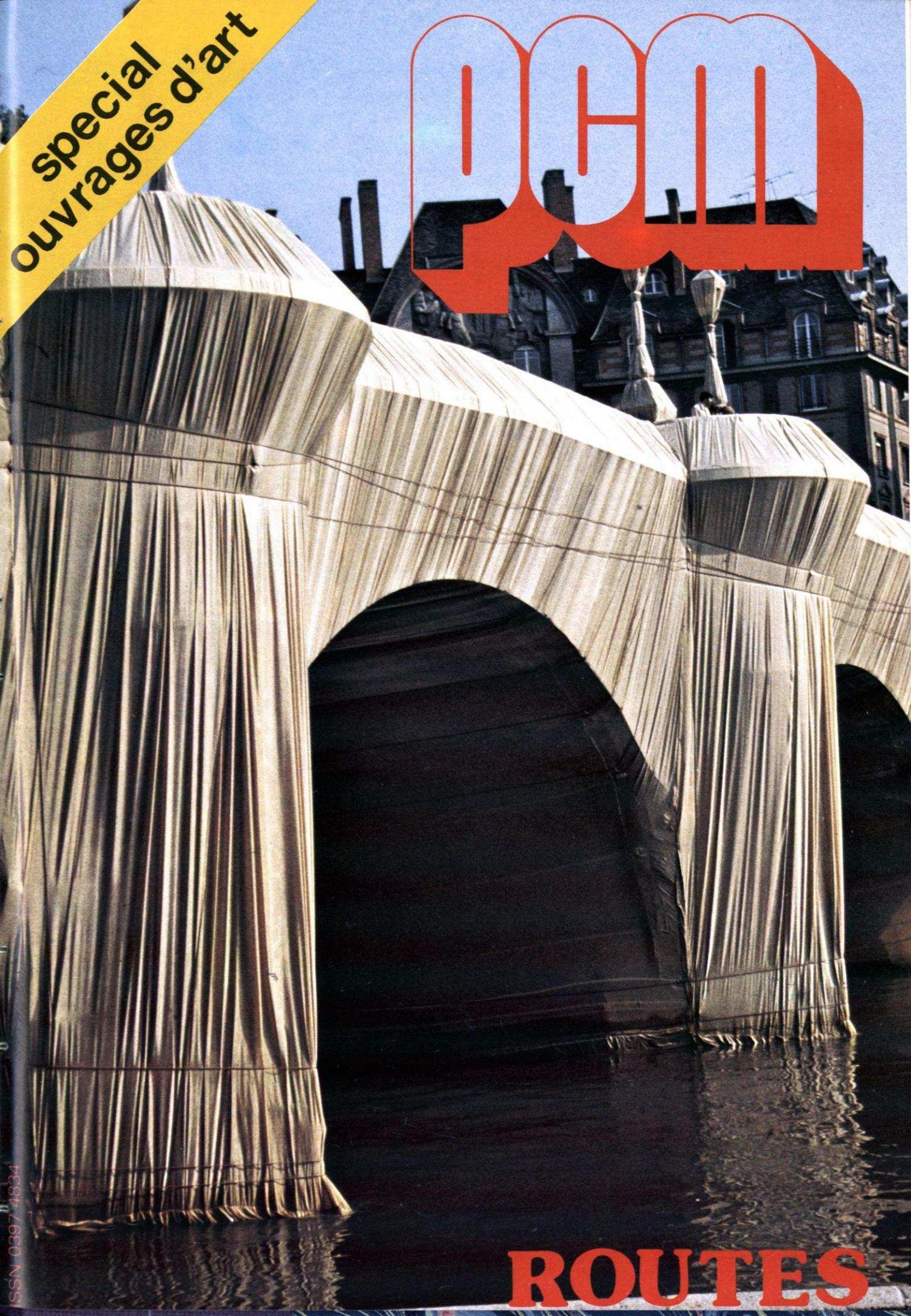


special
ouvrages d'art

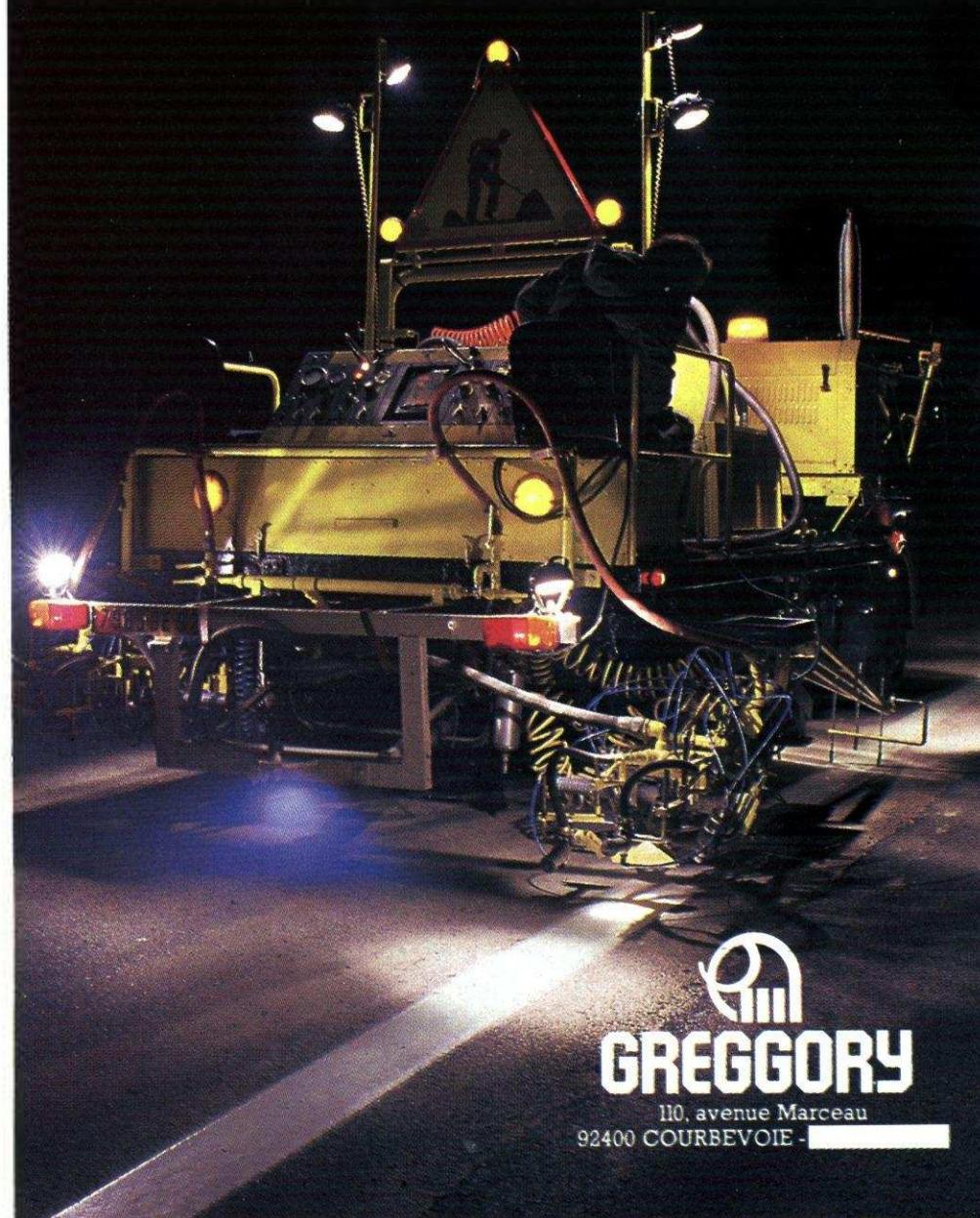
0011



ISSN 0397 4834

ROUTES

**Greggory trace sur les chaussées
votre ligne de vie.**




GREGGORY

110, avenue Marceau
92400 COURBEVOIE -

Tél. : 47.88.50.80

SOMMAIRE



DECEMBRE 1985

ROUTES : OUVRAGES D'ART

La rédaction

vous présente ses meilleurs vœux

pour l'année 1986

Couverture : le pont neuf emballé par Christo

DOSSIER

Editorial

par J. BERTHIER 25

Le pont avant l'ère des Ingénieurs

J. MESQUI 26

Les ponts types

A.L. MILLAN 32

L'autoroute A 40

J.-P. ROUSSEL 35

Le pont de Sully

F. BOUCHARD 43

Le Pont de l'Île Saint-Denis

J. MESQUI et G. PELTIER 47

Nouvelles structures

G. CAUSSE 52

Gestion des ouvrages d'art

D. GOUNOT 61

Le pont neuf 64

La Tour hertzienne de Romainville

Ph. BEC et J. CORTADE 67

RUBRIQUES

LA VIE DU CORPS DES PONTS ET CHAUSSEES

Réalisations dans les DDE 72

Les Ponts en Indre-et-Loire

F. CABIOCH 72

Le Pont de Blere

J.-C. PAUC et Y. MICHON 74

Mouvements 80

SOCIÉTÉ GRÉGGORY

Affaire familiale, créée en 1951, la Société GRÉGGORY S.A. est le seul constructeur français de machines de marquage horizontal.

Elle a son siège social à Courbevoie et une usine à Noyon dans l'Oise ; celle-ci est consacrée à la production de machines et de produits de marquage, vendus au travers d'un réseau qui, en France, compte maintenant douze agences (voir notre carte). L'usine de Noyon comprend également un centre de recherche, dont le budget représente environ 4 % du chiffre d'affaires.

Celui-ci, réalisé avec un effectif d'environ 300 personnes, a dépassé, l'an dernier, 200 millions de francs répartis en :

- 40 % en produits et machines
- 60 % en travaux.

Ce dernier ratio montre bien le niveau d'intégration de GRÉGGORY dans ses activités ; à sa vocation initiale de constructeur, viennent s'ajouter ses 35 ans d'expérience en tant qu'utilisateur, en France comme à l'étranger : Espagne (où la Société a une filiale), Afrique et Moyen-Orient.

LA G 410 "AIR-LESS"

moteur : cylindrée 700 cm²
puissance 17 cv
consommation 6 l/h
autonomie 5/heures

- longueur 2,36 m
- largeur 0,92 m
- hauteur 1,15 m
- rayon de braquage 2,95 m
- poids (à vide) 600 kg
- niveau sonore 70 dcb
- pression du jet de peinture 100 bars
- quantité de peinture disponible 170 kg*

* soit 200 m² de peinture, correspondant à :
- 1 800 mètres linéaires de bordure continue en 0,12
- ou 18 passages piétons.

G 410 AIR-LESS

La traceuse qui réinvente les traceuses

Elle est petite, mais ce n'est pas une tondeuse. Elle est jaune - c'est pour être plus visible sur les chantiers - ce n'est pas une Formule 1, mais elle a un air de kart. Elle est même esthétique ; c'est nouveau pour une machine de ce genre, cela ne sert à rien, mais ne gâche rien non plus.

C'est la nouvelle G 410 de la Société **GRÉGGORY** qui, en dépit de son nom, est un constructeur bien français, et même le seul, de machines dites de marquage horizontal.

La G 410 a d'autres qualités, plus utiles ; et c'est une "Air-less", ce qui, dans le domaine des machines urbaines, est une véritable révolution.

Un bref retour en arrière s'impose pour appréhender l'évolution de ce type de matériel. La signalisation horizontale a connu, depuis une vingtaine d'années, un fort développement, parallèle à celui de la circulation automobile. Les routes, puis les autoroutes, sont restées longtemps son domaine de prédilection. Le phénomène s'est encore accentué en 1971, quand le marquage horizontal est devenu obligatoire en France, pour se conformer aux normes européennes.

Dans le même temps, le développement de l'urbanisation a engendré celui de la signalisation horizontale dans

les villes : aménagements de carrefours, bordures continues, passages pour piétons, etc...

En milieu urbain, on utilise en moyenne 100 grammes de peinture par habitant et par an, dans une fourchette qui va de 50 à 300 grammes.

Dans le cas de la signalisation horizontale sur route, les traceuses devaient répondre à des exigences contradictoires qui en faisaient un casse-tête pour les constructeurs : sans coûter trop cher, elles devaient, en effet, être à la fois de plus en plus performantes - sur autoroute, on arrive à peindre à 12 km à l'heure - tout en étant peu encombrantes, afin de pouvoir évoluer en pleine voie, sans interrompre ou gêner la circulation.

La signalisation horizontale urbaine a les mêmes exigences, auxquelles viennent s'ajouter d'autres contraintes :

- la machine doit être encore moins encombrante, puisque les voies urbaines sont moins larges que les routes en rase campagne ;

- elle doit être polyvalente, et pouvoir réaliser des marquages en axe aussi bien que des passages pour piétons ;

- elle doit, enfin, être de maniement et d'utilisation simples, étant conduite par un personnel communal souvent non spécialisé, et polyvalent.

L'Air-less G 410 est la réponse de **GRÉGGORY** à ces contraintes supplémentaires, et une mise à profit de sa propre expérience : la Société réalisant près des deux tiers de son activité en travaux, est en effet son propre client, et peut-être le plus exigeant.

Jusqu'à un passé récent, les différents types de machines - quelle que soit leur taille ou leur destination - étaient pneumatiques, et fonctionnaient selon le principe :

Moteur → compresseur → air → peinture → sol.

Ces machines - dont l'aspect pouvait s'apparenter à celui d'un alambic sur route - étaient très compliquées. La nécessité de les rendre à la fois plus simples et plus performantes s'imposait. Et c'est au centre de recherche de Noyon (où sont également produites les machines) qu'eut lieu la mise au point d'un système hydraulique dit Air-less, qui est une exclusivité **GRÉGGORY**, et qui se schématise ainsi :

Moteur → pompe hydraulique → bloc hydraulique → pompe à peinture → buse → sol.

Il n'y a donc plus d'air pour atomiser la peinture, l'atomisation étant obtenue par projection de la peinture à très haute pression, grâce à un système hydraulique qui en contrôle rigoureusement le débit, à travers une buse spéciale permettant un jet plat.

Ce système, déjà utilisé depuis bientôt quatre ans sur les gros "camions applicateurs" destinés aux autoroutes, restait à miniaturiser : c'est la deuxième nouveauté de la G 410.

La liste de ses "plus" est impressionnante, et trop longue pour être intégralement reproduite. Le simple fait, par exemple, d'obtenir un jet plat sous très forte pression est un avantage énorme. Il permet :

- un gain de puissance de 15 à 20 %
- un encombrement et un poids restreint, puisque de nombreuses pièces inhérentes aux anciens matériels - compresseurs ou cuves sous pression - ont disparu
- une plus grande facilité de réglage et une plus grande facilité de dosage ; une seule manette permet le contrôle du débit de peinture.

Le système Air-less se révèle le seul qui permette de connaître exactement la quantité de peinture appliquée sur la chaussée.

Par ailleurs, il n'est pas besoin de changer de buse en fonction des débits à obtenir ; la machine n'en utilise qu'une seule, dont la hauteur par rapport au sol détermine la largeur du trait de peinture.

La projection sous très forte pression - jusqu'à vingt fois celle obtenue dans le procédé pneumatique - permet d'incruster davantage le produit dans le sol, et donc d'en augmenter la durée ; elle permet aussi une délimitation parfaite et une plus grande netteté de la bande. Elle a, enfin, des avantages "induits" pour un utilisateur qui n'en a pas l'usage permanent : elle permet en effet - en projetant cette fois de l'eau - des opérations de nettoyage, par exemple pour supprimer des marquages anciens, décoller les affiches, ou effacer des graffitis.

Enfin, l'entretien est considérablement simplifié, puisqu'il n'y a plus à nettoyer toutes les pièces rendues inutiles par la haute pression : disques, buses, jupes, bacs récupérateurs, etc... En fin de travail ou de campagne, les pièces qu'il reste à entretenir, essentiellement dans le moteur, sont d'une facilité d'accès encore inégalée.

Machine révolutionnaire donc, la G 410 reste d'une grande facilité d'utilisation. De faible poids, elle se charge sur un camion. Elle est silencieuse : pas plus de bruit que dans une automobile à 120 km/heure, d'où un confort accru, mais aussi la possibilité de l'utiliser la nuit.

Par opposition aux matériels poussés ou tractés, elle est du type "auto-porté", c'est-à-dire que l'utilisateur est assis dessus, et la conduit comme une voiture, avec un minimum de gestes à accomplir, et en toute sécurité ; là encore, comme dans une voiture, cette sécurité est double : passive, grâce à un carénage protecteur de la machine et une visibilité "tous azimuts". Mais aussi active, grâce à un bouton "coup de poing" qui permet de stopper immédiatement tous les systèmes.

Pour toutes ces raisons, **GRÉGGORY** s'est assuré, dès maintenant, une bonne longueur d'avance sur ses concurrents. Son objectif est de se rapprocher de plus en plus du grand public ; la G 410 lui permet d'ores et déjà de faire bénéficier les plus petites municipalités de sa solide expérience de marquage sur autoroute.

Quelle meilleure garantie peut-on offrir à un utilisateur que de lui proposer, selon l'expression de son constructeur, "une machine d'avant-garde qui a fait ses preuves" ?



Par Hubert MAILLANT, ICPC
Directeur Général de la Société de l'Autoroute Estérel Côte d'Azur

AUTOROUTE A8 PAILLON-TURBIE, *une section difficile*

Le 17 mai 1985, Monsieur Paul Quilès, alors Ministre de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, inaugurerait la mise en service de la 2^e chaussée de la Section Est de Nice : Paillon-Turbie.

Dans son discours, le Ministre insistait sur deux points : "La prouesse technique, compte tenu de la topographie particulièrement accidentée et de l'extrême sensibilité du site niçois..." et la résolution d'un "problème important de sécurité" dû à une forte déclivité sur l'ensemble de la section.

Topographie de la section

D'Ouest en Est, c'est-à-dire du Paillon vers La Turbie, la section longue de 8 km, se découpe à travers un massif marno-calcaire irrégulièrement fracturé. Partant de 69 m d'altitude à la sortie du Viaduc du Paillon, elle

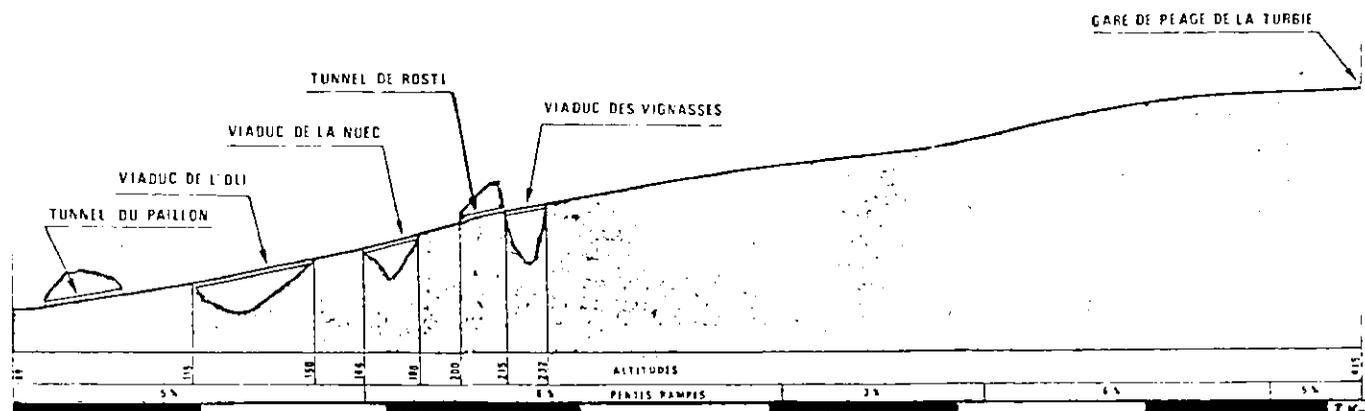
atteint 415 m à la gare de La Turbie, la pente maximum étant de 6 %.

Dans sa première partie, sur environ 3 km, le tracé passe à travers 2 tunnels et enjambe 3 vallons par l'intermédiaire de viaducs. Les kilomètres restants ont été taillés à flanc de montagne, nécessitant la construction de nombreux murs de soutènement.

La construction

Deux phases de construction ont été nécessaires pour étaler dans le temps les investissements.

— En première phase, achevée en 1978, ont été réalisés l'ensemble des terrassements prévus pour l'emprise de l'autoroute, une seule chaussée à 3 voies du Paillon au Viaduc des Vignasses, puis les 2 chaussées, l'une à 3 voies en montée, l'autre à 2 voies en descente jusqu'à La Turbie.



— En deuxième phase, achevée au cours du 4^e trimestre 1985, la deuxième chaussée (Nord) a été réalisée ainsi que les aménagements complémentaires, non prévus à l'origine du projet :

- La réalisation d'une voie spéciale pour les poids-lourds, sur toute la longueur de la section, bordée de dispositifs d'arrêt, en chaussée Nord (descente).

- La réalisation du Tunnel du Paillon, en chaussée Sud, pour permettre l'amélioration des caractéristiques géométriques de la chaussée Nord, en bas de descente.

— Les terrassements, compte tenu du tracé en corniche, ont représenté en 1^{re} phase 2,3 millions de m³ de déblais; dont 1,6 de déblais rocheux. Treize murs de soutènement en béton ou en terre armée ont été nécessaires ainsi que 12 ouvrages hydrauliques.

— Les trois viaducs, Oli, Nuec, Vignasses, présentent une pente de 6 % et sont construits sur des terrains nécessitant des renforcements. C'est ainsi que les culées de l'Oli, sur versants abrupts, sont stabilisées avec des tirants d'ancrage et des puits forés à la main ; qu'il a fallu renforcer les versants de la Nuec sous l'ouvrage avec des barres d'acier de 12 m de crainte d'éventuels glissements et asseoir les culées sur des fondations profondes à l'aide de puits forés à la main. Pour les Vignasses, la culée Ouest s'appuie sur la tête Est du Tunnel de Rosti (qui est également fondée sur puits forés à la main), la culée Est est fondée sur semelle, le rocher étant de bonne qualité.

L'ensemble des viaducs développe plus de 1.100 m linéaires.

Les chantiers des tunnels ont présenté, eux aussi, leur part de difficultés, dont les principales sont dues à la nature hétérogène du terrain, marnes et marnocalcaires, aux nombreuses failles et aux difficultés d'accès des engins lourds de terrassements.

Le premier tube du Rosti, long de 250 m, a dû recevoir un système d'ancrage et un revêtement renforcés. Il a fallu stabiliser le terrain à l'aplomb des têtes de ce tunnel. Comme le 1^{er} tube, le 2^e présente une pente longitudinale de 6 % et les renforcements de tous ordres ont dû être mis en place pour pallier l'instabilité du terrain.

Un système lourd d'auscultation a été mis en place pendant toute la phase de réalisation qui servira au suivi de l'ouvrage.

Le tunnel du Paillon, long de 400 m, a nécessité d'importants travaux de terrassement préliminaires (sur plus de 30 m de haut) pour permettre l'accès des entrées en tunnel, chantier s'effectuant en bordure immédiate de l'autoroute en circulation.

L'excavation de la voûte s'est faite essentiellement à l'explosif, compte tenu de la dureté de la roche, les terrassements en galerie et le réalésage de la voûte s'effectuant par une machine ponctuelle.

La sécurité

Dans la construction, comme dans l'exploitation, la sécurité reste le principal souci du maître d'ouvrage. Dans la construction, les techniques retenues, le matériel employé et les instruments mis en place pour surveiller tout mouvement de terrain, ont contribué à faire de cette section difficile un cas type de chantier à haut risque particulièrement protégé.

Dans l'exploitation, la présence d'une pente de 6 % de La Turbie au Paillon, tout au long des 8 km de la section, est un facteur de multiplication des risques

d'accidents, en particulier sur les poids-lourds, par suite de l'échauffement ou de la rupture des systèmes de freinage.

Pendant la période consécutive à la première phase de construction, un palliatif avait été trouvé en faisant partir les poids-lourds de plus de 19 tonnes en convois toutes les demi-heures, leur vitesse étant limitée à 30 km/h et la tête de colonne tenue par un véhicule de la Société. Cette solution, très lourde tant pour les usagers que pour Escota, a eu le mérite de garantir un maximum de sécurité pendant cette période transitoire.

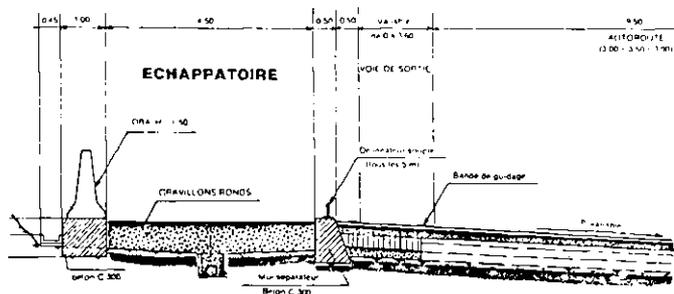
En phase définitive, la solution retenue laisse aux poids-lourds une plus grande autonomie tout en leur imposant une voie réservée et en leur offrant des dispositifs de sauvegarde.

La troisième voie en descente, celle de droite, leur est réservée.

Trois aires d'arrêt d'urgence, d'une cinquantaine de mètres, un lit d'arrêt de 235 m de long et 5 échappatoires sont disposés tout au long de la descente qui permettent à un véhicule en difficulté ou en détresse, de résoudre sans casse l'incident.

Le lit d'arrêt, à la différence des échappatoires, a une largeur de 1,40 m à 1,50 m, ce qui ne permet de freiner que le train de roulement droit, mais produit un effet similaire aux échappatoires quoique moins rapide.

Les échappatoires - Disposées en bordure droite de la voie réservée aux poids-lourds, elles se présentent sous la forme de lits de gravillons, larges de 4,50 m et longs de 100 m ou plus. L'épaisseur de gravillons est telle que tout poids-lourd s'y enfonce et est arrêté progressivement sans dommage tant pour le véhicule que pour sa cargaison.



Surveillance TV - L'ensemble de cette section est surveillé en permanence, à l'air libre et en tunnels, par un réseau de caméras de télévision.

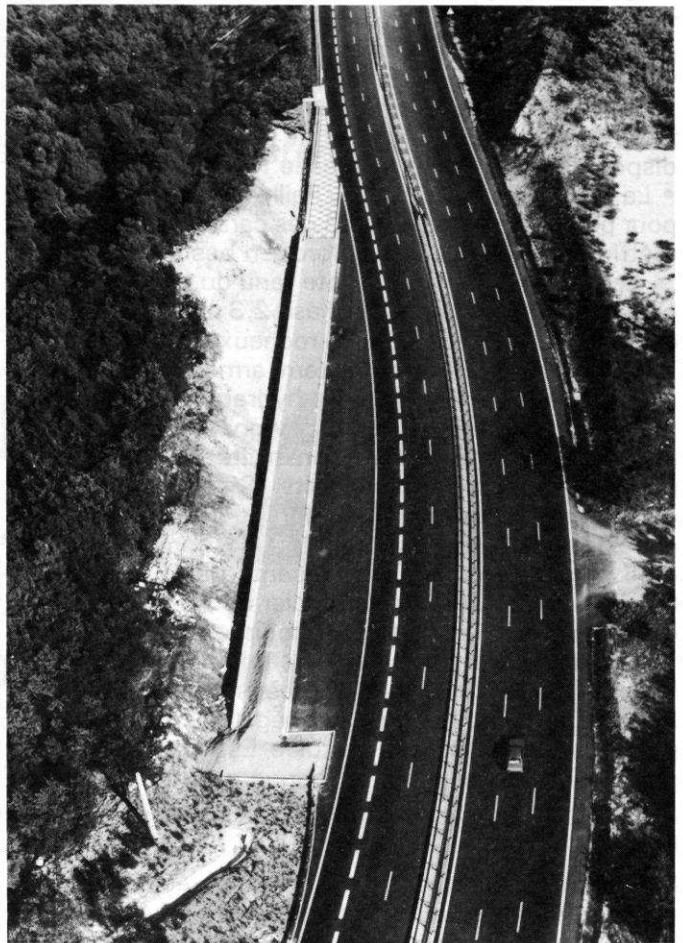
La topographie et la nature du terrain rencontrés sur cette section ont entraîné la construction de nombreux ouvrages d'art et d'installations spécifiques de sécurité qui en ont augmenté le coût dans de fortes proportions. Il représente, en valeur janvier 1985, un investissement de 140,1 millions de francs le km, à comparer avec celui d'un chantier en cours sur A.51, Aix-Manosque, où il est de 23 MF.

Cette section est la plus coûteuse de l'ensemble du réseau de la Société.

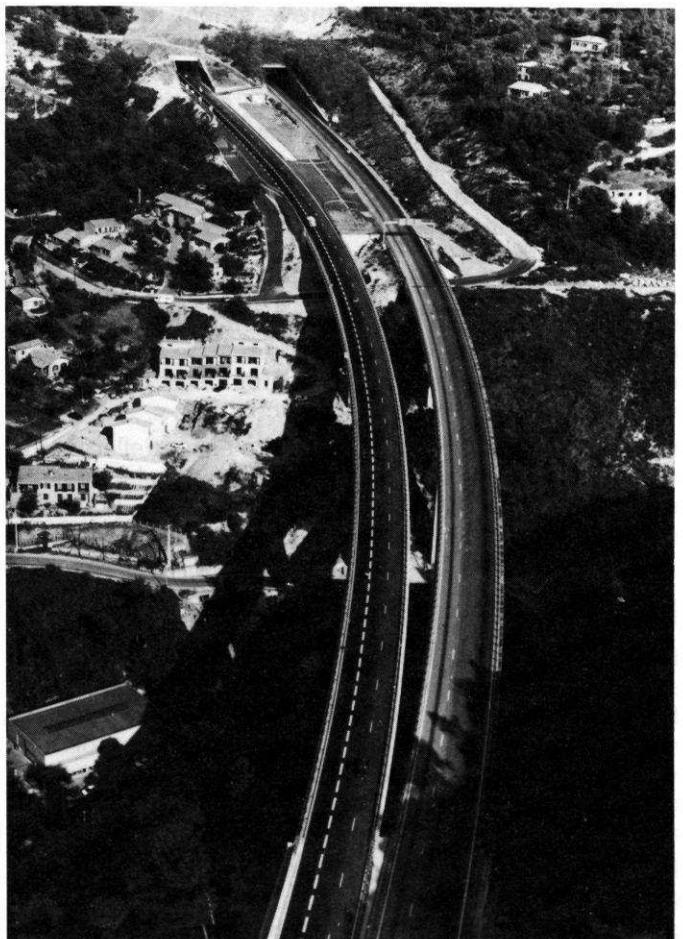
H. Maillant



Tunnel du Paillon, réalisé pour la chaussée Sud et qui permettra l'amélioration des caractéristiques géométriques de la chaussée Nord.



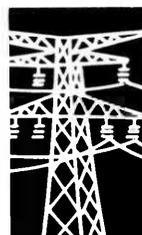
Echappatoire.



*Viaduc de la Nuec et Tunnel de Rosti.
Voie lente réservée aux poids-lourds à la descente.*



Sodel conseil



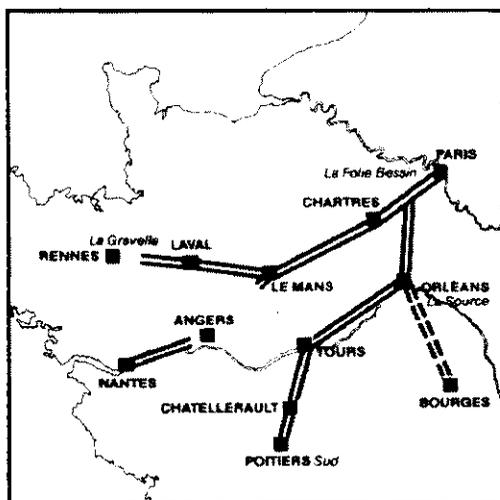
Partout présent, le courant électrique répond immédiatement à l'appel, d'un simple geste du doigt. Avant qu'il n'arrive jusqu'à vous, les techniciens d'EDF se livrent parfois à de véritables exploits pour l'acheminer à travers plaines et montagnes.

***POUR QU'IL ARRIVE
JUSQU'À VOUS***



ELECTRICITE DE FRANCE 

COFIROUTE LE SAVOIR-FAIRE AUTOROUTIER



630 kilomètres en service

L'Aquitaine : Paris-Orléans-Tours-Poitiers.

L'Océane : Paris-Chartres-Le Mans-Vitré / Angers-Nantes.

110 kilomètres à construire

Orléans-Sud - Bourges.

Un financement approprié

Plus de 5 milliards de francs déjà mobilisés.

Des constructeurs de qualité

SGE, GTM Entrepose, Colas, Fougerolle, Entreprise Jean Lefèbvre.

Une exploitation efficace

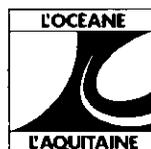
10 districts chargés de la viabilité et de la perception des péages.

Une amélioration constante des prestations

de service indispensables au confort et à la sécurité des usagers (aires de repos, aires de service, restauration, information, entretien, dépannage).

COFIROUTE

77, avenue Raymond-Poincaré 75116 Paris - 45.05.14.13



PLUS DE 60 ANS D'ACTIVITÉ 86 000 LOGEMENTS RÉALISÉS DONT 72 000 A PARIS.

Assure le logement de 15% des Parisiens.



OPÉRATION BUFFON POLIVEAU, PARIS 5^e

Outil principal de la construction sociale de la Ville de Paris, son Office apporte à celle-ci, à travers ses opérations d'aménagement, de construction neuve, de réhabilitation, d'amélioration de l'habitat et de gestion de son patrimoine existant, comme dans la réalisation des équipements publics d'accompagnement, la compétence et l'expérience d'un maître d'ouvrage expérimenté.

Soucieux de se rapprocher des usagers, il a mis en place :

- dans la capitale : 12 unités de gestion décentralisées.
- en banlieue : 2 unités de gestion décentralisées.

Office Public d'HLM de la Ville de Paris.
49 rue du Cardinal-Lemoine 75231 Paris Cedex 05.

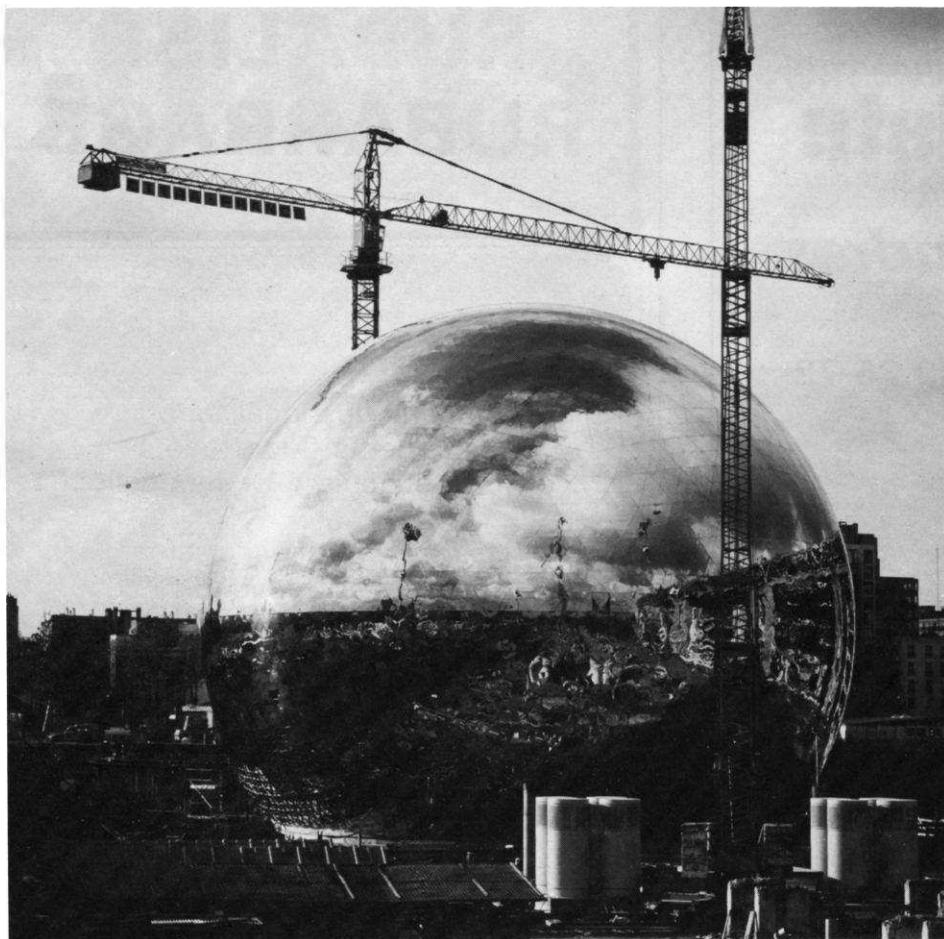
BOURDIN & CHAUSSE

**ROUTES
AUTOROUTES
VOIRIE
RÉSEAUX DIVERS**

40 centres de travaux en
FRANCE et à l'ÉTRANGER

Siège social
35, rue de l'Ouche-Buron - 44300 Nantes
Tél. : (40) 49.26.08

Direction générale
36, rue de l'Ancienne-Mairie - 92100 Boulogne
Tél. : 605.78.90



CITRA

CONSTRUIT L'AVENIR DES REGIONS

**Bâtiment
Génie Civil**

Citra Siège Social :
13, avenue Morane-Saulnier
78141 Vélizy-Villacoublay Cedex
Tél. : 49.46.96.95

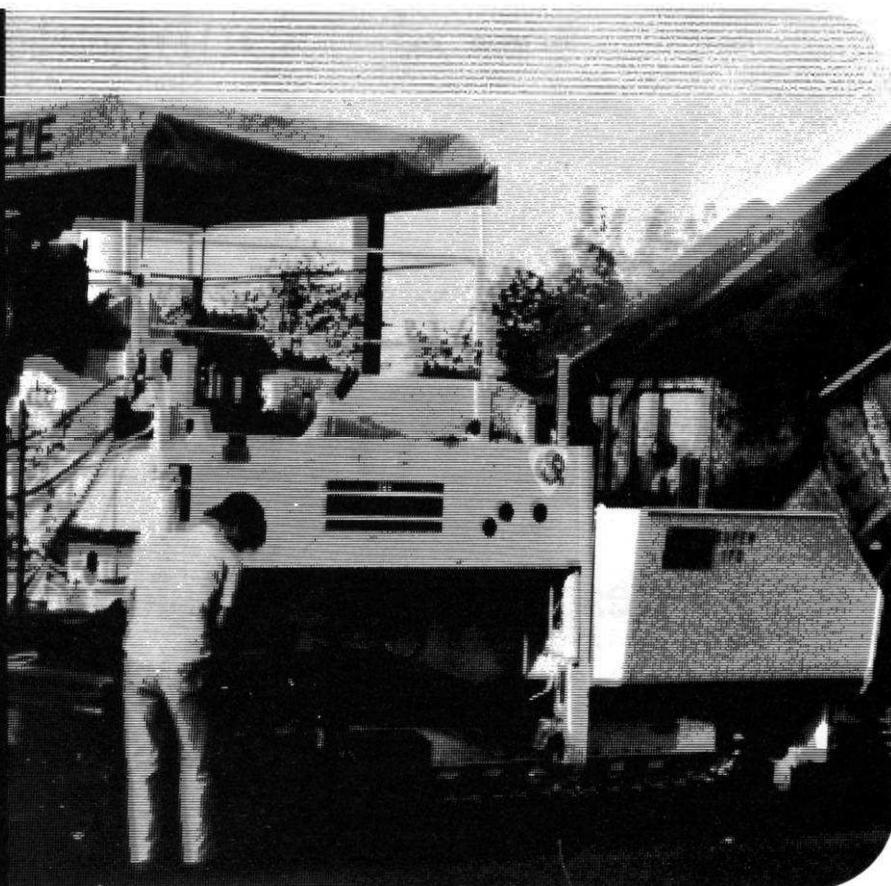
30 implantations en France

tapiprène

enrobés
aux élastomères

SCR
CHIMIQUE DE LA ROUTE

1 avenue morane saulnier 78141
Velizy Villacoublay CEDEX
boîte postale n°21 téléphone 946 96 60





Surschiste

• **Schistes Cendres**

- LENS 21.43.35.72
- MERLEBACH 87.04.72.32
- VENISSIEUX 78.74.88.34

• **Briques
apparentes**

- HULLUCH (21) 70.09.54

RUBALISE RUBARRAGE

marque et modèles déposés

Rubans de signalisation,
vêtements fluorescents
et rétroréfléchissants de qualité.

Films rétroréfléchissants
homologués Réthioflex/T2S

Documentation : T2S (groupe THIOLLIER)
Z.I. - B.P. 13
42290 SORBIERS
Tél. : 77.53.88.58

La publicité
de la Revue
PCM

a été confiée à la Société
OFERSOP

responsable **Monsieur H.-BRAMI**

8, Boulevard Montmartre **75009 Paris**
Tél. : **48.24.93.39**

50 ANS

JEAN LEFEBVRE
travaille pour vous

PLUS QU'UN SLOGAN, UNE RÉALITÉ!



JEAN LEFEBVRE fête cette année son cinquantième anniversaire. Ses éléments publicitaires indissociables : le logo, le slogan et la couleur orange ont bâti la notoriété de l'Entreprise en France, en Afrique et dans le Pacifique. Ils lui assurent auprès du Grand Public une image sympathique et dynamique.

ENTREPRISE JEAN LEFEBVRE - 11, BOULEVARD JEAN MERMOZ - 92202 NEUILLY SUR SEINE CEDEX - (1) 47 47 54 00

SCHMIDT FRANCE NEIGE

EQUIPEMENTS POUR LE DENEIGEMENT ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

ETRAVES
 ETRAVES TRANSFORMABLES
 LAMES BIAISES
 TURBINES
 FRAISES DE 2,7 à 1 000 CV
 GRAVILLONNEUSE
 SALEUSES-SABLEUSES
 BALAYEUSES
 BALAYEUSES RAMASSEUSES
 BALAYEUSES ASPIRATRICES
 LAMES DE NIVELLEMENT
 CHARGEURS
 MACHINES A NETTOYER LES PLAGES
 DEBROUSSAILLEUSES TOUS TYPES
 ASPIRE-FEUILLES
 CUREUSES DE FOSSES

**100, rue Sadi-Carnot - B.P. 15
 38140 RIVES-SUR-FURE**

☎ 76.91.42.00
Télex : 320152 SMIT-FN

ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

BORIE-SAE



Photo BERAUD Alex (BORIE-SAE)

TERRASSEMENTS
 TRAVAUX SOUTERRAINS
 BÉTON ARMÉ ET PRÉCONTRAIT
 TUNNELS-BARRAGES
 OUVRAGES D'ART
 GÉNIE CIVIL INDUSTRIEL

Ci-dessus : Tour TDF de ROMAINVILLE - Détail des plates-formes

BORIE-SAE Siège social : 92 av. de Wagram 75017 PARIS
 TEL. 47 66 03 61 TELEX 650 927 F



ENTREPRISE

GAILLEDRAÏ

PÈRE & FILS

Société anonyme au capital de 2.000.000 francs

TRAVAUX PUBLICS — ROUTES AERODROMES BETON ROUTIER

17, rue Pierre Rigaud, 94204 IVRY-SUR-SEINE

Tél. 46.72.95.05

Télex : gayedra 202 342 F



SOCIÉTÉ DES AUTOROUTES DU NORD ET DE L'EST DE LA FRANCE

SOCIÉTÉ D'ÉCONOMIE MIXTÉ A BUT NON LUCRATIF

Adresse postale: 41 bis, avenue Bosquet, 75007 Paris
Bureaux: 3, rue Edmond Valentin, 75007 Paris - Tél. 550 34 87

en service : 522 km

A1 Roissy-en-France - Fresnes-lès-Montauban

A2 Combles - Hordain

A26 Nordausques - Saint-Quentin-Sud

A4 Metz - Strasbourg

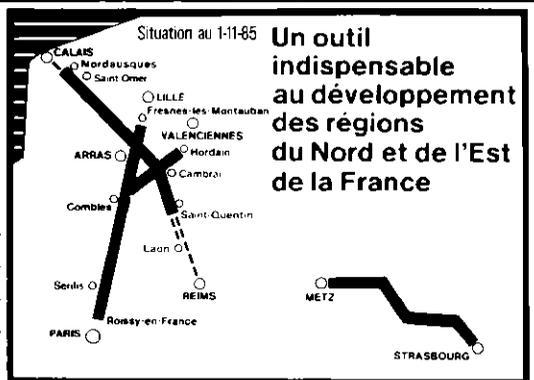
en construction : 35 km

A26 Saint-Quentin-Sud - Laon

en projet : 70 km

A26 Nordausques - Calais

A26 Laon - Reims

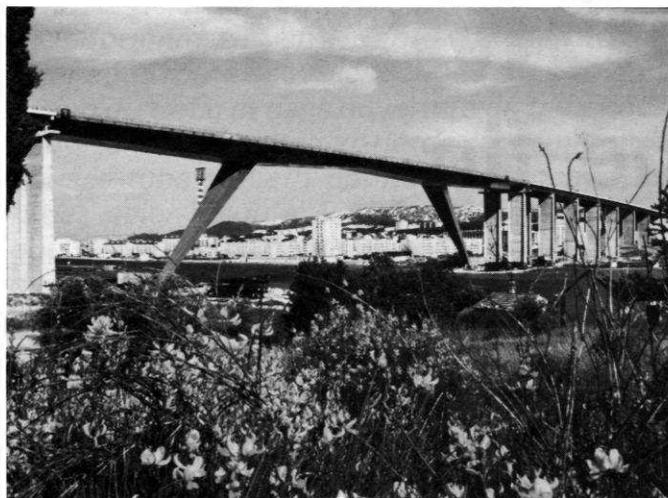


RAZEL

Christ de SACLAY (Essonne)
Boîte Postale 109
91403 ORSAY Cedex
☎ (1) 69 41 81 90+ Télex 692538 F
Télécopie (1) 60 19 06 45

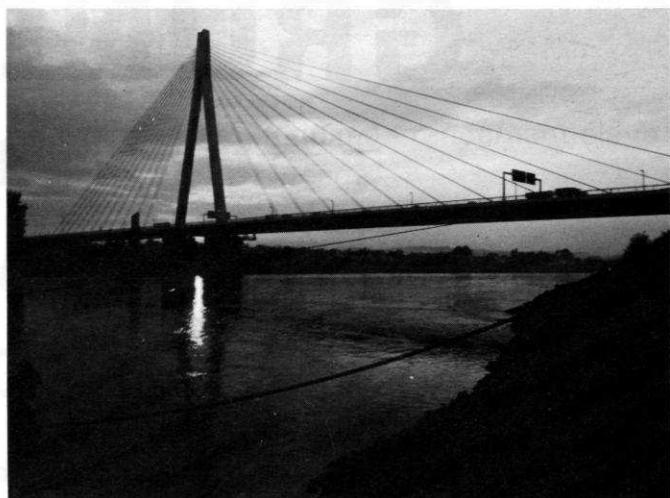
TERRASSEMENT GENIE CIVIL BATIMENT ROUTES - VRD TRAVAUX AGRICOLES

PARIS . ALGER . DOUALA . LIBREVILLE . ABIDJAN . COTONOU . BRAZZAVILLE . DAKAR . LAGOS . ANTANANARIVO



Viaduc de Martigues

(Photo Lavalette).



Pont de Neuwied (Allemagne)

(Photo Lavalette).

LE PONT METALLIQUE

Solution

moderne, esthétique,

sûre, fiable,

rapide, pérenne,

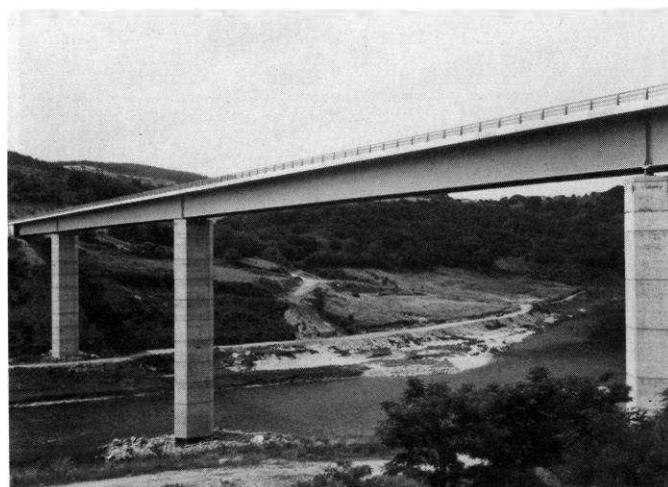
à entretien réduit et programmé

économique



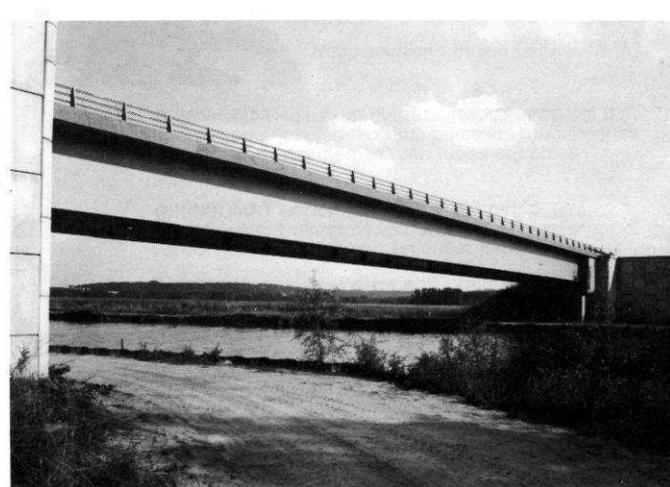
Pont d'Empalot (SNCF Toulouse)

(Photo X).



Pont de Villerest (Loire)

(Photo X).



Pont de Soissons

(Photo X).

SYNDICAT DE LA CONSTRUCTION METALLIQUE DE FRANCE

20, rue Jean-Jaurès — 92807 PUTEAUX Cedex - Tél. : (1) 47.74.66.15.

GRUNDOMAT

met une fin aux ouvertures de routes

Avec son système Grundomat, la société Tracto-Techniques offre une solution économique aux méthodes traditionnelles de pose de tubes et câbles sous routes ou voies ferrées.

La Grundomat est un marteau refouleur du sol, actionné par un compresseur, qui est lancé dans une fouille de départ. Grâce à sa tête à arêtes mobile (brevetée) la Grundomat atteint une trajectoire excellente selon le slogan Droit au But. Actuellement la gamme des fusées Grundomat comprend une douzaine de différents diamètres de 45 à 200 mm pour l'entraînement direct de fourreaux.

La dernière-née des Grundomat, la Mini Grundi Ø45 mm permet la pose souterraine de fourreaux PE jusqu'à 36 mm de Øext. Avec son Mini Compresseur Grundair, elle forme une unité de forage autonome et facilement transportable dans le coffre d'une voiture (R4 et autres). Toute comme ses ainées, la Mini Grundi 45 possède un système de marche-avant et arrière.

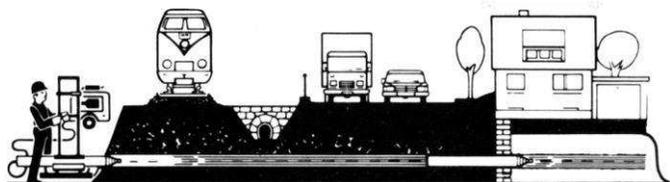


Fig. 1 : Passage sous route ou voie ferrée avec la fusée Grundomat.



Fig. 3 : Mini Grundi 45 - unité de forage autonome avec son compresseur de 600 l/min.

Données techniques

| Type de pousse-tube | TITAN | OLYMP | HERKULES | GIGANT | KOLOSS | GOLIATH |
|------------------------------------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|
| Ø (mm) | 145 | 180 | 220 | 260 | 350 | 450 |
| Longueur (m) | 1,6 | 1,7 | 1,85 | 1,90 | 2,30 | 3,20 |
| Poids (kg) | 180 | 290 | 410 | 600 | 1300 | 2800 |
| Débit d'air (m ³ /min.) | 4-5 | 7-8 | 6-7 | 10-12 | 20 | 35-36 |
| du tube | bis 400 | bis 500 | bis 600 | bis 800 | bis 1000 | bis 1400 |

Sous réserve des modifications techniques

Fig. 2 : Caractéristiques techniques des fusées Grundomat.

Au-delà de 200 mm de Ø, les pousse-tubes Grundoramm servent à enfoncer des tubes acier sous routes et voies ferrées sans perturbation du trafic et sans ouverture de tranchées importantes. Le dernier-né de la gamme, le pousse-tube Goliath permet l'enfonçage de tubes acier jusqu'à 1.400 mm sur des longueurs jusque-là inconnues dans la technique de fonçage.

Données techniques

| Type de GRUNDOMAT | 45-E | 65-E | 75-E | 95-E | 110-E | 130-E | 145-E |
|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Diamètre de forage (mm) | 45 | 65 | 75 | 95 | 110 | 130 | 145 |
| Longueur (mm) | 900 | 1220 | 1400 | 1600 | 1850 | 1500 | 1850 |
| Poids (kg) | 8 | 25 | 32 | 68 | 96 | 110 | 180 |
| Consommation d'air (m ³ /min) | 0,45 | 0,7 | 1,0 | 1,2 | 1,8 | 1,6 | 4,5 |
| Nombre de coups minute (min ⁻¹) | 550 | 450 | 400 | 330 | 280 | 350 | 300 |
| Pression maximale (bar) | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Données techniques sous réserve de modifications.

Fig. 4 : Caractéristiques techniques des pousse-tubes Grundoramm.

Avantages particuliers des pousse-tubes Grundoramm :

- fosses étroites
- investissement minime - rendement élevé
- sans galet de blocage
- mise en place rapide
- bonne vitesse d'avancement
- ne demande qu'un compresseur de 7 bar de pression
- Droit au But



Fig. 5 : Pousse-tube Titan 145 mm lors d'un fonçage d'un tube acier de 400 mm sous route.

...Une idée qui ouvre de nouveaux horizons.





Votre problème : Pose souterraine de tubes et câbles avec un minimum de coût et de temps.

Notre solution : Fusée GRUNDOMAT.

GRUNDOMAT - c'est un marteau refouleur du sol qui fore et comprime les terrains, perce les maçonneries en entraînant directement des tubes et câbles - DROIT au BUT.

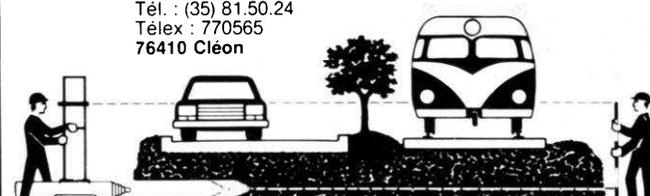
GRUNDOMAT - existe en Ø 45 à 200 mm pour l'entraînement direct de vos tubes et câbles, et en version pousse-tube pour enfoncer des tubes acier.

GRUNDOMAT - l'alternative économique aux méthodes traditionnelles d'ouverture de routes. Demandez-nous une documentation.



TRACTO-TECHNIQUES S.A.

400, rue de la Liberté
B.P. 100
Tél. : (35) 81.50.24
Télex : 770565
76410 Cléon



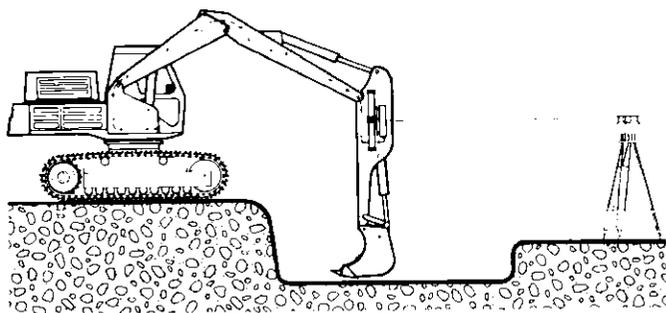
MECASTIME, une petite Société de techniciens, diversifiée dans le domaine de la Route et des Travaux Publics.

Depuis longtemps déjà **MECASTIME** représente en France les systèmes de nivellement Grad Line et les tables extensibles **PARTNER TECHNIC**.

Spécialiste de l'intervention en électronique sur centrales à béton ou centrales d'enrobage, **MECASTIME** présente actuellement sur le marché une gamme complète d'asservissements des matériels (finisseurs, niveleuses, scrapers, bulldozers, pelles excavatrices) permettant leur guidage par fil ou par laser.

Exemple :

- Montage sur pelles.
- Système de nivellement contrôlé par laser permettant de déterminer avec précision la profondeur de creusement sans personnel supplémentaire ni interruption de travail.
- Montage facile sur toutes les pelles existantes.
- Récepteur monté sur le bras de la pelle.
- Tableau de visée indicateur de la cabine.
- Lecture facile du fait de la grande brillance des diodes utilisées.
- Alignement parfait du bras de la pelle grâce au récepteur précisant la position verticale...



MECASTIME entretien, répare tous les systèmes Grad Line.

MECASTIME a récemment passé un accord avec la Société **BITELLI** par laquelle la Société **BITELLI** s'engage à fabriquer des finisseurs vendus sous le nom de **MECASTIME** et qui ne pourront faire l'objet d'aucune autre commercialisation en France.

De par sa connaissance du marché des matériels routiers et particulièrement du marché des finisseurs, **MECASTIME** était bien placée pour se développer par la fabrication de pièces de finisseurs réalisées aux cotes et aux spécifications des différents constructeurs.

C'est ainsi que **MECASTIME** peut maintenant offrir toutes les pièces d'usure pour la plupart des grands constructeurs de finisseurs.

Dans les cas où une fabrication en série ne se justifie pas du fait du faible nombre de machines, **MECASTIME** est à même de livrer les pièces détachées pour ces matériels à des conditions particulièrement intéressantes par rapport aux prix couramment pratiqués sur le marché.

Pour mémoire, vous voudrez bien trouver ci-dessous la gamme des finisseurs **MECASTIME** :

SPECIFICATIONS

Finisseur BB-30 équipé d'une table télescopique réglable en largeur de 1,70 m à 3,20 m en continu

Moteur Diesel

| | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Marque | Deutz |
| Cylindres | 3 |
| Type | F3L 912 |
| Refroidissement | Par air |
| Puissance DIN B 6270 (2.500 t/l') | 54 CV |
| Cylindrée | 2827 cm ³ |
| Démarrage électrique | 12 V. |
| Consommation fuel | 166 g/CVh |

Vitesse :

| | |
|----------------------|-------------|
| Vitesse de travail | 0 ÷ 60 m/l' |
| Vitesse de transfert | 0 ÷ 15 km/h |

Table de nivellement :

| | |
|---|-----------------|
| Larg. de répandage avec extension Hydraul. | 1,70 : 3,20 m |
| Larg. de répandage avec 2 rallonges | 3,60 m |
| Larg. de répandage avec 4 rallonges | 4,00 m |
| Larg. de répandage avec éléments de réduct. | 1,10 m |
| Largeur minimum de répandage | 0,65 m |
| Largeur des plaques | 265 mm |
| Chauffage | Propane |
| Fréquence de vibration | 100 ÷ 3500 t/l' |

Caractéristiques :

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Transmission | Hydrostatique |
| Roues de direction doubles | 455 x 260 mm |
| Roues de traction | 14,5-20/12 Ply |
| Conduite | Direction assistée |
| Rayon de braquage intérieur | 3,00 m |
| Rayon de braquage extérieur | 5,20 m |
| Poids de la machine | 5800 kg |

Capacité trémie 7,5 tonnes

Capacité :

| | |
|------------------------|--------------|
| Production | 100 tonnes/h |
| Épaisseur de la couche | 5 : 200 mm |

Capacité des réservoirs :

| | |
|-----------------------|------|
| Fuel du moteur Diesel | 80 l |
| Huile hydraulique | 95 l |

Finisseur BB-52 équipé d'une table télescopique réglable en largeur de 2,50 m à 4,65 m en continu et 5,50 m avec adjonction d'extensions mécaniques

Moteur Diesel

| | |
|----------------------------------|----------------------|
| Marque | Deutz |
| Cylindres | 6 |
| Type | F6L 912 |
| Refroidissement | Par air |
| Puissance DIN B 6279 (2500 g/l') | 112 HP |
| Cylindrée | 5655 cm ³ |
| Démarrage électrique | 24 V. |
| Consommation fuel | 166 g/CVh |

Vitesse :

| | |
|----------------------|-------------|
| Vitesse de travail | 0 ÷ 65 m/l' |
| Vitesse de transfert | 0 ÷ 12 km/h |

Table de nivellement :

| | |
|---|------------------|
| Larg. de répandage avec extension Hydraul. | 2,50 : 4,65 m |
| Larg. de répandage avec 2 rallonges | 5,50 m |
| Larg. de répandage avec éléments de réduct. | 1,90 m |
| Largeur minimum de répandage | 1,00 m |
| Largeur des plaques | 320 mm |
| Chauffage | Propane |
| Fréquence de vibration | 1100 ÷ 3500 g/l' |
| Fréquence des tampers | 1100 ÷ 2300 g/l' |

Caractéristiques

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Transmission | Hydrostatique |
| Roues de direction doubles | 550 x 300 mm |
| Roues de traction | 11.00 R 20 16 PR |
| Conduite | Direction assistée |
| Rayon de braquage intérieur | 4,00 m |
| Rayon de braquage extérieur | 7,50 m |
| Poids de la machine | 14000 kg |
| Capacité trémie | 12 tonnes |

Capacité :

| | |
|------------------------|------------|
| Production | 375 t/h |
| Épaisseur de la couche | 5 ÷ 300 mm |

Capacité des réservoirs :

| | |
|-----------------------|-------|
| Fuel du moteur Diesel | 155 l |
| Huile hydraulique | 225 l |

Finisseur BB-50 équipé d'une table télescopique réglable en largeur de 2,50 m à 4,65 m en continu

| | |
|--------------------------|---------------------|
| Moteur Deutz F 5 L 912 | 93 CV à 2500 t/mn |
| Compresseur d'air | 100 l/min. |
| Installation électrique | 24 Volts |
| Batteries | 200 Amp. |
| Roues de direction | 550 x 100 x 455 |
| Roues de traction | 17,5-25/14 PR |
| Braquage | Hydraulique Orbital |
| Transmission | Hydrostatique |
| Poids complet au travail | 12 t |
| Production à l'heure | env. 375 t/h |
| Capacité trémies | 10,6 t |
| Longueur | 5,42 m |
| Largeur trémies fermées | 2,5 m |
| Largeur trémies ouvertes | 3,17 m |
| Hauteur en travail | 3,0 m |
| Hauteur en expédition | 2,5 m |
| Vitesse de travail | de 0 à 80 m/min. |
| Vitesse de transfert | de 0 à 17 km/h |

Table de nivellement :

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Largeur de répandage | variable de 2,5 à 4,65 m |
| Largeur des plaques | 300 mm |
| Chauffage | Gaz-propane (GPL) |
| Tamper | |
| Transmission | Hydraulique |
| Vitesse réglable | de 1100 à 2300 t/min. |
| Course du couteau | 4 mm |

Alimentation :

| | |
|-----------------------------|----------------------|
| Réservoir gas-oil | 115 l |
| Coupe moteur | 9,5 l |
| Boîte accoupleur | 2,8 l SAE 30 |
| Boîte de vitesses | 5,5 l SAE 80 |
| Boîte réducteurs | 3 + 3 l SAE 90 |
| Boîte vis transporteuse | 1 kg |
| Réservoir huile hydraulique | 205 l OS045 AGIP |
| Cuve liquide freins | 0,200 l Brake fluid. |

Les tables **PARTNER TECHNIC** US-2501 - 3001 et US-2502 - 3002 s'adaptent sur tous finisseurs récents ou anciens et permettent à l'Entreprise de maintenir sa capacité de fonctionnement en réduisant son investissement immédiat.

Recta Foldex, société d'Éditions Cartographiques présente toute une gamme de cartes pour voyager en France et dans le Monde entier.

- FRANCE A DIFFERENTES ECHELLES
- REGIONALES A 1/250.000
- COLLECTION "60 KM AUTOUR..." (des grandes villes de France)
- EUROPE
- MONDE
- SERIE INTERNATIONALE
- PLANS DES GRANDES VILLES DU MONDE
- CARTES A THEMES (Vins, Fromages, Douceurs, Gastronomies de France)

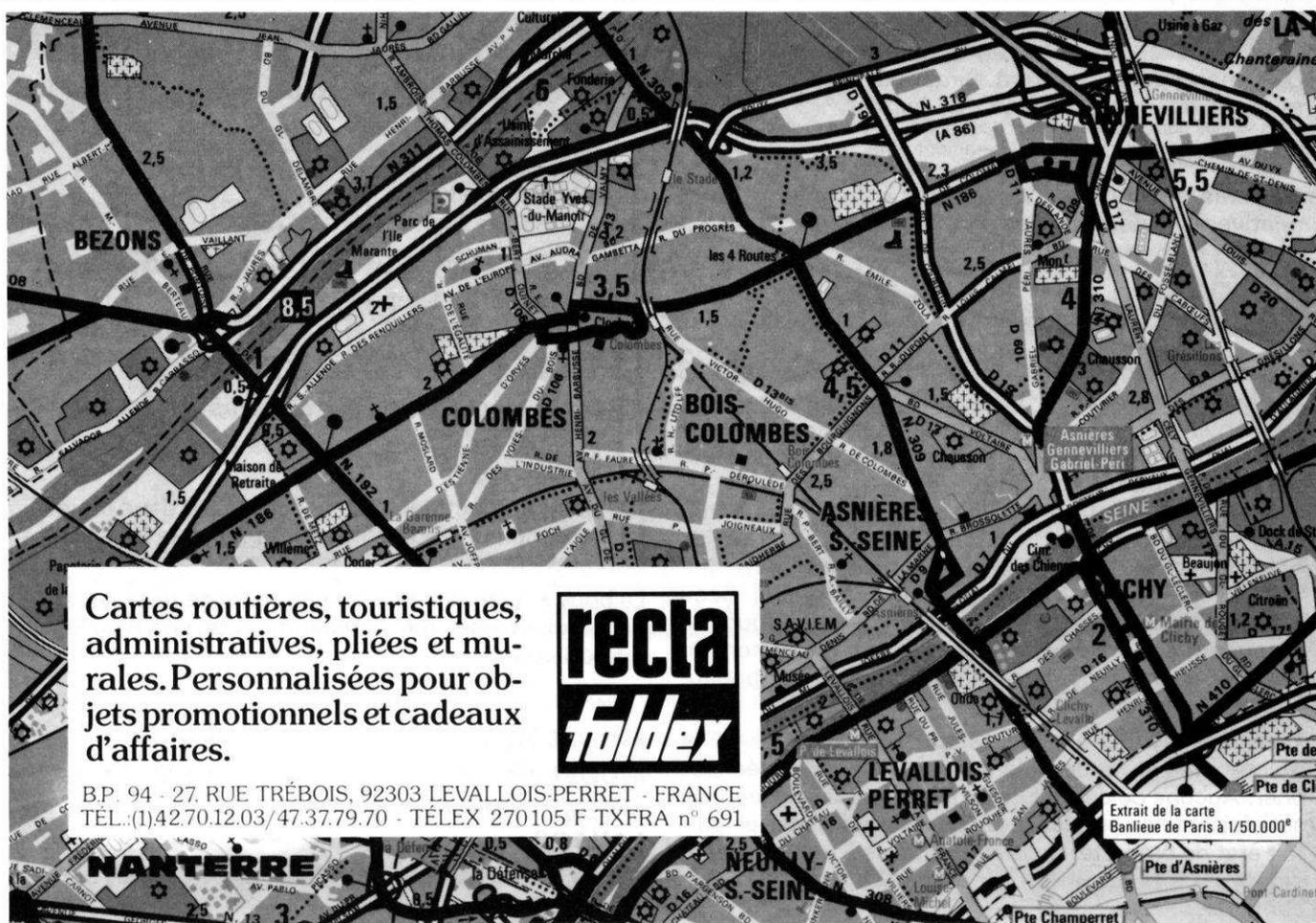
et aussi toute une gamme de cartes murales plastifiées ou stratifiées encadrées pour les bureaux, l'information et la décoration.

Cette société, grâce à la richesse de son fonds cartographique et à la créativité de son équipe de dessinateurs spécialisés, peut également réaliser des cartes à la demande pour les entreprises et les administrations.

Ci-dessous, un excellent outil de travail - 4 cartes 1/4 de France à 1/550.000 assemblées donnent un panneau de 180 x 180 cm.



EDITIONS CARTOGRAPHIQUES
 27, rue Trébois - BP 94 - 92303 Levallois-Perret
Tél. (1) 42.70.12.03 + (1) 47.37.79.70



Cartes routières, touristiques, administratives, pliées et murales. Personnalisées pour objets promotionnels et cadeaux d'affaires.



B.P. 94 - 27, RUE TRÉBOIS, 92303 LEVALLOIS-PERRET - FRANCE
 TÉL.:(1)42.70.12.03/47.37.79.70 - TÉLEX 270105 F TXFRA n° 691

STE MATRALOC

LE DECROTTEUR DE PNEUS DE CAMIONS

Combien de litre de boue sont-ils rejetés sur la chaussée par un camion sortant d'un terrain détrempe ? On admet la moyenne de 30 litres de boue pour deux roues jumelées, à cause de la gorge existant entre les deux pneus.

Un camion à deux ponts arrière répand ainsi sur la route 120 litres de boue. La pancarte "Attention" sortie de camion ne couvre pas, en effet, les responsabilités de l'entreprise et les multiples allées et venues des camions aux abords des chantiers, carrières, décharges, etc... Sont autant d'atteintes à la Sécurité des piétons et conducteurs de véhicules.

Le Code de la route prévoit dans son article 17, l'interdiction de tout produit pouvant gêner la circulation ; confirmé par un décret du 27 décembre 1958 N° 58.13.54 article 1° - 4° alinéa, interdisant le dépôt de boue, de salissures et de tout objet sur la chaussée.

Moyens utilisés actuellement pour lutter contre la boue.

1° BALAYEUSE - ARROSEUSE :

N'est efficace que lorsqu'il y a très peu de boue sur la chaussée.

2° LE RACLAGE :

Des manœuvres grattent l'intérieur des jumelages avant que le camion sorte du chantier.

Inconvénients :

Système très long : 1/2 heure par camion environ et relativement peu efficace.

3° FOSSE A EAU - JETS D'EAU - SURPRESSEUR D'EAU

Ces trois systèmes ont un inconvénient commun, celui d'envoyer de l'eau à l'intérieur des garnitures du camion entraînant avec elle des "fines" (particule de sable contenues dans les boues) qui ont deux effets sur le freinage du camion :

- les garnitures et les tambours remplis d'eau ne freinent absolument plus.
- les fines introduites dans les tambours rongent rapidement les tambours et les garnitures. De plus, l'eau dans les dessins des pneus et dans les tambours se répandent sur la chaussée lorsque le camion sort du chantier finissant par faire de longues traînées boueuses extrêmement glissantes.

Tous ces systèmes nécessitent au moins 3 ou 4 manœuvres et rendent l'entretien de la chaussée très cher. Aucune de ces solutions n'apportant une réponse satisfaisante au problème de la tenue des routes en parfait état de propreté, nous avons pensé à utiliser le principe du Home Trainer au décrottage des pneus de camions.

FONCTIONNEMENT :

Les différentes phases de l'opération de nettoyage sont les suivantes :

- Les freins du **DECROTTEUR** étant bloqués, le camion monte sur l'appareil.
- Le chauffeur libère les freins des rouleaux sans descendre de sa cabine.
- Le camion fait tourner ses roues démarrant directement en 4^e ou en 5^e, suivant la puissance du véhicule, même lorsque celui-ci est en pleine charge.
- La force centrifuge et la pression des pneus sur les rouleaux évacuent la boue située à l'intérieur des jumelages et dans le dessin des pneus.
- Le camion ralentit et s'arrête.
- Le chauffeur appuie sur le détendeur sans descendre du véhicule, les freins du Décrotteur sont instantanément bloqués et par là bloquent les rouleaux.
- Le camion peut partir.

La durée de l'opération pour le nettoyage seul est de 15 secondes, en nettoyage complet pour un camion à partir du moment où il accède sur les rampes du Décrotteur jusqu'au moment où il en sort, il faut compter environ 1 minute 10.

La capacité de l'appareil est de 400 à 600 véhicules par jour.

Les avantages du Décrotteur, sont de nettoyer les pneus de camions :

- sans eau
- sans électricité
- sans personnel
- sans que le chauffeur ne descende de son véhicule
- sans perte de temps
- entretien pratiquement nul (graisser tous les 4 mois)
- montage et mise en place rapide
- appareil réutilisable pour plusieurs chantiers
- pièces en totalité dans tous les pays, sauf les disques de freins
- le camion fonctionne sur le décrotteur dans de meilleures conditions que sur la route puisque le différentiel ne travaille pas.

La boue est récupérée dans une fosse se trouvant sous l'appareil et vidée régulièrement par un engin quelconque du chantier.

MODEL STANDARD - ROUE AR 6 x 4

MODEL PLIABLE - 6 x 4 SE DEPLACE EN 15'

MODEL RARA - ROUES AR ET AV DU 6 x 4 AVEC LAVAGE

MODEL SEMI-REMORQUE - AVEC OU SANS LAVAGE

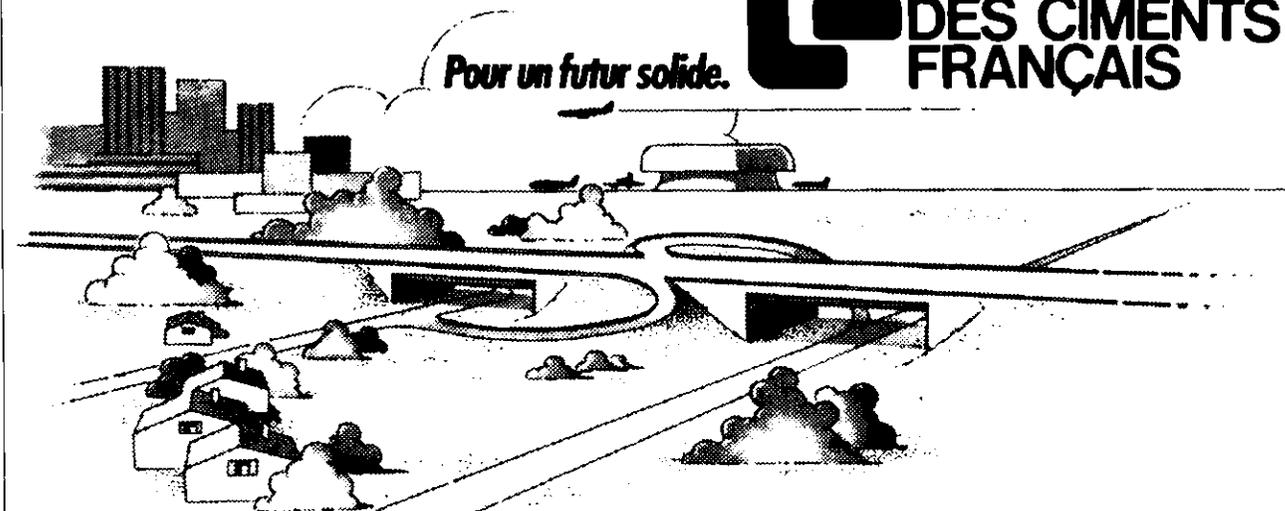
POUR LES BATISSEURS DE DEMAIN.

Avec 35% du marché national et près de 8 millions de tonnes vendues, avec ses 14 usines, 5 centres de broyage, 10 centres de distribution, son centre de recherche, son potentiel de transport vrac et de distribution de béton et agrégats, ses filiales à l'étranger, la Société des Ciments Français se place au premier rang des producteurs français et parmi les plus grands cimentiers du monde.

Chiffre d'affaires consolidé : 3.800 millions de frs.

**SOCIÉTÉ
DES CIMENTS
FRANÇAIS**

Pour un futur solide.



BATIMENT - MAISONS INDIVIDUELLES - GÉNIE CIVIL -
ROUTES - TERRASSEMENTS - INSTALLATIONS ET
LIGNES ÉLECTRIQUES - CANALISATIONS - MONTAGES
D'USINE - INGÉNIERIE - GESTION D'OUVRAGES ET
DE CONCESSIONS PUBLIQUES - SECTEUR INDUSTRIEL -
OFFSHORE.

GTM-ENTREPOSE

61, avenue Jules-Quentin - NANTERRE (Hauts-de-Seine)

Tél. : (1) 725.60.00

Télex : GTMNT 611306 - Télécopieur

HAVAS CONTACT



SCETAUROUTE

Bureau d'Etudes et d'Ingénierie Autoroutier

Direction Générale :
2, rue Stephenson
78181 St-QUENTIN YVELINES Cedex
Tél. 30.43.99.27 – Téléc SETROUT 698 061 F

AGENCES A :

ANGERS - ANNECY - BORDEAUX - CLERMONT-FERRAND
DIJON - LILLE - NANCY - PAU
ROQUEBRUNE-SUR-ARGENS - ST-QUENTIN-EN-YVELINES

MECASTIME

Siège - Bureaux & Magasin : 7, rue Poulet, 75018 Paris
Tél. : 42.55.85.51 (lignes groupées)
Télex : 290667 (MESTI)

ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE

ETUDES - CONSTRUCTIONS INSTALLATIONS

*Fabricant de la pompe manuelle
Meca tous Fluides*

Distributeur exclusif Partner Technic, Etnyre, etc.

Pièces détachées d'origine Caterpillar,
Grove, Barber-Greene, Vogele, Demag, Hera

Top performance

LA BTP EN TÊTE

Les placements de la BTP : en tête des classements.

Que vous soyez particulier, responsable financier ou chef d'entreprise vous ne pouvez ignorer plus longtemps les produits financiers conçus pour vous par la BTP : dans chaque catégorie, ils se classent régulièrement parmi les meilleurs.

Alors, vous aussi, dès que vous pensez placement, ayez la BTP en tête.

Pour les entreprises.

La BTP offre, entre autres, deux placements de court terme assurant une progression régulière du capital :

BTP ENTREPRISES : Fonds obligataire bénéficiant d'une fiscalité réduite.

BTP COURT TERME : Fonds obligataire assurant une rémunération sans risque pour les dépôts à moins de 3 mois.

Pour les particuliers.

Trois placements vedettes à la BTP :

BTP PLUS 6 : Un fonds obligataire souple et performant avec une très avantageuse fiscalité.

BTP REVENUS : Un fonds commun obligataire assurant une forte rémunération et une bonne protection du capital investi.

BTP VALEURS : Une SICAV diversifiée offrant une forte valorisation du capital à moyen et long terme.

Pour les institutionnels,

BTP ASSOCIATIONS : Une SICAV de court terme (plus de 4 mois), proposant une bonne rémunération, une disponibilité immédiate et une fiscalité réduite.

Toute une gamme de fonds communs de placement adaptés aux associations et aux organismes.

La BTP offre encore de nombreux autres produits performants. Pour en savoir plus, postez le coupon ci-contre ou appelez-nous.

Je désire recevoir, sans engagement de ma part, une documentation concernant les produits de la BTP destinés :

aux particuliers aux organismes
 aux entreprises et associations

Nom _____ PCM

Profession _____

Adresse _____

_____ C.P.

Téléphone _____



BANQUE DU BATIMENT
ET DES TRAVAUX PUBLICS

253, Boulevard Péreire 75852 Paris Cedex 17
Tél. : 45.74.98.80

**SOCIETE DE L'AUTOROUTE
ESTEREL - COTE D'AZUR**



**A-8 AIX EN PROVENCE
FRONTIERE ITALIENNE
A ET B 52 AIX - AUBAGNE - TOULON
SECURITE - CONFORT - RAPIDITE**

*Spécialistes de Matériel
de Télécommunications
étanches et blindés*

TÉLÉPHONIE

SIGNALISATION

SONORISATION

INTERPHONIE

**BRANCHEMENT ET
ACCESSOIRES...**

TÉLÉPHONES LE LAS

☎ (1) 42.87.04.04

**70, rue de St-Mandé
93100 MONTREUIL**

Télex Le Las 250 303 Public Paris

L'écho des
RECHERCHES

TOUT SAVOIR sur les télécommunications de demain

Chercheurs... L'Écho des Recherches vous apportera une information sur le secteur en vive expansion des télécommunications qui requiert des études fondamentales variées.

Ingénieurs et Techniciens de l'Industrie... L'Écho des Recherches vous fournira l'état des études susceptibles de déboucher à court terme sur une industrialisation.

Exploitants des télécommunications... L'Écho des Recherches vous éclairera sur les systèmes en développement ou en expérimentation.

Étudiants... L'Écho des Recherches vous orientera dans le vaste panorama des types d'activité du CNET et de l'ENST, allant de la recherche fondamentale au suivi de développement et à l'assistance technique.

A tous enfin... L'Écho des Recherches suggérera les éléments de réflexion sur les télécommunications de demain.



Abonnements : L'Écho des Recherches, 38-40, rue du Général Leclerc, 92131 Issy-les-Moulineaux. Joindre à votre demande le titre de paiement (chèque postal ou bancaire) rédigé à l'ordre de : Monsieur le régisseur de recettes du CNET - CCP Paris 90 42 70 H.

Tarifs : Prix du numéro : France 80 F - Étranger 90 F. Prix de l'abonnement : France 270 F - Étranger 300 F. Spécimen gratuit sur demande.



Revue trimestrielle éditée par le Centre National
d'Études des Télécommunications et l'École
Nationale Supérieure des Télécommunications.
MINISTÈRE DES PTT

Société des Autoroutes Paris - Rhin - Rhône



**Elle ne fait pas de bénéfices.
Son capital social est détenu pour l'essentiel
par les Collectivités territoriales : les Départements
(Conseils Généraux) et les Villes (Municipalités),
ainsi que les Chambres de Commerce
et d'Industrie et les Chambres d'Agriculture
concernées par le tracé de ses Autoroutes.**

La S.A.P.R.R. en quelques chiffres au 31.12.84 :
869 km sont déjà en exploitation,
1575 personnes sont employées en permanence,
1,5 milliard de francs de péage a été perçu,
2,1 milliards d'investissements ont été réalisés,
43 millions de véhicules ont emprunté le réseau,
461 véhicules d'entretien et de service
sont disponibles en permanence.

**Prenez le temps de rouler
sur les autoroutes**

Paris-Rhin-Rhône.

La S.A.P.R.R.

Constituée le 28 septembre 1961 (sous le nom de Société de l'Autoroute PARIS-LYON), la Société des Autoroutes PARIS-RHIN-RHONE est une Société d'Economie Mixte.

Au 31 décembre 1984

Le réseau en service compte 869 kilomètres comprenant :

| | |
|----------------------------------|--------|
| A6 PARIS-LYON | 410 km |
| A26 BEAUCHEMIN-SEMOUTIERS | 21 km |
| A31 BEAUNE-DIJON | 32 km |
| TIL-CHATEL-TOUL | 160 km |
| A36 BEAUNE-MULHOUSE | 216 km |
| A42 NEYRON-CHAZEY | 30 km |
| TUNNEL DE SAINTE-MARIE-AUX-MINES | |

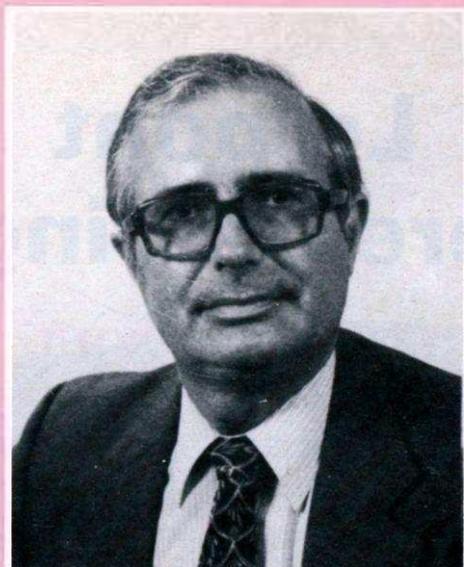
Le réseau en projet, en étude ou en construction atteint 450 km supplémentaires répartis entre :

| |
|---|
| A26 LANGRES-TROYES |
| A42 LYON-PONT D'AIN |
| A40 MACON-PONT D'AIN- CHATILLON DE MICHAILLE |
| A71 BOURGES-CLERMONT-FERRAND |
| A46 ANSE-LES ECHETS |
| A39 DIJON-DOLE |

Ouverture 1985

| |
|--------------------------|
| A40 BOURG NORD-BOURG SUD |
|--------------------------|

22 km



Editorial

par Jean BERTHIER, Directeur des routes

La création des ouvrages d'art est aussi ancienne que celle des routes elles-mêmes : les brèches naturelles que constituent les cours d'eau en ont toujours imposé la réalisation, fournissant aux constructeurs une occasion toute particulière de déployer leur "art".

Le formidable développement de la circulation depuis la deuxième guerre mondiale a conduit à réaliser des ouvrages d'art, non seulement sur les cours d'eau, mais sur les autres voies de communications croisées par une voie nouvelle : autoroutes, routes expresses, voies rapides, autant d'occasions de créer des ponts. Depuis quinze ou vingt ans, il se construit près de mille ponts par an en France.

Cette banalisation des ouvrages d'art n'a été rendue possible que par un effort de standardisation de la conception et de la construction des ponts petits et moyens. Grâce à des outils de conception particulièrement efficaces : dossiers-pilotes, programmes de calcul spécialisés..., cette politique d'ouvrages-types n'a néanmoins pas sacrifié la bonne adaptation des ouvrages aux conditions particulières de chaque franchissement, ni le souci de qualité et de beauté de leur finition. Aussi, les méthodes correspondantes toujours largement utilisées en France, suscitent maintenant l'intérêt de nombreux pays en voie de développement.

Cependant, le passage des obstacles naturels continue à nécessiter des ouvrages d'autant plus importants que les profils en long plus hardis des voies modernes franchissent souvent les brèches à grande hauteur. L'autoroute A 40 entre Pont d'Ain et Châtillon, qui est présentée dans ce numéro, est un bon exemple des grands ouvrages d'art que l'on peut rencontrer dans une zone accidentée.

Le coût des ouvrages d'art, s'il a baissé en valeur absolue dans des proportions considérables grâce au progrès technique, reste cependant un poste important du bilan de construction des routes nouvelles, du fait de la multiplication des ouvrages de franchissement. Aussi, l'effort d'innovation technique reste-t-il une nécessité permanente. La Direction des Routes l'encourage par une action volontariste soutenue. Celle-ci conduit à une évolution relativement rapide de la conception des ouvrages et maintient la France au niveau technique élevé qui est traditionnellement le sien dans ce domaine.

Cependant, on ne saurait oublier que l'Etat et les Collectivités Territoriales ont un patrimoine considérable d'ouvrages d'art, qui implique un entretien, des réparations, voire parfois des reconstructions. Ces tâches sont appelées à prendre une importance croissante dans l'activité des Ingénieurs, après une période où celle-ci a été accaparée par un rythme de construction exceptionnel.

Les ingénieurs devront également coopérer à la découverte et à la mise en valeur de ce riche patrimoine, trop méconnu de nos concitoyens. J'ai d'ailleurs demandé, cet été, aux Directeurs Départementaux de l'Équipement, de collaborer au lancement d'une campagne d'information sur l'histoire et la technique des ouvrages d'art les plus marquants du réseau routier national. Mon souhait est que cette campagne soit rapidement élargie aux ouvrages situés sur les réseaux des autres Collectivités.

Finalement, la construction des ouvrages d'art, qui a toujours été une des tâches les plus en vue de l'activité des Ingénieurs des Ponts et Chaussées, nécessite encore de nouvelles vocations d'Ingénieurs qui se passionnent pour elle, et n'hésitent pas à faire équipe avec tous ceux dont le traitement des formes est le métier : paysagistes, architectes, plasticiens, afin de maintenir la tradition de qualité architecturale héritée de nos devanciers. C'est à cette condition que l'art de l'ingénieur restera une réalité tangible et vivante, source d'harmonie entre l'œuvre et son environnement naturel et humain.

Le pont avant l'ère des ingénieurs

par Jean MESQUI

Sociologie, techniques et architecture des ponts routiers sur le territoire français avant 1716

Présentation de la thèse de Doctorat ès lettres soutenue le 21 mars 1985 à l'Université de Caen

Le Pont. Qu'est-ce, sinon l'un des accessoires les plus courants, les plus évidents, de notre société ? Combien les automobilistes que nous sommes en empruntent-ils quotidiennement, sans jamais les remarquer ? Par dizaines de milliers ils se comptent dans un pays comme la France. Et pourtant, insignifiants, ils ne le sont pas : il suffit que l'un d'entre eux se rompe, pour voir figurer l'événement à la une des journaux de toute la France : songeons au cas récent de Sully, à celui, plus ancien, de Tours. Un pont coupé, et c'est la vie d'une ville, d'une région, qui se trouve brutalement désorganisée.

Evident, il ne l'est pas plus : le pont est conquête de l'homme sur la gravité, comme bien d'autres constructions, mais il est aussi victoire toujours remise en cause sur la terre dans laquelle il s'ancre, et sur l'eau qu'il franchit. Car je limiterai mon propos à ces ouvrages conçus par l'homme pour franchir le ruisseau, la rivière, le fleuve, tant ils ont imprégné l'histoire sociale.

Le pont est d'abord symbole : symbole d'une lutte, d'une victoire, symbole d'une union et d'une force. Ici, l'eau n'est pas divinité purificatrice : elle est divinité mal-faisante, à laquelle les anciens Latins donnaient en pâture des mannequins du haut du pont du **Sublicius**, lors de la cérémonie des Argées ; contre laquelle les hommes du Moyen Age bâtissaient leurs chapelles, dressées face au courant. Elle est la mort, qui enlève le bac et ses occupants, qui engloutit le suicidé, qui accueille le condamné dans des cérémonies macabres au XVII^e siècle.

Le pont est victoire de l'homme sur tout cela ; chacun de nous en porte la marque, au fin fond d'une conscience sociale forgée depuis des siècles. Une victoire qui nécessite des efforts hors d'échelle avec ceux de la vie courante : efforts financiers, efforts techniques. Creuset d'innovations, le pont est aussi symbole d'une recherche constante ; investissement financier majeur, il est nécessairement, production collective d'une société.

Enfin le pont est, comme victoire de l'homme, l'une de ses plus évidentes manifestations dans le paysage : le site de Garabit, celui du pont du Gard, seraient-ils si connus si l'homme n'était venu imposer ici sa marque ?

Paradoxalement, cet élément si familier, l'est sans doute trop pour que l'on s'interroge beaucoup à son sujet. On dit couramment qu'un lien, qu'une union se ressentent d'autant mieux qu'ils sont coupés ; c'est bien malheureusement le cas du pont.

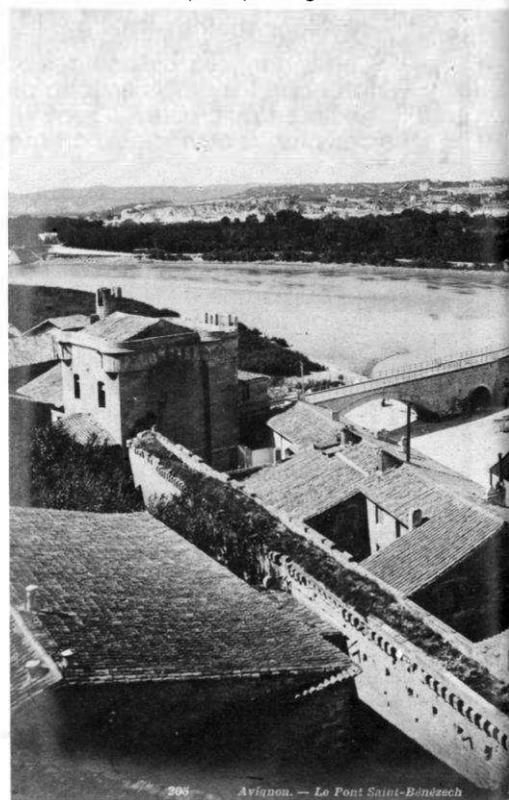
Certes, l'on admirera certaines prouesses techniques. Mieux encore, l'on s'extasiera devant certains ouvrages, à commencer par les... ponts romains. Ceux-ci sont présents, et bien présents dans les esprits : car, au-delà des ouvrages authentiques, qui se comptent, en nos contrées de France, sur les doigts de la main, par dizaines on relève dans la toponymie la puissance d'évocation de la civilisation romaine sur les esprits, du XVI^e siècle à nos jours. Le plus cocasse est de constater que de bons esprits, soucieux de plus de vérité historique, ont récemment transformé, sur le papier des cadastres modernes, certains ponts "romains" en ponts "romans" : mais ceci ne suffit pas à rendre à ces ouvrages, le plus souvent du XVI^e ou du XVII^e siècle, leur âge réel, tant la vieillesse est, ici, synonyme de noblesse...

Mais laissons à César... ce qui n'est pas à lui. Plus graves sont d'autres atteintes, plus pernicieuses quoique moins répandues : car le pont a son équivalent du mythe des Templiers, celui des frères Pontifes, généreuse invention des XVIII^e et XIX^e siècles qui a marqué les esprits de générations d'ingénieurs peut-être en mal de racines : moines du Moyen Age providentiellement successeurs de prêtres romains, ordre religieux de bâtisseurs, quel livre traitant du Moyen Age monumental ne reprend pas, inlassablement, cette belle fiction ?

La réalité historique est, certes, plus aride. Mais peut-on prétendre, en premier lieu, la cerner vraiment ? Il faut bien, déjà, définir un domaine d'étude : ce sera la France actuelle. Rien n'est plus arbitraire qu'une telle distinction : mais, après tout, dans un phénomène aussi international que le pont, pourquoi ne pas choisir un contour national pour limiter le domaine ? Ce d'autant plus que les institutions ont, en France, évolué d'une façon tout à fait particulière : il est sans doute inutile de rappeler que le corps des Ingénieurs des Ponts-et-Chaussées est, à l'échelle mondiale, une quasi-exclusivité française.

Une fois défini le domaine, reste à préciser les bornes temporelles. "Qui a inventé le

Le Pont d'Avignon sur le Rhône. Des piles élevées du XIV^e siècle, enfin une chapelle à deux étages, monuments les plus prestigieux de la France



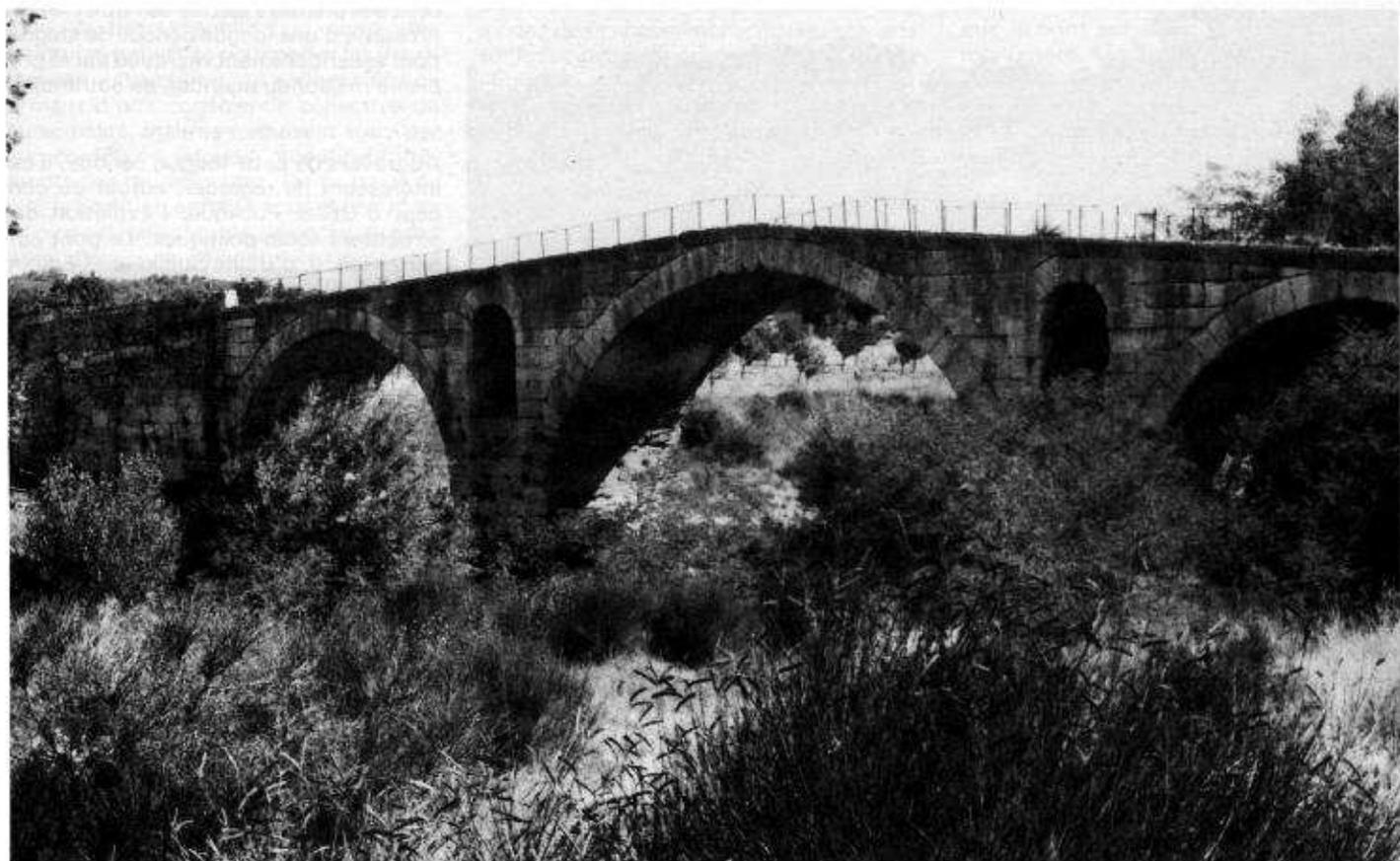
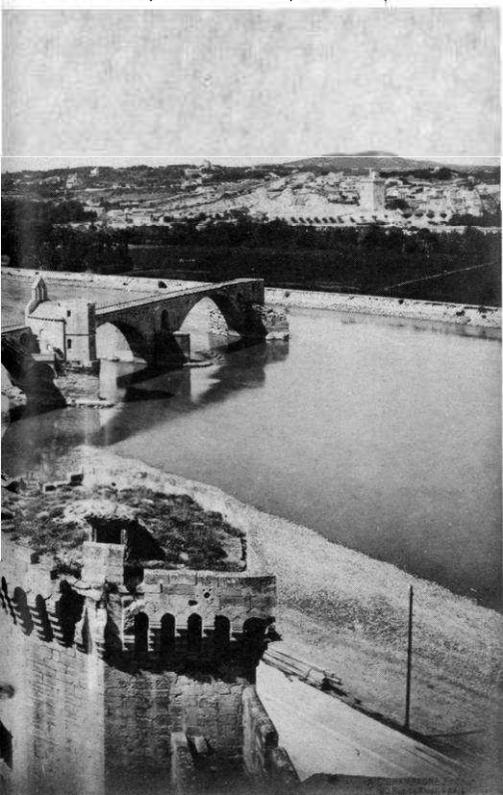


Fig. 2 - Le Pont Julien à Apt, sur le Coulon du 1^{er} siècle après JC, il est caractéristique de la génération de ponts romains à grand appareil, et "ouïes" d'élégissement au-dessus des piles.

à la fin du XII^e siècle, des voûtes bâties au milieu du XV^e siècle, l'autre du XIV^e siècle. Un des vau, encore que... l'on n'y danse plus.



Le pont "à poutre" est une question sans doute aussi bête que "qui a inventé la roue?". Mais le pont a cet avantage sur la roue qu'il suffit de peu de choses — une poutre tout au plus — pour en jeter la première ébauche. Planter un pieu en rivière est la seconde démarche, qui n'est guère moins évidente, mais dont la portée est bien plus considérable, car elle est prémisses déjà de la technique de fondation d'une pile de pierre, comme elle est la première phase du pont de bois.

On arrive ainsi au pont de pierre. Faut-il voir, dans les ponts à "fausses voûtes en encorbellement", dites en tas de charge, les éléments ancêtres ? L'un d'entre eux, généreusement paré du titre de gaulois, est conservé à Sainte-Catherine, dans le Finistère : mais la tradition de la construction en pierres sèches s'est maintenue bien au-delà de l'époque gauloise. En témoignent par exemple les "bories" provençales, avec leurs voûtes en tas de charge qui se maintiennent jusqu'au XVII^e siècle.

La première voûte, le premier arc, ne sont pas invention de nos contrées : aussi est-ce sans complexe, mais non sans regret, que l'histoire du pont doit commencer en France avec la romanisation, la préhistoire étant, faute de documents archéologiques, limitée à la description de la Gaule par César dans ses Commentaires.

Quant à la borne supérieure, c'est à un moment crucial de l'évolution institutionnelle française que je la placerai : l'année 1716, où le Régent Philippe d'Orléans crée le Corps

des Ponts et Chaussées. Une limite d'ailleurs plus que simplement institutionnelle : l'essentiel du réseau routier national des années 1950 avait été créé à partir de 1720, modifiant d'une façon considérable la géographie française, et la marquant profondément.

Entre ces deux bornes, dix-sept siècles environ d'incertitudes. Incertitude, d'abord, et fondamentalement, sur la géographie des passages de cours d'eau : il est vraisemblablement impossible de dresser un tableau, même approché, du taux d'aménagement des passages de cours d'eau durant le premier millénaire, les quelques lueurs dont on peut disposer étant fragmentaires, disparates dans le temps et dans l'espace...

Bien que, sur le plan documentaire, le Moyen Age soit mieux pourvu, les résultats n'en sont guère meilleurs. Car l'un des points fondamentaux qui concernent le pont dans son histoire documentaire est le soupçon de non-permanence. Un château, une chapelle, un village mentionnés, par exemple, en 1232, ont a priori une chance non négligeable de permanence ; le pont, quant à lui, n'en a pas forcément, car il suffira d'une rupture pour le voir disparaître définitivement, ou pendant un laps de temps plus ou moins long, ce qui modifiera considérablement la géographie des passages.

Incertain sur les origines, incertain sur la permanence : le problème se pose pour tous les ponts au Moyen Age. Songeons que même un acte de naissance bien daté ne prouve rien quant aux périodes antérieures.

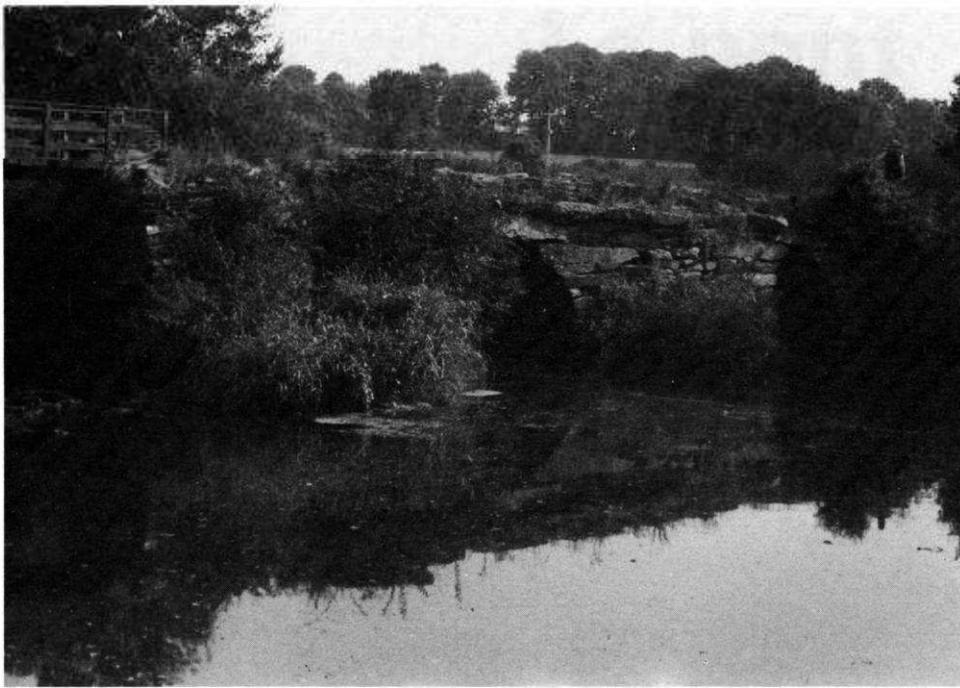


Fig. 3 - Le Pont Sainte-Catherine à Plouguer, dans le Finistère. Un pont souvent intitulé "gaulois", bien que sa technique de construction rustique puisse dater de toute époque.

L'incertitude, petit à petit, diminue : mais faute d'avoir des recensements, peut-on prétendre établir une quelconque statistique ? Même les précieux Mémoires des Intendants destinés à l'éducation du duc de Bourgogne, dans les années 1700, se contentent de noter les ouvrages nécessitant réfection...

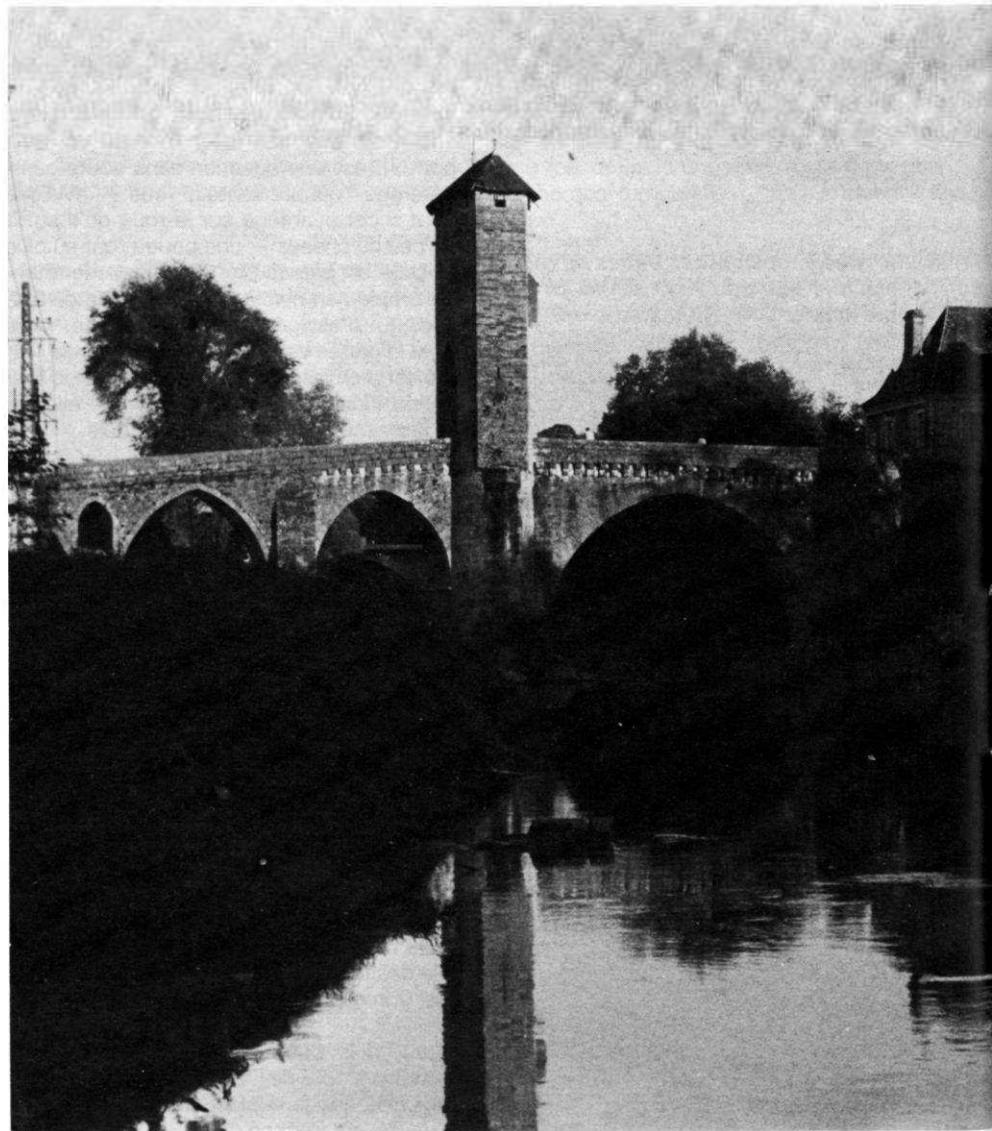
Et pourtant, dans ce brouillard, apparaissent quelques lueurs. Aménagements d'axes à l'époque romaine, ponts-barrages à l'époque carolingienne, pour contenir les raids normands, ne sont qu'indices difficilement raccordables, seule l'existence de quelques documents venant illustrer la permanence des sites de traversée tout au long du millénaire, en relation avec la géographie urbaine, la seule que l'on connaisse vraiment bien. Au deuxième millénaire, le pont, au contraire, s'adapte de plus en plus vite à la mise en place d'une nouvelle géographie politique : le pont est volonté économique du seigneur, tentative de détournement de la circulation à son profit ; il est aussi point focal de la ville, il se multiplie, franchit les grandes brèches et, de plus en plus, ruisseaux et ruisselets pour améliorer la viabilité des chemins.

Dès la seconde moitié du XIV^e siècle, la majorité des grands sites de passage sont en place, et de nouvelles créations attendront le XVIII^e siècle. En schématisant, sans doute trop brutalement, on peut hasarder que les X^e-XIV^e siècles constituent la période la plus importante sur le plan de la géographie moderne des passages, assurant la transition entre la géographie des grands centres hérités de la Romanité, et la géographie du renouveau des réseaux, au XVIII^e siècle. Période de création, comme le fut vraisemblablement

celle des premiers siècles de notre ère, elle fut suivie d'une longue période de stagnation, essentiellement marquée par le problème majeur du maintien du patrimoine.

Au travers de cette longue période, il est intéressant de regarder, autour du concept d'Utilité Publique, l'évolution des structures socio-politiques. Le pont est, par essence, d'utilité publique : l'Empire Romain en tira la conséquence logique, qui fait de l'ouvrage d'utilité publique un ouvrage public à part entière, géré par l'Etat ou les collectivités publiques. Avec le Haut Moyen Age intervint au contraire, de façon progressive, une banalisation du pont, le transformant en une source de droits variés, parcellisés, allant à l'encontre de l'utilité publique. Ainsi la société médiévale dut-elle s'adapter à cette situation paradoxale lorsque s'amorça le mouvement intense du début du second millénaire. Si le détenteur de droits prend en compte l'utilité publique, comprenant qu'elle coïncide avec son utilité propre, l'ouvrage pourra naître ou vivre de par son

Fig. 4 - Le Pont d'Orthez, sur la Gave de Pau. Un joli pont du XIV^e siècle, avec sa tour-porte fortifiée.



initiative. Si, au contraire, il s'en désintéresse, le besoin public fera naître des structures nouvelles pour pallier les insuffisances : structures qui peuvent être le ferment d'une conscience collective de municipalité, mais se traduisent aussi par des confréries laïques, substituts fréquents des municipalités. De ce point de vue, la partition entre le nord et le sud de la Loire est indiscutable : au nord, le pont reste d'essence seigneuriale, avec des variations de statuts respectant les conditions micro-économiques et politiques. Dans l'ensemble, la fixation de la géographie des passages aménagés y est fixée dès la fin du XII^e siècle. Au contraire, le sud est zone privilégiée d'apparition de structures collectives plus ou moins liées aux municipalités naissantes : ce sont les "œuvres du pont", tantôt émanations de la population urbaine, tantôt créations indépendantes. L'un des aspects les plus remarquables de cette situation est sans doute la généralisation du concept de charité en faveur du pont, apparent dès le XI^e siècle, qui ne fait que se développer dans cette zone large des pays de langue

d'oc, au point de faire apparaître des modes de financements spécifiques basés sur le recours à l'indulgence accordée par l'Eglise.

Après ce foisonnement, la seconde moitié du XIV^e siècle apporte une modification radicale, et assez brutale, liée au nouveau contexte de la guerre de Cent Ans. Bien des auteurs ont traité des répercussions de la guerre sur les institutions municipales, et leurs relations avec le pouvoir. Elles eurent une conséquence manifeste pour le pont, l'intégrant au domaine public urbain : ainsi se constituèrent, autour de chaque ville, des zones d'influence et de gestion municipale des ouvrages, souvent à l'aide de ressources spécialement accordées par le pouvoir royal. Mais, en dehors de ces banlieues de villes, le pont rural reste dans une situation inchangée sur le plan juridique, de plus en plus abandonné sur le plan pratique : le seigneur s'en désintéresse, et le pouvoir royal n'a pas encore les moyens effectifs, qu'ils soient juridiques ou financiers, d'apporter un remède efficace à la ruine progressive du patrimoine non entretenu.

ques, on en viendrait cependant à oublier que le pont est aussi, et avant tout, un monument. Un monument qui n'est pas neutre : Colbert le comprit mieux que tout autre, lui qui parvint à imposer, grâce au groupe de techniciens, Ingénieurs-Architectes, qu'il constitua auprès de lui, un véritable style "à la française" à la gloire de la couronne. De tout temps, le pont, surtout lorsqu'il était de pierre, fut considéré comme symbole de puissance et de richesse ; il suffit, à ce sujet, d'examiner les sceaux des villes, qui souvent en firent le motif central de leur orgueil.

Pont de pierre, pont de bois, pont mixte à tablier de bois sur piles de pierre, en attendant un voûtement hypothétique : de toutes ces solutions, la seconde fut certainement la plus fréquente, et la plus facile à mettre en œuvre. Ici, les charpentiers purent imaginer des solutions techniques originales, de plus en plus sophistiquées à mesure que l'on avance dans le temps, jusqu'aux structures quasi réticulées de la fin du XVII^e siècle. Mais c'est au pont de pierre que l'on réservera la plus grande place : car la construction du pont

caractéristique des ponts du Moyen Age.

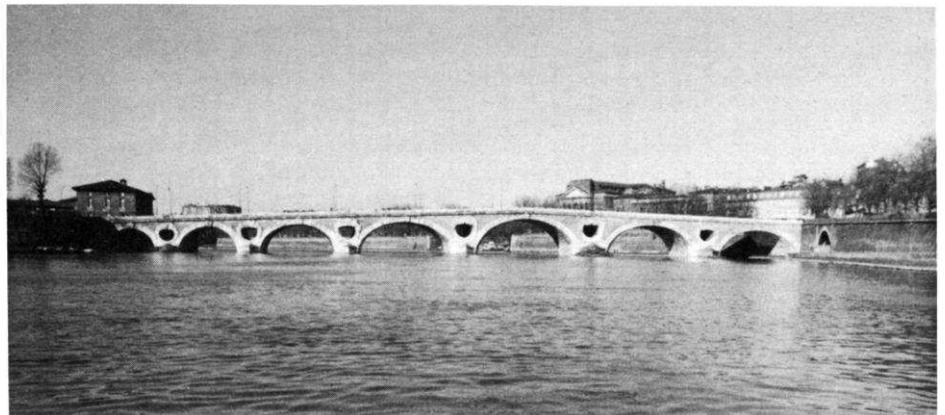
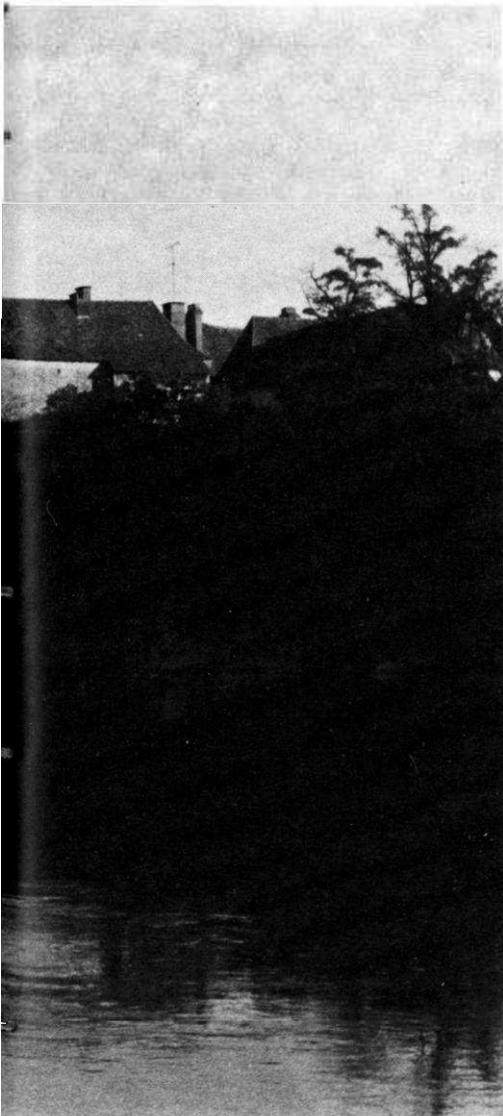


Fig. 5 - Le Pont Neuf de Toulouse sur la Garonne. Un siècle fut nécessaire, de 1544 à 1644, pour construire ce superbe témoin de l'architecture Renaissance des ponts.

Ainsi, durant le XV^e et le XVI^e siècles, le clivage se fait-il entre le pont urbain et le pont routier classique de rase campagne. Il faudra deux tandems politiques pour imposer, de ce point de vue, l'adéquation utilité publique — gestion publique : la première tentative, celle d'Henri IV et Sully, tourna court au bout de dix ans ; celle de Louis XIV et Colbert se poursuivit au-delà de la mort du ministre, grâce à la longévité du monarque, et à la permanence des idées colbertiennes.

Mais, dans un tableau aussi rapidement tracé d'une évolution de près de deux mille ans, que de variations, que de politiques différentes, que de freins aussi à l'apparition d'une gestion publique des ouvrages, en particulier sur le plan des institutions régionales ! Le pont est, en ce domaine, un des indicateurs privilégiés de la maturité politique d'une société, à une époque donnée.

A ne parler que de ces aspects histori-

de pierre, et spécialement de ses piles, est l'un des domaines les plus spécifiques à la construction des ouvrages. Les bâtir nécessitait des techniques bien connues dès l'époque romaine ; il est remarquable de constater que, sur dix-huit siècles, les modes de fondation ne subirent aucune modification importante, qu'ils n'évoluèrent pas de façon fondamentale. La technicité romaine de la fondation, basée en particulier sur l'emploi de la fondation sur pieux, se maintint jusqu'au Moyen Age, sans solution de continuité qui eût été, d'ailleurs, inexplicable. Par contre, la façon dont ces techniques furent mises en œuvre est, de loin, l'étude la plus intéressante que l'on puisse effectuer dans ce domaine.

Sur le chantier du pont se posaient deux problèmes majeurs : celui de l'eau, et celui de la terre, support de la fondation. Pour se mettre à l'abri de la première, il fallait, et il faut toujours un batardeau, enceinte

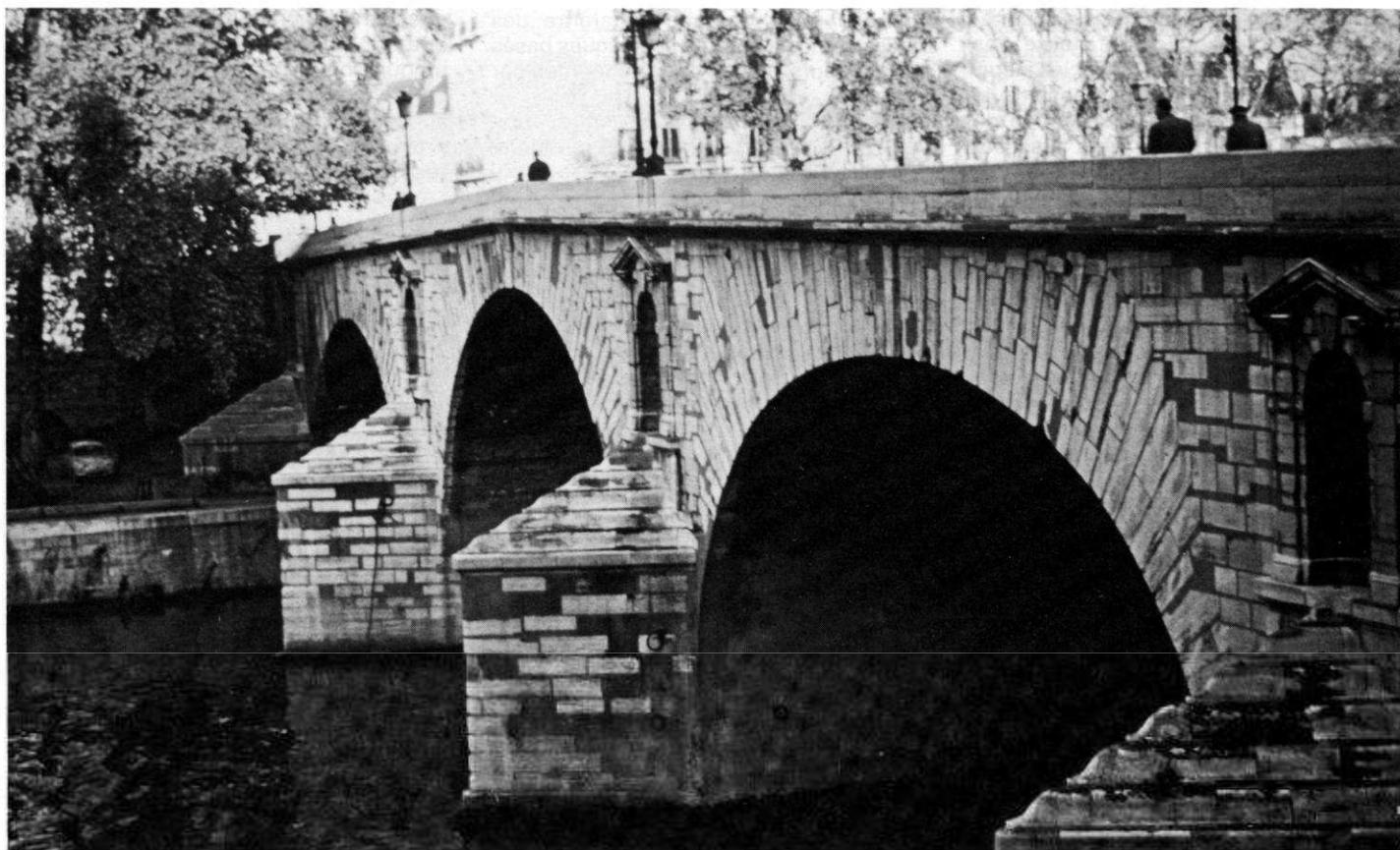


Fig. 6 - Le Pont Marie sur la Seine à Paris. Discret, le Pont Marie, bâti au début du XVII^e siècle, est influencé par les modèles architecturaux de Palladio. Autrefois couvert de maisons, il fut intégré à la grande opération d'urbanisme de l'Île Saint-Louis.

étanche battue dans le sol ; pour connaître la seconde, et évaluer avec précision le mode de fondation retenu, il fallait aussi le batardeau, puisqu'aucun outil de prospection préalable satisfaisant n'existait. Ainsi le chantier est-il marqué, de façon prioritaire, par la lutte contre l'eau : construire le batardeau, le vider, le maintenir hors d'eau, empêcher sa destruction par les crues, sont autant de constantes des chantiers à toutes les époques. Pour cette cause, et pour celle-là seulement, il fallait un personnel considérable, employé à des manœuvres d'exhaures pénibles.

Quant à fonder ensuite la pile, c'était une affaire intimement liée ; mais les problèmes provenaient souvent du manque de connaissance précise des sols, et du manque d'expérience géologique et géotechnique des constructeurs. L'absence de diffusion de cette expérience fut sans doute l'un des problèmes majeurs de la construction des fondations ; et le moindre des mérites de l'époque colbertienne ne fut pas d'avoir créé un groupe de techniciens capable d'assurer cette diffusion.

Le projet définitif de l'ouvrage ne pouvait intervenir qu'après construction des piles, au moins jusqu'à l'époque où les aléas techniques devinrent moins fréquents, pour être réglés d'une façon systématique. Nul étonnement donc si le projet architectural n'apparaît que d'une façon tardive, au XVI^e siècle, les périodes antérieures se contentant vraisemblablement de simples schémas d'intention. D'ailleurs, le cadre de la maîtrise d'œuvre ne se prêtait pas à l'unicité du projet au

Moyen Âge ; les ouvriers y étaient dirigés par un maçon et un charpentier, et les conflits n'étaient pas rares. Ce fut la raison de l'apparition d'une maîtrise d'œuvre unifiée au XVI^e siècle, maîtrise d'œuvre que, d'une façon tout à fait remarquable, Colbert accapara au profit de ses Ingénieurs-Architectes. Ainsi, au terme d'un long processus, l'Etat prenait-il à sa charge, non plus seulement la maîtrise d'ouvrage des ponts considérés d'utilité publique, mais aussi la maîtrise d'œuvre. Sur le plan de l'homogénéisation des structures, cette circonstance eut des implications tout à fait spécifiques, qui durent encore.

Examiner, a posteriori, les ouvrages construits par des générations de maçons, locaux le plus souvent, permet de mesurer leur latitude sur le plan des caractéristiques des ouvrages : les quelques traités de ponts que nous ont laissés les théoriciens des XVI^e et XVII^e siècles sont sans exception en retrait sur les réalisations de pointe des siècles antérieurs. Les constructeurs de ponts mirent parfois leur point d'honneur à bâtir des voûtes impressionnantes, qui servirent, plus tard, à fixer les normes de résistance des arcs.

Quant à la mise en forme architecturale, c'est sans aucun doute l'un des aspects les plus importants. Du pont romain, privilégiant la monumentalité, et affirmant le rôle triomphateur de l'ouvrage d'essence impériale, jusqu'au pont médiéval plus fin, affirmant au contraire la verticalité ; du pont Renaissance où les volumes s'alourdissent au bénéfice d'une sophistication

des détails, jusqu'au pont à la Française où l'effet de lien horizontal est affirmé par les arches en anse de panier et le cordon, on distingue bien des styles, des familles régionales. Beaucoup ont perdu aujourd'hui leurs "accessoires" : moulins, pêcheries, maisons et commerces les paraient souvent. La Renaissance fit d'ailleurs sienne la recherche architecturale et urbaine sur le pont à maisons : née dès le milieu du XII^e siècle pour des motifs essentiellement financiers, cette vogue vit son heure de gloire avec le XVI^e et le XVII^e siècle, pour disparaître un siècle plus tard à la faveur de théories hygiénistes, déjà.

Et reste, en filigrane, la ruine du pont. Essentiellement due aux affouillements à la base des piles, ressentie, à chaque fois, comme une catastrophe, elle occupa des générations de constructeurs qui tentèrent, de façon toujours renouvelée, et avec une constante remarquable, de protéger, de réparer, d'entretenir. A examiner dix-huit siècles d'un coup, on se plaît souvent à penser que, les ponts étaient, autrefois, constamment en ruine. Voire ; car la compression des échelles de temps est souvent trompeuse, de même que la sélectivité des sources qui mentionnent plus fréquemment la ruine d'un ouvrage, que son bon état. Les constructeurs du passé n'avaient pas les moyens de maîtriser les affouillements ; ils suppléèrent à ce manque par une sollicitude de tous les jours. Le pont appartient au patrimoine public ; aujourd'hui plus que jamais, les ingénieurs en sont convaincus, et œuvrent dans ce sens. ■

Spie Baignolles



— PIEUX FORES DE TOUS TYPES:
A LA BOUE, VIBROFONCES, A LA VIS, etc...

— PIEUX BATTUS METALLIQUES, PRE-
FABRIQUES, PALPLANCHES.

— PIEUX BATTUS METALLIQUES IN-
JECTES, PIEUX BATTUS MOULES.

— MICRO-PIEUX BATTUS ET FORES.

— PAROI MOULEE, BARRETTES, ECRAN
ETANCHE EN COULIS CIMENT.

— TIRANTS D'ANCRAGE, INJECTIONS
DE REMPLISSAGE.

Département Fondations Spéciales

TOUR OBJECTIF - 2 rue Louis Armand 92607 Asnières Cédex - Tél. : (1) 47.99.66.66

Une majorité silencieuse : les ponts types

A.L. MILLAN, IPC

Chargé de mission au Département des Ouvrages d'Art du SETRA

Dès l'époque romaine, lorsque l'art de construire fut suffisamment avancé pour que le nombre d'ouvrages d'art devienne significatif, il s'établit une distinction assez nette entre deux types d'ouvrages :

- les ouvrages "stratégiques", peu nombreux, construits en matériaux nobles (pierre, maçonnerie), dont la défaillance pouvait entraîner des conséquences graves, soit économiques, soit militaires ;
- les ouvrages "courants", construits à l'aide de techniques et de matériaux très divers, généralement d'une qualité assez médiocre.

Cette situation n'évolue pas de façon significative, jusqu'à l'apparition des premières liaisons importantes par chemin de fer, qui introduisent deux notions nouvelles :

- les contraintes de tracé, qui imposent des limitations sévères aux rampes et aux rayons des courbes, ce qui implique un accroissement considérable du nombre d'ouvrages d'art et une complication de ceux-ci, due à la nécessité de construire des ouvrages biais ou parfois courbes ;
- surtout, la notion de sécurité homogène, qui interdit la présence de points faibles, sur le trajet et exige que l'on accorde une égale importance à chaque ouvrage, quelle que soit sa taille.

En ce qui concerne la route, les vitesses croissantes des véhicules, les impératifs de sécurité et de confort ainsi que les contraintes de plus en plus sévères d'environnement font que, là-aussi, l'ouvrage d'art perd peu à peu son droit d'infléchir le tracé et doit s'accommoder de conditions de franchissement imposées : ouvrages biais ou courbes, travées de longueurs inégales, etc. La situation devient en tous points semblable à celle du réseau ferré dès lors que l'on pose les principes des normes autoroutières limitant, elles aussi, rampes, rayons en plan et en profil en long, tant pour des raisons de confort que de sécurité.

Ainsi, vers le milieu des années soixante, lorsqu'il fut décidé d'accélérer la construction du réseau autoroutier français, les ingénieurs se trouvèrent confrontés au problème suivant : comment construire un grand nombre de petits ouvrages (environ un par km d'autoroute), assurant des

fonctions analogues, mais ayant le mauvais goût de n'être pratiquement jamais identiques, compte tenu des milliers de combinaisons possibles entre la voie franchissante et la voie franchie (largeur, biais, courbure, sol de fondation, etc.).

Tous les pays ayant eu à développer un réseau routier et autoroutier important se sont trouvés confrontés à ce même problème. Il existe, comme dans le domaine de l'habillement, trois façons de le résoudre :

- le "sur mesure"
- le "mesure industrielle"
- le "prêt-à-porter".

Le "sur mesure" présente bien sûr l'inconvénient d'être cher, puisqu'il faut entièrement concevoir et calculer chaque ouvrage et, contrairement à ce que l'on pourrait penser, il ne s'agit pas de la solution la plus fiable : en effet, cette politique amène inévitablement à se trouver confronté à moyen terme à une population d'ouvrages hétéroclites, dont la surveillance et l'entretien doivent être adaptés à chaque cas particulier. Une conséquence plus grave est que la pathologie d'une telle population risque d'être relativement importante, car la bonne tenue et la durabilité d'un ouvrage dépendent en grande partie de détails technologiques et de dispositions constructives dont il est parfois difficile de prévoir le comportement lorsqu'on a recours à une conception originale.

A l'inverse, le "prêt-à-porter", qui consiste à systématiser, pour les ouvrages courants, l'emploi d'un certain nombre de structures simples et rustiques, faciles à

calculer et réaliser, présente de nombreux inconvénients :

- le peu de souplesse laissé au projeteur débouche très souvent sur des ouvrages mal adaptés au problème posé,
- le confort de l'utilisateur est souvent médiocre, les structures utilisées étant généralement des travées isostatiques, comportant de nombreux joints de chaussée et peu propices à la construction d'ouvrages courbes ou biais,
- l'esthétique de tels ouvrages est en général assez médiocre.

Un exemple extrême de ce type de structure est donné par les "tobogans" métalliques utilisés pour déniveler provisoirement certains carrefours.

La notion de pont type

La troisième voie, ou "mesure industrielle", a été mise en œuvre en France dès le début du programme autoroutier. Développée d'abord par le Service Spécial des Autoroutes puis, à partir de 1968, par le Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), elle a consisté à standardiser des "modèles", c'est-à-dire la conception et les méthodes de calcul à appliquer à un certain nombre de familles d'ouvrages susceptibles de présenter un champ d'application étendu. La vulgarisation des ordinateurs et l'augmentation de leurs performances, qui commençaient à cette même époque, a par ailleurs permis de développer rapidement des programmes effectuant automatiquement la quasi-totalité du dimensionnement et des calculs justificatifs de l'ouvrage. Il était ainsi possible d'adapter parfaitement l'ouvrage à son site, tout en ayant recours à des structures dont le comportement et la fiabilité étaient bien connus.

L'aide considérable apportée par l'informatique permettait de s'affranchir des contraintes liées au calcul et de concevoir des familles de structures alliant le maximum de qualités possibles :

- simples à exécuter, de façon à permettre leur construction par une entreprise

locale et ne pas restreindre la concurrence aux seules entreprises possédant une haute technicité ;

- robustes et fiables, c'est-à-dire possédant une très bonne durabilité alliée à un entretien minimal ;
- de niveau de confort élevé pour l'utilisateur ;
- économiques et esthétiques.

Ces qualités a priori contradictoires peuvent être assez facilement conciliées en ayant recours d'une part à des ouvrages monolithiques en béton (dalles), donc faciles à exécuter, robustes et économiques, et d'autre part à des ouvrages hautement hyperstatiques, ce qui présente l'avantage de rendre la structure mécaniquement performante, donc élancée, de réduire le nombre de joints de chaussée, augmentant ainsi la fiabilité et le confort et diminuant le prix. De plus, le monolithisme allié à l'élancement aboutit à des structures qui forment un bon canevas pour un traitement esthétique.

Pour chaque type de structure ainsi défini, les projeteurs trouvent à leur disposition :

- une documentation définissant la morphologie de l'ouvrage, son domaine d'emploi et ses détails de conception ;
- un programme susceptible d'effectuer les calculs justificatifs.

Exemples

A titre d'illustration, nous décrirons brièvement les deux familles de ponts types faisant l'objet de l'utilisation la plus courante.

Les ponts-cadres et les portiques

Conçus à l'origine pour le passage de petits cours d'eau ou le rétablissement sous autoroute de voies existantes, ces ouvrages sont maintenant d'utilisation courante sur tous les types de voies, en milieu urbain ou non.

Le pont-cadre est constitué d'un rectangle monolithique en béton armé (figure 1), extrêmement robuste, et peut être complété par des murs en retour, des murs en aile, ou des murs suspendus. Sa forte hyperstaticité et les efforts bénéfiques apportés par la poussée des remblais latéraux permettent d'atteindre un élancement élevé. Son utilisation est particulièrement indiquée pour les franchissements de faible portée (son domaine d'utilisation conseillée va jusqu'à 10 m), ou pour les franchissements établis sur des sols de qualités médiocres, compte tenu de la grande surface de répartition des charges que constitue le radier.

Pour des portées plus importantes, il est plus économique d'avoir recours à un portique ouvert, toujours en béton armé, et possédant à peu près la même morphologie, mais dont les piédroits sont fondés cette fois sur des semelles indépendantes (figures 2 et 3). Le domaine de portée de cette structure s'étend jusqu'à 20 m et permet ainsi le rétablissement de routes importantes.

Ces ouvrages, très simples à exécuter, sobres et élégants, ont donné lieu à une moyenne de 360 calculs par an sur ces dix dernières années. Entre la mise à disposition des programmes et décembre 1984, 5 677 ouvrages ont ainsi été calculés au SETRA.

Les ponts-dalles

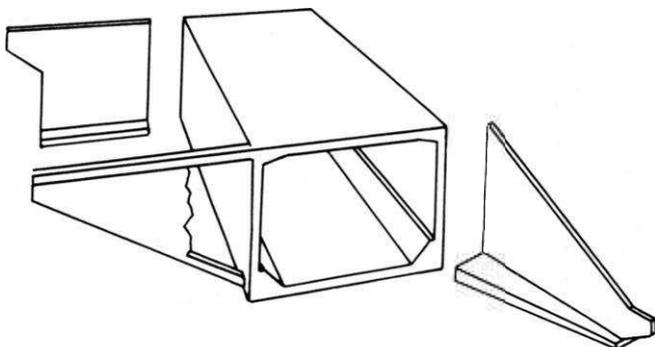
Il s'agit du type d'ouvrage le plus fréquemment utilisé pour assurer le franchissement des autoroutes par d'autres voies. Comme dans le cas des cadres et portiques, son utilisation revêt toutefois un caractère très général même pour le franchissement de cours d'eau, moyennant l'exécution de l'ouvrage sur cintre.

Ces ponts sont constitués d'une dalle pleine, continue et d'épaisseur constante, en béton armé ou précontraint qui assure robustesse et simplicité d'exécution. L'hyperstaticité et la précontrainte permettent d'obtenir un élancement très élevé qui leur confère une silhouette élé-

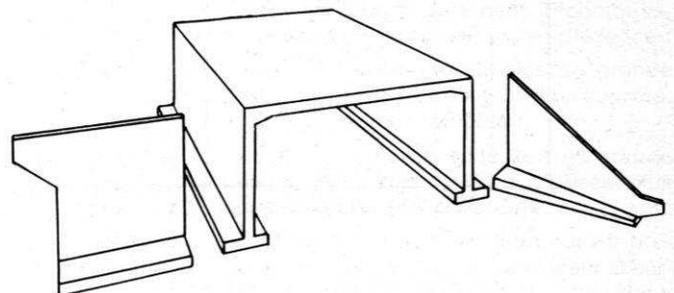
Exemple de portique. Fig. 3.



Morphologie du Pont-Cadre. Fig. 1.



Morphologie d'un portique. Fig. 2.



gante. Dans la grande majorité des cas, les abouts reposent en tête de talus soit sur une palée enterrée (talus de remblai), soit sur une semelle ou une fondation sur pieux (talus de déblai). Cette disposition est en effet à la fois plus économique, plus esthétique et dégage mieux le champ visuel que la solution plus classique qui consiste à supprimer les deux travées de rive au profit de culées avec mur de front vertical. Par ailleurs, le caractère de la structure se prête bien à une recherche architecturale, aussi bien en ce qui concerne le tablier que les appuis (figure 4).

Ce type d'ouvrage est celui qui a connu le plus grand succès parmi les ponts types du SETRA, avec une moyenne de 380 calculs par an sur ces dix dernières années et un total de 6 137 calculs entre la mise à disposition des programmes et décembre 1984.

Les résultats acquis

La figure 5 donne, pour les années ayant fait l'objet d'un recensement précis, le pourcentage du nombre d'ouvrages-types du SETRA construits en France par rapport au nombre total de ponts construits durant la même période, d'une part pour les ouvrages routiers, et d'autre part pour les ouvrages autoroutiers. Ce pourcentage est remarquablement constant pour les ouvrages routiers, avec une moyenne d'environ 64 %, il est beaucoup plus variable pour les ouvrages autoroutiers, avec une moyenne de 70 %.

Ces chiffres sont éloquentes et montrent que le pari engagé a été amplement gagné.

La population des ponts types en France est maintenant extrêmement importante et leur pathologie très faible, pour ne pas dire inexistante. Par ailleurs, la grande

souplesse conférée par le nombre élevé de structures figurant au catalogue et par le calcul électronique permettent une très bonne adaptation au site et laissent place à une personnalisation architecturale de chaque ouvrage.

Les perspectives d'avenir

On pourrait penser que le net ralentissement des travaux autoroutiers dû à l'achèvement des liaisons les plus importantes va amorcer un certain déclin des ouvrages types. Il faut cependant considérer qu'environ les deux tiers de ceux-ci sont actuellement construits sur le réseau routier et que, dans ce domaine, beaucoup d'équipements restent à réaliser (rochades, passages dénivelés, etc.). De plus, les besoins d'équipement des pays en développement sont immenses, et leur intérêt pour notre méthodologie et nos programmes de calcul s'est nettement manifesté ces dernières années. Ces éléments font penser que l'effort déployé pour développer la politique des ouvrages types doit être non seulement maintenu mais augmenté.

Les perspectives de développement peuvent être rassemblées autour de deux grands pôles :

Informatique

Les programmes actuels ont été conçus pour une utilisation en mode différé : en majeure partie, ils sont implantés sur l'ordinateur du SETRA et alimentés par les données que le client transmet par courrier ; ceci étant bien entendu possible pour les utilisateurs français comme pour les utilisateurs étrangers.

Les performances autorisées par les petits

matériels (mini, voire micro-ordinateurs), ainsi que les possibilités nouvelles en matière de Conception Assistée par Ordinateur et de sorties graphiques doivent permettre :

- une utilisation des programmes en mode conversationnel, l'ingénieur ayant ainsi plus de possibilités pour intervenir à chaque étape du programme,
- une présentation encore meilleure des résultats.

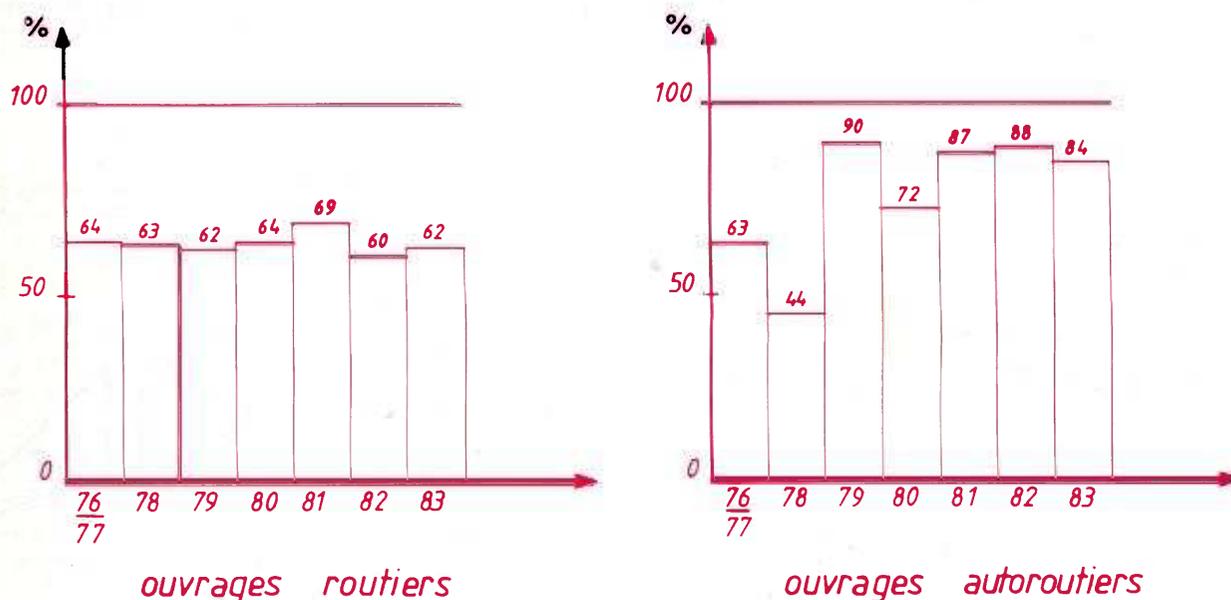
Méthodologie

La méthodologie est arrivée à un stade très satisfaisant pour les ouvrages types les plus courants le niveau de service rendu étant élevé et la pathologie des ouvrages presque inexistante. Il est prévu, d'élargir le champ d'action dans trois directions :

- améliorer la conception des structures pour tenir compte de l'évolution technologique et mieux les adapter aux contraintes de plus en plus serrées imposées par les projets ;
- profiter de l'extension des capacités informatiques pour intégrer dans le domaine des ponts types des ouvrages considérés jusqu'ici comme non courants ;
- promouvoir l'utilisation de structures mieux adaptées lorsque les conditions économiques et les conditions d'approvisionnement en matériaux sont différentes.

Comme on peut le voir, le travail à accomplir est encore important et s'inscrit en droite ligne dans les tendances actuelles de décentralisation de l'informatique et de coopération avec les pays en développement.

Pourcentage d'ouvrage types dans la construction globale.



L'autoroute A 40 De pont d'Ain à Châtillon-en-Michaille

par Jean-Pierre ROUSSEL
Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône
Directeur de la Construction

Entre Pont d'Ain et Bellegarde la succession en continu de viaducs et de tunnels sur 28 kilomètres de A 40 constitue actuellement le plus impressionnant chantier de construction que l'on ait vu depuis longtemps en France : en matière de viaducs notamment, s'y trouve rassemblée une sorte de synthèse de tout ce que la technique Française actuelle et les Entreprises de Travaux Publics proposent de plus élaboré dans le domaine des procédés de construction et de l'élégance des formes.

Il était impossible de tenir les lecteurs de la revue du PCM à l'écart d'un tel événement.

Il fallait les informer et leur donner le désir d'en savoir plus en venant voir sur place ces chantiers exceptionnels que visitent presque chaque jour des techniciens du monde entier.

C'est ce que fait, dans l'article suivant, M. Jean-Pierre Roussel, Directeur du Service de la Construction de ma Société, la Société des Autoroutes Paris Rhin Rhône SAPRR, où il joue depuis plusieurs années le rôle de conducteur d'opération avec, comme maître d'œuvre, la Société Scetauroute.

Ensemble, ils unissent leurs efforts pour affronter les innombrables difficultés qui attendent tout constructeur d'ouvrages aussi hardis.

Leur tâche est loin d'être achevée : après les trois grands viaducs décrits ci-après, et qui sont en cours de construction, vont venir s'ajouter les autres réalisations, au moins aussi exceptionnelles, que sont les viaducs de Sylans et de Charix ; ces deux ouvrages feront l'objet d'un prochain article dans la Revue, qui prolongera et complètera celui qui suit.

Il est à peine besoin de souligner que la qualité des ouvrages, des bureaux d'études concepteurs et des entreprises françaises réalisatrices constitue un puissant atout à l'exportation de nos techniques : la SAPRR et Transroute (USAP, SCET, Caisse des Dépôts, Développement) puisent dans ces réalisations une argumentation convaincante à l'appui de leur politique d'exportation de l'ingénierie routière et autoroutière de notre pays : c'est à mes yeux l'un des rôles, et non des moindres, de notre Société.

*Le Président de la Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône
Jean-Antoine WINGHART*

I — Introduction

Qui veut savoir où en est actuellement la technique française de construction des grands viaducs doit impérativement aller visiter l'autoroute A 40 entre Pont d'Ain et Châtillon-en-Michaille (près de Bellegarde).

C'est là, entre Poncin et Sylans, que se situent trois chantiers illustrant trois techniques de construction de viaducs :

— la technique de construction par vous-

soirs symétriques, coulés en place sur équipages mobiles ;

— la technique de construction par voussoirs symétriques et préfabriqués, mis en place avec une poutre de lancement ;

— la technique de préfabrication en rive suivie du poussage sur appuis.

L'intérêt de la visite de ces chantiers actuellement en pleine activité, ne réside pas tellement dans le principe même des techniques utilisées, qui ont déjà été mises en pratique sur de nombreux autres chantiers, que dans leurs conditions d'utilisation.

C'est donc à la fois pour satisfaire la curiosité du lecteur de la revue du PCM et pour inciter les plus curieux d'entre eux à venir visiter les chantiers de l'autoroute A 40, que nous allons décrire ce que la Société des Autoroutes Paris-Rhin-Rhône, maître d'ouvrage, réalise avec la Société Scetauroute comme maître d'œuvre, sur l'autoroute A 40 Mâcon — Tunnel du Mont-Blanc.

II — Le viaduc de Poncin : 566 m

Ce viaduc est l'illustration à la fois de la technique des ponts poussés et de la technique des ponts construits par voussoirs coulés en place, techniques qui sont utilisées conjointement sur le même ouvrage mais sur des parties différentes.

Le viaduc de Poncin est construit par le groupement d'entreprises constitué de dragages et travaux publics, mandataire du groupement, et Citra-France. Le sous-traitant pour les fondations profondes est la Société Sif-Bachy.

Les travaux ont commencé au mois de mai 1984. Ils doivent durer 29 mois pour s'achever en septembre 1986.

2.1. Le Parti architectural

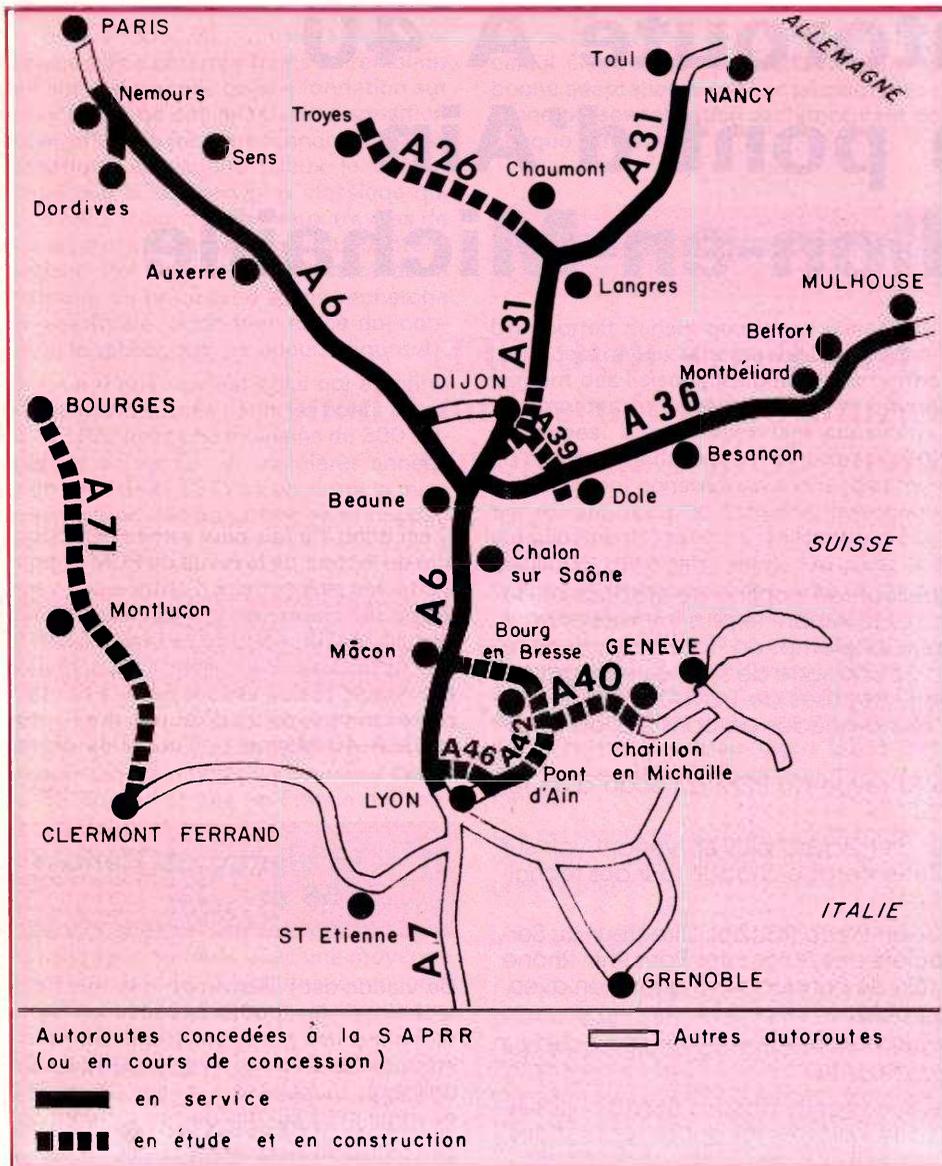
L'ouvrage d'art franchissant la vallée encaissée de l'Ain étant particulièrement visible depuis le village de Poncin et ses environs, une étude architecturale poussée fut entreprise.

Après les choix purement techniques, deux solutions sont restées en présence :

— soit 2 travées principales de grande portée avec travées d'accès plus courtes, le tout à hauteur variable ;

— soit 1 travée centrale de très grande portée, avec des travées d'accès plus courtes à hauteur constante.

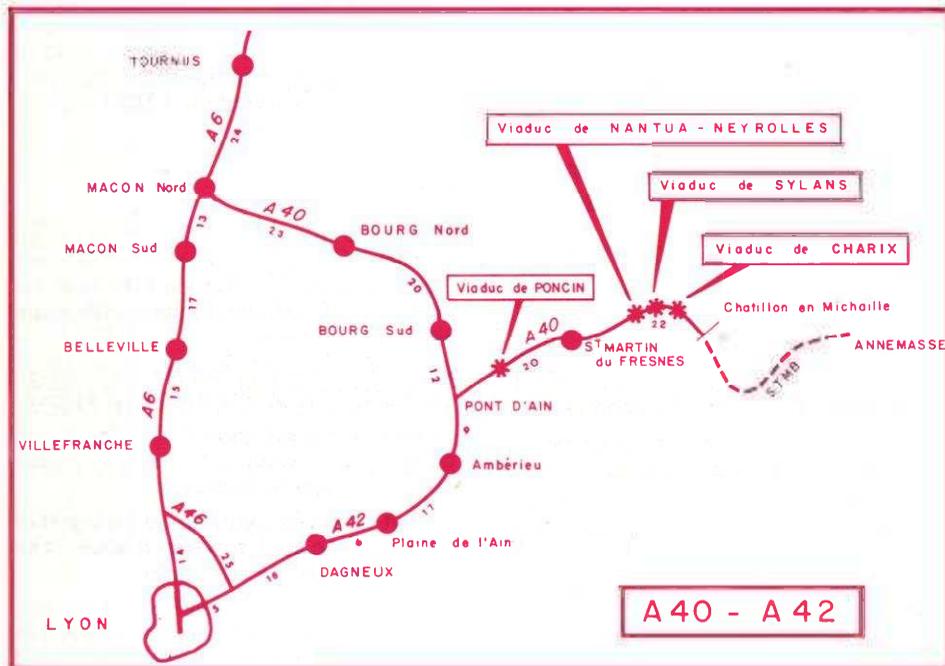
C'est cette dernière solution qui fut préférée, car elle mettait plus en valeur la hardiesse de la travée centrale. Mais deux



Autoroutes concédées à la SAPRR.

Les Autoroutes A40 et A42 concédées à la SAPRR.

Etat en 1985.



sous-solutions demeuraient encore possibles : un seul tablier ou deux tabliers séparés.

C'est la consultation qui décida du choix : la solution du tablier unique qui a permis un gain de coût de 8 %, tout en améliorant l'esthétique des appuis (meilleur défilement).

2.2. Le parti technique et le mode de construction

Le tablier est constitué par un caisson classique, de hauteur variable pour les 2 grands fléaux centraux, avec 2 âmes latérales seulement malgré la grande largeur du tablier : 19,60 m.

Le viaduc est courbe, de rayon R : 1 000 m, avec une pente longitudinale d'Est en Ouest de 0,9 % régnant sur la quasi-totalité de l'ouvrage.

La coupe longitudinale de l'ouvrage est donnée par le schéma n° 3.

Deux procédés de construction sont utilisés :

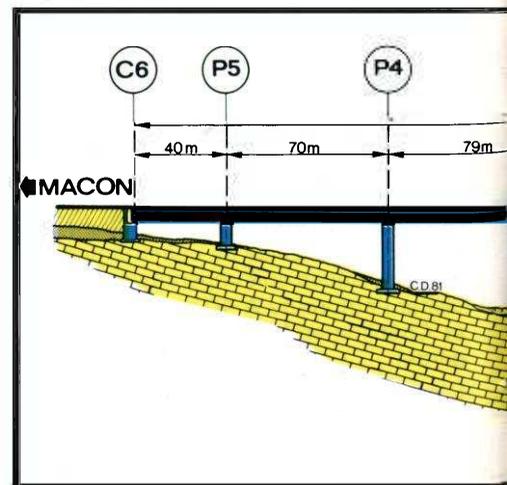
- les travées centrales, dont le tablier est à hauteur variable, sont coulées en place par encorbellements symétriques sur équipements mobiles ;
- les travées d'extrémité Ouest et une partie de l'extrémité Est, dont le tablier est à hauteur constante, sont coulées sur des aires de préfabrication jouxtant les culées, puis poussées sur leurs appuis par longueurs de 39 m.

2.3. Les appuis et leurs fondations

Tous les appuis sont fondés superficiellement, par l'intermédiaire d'une semelle unique, sur le substratum calcaire à l'exception des 2 appuis P2 et P3 situés à l'Ouest de l'Ain pour lesquels il a fallu réaliser des fondations profondes après injection au coulis de bentonite-ciment des alluvions graveleuses.

Les appuis eux-mêmes sont constitués de caissons réalisés à l'aide d'un coffrage grim pant, par levées de 3,85 m.

Viaduc de Poncin - Coupe longitudinale.



La hauteur des appuis des travées centrales est d'environ 40 m.

Il n'y a pas de joints de dilatation intermédiaires : uniquement des joints sur culées, de souffle 300 mm pour la culée C6 et 200 mm pour la culée CO.

2.4. Le tablier

La poutre-caisson est monocellulaire avec des diaphragmes raidisseurs, solution qui s'est révélée la plus économique par rapport à des solutions à caissons multicellulaires.

Le hourdis supérieur est constitué d'une dalle pleine, la variante avec hourdis nervuré présentée par l'entreprise n'ayant pas été retenue pour un motif économique propre à cet ouvrage.

Les voussoirs constituant la partie du tablier à hauteur variable ont 3,30 m de longueur et pèsent de 120 à 220 t.

La partie du tablier à hauteur constante est préfabriquée en rive par tronçons de 6,50 m de longueur, les cycles de précontrainte et de poussage se faisant par éléments de 39 m environ.

Dans les deux cas, le hourdis supérieur de 0,30 m d'épaisseur est précontraint transversalement.

Le hourdis inférieur d'épaisseur variable de 0,24 à 1,05 m est en béton armé. Les âmes ont une épaisseur de 0,60 m sauf au voisinage des appuis de la partie poussée où elle peut atteindre 1,20 m. Elles sont en béton armé.

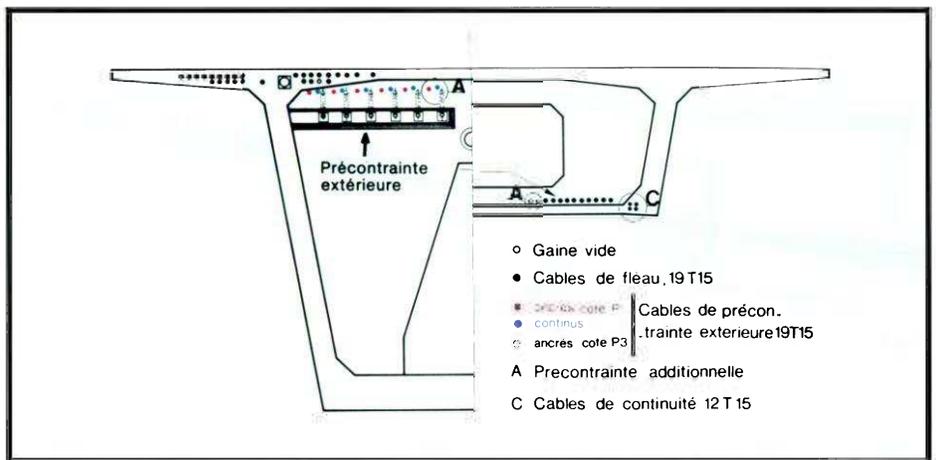
Des diaphragmes, tous les 20 m, servent de raidisseurs et de déviateurs à la précontrainte longitudinale.

2.5. La précontrainte

On distingue dans la coupe transversale (voir schéma n° 4) :

— la précontrainte de fléau, **intérieure au béton**, constituée d'unités 19.T.15

— la précontrainte inclinée, **extérieure au béton** déviée par les diaphragmes, et



Viaduc de Poncin - Coupe transversale.

constituée d'unités 19.T.15 (voir schéma n° 5)

— la précontrainte de continuité, intérieure au béton, constituée d'unités 12.T.15 et la précontrainte transversale du hourdis supérieur est **intérieure au béton** et constituée d'unité 4.T.15 espacées de 0,60 m.

Des gaines ont été mises en attente dans les goussets aussi bien inférieurs que supérieurs des hourdis, en prévision d'une précontrainte complémentaire longitudinale qui pourrait être appliquée éventuellement en cours de construction de l'ouvrage.

Une précontrainte additionnelle, extérieure au béton, atteignant jusqu'à 20 % de la précontrainte de continuité, pourra éventuellement être mise en place en cours de vie de l'ouvrage.

2.6. Les performances ou originalités à retenir

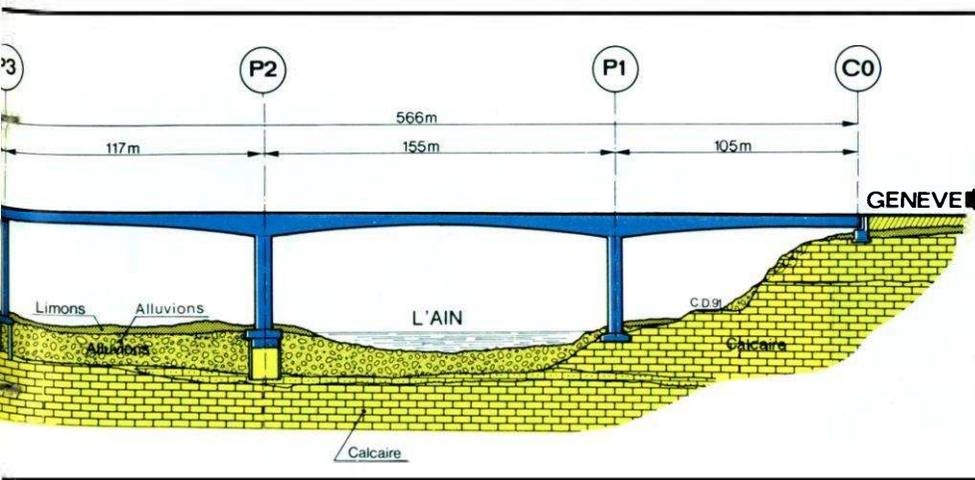
La portée de 155 m pour la travée centrale se classe au 3^e rang des portées des ouvrages français construits en encorbellement, après Ottmarsheim et Gennevilliers et à égalité avec Calix.

La largeur de 19,60 m du caisson monocellulaire constitue une première française. Ces deux éléments conjugués conduisent à des voussoirs dont le poids peut atteindre 220 t et qui nécessitent pour leur construction un équipage mobile de grande dimension, la difficulté étant alors d'assurer à l'ensemble une rigidité suffisante. Le poids de l'équipage mobile est de 60 t.

Enfin, la précontrainte longitudinale extérieure au béton est pour la première fois appliquée à un ouvrage de cette importance. L'harmonie géométrique du câblage a été facilitée par une étude sur maquette (voir schéma n° 5).

Nota : la solution du tablier unique s'est révélée économiquement compétitive dans le cas du viaduc de Poncin dont les travées centrales ont des portées importantes. Cette conclusion ne pourrait pas, pour l'instant, être étendue à des viaducs dont les travées ont des portées plus réduites.

— Le viaduc de Nantua 1 003 m

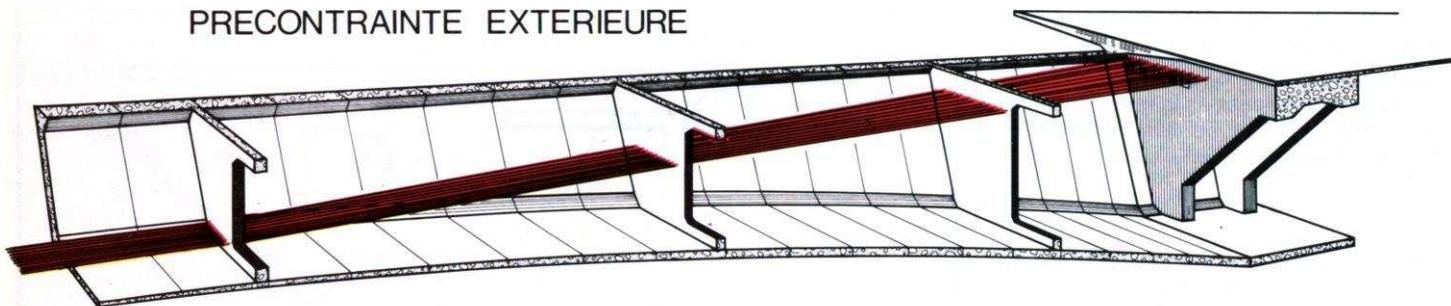


Ce viaduc illustre la technique de construction par voussoirs coulés en place sur équipages mobiles.

Il fait partie d'un ensemble de deux viaducs contigus : les viaducs de Nantua et des Neyrolles (voir photo n° 6). Chacun d'eux sera décrit séparément, car ils sont très différents dans leur géométrie et leur mode de construction.

Le viaduc de Nantua a une longueur de 1 003 m répartie en 10 travées. Sa hauteur au-dessus du sol varie de 10 à 86 m. Comme le viaduc des Neyrolles qui lui fait suite, il ne comporte provisoirement qu'un seul tablier supportant la première chaussée bidirectionnelle de l'autoroute. Un deuxième tablier accolé sera construit

PRECONTRAINTE EXTERIEURE



Viaduc de Poncin (précontrainte extérieure/étude sur maquette).

ultérieurement, lorsque le trafic sur l'auto-
route le nécessitera.

La pente longitudinale est de 1,5 % avec
un point bas à l'extrémité du viaduc côté
tunnel.

Le délai d'exécution est de 41 mois dont
3 hivers, à compter du 1^{er} juin 1983 ;
l'achèvement de l'ouvrage interviendra
donc le 1^{er} novembre 1986.

Les travaux ont été confiés au groupe-
ment d'entreprises GTM - Campenon
Bernard, le mandataire commun étant
GTM.

La sous-traitance pour les parois moulées
a été confiée à Soletanche.

3.1. Le parti architectural

Compte tenu des voies à franchir dans la
cluse de Nantua, les travées devaient
avoir une portée de l'ordre de 100 m, à
l'exception de la travée extrême côté tun-
nel qui, pour des raisons topographiques
et géologiques, devait avoir une portée de
124 m.

A l'intérieur de ces contraintes techni-
ques, l'architecte de la Société : le Cabi-
net Novarina, a considéré qu'il fallait con-
server à l'ouvrage son caractère purement

fonctionnel. On a donc volontairement
exclu toute recherche de détail tel que le
traitement des parements, de la forme de
piles ou des corniches.

Par contre, l'ensemble formé par la tête
du tunnel de Chamoise et l'extrémité du
viaduc de Nantua a fait l'objet d'une étude
poussée, avec maquette à l'appui (voir
photo n° 7).

3.2. Le parti technique et le mode de construction

Le tracé en plan se compose d'une courbe
centrale de 500 m de rayon, se raccordant
d'un côté au tunnel de Chamoise et de
l'autre au viaduc des Neyrolles par des
courbes à rayon progressif.

Le viaduc se termine par une longue tra-
vée de 124 m prenant appui dans le tun-
nel c'est-à-dire dans la falaise de calcaire
franc. Pour équilibrer cette travée, un con-
trepoids en béton de 35,5 m de longueur
sur 8,70 m de hauteur a dû être construit
à l'intérieur de la falaise dans une surex-
cavation du tunnel. Après lestage, ce cais-
son a un poids de 3 000 tonnes environ
(voir schéma n° 9).

Les portées relativement importantes, de
l'ordre de 100 m, ont imposé une poutre
caisson de hauteur variable.

L'ensemble est coulé en place en encor-
bellements, par voussoirs symétriques, à
l'aide d'équipages mobiles dont la poutre
supérieure s'appuie sur le hourdis supé-
rieur du tablier.

Il y a 5 équipages mobiles en activité.

3.3. Les appuis et leurs fondations

Les appuis les plus hauts (P1 - P2 - P3),
implantés au fond de la cluse, sont son-
dés dans des alluvions compactes sur des
enceintes circulaires en béton armé de 10 m
de diamètre extérieur et de 14 à 21 m de
profondeur, réalisés selon la technique
des parois moulées dans le sol.

Trois appuis (P4 - P5 - P6) sont fondés
superficiellement sur le calcaire affleurant.
Pour les autres appuis, où le calcaire
n'apparaît plus en surface, on a recours
aux puits marocains :

- de 2,20 m de diamètre extérieur et de
7 à 10 m de profondeur, 4 puits sous les
piles 7 et 9, 2 puits sous la pile culée
C 10 ;

- de 6,00 m de diamètre et de 19 m de
profondeur pour la pile P8 (voir photo
n° 11).

Fig. 6 - Viaduc de Nantua et Neyrolles maquette.

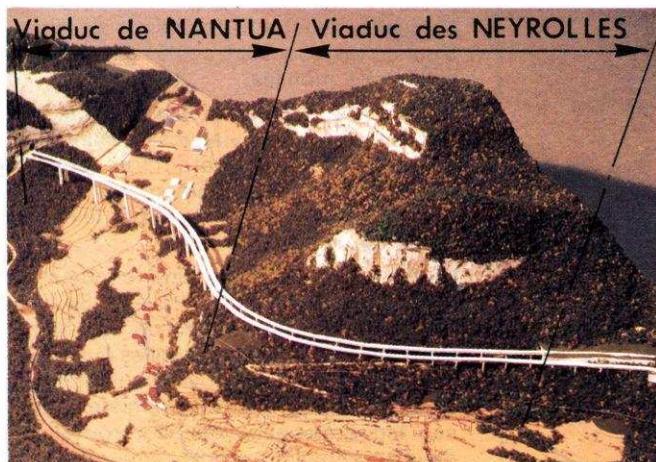
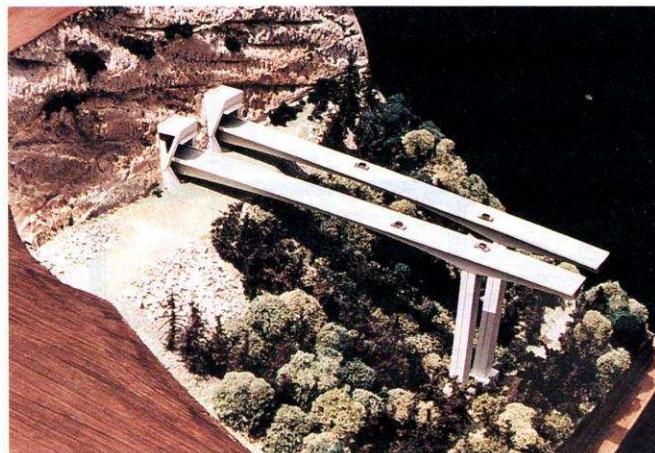


Fig. 7 - Tête du tunnel de Chamoise extrémité du viaduc de Nantua.



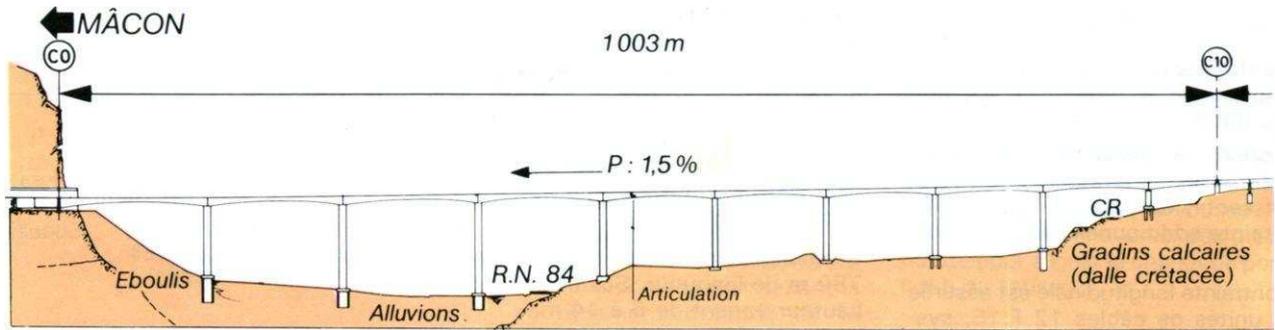


Fig. 8 - Viaduc de Nantua - Coupe longitudinale.

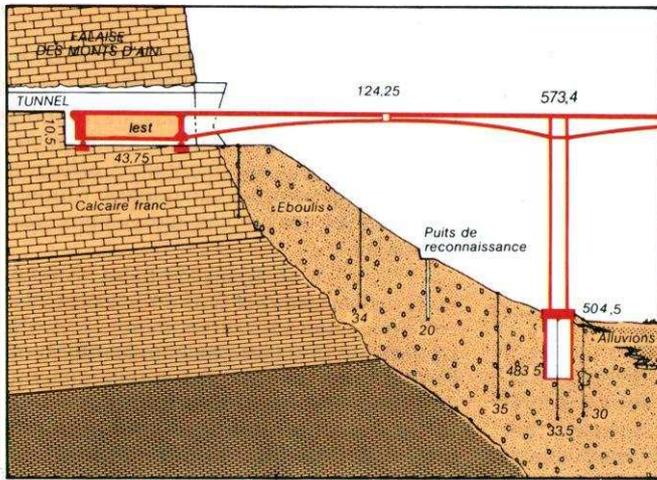


Fig. 9 - Viaduc de Nantua - La culée Ouest en tunnel et son contrepoids.

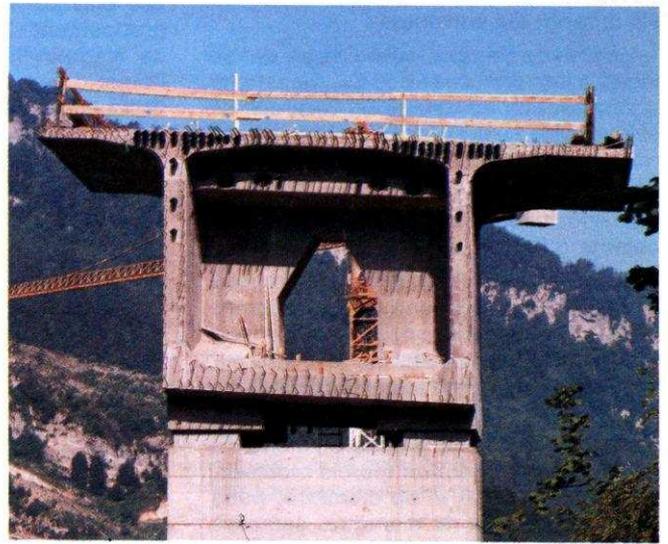


Fig. 10 - Viaduc de Nantua - Voussoir sur pile.

La pile elle-même est un caisson en béton fortement armé (105 à 135 kg/m³), avec évasement à la base pour les 2 plus hautes (stabilité au vent).

La hauteur des piles varie de 46 à 77 m. Elles sont réalisées à l'aide d'un coffrage grim pant par levées de 4,50 m.

Un joint de dilatation est prévu vers le milieu de l'ouvrage approximativement au quart de la travée P4 - P5.

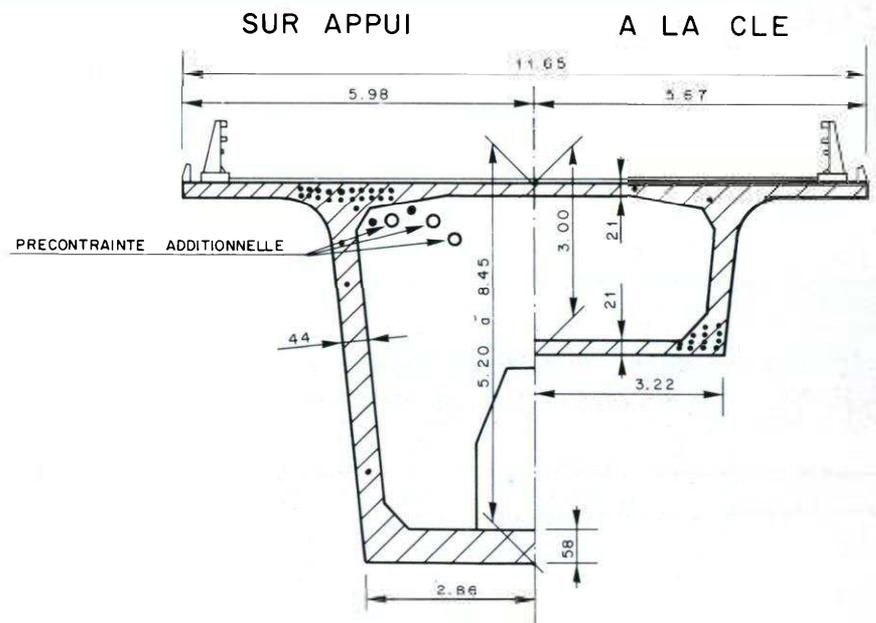
Les deux plus gros appareils d'appuis, ceux du contrepoids de la culée Ouest, doivent pouvoir supporter une charge de 3 000 t. Ils mesurent 1,60 m de diamètre et pèsent chacun 4,5 t.

3.4. Le tablier

Le tablier est constitué d'une poutre caisson continue de hauteur, variable de 8,45 m sur l'appui CO à 3 m à la clé (voir schéma n° 12).

L'ensemble est découpé en 290 voussoirs ayant 2,50 m à 3,50 m de longueur et pesant chacun de 60 à 85 t.

Fig. 12 - Viaduc de Nantua - Coupe transversale du tablier.



3.5. La précontrainte

La précontrainte ne s'exerce que dans le sens longitudinal, à l'aide de câbles intérieurs au béton.

Il est prévu la possibilité, en cours d'exploitation de l'ouvrage et si le besoin s'en fait sentir, de pouvoir rajouter une précontrainte additionnelle extérieure au béton.

La précontrainte longitudinale est assurée par des unités de câbles 12.T.15, système FUC de SEEE. Elle s'applique suivant le dispositif géométrique du croquis donné par le schéma n° 13.

3.6. Les performances ou originalités à retenir

Les particularités à signaler pour le viaduc de Nantua, par ailleurs parfaitement classique, sont les suivantes :

- la travée de rive, côté Ouest, qui se loge, avec son contrepoids, dans une surexcavation du tunnel. Le contrepoids est mobile sur des appuis glissants de taille exceptionnelle (2 appuis de capacité de 3 000 t).

Ce dispositif est très inhabituel en France, comme à l'étranger.

- les difficultés d'accès, qui ont imposé la méthode d'exécution (voussoirs coulés en place) avec pour conséquence un long délai de réalisation malgré la présence sur le chantier de 5 équipages mobiles ;

- l'hétérogénéité des terrains rencontrés qui ont imposé une grande diversité de méthodes de fondation (parois moulées, puits unique de 6 m de diamètre, puits multiples de 2 m de diamètre, semelles superficielles).

4 = Le viaduc des Neyrolles : 782 m

Ce viaduc illustre la technique de construction par voussoirs préfabriqués.

Il fait immédiatement suite à l'extrémité Est du Viaduc de Nantua auquel il se raccorde par l'intermédiaire d'une culée commune. Comme lui, il ne comporte provisoirement qu'un seul tablier supportant la première chaussée bidirectionnelle de

l'autoroute. Mais, contrairement au Viaduc de Nantua qui était de grande hauteur et franchissait une cluse par des travées de portée supérieure à 100 m, le Viaduc des Neyrolles a des appuis de faible hauteur et se développe au pied d'une falaise rocheuse, dans les éboulis, avec des travées dont les portées sont de l'ordre de 50 m (voir schéma n° 14).

Ce viaduc comporte 17 travées. Il mesure 782 m de longueur. Ses appuis ont une hauteur variant de 6 à 14 m.

Le délai d'exécution, commun avec celui du viaduc de Nantua, est de 41 mois à compter du 1^{er} juin 1983 laissant prévoir un achèvement du viaduc le 1^{er} novembre 1986. En fait il est prévu d'achever la pose du tablier du viaduc des Neyrolles à la fin de l'année 1985, soit dans un délai de 29 mois.

Les travaux ont été confiés au même groupement d'entreprises que le Viaduc de Nantua, les 2 ouvrages ayant fait l'objet d'une consultation commune : le Groupement GTM — Campenon-Bernard, avec en sous-traitance la Société Intrafor-Cofor pour les tirants précontraints.

4.1. Le parti architectural

La géométrie imposait un viaduc au ras du sol, qui n'est visible qu'à distance, en particulier depuis la route nationale 84.

Comme pour le viaduc de Nantua, il n'y a pas eu de recherche architecturale particulière, l'objectif étant de conserver l'impression d'un mince ruban ceinturant la falaise et disparaissant progressivement dans l'environnement au fur et à mesure de l'installation d'une végétation arbustive sur les abords immédiats de l'emprise (voir photo n° 15).

4.2. Le parti technique et la méthode de construction

Il a été choisi des portées économiques, de 50 m environ, répétitives, et un tablier de hauteur constante constitué d'une poutre-caisson posée sur des appuis simples.

La méthode de construction retenue : voussoirs préfabriqués posés en encorbellements symétriques, résulte essentiellement des difficultés d'accès au chantier, le tablier devant être construit sans possibilité d'appuis intermédiaires au sol et

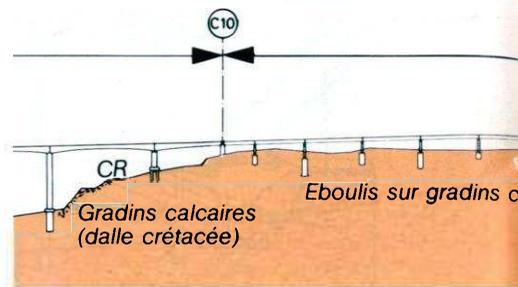


Fig. 14 - Viaduc des Neyrolles

avec une possibilité réduite de charroi de matériaux à travers le chantier.

L'acheminement des voussoirs, depuis l'usine de préfabrication de Romagnieu, située à 100 km du chantier, s'effectue par semi-remorques au gabarit routier, étant donné les faibles dimensions des voussoirs.

4.3. Les appuis et leur fondation

La stabilité précaire des éboulis du Mont Cornet dans lesquels les appuis doivent être fondés a imposé des contraintes très fortes — les terrassements pour piste et plate-forme de travail doivent être d'une surface minimum et, malgré cela, les talus doivent être fréquemment soutenus.

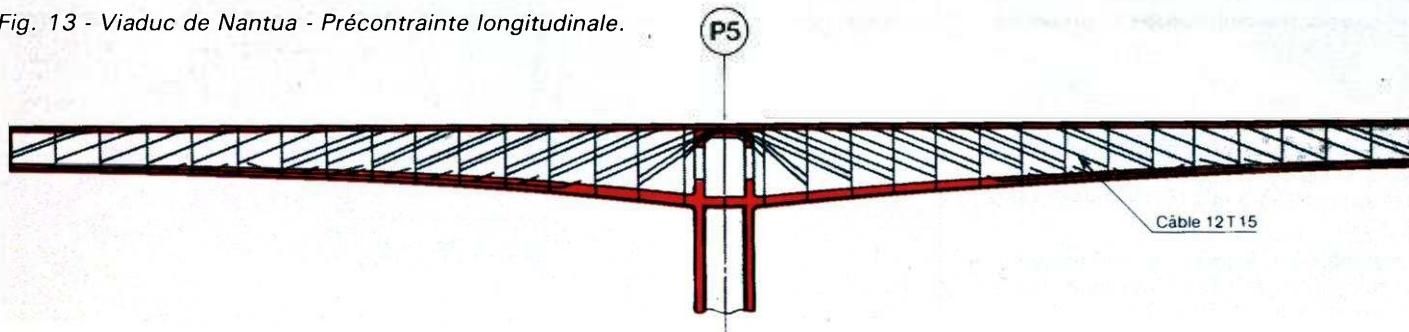
- L'exécution des fondations ne doit pas nécessiter l'amenée d'un matériel lourd qui supprimerait la permanence de la circulation sur la piste de chantier.

- Les fondations doivent charger faiblement l'éboulis et être peu sensibles à ses mouvements éventuels.

- Le report des charges devait se faire sur des gradins calcaires de la dalle crétacée recouverte par le manteau d'éboulis.

Etant donné la stabilité précaire des éboulis dans lesquels les appuis devaient être fondés, il a été fait appel à la solution du puits marocain unique de 4,5 m de diamètre creusé à travers l'éboulis et ancré dans la dalle crétacée.

Fig. 13 - Viaduc de Nantua - Précontrainte longitudinale.



VIADUC DES NEYROLLES
782 m
(préfabriqué)

GENÈVE →

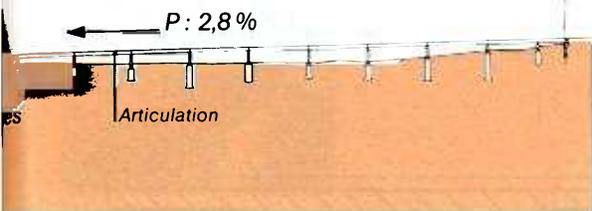


Fig. 16 - Coupe longitudinale.

Le creusement des puits s'effectue par passe de 1 m de hauteur, immédiatement soutenue par des anneaux de béton cofré, armés par un treillis soudé.

A l'exception des quelques mètres creusés dans la dalle crétacée, l'utilisation des explosifs est interdite.

Le béton de remplissage du puits est ferrillé à raison de 0,1 % pour résister aux efforts de renversement exercés pendant la construction du fléau.

Toujours dans la perspective d'un glissement localisé, les puits les plus profonds (12 m) sont ancrés en tête par 2 tirants précontraints constitués d'unités 12.T.15 scellés dans le substratum rocheux. Des réservations ont été prévues pour généraliser cette précaution aux autres puits si le besoin s'en faisait sentir.

Par ailleurs, la pente des éboulis est telle qu'il a fallu prévoir un soutènement définitif entourant la pile et évitant de compromettre la stabilité du versant. Ce sou-

tènement se compose d'une demi-coque en béton armé ancrée à sa naissance par 2 tirants constitués d'unités 12.T.13 (voir photo n° 16).

Enfin, lorsqu'il paraissait trop dangereux pour la stabilité du versant de venir construire ultérieurement la plate-forme de chantier pour le 2^e tablier, il a été mis en place dès maintenant le soutènement définitif de la future plate-forme.

Les appuis du Viaduc des Neyrolles sont constitués par des fûts pleins en béton de 2 x 3 m qui doivent pouvoir résister à d'éventuels chocs de blocs rocheux. Ils sont évasés en tête à 2 x 4,5 m pour pouvoir loger les appareils d'appuis en néoprène supportant le tablier ou les appareils glissants pour les 2 appuis les plus proches de chaque joint de dilatation.

Un seul joint de dilatation existe au tiers de la travée centrale.

4.4. Le tablier

Le tablier est découpé en 331 voussoirs de 2,10 m à 2,44 m de longueur dont le poids varie de 35 à 44 tonnes. Leur hauteur constante est de 3,02 m.

L'usine de préfabrication de Romagnieu dispose de 2 cellules à poste fixe qui permettent la préfabrication d'un voussoir par jour et par cellule.

Les voussoirs sont coulés "à joints conjugués", chacun servant de contre moule pour le bétonnage du voussoir suivant. Après transport par la route, ils sont stockés sur la partie du tablier déjà construite en attendant d'être acheminés par un far-

dier sous l'engin de pose. Celui-ci est constitué d'une poutre haubannée de 80 m, d'un poids de 100 tonnes (voir photo n° 17).

La courbure prononcée du viaduc (R = 425 m dans la partie centrale) nécessite qu'avant chaque pose de voussoir, on réalise un ripage transversal des pieds de la poutre pour aligner le chariot de pose avec l'axe du tablier.

4.5. La précontrainte

La précontrainte longitudinale des voussoirs est assurée par des câbles assemblés en unités 12.T.13, système Freyssinet, ancrés dans des bossages situés aux angles des âmes et des hourdis (voir schéma n° 18).

Il s'agit d'une précontrainte intérieure au béton. Il n'y a pas de précontrainte transversale. Il est prévu la possibilité, en cours d'exploitation de l'ouvrage et si le besoin s'en fait sentir, de pouvoir ajouter une précontrainte additionnelle extérieure.

4.6. Les performances ou originalités à retenir

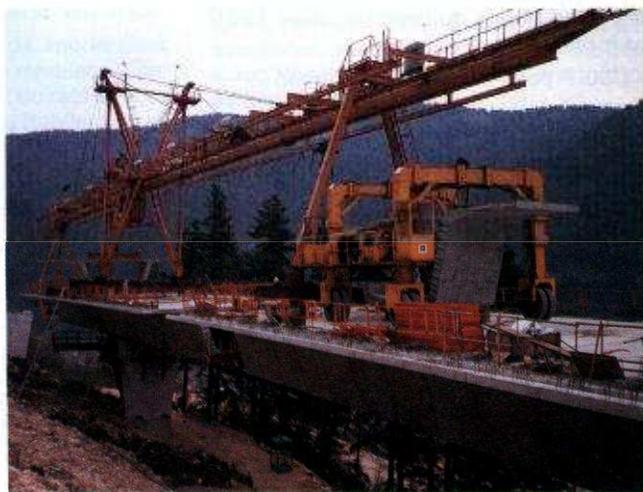
Le tablier est une réédition de la technique déjà utilisée par l'entreprise Campenon Bernard pour les ouvrages de la Société Area, moyennant des adaptations exigées par la construction en courbe et l'introduction d'une articulation en travée.

Les difficultés d'accès ont engendré un mode particulier de montage de la poutre de lancement, assemblée sur une aire de montage puis ripée latéralement sur les appuis. Ainsi, la poutre légère qui avait été utilisée pour l'area a permis de construire le tablier sans accès derrière les culées et sans circulation dans le versant d'ébou-

Fig. 16 - Viaduc des Neyrolles - Demi coque de soutènement pour protection d'un appui.



Fig. 17 - Viaduc des Neyrolles - Amenée d'un voussoir par fardier sous la poutre de lancement.



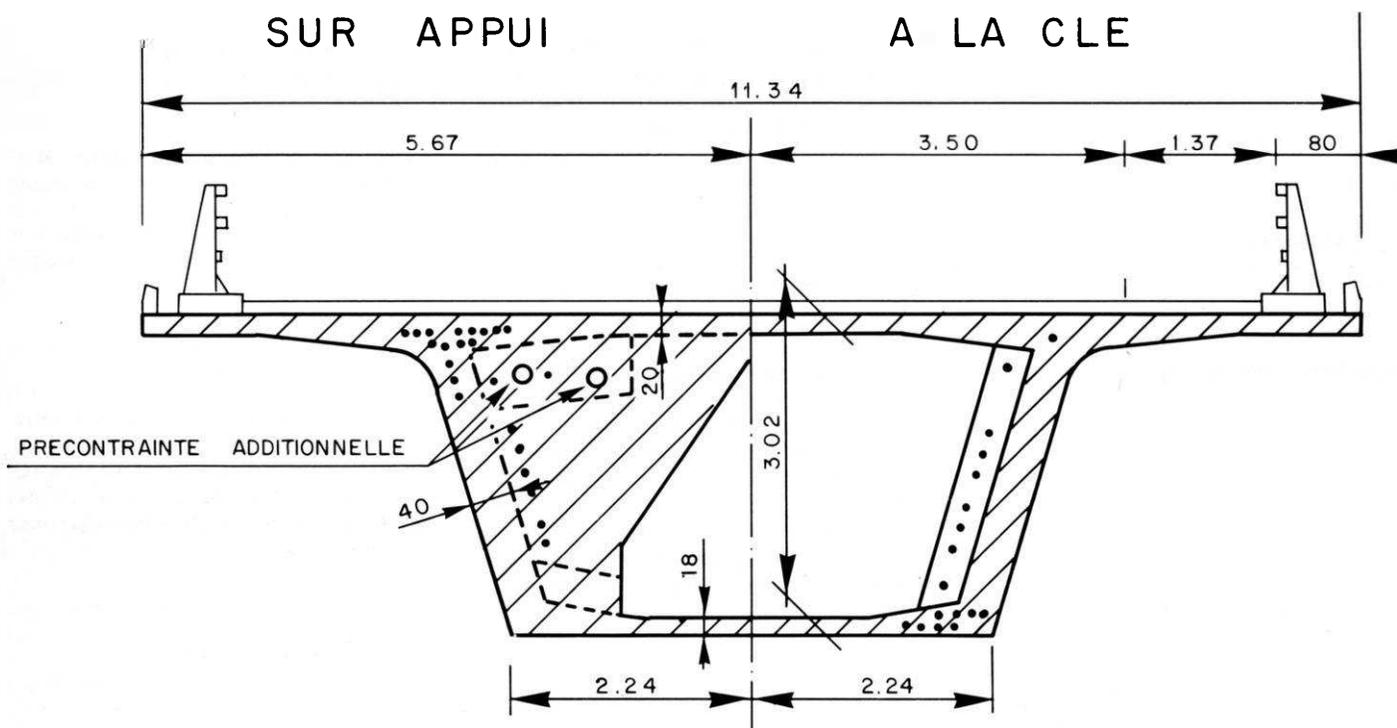


Fig. 18 - Viaduc des Neyrolles - Coupe transversale du tablier.

lis. Par ailleurs, les fondations constituent le premier exemple en France d'un grand ouvrage entièrement fondé dans des pentes d'ébouils à la limite de l'équilibre.

5 - Conclusion

Les Viaducs de Poncin, Nantua et Neyrolles illustrent trois techniques de construction : par voussoirs coulés en place, par voussoirs préfabriqués, par préfabrication en rive et poussage.

Les coûts prévisionnels de construction, au m² de tablier brut, toutes taxes incluses et en francs du mois de juillet 1985 sont respectivement de :

7 050 F pour le Viaduc de Poncin

8 600 F pour le Viaduc de Nantua

6 500 F pour le Viaduc des Neyrolles

Il n'est pas possible de tirer de ces chiffres une conclusion économique, les trois viaducs étant implantés dans des sites trop différents.

Tel n'était d'ailleurs pas l'objet de cet article qui visait essentiellement à attirer l'attention du lecteur sur l'intérêt des chantiers qui se déroulent dans le Jura de part et d'autre de Nantua.

Tous ceux qui désireraient en savoir plus par une visite des chantiers, peuvent s'adresser aux représentants de la SAPRR ou de Scetauroute qui se feront un plaisir de leur servir de guide.



Le pont de Sully

F. BOUCHARD, IPC
Chef de l'Arrondissement Opérationnel
DDE du Loiret

Le 16 janvier 1985 à 7 h 40, le Pont de Sully-sur-Loire s'effondrait brutalement. Événement dont le retentissement fut national et même international par son côté spectaculaire et surprenant au plan technique. Neuf mois après, il est intéressant de faire le point sur les mesures prises au plan local et sur les enseignements tirés de cet accident, après avoir fait rapidement connaissance avec le passé du Pont de Sully.



Photo de l'effondrement.

Une histoire mouvementée

Le Pont de Sully se trouve dans une situation stratégique sur la Loire ; les ponts les plus proches de part et d'autre se trouvent à Châteauneuf-sur-Loire (19 km à l'aval) et à Gien (25 km à l'amont).

Un pont médiéval existait à cet endroit mais le premier pont suspendu date de 1836 et faisait suite à une concession de 99 ans accordée par ordonnance royale du 14 décembre 1832.

Le pont, à cette époque, comportait 3 travées.

La célèbre crue du 2 juin 1856 emporta la culée rive droite ainsi qu'une travée.

L'ouvrage fut reconstruit avec une travée supplémentaire en 1858.

Lors de la guerre de 1870, le pont fut incendié par l'armée française (le tablier était en bois) puis reconstruit à l'identique.

En 1932, il fut décidé de moderniser l'ouvrage et notamment de remplacer l'ensemble de la suspension et du tablier pour l'adapter au trafic nouveau (tablier métallique).

En 1940, l'ouvrage fut détruit par l'armée française, lors de sa retraite, par coupure des ancrages rive gauche.

L'ouvrage fut reconstruit en 1941 et détruit de nouveau par un bombardement de l'aviation alliée en juin 1944. La reconstruction fut entreprise en 1946 et le pont fut rétabli en 1947.

L'accident du 16 janvier 1985 était donc le 5^e effondrement de l'histoire commencée en 1836 du pont suspendu de Sully-sur-Loire.

Une rupture fragile

Long de 372 m, le pont suspendu de Sully-sur-Loire comportait 4 travées dont 3 de 100 m et une de 72 m. Les câbles porteurs et les câbles de tête étaient fixés à des chaises mobiles en tête de pylônes. Il s'agissait en fait du type d'ouvrage suspendu le plus courant sur la Loire.

L'aspect le plus frappant de l'accident de Sully est la destruction totale du tablier et de la suspension. Il a très vite pu être observé qu'aucun câble n'avait été rompu et que les ruptures se situaient exclusivement dans les suspentes et dans les étriers d'attache des câbles.

D'autre part, si du côté amont de l'ouvrage, la quasi-totalité des suspentes se sont rompues, provoquant le basculement du tablier dans la rivière, la suspension côté aval a été complètement "décrochée" des pylônes, entraînant la chute complète de la structure dans la Loire, et le cisaillement des bielles de fixation du tablier aux piles.

Un premier examen visuel d'éléments de suspentes rompues, a permis de constater que les ruptures étaient généralement situées à la partie inférieure du filetage destiné à recevoir l'écrou de blocage de la fixation des suspentes sur les câbles porteurs.

De plus, l'observation des facies de ruptures, tant au niveau des étriers que des suspentes, a permis de constater des cassures franches, sans striction, mettant en évidence des ruptures de type fragile.

Enfin, le froid intense qui régnait ce matin là, sans doute un record depuis 1945 (- 23° C) a aussitôt été considéré comme l'un des facteurs déterminant de cette catastrophe.

L'acier mis en cause

Pour tenter d'expliquer ce phénomène spectaculaire de rupture fragile dans un contexte de froid intense, les recherches ont immédiatement été orientées vers les

caractéristiques et la composition de l'acier ayant servi à la construction du pont.

Les essais ont été menés avec le concours du Laboratoire de Nancy, qui possède les installations nécessaires.

Les analyses chimiques et métallographiques des aciers ont révélé de fortes teneurs en carbone (0,4 à 0,6 %), ainsi qu'en soufre (0,04 %) et en phosphore (0,06 %), éléments fragilisants.

Par ailleurs l'observation des échantillons de suspentes a mis en évidence des filetages usinés, par entaille, en forme de V, méthode courante à l'époque de la construction. Ce type d'entaille est tout à fait de nature à constituer l'amorce pouvant entraîner la rupture fragile.

Pour essayer de mesurer le degré de sensibilité de ces aciers à une rupture de type fragile, il a été décidé de procéder à des essais de résilience sur les échantillons prélevés. Cet essai, mis au point pour les aciers laminés, plats et tôles, permet en rompant une éprouvette standard, pré-entallée, avec un mouton pendule, de mesurer l'énergie nécessaire pour provoquer la rupture fragile de cette éprouvette, et ce à différentes températures.

La courbe obtenue permet de mettre en évidence une température de transition en deçà de laquelle l'énergie mesurée est très faible et donc le risque de rupture fragile important.

Les mesures obtenues avec les aciers des suspentes et étriers de Sully ont donné des résultats particulièrement frappants puisque les énergies mesurées étaient de 2 à 5 joules/cm² à - 20° C et de 7 à 9 joules/cm² + 20° C.

Rappelons, que le comportement ductile d'un acier (au-delà de la température de transition) conduit à des énergies de rupture de l'éprouvette de l'ordre de 50 à 100 joules/cm². La température de transition étant définie généralement comme celle pour laquelle l'énergie mesurée est de 28 joules/cm² (Tout en rappelant que ce type d'essai ne s'applique réglementairement qu'aux aciers laminés).

Il est donc très nettement apparu que les aciers du Pont de Sully, même à température ambiante se trouvaient en deçà de leur température de transition, c'est-à-dire dans une zone de comportement fragile, et sont directement à l'origine du sinistre, survenu dans des conditions particulièrement favorables : froid intense et passage d'un poids lourd.

Ces conclusions ont montré la nécessité d'établir de nouvelles normes techniques qui permettent de définir pour les ouvrages identiques, les mesures à prendre pour éliminer un tel risque. C'est dans ce but qu'un comité technique national a été mis en place et doit remettre ces conclusions en 1986.

Des mesures immédiates

Le Conseil Général du Loiret, bien avant cet effondrement était déjà particulièrement sensibilisé au problème des grands ouvrages d'art. Un rapport remis en septembre 1984 par la DDE faisait le point sur le patrimoine départemental en matière de ponts sur la Loire et le Loiret : 12 ouvrages au total dont 6 ponts suspendus, 5 ponts en maçonnerie et 1 pont moderne en béton précontraint.

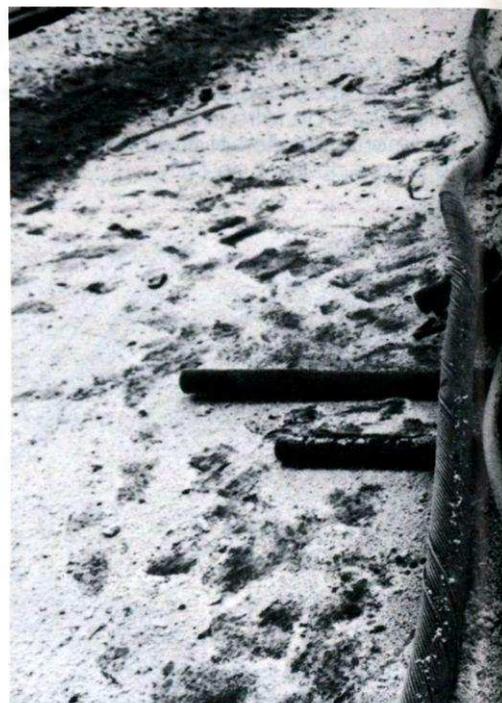
Deux grands types de problème s'avéraient particulièrement préoccupants :

- le caractère affouillable de la majorité des fondations, en particulier pour les ponts en maçonnerie.

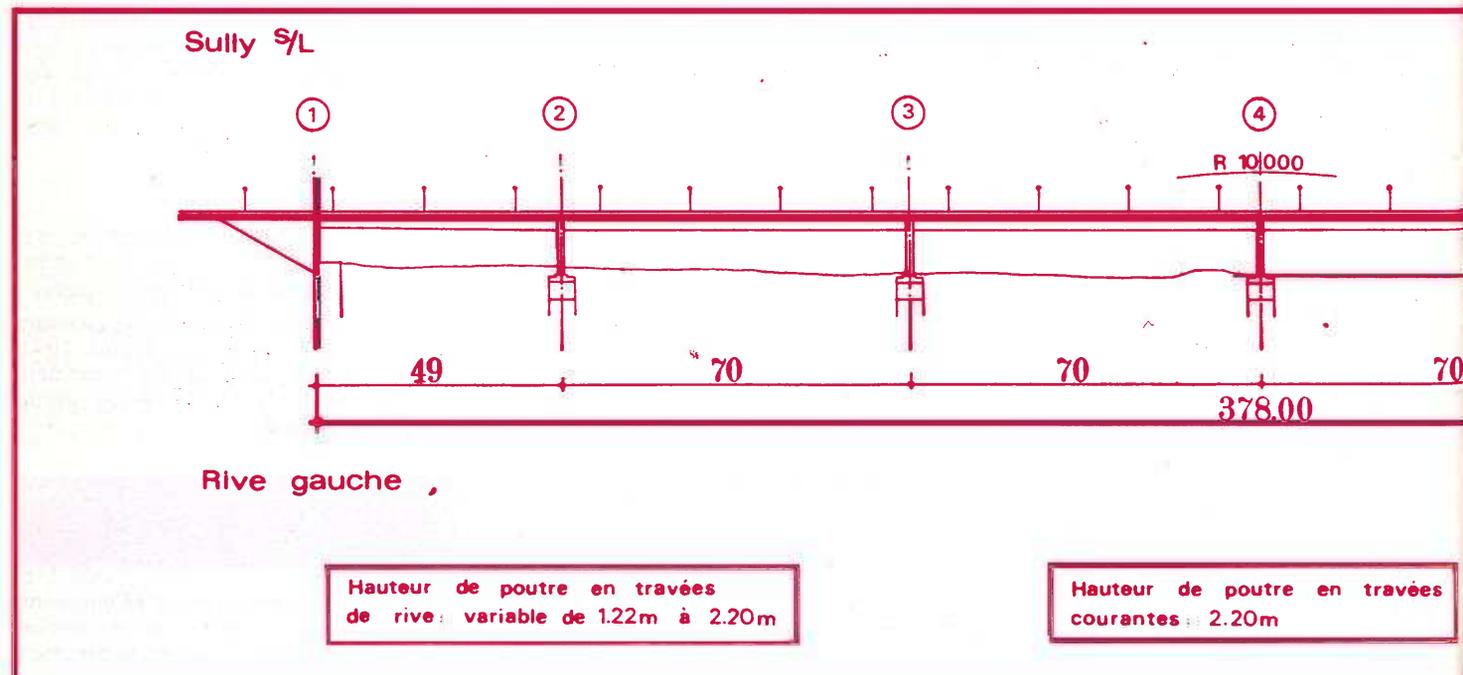
- le mauvais état des tabliers et des suspensions des ponts suspendus.

Dans le cadre du budget 1985, le Conseil Général avait d'ores et déjà décidé d'augmenter très sensiblement son effort dans ce domaine, en particulier pour la mise hors péril des fondations des ponts en maçonnerie.

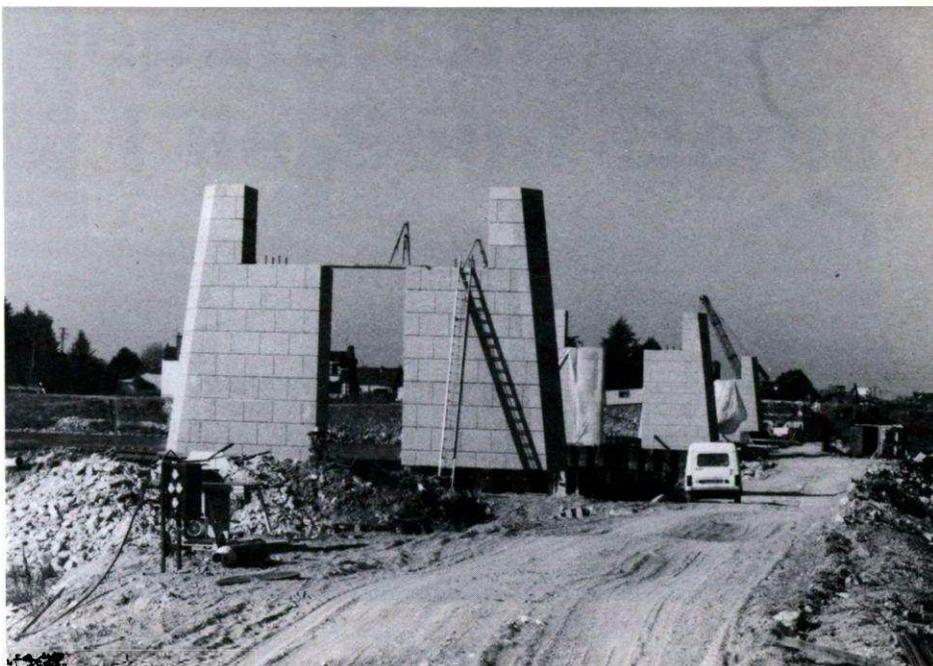
Morceaux d'étriers et de suspension.



Pont de Sully-sur-Loire.



Dans ce contexte, dès l'annonce de l'accident, il a été décidé de fermer à la circulation des poids lourds les 5 autres ponts suspendus. Après les premières conclusions et analyses des aciers de Sully, ont été réalisés les mêmes prélèvements et mesures sur ces ponts afin de comparer leur état à celui de Sully. Les résultats de ces études ont en fait révélé que sur 3 de ces ponts les caractéristiques des aciers étaient telles qu'ils devaient être interdits aux poids lourds dès que la température descend en dessous de 0° C, alors que sur les 2 autres cette mesure peut n'être



Piles du nouveau pont.

appliquée qu'au-dessous de - 10° C. Toutefois ces contraintes pourront être diminuées ou supprimées lorsque seront connues les conclusions du comité technique national et après remplacement de certains éléments.

Parallèlement des décisions visant à rétablir rapidement la circulation locale, notamment entre les villes de Sully-sur-Loire et de Saint-Père-sur-Loire, situées de part et d'autre du fleuve, ont été prises immédiatement. Dès le 17 janvier, des travaux furent entrepris sur le pont SNCF situé à quelques centaines de mètres du pont effondré, afin d'y permettre le pas-

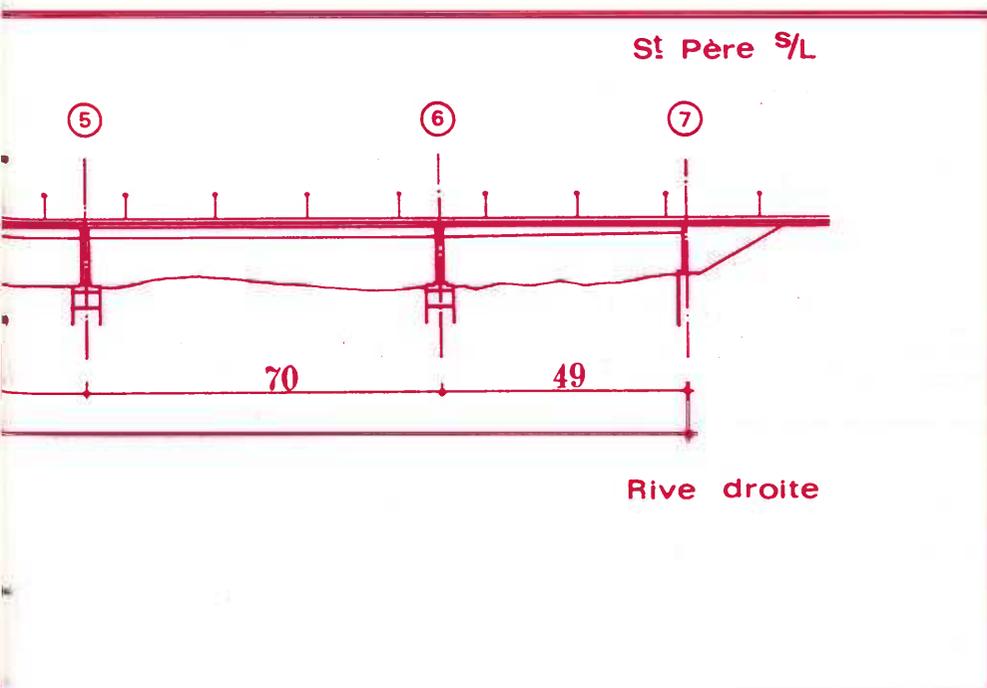
sage des piétons (platelage, garde-corps), ces travaux furent achevés le 24 janvier.

Dès le 17 janvier, des contacts furent pris avec le Centre National des Ponts de Secours pour la pose d'un Pont Bailey. Le meilleur emplacement pour un tel ouvrage fut rapidement trouvé, puisque les piles du Pont SNCF comportaient une partie non utilisée dégageant très exactement la place d'un ouvrage provisoire unidirectionnel. Cependant, les longueurs importantes entre piles (60 m) nécessitaient le choix d'une structure Triple Double Renforcée qui ne pouvait supporter que les véhicules légers.

C'est ainsi que le 18 janvier, le Bureau du Conseil Général décidait la construction d'un Pont Bailey à circulation alternée réservée aux véhicules de moins de 3,5 tonnes. Le 21, la convention nécessaire était approuvée et le 24 les travaux débutaient.

Le Président du Conseil Général procéda à la mise en service de l'ouvrage le 15 mars (soit moins de 2 mois après).

Enfin, le froid intense persista après le 16 janvier et dès le 17 janvier, il commença à se produire un phénomène relativement rare sur la Loire : l'embâcle. Dès lors, le tablier effondré sous toute la largeur du lit risquait de constituer un barrage dangereux aux glaces, lors de la débâcle. C'est pourquoi, il fut décidé immédiatement de procéder à son enlèvement.



La reconstruction

Dès le 16 janvier, en plus des nombreuses actions menées (investigations tech-



Pont Bailey en cours de lancement.

riques, mesures immédiates, surveillance des autres ouvrages), la réflexion sur la reconstruction du pont fut aussitôt engagée.

Les contraintes et données initiales du problème étaient les suivantes :

- Le tablier de l'ancien pont a été totalement détruit mais les piles et pylônes sont restés quasiment intacts dans le sinistre.

- Toutefois, comme pour de nombreux ponts sur la Loire, les fondations de ces appuis doivent à court terme faire l'objet d'une protection anti-affouillement.

- La position urbaine du pont impose une reconstruction sur le même site et selon un profil en long quasiment identique.

- La prise en compte des contraintes hydrauliques de la Loire à cet endroit impose pour le tablier une épaisseur maximum d'environ 2,50 m.

- L'ouvrage permet le franchissement de la Loire au CD 948 (ex RN) dont le trafic total se situe aux environs de 8 000 véhicules/jour.

- Le pont fait partie de l'environnement immédiat du Château de Sully, monument historique de tout premier ordre. L'aspect architectural du pont ne pouvait donc être défini sans tenir compte du château.

L'ensemble des contraintes étant ainsi résumées, l'étude comparative initiale consista à comparer trois types de solutions :

- Reconstruction à l'identique (d'un pont suspendu).

- Reconstruction d'un tablier nouveau sur les piles existantes.

- Reconstruction d'un pont entièrement nouveau.

La reconstruction à l'identique permettait la réutilisation des piles et des pylônes et

présentait, en première approche, l'avantage de restituer le site dans son état initial.

L'hypothèse d'un tablier nouveau sur les piles existantes conduisit, compte tenu des portées de 100 m imposées par les anciens appuis et de la faible épaisseur de tablier imposée par les contraintes hydrauliques, à constater que seule une structure métallique de type caisson à inertie variable et dalle orthotrope était envisageable.

Cette solution présentait toutefois l'avantage d'offrir un meilleur profil en travers (chaussée de 7 m et 2 trottoirs de 1,50 m) puisque le pont suspendu ne comportait qu'une chaussée de 6 mètres et 2 trottoirs de 0,80 mètres interrompus au passage de chaque pylône.

Dans le cas d'un pont nouveau, la longueur des travées n'était plus imposée. La seule contrainte restait la faible épaisseur possible du tablier (2,50 m).

Dans ces conditions, la solution la meilleure à la fois au plan des conditions de réalisation que du coût, s'est avérée être une structure mixte acier-béton composée de 2 poutres de hauteur constante surmontées d'une dalle participante en béton armé. Les portées étant alors de 70 m pour les travées courantes et de 50 m pour les travées de rive, l'ouvrage comportait alors 5 piles intermédiaires, soit 6 travées au total. Comme dans la solution précédente, le profil en travers de l'ouvrage présentait une chaussée de 7 m et 2 trottoirs de 1,50 m.

En ce qui concerne l'intégration du pont dans le site, il est certain que cette solution est celle qui conduisait au changement le plus radical ; les imposants pylônes de l'ancien pont étant une composante importante de l'environnement du château.

Toutefois, le type de pont suspendu qui existe dans le Département du Loiret et plus généralement sur la Loire se distingue par des travées relativement faibles (100 m maximum) et multiples, ce qui impose la présence de câbles de transmission entre les têtes de pylônes, qui nuisent considérablement à l'esthétique de ces ouvrages.

Enfin, nous avons considéré que la présence de piles extrêmement massives, faisait une certaine concurrence visuelle au château sans en avoir la valeur historique et que la construction d'un ouvrage moderne plus simple serait l'occasion d'accentuer la mise en valeur du château en dégagant davantage la vue.

Un mois après l'effondrement, le Conseil Général décidait, lors de sa session du 19 février, de la construction d'un pont nouveau ainsi défini, mettait en place immédiatement les moyens budgétaires correspondants soit 40 MF, et pouvait annoncer publiquement que le pont serait reconstruit pour la fin de 1986.

Cet engagement étant pris, le calendrier des études et des procédures préalables au démarrage des travaux a été le suivant :

- 20 février — 20 avril : mise au point du DCE (2 mois)

- 14 mars : lancement de l'appel de candidatures

- 16 avril : choix des candidats

- 24 mai : ouverture des plis

- 20 juin : décision du Bureau du Conseil Général de retenir l'entreprise Baudin-Châteauneuf

- 24 juin : ordre de service de démarrage des travaux

Le tablier de l'ouvrage effondré étant d'ores et déjà totalement enlevé, les produits de démolition des anciennes piles avaient été mis en œuvre comme digue d'accès aux fondations des nouveaux appuis. Les travaux de mise en place des batardeaux commencèrent sans délai dès l'ordre de service, dans la mesure où la commande des palplanches nécessaires avait été faite préalablement par la DDE.

Fin octobre 1985, les appuis sont pratiquement terminés et la mise en place de l'ossature métallique du tablier va débuter pour s'achever début 1986. Le planning visant à une mise en service fin 1986, est donc tout à fait respecté à l'heure actuelle.

Pour mener à bien ces tâches, la DDE a bénéficié de l'aide du SETRA, en particulier pour les décisions immédiates à prendre sur les autres ponts suspendus, du CETE Normandie Centre, pour la mise au point du DCE. Pour ce qui concerne la réflexion architecturale, elle a été menée d'une manière interne mais en contact permanent avec M. l'Architecte des Bâtiments de France.

La réparation du Pont de l'île Saint-Denis sur la Seine

par Jean MESQUI, IPC
Gérard PELTIER, Ingénieur Bureau d'Etudes

Le 13 avril 1983, lors des crues dévastatrices du printemps de cette année, un pousseur — était-il entraîné par le courant, ou manqua-t-il le virage — coupa net, à huit heures du matin, quatre des sept arcs de fonte de l'arche centrale du pont de l'île-Saint-Denis sur le Grand bras de la Seine. Devant les risques de chute de l'arche centrale, il fallut couper la circulation.

Couper un pont, c'est, en région parisienne à 8 h du matin, un peu comme si, à la sortie d'un théâtre, l'on fermait brutalement une des portes ; sur une durée plus longue, c'est désorganiser tout un tissu de relations. Sur une nationale, qui plus est, la RN 186, on conçoit que la répartition devait aller vite. Une semaine plus tard, un pont de secours était en place sur les arcs sains, et, le 4 juillet, un dispositif de soutènement provisoire permettait la réouverture à la circulation, en attendant la grosse réparation.

Celle-ci vaut d'être relatée, car elle est significative d'un souci de respect du patrimoine historique et technique de la route.

Jacques LONGUEVAL
ICPC — DDE adjoint de Seine Saint-Denis

Le franchissement de la Seine à l'île-Saint-Denis

Dans l'histoire des franchissements de la Seine, celui de l'île-Saint-Denis n'est certes pas l'un des plus anciens : son histoire remonte à 1829, date d'un premier projet de raccordement des îles situées en Seine, et du petit village de l'île, à la rive droite et à Saint-Denis. Quatre ans plus tard, on envisageait d'aménager une traversée complète, reliant Gennevilliers à Saint-Denis, solution retenue en 1840 lors de l'enquête d'Utilité Publique. L'utilité locale se combinait ici avec l'aménagement, à cette époque, du "chemin de ceinture de transit" autour de Paris, grande rocade reliant Versailles. Saint-Denis, Bondy, à vocation à la fois militaire et économique : ce sera, plus tard le chemin vicinal de Grande Communication n° 6, la RN 186, en attendant A.86 en chantier aujourd'hui.

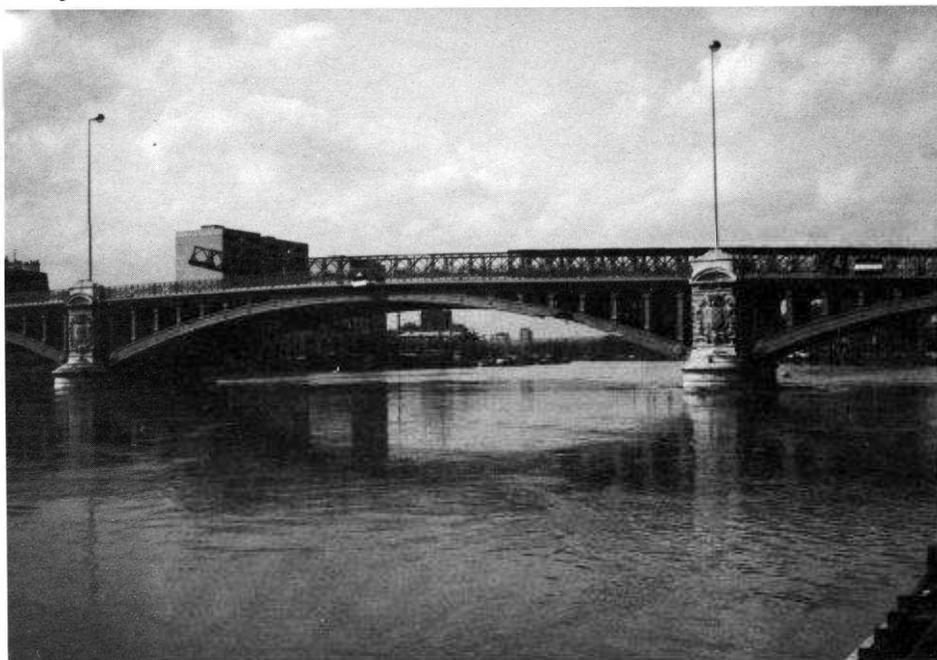
Le premier franchissement fut bâti en 1843-44 sous concession par les frères

Seguin, constructeurs réputés de ponts suspendus ; de fait, on trouvait ici un pont suspendu sur chaque bras. Chacun était formé de deux travées, avec des tabliers de charpente arrimés à des câbles paraboliques par des suspentes verticales.

On percevait péage sur ces ponts, jusqu'au rachat de la concession en 1886 : déjà, l'ouvrage, vieux de quarante ans, commençait à inquiéter... A partir de 1892, on songea à le remplacer : la décision en fut prise en 1901.

Le nouvel ouvrage, qui est l'ouvrage actuel, devait franchir la Seine par deux ponts à trois arches : sa largeur, de 9,70 m, devait permettre l'établissement d'un tramway. Les arcs sont en fonte : en 1901, le choix est sans surprise, puisque

Vue générale de la travée accidentée.



depuis un siècle exactement, depuis le pont des Arts, on utilise couramment la fonte, dont la qualité s'est nettement améliorée. Mais l'acier commence de plus en plus à remplacer la fonte, comme au pont Mirabeau (1893-96), au viaduc du Vaur (1897-1902).

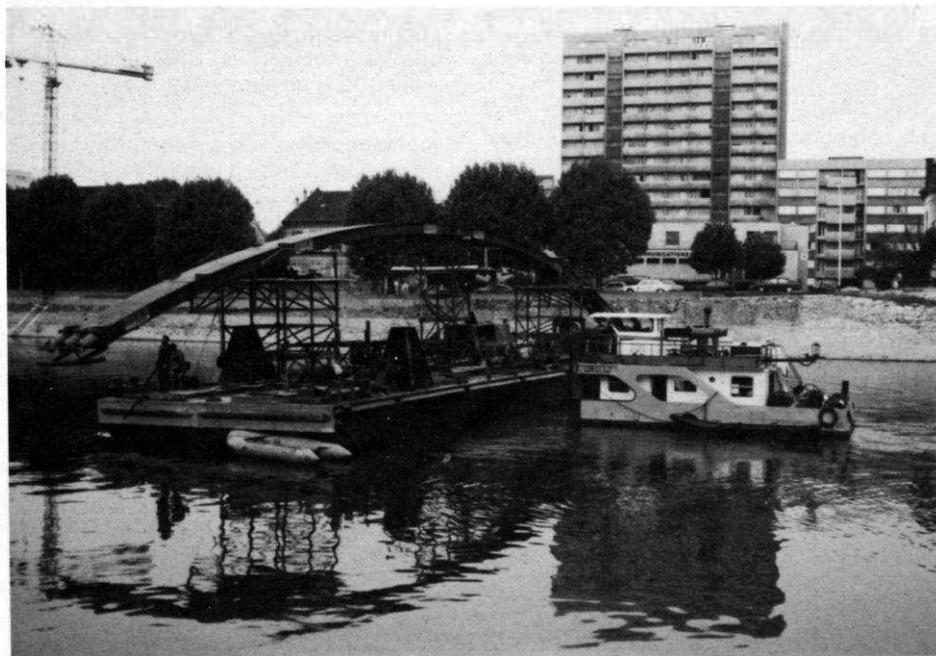
Ainsi, décoré par des motifs dessinés par l'architecte Formigé, celui qui a paré également le pont de Bir-Hakeim à Paris, et restauré la basilique Saint-Denis, prend naissance l'un des derniers grands ponts de fonte, en voussoirs assemblés par rivetage. En 1904, l'ouvrage était adjudgé, en 1905 il était ouvert à la circulation.

Les conséquences de l'accident de 1983 et la réparation provisoire

La vie ultérieure de l'ouvrage ne prête guère à de longues dissertations : pourtant, en 1962, des travaux furent menés et, curieusement, bien qu'ils n'aient eu aucune vocation préventive, leur effet fut nettement positif lors de l'accident. En effet, une dalle de béton armé fut alors construite au-dessus des anciens voûtains en brique : il est probable que lors de la rupture des quatre arcs en fonte, cette dalle reprit une partie des efforts, évitant une surcharge des trois arcs subsistants, et les conséquences dommageables qui auraient pu en résulter.

Cependant, cette reprise des efforts tout à fait imprévue n'enlevait pas les craintes d'effondrement : les piles ne sont, en effet, pas calculées pour résister à des poussées dissymétriques. Aussi, à peine la passerelle Bailey mise en place, un dispositif d'alerte fut installé, pour permettre l'évacuation d'urgence.

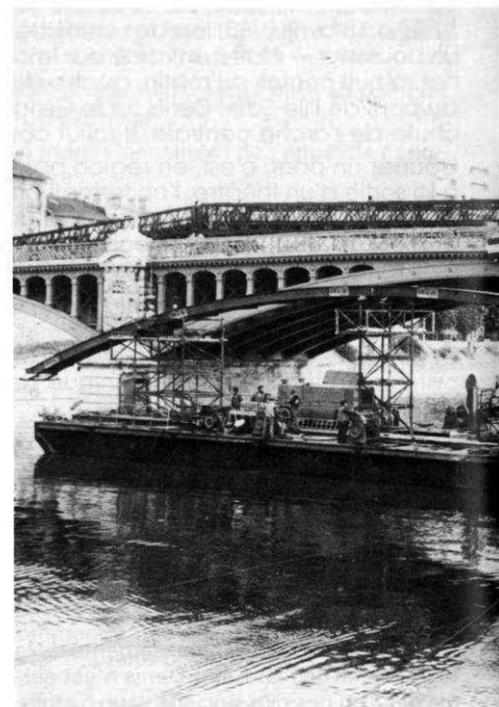
Acheminement d'arc provisoire.



Désordre dans la travée 4 arcs fonte fracturés.

L'on étudia alors un sauvetage de l'ouvrage, permettant d'éviter toute destruction accidentelle avant qu'une décision soit prise sur son avenir. Sous la présidence de M. Batsch, Ingénieur Général, un Comité Technique créé par M. le Directeur des Routes lança donc une consultation auprès de 4 entreprises, dont 3 spécialisées en métal (Schmidt-Valenciennes, CFEM, Baudin-Châteauneuf), et une en béton (Campenon-Bernard). C'est, en définitive, la solution proposée par Baudin-Châteauneuf qui a été retenue le 6 mai 1985 par le Comité Technique.

Elle consistait en la mise en place de deux arcs provisoires reprenant le poids propre



Mise en place d'un arc provisoire.

de l'ouvrage, soit par l'intermédiaire de l'entretroisement vertical, soit directement sous le platelage par l'intermédiaire de poteaux dans la zone fracturée. Ces deux arcs, rapides à installer, offraient la possibilité de rétablir la circulation fluviale et la circulation automobile, sauf poids lourds.

Du 16 au 20 juin, les deux arcs étaient mis en place à l'aide de pontons ; du 22 au 26 juin, ils furent mis au contact des structures, et les vérins qui les équipaient mis en tension par paliers pour éviter tout désordre supplémentaire.

Le 7 juillet, la circulation était rétablie. Le coût de ces travaux s'est élevé à

3 400 000 F TTC, et a été financé en urgence par la Direction des Routes.

La réparation définitive

Avant de s'engager sur toute solution de réparation, une investigation totale a été effectuée par le Laboratoire Régional de l'Est Parisien, les Laboratoires Régionaux de Blois et de Nancy, le Laboratoire Central. Les analyses regroupaient des relevés externes, des gammagraphies, des essais mécaniques et analyses chimiques sur les pièces, et la fonte. Ainsi a-t-on pu mettre en évidence qu'aucune des pièces de fonte des arcs restés intacts n'avait subi de dégradation ; par contre, des déformations avaient eu lieu dans les pièces du pont, contreventements et entretoisements.

Le projet de réparation, a été effectué de concert par le SETRA et le Bureau d'Etu-

totale, et de choisir entre trois opinions principales. La première aurait consisté dans le remplacement des seules pièces endommagées, voussoirs en acier ou en fonte grise. Dans la deuxième, il était proposé de remplacer les quatre arcs coupés par des arcs en acier. Enfin, la troisième consistait à remplacer totalement la travée centrale.

L'option 2 a été retenue pour être la plus satisfaisante : en effet, la solution 1 aurait conduit à juxtaposer dans les 4 arcs restitués des éléments d'élasticité et de caractéristiques différentes. Quant à la troisième, la plus longue (1 an), aurait été la plus chère, et aurait sensiblement modifié l'aspect de l'ouvrage.



Mise en place de tronçon d'arcs neufs sur arcs provisoires.

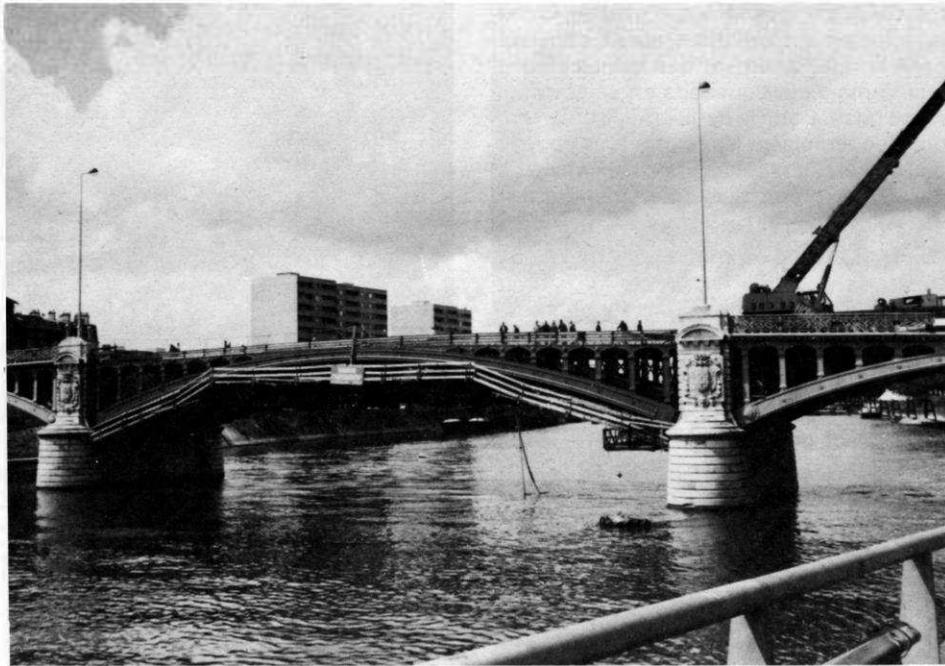


des Ouvrages d'art de la DDE de Seine Saint-Denis, suivant quatre critères :

- délais courts de rétablissements ;
- réparation assurant un service au moins égal à celui existant avant l'accident ;
- prise en compte, dans la mesure du possible, de contraintes et de réservations à long terme pour la circulation routière et la navigation fluviale ;
- respect, dans la mesure du possible, du caractère historique et architectural de la traversée.

Ces critères ont permis d'écarter rapidement des solutions de reconstruction





Ensemble travée reconstituée avant couche d'habillage.

Sur appel d'offres restreint, l'entreprise Baudin-Châteauneuf a été retenue moins disante.

Les travaux

Les travaux se sont déroulés de janvier à septembre 1985, sans interruption de circulation. Après injection des piles, les deux arcs provisoires ont été lestés pour

Les fontes décoratives du projet d'exécution (1903).

équilibrer les poussées exercées par les travées latérales, au fur et à mesure de l'avancement des démolitions et reconstructions. Cette démolition s'est effectuée en partant du milieu de la travée, puis symétriquement de part et d'autre en allant vers les piles.

Chacun des quatre arcs a été livré sur le chantier en trois tronçons. Le montage s'est déroulé en assemblant d'abord les tiers latéraux des arcs, en mettant en

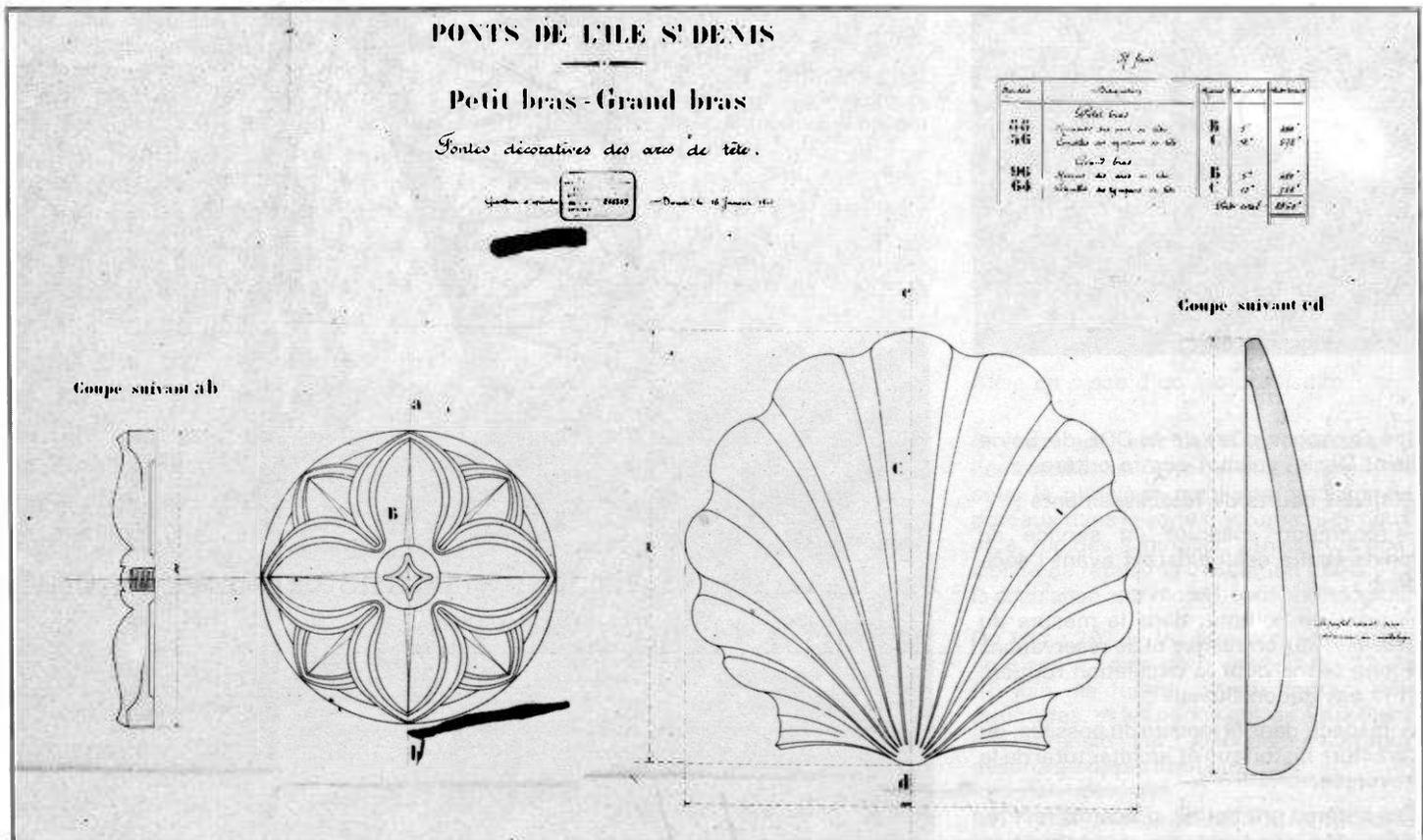
place l'ensemble sur les arcs provisoires au moyen d'une grue automotrice ; à la suite de cette première phase, le dernier tiers a été monté, après quoi l'ensemble des pièces de pont pu être construit. Ce montage a été mené deux arcs par deux arcs.

Ces arcs en acier ont un aspect et un fonctionnement différents des arcs originaux. Afin de rétablir l'aspect initial de l'ouvrage, l'arc de rive a été travaillé d'une façon tout à fait particulière, en rapportant, par soudure ou boulonnage, des éléments métalliques reprenant les anciennes modénatures et décors des voussoirs de fonte. Cette opération a été menée d'une façon extrêmement soignée par l'entreprise.

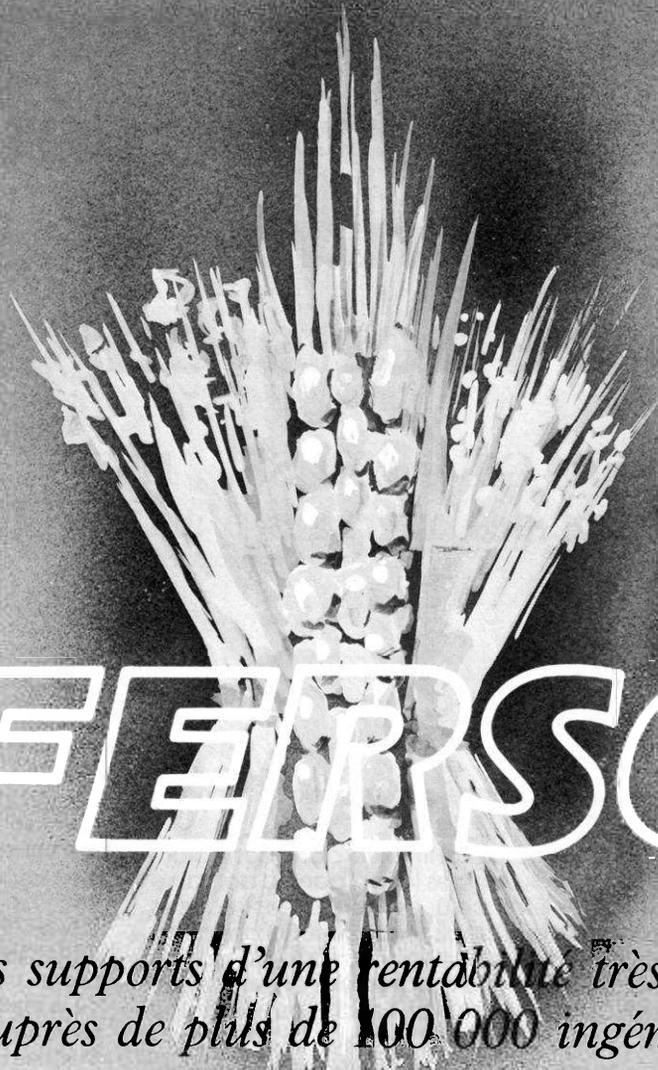
La deuxième phase du chantier a concerné enfin le coulage de la nouvelle dalle béton.

Montant de l'opération

La réparation définitive a coûté 8 400 000 F TTC, financés par l'Etat (MULT - Direction des Routes). Ces sommes sont en cours de recouvrement, par action contentieuse contre la compagnie à laquelle appartenait le pousseur.



Une bonne récolte en France!



OFERSOP

*Des supports d'une rentabilité très élevée
auprès de plus de 100 000 ingénieurs*

**100 publications annuelles
plus d'un million de lecteurs**

Régie publicitaire exclusive des publications de :

E.N.A. - Polytechnique - Saint-Cyr - Centrale - Télécommunications
Ponts et Chaussées - Travaux Publics de l'État - Sup'Aéro
ENSAE - INSA-Lyon - Architectes - CSTB - FNPC - UCMI
Fiabci France - ASITA - CAIA - CAIETA - Ministère Logement
Commissariat Général du Plan

POSSIBILITÉ DE PUBLICITÉ COLLECTIVE

TARIFS - RENSEIGNEMENTS - TÉLÉPHONE : (1) 48.24.93.39

OFERSOP Claude NATAF, Directeur

28, rue des Petites-Écuries - 75010 PARIS

Nouvelles structures mixtes en acier et en béton précontraint : les opérations en cours

par Gilles CAUSSE, IPC
Département des ouvrages d'art du SETRA

La promotion de l'innovation est un sujet à la mode depuis quelques années. Mais promouvoir des idées n'est pas tout, il faut réaliser.

Jacques Combault et moi-même avons rédigé un petit texte dans ces colonnes il y a deux ans pour évoquer justement l'évolution des idées, dans le domaine des ouvrages d'art. Un des thèmes abordés était celui de nouvelles structures mixtes associant métal, béton et précontrainte. Depuis lors, plusieurs chantiers ont été ouverts. Cet article est consacré à la description sommaire de quatre ouvrages mixtes acier-béton précontraint, ouvrages à caractère expérimental qui marquent le passage progressif du stade des concepts au domaine opérationnel.

Il faut tout d'abord rappeler l'objectif recherché par les projeteurs de ces ouvrages : alléger les structures de type caisson en béton précontraint, en remplaçant les âmes en béton par des éléments métalliques moins lourds. Un certain nombre d'ingénieurs, travaillent dans cette voie au sein des entreprises et dans l'administration. Quatre entreprises ont actuellement investi de façon importante dans ce domaine en effectuant des recherches et des études expérimentales.

La Société Fougerolle s'est intéressée à la solution qui consiste à mettre en œuvre des âmes métalliques planes, raidies de façon traditionnelle. Cette entreprise a terminé l'été dernier le premier ouvrage de ce type sur l'Autoroute A71. Il s'agit du passage supérieur n° 8 de la section Orléans Sud-Salbris. La société Cofiroute, Maître d'Ouvrage d'A71 a en effet accepté que le "PSDP" initialement prévu soit transformé en pont mixte béton précontraint — acier (baptisé Bepac pour l'occasion).

L'avis favorable du Setra et l'accord de la Direction des Routes ont été acquis sans difficulté. L'Administration avait d'ailleurs été aimablement conviée à suivre les travaux expérimentaux menés par Fougerolles avec la collaboration du CEBTP.

Les entreprises Dragages et Travaux Publics et Société Générale d'Entreprise ont constitué un groupement pour étudier et réaliser des structures où les âmes sont remplacées par des treillis constitués de profilés métalliques.

Le pont franchissant la Cuisance à Arbois avait déjà été choisi par la Direction des Routes pour la réalisation, par une autre entreprise, d'un ouvrage innovant. Mais l'opération n'avait pu avoir lieu pour des raisons strictement financières, liées à la taille trop modeste du pont pour amortir les installations nécessaires à la technique envisagée.

La SGE et DTP ont alors proposé au Maître d'Ouvrage (Direction Départementale de l'Équipement du Jura) de réaliser l'ouvrage selon les idées que ces entreprises étaient en train de développer. Là encore l'avis favorable du Setra et l'accord de la Direction des Routes ont été obtenus et un marché négocié a pu être passé.

L'entreprise Campenon — Bernard développe depuis plus de cinq ans une technique originale consistant à remplacer les âmes en béton par des tôles métalliques plissées. Les tôles plissées ont pour avantage majeur de bien transmettre les cisaillements mais pas les contraintes norma-

les de flexion longitudinale : l'acier n'est pratiquement pas comprimé par la précontrainte.

Campenon — Bernard a été la première entreprise à s'intéresser aux structures mixtes métal — béton précontraint. Les circonstances ont fait qu'elle est la troisième à les mettre en œuvre. La Direction des Routes a pris la décision de lui confier les travaux du Pont de Cognaq en vue de la réalisation d'un ouvrage expérimental à âmes métalliques plissées, sous la Maîtrise d'Ouvrage de la Direction Départementale de l'Équipement de la Charente. Les travaux de cet ouvrage sont en cours.

Pendant la même période, la Direction des Routes a accepté la proposition de la Direction Départementale de l'Équipement de Saône-et-Loire et du Setra de lancer un appel d'offre à variantes larges sur le thème des structures mixtes acier — béton précontraint, pour la construction du Pont de Charolles.

Une équipe constituée d'Ingénieurs du Setra et du Cete de Lyon avait préparé deux solutions de base, la première comportait un tablier à âmes métalliques planes raidies. La seconde comportait un tablier à âmes en treillis constitué de profilés en acier. Six solutions variantes ont été proposées par les entreprises pré-sélectionnées. La solution de l'entreprise Campenon Bernard a été retenue pour son caractère spécialement innovant et son intérêt économique. Les travaux en vue de la construction du pont de Charolles sont tout juste en cours, c'est donc l'avant — projet réalisé par Campenon Bernard et mis au point avec le Maître d'Ouvrage et le Setra, qui sera développé dans la suite. Pour alléger les descriptions sommaires qui suivent, nous avons adopté le parti de fiches techniques : le lecteur voudra bien nous excuser de cette dérobade devant les difficultés littéraires...

PASSAGE SUPERIEUR N° 8 A LA FERTE-SAINT-AUBIN

Fiche établie en collaboration avec M. Daniel De Matteis — Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat, Département des Ouvrages d'Art du Setra.

1 — Principaux intervenants

Maître d'Ouvrage : Cofiroute.

Maître d'Œuvre : SCAO.

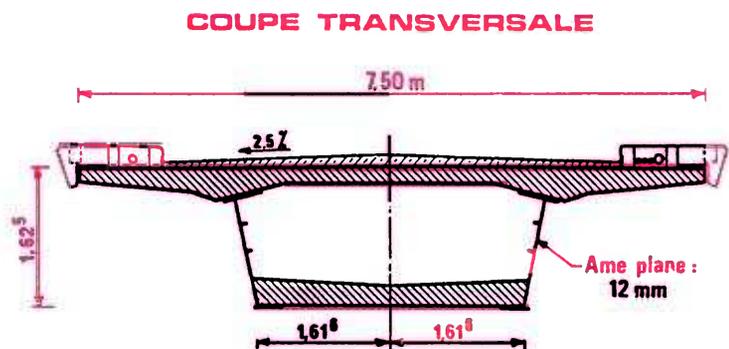
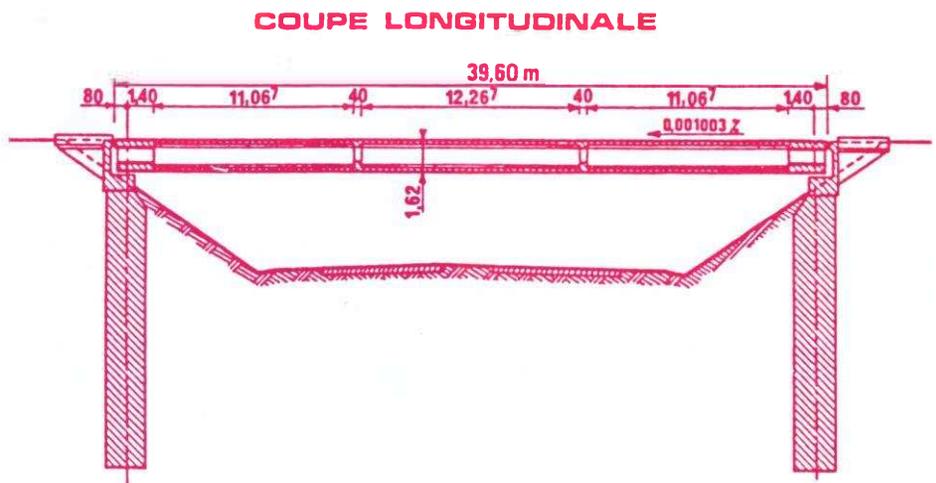
Entreprise : Fougerolle.

Réalisation des charpentes métalliques : Berthold.

Avant-Projet et Projet d'exécution : BIEP — Fougerolle, sous la Direction de M. Alphonse Attal.

Contrôle du projet d'exécution : Setra Assistance — Chantier au maître d'Œuvre : CETE de Rouen.

Dispositif expérimental : CEBTP et Laboratoire régional de l'Equipement de Blois.



2 — Caractéristiques fonctionnelles

Voie portée : chemin vicinal n° 4 (La Ferté-Saint-Aubin).

Voie franchie : Autoroute A71, section Orléans Sud — Salbris.

Profil en travers : Chaussée de 5,50 m, bordée de deux trottoirs de 1,25 m et de deux garde-corps.

3 — Structure

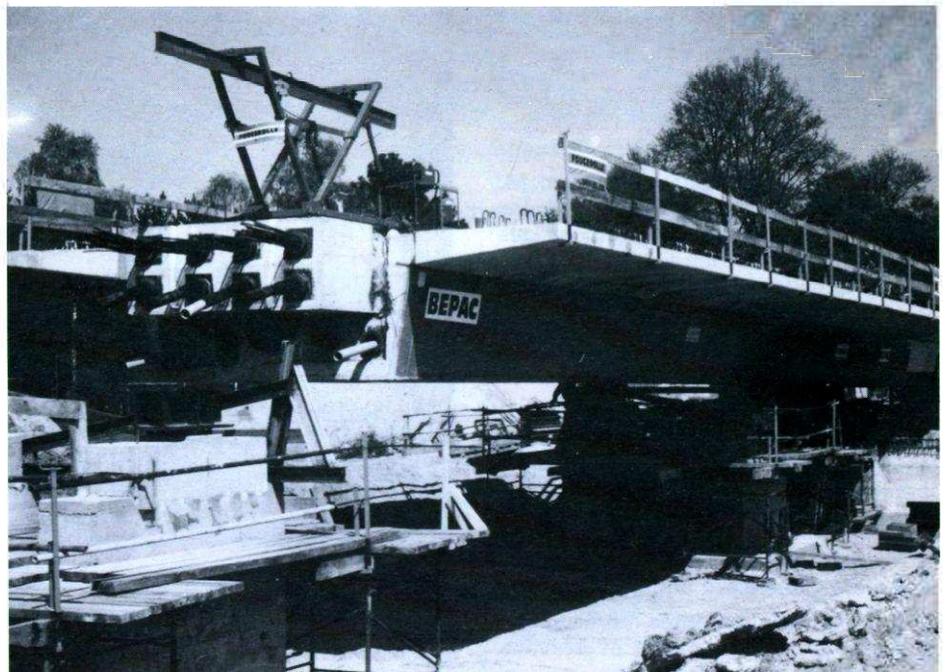
Il s'agit d'une travée isostatique de 38 m de portée, reposant sur deux culées enterrées fondées sur barrettes.

Le tablier est un caisson constitué de deux hourdis en béton reliés par deux âmes métalliques, planes, raidies. Son épaisseur est de 1,65 m (soit 1/23 de la portée). Il est précontraint longitudinalement par 10 câbles 19T15 extérieurs au béton.

Quelques détails de conception

Les âmes de 12 mm d'épaisseur sont raidies verticalement par des entretoises en forme de T espacées d'environ 2,50 m et elles sont raidies horizontalement par de simples plats.

Lancement du tablier du passage supérieur n° 8



La solidarisation des âmes métalliques et des hourdis est assurée par des connecteurs en cornière soudés sur des semelles métalliques. Le schéma de connection est donc classique au niveau du hourdis supérieur. Pour le hourdis inférieur, la semelle est située sous le béton, ce qui contribue à simplifier le bétonnage. Par contre, ceci conduit à créer un point privilégié de corrosion au contact âme/béton/air. Le Setra a donc demandé de prévoir une disposition particulière pour éviter ce point triple au droit d'une pièce sollicitée. Après avoir étudié plusieurs possibilités, la solution adoptée a été la mise en œuvre d'un raidisseur horizontal supplémentaire, au contact du béton du hourdis. Le profil en V de la face supérieure du hourdis permet d'éviter les infiltrations entre métal et béton.

5 — Mise en œuvre

L'entreprise a choisi de mettre en place par poussage le tablier complètement réalisé, pour démontrer la constructibilité d'un tel ouvrage, dans le cas du franchissement d'une autoroute en service.

Le schéma de poussage a été choisi pour assurer une mise en place par phases isostatiques successives.

Les câbles de précontrainte définitifs étaient utilisés provisoirement avec un tracé rectiligne pendant ces phases.

Le chantier s'est déroulé pendant l'hiver 1984-1985 sans incident autre que les arrêts dus aux grands froids. Le poussage a eu lieu le 25 avril 1985 et les essais de l'ouvrage se sont déroulés le 13 juin 1985 de façon très satisfaisante.



Essais du passage supérieur n° 8

PONT SUR LA CUISANCE, A ARBOIS

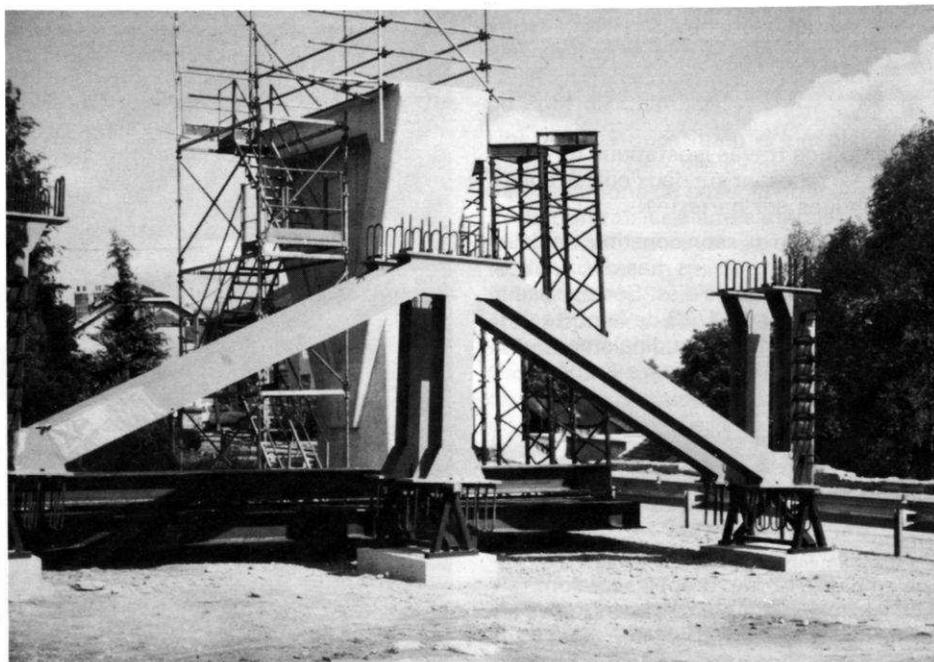
Fiche établie en collaboration avec M. Daniel Le Faucheur, Ingénieur civil des Ponts et Chaussées, Département des Ouvrages d'Art du Setra.

1 — Principaux intervenants

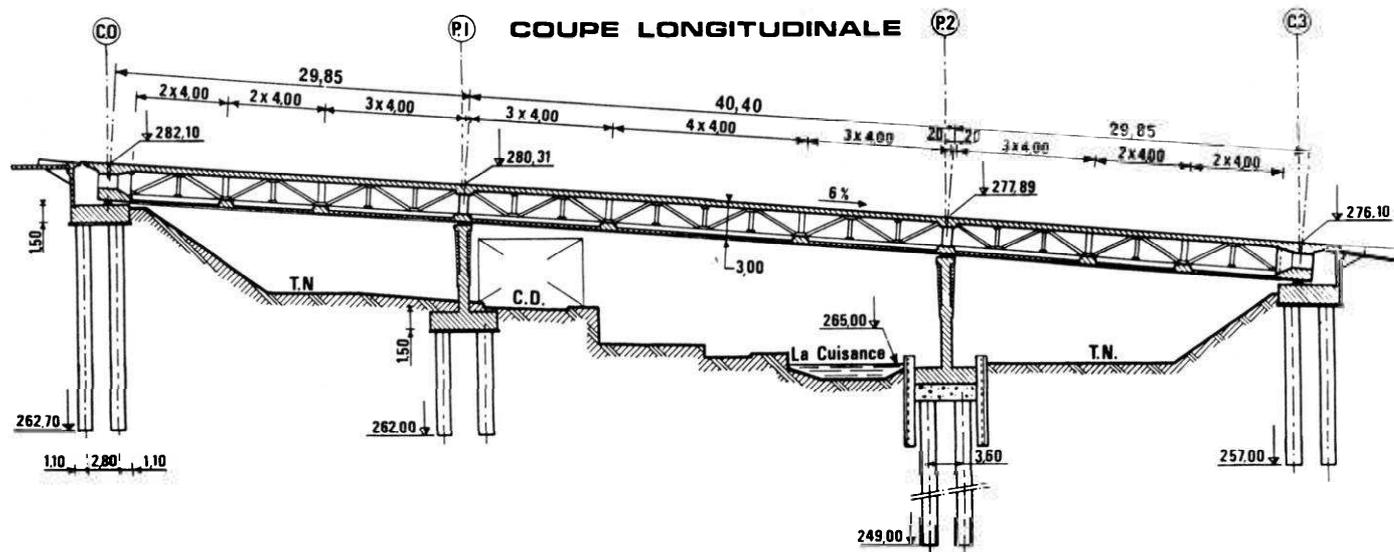
Maître d'Ouvrage : Etat
Personne responsable du marché : M. le Directeur Départemental de l'Équipement du Jura.

Entreprise : Dragages et Travaux Publics et Société Générale d'entreprises.

Réalisation des charpentes métalliques : Etablissement de Dragages et Travaux Publics à Bourg-Les-Valence.



Chantier du pont d'Arbois — Eléments de la triangulation métallique



Avant-projet et projet d'exécution : Bureau d'étude de Dragages et Travaux Publics, selon les idées de Messieurs Roger Lacroix et Michel Placidi.

Contrôle du projet d'exécution : Setra, assisté par le Cete de Lyon pour les parties métalliques.

Dispositif expérimental : Laboratoire Régional de l'Équipement d'Autun et LCPC.

Architecte : Cabinet Spielmann.



Pont d'Arbois – Mise en place des triangulations métalliques

2 – Caractéristiques fonctionnelles

Voie portée : RN 83.

Obstacles franchis : CD 469 et rivière la Cuisance.

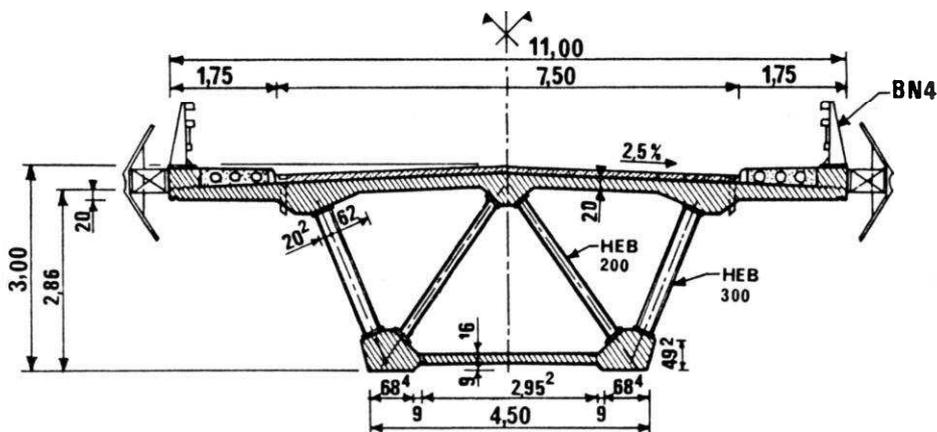
Profil en travers : chaussée de 7,50 m de largeur bordée de deux trottoirs de 1,25 m et deux barrières normales.

3 – Structure

Il s'agit d'une poutre continue à trois travées de 29,85 m, 40,40 m et 29,85 m de portée, reposant sur deux piles et deux culées enterrées. Chaque appui est fondé sur quatre pieux de 1,20 m de diamètre.

Le tablier est un pseudo-caisson constitué de deux hourdis en béton reliés par des profilés métalliques. Deux files de profilés constituent une triangulation de type Warren à montants. Deux autres files constituent un simple butonnage destiné à réduire les portées transversales du hourdis supérieur et à entretoiser la structure. L'épaisseur du tablier est de 3 m. La précontrainte est constituée de deux câbles 12 T 15 et six câbles 19 T 15, extérieurs au béton.

COUPE TRANSVERSALE



4 — Quelques détails de la conception

Les profilés sont des HEB 300 en acier E36 qualité 4. Ils sont assemblés par soudage bout à bout sur des goussets plats, eux-mêmes soudés sur des platines de connection. Les connecteurs de forte puissance ont fait l'objet d'études expérimentales par les entreprises. Ils associent un système de butées et d'arceaux métalliques.

La précontrainte longitudinale a été dimensionnée de telle manière que la contrainte au niveau du centre de gravité des hourdis reste supérieure à la contrainte qui existerait au même niveau dans une poutre à section connexe de même épaisseur, à l'état limite de décompression des fibres extrêmes.

Le ferrailage passif des hourdis a ensuite été déterminé selon les règles du Bael pour les pièces soumises à la flexion composée.

Des règles sensiblement différentes auraient dû être appliquées si la structure n'avait pas comporté d'aciers passifs longitudinaux continus.

5 — Mise en œuvre

L'ouvrage est coulé en place par tronçon, sur un étaielement général.

Les charpentes sont réalisées en usine par tronçon de seize mètres de longueur (quatre panneaux de triangulation). Deux tronçons successifs sont assemblés par soudage en place de la barre diagonale intermédiaire, pour permettre de légers rattrapages de géométrie.

Le chantier, encore en cours, à l'heure où ces lignes sont écrites devrait être terminé lors de leur publication...

PONT SUR LA CHARENTE A COGNAC

Fiche établie par J.-F. Fontaine, Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat, Département des Ouvrages d'art du Setra.

— Principaux intervenants

Maître d'ouvrage : Etat.

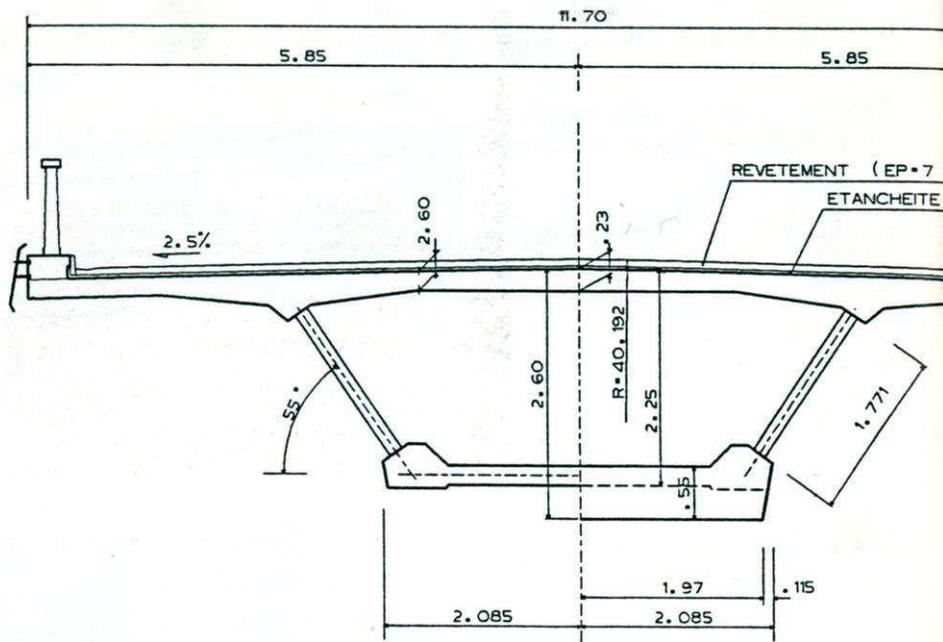
Maître d'Œuvre : DDE de la Charente.

Entreprise : Campenon Bernard — Division des Ouvrages d'Art spéciaux.

Réalisation des charpentes métalliques : Sacinor.

COUPE TRANSVERSALE

(ECH=1/50)



Avant-projet et projet d'exécution : Campenon Bernard sous la direction de M. Jacques Combault.

Contrôle du projet d'exécution : Setra.

Assistance — chantier au Maître d'Œuvre : Cete de Bordeaux.

Dispositif expérimental : non défini actuellement.

Architecte : Cabinet Mikaelian.

2 — Caractéristiques fonctionnelles

L'ouvrage permet le franchissement de la Charente par la RN 141.

Le profil en travers est constitué d'une chaussée de 7 m bordée par deux bandes d'arrêt d'urgence de 2 m et encadrée de deux barrières normales à barreaudage vertical.

3 — Structure

Il s'agit d'un ouvrage symétrique à trois travées dont les portées sont 31,05 m — 42,91 m — 31,05 m entre axes d'appui. Il repose sur deux piles en rivière et deux culées enterrées. Tous les appuis sont fondés sur le substratum calcaire par l'intermédiaire d'un massif de béton et d'une semelle.

Le tablier est constitué par deux hourdis en béton reliés par deux âmes métalliques plissées. Son épaisseur est de 2,285 m

en partie courante et de 2,60 m au droit des appuis. Il est précontraint longitudinalement par huit câbles 19 T 15 extérieurs au béton.

4 — Conception

Les âmes, d'une épaisseur de 8 mm, sont régulièrement pliées, le pas de l'ondulation est de 1,34 m environ pour une amplitude de 15,8 cm. Ce plissage permet d'assurer un auto-raïdissage des âmes.

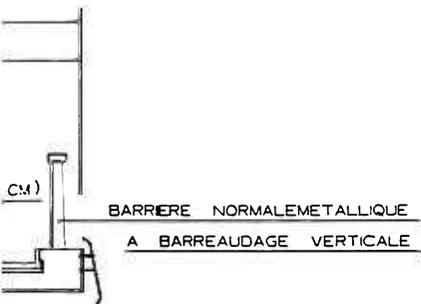
La connection métal-béton est assurée par des connecteurs en cornières soudés à des platines métalliques. Pour éviter des décollements localisés de ces platines, des connecteurs sont placés au moins au droit de chaque creux d'onde.

Afin d'éviter le ruissellement des eaux à la jonction métal-béton au niveau du hourdis inférieur, les platines correspondantes débordent de quelques centimètres.

5 — Mise en œuvre

L'ouvrage est construit sur un cintre général prenant appui sur les piles et les culées ainsi que sur des palées provisoires. La mise en œuvre de la précontrainte s'effectue lorsque l'ouvrage est entièrement réalisé.

Les travaux sont actuellement en cours de réalisation. Ils ont débuté au mois de juillet 1985 et devraient s'achever en juin 1986. La construction du tablier doit commencer en novembre 1985.



2 — Caractéristiques fonctionnelles

Voie portée : la déviation de la RN 79.
 Voie franchie : une voie de chemin de fer. les CD n° 25 et n° 985, le chemin rural de Chazeau.
 Profil en travers : une chaussée de 9,50 m bordée par deux barrières à barreaudage vertical.

3 — Structure

Le tablier de l'ouvrage est une poutre continue à 7 travées, dont la distribution de portée est la suivante :

40,95 47,25 53,55 50,40 47,25 44,10 40,95

L'ouvrage repose sur dix piles et deux culées, toutes fondées sur 4 pieux de un mètre de diamètre.

Un caisson triangulaire constitue la "structure porteuse" du tablier. Il est composé d'un hourdis supérieur en béton précontraint, et d'une membrure inférieure tubulaire, reliés par deux âmes métalliques plissées ; sa hauteur est de trois mètres, ce qui donne un élancement du 1/18^e dans la plus grande travée.

Six câbles 6 T 13 rectilignes précontrainent l'ouvrage pendant les phases de poussage. Quatre câbles 19 T 15, au tracé trapézoïdal, sont mis en tension en fin de poussage, avant pose des superstructures. Tous ces câbles sont extérieurs au béton.

4 — Quelques détails de conception

Le hourdis supérieur a une épaisseur minimale de 20 cm. Il est précontraint transversalement par des câbles monotorons T 15, gainés et graissés.

La membrure inférieure est constituée d'un tube métallique de 61 cm de diamètre extérieur, de 2,06 cm d'épaisseur, rempli de béton. A la demande du Setra, ce dernier sera armé par un ferrailage de type pieux et cloisonné par des opercules soudés à l'intérieur du tube. Grâce à ces dispositions, le béton pourtant très sollicité pendant le poussage, devrait conserver une certaine intégrité et apporter un complément de résistance à la structure là où il est comprimé, c'est-à-dire au voisinage des piles.

Les deux âmes métalliques, d'une épaisseur de 8 mm, sont dépourvues de tout raidisseur. Leur stabilité vis-à-vis du flambement et du voilement est assurée par leur forme en accordéon, obtenue par plissage. Ces âmes sont connectées au hourdis supérieur par des cornières 80 x 80 x 8, de 200 mm de longueur, soudées sur une platine de 250 x 10, elle-même soudée sur l'âme. En bas, elles sont soudées sur le tube.

Les câbles de poussage 6 T 13 sont logés sous le hourdis supérieur. Ancrés sur des bossages au droit de chaque appui, leur longueur n'excède pas 55,55 m. Les câbles 19 T 15, eux, seront ancrés sur les culées. De ce fait, la tension dans la partie centrale des câbles est très réduite, et il est envisagé d'augmenter cette tension

VIADUC DU VALLON DE MAUPRE, A CHAROLLES

Fiche établie en collaboration avec M. Daniel De Matteis, Ingénieur des Travaux Publics de l'Etat. Département des Ouvrages d'Art du Setra.

— Principaux intervenants

Maître d'ouvrage : Etat.

Personne responsable du marché : M. le Directeur Départemental de l'Equipement de Saône-et-Loire.

Maître d'Ouvre : DDE de Saône-et-Loire, Arrondissement opérationnel.

Entreprise : Campenon Bernard.

Réalisation des charpentes métalliques : Forges de Strasbourg.

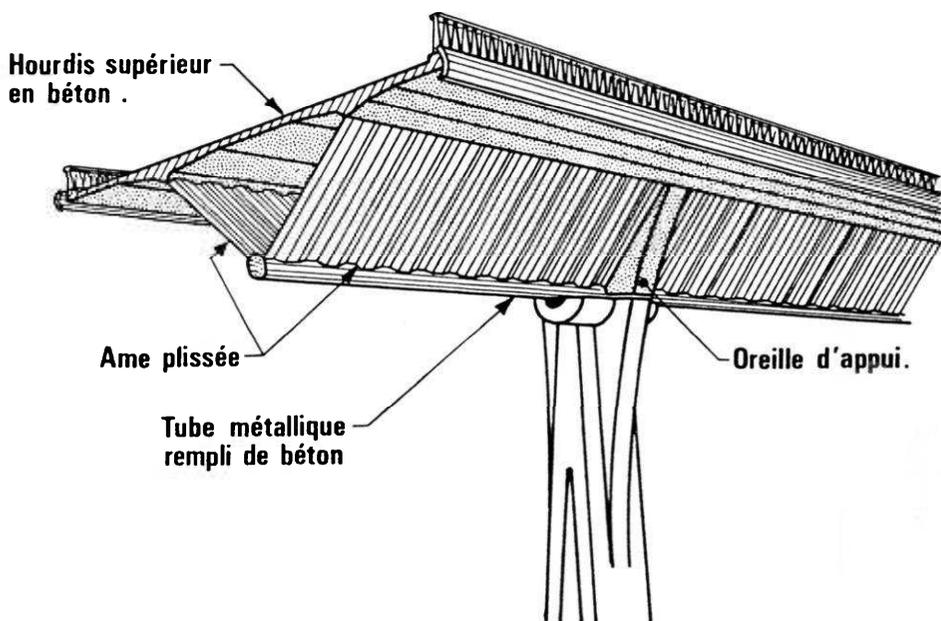
Réalisation des appuis : Maillard et Duclos.

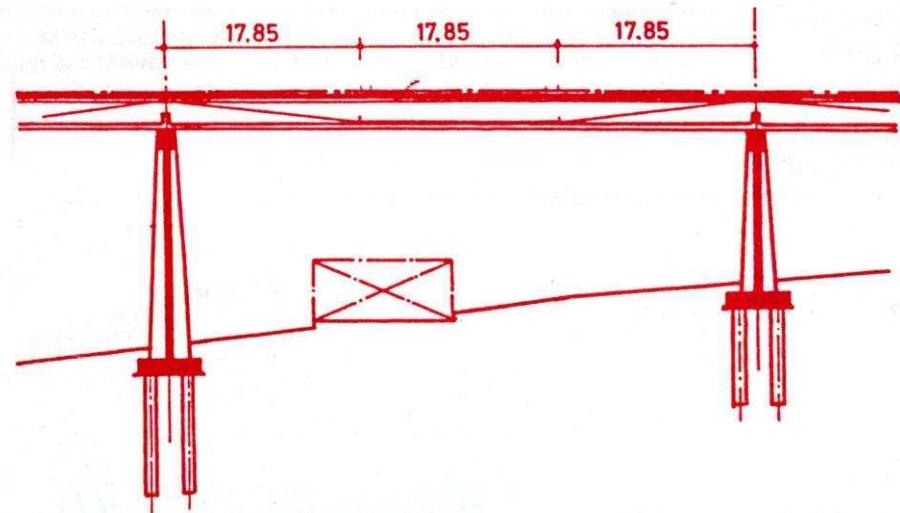
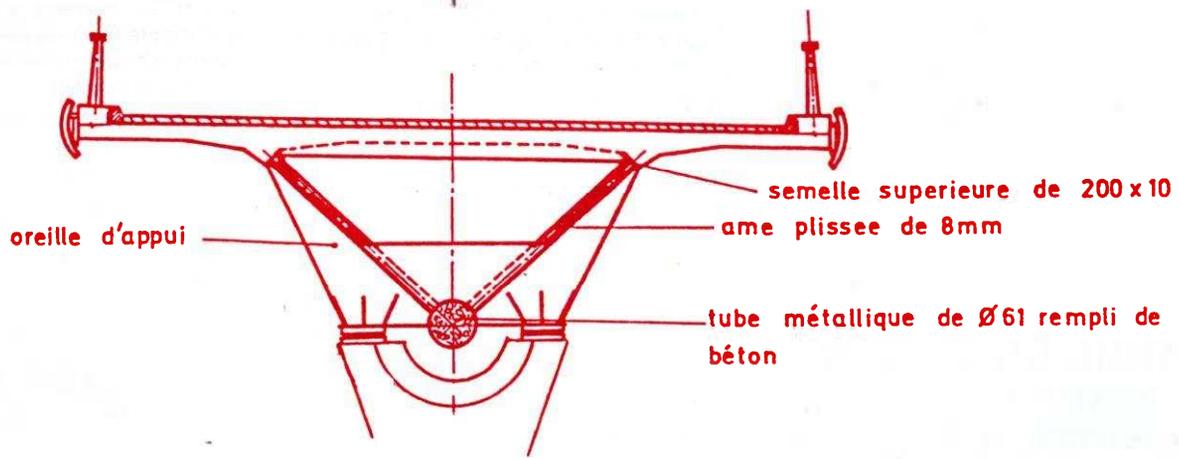
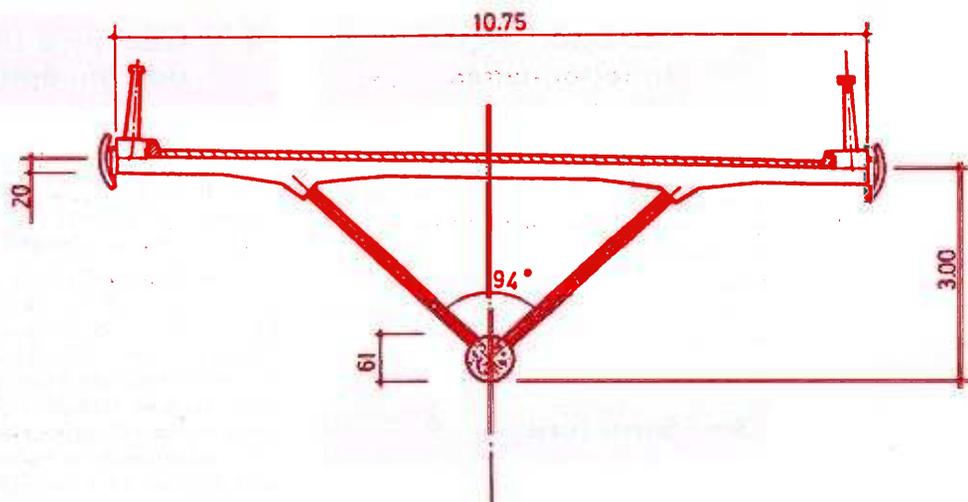
Avant-projet et projet d'exécution : Bureau d'étude de Campenon Bernard, selon les idées de M. Pierre Thivans et de M. Jacques Combault.

Contrôle du projet d'exécution : Setra, assisté par le Cete de Lyon pour les parties métalliques.

Dispositif expérimental : Laboratoire Régional de l'Equipement d'Autun et LCPC.

Vue perspective du Viaduc de Charolles





Viaduc du vallon de Maupé, à Charolles

au droit des piles P3 et P4, en imposant aux câbles un déplacement vertical complémentaire.

5 — Mise en œuvre

Les âmes seront plissées aux Forges de Strasbourg, et soudées au tube inférieur préalablement équipé de son ferrailage et

de ses opercules.
 Livré à Charolles par tronçon de 12,60 m, ce noyau métallique sera amené à l'arrière de la culée Co, sur un banc de poussage. Là, il sera soudé aux parties construites, et son tube inférieur sera bétonné et clos. Après ferrailage, la dalle et les bossages d'ancrage des 6 T 13 seront bétonnés. Le tronçon sera alors équipé de ses superstructures, précontraint, puis poussé au-dessus du vallon...

Pendant le poussage, l'ouvrage sera équipé d'un "pré-avant-bec", constitué par un tube 610 creux, de 6 m de long, étançonné. "L'avant-bec proprement dit" sera constitué par la travée n° 7, dont la dalle supérieure ne sera bétonnée qu'à la fin du poussage...

La construction de l'ouvrage débutera pendant l'hiver 1986, le poussage du premier tronçon de tablier devant intervenir vers le mois de mai 1986.

C onclusion

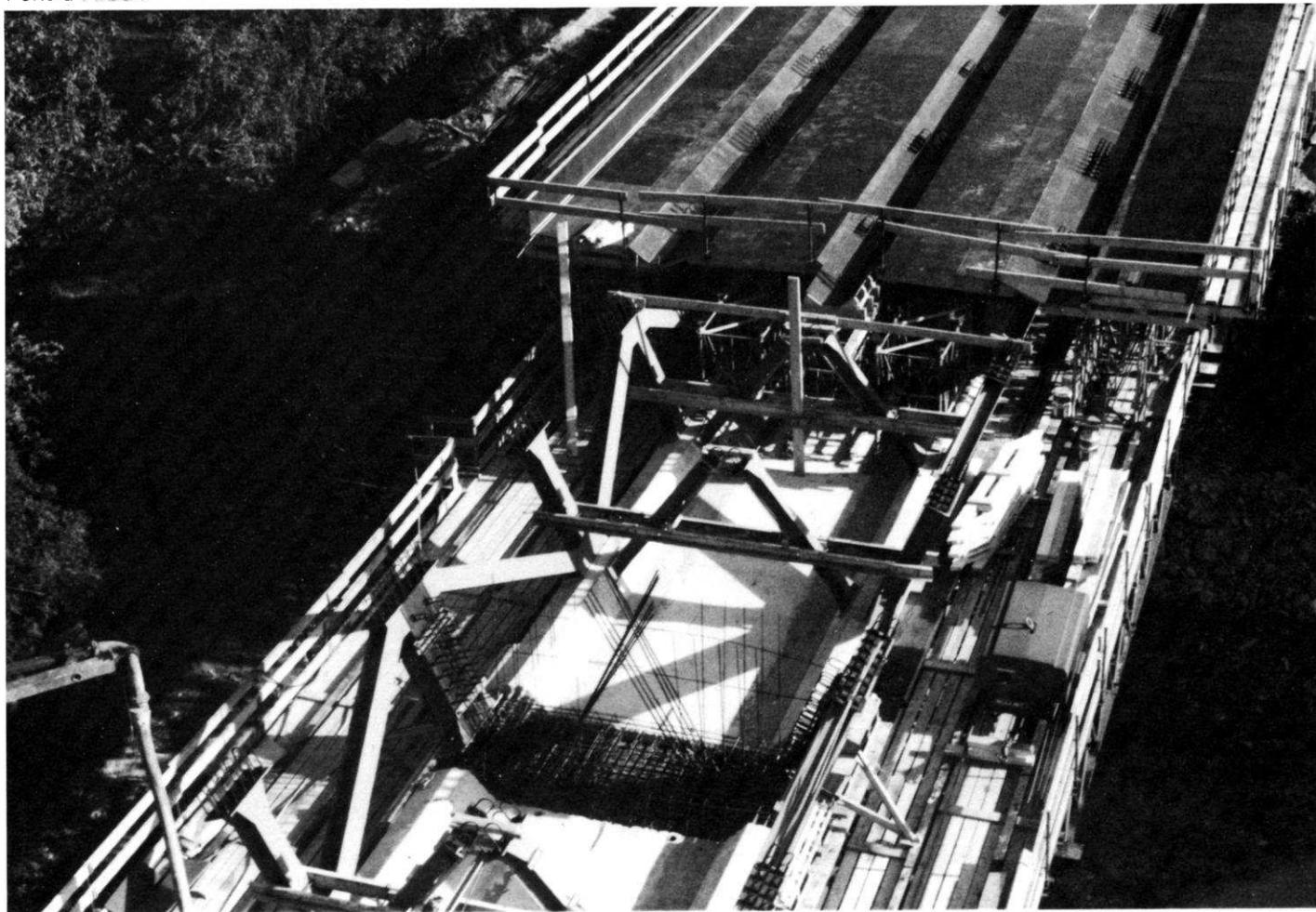
Ces quatre opérations, qui conservent un caractère expérimental ont permis et permettent, au cours des études d'exécution, de faire aboutir jusqu'au niveau du détail ce qui était resté jusqu'alors des conceptions théoriques. Les essais réalisés auparavant sur maquettes à grande échelle avaient permis d'aborder les principaux problèmes de calcul et de vérifier la représentativité des hypothèses adoptées. Mais le passage au stade du chantier s'est avéré riche en enseignements. Les calculs de détail ont fait apparaître des phénomènes qui avaient été négligés jusque-là (et qui n'auraient pas dû l'être...). Le déroulement du chantier a également posé certains problèmes de méthode d'exécution ou certains problèmes de technologie qui seront sans doute développés dans des articles plus longs consacrés à chacun de ces ouvrages.

De ce point de vue, la politique de la Direction des Routes qui a consisté à ne lancer les techniques nouvelles que sur trois chantiers modestes, nous semble avoir pleinement porté ses fruits : les difficultés difficilement prévisibles liées à la nouveauté ont pu être surmontées avec un minimum d'impact économique et donc en toute sérénité.

L'opération du Pont de Charolles est encore un pas, en avant, puisque les critères économiques ont été introduits dans le choix de la solution, tout en conservant un esprit spécialement favorable aux idées les plus originales. La taille du Pont de Charolles n'a aucun caractère exceptionnel. Bien au contraire, elle nous semble assez représentative des cas les plus fré-

quents où il est nécessaire de projeter un ouvrage non courant. C'est ce genre de viaduc de moyenne importance qui constitue actuellement la grande partie du marché français, et qui a donc le plus grand intérêt pour les principaux Maîtres d'Ouvrages de notre pays. Mais la démonstration des possibilités techniques qu'ouvrent les nouvelles idées de structure mixte en métal et en béton précontraint sort nettement du cadre de nos frontières. Après tout, aussi modestes qu'ils soient, le PS N° 8, le pont d'Arbois, le pont de Cognac et le viaduc de Charolles sont des premières mondiales.

Pont d'Arbois : vue du tablier en cours d'exécution



MATRALOC

47, rue Richer

75009 PARIS

Tél. : 45.23.15.46 — Télex : 296.614 F

DECROTTEUR

de pneus de camions en sortie de chantier

●
Station de lavage des pneus
Supprime totalement
tout autre moyen de nettoyage

●
Décrotteur de semi-remorque

●
Décrotteur pliable pour chantier
de très courte durée

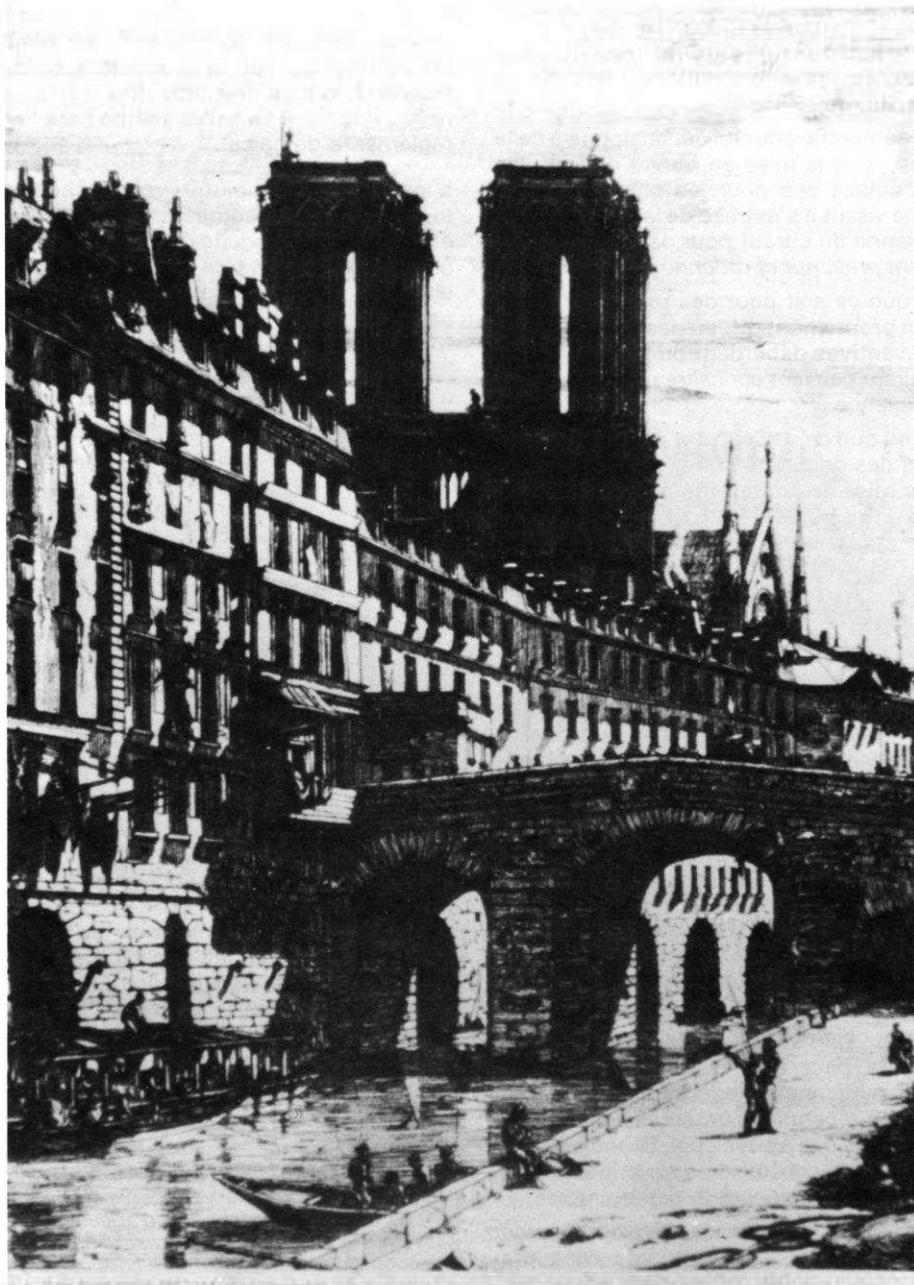


La gestion des ouvrages d'art dans les programmes routiers

par Denis GOUNOT, IPC, Adjoint du Directeur des Routes

En décembre 1984 était interdit à la circulation un pont à haubans du sud de la France, une inspection ayant montré une usure des câbles à 50 %. Le 18 janvier s'effondrait le pont de Sully s/Loire. Quelques jours après était interdit à la circulation un autre grand pont, plus en amont sur la Loire... Concours de circonstances, série noire, vision d'apocalypse ou préfiguration d'une détérioration générale de notre patrimoine, faute d'entretien et de surveillance ?

Entretenir notre patrimoine.



La réponse est fort heureusement plus nuancée et nous n'en sommes pas encore, du moins aujourd'hui, dans la situation de certains pays, à commencer par les Etats-Unis où la sous-estimation chronique de certains aspects techniques et un défaut latent de surveillance a conduit nombre d'ouvrages dans un état déplorable, obligeant le Congrès à la mise en œuvre d'un gigantesque programme de réparation et de construction, comme seuls nos voisins d'outre-atlantique en ont le secret et les moyens...

La situation n'en demande pas moins vigilance et attention de la part des techniciens et des décideurs. Notre parc d'ouvrage, évalué à 50 000 ponts de plus de 5 m de portée pour l'ensemble des routes nationales et chemins départementaux, est pour sa grande majorité assez ancien et soumis à rude épreuve devant l'importance et l'agressivité du trafic actuel. Il nécessite donc surveillance et entretien, que ce soit pour des raisons économiques (le remplacement d'un tel patrimoine étant évalué à plus de 10 milliards de francs pour les seules routes nationales, ce chiffre semblant au demeurant largement minoré), ou pour des raisons de service et de sécurité, tout incident étant à l'origine de graves inconvénients pour les usagers et l'activité économique, et pouvant engager de graves conséquences humaines.

Ce sujet étant souvent à la fois méconnu et source de débats passionnés, je m'attacherai ci-après à présenter les moyens mis en œuvre pour la gestion des ponts du réseau routier, en insistant, dans l'esprit de la revue PCM, à l'approche méthodologique et aux difficultés rencontrées.

Dans le cadre de la décentralisation je me limiterai naturellement au réseau national.

1 — Les moyens financiers

Malgré la rigueur budgétaire, les moyens financiers consacrés à l'entretien des ouvrages d'art ont connu devant la pression des besoins une augmentation notable ces dernières années, supérieure à l'évolution des prix et à l'évolution générale des budgets routiers.

Ils atteignaient ainsi en 1985 250 MF, déduction faite des crédits spécifiques relatifs au Centre National des Ponts de Secours et aux ponts de Paris (x).

Cet effort privilégié doit être reconduit en 1986, avec une augmentation escomptée de 5 % en francs courants, soit une légère augmentation en francs constants, et ce malgré un budget global en contraction.

Trois grands postes sont à considérer :

- la surveillance et l'entretien courant,
- les grosses réparations,
- les renforcements coordonnés d'ouvrages.

a — la surveillance et l'entretien courant, représentant en 1985 52 MF, soit environ 20 % du total, ouverts sous forme d'enveloppes forfaitaires aux DDE en fonction de leurs parcs d'ouvrages et de certains aspects spécifiques (ponts provisoires, etc...).

Ce poste couvrait toutes les interventions déconcentrées, au-dessous d'un seuil d'individualisation de 120 000 F.

b — les grosses réparations individualisées, représentant en 1985 environ 60 % du programme d'ensemble, et programmées à l'échelon central sur la base d'un programme pluri-annuel.

Le dernier programme triennal 84-85-86 s'élevait, sur la base des propositions des DDE à 790 MF (valeur 1984) et concernait 950 opérations d'un montant supérieur à 120 000 F.

Les moyens mis en œuvre auront permis de traiter plus de la moitié de ces ouvrages :

- 150 en 1984 pour 115 MF
- 180 pour 1985 pour 156 MF

(50 de ces 180 ouvrages nécessitant des réparations d'un coût compris entre 120 000 F et 300 000 F, et les 130 autres d'un coût supérieur à 300 000 F).

Afin d'accroître l'efficacité du dispositif et de la mettre en cohérence avec les principes de déconcentration, il a été décidé pour 1986 de relever le seuil d'individualisation des opérations à 300 000 F :

• *l'enveloppe déconcentrée sera ainsi substantiellement augmentée* en 1986 d'une trentaine de millions de francs, représentant alors 31 % du programme d'ensemble et permettant aux DDE de mieux faire face à la pression des besoins ou entretien lourd ou petites réparations.

• *l'enveloppe consacrée aux "grosses réparations urgentes" sera gérée sur la base d'un programme triennal plus affirmé* en cours d'élaboration.

En effet, si une souplesse minimale est indispensable compte tenu des urgences toujours possibles, il apparaît à l'évidence que dans le cadre d'une surveillance correcte des ouvrages les besoins en réparation peuvent être détectés avec un certain préavis, sont rarement urgents et sur-

tout ne peuvent pas faire l'objet de mise en œuvre immédiate sans un délai minimum, la pathologie des ouvrages n'étant pas la branche la moins complexe des techniques d'ouvrages d'art.

Paradoxalement et alors que la pression d'ensemble des besoins est forte il est ainsi arrivé à plusieurs reprises que des autorisations de programme affectées en urgence sur des demandes insistantes de services extérieurs ne soient pas consommées en fin d'année, les travaux n'étant pas prêts.

Il était donc indispensable de déconcentrer plus largement la gestion des crédits et de renforcer parallèlement la pré-programmation des opérations importantes afin de ménager les délais d'études nécessaires, la souplesse inhérente à de tels domaines se retrouvant dans le fait qu'un ouvrage escompté pour 1986 est financé au plus tard début 1987 et qu'un ouvrage inscrit au triennal est financé au plus tard dans les cinq ans.

c — les renforcements coordonnés d'ouvrages établis prévisionnellement à 50 MF en 1985.

La démarche poursuivie, analogue à celle bien connue mise en œuvre depuis plus de quinze ans pour les chaussées, est celle visant à s'extraire de la pression quotidienne du curatif pour passer au *traitement préventif et ordonné par itinéraires* :

— que ce soit pour des raisons d'entretien proprement dit, où des interventions préventives débordant du petit entretien courant peuvent connaître une très grande efficacité.

— ou que ce soit surtout pour l'amélioration des caractéristiques de l'ouvrage et leur mise en conformité avec les exigences de l'itinéraire (géométrie insuffisante, limitation de charges,...).

Cette action initiée vers 1980, mais longue à instaurer compte tenu de la pression des besoins "curatifs" et peut être aussi hésitations méthodologiques commence à entrer aujourd'hui dans les faits. Elle se développe selon deux axes, ayant mobilisé respectivement en 1985 60 % et 40 % du programme :

— en accompagnement des nouveaux renforcements coordonnés, dans la mesure des possibilités (exemple de la RN6 dans l'Yonne en 1985) ;

— en rattrapage sur un réseau de 3 000 km répertorié en 1980.

Il est certain toutefois qu'une telle politique ne peut être crédible que si des moyens financiers suffisants sont dégagés, les réparations urgentes prenant forcément le pas à enveloppe financière limitée sur les confortations a priori, quelle que soit l'efficacité de ces dernières.

C'est ainsi qu'en 1985 une minoration de 9 à 10 MF a dû être opérée en cours d'année au détriment de ce programme.

2 — L'organisation et les hommes

Les moyens financiers consacrés à l'entretien des ouvrages ne seraient rien si n'étaient pas prises par ailleurs toutes les dispositions nécessaires au niveau de la surveillance d'une part, et lors de la construction des nouveaux ouvrages d'autre part.

Ces sujets fondamentaux étant mieux connus des lecteurs de PCM, je me bornerai à quelques réflexions spécifiques.

a — "Construire des ouvrages sans péché originel", ou du moins anticiper sur les opérations de gestion lors de la construction, est une exigence connue et élémentaire.

D'énormes progrès ont été faits en la matière, concernant les nombreuses dispositions de détail ou "règles du métier" (culées visitables, possibilité de changer les appareils d'appuis à moindre coût, réservations pour précontraintes additionnelles, etc...). Il en est de même pour les règlements de calcul.

L'inquiétude irait plutôt vers la bonne mobilisation des compétences lors des études et de la conduite des travaux, dans une administration trop souvent partagée entre les exigences de la technique d'une part et le souhait d'une polyvalence territoriale d'autre part. Mais ceci constituerait un vaste débat, à lui tout seul thème d'un article si ce n'est d'un numéro spécial...

Sur le plan historique signalons par contre les déboires aujourd'hui rencontrés sur plusieurs grands ouvrages ayant assis le développement de la précontrainte et de certains procédés de construction au milieu des années 1975. Les causes en sont aujourd'hui bien connues et les fruits, de l'innovation conduite à l'époque, plusieurs fois cueillis. Ces réparations, objets de différends voire de contentieux avec les entreprises, n'en sont pas moins lourdes et grèvent fortement les budgets d'entretien, obligeant dans certains cas les budgets d'investissements à leur prêter main forte.

b — Disposer de moyens de surveillance performants

J'évoquerai à ce titre la mise au point récente du Scorpion (cf. encart), des nouveaux moyens d'auscultation des câbles de ponts suspendus, du suivi des fonds de rivière par sonar latéral ou d'auscultation de piles de pont.

(x) N'ayant jamais fait l'objet de déclassement les ponts de Paris font toujours partie du réseau national ; des négociations sont d'ailleurs engagées avec la ville de Paris pour mettre un terme aux confusions techniques, juridiques et financières qui découlent de cet anachronisme.

c — Au service d'hommes compétents et organisés

A l'issue du cycle d'études tenu voici dix ans ont été créées dans toutes les DDE des Cellules Départementales Ouvrages d'Art (CDOA) chargées d'assurer la cohérence de la surveillance des ouvrages d'art, alors disséminée dans les structures territoriales.

Ces structures, au début parfois bien théoriques, commencent à présenter une existence réelle et à porter leur fruit dans plusieurs départements, avec la création d'un véritable pôle ouvrage d'art associant selon la taille des départements les activités études travaux neufs et gestion du patrimoine, et susceptible d'attirer à sa tête un ingénieur compétent, assisté de collaborateurs expérimentés et au fait des problèmes de surveillance et de gestion.

Dix ans peuvent paraître longs pour une telle mise en place. Cette lenteur n'est pas due, à mon sens, aux contraintes réelles de personnel ni à la faiblesse de l'enjeu.

Elle trouve beaucoup plus son origine dans la mauve appréciation faite de cet enjeu aux échelons déconcentrés de décision et à l'éternelle controverse dans les services entre approche spécialisée et approche territoriale.

Certes, la surveillance des ouvrages passe par la responsabilité du gestionnaire territorial, dont la présence est inégalable. Mais dès lors que s'y attache une spécificité technique de moins en moins maîtrisable par un ingénieur généraliste à la polyvalence sans cesse croissante, il est indispensable de s'appuyer également sur une équipe spécialisée, au fait des problèmes, en prise directe avec le réseau technique et à même de le mobiliser en tant que de besoin. Il en est notamment ainsi de la surveillance de grands ouvrages.

Les évolutions prochaines à intervenir dans les DDE devront intégrer au plus haut point cette préoccupation.

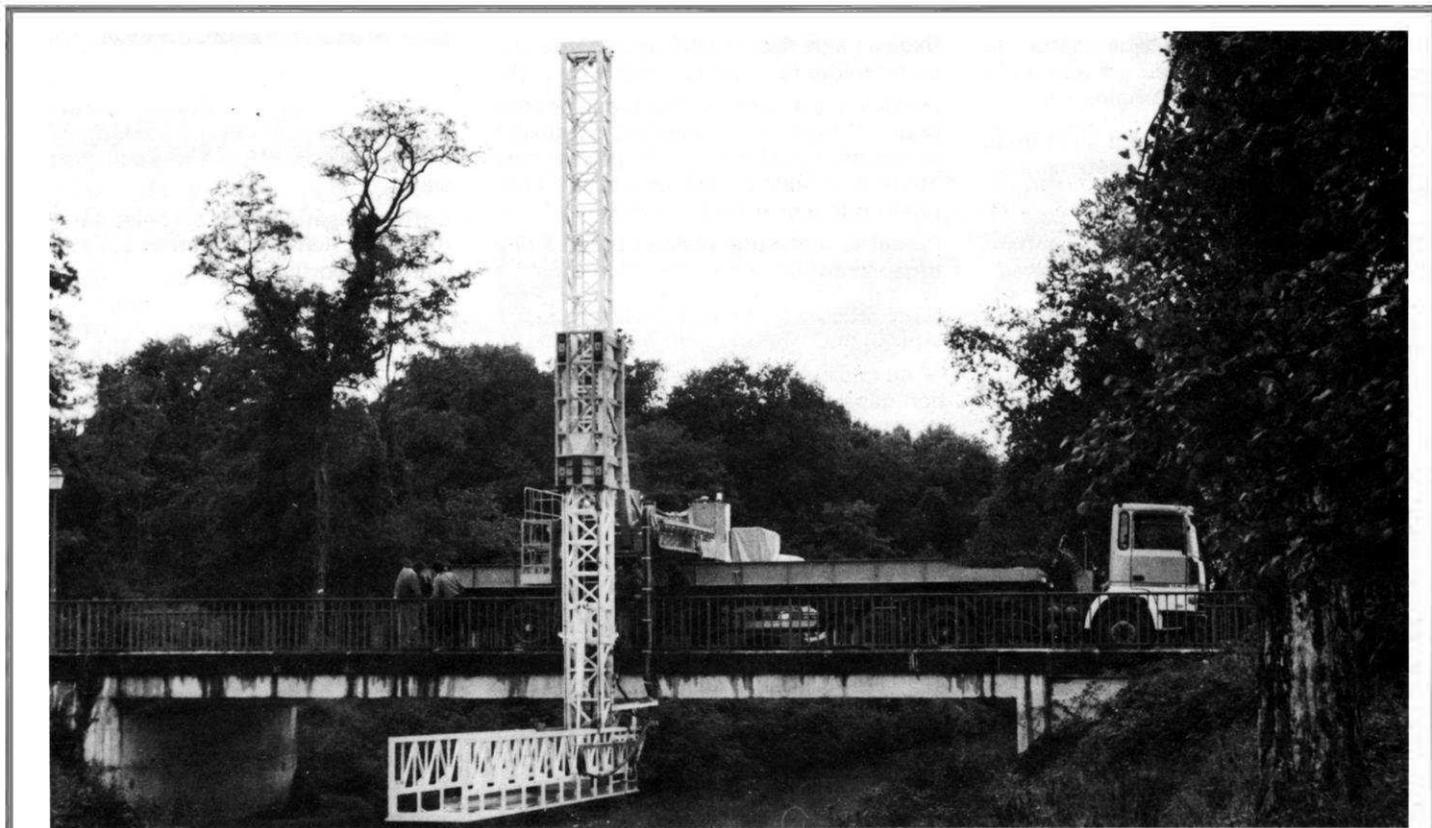
Parallèlement convenait-il de former les chefs de CDOA et de favoriser leur intégration dans un réseau technique élargi.

Dans ce but ont été montées des formations régionales expérimentales, proches du compagnonnage, débouchant sur la création de club de CDOA, s'appuyant sur l'animation technique de la division spécialisée du CETE (50 % du territoire a déjà été couvert).

Conclusion

Des moyens financiers importants sont actuellement dégagés par l'entretien des ouvrages. Cet effort doit être poursuivi devant l'importance des enjeux et la pression des besoins, il pourrait être utilement amplifié dès lors que se dessereraient les contraintes budgétaires affectant actuellement le budget routier.

Parallèlement doit être poursuivi le renforcement des CDOA afin de disposer dans chaque département de cellules réellement compétentes.



Scorpion en cours d'expérimentation

Fruit d'une coopération exemplaire du Centre d'Etudes et de Réalisation de prototypes de Rouen, du Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Blois et de la Compagnie Française de Radiologie, sur financement de la Direction des Routes, le procédé mis au point permet la radioscopie d'ouvrages en béton armé ou précontraint sous des épaisseurs allant jusqu'à 80 centimètres.

Unique au monde il apporte ainsi des moyens sans équivalence pour l'auscultation des ponts mais est naturellement promis à de nombreuses autres utilisations.

L'originalité réside dans la miniaturisation d'un accélérateur linéaire (générateur de rayons X très durs) employé dans le domaine médical et beaucoup plus puissant que les "bombes au cobalt" en service antérieurement.

L'appareil est monté sur une passerelle de visite autonome fixée à un camion semi-remorque au gabarit routier. L'ensemble "accélérateur-engin porteur" est télécommandé à partir du pupitre d'un véhicule laboratoire.

Le pont neuf : un paquet cadeau

Au mois de septembre dernier, durant deux semaines, de la surface de la Seine au sommet des lampadaires, le Pont Neuf s'est fait "habiller" par Christo. Après de longues négociations avec la Mairie de Paris et le Ministre de la Culture, Christo a pu réaliser ce qu'il a appelé lui-même son projet le plus "civilisé".

Choisi pour sa situation privilégiée, le Pont Neuf relie les deux rives de la Seine en passant par l'île de la Cité, cœur de Paris depuis plus de deux mille ans.

Aucun autre pont de Paris n'offre une telle variété, à la fois topographique et visuelle. De 1578 à 1890, il a subi de continuelles transformations : les boutiques de Soufflot ou la construction et la démolition de la lourde structure rococo qui abritait la pompe à eau de la Samaritaine.

L'empaquetage du Pont Neuf s'est donc inscrit en ligne droite de ces métamorphoses successives.

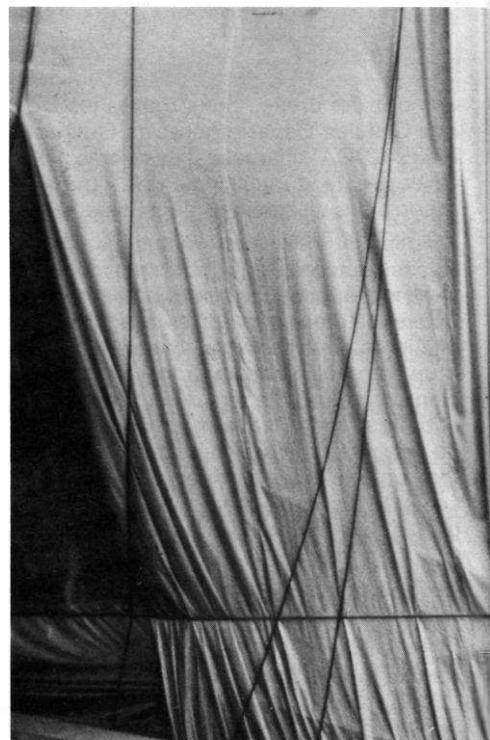
Dans une usine d'Armentières, pendant plusieurs mois, des ouvriers ont assem-

blé des laizes de polyamide selon des patrons très précis établis à l'aide d'un nouveau relevé géométrique.

Puis en l'espace de trois jours, des alpinistes, des plongeurs et les Charpentiers de Paris, pas moins de deux cents personnes, ont déployé les 40 000 m² de toile soyeuse couleur sable dorée, qu'ils ont fixée à l'aide des 11 000 m de corde afin de retenir la toile sur la surface du pont.

Le plus vieux pont de Paris est devenu pour 15 jours une éphémère et géante sculpture, sous les yeux des promeneurs étonnés et éblouis par ce cadeau inattendu que leur offrait Christo.

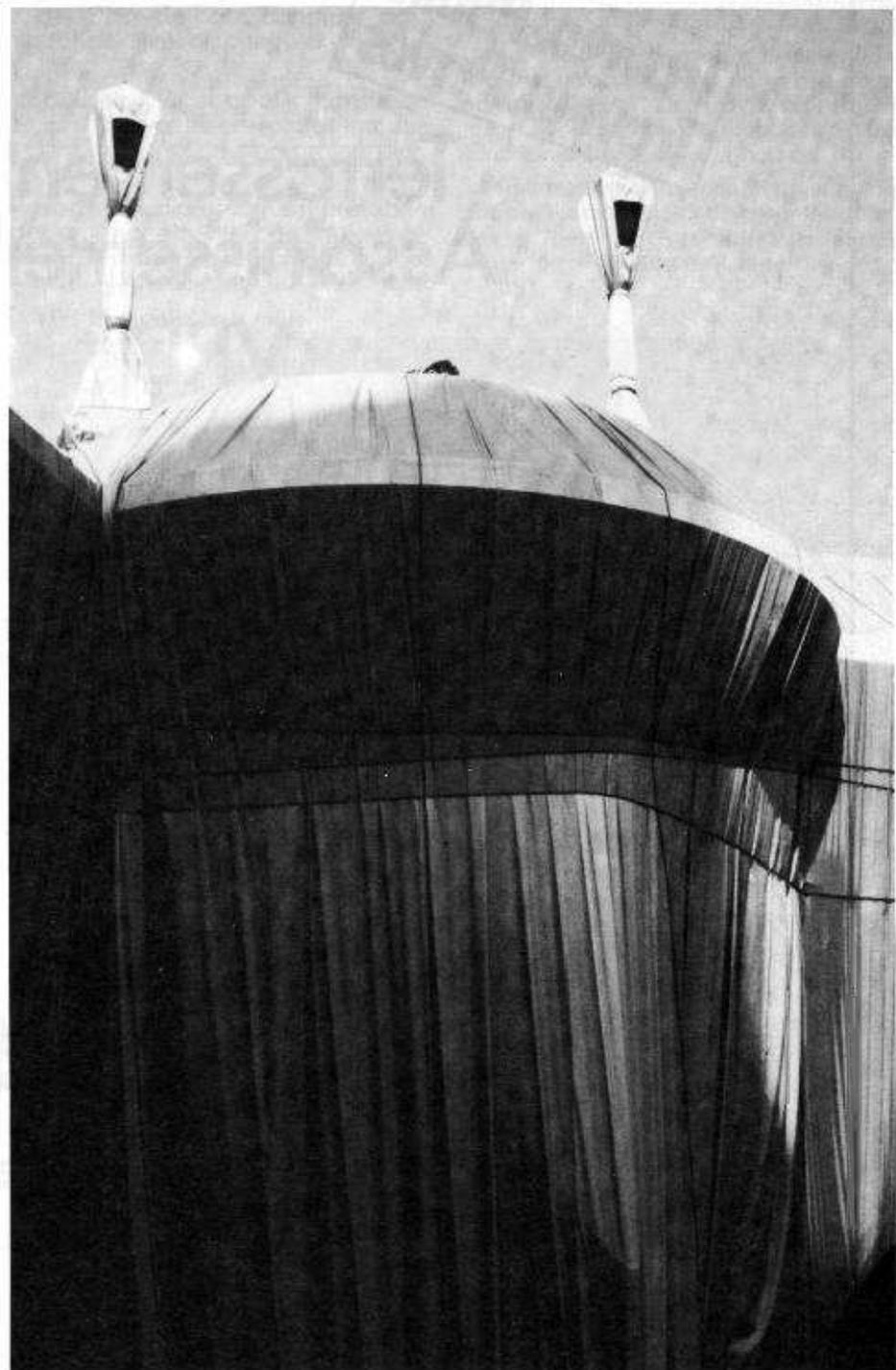
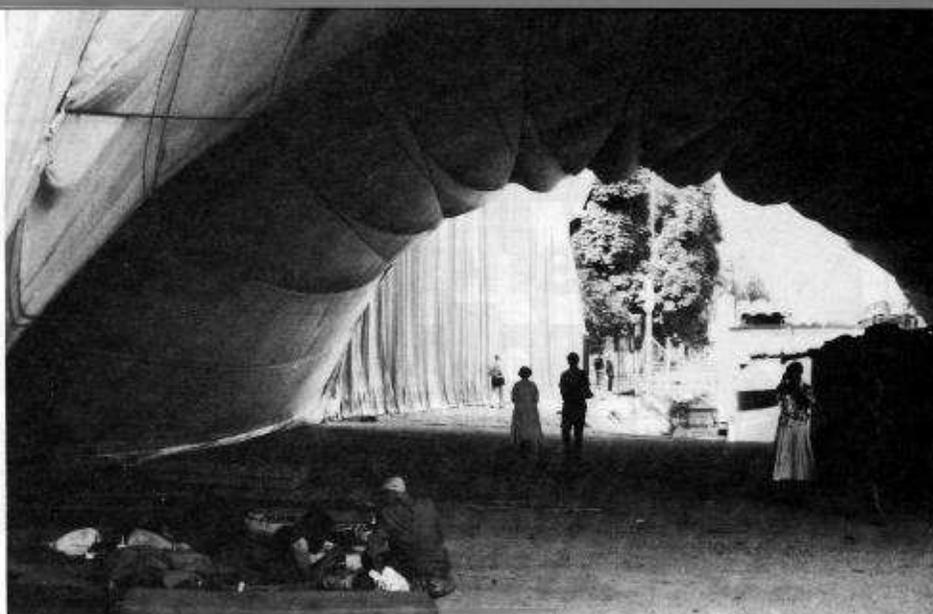
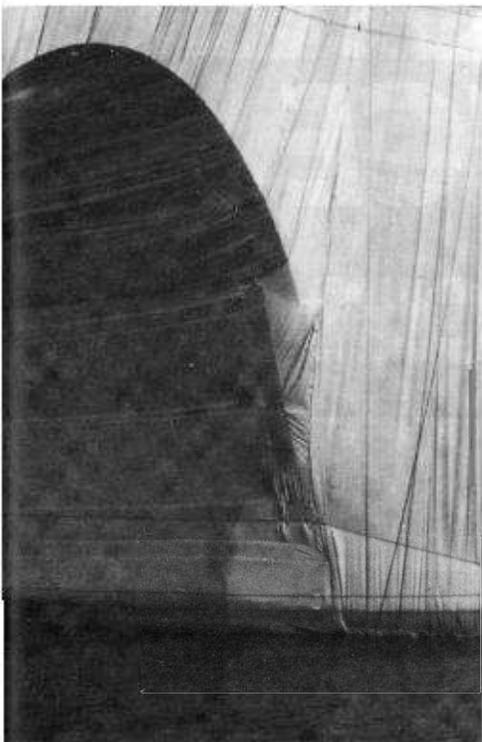
Prouesse technique réalisée grâce à une organisation et une préparation toujours



rigoureuses, mais aussi grâce aux compétences et au savoir-faire des équipes choisies.

Cette réalisation s'est déroulée sans perturber en rien la circulation automobile, piétonne ou fluviale.





Christo, sa vie, son œuvre

Après des études à l'Académie des beaux-arts de Sofia, et de Vienne, Christo arrive à Paris en 1958, il a 23 ans.

1962 : en Allemagne, avec 2 000 m² de toile, 18 m de câbles d'acier et 5 grues pivotantes, il va, en 10 heures, envelopper 5 600 m³ d'air.

1969 : en Australie, il empaquette, pour 10 semaines, une plage et ses falaises sur 2 km. Il faudra 100 000 m² de tissu, 60 km de corde et 17 mille heures de travail.

1972 : un rideau tendu dans la vallée du Colorado : 18 500 m² de nylon orange, suspendu sur 394 m à une hauteur de 110 m aux extrémités et 55 m au centre. Le rideau ne touche ni les flancs de la roche, ni le fond de la vallée. 55 000 kg de câbles d'acier et 800 tonnes de béton pour les points d'ancrage.

Une rafale de vent soufflant à 100 km/h parut dangereuse et nécessita le démontage, il était en place depuis 28 heures.

1983 : près de Miami, onze îles vont être entourées de 60 hectares de tissu flottant de couleur rose. Durant 15 jours le public pourra contempler ce paysage des "îles encerclées" roses et lumineuses en contraste avec la végétation tropicale et verdoyante. Il avait fallu 430 heures de travail avant que l'équipe chargée de l'opération puisse enfin déplier la toile qui recouvrait l'eau sur une largeur de 70 m depuis les îles jusqu'à la baie.

Cet américain d'origine bulgare a réalisé bien d'autres œuvres en respectant toujours les deux principes suivants :

- Assumer la totalité des dépenses.
- Restituer le site dans son état d'origine.

B. LEFEBVRE du PREY ■

VIAFRANCE

équipe la France

Travaux Publics
Travaux Privés

Terrassements
Assainissements

VRD



Routes
Aérodromes



Ensembles Sportifs et de Loisirs

SIEGE SOCIAL 92/98, boulevard Victor Hugo
92115 CLICHY CEDEX Tél. : 16 (1) 47.31.11.71
Télex 610 607

VIAFRANCE

des hommes attachés à notre environnement

La tour hertzienne de Romainville

par Ph. BEC, Directeur Adjoint BORIE-SAE
J. CORTADE, Directeur technique



On présente la Tour de Romainville, de 108 m de haut, construite par Télédiffusion de France (TDF) afin de suppléer la Tour Eiffel au centre du réseau français de télévision.

Au point de vue technique, on note l'emploi du béton léger pour la construction des plates-formes en béton précontraint, la liaison entre ces plates-formes et le fût par clavettes, l'encastrement du fût dans sa fondation et la profondeur relativement faible de celle-ci (8 m).

Au point de vue constructif, on insiste sur le levage des plates-formes, préfabriquées au sol y compris une bonne partie des aménagements, puis soulevées (plus de 2 000 t) à leur emplacement définitif, 100 m de haut, par vérins.

à 420 kg/m³. Chaque plate-forme fonctionne en plaque percée, posée sur le bord de son trou. La rigidité est obtenue par un caisson torique sur lequel sont greffées 16 consoles rayonnantes reliées entre elles par un hourdis supérieur et des entretoises circulaires. L'ensemble est précontraint par l'effet de courbure des câbles circulaires situés dans le hourdis.

Les plates-formes prennent appui sur le fût par l'intermédiaire de consoles courtes en béton, et précontraintes sur la plate-forme à l'aide de barres Diwidag.

I — Introduction

C'est après avoir construit plus de 50 tours hertziennes et avoir acquis la maîtrise des techniques les plus avancées dans cette spécialité que la Société Borie-Sae a entrepris le chantier de la Tour de Romainville.

Située sur la commune des Lilas, la Tour de Romainville est un ouvrage exceptionnel tant du fait de la complexité des techniques de construction mises en œuvre que du fait de ses dimensions et de sa fonction : la tour sera le centre névralgique de toutes les transmissions de radio et de télévision du territoire national.

Les façades des différentes plates-formes sont constituées d'éléments préfabriqués en béton léger.

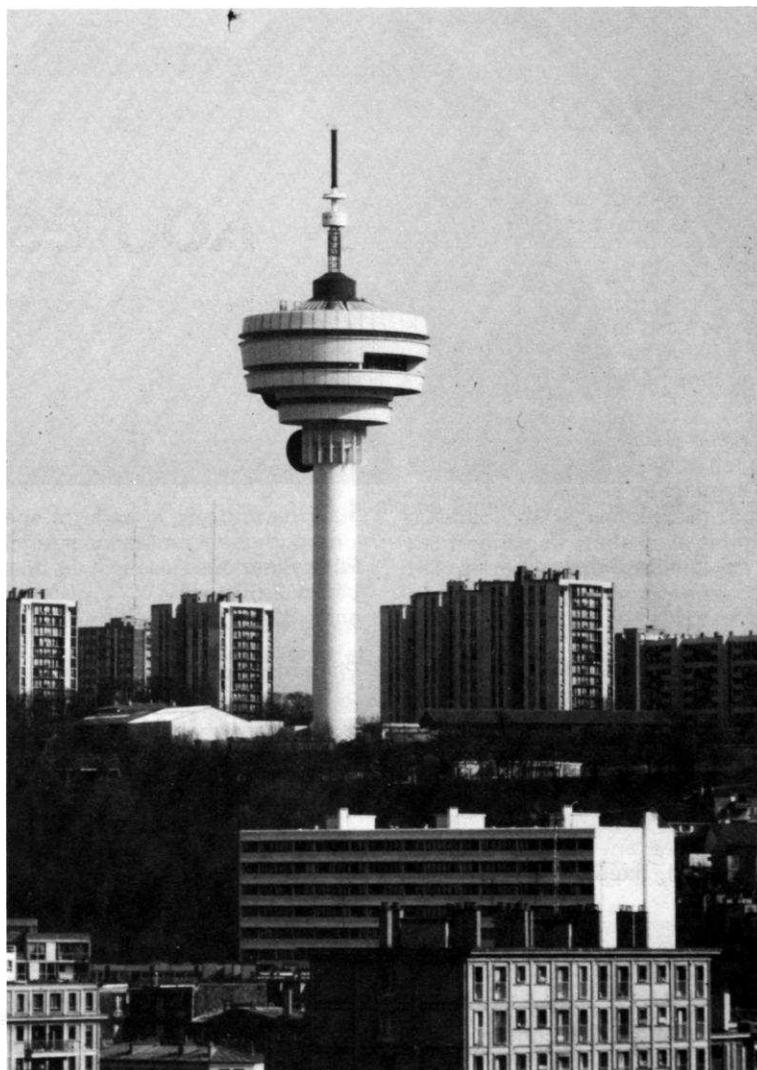
La tour est entièrement revêtue à l'extérieur d'une céramique blanche auto-lavable. Ce matériau à l'épreuve des intempéries donne à la tour un aspect brillant et la préservera du vieillissement.

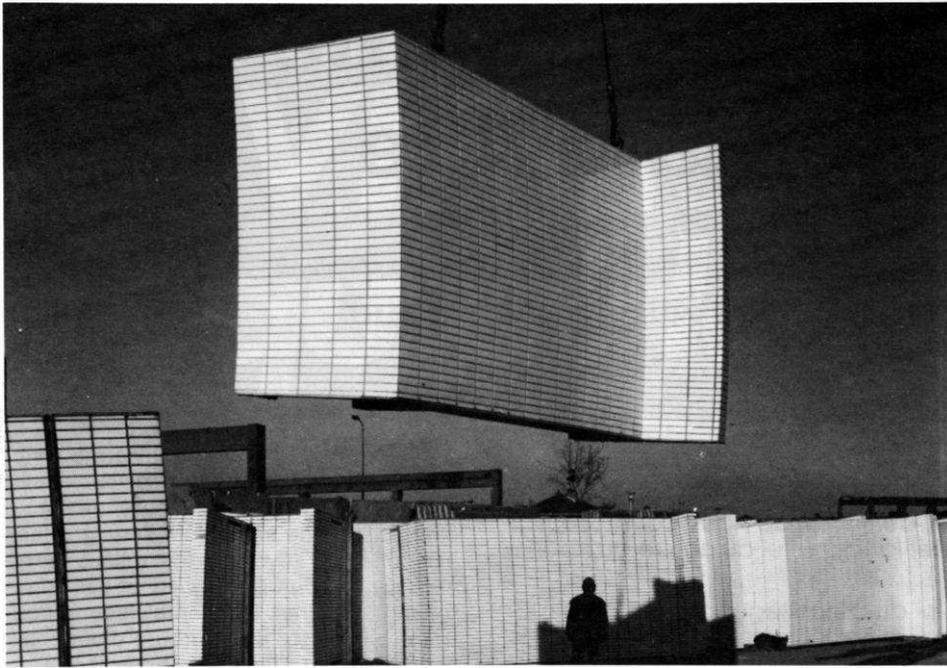
II — Description

— Le fût cylindrique en béton armé a une hauteur de 108 m pour un diamètre de 9,60 m et une épaisseur de 0,70 m. La technique employée pour cette réalisation est celle du coffrage glissant avec une progression journalière moyenne de 2,50 m.

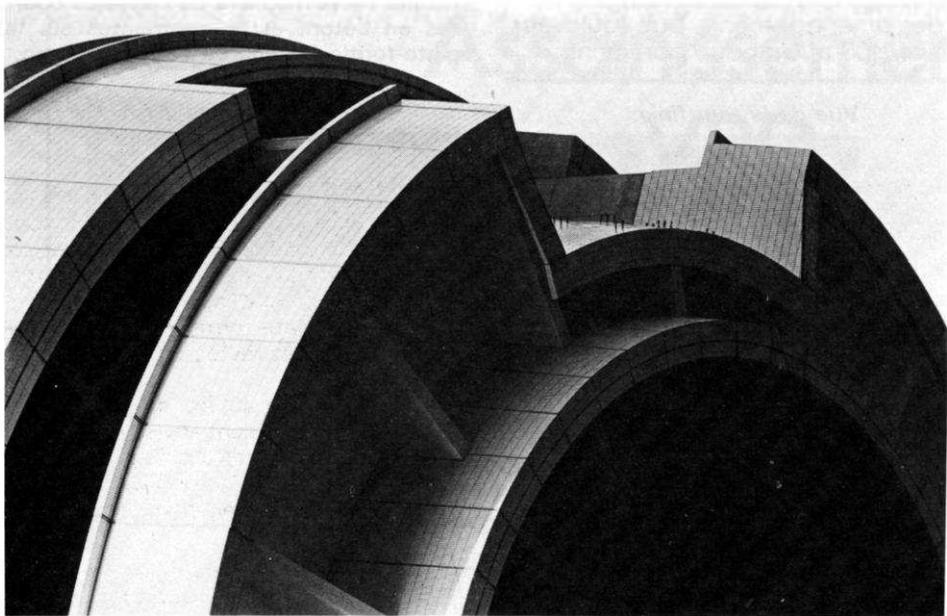
— les plates-formes extérieures sont en béton léger et précontraint aux caractéristiques suivantes : résistance nominale de 350 bars, granulats de schiste expansé, dosé avec du ciment à haute performance

Vue de la tour finie.





Vue d'un élément de façade préfabriqué.



Détail de façade avec les éléments en place.

Hauteur des plates-formes :
 P5 située à 97,00 ml, poids : 2 000 t
 P4 située à 91,15 ml, poids : 1 870 t
 P3 située à 83,50 ml, poids : 1 810 t
 P2 située à 76,65 ml, poids : 780 t
 P1 située à 68,40 ml, poids : 780 t
 Chaque plate-forme est un ensemble auto-stable réalisé au sol et ensuite hissé au moyen de 48 vérins de 40 t chacun, s'appuyant sur autant de barres métalliques (65 x 65), fixées le long du fût.

Fût cylindrique
 béton 2 600 m³
 acier 320 t

Plates-formes et panneaux de façades
 béton léger 3 000 m³
 acier HA 200 t
 précontrainte 40 t

Montant du marché TCE 72 000 000 F
 Montant du marché GO 34 500 000 F
 Délai de réalisation 23 mois
 Maître d'ouvrage Télédiffusion de France
 Maître d'œuvre M. Vasconi, Architecte
 M. Austasia, Collaborateur

Bureau de contrôle Socotec
 Bureau d'études techniques Structec
 (Inter G)

Réalisation TCE
 Réalisation GO

Borie-Sae
 Demay-Sae

IV — Etude technique de l'ouvrage

Des ouvrages exceptionnels tels que la Tour de Romainville se situent souvent en dehors du domaine de validité des règles de telle sorte qu'il est nécessaire d'examiner au fond certains problèmes inhabituels.

1. L'élançement de la tour (hauteur divisée par le diamètre du fût) est tel qu'il est nécessaire de justifier de la stabilité de la tour compte tenu de ses déplacements prévisibles en tête. Ces déplacements proviennent :

- des défauts de verticalité à la construction,
- de la réalisation plus ou moins parfaite de l'épaisseur des parois,
- des surcharges dissymétriques appliquées sur les plates-formes,
- de l'existence ou non d'une direction privilégiée pour le vent et de l'intensité moyenne du vent dans cette direction,
- des inégalités du sol de fondation.

Malgré le choix du béton léger, le poids propre des plates-formes est suffisamment important pour imposer le dimensionnement des armatures comprimées du fût.

En effet, si le moment dû au deuxième ordre est souvent inférieur à 10 % pour des tours de hauteur comparable, on observe ici que la prise en compte des effets du deuxième ordre donne lieu à un moment total de : 793 000 Knm à la base du fût.

A la cote - 3, le rapport du moment total avec vérification du flambement, au moment du premier ordre, est de :

$$793\ 000 : 601\ 310 = 1,32$$

En conformité avec les règles BAEL, sous la sollicitation pondérée étudiée, le coefficient de sécurité à l'état-limite ultime est de 1.

On constate que le coefficient de sécurité au flambement est très sensible aux paramètres suivants :

- l'excentricité des charges appliquées,
- la résistance du béton (ou le ferrailage).

Sous charges de longue durée, il arrive que l'influence du vent ne soit pas négligeable. Heureusement, ce n'est pas le cas pour la Tour de Romainville, pour laquelle le vent dominant présente une intensité relativement faible.

2. Les plates-formes en béton léger ont été précontraintes par des câbles circulaires (et non pas sous forme de consoles radiales comme cela est fait habituelle-

III — Fiche technique

Radier :
 béton 2 700 m³ coulé en continu
 acier 350 t

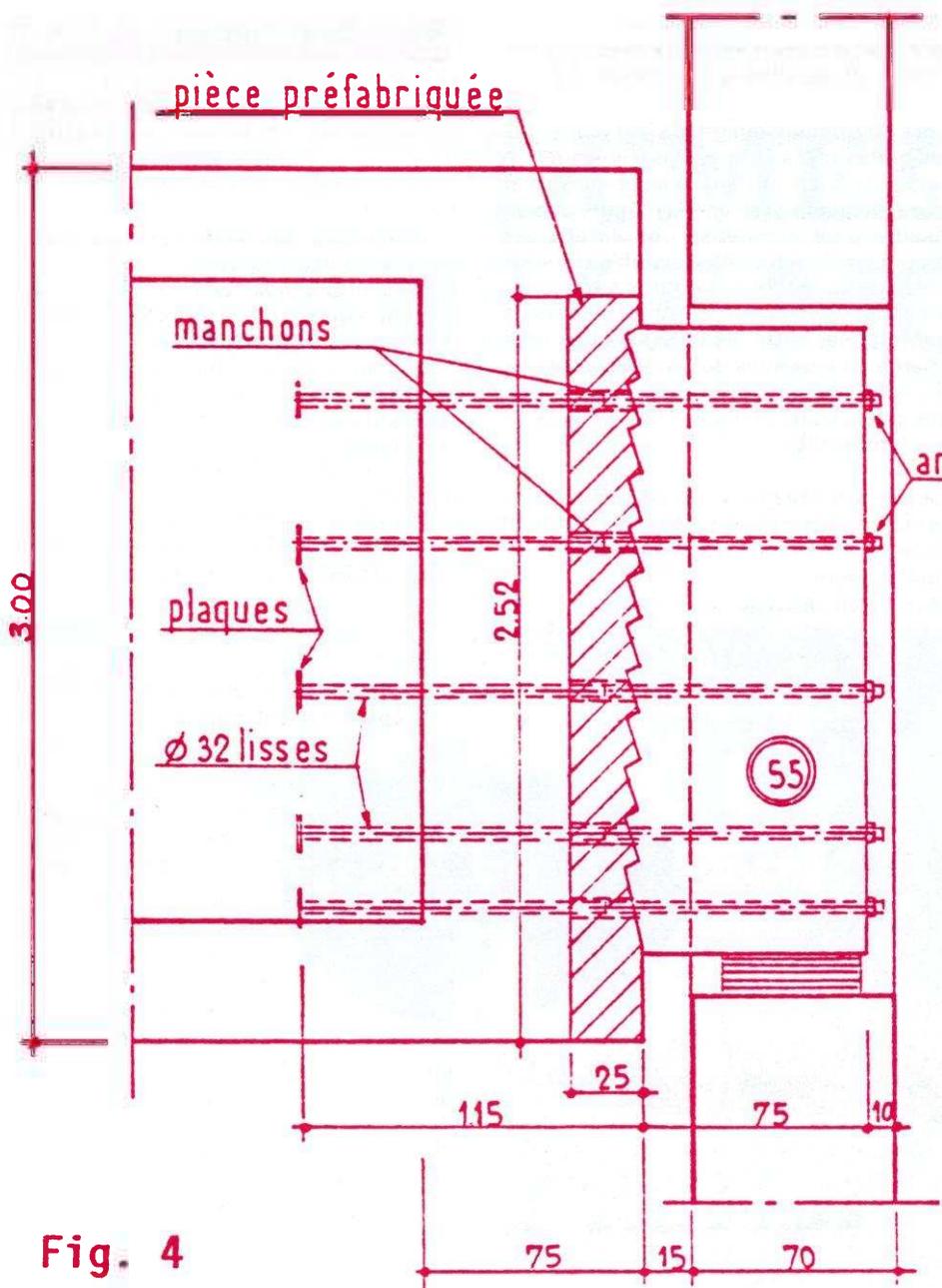


Fig. 4 Dispositif d'appui des plates-formes détail.

ment) en conformité avec les résultats des calculs informatiques effectués. Cette disposition rend par contre plus sévère la justification à l'état limite ultime de résistance car les câbles ne peuvent plus être assimilés à des aciers de béton armé.

La précontrainte circulaire peut être combinée, suivant son emplacement, avec la précontrainte radiale.

Pour cet emplacement, il y a trois possibilités de base :

- a) concentration à l'intérieur,
- b) concentration à l'extérieur,
- c) répartition sur toute la largeur de l'anneau.

Dans les trois cas, la force de précontrainte nécessaire est la même, tout au moins pour les charges de révolution constantes qui, seules seront considérées.

Le tonnage total de la précontrainte circulaire, à force constante, est proportionnel au rayon sur lequel la précontrainte est appliquée.

Ainsi, ce tonnage est minimal dans le premier cas, maximal dans le deuxième et intermédiaire dans le troisième. Mais, dans le premier cas, où le tonnage est minimal, il y a des tractions radiales non compensées par cette précontrainte. Il faut donc ajouter des câbles radiaux, pour ramener les tractions dans la cerce précontrainte intérieure. Or, ces câbles transversaux bien que leur effet tangentiel global soit nul, conduisent à des contraintes tangentielles qui sont des tractions côté intérieur et des compressions côté extérieur de l'anneau.

Ces tractions tangentielles côté intérieur sont gênantes au point de nécessiter d'autres câbles circulaires supplémentaires.

Dans le deuxième cas, la précontrainte est surabondante, non pas en force mais en longueur des câbles. Elle crée des compressions radiales localement plus grandes que nécessaires pour la compensation.

Ce n'est que dans le troisième cas que l'on peut compenser les efforts sous charges extérieures, par des câbles circulaires seuls répartis suivant la densité des charges et suivant leur rayon d'application.

Pour une densité de charges constantes, la densité des câbles circulaires est alors proportionnelle à : $r \times (r - r_0)$ dont un accroissement avec le carré du rayon.

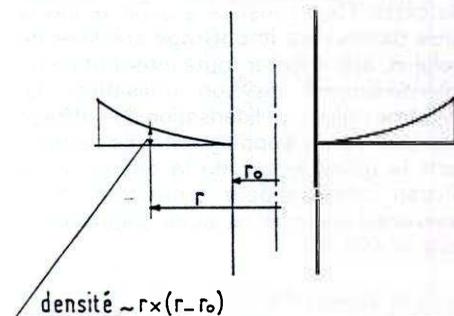


Plate-forme annulaire avec répartition des câbles sur toute la largeur de l'anneau. Densité des câbles circulaires.

C'est la précontrainte optimale. Elle a été réalisée pour la plate-forme P4. Le même principe a été adopté pour la plate-forme P3, avec des câbles circulaires répartis, s'arrêtant au bord de l'échancrure. La bande de la plate-forme interrompue par l'échancrure est restée en béton armé.

3. La résistance au feu du béton léger n'est pas actuellement envisagée dans les textes réglementaires et il a été nécessaire de rechercher dans les publications techniques récentes les éléments de justification nécessaires.

Il faut noter que les problèmes précédents n'avaient pas tous été vus dans le détail d'abord par l'équipe de maîtrise d'œuvre, au stade de la conception, ensuite par l'entreprise au stade de la soumission de telle sorte que leur examen avec le bureau de contrôle au stade de l'exécution s'est fait dans un souci de collaboration en vue de trouver des solutions acceptables aussi bien sur le plan technique que sur le plan de leur coût.

Méthodes de construction

1. Le fût

Le fût de la Tour a été réalisé en coffrage glissant.

Les difficultés rencontrées lors de l'exécution de celui-ci proviennent :

— d'une part, du nombre élevé de pièces à incorporer ou de réservations à mettre en place.

— d'autre part, de la densité du ferrailage (2,5 % en pied de tour).

Ceci a rendu très délicate la mise en place du béton et a réduit la vitesse de glissement du coffrage à la limite du collage, bien que le fût ait été réalisé en hiver.

La règle qui veut qu'on limite à 2 % la densité du ferrailage dans un ouvrage réalisé avec un coffrage glissant, doit être respectée, et même ce taux abaissé lorsque la densité d'incorporation devient sensible.

Une autre particularité de la construction de cette Tour consiste à avoir rendu la grue desservant le coffrage solidaire de celui-ci, afin d'éviter toute interruption ou ralentissement de son utilisation. Le système utilisé : solidarisation au coffrage par huit vérins supplémentaires supportant la grue, report de la charge à un niveau suffisant pour éviter tout effort horizontal sur le béton jeune, patins assurant la stabilité.

2. Les plates-formes

Chacune des quatre plates-formes est exécutée au sol sur un échafaudage de hauteur minimale permettant l'accès en sous-face. Il s'agit ensuite de soulever 2 170 t à 100 m de hauteur.

Le système adopté est celui de la Société Bygging. Il consiste à pousser chaque plate-forme sur le bord de son trou en 48 points, en s'appuyant sur autant de barreaux métalliques qui transmettent la charge jusqu'à la semelle de l'ouvrage et sont fixés au fût tous les mètres pour s'opposer à leur flambement. Les crapauds de fixation permettent en principe les mouvements verticaux des barres et donc d'utiliser leur élasticité pour répartir la charge entre elles. Ces barres ont été mises en place par éléments de 6 m à partir d'une passerelle supplémentaire en même temps que le coffrage glissant était exécuté.

Chaque ensemble de poussée comprend de haut en bas :

- un anneau de coffrage horizontal le long du fût, qui monte avec la plate-forme ;
- une charpente légère destinée à excenter le point d'application de la poussée de l'axe de la barre vers l'extérieur de la plate-forme, afin d'éviter des contraintes trop élevées dans l'angle de la plate-forme ;
- une chaise haute, destinée à permettre une certaine tolérance horizontale entre les positions des barres et de la plate-forme, et d'éviter tout moment dans les tiges de vérins ;
- une boîte à mâchoires haute, sur laquelle s'appuie la plate-forme lors de la vidange des vérins ;
- un couple de vérins ;
- une boîte à mâchoires basse, sur laquelle les vérins prennent appui lors de chaque levée.

Tous les éléments participant au levage ont été calculés puis testés avec un coefficient de sécurité à rupture de 3.2.

Lors du premier levage, il s'est avéré que les barres n'étaient pas aussi libres qu'on pouvait le penser dans le sens vertical et que l'élasticité mise en jeu n'était pas suffisante pour compenser les différences d'appui millimétriques inévitables lorsque les boîtes à mâchoires hautes sont mises en charge. Nous avons donc été amenés à interposer entre les boîtes hautes et la charge un ensemble de vérins répartiteurs de faible course, ce qui, de plus, a facilité, par la suite, le réglage de l'assiette de la plate-forme.

Le premier levage a, de ce fait, pris un temps certain, mais cette mise au point faite, le deuxième levage a été réalisé en quatre jours.

Plate-forme P3 à mi-course en cours de hissage.



VI — Conclusion

La Tour de Romainville a permis d'associer deux techniques de construction très performantes, notamment au niveau du délai :

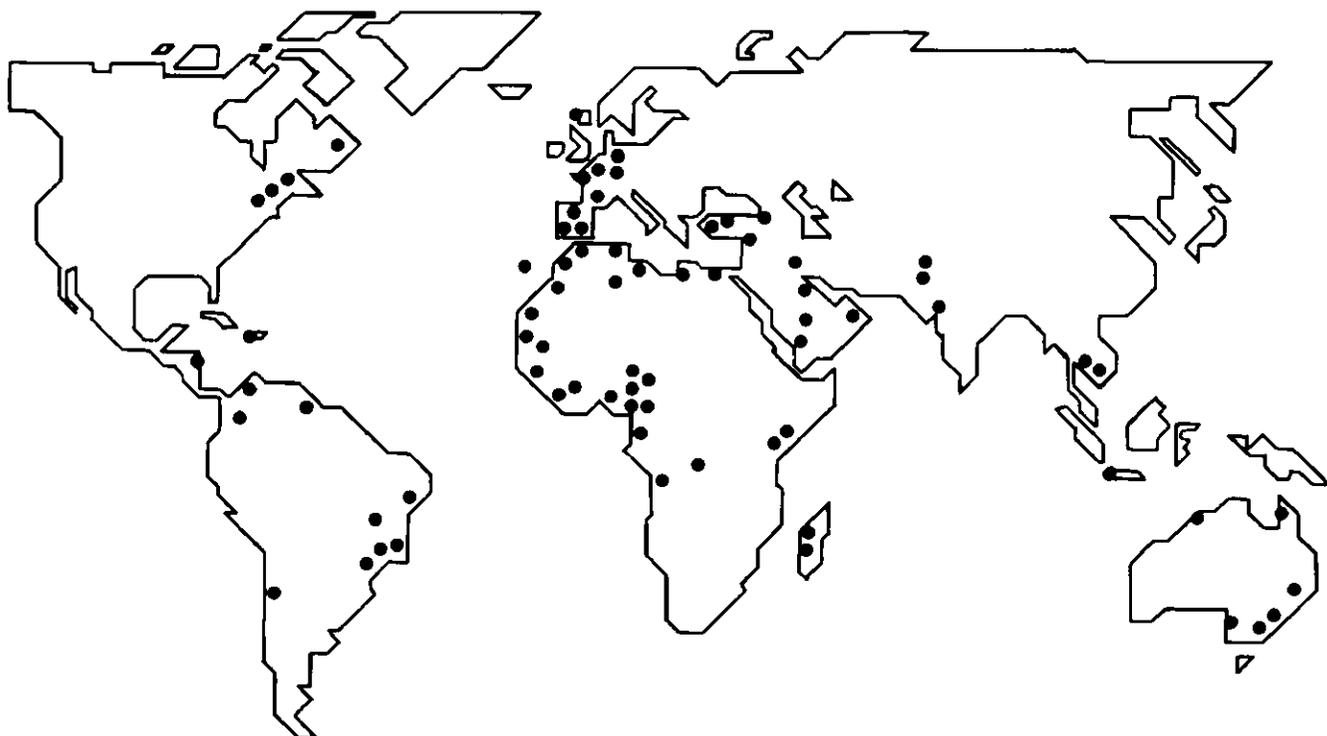
— les coffrages glissants pour la réalisation du fût,

— le montage des plates-formes complètement coulées au sol.

Il est certain que les choix effectués (notamment béton léger précontraint et diamètre constant du fût) ont facilité l'application de ces techniques. Si des ouvrages plus élevés et plus élancés devaient être conçus ultérieurement, les principes constructifs seraient transposables, à condition de conserver un fût cylindrique.

Sur le plan des vérifications de sécurité, il serait souhaitable que les divers règlements de sécurité soient plus homogènes.

DUMEZ DANS LE MONDE



DES HOMMES QUI ENTREPRENNENT

barrages, travaux souterrains,
travaux maritimes, dragages,
constructions industrielles,
terrassements, routes, ouvrages d'art,
bâtiment, constructions industrialisées

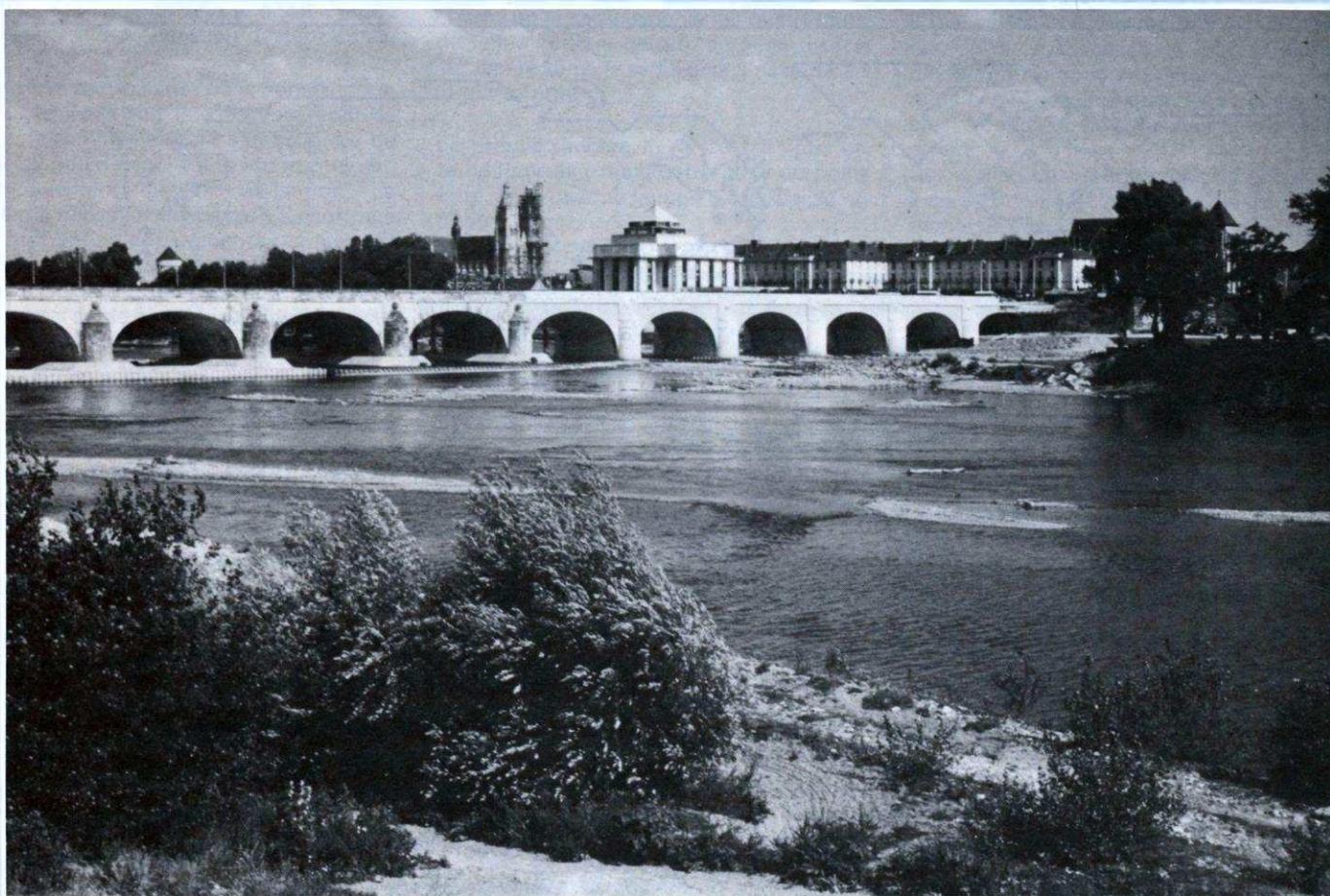


345 AVENUE GEORGES-CLEMENCEAU 92022 NANTERRE CEDEX FRANCE TEL. (1) 776 42 43 TELEX 620 854 ZEMUD NANTR

réalisations dans les D.D.E.

LES PONTS EN INDRE-ET-LOIRE

par François Cabioch



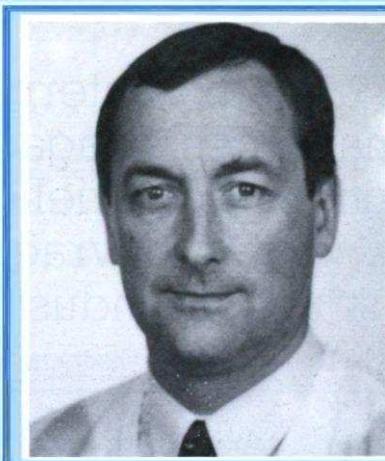
Pont Wilson sur la Loire.

Présentation générale

Le département d'Indre-et-Loire est quadrillé par un réseau important de fleuves et de rivières (2 075 km) qui explique le fait que sur les quelque 1 500 ouvrages qui jalonnent ses réseaux routiers national, départemental et communal, près de 80 pour cent se trouvent en site aquatique.

C'est notamment le cas pour les deux derniers grands ouvrages dont le département a assuré la maîtrise d'ouvrage entre 1983 et 1985.

Le pont de Chinon, pont de 176 m de long répartis sur 3 travées réalisées par encor-



Ingénieur des TPE de 1967 à 1980, Jean-François Cabioch a, entre autres projets routiers, participé aux études du boulevard périphérique de Caen ainsi que la déviation nord de Saint-Brieuc dont il a suivi l'exécution des travaux, notamment la construction des viaducs du Gouet et du Gouedic. Nommé Ingénieur des Ponts et Chaussées en 1981, chargé pendant 4 ans de l'Arrondissement Opérationnel de la DDE d'Indre-et-Loire il participe à la réalisation de nombreux ouvrages d'art parmi lesquels on peut citer les ponts de Chinon (176 m) et de Bléré (208 m) changement des câbles du pont suspendu de Langeais et la reconstruction du pont Wilson sur la Loire.

réalisations dans les D.D.E.

bellement, coulé en place et comportant une précontrainte partielle extérieure au béton.

Le pont de Bléré pont poussé de 208 m de longueur répartis sur 5 travées.

Une politique routière départementale

Conscient de l'importance d'un réseau routier secondaire de qualité, le Conseil Général d'Indre-et-Loire a retenu en 1977 le principe de la réalisation d'un quadrilatère routier à la périphérie du Département relié à l'agglomération Tourangelle par des voies (RN ou CD) radiales de liaison.

La conception et la réalisation des travaux de ce "quadrilatère d'entraînement à l'économie départementale" s'est heurtée à la présence de grandes rivières (Loire, Cher, Indre, Vienne) dont le franchissement n'a pu être envisagé que par des ouvrages d'art importants.

Après la déviation d'Amboise et son pont de 678 m de long le Conseil Général a décidé d'entreprendre à partir de l'année 1982 les déviations des agglomérations de Chinon et de Bléré.

Les études lancées en 1981 et 1982 ont permis de consulter les entreprises et d'assurer un démarrage simultané des travaux de ces deux opérations en 1983.

La déviation du CD 31 à Bléré

A l'Est du département d'Indre-et-Loire les communes de Bléré et la Croix-en-Touraine se situent au carrefour d'importants axes routiers.

Axes Est-Ouest

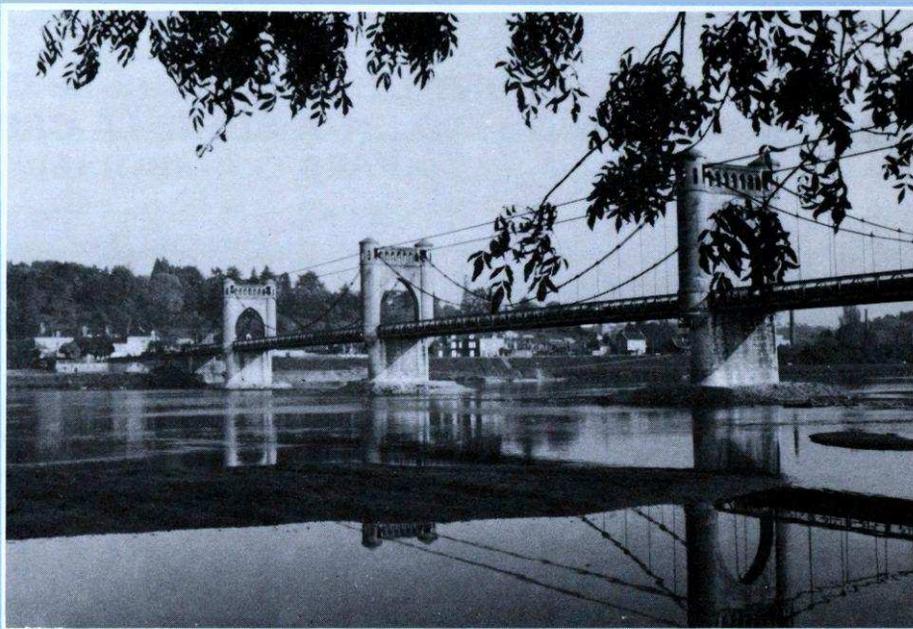
— La RN 76 intégrée à la section Tours Vierzon de l'itinéraire Nantes-Lyon d'importance nationale.

— Le CD 140 qui, au nord de la rivière Le Cher, constitue une des pénétrantes essentielles de l'agglomération Tourangelle.

Axe Nord-Sud

— Le CD 31, d'importance régionale qui draine tout le trafic lourd de la zone Est du département.

Sur ces axes les déplacements touristiques à destination des nombreux châteaux (Chenonceaux, Amboise...) et sites pittoresques se conjuguent avec les trafics économiques Nationaux Régionaux ou Départementaux et occasionnent au



Pont de Langeais sur la Loire. Changement du cablage porteur en 1982-1983.

cœur des agglomérations de Bléré et La Croix-en-Touraine un engorgement quasi-permanent et une forte détérioration des voies urbaines qu'ils empruntent.

Dans ces conditions l'Etat, Ministère des Transports a décidé d'inscrire au RESO (Recueil sélectif d'opérations) une déviation Est-Ouest de la RN 76 par le Sud de Bléré et le Département, avec l'aide du Conseil Régional une déviation Nord-Sud du CD 31 par l'ouest des deux agglomérations sus-visées.

Les travaux de réalisation de cette déviation du CD 31 ont commencé en 1983 par la construction du Pont sur le Cher.

Le pont sur le Cher

La déviation du CD 31 par l'ouest de Bléré doit franchir successivement la RN 76 actuelle et la rivière Le Cher distantes de 50 m environ.

Après une étude hydraulique et une analyse comparative des coûts des différentes solutions (2 ouvrages séparés par un remblai ou ouvrage unique) il est apparu que la solution d'un ouvrage unique apportait une meilleure solution pour l'écoulement du Cher en période de Crues (fréquentes dans ce secteur) pour un surcoût relativement faible.

L'ouvrage de 200 m de long environ a été étudié par le Bureau d'Etudes Ouvrages d'art de la DDE avec l'assistance technique du Setra (Division ouvrages d'art et

division "ouvrages en métal"). En effet deux solutions de base ont été proposées aux entreprises soumissionnaires :

— l'une en béton précontraint (pont poussé)

— l'autre en ossature mixte tablier métal sur appuis "béton"

Au terme d'un appel d'offres restreint la solution béton, légèrement plus économique, a été retenue par le maître d'ouvrage.

La structure de l'ouvrage et sa réalisation sont présentées dans l'article qui suit par M. Michon, responsable de l'Entreprise Citra-France.

Je me contenterai de préciser que les difficultés rencontrées n'étaient en aucune mesure liées à la technique employée et que grâce à l'efficacité des hommes de terrain — entreprise, maître d'œuvre, laboratoires — le résultat final est de grande qualité.

réalisations dans les D.D.E.

PONT DE BLERE, SUR LE CHER, DEVIATION DU C.D. 31 A BLERE-LA-CROIX-EN-TOURAINNE (PRES D'AMBOISE)

par Jean-Claude PAUC, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées,
Directeur Départemental de l'Équipement d'Indre et Loire
et Yves MICHON, Ingénieur des Arts et Manufactures
Directeur de Citra Loire

I — Introduction

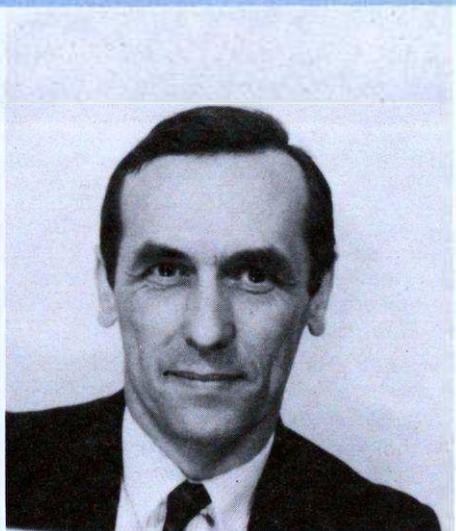
Convaincu que l'économie repose sur la qualité des liaisons routières qui permettent les échanges intercommunaux ou interdépartementaux, le Conseil Général d'Indre et Loire a voulu développer le réseau routier départemental : c'est en 1976 qu'il définit le plan d'action qui distingue deux types d'itinéraires :

— Les itinéraires "d'accompagnement" qui, par un réseau en étoile semblable à celui des routes nationales, complètent l'irrigation de l'agglomération tourangelle.

— Les itinéraires "d'entraînement" qui, en assurant des liaisons transversales, participent au désenclavement des secteurs du département moins bien desservis.

Dans la volonté du Conseil Général, ce deuxième type d'itinéraires doit rééquilibrer l'économie départementale. En particulier on attache un très grand intérêt au développement du "quadrilatère d'entraînement à l'économie" (Fig. 1) qui relie Loches à Chinon par le CD 760, Chinon à Château-la-Vallière par le CD 749, emprunte le CD 766 au nord pour atteindre la liaison Nord-Sud qu'assure le CD 31.

C'est dans le cadre de cet aménagement que s'est inscrit en 1981, le Pont Neuf sur la Loire à Amboise dont la construction (dirigée par Jacques Gounon alors ingénieur d'arrondissement) avait été confiée aux équipes spécialisées de Citra Loire (St-Pierre-des-Corps) : 678 m de longueur construit en encorbellements successifs coulés en place ; travée courante 82 m. C'est sur ce même CD 31 qu'est prévue la déviation de Bléré et de La Croix-en-Touraine (au sud et au nord du Cher). Cette déviation doit franchir le Cher et la RN 76 : c'est sur la construction de cet ouvrage de franchissement, financée par



Yves Michon.

le Conseil Général d'Indre-et-Loire (avec la participation du Conseil Régional) et dirigée par Jean-François Cabioch, Chef de l'arrondissement opérationnel de la DDE, que nous arrêtons aujourd'hui notre attention.

II — Le site

Le caractère touristique de la Région (fig. 2) n'autorise pas que la déviation passe trop près du site même de Bléré, charmante ville avec son vieux pont de pierre.

A 2 km à l'ouest de Bléré, la plaine alluviale du Cher s'étend sur la rive droite, alors qu'en rive gauche la RN 76 (liaison Nantes-Lyon), 60 m plus au sud, passe au pied du coteau. C'est là qu'il fut décidé de faire passer la déviation.

L'idée était naturelle de franchir les deux obstacles (Cher et RN 76) par un même ouvrage qui, par son ouverture totale lais-

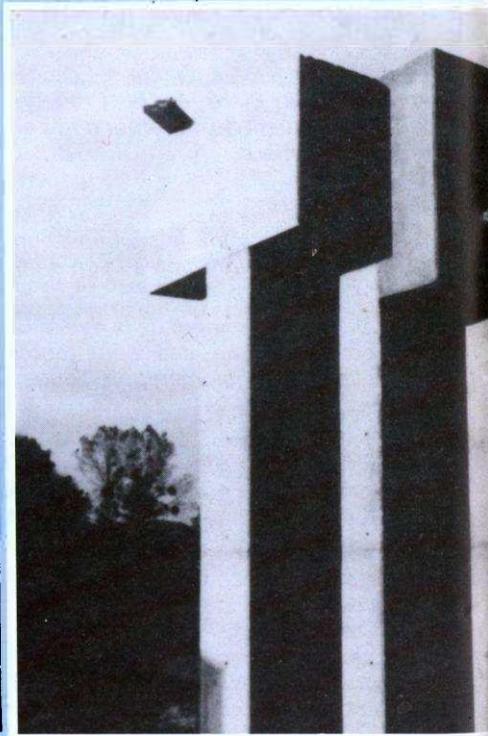
sait également passage aux célèbres crues du Cher : sa longueur devrait alors dépasser 200 m.

Suffisamment éloigné de la ville il devrait rester presque inaperçu, noyé dans la verdure pour les touristes qui, du vieux pont, admirent le calme de la vallée du Cher où quelques passionnés pratiquent la pêche en solitaire.

III — Le projet

Une volonté esthétique

Les architectes A. Arzac et Ch. Lavigne ont été appelés à donner à l'ouvrage son caractère : par le contraste entre des piles Architecture de piles.



réalisations dans les D.D.E.

massives architectoniques qui s'affirment par les jeux verticaux d'ombre et de lumière (fig. 3), ils ont su donner au tablier son élancement ; par les corniches dont les rainures verticales créent une apparence de teinte différente du béton, la ligne horizontale du tablier est soulignée et encore affinée (fig. 4).

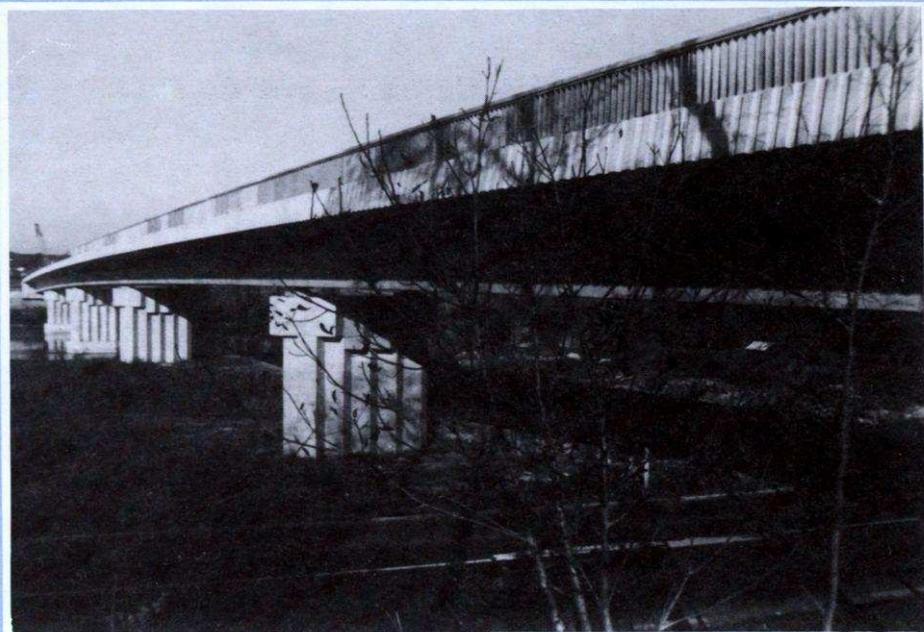
Un procédé efficace

C'est au Setra que la DDE a confié l'établissement du projet technique. Compte tenu des obstacles importants que représentent la RN 76 et le Cher dont les crues sont fréquentes, il était intéressant de chercher à s'affranchir au mieux des problèmes d'étalement : on s'orienta rapidement vers la solution offerte par la méthode des "ponts poussés".

Le principe du "pont poussé" est maintenant bien connu : c'est en 1968 qu'il a été introduit et mis au point en France par l'entreprise Citra ; il s'agissait alors de lancer à travers le vallon de l'Abeou un aqueduc (pour le canal de Provence) de 143 m de longueur pesant 4 400 tonnes. Dans les années suivantes (1969 - 1970) Citra a développé le procédé avec le pont sur l'Yonne à Champigny (deux demi tabliers face à face) le pont de Bresilley sur l'Ognon (qui ajoutait une phase de rotation du tablier), le viaduc sur la Vallée de la Boivre à Poitiers (où fut introduit le procédé de haubannage) (fig. 5).

Caractéristiques géométriques du Pont de Bléré

Le pont doit libérer un gabarit de 5,00 m



Une volonté esthétique.

× 3,50 m de hauteur sur la RN 76. Les autres caractéristiques géométriques sont les suivantes : — longueur totale 209 m.

— Poutre caisson continue de portées 38 — 44 — 44 — 44 — 38 m.

— Largeur de l'ouvrage 10,90 m.

— Le tracé en plan est constitué d'une clothoïde sur 9,35 m à partir de la culée Co, suivie d'un alignement droit.

— Le profil en long est un cercle de 5 000 m de rayon dont la concavité est tournée vers le bas.

— Le profil en travers est symétrique et comporte une chaussée bidirectionnelle à 2 voies de 3,50 m encadrée de 2 surlargueurs de 0,25 m et 2 trottoirs 1,25 m (fig. 6).

Caractéristiques techniques

— Fondations

Le substratum calcaire, dit tuffeau, a de bonnes caractéristiques géotechniques. Il est recouvert d'alluvions essentiellement argileuses en surface, devenant sableuses et graveleuses à blocs en profondeur. Tous les appuis reportent les charges dans le substratum calcaire, ils sont fondés sur semelles superficielles en béton armé à l'exception de la culée Co pour laquelle l'entreprise a proposé en variante des fondations en palpieux.

— Appuis

Les 4 piles sont constituées d'une semelle de dimensions 6,50 × 8,50 d'épaisseur 1,70 m et d'un fût plein de hauteur 6,60 m à 10,20 m.

Le pourtour du fût est découpé en dents

de scie. Les piles en rivière ont été exécutées à l'intérieur d'un batardeau qui a servi de coffrage aux semelles. La culée Co est un simple chevêtre reposant sur les palpieux. La culée C5 sur laquelle sont transmis les efforts de poussage comporte un sommier, deux voiles verticales de 0,80 m d'épaisseur et une semelle reposant sur le tuffeau résistant.

— Tablier

Les 5 travées sont franchies par une poutre caisson en béton précontraint de hauteur constante à 2 âmes (inclinaison de 10° sur la verticale) mise en place par poussage à partir de la plate-forme en déblai aménagée derrière la culée C5.

Hauteur du caisson : 2,40 m.

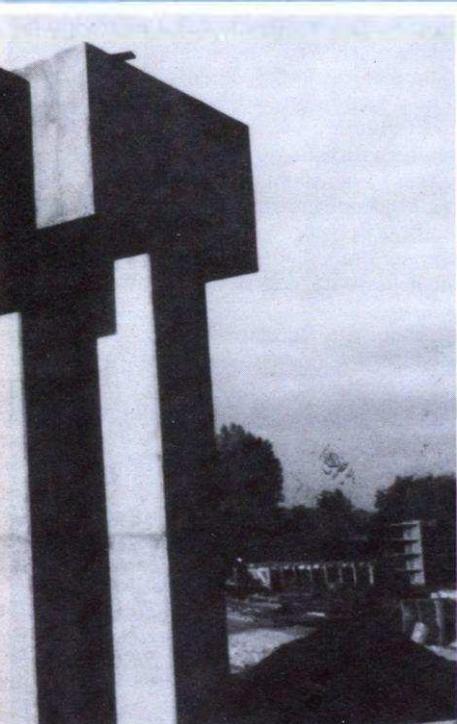
Largeur du hourdis supérieur : 10,90 m.

Largeur du hourdis inférieur : 5,80 m.

Épaisseur des âmes : variable de 0,42 m en travée à 0,79 m sur appui.

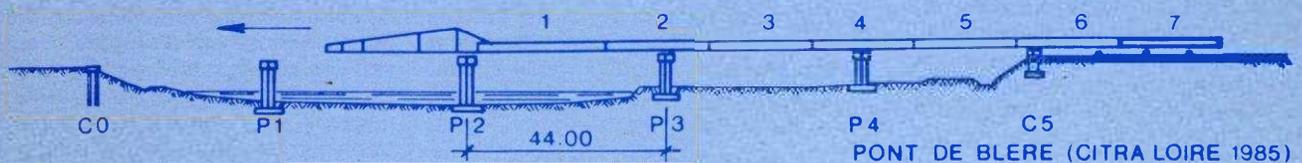
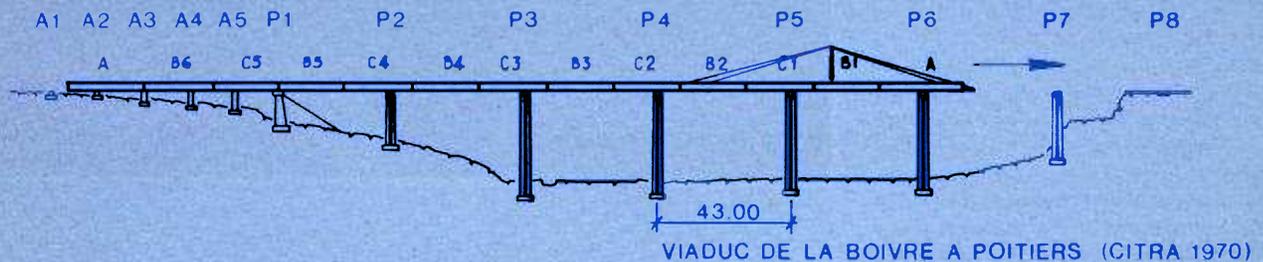
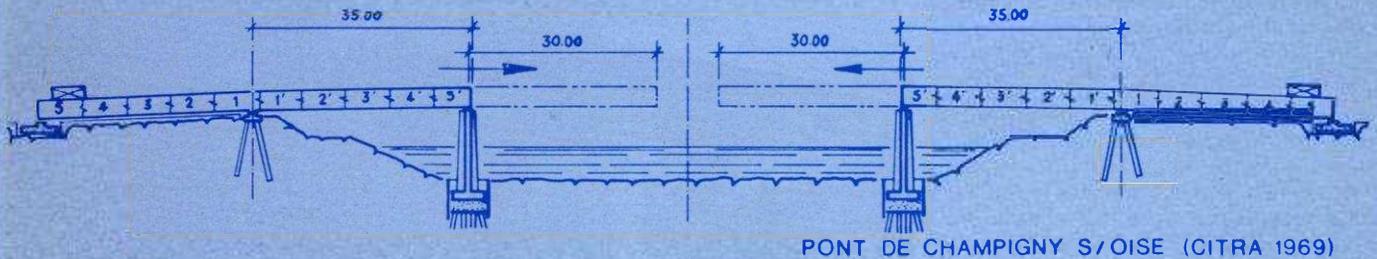
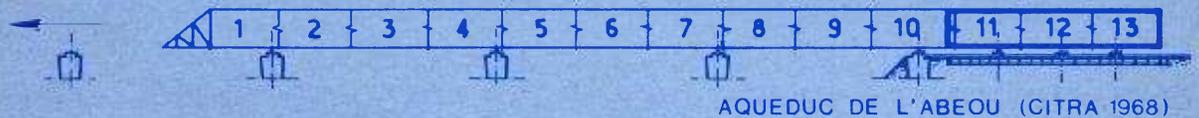
IV — La réalisation

En délivrant avant l'été l'ordre de service pour commencer les travaux, le Maître d'Ouvrage a permis à l'entreprise de programmer l'exécution des fondations des piles en période de basses eaux. Juste retour des choses : les responsables de Citra Loire avaient proposé, à leurs risques et périls, une importante économie sur les batardeaux en diminuant la hauteur des palplanches : les plus hautes eaux admissibles pendant les travaux passaient de 56.00 NGF à 52.50 NGF.



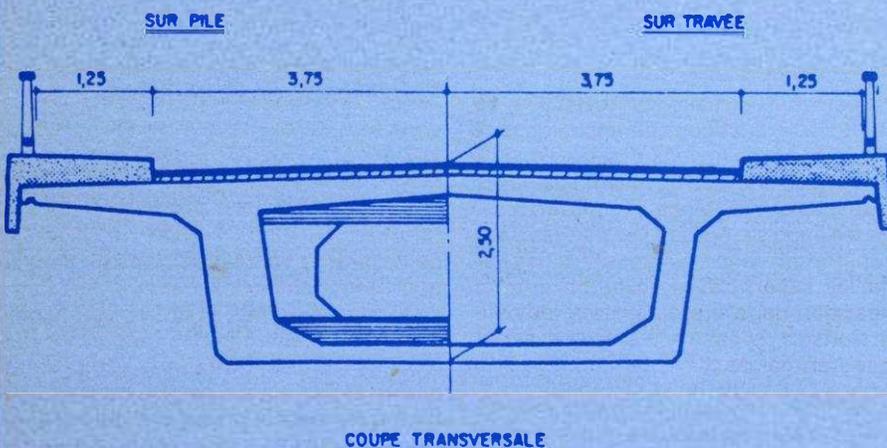
réalisations dans les D.D.E.

Translation de 33,00 m



17 ans de "ponts poussés".

Profil en travers du Pont de Bléré..

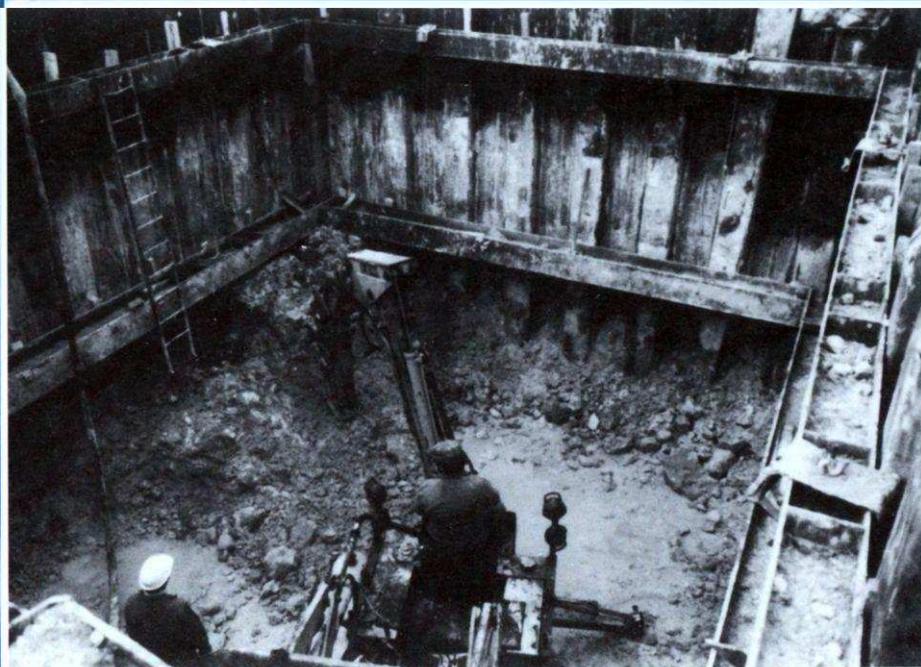


Les piles en rivière ont été réalisées par voie terrestre à partir de pistes en remblai. Seule une difficulté dans le battage des palplanches mérite d'être signalée : le tuffeau (craie) consistant est, par endroits, grésifié (surtout au voisinage du lit des rivières) ; les palplanches L III n (malgré un surbattage insistant) n'ont pas toujours atteint la fiche prévue et il a été nécessaire de poser deux niveaux de cadres pour stabiliser les batardeaux en rivière (fig. 7).

Le tablier était construit en arrière de la culée par tronçons de 27,50 et 22 mètres (1/2 travée) en bétonnant en première phase le "U" formé du hourdis inférieur et des deux âmes, puis en deuxième phase l'entretoise éventuelle et le hourdis supérieur. Il faut noter que la présence des entretoises sur pile est un élément important à prendre en compte dans le cycle du bétonnage.

Le béton, fourni prêt à l'emploi par CMA à Amboise, a fait l'objet d'études approfondies qui ont conduit à retenir une formule sans adjuvant utilisant le ciment

réalisations dans les D.D.E.



Batardeau : nettoyage de fond de fouille.



Poussage avec avant bac métallique.

d'Airvault. Les résultats à la compression sont remarquables avec une résistance moyenne (sur plus de 140 écrasements) qui dépasse 46 Mpa à 28 jours (résistance nominale demandée : 39 Mpa).

La précontrainte est constituée de câbles 9T15, 10T15 et 12T15 du procédé LH. On distingue deux familles de câbles :

— La précontrainte de poussage constituée de câbles rectilignes intérieurs au béton et de quelques câbles rectilignes extérieurs au béton tendus d'entretoise à entretoise, détendus après poussage.

— La précontrainte de continuité constituée de câbles ondulés dans les âmes et de câbles courts dans le hourdis inférieur.

Après bétonnage et précontrainte de chaque tronçon, le tablier muni d'un avant bec métallique de 30 m de long (fig. 8) a été poussé à l'aide du système Eberspacher.

Les quantités mises en œuvre pour le tablier sont :

Béton : 1 483 m³

Surface utile : 2 278 m²

Épaisseur moyenne : 0,65 m

Aciers de précontrainte

— définitive 27,1 kg/m²

— provisoire 5,3 kg/m²

Aciers passifs : 131 kg/m³ de tablier

IV — Problèmes spécifiques du poussage

On n'insistera pas ici sur la précision de réalisation qu'exige toute préfabrication : il est bien évident que la sous face du tablier doit être exécutée avec un soin très particulier : toute irrégularité, au moment de son passage sur un appui glissant pendant le poussage entraînerait des contraintes assimilables à celles que produirait une dénivellation d'appui. La compétence de l'équipe mise en place par l'entreprise a été essentielle à la réussite de l'ouvrage.

Pousser ou tirer ?

Arrêtons-nous un moment sur un point particulier à l'ouvrage de Bléré qui a orienté le choix de la méthode de poussage :

L'ouvrage est cintré ($R = 5\,000\text{ m}$) et le point haut du profil en long est proche de la culée de départ C5 (fig. 9).

En imaginant un coefficient de frottement nul sur les appuis glissants, on comprend que, jusqu'à atteindre le point C'5 il faut un effort de **poussage** du tablier ; au-delà, le centre de gravité se déplace sur une pente descendante : pour contrôler le mouvement du tablier, il ne faut plus le pousser, mais le retenir !...

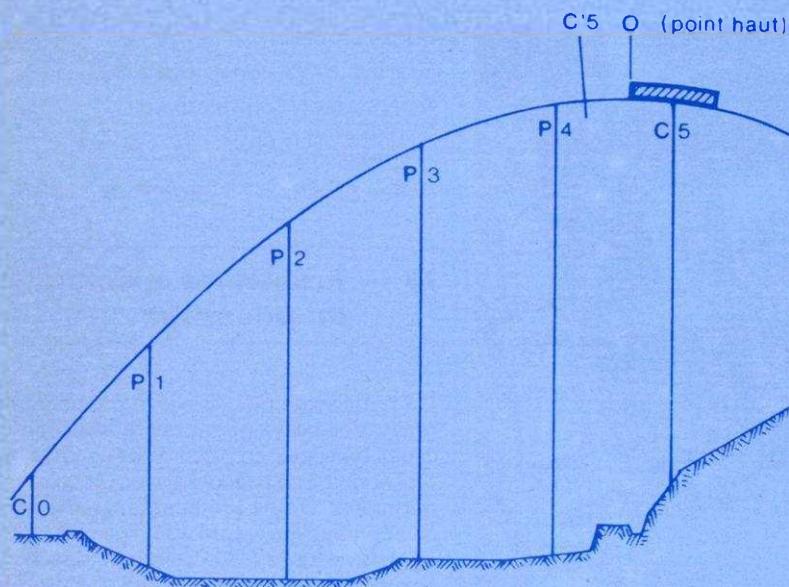
On sait d'expérience que le coefficient de frottement sur les appuis peut varier de 1 % à 4 %. Il est donc impossible de déterminer le point où l'effort de **poussage** s'annule pour laisser place à un effort de **retenue**.

Ainsi avons-nous été conduits à retenir un système de poussage réversible, le système Eberspacher : représenté sur le schéma (fig. 10) il est actionné par des vérins horizontaux à double effet qui agissent sur un vérin vertical qui, prenant en charge le tablier, se déplace sur un appui glissant.

La droite et le cercle...

Un avant bec de 30 m est un investissement lourd : l'entreprise qui en possède compte l'utiliser pour plusieurs ouvrages et sa forme est donc la plus neutre possible : en particulier, sa sous-face est rectiligne. Son usage pour un profil en long courbe doit faire l'objet d'un examen pré-

réalisations dans les D.D.E.



Profil en long du cercle de glissement.

cis : en effet la "flèche géométrique" entre la courbe théorique et la ligne droite de l'avant bec (fig. 11) s'ajoute à la "flèche physique" de déformation prise en compte dans les calculs de chaque phase du poussage. Ne pas en tenir compte aurait été une grave erreur induisant dans le tablier des contraintes identiques à celles que développent des dénivellations d'appui.

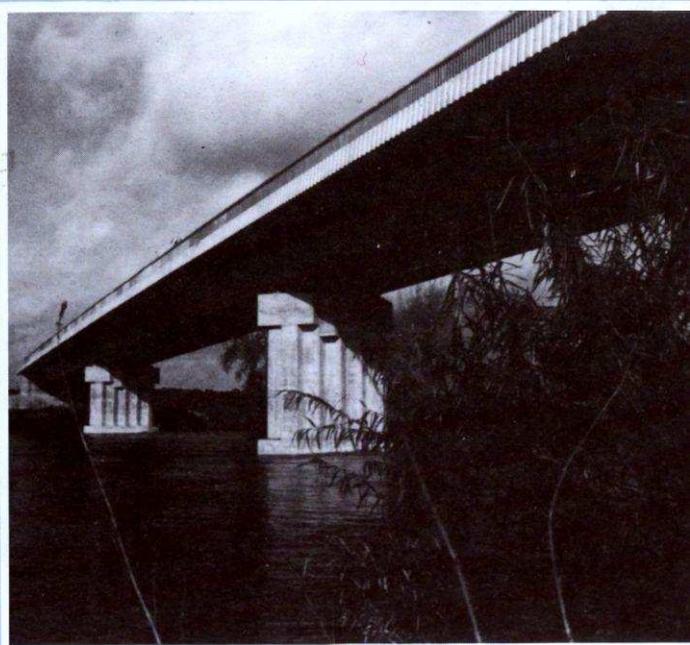
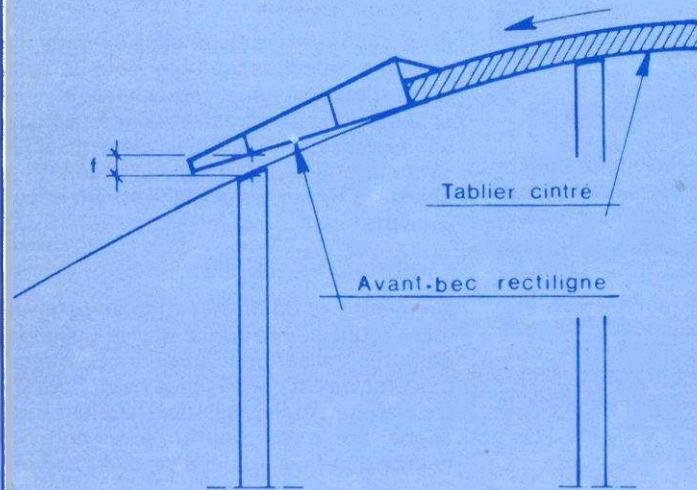
Tout au long du poussage, un programme précis de calages d'épaisseurs variables annulant les effets de cette "flèche géométrique" était donc contrôlé par le Chef de Chantier sur l'appui où glissait l'avant bec.

V — Conclusion

Le département d'Indre-et-Loire s'est doté d'un nouvel ouvrage (fig. 12). C'est un nouveau pas en avant dans le programme d'aménagement qu'il s'est fixé ; ce pas là est important car il est des premiers à être conduit dans le cadre des récentes responsabilités que la décentralisation fait porter au Conseil Général. Grâce aux forces mêmes du Département, à ses capacités de financement, au savoir-faire des services de la DDE, à la compétence des équipes locales de Citra Loire, le pont de Bléré, ce premier pas de la décentralisation, est une réussite.

Flèche géométrique variable à compenser pendant les glissements.

Un nouvel ouvrage pour l'Indre-et-Loire.



1985

ANNUAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES

INGÉNIEURS DU CORPS - INGÉNIEURS CIVILS

Téléphone : 280.25.33

Téléphone : 280.34.13

ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

28, RUE DES SAINTS-PÈRES - PARIS 7^e

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées jouent, par vocation, un rôle éminent dans l'ensemble des Services des Ministères des Transports, de l'Urbanisme et du Logement.

Ils assument également des fonctions importantes dans les autres Administrations, et dans les organismes du Secteur Public, Parapublic et du Secteur Privé, pour tout ce qui touche à l'Équipement du Territoire.

En outre, dans tous les domaines des Travaux Publics (Entreprises, Bureaux d'Études et d'Ingénieurs Conseils, de Contrôle) les Ingénieurs Civils de l'École Nationale des Ponts et Chaussées occupent des postes de grande responsabilité.

C'est dire que l'annuaire qu'éditent conjointement les deux Associations représente un outil de travail indispensable.

Vous pouvez vous procurer l'édition 1985 qui vient de sortir, en utilisant l'imprimé ci-contre.

Nous nous attacherons à vous donner immédiatement satisfaction.



BON DE COMMANDE

à adresser à
OFERSOP — 8, bd Montmartre, 75009 PARIS

CONDITIONS DE VENTE

Prix 325,00 F
T.V.A. 18,60 60,45 F
Frais d'expédition en sus 30,00 F

Veillez m'expédier annuaire(s) des Ingénieurs des Ponts et Chaussées dans les meilleurs délais, avec le mode d'expédition suivant :

- règlement ci-joint réf. :
 règlement dès réception facture.

- expédition sur Paris
 expédition dans les Départements
 expédition en Urgent
 par Avion

mouvements

PROMOTIONS

Les IPC dont les noms suivent sont promus ICPC.

MM. Jacques **ROUDIER**
François **LE PICARD**
Gilbert **ROUBACH**
Patrice **RAULIN**
Christian **BERNADINI**
Pierre **QUERCY**
Jean-Michel **BARBIER**
Hubert **PEIGNE**
Jacques **FREMIOT**
Charles **VIGNY**
Jean **CAMUS**
Gérard **LEMONNIER**
Michel **BLEITRACH**
François **HANUS**
Jean **LAFONT**
Philippe **SARDIN**
Pierre **VELTZ**
Gérard **OLIVERO**

André **BOULEAU**
René **GENEVOIS**
Alain **GERBALDI**
Arrêté du 24 octobre 1985.

Les ICPC dont les noms suivent sont promus IGPC.

MM. André **BOUZY**
Jean **DOULCIER**
Claude **MANDRAY**
Jean **WINGHART**
Dominique **SCHAEFER**
Michel **LEFOULON**
Pierre **SAVEY**
Pierre **FAUVEAU**
Michel **MALHERBE**
Christian **BROSSIER**
Georges **MERCADAL**
Armand **BOUETTIER**
Arrêté du 7 novembre 1985.

Journées d'étude AFME — CETUR — INRETS 8 et 9 avril 1986 - PARIS

Les piétons : nouveaux enjeux, nouveaux savoir-faire

Les enjeux de la marche à pied en ville sont considérables en terme de qualité de la vie urbaine, de sécurité, d'optimisation des systèmes de déplacements, d'économies d'énergie.

Les techniciens participant à divers titres, à la gestion et à la planification de l'espace et des transports urbains doivent contribuer à la réhabilitation de ce mode de transport économe en énergie et en espace. Pour les tâches quotidiennes d'exploitation et d'aménagement de la voirie qu'ils accomplissent, les Services Techniques des Villes occupent à cet égard une position privilégiée.

La tenue de journées d'études, organisées conjointement par l'Agence française pour la maîtrise de l'Énergie, le Centre d'études des transports urbains et l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité, doit permettre de procurer aux techniciens locaux (Services Techniques et Ateliers d'Urbanisme des villes, Agences d'Urbanisme, Réseaux, Bureaux d'études privés, CETE) l'information nécessaire à une meilleure prise en compte des déplacements piétons et un approfondissement de thèmes spécifiques traités en atelier.

Renseignements et inscriptions à l'INRETS
2, avenue du Général Malleret-Joinville
BP 34, 94114 ARCUEIL CEDEX
Tél. : 45.81.12.12 poste 1250
à l'attention de Mme WISS

mensuel

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

M. BELMAIN
Président de l'Association

ADMINISTRATEUR DELEGUE :

Olivier HALPERN
Ingénieur des Ponts et Chaussées

REDACTEUR EN CHEF :

Jacques GOUNON
Ingénieur des Ponts et Chaussées

SECRETAIRE GENERALE DE REDACTION :

Brigitte LEFEBVRE du PREY

ASSISTANTE DE REDACTION :

Eliane de DROUAS

REDACTION - PROMOTION ADMINISTRATION :

28, rue des Saints-Pères
Paris-7^e - 260 25 33

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

ABONNEMENTS :

- France : 265 F (TTC)
 - Etranger 265 F (frais de port en sus)
- Prix du numéro : 27 F
dont T.V.A : 4 %

PUBLICITE :

Responsable de la publicité :
H. BRAMI
Société OFERSOP
8, Bd Montmartre
75009 Paris
Tél. 824.93.39

MAQUETTE : Monique CARALLI

COUVERTURE :

Le Pont neuf
Photo B. Lefebvre du PREY

Dépôt légal 4^e trimestre 1985
N° 850926

Commission Paritaire N° 55.306

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

IMPRIMERIE MODERNE
U.S.H.A.
Aurillac



"POUDRE DE PNEU
+ HUILE + BITUME⁰⁰⁰
JE SUIS FLEXOCHAPE"

Un revêtement pas comme les autres :

- vraiment élastique
- vraiment étanche
- vraiment increvable.

FLEXOCHAPE
Un produit Beugnet



BEUGNET

Direction Technique - 66, Champs Elysées, 75008 Paris - Tél. : 47.23.71.07