppose en général que le système des prix donc la répartition actuelle des revenus soit optimale, ce qui peut être contesté et de toute façon entache le concept d'un certain arbitraire. De plus une telle mise en équations, à supposer qu'elle soit techniquement possible laisserait forcément échapper les éléments essentiels qui sont ceux de la vision politique globale. Prenons par exemple le problème du « prix de la vie humaine ». On ne peut établir rationnellement un programme routier sans consentir un compromis entre diverses fins, parmi lesquelles une « sordide » économie d'investissement est confrontée avec une probabilité de réduction du nombre des accidents mortels. Se refuser à formuler ce problème en termes clairs, dès lors qu'on en a pris conscience, est une démission. Mais fixer un prix à la vie d'autrui, un autrui heureusement impersonnel et statistique ne va pas sans susciter bien des questions, sur lesquelles les barèmes des compagnies d'assurance n'apportent que des lumières insuffisantes.

Il faut dire ici qu'il ne s'agit pas de donner une solution quantitative à un problème d'ordre métaphysique (la vie humaine n'a pas de prix...) mais qu'il s'agit de fixer le paramètre qui conditionnera toutes les décisions d'investissement en matière de sécurité routière. Il faut également expliquer qu'il serait équivalent de donner une enveloppe globale du budget « sécurité routière », cette enveloppe permettant de déterminer, si on décide de procéder d'une manière cohérente aux investissements les plus urgents, un prix implicite de la vie humaine à partir des investissements les plus « rentables » qu'il a été nécessaire de différer pour rester à l'intérieur de l'enveloppe donnée.

On voit qu'il y a là un choix qui incombe au responsable. Il faut fixer certains paramètres, que le spécialiste est — en principe — impuissant à fixer. Ces paramètres sont, par exemple, le taux d'intérêt qui, en donnant une équivalence entre les valeurs de $(1 + x)$ Francs dans un an et de 1 Franc aujourd'hui, jette un pont (au sens du calcul économique) entre le présent et l'avenir, ou bien encore la

valeur du temps, c'est-à-dire la somme qu'il faut faire entrer dans le calcul pour comptabiliser la désutilité d'une attente d'une heure pour un automobiliste. Le choix de la valeur à affecter à ces paramètres, dont la détermination est indispensable pour assurer une certaine cohérence des investissements entre eux est un acte de responsabilité, car ces valeurs donnent une commune mesure à des éléments qui sont techniquement incommensurables. Pour le responsable, refuser d'effectuer ces arbitrages serait accepter que les choix ultérieurs soient faits dans la confusion, les critères se trouvant définis dans chaque cas implicitement et sans cohérence. Le rôle du spécialiste sera de présenter objectivement des choix clairs. Ce n'est pas toujours facile.

La tâche du spécialiste (qui se veut neutre par rapport au choix) est donc de proposer au responsable un certain faisceau de décisions possibles avec pour chacune d'elles les conséquences probables. Le responsable a par définition une certaine vision qui transcende le calcul économique parce que par hypothèse on ne peut l'inclure dans un modèle. Celui qui prend une décision a donc le droit de ne pas choisir celle que le spécialiste lui présente comme « économiquement optimale ». Par contre, il a le devoir de consulter le spécialiste pour se rendre compte du coût d'un choix qui ne coïncide pas avec l'optimum économique.

Toutes ces interventions de responsabilité, c'est-à-dire faites en dehors de ce que l'on peut expliquer à une calculatrice électronique, sont normales et souhaitables. Il n'en est pas de même de celles qui pourraient résulter d'une certaine méfiance du responsable vis-à-vis des calculs économiques. Le caractère forcément abstrait de ces calculs et la certitude excessive qu'ils semblent porter en eux, parce qu'ils ne sont que des chiffres, peut provoquer une aversion et enlever toute confiance en leurs résultats. Or il faut bien voir ce que sont ces calculs : pour les quantités, ils sont le meilleur état de précision que nos connaissances permettent ; pour les valeurs, ils reflètent d'une part nos meilleures connaissances sur les aspirations des citoyens intéressés et d'autre part, le poids que l'on peut vouloir accorder à ces aspirations. Sur ce dernier point, le responsable peut et doit souhaiter imposer ses vues ; pour ce faire, il devrait être associé à la conception des modèles, les hypothèses de calcul devraient lui être soumises en même temps que les résultats de façon que son choix s'exerce en fonction de ces deux données d'égale importance. L'élaboration des décisions devrait donc être le résultat d'un dialogue confiant entre le responsable et le spécialiste.

Mais le maniement des modèles décisionnels suppose la maîtrise de deux « langues » avec tous les risques et les dangers que présente une traduction ; deux solutions seulement pouvant être apportées à ce problème : ou bien le responsable est capable de manier un autre langage que le sien, de « parler machine », c'est-à-dire de maîtriser la formalisation des problèmes et des processus décisionnels, et il n'est pas évident qu'on puisse exiger ni même qu'on doive souhaiter que le responsable ait la maîtrise d'une technique particulière ; ou bien le responsable aura à son service un interprète, mais courra alors le risque de voir le spécialiste, s'il n'est pas parfaitement scrupuleux, présenter les résultats des calculs économiques d'une manière biaisée par son éthique personnelle. Sans mettre même en cause son honnêteté, ce conseiller, parce que pour certains problèmes il aura eu une vision plus fouillée des tenants et aboutissants d'une décision, pourra être amené à présenter au responsable une alternative dont les avantages et inconvénients de chaque terme auront pu être pondérés inconsciemment par ses préférences propres.

Il semble donc finalement bien que les responsables devront de plus en plus être parfaitement compétents en matière d'informatique, non pour faire le travail des spécialistes, mais pour pouvoir apprécier ce travail à sa juste valeur et savoir tirer le meilleur parti de l'outil que constituent les ordinateurs et les équipes qui les alimentent, en vue d'aboutir aux décisions les meilleures.

PROCÈS-VERBAUX DES RÉUNIONS DU COMITÉ DU P.C.M.

Séance du vendredi 7 Juillet 1967

Le Comité du P.C.M. s'est réuni le vendredi 7 juillet 1967 à 14 h 45 à l'École nationale des Ponts et Chaussées (Salle des Conseils)

Étaient présents

MM **Block, Boilot, Callot, Cartier, Deschamps, Dreyfus, El Adari, Fertin, Fumet, Gaud, Gaudel, Gerodolle, Giraudet, Hervio, Hirsch, J.P. Lacaze, Leclercq, Loubeyre, Oliver, Ponton, Rousseau, Rousselot, Sato, Sauterey, Tardieu.**

Le procès-verbal de la réunion du Comité du vendredi 26 mai dernier est adopté à l'unanimité

1) Relations avec les architectes :

MM **Block, Lacaze** et **Regard** ont eu récemment un entretien avec les représentants de la Confédération générale des architectes français à l'échelon national

Il s'agissait surtout de faire le point de toutes les activités des groupes régionaux qui ont réuni divers ingénieurs des Ponts et architectes. Il a été décidé de mener une action commune limitée qui a fait l'objet d'un encart dans le numéro de juin du bulletin du P.C.M. et qui concerne l'un des problèmes les plus urgents : trouver des architectes disponibles pour les groupes d'études pluridisciplinaires qui se mettent en place actuellement pour les tâches d'urbanisme.

2) Relations avec les T.P.E. :

Les réactions des camarades au rapport du groupe de travail présidé par M **Dreyfus** ont été analysées.

D'autre part les Ingénieurs des T.P.E. nous ont adressé leur propre point de vue. Il semble postuler que le passage dans le Corps des Ponts et Chaussées n'intéresse pas les Ingénieurs T.P.E. Ceux-ci revendiquent un déroulement complet de carrière dans le Corps des T.P.E. qui comprendrait trois niveaux de grade dont les deux plus élevés équivaldraient à ceux d'Ingénieur des Ponts et Chaussées et d'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Dans ces conditions MM **Hirsch** et **Giraudet** confirmeront aux représentants des T.P.E. que l'étude de groupe **Dreyfus** ne représente pas la position officielle

du P.C.M. mais simplement une approche possible et que leur propre prise de position ne permet pas que des discussions soient menées plus avant pour l'instant.

3) Enseignement à l'École des Ingénieurs des T.P.E. :

MM **Block** et **Lacaze** ont pris récemment contact avec M **Garabiol**, Directeur de l'École des Ingénieurs des T.P.E. pour discuter du contenu des programmes des cours et en particulier de l'organisation d'une option « Urbanisme et Aménagement urbain ». MM **Block** et **Lacaze** ont confirmé à M **Garabiol**, qu'à leur avis l'École des T.P.E. devrait dispenser une formation spécialisée et que l'urbanisme n'était pas une « spécialité ».

4) Situation des Ingénieurs des Ponts ex-T.P.E. —

Examen du rapport Sauterey :

M **Sauterey** indique au Comité qu'une étude récemment menée par un certain nombre d'Ingénieurs des Ponts et Chaussées ex-T.P.E. a montré que certains d'entre eux connaissent un déroulement de carrière anormal.

Il est décidé que le groupe de travail réexaminera au cas par cas les dossiers de ces Ingénieurs et présentera une note au Président qui est prêt à faire une demande auprès de la Direction du Personnel.

5) Relations Ponts Mines :

M **Rousselot** signale au Comité qu'il a rencontré MM **Laffitte, Raïman, Sore** et **Thiebault** pour définir les thèmes que le petit groupe de travail commun Ponts et Chaussées Mines pour étudier. Deux thèmes de réflexion ont été retenus :

- 1) l'enseignement à l'École nationale des Ponts et Chaussées à l'École des Mines et à l'X
- 2) modernisation de nos administrations et rôle des scientifiques dans le développement de l'économie du Pays

Les responsables du premier thème seront MM **Laffitte** et **Thiebault**. Les responsables du deuxième seront MM **Sore** et **Rousselot**. M **Faiman** se partagera entre les deux. Dans les semaines à venir le groupe

adjoindra des camarades de sorte qu'à la rentrée, il soit possible de mettre sur pied une réunion au cours de laquelle auront lieu des débats plus larges qui définiront des thèmes de travail plus précis pour lesquels des petits groupes limités seront constitués.

Le Président évoque les rapports de MM Pierre **Couture** et Pierre Donatien **Cot** pour l'AX sur l'enseignement à l'X et le rôle des Corps scientifiques. Ces rapports seront discutés par le groupe Ponts Mines le plus rapidement possible car ils soulèvent des questions importantes.

6) Relations avec l'Agriculture :

Le décret sur l'aménagement rural vient d'être relayé par le Ministère de l'Agriculture. Ce décret sera débattu prochainement en réunion interministérielle. Les Corps du Ministère de l'Équipement et du Logement vont faire une démarche commune auprès du Ministère pour lui exprimer leur opposition. Le PCM s'associera à cette démarche.

7) Services techniques municipaux :

Le Comité du PCM a été saisi d'une étude faite par les camarades **Deschesne** et **Paufique** sur l'insertion des IPC dans les Services techniques municipaux.

Cette étude a été diffusée auprès de tous les camarades de province auxquels il a été demandé de faire connaître leur opinion.

M **Ponton** a bien voulu accepter de dépouiller les réponses des camarades.

Il organisera une réunion des camarades occupant des fonctions dans des Services techniques municipaux pour faire avancer la définition d'une politique du PCM en la matière.

8) Probleme de l'eau :

Le camarade **Chéret** a été empêché de venir faire son exposé.

9) Questions diverses :

M **Brunot**, Directeur de l'ENPC, a demandé qu'un membre du Comité soit désigné pour siéger au Conseil d'administration de la Société Amicale de Secours. Le camarade **Josse** est désigné.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 17 h 30.

Le Secrétaire
J P **Tardieu**.

Le Président
J **Block**.

le temps c'est de l'argent, la rapidité c'est **Poclairin**

Reprise en chargeur apres minage ou extraction directe dans la butte, triage d'enrochement avec la benne a griffes, decouverte ou abattage en retro, manutentions d'elements, la GC 120 a autant d'utilisations en carriere que de montages possibles. Elle apporte des solutions rentables avec des methodes de travail efficaces : la rapidite du chargement avec la rotation totale, la securite de travail de taille avec la translation hydraulique.

la selection des blocs, meme en hauteur, grace a la portee du bras et a l'articulation du godet, la souplesse et la precision des commandes hydrauliques. Capacite et variete des equipements, rapidite et puissance de la technique hydraulique haute pression se conjuguent dans la GC 120 pour vous offrir les meilleurs rendements au meilleur prix de revient. avec la garantie du Service **POCLAIRIN**.

GC 120



J'essaie
la **GC**

7 Nous sommes interesses par les methodes de travail avec la GC 120 POCLAIRIN en :

Sans engagement de notre part, nous voulons constater vos rendements sur notre chantier par un essai de 48 h.

Nous desirons egalement :

- votre documentation
- une proposition
- votre visite

ENTREPRISE

NOM

ADRESSE

TEL

(rayez la mention inutile)

Mettre une croix dans la case qui vous interesse

Poclairin

60. LE PLESSIS BELLEVILLE - TEL : 11.03 A SENLIS

MUTATIONS, PROMOTIONS et DÉCISIONS diverses

concernant les Corps des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines

M. **Ceylon** David, Ingénieur des Ponts et Chaussées, précédemment au Service Central d'Etudes Techniques est affecté au Service Régional de l'Équipement de la Région Parisienne - Division des Etudes Routières et Grands Ouvrages.

Ces dispositions prennent effet à compter du 16 août 1967

(Arrêté du 1^{er} août 1967)

M. **Paul-Dubois-Taine**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, précédemment à l'Agence de Nancy-Metz du Service d'études et de recherche de la circulation routière, est affecté au même service à Arcueil.

M. **Paul-Dubois-Taine** sera en outre mis à la disposition du Chef du Service Régional de l'Équipement de la Région Parisienne en vue d'étudier le plan de transport de la Région parisienne.

Ces dispositions prennent effet à compter du 1^{er} octobre 1967

(Arrête du 2 août 1967)

M. **Foin**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, est chargé de la 24^e Circonscription d'Inspection générale des Services maritimes en remplacement de M. **Etienne**, admis à la retraite.

Ces dispositions prennent effet à compter du 13 août 1967.

(Arrête du 3 août 1967).

M. **Claudon** Jean-Gérard, Ingénieur des Ponts et Chaussées, précédemment en service détaché, est réintégré pour ordre dans les cadres de son Administration d'origine et placé en disponibilité pour une

période de trois ans éventuellement renouvelable en vue d'entrer à la Banque de Paris et des Pays-Bas.

Ces dispositions prennent effet à compter du 1^{er} novembre 1967.

(Arrêté du 8 août 1967).

M. **Becker** Dominique, Ingénieur des Ponts et Chaussées, précédemment en service détaché, est réintégré dans les cadres de son Administration d'origine et affecté à la Direction de l'Amenagement foncier et de l'urbanisme du Ministère de l'Équipement et du Logement en qualité de chargé de mission.

Ces dispositions prennent effet à compter du 1^{er} juillet 1967.

(Arrête du 10 août 1967).

M. **Grange**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Besançon, est affecté à l'Administration centrale du Ministère de l'Équipement et du Logement pour être mis à la disposition du Cabinet du Ministre

Ces dispositions prennent effet à compter du 16 juillet 1967.

(Arrête du 18 août 1967).

M. **Sato** Louis, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est chargé du Groupe d'Etudes et de Programmation de la Direction départementale de l'Équipement des Hauts-de-Seine.

Ces dispositions prennent effet à compter du 1^{er} septembre 1967.

(Arrête du 24 août 1967).

M. **Thibaud**, Ingénieur des Ponts et Chaussées (1^{re} classe - 1^{er} échelon), précédemment en service détaché, est réintégré dans les cadres de son administration d'origine et chargé du Service des Infrastructures de la Direction départementale de l'Équipement du Gard à Nîmes.

Ces dispositions prennent effet au 1^{er} septembre 1967.

(Arrêté du 29 août 1967).

M. **Charneil**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, est mis à la disposition de la Société centrale pour l'équipement du territoire en vue d'y exercer les fonctions de Directeur délégué à la Région parisienne.

Ces dispositions prennent effet à compter du 1^{er} octobre 1967.

Un arrêté interministériel plaçant M **Charneil** dans la position statutaire de détachement interviendra ultérieurement.

(Arrêté du 29 août 1967).

M **Fabret** Claude, Ingénieur des Ponts et Chaussées, précédemment à Périgueux, est chargé de l'arrondissement fonctionnel III (Service hydrologique centralisateur et Bases aériennes), de la Haute Garonne à Toulouse.

Ces dispositions prennent effet à compter du 1^{er} octobre 1967.

(Arrêté du 11 septembre 1967)

M. Paul **Laurent**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées de 6^e échelon, est admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite à compter du 1^{er} octobre 1967

(Décret du 21 août 1967. J.O. du 27 août 1967)

M. Robert-Marcel **Pierre**, Ingénieur des Ponts et Chaussées de 1^{re} classe, 3^e échelon, est admis, par limite d'âge, à faire valoir ses droits à la retraite à compter du 10 septembre 1967.

(Décret du 21 août 1967. J.O. du 27 août 1967)

M Jean-Paul **Portal**, Ingénieur des Ponts et Chaussées de 1^{re} classe, 3^e échelon, est admis, par limite d'âge, à faire valoir ses droits à la retraite à compter au 10 septembre 1967.

(Décret du 21 août 1967. J.O. du 27 août 1967).

Sont nommés membres du Conseil d'administration de l'Institut géographique national :

— en qualité de représentant du Ministre de l'Équipement et du Logement : M. Jean **Chauchoy**, Ingénieur

Général des Ponts et Chaussées, membre du Conseil général des Ponts et Chaussées ;

— en qualité de représentant du Ministre de l'Industrie : M. Jean **Goguel**, Ingénieur Général des Mines, Directeur du Service de la carte géologique, vice-président du Bureau des recherches géologiques et minières ;

— en qualité de personnalités choisies en raison de leur compétence : M. M Pierre-Donation **Cot**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Directeur général d'Air France.

(Arrêté du 8 juin 1967. J.O. du 27 août 1967)

M Pierre Donatien **Cot**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, Directeur général d'Air-France, est nommé Président du Conseil d'administration de l'Institut géographique national.

(Décret du 23 août 1967. J.O. du 27 août 1967).

Les Ingénieurs des Mines désignés ci-après, inscrits au tableau d'avancement pour l'année 1966, ont été nommés à l'emploi d'ingénieur des Mines et titularisés dans le grade correspondant à compter du 3 décembre 1966 : M. **Matheron** Georges (Service détaché), M **Zaleski** Romain

(Arrête du 9 août 1967. J.O. du 29 août 1967).

M **Gonnet**, Ingénieur en Chef des Mines, a été nommé ordonnateur secondaire pour les dépenses de fonctionnement de l'arrondissement minéralogique de Rennes (avec résidence à Nantes), en remplacement de M **Riffaud**, Ingénieur Général des Mines appelé à d'autres fonctions.

(Arrêté du 11 août 1967 J.O. du 29 août 1967).

Est nommé membre du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique, à compter du 11 août 1967, en qualité de représentant du Premier Ministre lorsque les délibérations du Conseil portent sur les questions relatives à l'emploi des polytechniciens au service de l'État .

— M René **Montjoie**, Ingénieur en Chef des Mines, Commissaire général au Plan d'équipement et de la productivité, en remplacement de M. François **Ortoli**, appelé à d'autres fonctions.

(Arrêté du 11 août 1967 J.O. du 30 août 1967).

Il est mis fin aux fonctions exercées en qualité de chargé de mission à temps plein auprès du préfet de la région du Nord par M. René **Loubert**, Ingénieur des Ponts et Chaussées. Le présent arrêté prendra effet à compter du 15 mai 1967.

(Arrêté du 31 juillet 1967. J.O. du 31 août 1967).

sont nommés chargés de mission à temps partiel auprès du préfet de la région Alsace :

— M **Dupaigne** Jacques, Ingénieur des Ponts et Chaussées, en remplacement de M **Brua** Jacques, Ingénieur des Ponts et Chaussées ;

— M **Ringeisen** Georges, Ingénieur des Mines, en remplacement de M **Aubert** Octave.

Le présent arrêté prendra effet à compter du 1^{er} janvier 1967

(Arrêté du 30 août 1967 J.O du 3 septembre 1967).

L'honorariat du grade d'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées est conféré à M **Pfahl** Henri, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées en retraite

(Decret du 25 août 1967)

Sont nommés membres du Conseil d'administration de l'Agence financière du Bassin Artois Picardie, en tant que représentants de l'Etat :

— MM **Cheret**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées chargé de mission à la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale,

— **Chauchoy**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées, chef du Service technique à la Direction générale des collectivités locales,

— **de Beauregard**, Ingénieur général des Mines, Inspecteur général de la division minéralogique du Nord

Sont nommés membres du Conseil d'administration de l'Agence financière du Bassin Seine-Normandie, en tant que représentants de l'Etat :

— MM. **Cheret**, et **de Beauregard**.

Sont nommés membres du Comité du Bassin Rhin-Meuse en tant que représentants de l'Administration :

— M **Cheret** (délégué du Premier Ministre) suppléant :

— M **Moyen**, Ingénieur des Mines

— M **Chauchoy** (délégué du Ministre de l'Intérieur).

— M **Boucheny**, Ingénieur Général des Mines (délégué du Ministre de l'Industrie), suppléant : M **Servant**, Ingénieur en Chef des Mines, Chef du service technique à la direction des Mines

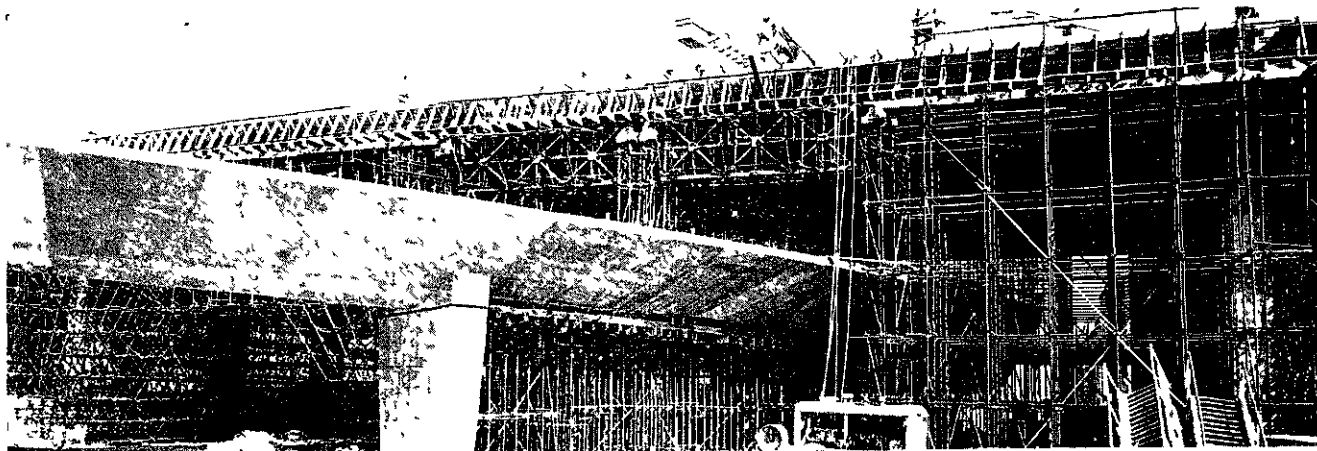
— M **Regard**, Ingénieur en Chef des Mines, Chef de l'arrondissement minéralogique de Metz (délégué du Ministre de l'Industrie), suppléant : M **Ringeisen**, Ingénieur des Mines, Chef du sous-arrondissement minéralogique de Strasbourg

(Arrêté du 30 août 1967 J.O du 9 septembre 1967).

ENTREPOSE

département échafaudages - stockage - 125 rue de saussure - paris 17^e 924.75.89

Avec ses divers matériels, et dans tous les cas ENTREPOSE ÉCHAFAUDAGES apporte la solution technique et commerciale attendue par l'entrepreneur



Entreprise Leon Ballot: bd peripherique - echangeur de la porte de la chapelle.

Le tableau d'avancement des Ingénieurs du Corps des Mines a été dressé comme suit pour l'année 1967

— Pour le grade d'Ingénieur en Chef des Mines

MM **Dautray** Ignace (service détaché)

Closson Jacques

Pottier Jean (service détaché)

Pache Bernard

Lespine Jean (Service détaché)

Esambert Bernard

Rambaud Yves

— Pour la 1^{re} classe du grade d'Ingénieur des Mines :

MM **Froissart** Marcel (Service détaché)

Marle Charles (Service détaché)

Raynal Jacques (Service détaché)

Gunther Jean Baptiste (service détaché)

Cazala Pierre (Service détaché)

Gueron Maurice

Kleman Maurice

(Arrête du 5 septembre 1967. JO du 9 septembre 1967)

M **Vincent**, Ingénieur Général des Ponts et Chaussées est nommé membre de la Commission consultative des marchés pour les marchés de l'Etat.

(Arrête du 10 août 1967 JO du 10 septembre 1967)

Par arrêté du Premier ministre et du Ministre de l'Équipement et du Logement en date du 6 septembre 1967, les Ingénieurs des Ponts et Chaussées dont les noms suivent sont placés en service détaché, à compter des dates ci-dessous, auprès du Secrétaire d'État auprès du Premier Ministre, chargé des affaires algériennes, pour les périodes comprises entre le 12 février 1964 et le 7 janvier 1966 et auprès du Ministre des Affaires étrangères pour les périodes postérieures au 7 janvier 1966, en vue d'exercer des fonctions de leur grade en Algérie au titre de la coopération technique franco algérienne :

MM **Desbazeille** Bertrand, du 9 octobre 1964 au 8 octobre 1967,

Henry Michel, du 10 octobre 1964 au 9 octobre 1967

Grammont Jean du 1^{er} octobre 1964 au 31 octobre 1966,

Roux Hubert du 12 février 1964 au 11 février 1968,

Ouvrard Roger, Ingénieur en Chef, du 24 juillet 1964 au 31 mars 1966,

Tabart Pierre, du 26 juin 1964 au 31 août 1965,

Vial Alain, du 1^{er} janvier 1966 au 31 décembre 1968

(JO du 10 septembre 1967)

naissance

Notre camarade **André Schmit**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, fait part de la naissance de son 9^e enfant, **Philippe**, né le 16 août 1967 à Laxou.

décès

Notre camarade **J.-P. Lacaze** fait part du décès, à l'âge de 3 mois, de son fils adoptif **Sébastien**.

On nous prie de faire part du décès de **M. Edouard Broc**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées en retraite, survenu le 6 septembre 1967 à Niort

On nous prie de faire part du décès de **M. Robert Ferard**, Ingénieur élève des Ponts et Chaussées de 2^e année, survenu le 30 juillet 1967.

INSTITUT DE MÉCANIQUE DES FLUIDES

2, rue Camichel - TOULOUSE — Tel. 22 54 20

LABORATOIRES D'HYDRAULIQUE

Fondés en 1917

Études théoriques et expérimentales de tous problèmes et de tous ouvrages industriels.
Essais sur modèles réduits (débit disponible atteignant 20 m³/s).
Étalonnage de précision.
Essais de réception de centrales et tous essais et mesures.

LABORATOIRE D'AÉRODYNAMIQUE

Soufflerie subsonique de 2,40 m de diamètre, Vitesse max. 40 m/s.
Soufflerie supersonique 0,15 × 0,15, Vitesse max. 2,2 M.
Bassin de carènes 117 m de long et 4 × 4 m de section.
Vitesse de remorquage atteignant 6 m/s.

OFFRES DE POSTES

Société d'Etudes recherche Ingénieur Grandes Ecoles, 35 ans environ, ayant expérience problème Eau pour créer et animer nouveau département.

Prière d'adresser les candidatures à **SOPREMINES** (Société française d'études minières) - 6, rue Rougemont - PARIS 9^e (Tél. 770 23-09).

La **S.E.T.E.C.** (**Saias** - X 44 et **Grimond** - X 46) recherche :

— **Un ingénieur des Ponts et Chaussées** pour projets importants de Génie Civil, de Travaux Publics (Etudes et Surveillance).

— **Un ingénieur des Ponts et Chaussées** pour études d'Economie Générale et d'Economie des Transports.

Ecrire ou téléphoner à : **MM. Grimond** ou **Saias**, 15, quai Paul-Doumer, 92 - Courbevoie, Tél. 333.39-19, Poste 317.

LES ANNALES DES MINES

Sommaire du mois de Juillet-Août 1967

Revue de la situation des combustibles minéraux et des principaux métaux et minerais en France métropolitaine et dans les Territoires d'outre-mer en 1966.

Eléments statistiques 1966 : Table des matières - index, France-Départements et territoires d'Outre-Mer. Autres états d'expression française - Statistiques étrangères.

- Chroniques et divers.
- Statistiques permanentes.
- Chroniques des métaux, minerais et substances diverses.
- Technique et sécurité minières.
- Bibliographie.
- Communiqués.
- Données économiques diverses.

AVIS

Enseignement par correspondance d'acoustique et d'hygrothermique du bâtiment

Le C.S.T.B. organise à partir du 1^{er} octobre 1967, un nouveau cycle d'enseignement par correspondance d'Acoustique et d'Hygrothermique du Bâtiment.

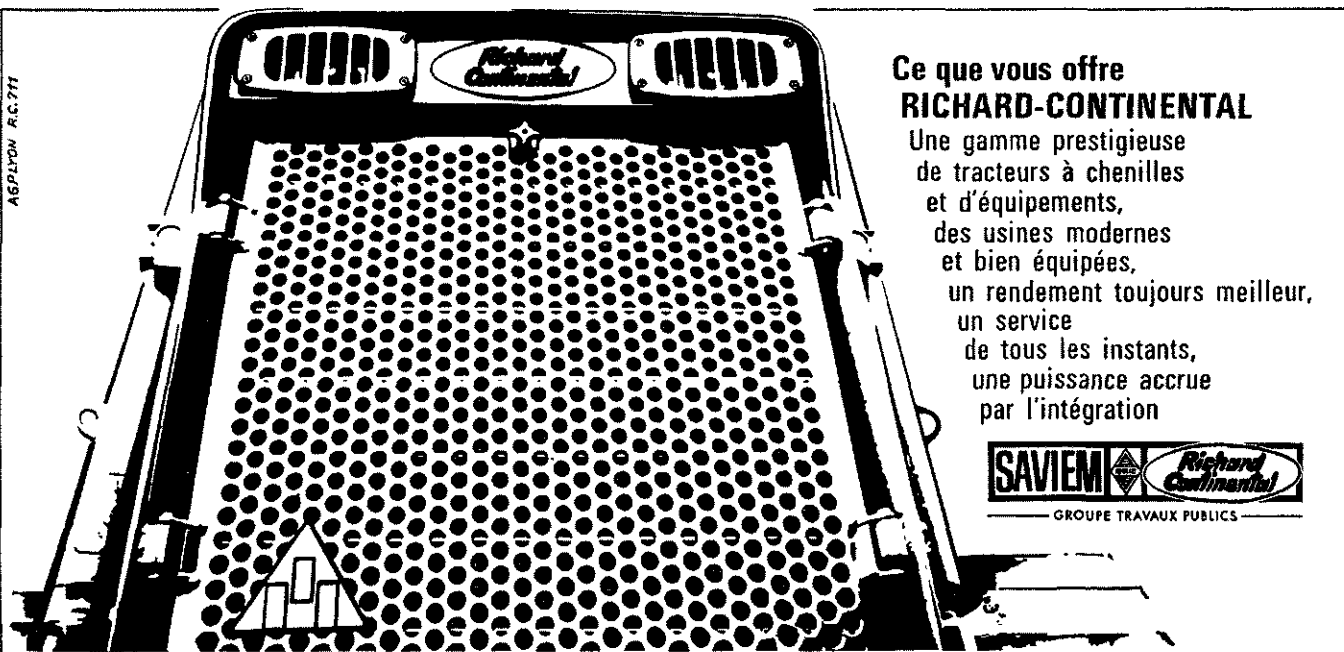
Les inscriptions sont prises du 1^{er} octobre au 31 décembre 1967.

Cet enseignement s'adresse aux Ingénieurs du Bâ-

timent et aux Architectes déjà diplômés ou en fin d'études.

Les renseignements complémentaires et demandes d'inscription sont à demander au C.S.T.B. - Enseignement par Correspondance, 4, avenue du Recteur Poincaré, Paris 16^e, Tél. 288-81-80, poste 339.

AGELYON R.C.711



Ce que vous offre **RICHARD-CONTINENTAL**

Une gamme prestigieuse
de tracteurs à chenilles
et d'équipements,
des usines modernes
et bien équipées,
un rendement toujours meilleur,
un service
de tous les instants,
une puissance accrue
par l'intégration



— GROUPE TRAVAUX PUBLICS —

RICHARD **CONTINENTAL**

1^{er} CONSTRUCTEUR EUROPÉEN DE TRACTEURS A CHENILLES

69 - VILLEURBANNE - TÉL. (78) 84-25-01

ENTREPRISE

BOURDIN & CHAUSSE

S. A. au Capital de 6.000.000 F

NANTES, Rue de l'Ouche-Buron
Téléph. 74-59-70

PARIS, 105, Rue Lafayette
Tél. 878.93.57

TERRASSEMENTS
ROUTES
ASSAINISSEMENT
RÉSEAUX EAU & GAZ
GÉNIE CIVIL

SOLETANCHE

le spécialiste du sol

sondages
forages
injections
parois et
pieux forés
puits filtrants
rabattements
de nappe
captages

7, rue de Logelbach
Paris 17^e
CAR. 65-73 - MAC. 25.-00

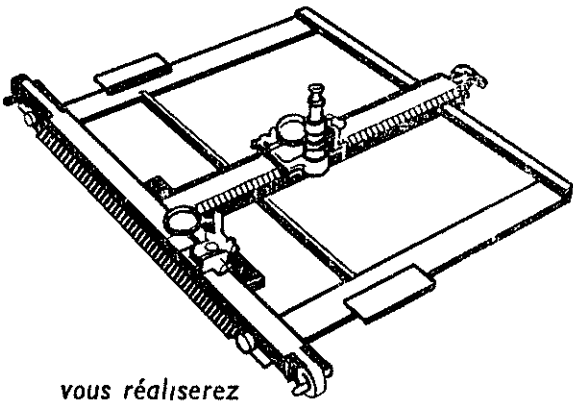
AGENCES : Lyon • Aix-en-Provence • Nancy • Bordeaux
Alger • Rabat • Téhéran • Mexico • Hong-Kong

FILIALES : Londres • Munich • New-York • Montréal

PUBLICIT

INSTRUMENTS DE MESURE ET
DE CONTROLÉ DE PRÉCISION

avec les **COORDINATOGRAPHES**
(fabrication suisse)



vous réaliserez
vos dessins avec précision et rapidité

BLET

PARIS, 132, Fbg St-Denis (X^e)
Tel COMBAT 44 16 (3 lg gr)

LYON - BORDEAUX - STRASBOURG
TELEX BLET PARIS N° 23 899

COMPACTEUR A PNEUS AUTOMOTEUR

Richier

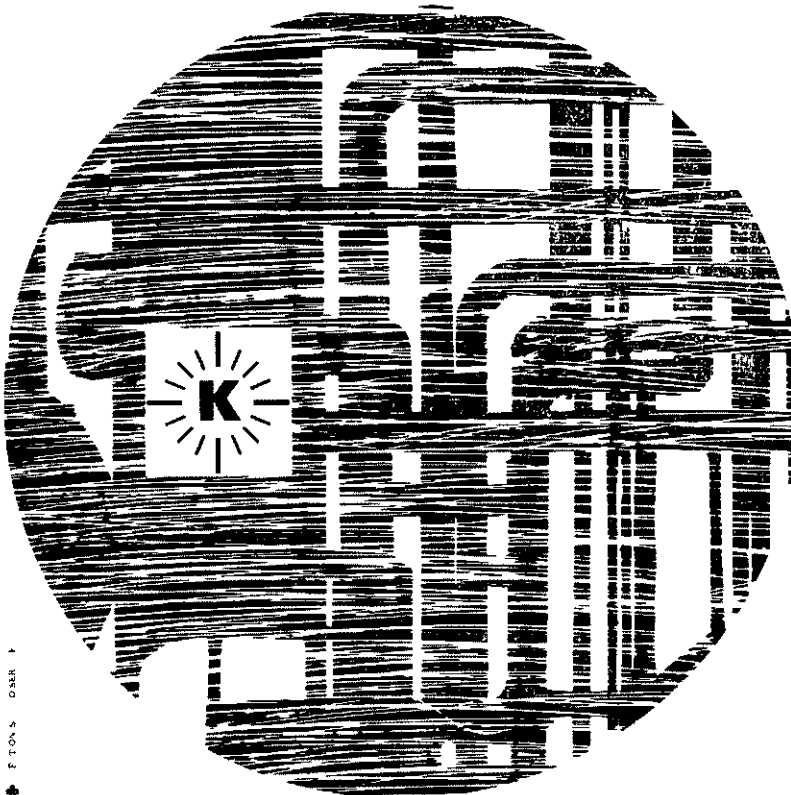
VR 920 P

9-22 tonnes



- Compactage des terrassements, des assises de chaussées des enrobes, des betons bitumineux des sols ciment
- Mise en place des gravillons sur enduits superficiels

GROUPE RICHIER 7, Av. Ingres, 75-PARIS (16^e)
Tél. 288.99.30



société des usines chimiques

**UGINE
KUHLMANN**

25, Bd de l'Amiral Bruix-Paris 16^e-Tél.553 50-50

produits chimiques
à usage industriel,
agricole, pharmaceutique
et métallurgique

UNION COMMERCIALE DU PORPHYRE

(LESSINES-QUENAST ET BIERGHES)

François Bernard

50, RUE NICOLAS LEBLANC - LILLE

Téléphone 54.66.37 - 38 et 39

*

Tous matériaux de viabilité

**MACADAMS
GRENAILLES
SABLES, etc**

*

*Livraisons rapides pour toutes quantités
par Eau, Fer et Route*

compagnie générale des eaux

52 rue d'Anjou Paris (8^e) ■ 265 51 20

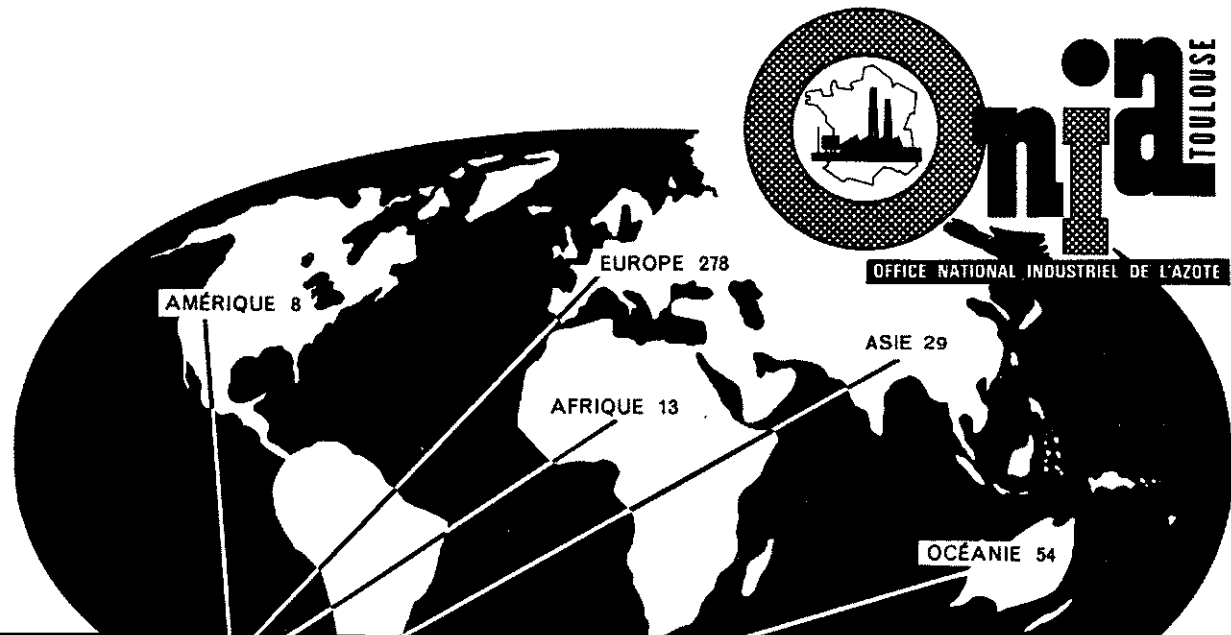
exploitation des services de distribution d'eau

- affermage
- concession
- gérance

exploitation des installations

- d'épuration des eaux usées
- de destruction
des ordures ménagères
- de production
et de distribution de chaleur

C 1 defractal



**PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION
(ONIA et ONIA - GEGI)
ET DE DÉSULFURATION (ONIA)
DANS LE MONDE**

**PRODUITS INDUSTRIELS
ET DÉRIVÉS AZOTES SPÉCIAUX
PROCÉDÉS D'ENGINEERING
(GAZÉIFICATION, DÉSULFURATION
RÉDUCTION DIRECTE DES OXYDES DE FER)
PRODUITS FERTILISANTS AZOTÉS
POUR L'AGRICULTURE**



TRAITEMENT DES RÉSIDUS URBAINS

- **INCINÉRATION**
avec production de
VAPEUR, EAU CHAUDE
ET COURANT ÉLECTRIQUE

FOURS système **CEC** spécialement conçus pour

- les petites moyennes et grandes puissances de destruction
- l'incinération d'ordures à bas pouvoir calorifique
- l'incinération d'ordures et de déchets industriels à haut pouvoir calorifique
- la récupération de chaleur par groupe à haut rendement thermique

35

**USINES D'INCINÉRATION
D'ORDURES MÉNAGÈRES**

des systèmes construits par



notamment des systèmes
"VÖLUND C.E.C." et "VENIEN C.E.C."
sont installées dans le monde

CARBONISATION, ENTREPRISE ET CÉRAMIQUE
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 29.000.000 DE FRANCS
4 et 8 Place des États-Unis **MONTROUGE** Téléphone : 953-78-10

REV. 11/82/83

BIACHE SAINT-VAAST

ACIER :

TOLES MINCES ET FEUILLARDS
LAMINES A FROID

CIMENTS :

PORTLAND ARTIFICIEL
CIMENTS DE LAITIER

.....

SIEGE SOCIAL :

28, rue Saint-Paul - PARIS (4^e)

USINES A :

BIACHE SAINT-VAAST (P.de-C.)

GABIONS MÉTALLIQUES DOUBLE TORSION

Défense de berges - Digue - Epis
Soutènement de terrain
Protection de piles et de culées de pont

Renseignements et Études :

Chambre Syndicale des Fabricants
de GABIONS MÉTALLIQUES

13-15, rue Eugène Flachat

Tél. 380.00.39

PARIS 17

SALVIAM

Tous TRAVAUX ROUTIERS

BETONS BITUMINEUX

TARMACADAM

EMULSIONS DE BITUME

CONSTRUCTION DE PISTES

d'ENVOL et de CIRCULATION

SIEGE SOCIAL : 2, Rue Pigalle — PARIS-9^e

Téléphone TRI : 59 74

AGENCES DOUAI, METZ, ORLEANS, NIORT

FORCLUM

67, Rue de Dunkerque — PARIS-IX^e

Trudaine 74-03

**TOUTES INSTALLATIONS
ÉLECTRIQUES**

ECLAIRAGE PRIVE ET PUBLIC

EQUIPEMENT USINES ET CENTRALES

TABLEAUX

RESEAUX DE DISTRIBUTION

LIGNES ET POSTES TOUTES TENSIONS

DUMEZ

**TRAVAUX PUBLICS
OUVRAGES D'ART
BÉTON ARMÉ
BATIMENTS**

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 30.000.000 F

142, Boulevard MALESHERBES - PARIS 17^e

TEL. : 622-41-70

Pieux et Parois moulées dans le sol



ÉTANCHEMENTS et FONDATIONS
SPÉCIALES

10, RUE CHARDIN — PARIS (16^e)

TÉL. : 870-98-18

G. E. C. T. I.

**SOCIÉTÉ D'ÉTUDES
DE GÉNIE CIVIL
ET DE TECHNIQUES
INDUSTRIELLES**

Siège Social : 59 bis, avenue Hoche - PARIS (8^e)
Tél. : 227 10-15

Études complètes
de tous projets de Génie Civil
et d'Équipements Industriels

Assistance Technique
pour la conception,
l'organisation des chantiers
et la détermination
des moyens d'exécution

PSYCHO. PUB 603

ENTREPRISE

GAGNERAUD

PÈRE & FILS

S. A. R. L. au Capital de 10.000.000 F.

7 et 9, Rue Auguste-Maquet

— PARIS XVI^e —

TÉL. AUTEUIL 07-76
et la suite

FONDÉE EN 1886

Travaux Publics

Terrassements

Béton armé précontraint

Bâtiments - Viabilité

Travaux Routiers

Revêtements bitumeux

Exploitation de Carrières



AGENCES

VALENCIENNES - DENAIN
MAUBEUGE - DUNKERQUE (Nord)
LE HAVRE (Seine-Maritime)
PARIS (Seine)
MANTES (Seine-et-Oise)
PERIGUEUX (Dordogne)
MARSEILLE (Bouche-du-Rhône)
CONSTANTINE (Algérie)
CASABLANCA (Maroc)
BUENOS-AIRES (Rép. Argentine)

SOCIÉTÉ ANONYME
DES ÉTABLISSEMENTS

LASSAILLY & BICHEBOIS

37, Boulevard Brune - PARIS 14^e

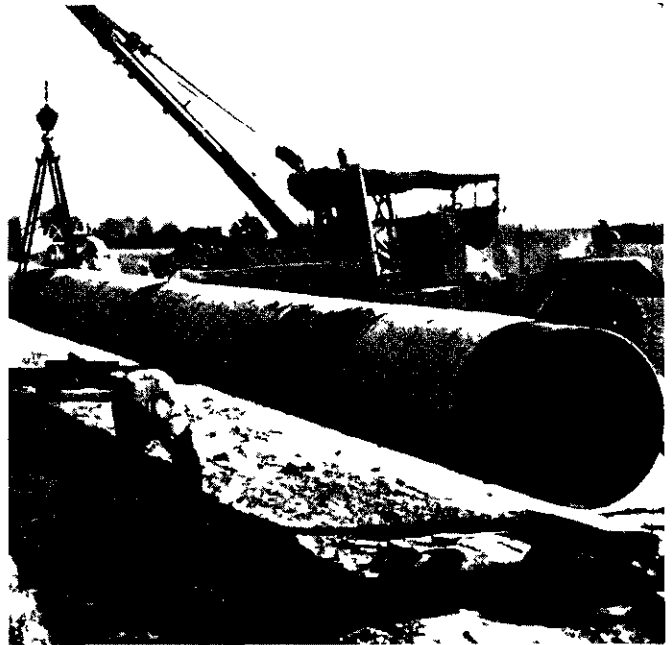
Tél. Vau. 87.69

TOUS TRAVAUX ROUTIERS

TRAVAUX HYDRAULIQUES

TAPISABLE -- ENDUISABLE

GOUDRONS -- EMULSIONS



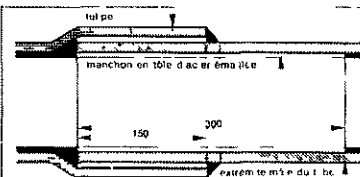
Une technique nouvelle pour les canalisations d'eau : les tubes hydracier,

à joint G

Les tubes HYDRACIER sont munis extérieurement du revêtement "C" (Complexe de soie de verre et de Carboplast - marque déposée) et revêtus intérieurement d'un enduit épais à base de bitume de pétrole

Un joint spécial - le joint G - assure la continuité du revêtement intérieur et évite tout échauffement dangereux au moment de l'exécution de la soudure des tubes entre eux

Dans des cas particuliers, les tubes HYDRACIER peuvent être assemblés par un joint mécanique, le joint "H"



Joint G
le manchon
en tôle d'acier émaillée
assure la continuité
du revêtement intérieur

stecta ^{HA}

22 rue de la Jonchère - La Celle Saint-Cloud
tel 969 94-00 et 96-00

Demandez notre documentation sur

TUBES ACIER
eau et gaz tous revêtements
TUBES P.V.C. LUCOFLEX pour
adduction d'eau et irrigation

TUBES POLYETHYLENE PENAFLEX
pour adduction d'eau et irrigation
BUSES METALLIQUES NORPROFIL
circulaires ou arches

SOCIÉTÉ DES GRANDS TRAVAUX DE MARSEILLE

Société Anonyme au Capital de 35.392.500 Francs

Siège Social : **25, Rue de Courcelles, PARIS (8^e)** - Tél. 359-64-12

Aménagements hydroélectriques - Centrales nucléaires - Centrales thermiques
Constructions industrielles - Travaux de Ports - Routes - Ouvrages d'art
Béton précontraint - Canalisations pour fluides - Canalisations électriques - Pipe-Lines

Sté Métallurgique Haut-Marnaise

JOINVILLE (Haute-Marne)

TELEPHONE 320 et 321



*Tout ce qui concerne le matériel
d'adduction et de distribution d'eau :*

Robinets-Vannes - Bornes-Fontaines - Prises d'Incendie - Poteaux d'Incendie normalisés à prises sous coffre et apparentes - Bouches d'Incendie
Robinetterie - Accessoires de branchements et de canalisations pour tuyaux :

Fonte - Acier - Eternit - Plomb - Plastiques

Joints « PERFLEX » et « ISOFLEX »

Ventouses « EUREKA »

Matériel « SECUR » pour branchements
domiciliaires

Raccords « ISOSECUR »

**ÉQUIPEMENT DES CAPTAGES
ET DES RÉSERVOIRS**

Capots - Crépines - Robinets-Flotteurs
Gaines étanches - Soupapes de Vidange
Dispositif de Renouvellement Automatique
de la Réserve d'Incendie dans les Réservoirs

COMPAGNIE GÉNÉRALE

DES

GOUDRONS et BITUMES

74-76 rue J.-J. Rousseau, PARIS

Tél. 488-62-62 et 488-62-63

TRAVAUX ET FOURNITURES

Goudrons - Asphaltes

Enrobés - Émulsions

USINES

Persan-Beaumont — Nice — Perpignan

Cabrières d'Avignon

Cie Marocaine des goudrons et bitumes Casablanca

3, rue La Boétie
PARIS 8^e



Téléphone
ANJOU 10-40

**TOUS TRAVAUX
SUR Routes et Aérodrômes**

Compagnie de Remorquage et de Sauvetage

"LES ABEILLES"

S.A.R.L. au Capital de 4.625.000 F
Reg du Commerce . Havre 56 B 294

SIÈGE SOCIAL - DIRECTION - EXPLOITATION

Quai Lamandé - LE HAVRE

Téléphone N° 42.51.00 et 42.61.67

AGENCE DE PARIS : **MM. LEGRAND Frères**

13, rue de la Grange-Batelière (9°)

Tél. LAFITTE 07-18 - 07-19

SERVICE DE DIGITALISATION

Transformation automatique de toute courbe, dessin ou diagramme en une succession de valeurs numériques permettant de traiter en ordinateur les problèmes les plus complexes et les plus divers : en particulier : calcul des remblais et des déblais à partir des courbes de niveau et du tracé d'une route.

COMPAGNIE DE SERVICES NUMÉRIQUES

17, rue Montbrun, PARIS 14° — 707-33-56

ENTREPRISE RAZEL FRÈRES

Société Anonyme au capital de 28 millions de Frs

17 rue de Tolbiac - 75-PARIS — Tél. 707-45-59

Adr. Teleg. RAZELFRER PARIS — Telex : 25.853 Paris

ALGER - DOUALA - LIBREVILLE - ADDIS-ABEBA



OUVRAGES D'ART TRAVAUX PUBLICS ET PARTICULIERS

ROUTES - CANAUX - CHEMINS DE FER
INSTALLATIONS INDUSTRIELLES
— LIGUES ET BARRAGES —
TERRAINS DE SPORT - PISTES D'ENVOL

TRAVAUX PUBLICS BETON ARME et PRECONTRAIT OUVRAGES D'ART

SOCIÉTÉ DES ENTREPRISES

BOUSSIRON

522-01-89

10, Boul. des Batignolles — PARIS (17°)
ALGER — CASABLANCA — ABIDJAN
ATHENES — PAPEETE

STATIONS DE POMPAGE

Centrifuges et à pistons
Hydro-pompes et centrifuges
verticales pour puits profonds

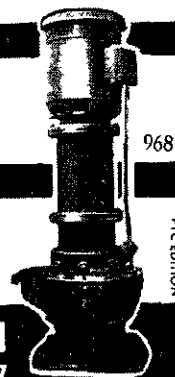
POMPES DILACÉRATRICES

et pompes spéciales pour
relèvement d'eau d'égouts

POMPES D'ÉPREUVE ET POMPES À DIAPHRAGME

POMPES MENGIN

220, rue E. MENGIN - MONTARGIS - TÉL. : 97



TERRASSEMENTS ET GÉNIE CIVIL

SIÈGE SOCIAL 77-79, Av. RAYMOND-POINCARÉ - PARIS 16° - Tél. 553-27-29

GROS TERRASSEMENTS - TRAVAUX ROUTIERS

CENTRE DE PONTAULT-COMBAULT (77)

112, Av. DE LA RÉPUBLIQUE - Tél. : 155

CENTRE DE LYON (69)

69, RUE DES CHANNÉES - Tél. 77-60-09

CENTRE DE DIJON/LONGVIC (21)

RUE DES PETITES INDUSTRIES - Tél. : 30-04-83

SOCIÉTÉ D'AMÉNAGEMENT URBAIN ET RURAL

5, Rue de Talleyrand - PARIS-7^e - INV. 55-79

S. A. U. R.

EXPLOITATION DES SERVICES DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE

ANGOULEME, ANNONAY, CAHORS, CHALON-SUR-SAONE, CHATEAUDUN, COMPIEGNE, NANTES, PAU,
LA ROCHELLE, LA ROCHE-SUR-YON, MONTPELLIER, VANNES, — ABIDJAN

Bureau d'Etudes Techniques

BE. GE. CE.

15, Bd Foch, VILLERS-LES-NANCY

Tél. (28) 53-54-38 +

GENIE CIVIL

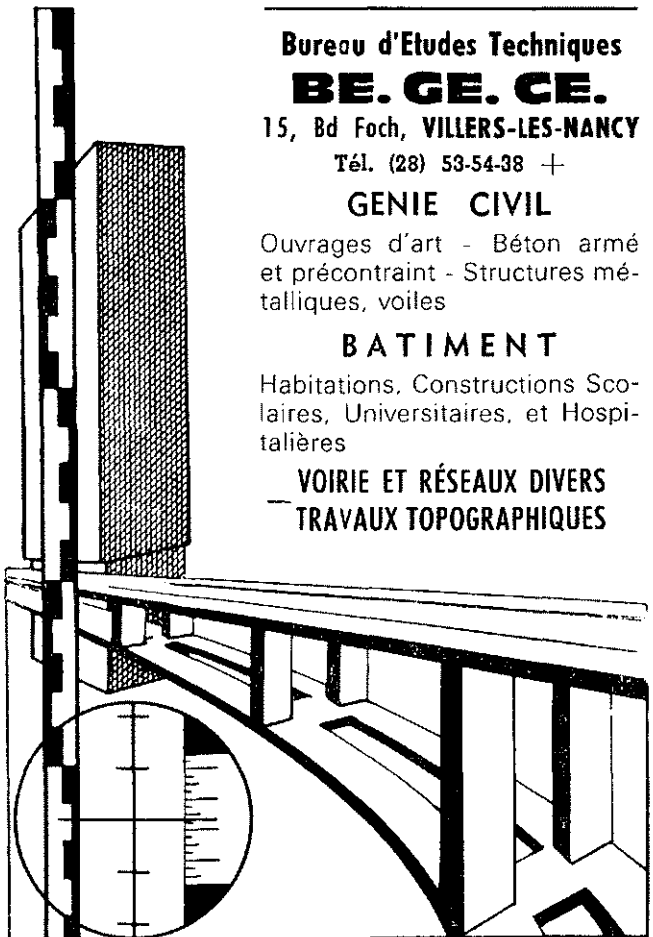
Ouvrages d'art - Béton armé
et précontraint - Structures mé-
talliques, voiles

BATIMENT

Habitations, Constructions Sco-
laires, Universitaires, et Hospi-
talières

VOIRIE ET RÉSEAUX DIVERS

— TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES



Verticalité absolue...

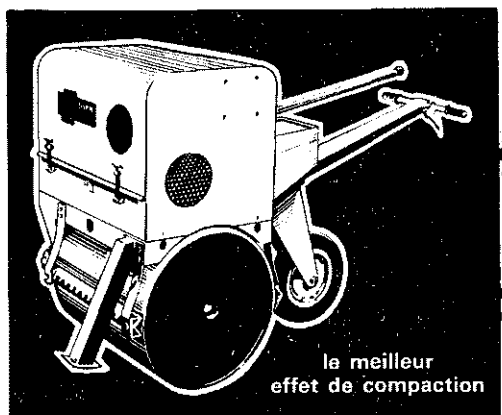
Dans le procédé FRANKI, le tube est tiré dans le sol par battage sur un bouchon de béton sec qui obture la base du tube et entraîne celui-ci par frottement. Il en résulte une verticalité absolue du pieu.

Demandez la brochure illustrée n° 1 à

PIEUX FRANKI

54, rue de Clichy, PARIS - 9^e

Téléph. : TRInité 01-21 (4 lignes)



le meilleur effet de compaction

ROULEAU VIBRANT

AUTOMOTEUR
type **JC 71 B**

POIDS : 515 kg
FRÉQUENCE DE VIBRATION : 4.500/mn
LARGEUR CYLINDRÉE 0,71 m

ROULEAUX COUTHON

10, RUE GERMAIN-NOUVEAU - 93 S-DENIS - TÉL. 752 27-78

Société Routière Colas, 39, rue du Colisée, PARIS (8^e), 359-39-63

Routes

Aérodromes

Travaux Hydrauliques

Viabilité



P Cayotte X 25
Directeur Général

RÉGIE GÉNÉRALE de CHEMINS de FER et TRAVAUX PUBLICS

Société anonyme au Capital de 5.400 000 F.
Siège Social : 52, rue de la Bienfaisance - PARIS (8^e)
Tel. : LAB 76 27 (lignes groupées) - Telegr. : REGIVIT-PARIS

TRAVAUX PUBLICS ET PARTICULIERS

TERRASSEMENTS — CHEMINS DE FER — PONTS ET GRANDS
OUVRAGES — REVÊTEMENT DE ROUTES MODERNES —
BARRAGES — PORTS MARITIMES — CANAUX — AÉRODROMES
— TRAVAUX SOUTERRAINS — BATIMENTS —

EXPLOITATION DE RÉSEAUX FERRÉS

Société Métallurgique de la Meuse FORGES ET ACIÉRIES DE STENAY

S A au Capital de 765 000 F

Siège Social : STENAY (Meuse) — Téléphone 9

Bureau de PARIS : 8, rue de Chamilly
Teleph LAMARTINE 83 82

Aciers Moulés — Bruts et Usinés

TRAVAUX ROUTIERS TERRASSEMENTS CYLINDRAGES

SALEUR & C^{IE}

(Ing. A et M)

Société à responsabilité limitée - Capital 330.000 Francs

15, rue de Belfort - ANGERS B.P. 155
Tél. 88-02-28 (lignes groupées)

TRAVAUX DANS LA FRANCE ENTIÈRE
MATÉRIEL EN PERMANENCE RÉGION PARISIENNE

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE TRACTION SUR LES VOIES NAVIGABLES

54, Avenue Marceau - PARIS (8^e)

Telephon: BALzac 05-70 et 71
Ely 55-73

SELLIER-LEBLANC & SES FILIALES

Laitiers et concassés

Tout venant, macadam, gravillons, sables, claie, dispo-
nibles sur dépôts à AUBERVILLIERS, GAGNY, BOURG-
la REINE

Transport par fer, déchargement, stockage, livraison de
tous matériaux de viabilité dans la région parisienne

CARRIÈRES DE LA MEILLERAIE

Diorite bleue de Vendée

Porphyre bleu et rouge de Bourgogne

Enrochements, ballast, macadam, gravillons, tout venant,
sables, livraison par camions, wagons, trains complets.

CARRIÈRES DE VIGNATS

Quartzite de Normandie

Enrochements, ballast, macadam, gravillons, tout venant,
sables, livraison par camions, wagons, trains complets

LA LIGNE BLANCHE

Les spécialistes du marquage au sol par procédé ther-
moplastique

Routes, Aérodromes, Voies, Parkings... etc.

Produit antidérapant Sechage instantané

Garantie réelle de 18 mois à 4 ans

Directions administratives et commerciales :

43, boul Joffre, BOURG la REINE - 92 - Tél 702 43 00

L'Entreprise Industrielle

Entreprises Electriques et Travaux de Génie Civil

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 20.000.000 DE FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 29, RUE DE ROME, 29 — PARIS VIII^e

SOCIÉTÉ DES ROUTES MODERNES

Société anonyme au Capital de 1.500.000 F.

Siège Social :

12, rue d'Aguesseau, PARIS (8^e), Tél. ANJ 52-94 et 95

Agences : 33 - BEGLÈS - 80 - AMIENS - 69 - LYON - 35 - RENNES

REVETEMENTS HYDROCARBONÉS
ET EN BETON DE CIMENT

ROUTES - AUTOROUTES - AERODROMES
VOIRIE URBAINE ET INDUSTRIELLE

CHASSE-NEIGE MODERNE

(Système L. BAUCHON)

ETRAVES, LAMES BIAISES
TRIANGLES REMORQUÉS SUR ROUES
à commandes pneumatiques ou hydrauliques

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS DURAND

Rue Raspail — GRENOBLE — Tél. 22-86

PÉTRISSANS & C^{ie}

Société Anonyme au Capital de 500.000 F.

48, rue Larévellière — 49 - ANGERS

Téléphone : 87-74-28

R.C. Angers 59 B 38

TRAVAUX SOUS-MARINS - TRAVAUX PUBLICS

SPÉCIALISTE des OUVRAGES d'ART

RECONNAISSANCES - VISITES - PROFILS
DÉCOUPAGE DES MÉTAUX ET BOIS
SOUDURE DES MÉTAUX FERREUX
FORAGE DES BÉTONS - SCELEMENTS
MAÇONNERIE ET INJECTIONS DE MORTIER
CURAGE DES PUIITS ET AQUEDUCS
REMISE EN ÉTAT DES STATIONS DE POMPAGE
TOUS TRAVAUX DE DÉROCTAGE
MISE EN PLACE D'ENROCHEMENTS
TOUS TRAVAUX D'ÉTANCHÉITÉ
TOUTES INTERVENTIONS SOUS-MARINES
TÉLÉVISION SOUS-MARINE

ENTREPRISE J.-B. HUILLET & ses Fils

Société Anonyme au capital de 300.000 francs

Siège Social : COUR-CHEVERNY (Loir-et-Cher)

Bureaux : 15, rue Chanoineau, TOURS (I.-&-L.) Tél. 53-64-25

PUITS FILTRANTS - PUIITS PROFONDS
CAPTAGES - SONDAGES - FONDATIONS
SCAPHANDRE - TOUS TRAVAUX D'EAU

Concessionnaire exclusif du filtre anti-sable Ch. CUAU

Tous les problèmes de l'eau et des fondations - Études

Sté des Carrières

de **QUARTZITE**
à **JEUMONT - 59**

Gravillons durs et anti-dérapants.
Matériaux lavés, contrôle laboratoire
permanent.

SOCIÉTÉ DE GÉNIE CIVIL ET BATIMENT

MOISANT-LAURENT-SAVEY

S. A. au Capital de 4.000.000 F

GÉNIE CIVIL
OUVRAGES D'ART
BATIMENTS

Siège Social : 14, rue Armand-Moisant — PARIS
Tél. 566-78-72 - 783-82-13

Agences : NANTES, RENNES et LYON

SCHUBEL & Fils S.A.

au capital de 1.549.935 francs

Siège Social : 6, rue André-Kiener
Zone Industrielle Nord COLMAR (Haut-Rhin) - Tél. 41.15.50

Succursale : STRASBOURG (Bas-Rhin)
170, rue du Polygone - Tél. 34.47.83

TRAVAUX ROUTIERS

Aménagements extérieurs - Voirie et assainissement
- Espaces verts - Cours - Parcs - Voies d'accès -
Terrains de sports.

BATIMENT

Isolation de terrasses - Isolation phonique et ther-
mique des planchers.

VIASPHALTE

Société Anonyme au capital de 6.000.000 de F.
SIEGE SOCIAL : 92-98, Bd Victor-Hugo, 92 - CLICHY
Téléphone : 270.64.60

ROUTES
AERODROMES
CANAUX

Le spécialiste des fondations et revêtements

TERRASSEMENTS — AMELIORATION
DES MATERIAUX — SOL EN GRAVE
CIMENT — SOL EN GRAVE BITUME
— CONCASSAGE — ENROBES DENSES
— ASSAINISSEMENTS — V.R.D. —
SOLS D'USINES

Agences :

Châlon-sur-Saône : Tél. 48.32.51 — Vitry-le-François : Tel.
41.81.11/355 — Toulouse : Tél. 62.45.21 - Brétigny-sur-Orge :
Tél. 490.02.55 ou 09.20 ou 09.21 — Nîmes : Tél. 67.85.11

S. A. C. E. R.

Société Anonyme au Capital de 11.340.000 F

Siège Social : 1, rue Jules-Lefebvre, Paris 9^e

Téléphone : 874 35-34

ROUTES - AÉRODROMES
en béton bitumineux et béton de ciment
VOIRIE URBAINE ET RURALE
REVÊTEMENTS DE BERGES
COURS DE GARES ET D'USINES
TERRAINS DE SPORT
PRODUITS SPÉCIAUX NOIRS OU COLORÉS

Directions Régionales :

PARIS - RENNES - SEGRÉ - BESANÇON
CLERMONT-FERRAND - GRENOBLE
TOULOUSE - MARSEILLE

Filiale Marocaine :

S.M.E.R. Siège Social : CASABLANCA

Filiale pour l'Algérie :

SACERAL : ALGER - EL BIAR

J. B. SATTANINO

Entreprise Générale de Travaux Publics

Travaux Routiers -- Revêtements spéciaux

Exploitations de Carrières -- Sables et Gravieres



CADILLAC-SUR-GARONNE

(GIRONDE)

Tél. 62.00.35

ÉTABLISSEMENTS

CARETTE-DUBURCQ

S.A.R.L. au Capital de 3.000.000 de F.

TRAVAUX PUBLICS

TERRASSEMENTS - ROUTES - V. R. D.
VOIES FERRÉES

43 à 49, rue du Luxembourg
Tél. 73-67-11 (5 lignes) **ROUBAIX**

SERI 
RENAULT ENGINEERING

TEL : 967-61-00

**UN CONSEILLER
UN SPECIALISTE
UN MAITRE D'ŒUVRE**

**pour promouvoir
ajuster et
réaliser
vos projets**

130 RUE DES BONS RAISINS
92 - RUEIL MALMAISON

D. BOUTIER, S.A.

ENTREPRISE

JEAN SPADA

S.A. au capital de 8.400.000 F.

22, AVENUE DENIS-SEMERIA — NICE
Tél. 89-15-32 (8 lignes groupées)

**TRAVAUX PUBLICS
ET PARTICULIERS**

CARRIERES

BALLASTIERES

TRANSPORTS

Reg. Com. Nice 58 B 455
C.C.P. Marseille 769-40

La Compagnie Générale de Géophysique
50 ans d'expérience dans le monde
met à votre service ses techniques : *Electriques*

Sismiques
Gravimétriques

TYPES DE PROBLÈMES TRAITÉS

- Détermination des épaisseurs des terrains meubles et altérés (cubages des terrains à décapier)
- Exécution de courbes cotées du toit de la roche saine et recherche de gorges éventuelles.
- Mesures dynamiques en mécanique des roches (modules élastiques, amortissement de l'énergie dans les roches).
- Recherche des zones broyées, fissurées et décomprimées.
- Mesure de l'anisotropie des massifs rocheux.
- Etude de la répercussion de la construction d'un barrage sur les nappes alluviales situées en aval. Irrigation des zones nouvelles.
- Etude des fuites avant et pendant la mise en eau d'un barrage.
- Recherche de matériaux pour la construction des ouvrages.
- Etude des tracés de galeries, conduites forcées, canaux de fuite.
- Mesures d'ébranlements naturels ou provoqués sur les ouvrages d'art.
- Recherche de cavités nuisibles aux fondations d'ouvrages.

COMPAGNIE GÉNÉRALE de GÉOPHYSIQUE
50, rue Fabert - PARIS - VII^e - Tél. 468.46.24

Compagnie Générale de Travaux d'Hydraulique

SADE

28, rue de La Baume PARIS VIII^e
Tél. 359.61.10

adductions d'eau

forages - captages

pompages - réservoirs

canalisations

traitement des eaux

potables et industrielles

assainissement

création de réseaux

sondages et forages

forages horizontaux

pipe-lines feeders

BATIMENT
TRAVAUX PUBLICS
Exploitation de Carrières

Entreprise TERRADE Père & Fils

Société à responsabilité limitée au Capital de 1 120 000 F.

18, rue du Colonel-Denfert, 18
71 - CHALON-sur-SAONE

R.C. CHALON 55 B 19 — Téléphone 48-34-82

Société Armoricaine d'Entreprises Générales

Société à Responsabilité limitée au Capital de 1 000 000 F

TRAVAUX PUBLICS
ET PARTICULIERS

SIEGE SOCIAL :
7, Rue de Bernus, VANNES
Telephone : 66 22 90

BUREAU A PARIS :
9, Boul des Italiens
Telephone · RIC 66 08

ARMAND MARC & FRERES S.A.

TRAVAUX PUBLICS - BATIMENTS



TEL 44 32 16 +
110 allée rue P Semard
B R E S T

travail au sec
travail à l'aise

**vêtements
de travail
imperméables
Rémy DELILE**

les tissus enduits, ou les toiles imperméabilisées,
protègent des intempéries et de l'humidité
les coutures piquées et soudées assurent une
totale étanchéité
la coupe étudiée laisse une complète liberté de
mouvement

les vêtements de travail
imperméables
Rémy DELILE
**souples et résistants
ne fatiguent pas
ne se fatiguent pas**

ETS Rémy DELILE fondés en 1848
20, rue Florent-Cornilleau Angers (M.-&-L.)

Manufacture de Caoutchouc

R. PINCET & J. BARATTE

10, Rue de l'Oasis — PUTEAUX
Tél. Longchamps 03.22 - 36.20 - 36.21

Appuis frettés S.T.U.P. procédé Freyssinet
Joints de dilatation pour Ouvrages d'Art
types P.B.S. et F.T.

Joints lourds types A bis, D et G
du dossier JADE du S.S.A.R.

Le Caoutchouc de précision pour l'Industrie
et les Travaux Publics

PELLES EIMCO

2, rue de Clichy

PARIS (9)

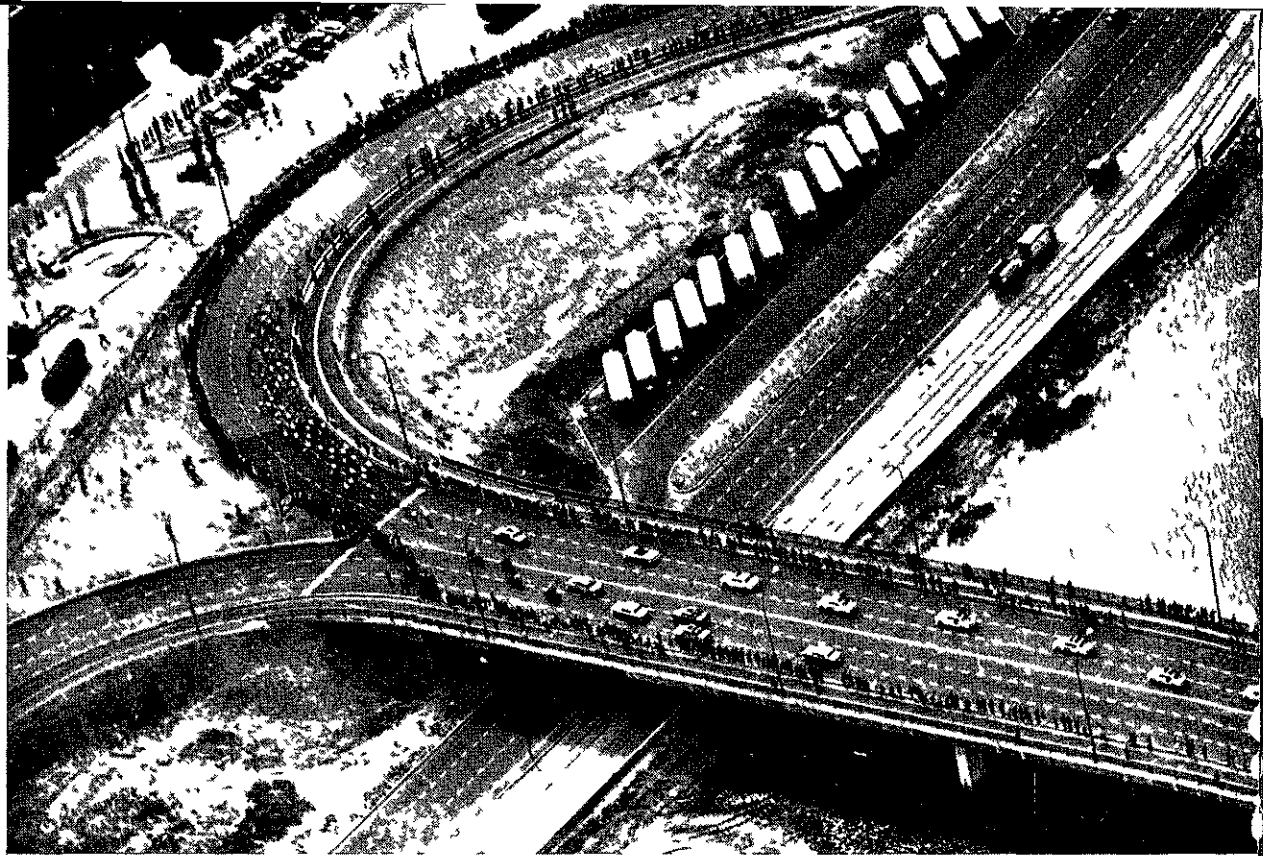
Téléphone : TRINITE 69-47 (2 lignes)

Télégrammes EMCOR-PARIS

SOCIETE DES ENTREPRISES
LIMOUSIN

TRAVAUX PUBLICS OUVRAGES D'ART
BETON ARME ET PRECONTRAINTE

S.A. Capital 2.500.000 F
20 Rue Vernier PARIS 17
Tel: 380 0176



PRISMO FRANCE AU SERVICE DES OUVRAGES D'ART
LE NOUVEAU PONT DE BORDEAUX SIGNALISÉ EN PEINTURE PRISMO

PRISMO FRANCE

53, Rue Jean-Bonal
92 — LA GARENNE-COLOMBES
Tél. : 782-35-00