

Travaux

n° 762

BLACKPOOL

- Construction d'un bassin d'orages

BORDEAUX

- La halle des Chartrons

ISSY-LES-MOULINEAUX

- Le pont-rails Léon Blum

LE HAVRE

- Les abords du musée André Malraux

LYON

- Le tramway de l'agglomération lyonnaise

MONTPELLIER

- Les ouvrages d'art du tramway de l'agglomération de Montpellier

MOSTAR

- La reconstruction du "Stari Most" à Mostar en Bosnie et Herzégovine

PARIS

- L'extension du Parc d'Exposition de Paris Nord Villepinte
- L'extension du Palais des Congrès
- La mise en lumière des ponts de la Seine
- Rodal, une technique adaptée aux chaussées de transports en commun en site propre

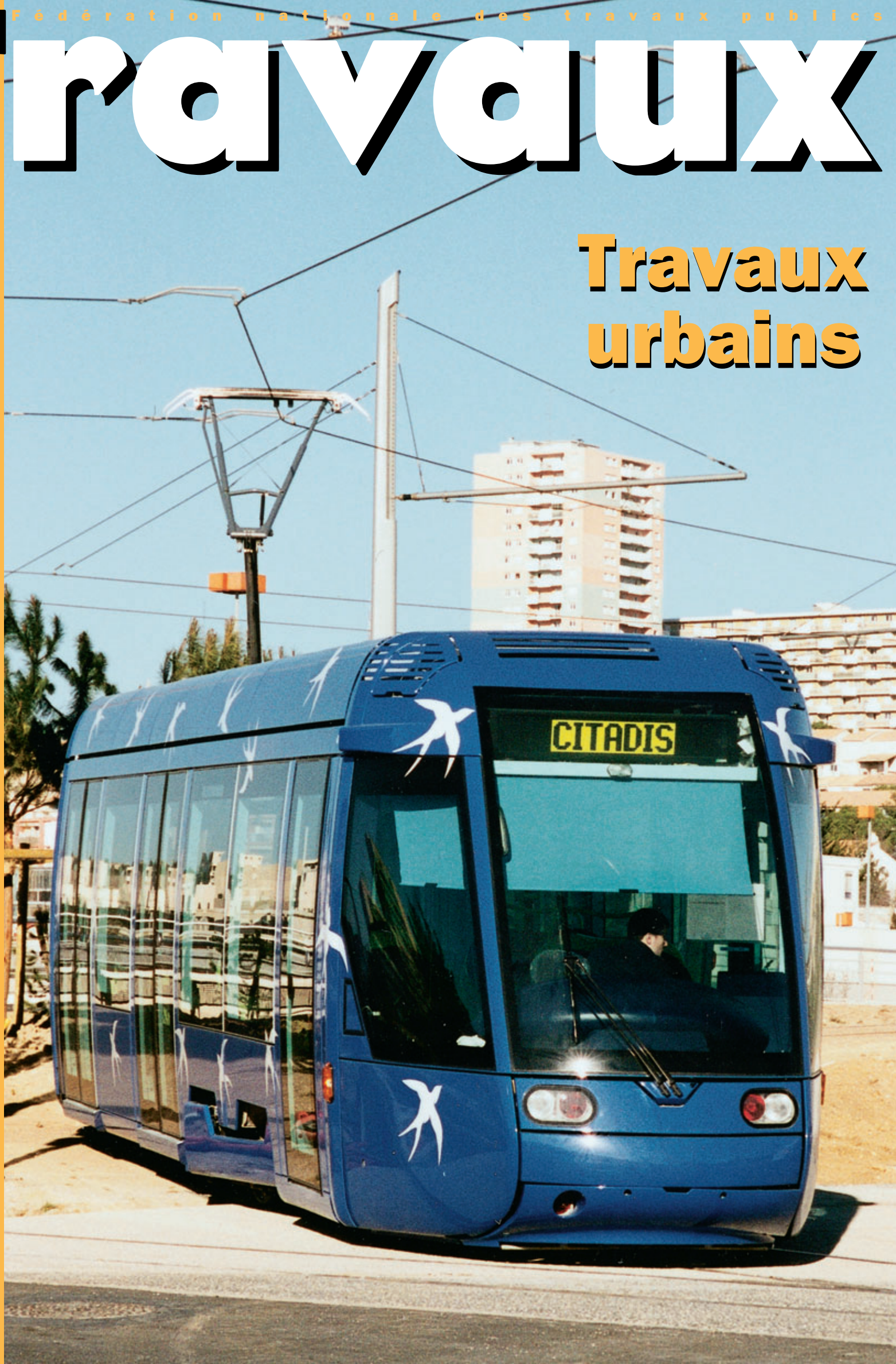
RENNES

- Le VAL de Rennes

QUIMPER

- La lutte contre les inondations

Travaux urbains





Notre couverture

Le tramway de Montpellier

© Photo : mairie de Montpellier

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier

3, rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : (33) 0144133144

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart

Tél. : (33) 0241350995

Fax : (33) 0241350996

E mail : Francoise.Godart@wanadoo.fr

MAQUETTE

T2B & H

8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris

Tél. : (33) 0144648420

VENTES ET ABONNEMENTS

Colette Robert

RGRA

9, rue Magellan - 75008 Paris

Tél. : (33) 0140738005

E mail : revuetravaux@wanadoo.fr

France : 920 FF TTC

Etranger : 1100 FF

Prix du numéro : 115 FF (+ frais de port)

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle

61, bd de Picpus - 75012 Paris

Tél. : (33) 0144748636

Imprimerie Chirat

Saint-Just la Pendue (Loire)

La revue Travaux s'attache, pour l'information de ses lecteurs, à permettre l'expression de toutes les opinions scientifiques et techniques. Mais les articles sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se réserve le droit de refuser toute insertion, jugée contraire aux intérêts de la publication.

Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France et étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (Copyright by Travaux). Ouvrage protégé : photocopie interdite, même partielle (loi du 11 Mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

Editions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris

Commission paritaire n° 57304



éditorial

Daniel Tardy

1

actualités

6

matériels

13

PRÉFACE

Georges Frêche

15

BLACKPOOL

◆ Construction d'un bassin d'orages à Blackpool
- Stormwater tank construction at Blackpool

P. Openshaw, M. Guillaud

16

BORDEAUX

◆ La halle des Chartrons à Bordeaux

- The Bordeaux Halle des Chartrons marketplace

Ch. Mathieu

22

ISSY-LES-MOULINEAUX

◆ Le pont-rails Léon Blum. Le remplacement d'un ouvrage du RER C au cœur d'Issy-les-Moulineaux
- The Léon Blum rail bridge. Replacement of an RER C (regional express railway) structure in the heart of Issy-les-Moulineaux

P. Boixière, F. Borget

25

LE HAVRE

Aménagement des abords du musée André Malraux de la Ville du Havre

- Works around the André Malraux Museum in Le Havre

E. Lemmel

29

LYON

◆ Le tramway. Un air nouveau pour l'agglomération lyonnaise

- The tramway. A new era for the Lyon urban centre

Ch. Philip

30

MONTPELLIER

◆ Les ouvrages d'art du tramway de l'agglomération de Montpellier

- The structures of the tramway in the town of Montpellier

G. Deambrogio

36

Dans les prochains numéros

- Terrassements
- Réhabilitation d'ouvrages
- Sols et fondations
- Tunnels
- Autoroute A 89
- Barrages
- International
- Environnement
- Ponts

mars 2000

Travaux urbains



MOSTAR

◆ La reconstruction du "Stari Most" à Mostar en Bosnie et Herzégovine
 - *Reconstruction of the "Stari Most" at Mostar in Bosnia-Herzegovina*

G. Pequeux, J.-Cl. Bessac, C. Blasi

46



PARIS

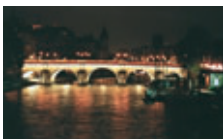
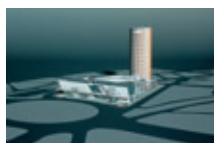
◆ L'extension du Parc d'exposition de Paris Nord Villepinte
 - *The extension of the Paris Nord Villepinte exhibition grounds*

Divers auteurs

◆ L'extension du Palais des Congrès de Paris
 - *Extension of Palais des Congrès (convention hall) in Paris*

Ch. de Portzamparc, Cl. Maisonnier, A. Dumas, J. Hueber, F. Texier-Atger

52



◆ Paris s'illumine. Mise en lumière des ponts de la Seine
 - *Paris lights. The lighting of the Seine bridges*

Ch. Fretet

◆ Rodal, une technique Colas performante adaptée aux chaussées de transports en commun en site propre. Exemple de la réfection des voies bus de la Ville de Paris
 - *Rodal, a technique suited to right-of-way public transport facilities. Example of the rehabilitation of bus lanes in Paris*

P. de Loz, E. Godard, M. Ballie

64

69



RENNES

◆ Le VAL de Rennes - Ligne A - Lot 1
 - *The Rennes VAL - Line A - Lot 1*

G. Piquereau, J.-Cl. Landry, Fr. Renault

73



QUIMPER

◆ La lutte contre les inondations à Quimper
 - *Flood control in Quimper*

P. Féat, J.-L. Rault

78

économie

84

répertoire des fournisseurs

86

Amélioration du cadre de vie urbain. Création de nouveaux quartiers, transports collectifs, ouverture vers l'extérieur

Trois questions à Georges Frêche, député-maire de Montpellier

Vous lancez un nouveau quartier : "Odysseum", qui associe le ludique et le commercial et va sans doute bouleverser la conception de la ville. Quelle est votre motivation et la philosophie qui sous-tend ce projet ?

« Odysseum répond à l'évolution des modes de vie et de consommation. Grâce à l'accroissement du temps libre, les populations urbaines sont à la recherche de lieux de détente leur permettant de pratiquer des activités nouvelles, dans un développement de qualité. Parallèlement, les modes de consommation ont également évolué. Là aussi, le consommateur recherche un certain confort et un environnement convivial. En organisant étroitement équipements de loisirs publics et privés, équipements commerciaux de petites et grandes surfaces et grands équipements structurants autour d'une rue piétonne, de places, d'un parc et d'un peu d'eau, Odysseum crée un nouveau concept de ville qui répond aux aspirations des citoyens du troisième millénaire ».

Deux ans d'intenses travaux qui traversent 16 kilomètres de la ville sans que les Montpellicains ne semblent vous en tenir rigueur ! Quelle est votre recette ?

« Le tramway de Montpellier bénéficie depuis son lancement d'une image positive car il est devenu une nécessité pour fluidifier la circulation. Par ailleurs, le succès de l'opération a reposé

sur une communication de proximité qui a permis de familiariser les différents publics avec les contraintes liées aux travaux. Plus de deux cents réunions ont été tenues avec les riverains, à titre individuel ou au niveau du quartier. Sept cent cinquante interventions ont eu lieu dans les quartiers suite à des appels téléphoniques signalant des incidents. Un numéro d'appel spécifique avait été mis en place pour répondre à toute demande.

Enfin, cent soixante-dix panneaux comportant la "panthère rose", symbole de notre tramway ont été mis en place afin d'expliquer quotidiennement les itinéraires de déviation. Ce dispositif a permis aux habitants d'être impliqués dans l'évolution des travaux et d'être informés en permanence, ce qui a fortement contribué au maintien du "bon moral" général ».

Bientôt une nouvelle rocade urbaine, une nouvelle gare TGV et d'autres aménagements, Montpellier sort incontestablement des sentiers battus par rapport aux autres villes. Est-ce que cela va durer ?

« Avec l'aménagement du Lez, la nouvelle rocade et la gare TGV sont effectivement les grands projets d'aménagements au programme.

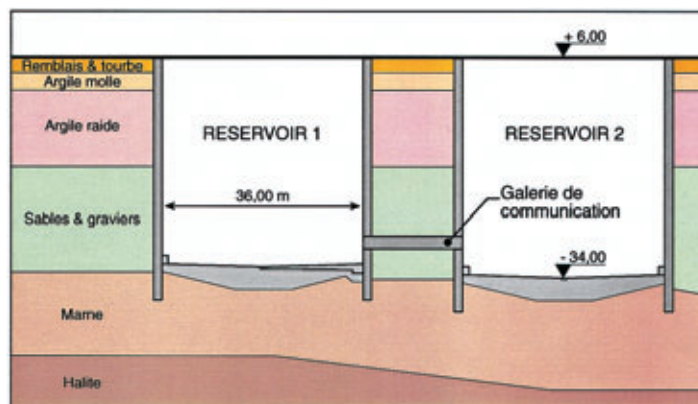
Ces trois grands projets vont se poursuivre sur dix à quinze années. Au-delà, il est sans doute un peu tôt pour annoncer d'autres programmes d'aménagement ».

L'article décrit la construction de deux bassins cylindriques enterrés d'une capacité totale utile de 60,000 m³ destinés à absorber les pics d'orages et permettre d'étaler le traitement des eaux afin de réduire la pollution des eaux de baignade de l'un des sites le plus populaires de Grande-Bretagne.

Situation du chantier
Site location map



Figure 1
Coupe géologique
au droit des deux réservoirs
Geological cross-section
through the two tanks



La surcharge périodique – lors des fortes pluies – des stations de traitement des eaux sur la côte de Fylde au nord-est de l'Angleterre, a déjà provoqué dans le passé des niveaux élevés de contamination, largement supérieurs aux niveaux imposés par la directive européenne sur la qualité des eaux de baignade.

Sur cette côte de Fylde se trouve, en particulier, le site très connu de Blackpool avec l'une des plages les plus fréquentées d'Europe.

North West Water, organisme chargé du traitement des eaux dans cette région, a élaboré un plan directeur répondant aux critères de la directive européenne, dont un aspect majeur est la construction de plusieurs bassins de stockage enterrés conçus de manière à absorber les pics d'alimentation et à étaler le traitement des eaux stockées sur les périodes de décrue. Le plus grand bassin enterré – d'une capacité totale de stockage de 60 000 m³ – dont la réalisation fait l'objet de cet article, est situé au centre de Blackpool, à l'emplacement d'un parc de stationnement de voitures de tourisme mis à disposition par le City Council.

Diverses circonstances contribuèrent à ce que le lancement de l'appel d'offres pour la construction de ce stockage ne put se faire que très tard, à la limite même de compatibilité avec la date prévue de mise en service. Les documents d'appel d'offres

Blackpool Construction

furent remis par Bechtel Water Technology en mai 1998 sur la base d'un "design & construct" et les soumissionnaires devaient indiquer la meilleure date à laquelle ils s'engageaient à livrer l'ouvrage "prêt à fonctionner".

Le problème du délai était rendu plus ardu encore par les conditions de travail en site urbain et les restrictions telles que niveau de bruit, de vibrations et maintien de la circulation.

Le contrat pour les travaux souterrains fut attribué à Bachy Soletanche UK (filiale du groupe Soletanche Bachy en Grande-Bretagne) en juillet 1998, spécifiant une durée totale des travaux de 55 semaines; le contrat pour le génie civil traditionnel fut adjugé à Tarmac Construction.

■ GÉOLOGIE

La coupe ci-contre (figure 1) indique la géologie du site. On remarquera surtout la présence, sous la couche de marnes, d'un substratum de Halite à environ 55-60 m de profondeur; la Halite, essentiellement composée de sel gemme, est sujette à une érosion rapide sous l'action d'un courant d'eau.

■ LE PROJET ET SES CONTRAINTES

Les documents de l'appel d'offres spécifiaient le volume total ainsi que les niveaux supérieur et inférieur du bassin d'orages, dictés par des conditions hydrauliques, et indiquaient les restrictions concernant un pompage dans la couche de Halite, pour les raisons indiquées plus haut. A part ces spécifications, y compris évidemment le respect des limites géométriques du site, l'entrepreneur avait totale liberté de proposer une configuration de stockage et la méthode d'exécution des travaux. En réalité, la meilleure option s'avéra être celle consistant à réaliser deux réservoirs cylindriques identiques, de 40 m de profondeur, creusés à l'abri d'une paroi moulée de 36 m de diamètre intérieur. Les deux parois circulaires furent calculées de manière à ne pas nécessiter d'anneaux intérieurs de renforcement et à permettre ainsi de gagner du temps en réalisant directement l'excavation du volume intérieur.

Pour cela, il était nécessaire de réaliser une paroi moulée de 1 500 mm d'épaisseur et de garantir une verticalité de 1/300.

De même, le projet du radier et de la dalle de cou-

(Grande-Bretagne) d'un bassin d'orages

Peter Openshaw

DIRECTEUR DE TRAVAUX
Bachy Soletanche UK



Maurice Guillaud

DIRECTEUR RELATIONS
EXTÉRIEURES
Soletanche Bachy



verture fut conçu principalement pour satisfaire aux contraintes du programme de construction de l'ensemble.

La dalle de couverture qui doit supporter la charge des poids lourds circulant sur le parking – devant être remis en service au-dessus des réservoirs – fut conçue de manière à ce que sa construction ne crée pas un passage critique sur le planning général : ainsi, cette dalle est-elle composée de poutres préfabriquées reposant sur des poutres "primaires" de 5 m de hauteur (figure 2) ; celles-ci sont composites avec leur partie inférieure de 2 m préfabriquée reposant sur des entailles pratiquées dans la paroi circulaire et leur partie supérieure de 3 m coulée en place en utilisant la partie inférieure comme appui.

Le radier, avec une surface de 1 000 m² et une sous-pression de 400 kPa, constitue aussi un ouvrage important pour lequel plusieurs solutions furent étudiées.

La plus immédiate consistait à ancrer le radier par des tirants passifs forés dans la marne sous-jacente (figure 3a) ; mais la contrainte de ne pas atteindre la couche de Halite conduisait à ne mobiliser qu'un volume insuffisant pour équilibrer la sous-pression.

Une autre solution (figure 3b) aurait consisté à placer plusieurs étais inclinés appuyés sur un anneau circulaire accroché à la paroi.

En définitive, la solution adoptée (figure 3c) consista à construire, pour chacun des deux réservoirs, une dalle massive de 4 m d'épaisseur en partie centrale et un corbeau circulaire par l'intermédiaire duquel les efforts de poussée verticale sont transmis à la paroi circulaire et repris par frottement de la paroi sur les terrains encaissants.

Les deux réservoirs cylindriques sont reliés entre eux par une galerie basse de 1,80 m de diamètre creusée dans les sables et graviers sous une charge d'eau de 30 m. Ce creusement avait été initialement prévu à sec sous la protection de deux parois moulées ancrées dans la marne mais les doutes concernant l'aptitude de cette marne à former un véritable horizon imperméable conduisirent à éliminer cette solution et à réaliser la galerie à l'abri d'un anneau congelé à l'azote liquide.

LE SITE

L'emprise des travaux est une plate-forme rectangulaire de 280 x 60 m, bordée d'un côté par un quartier résidentiel et de l'autre par l'une des ave-

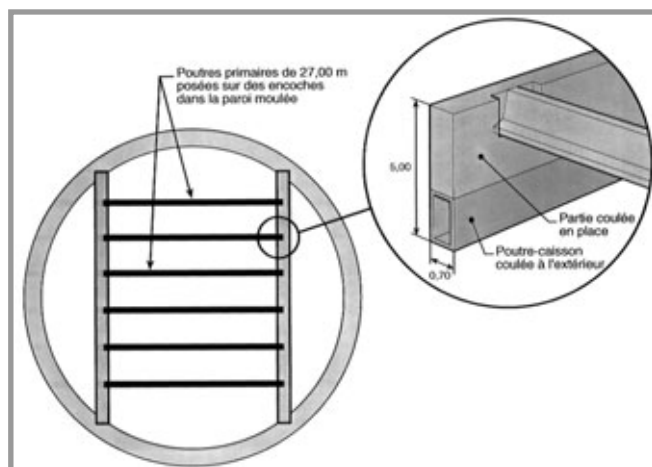


Figure 2
Schéma de construction
de la dalle supérieure
Roof construction
schematic

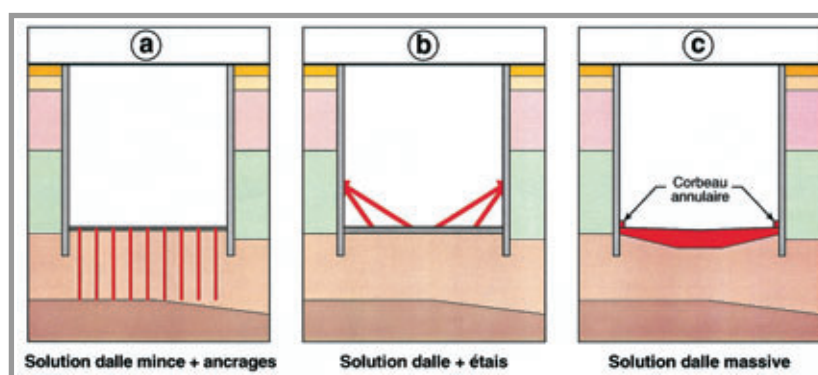


Figure 3
Solutions envisagées
pour le radier
Base slab
options

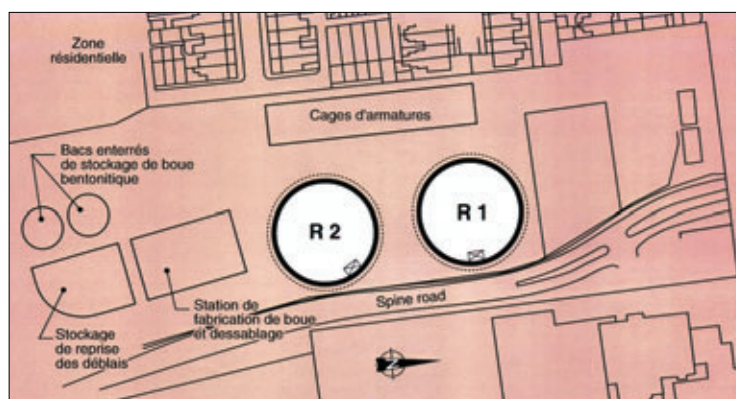


Figure 4
Vue en plan
du chantier
Site plan view

nues principales menant au centre de Blackpool (figure 4).

Une moitié d'emprise correspondait à l'emplacement des réservoirs eux-mêmes tandis que l'autre moitié était occupée par les installations générales, aires de fabrication des cages d'armature, de traitement de boue de bentonite, de stockage temporaire de déblais, ateliers, bureaux, etc.

Les résidences les plus proches n'étaient situées qu'à peine à quelques mètres du chantier si bien qu'il a fallu ériger une barrière acoustique sur la

Figure 5
Joint
primaire-secondaire
de la paroi
*D-wall joints
by overcutting
into primary panels*

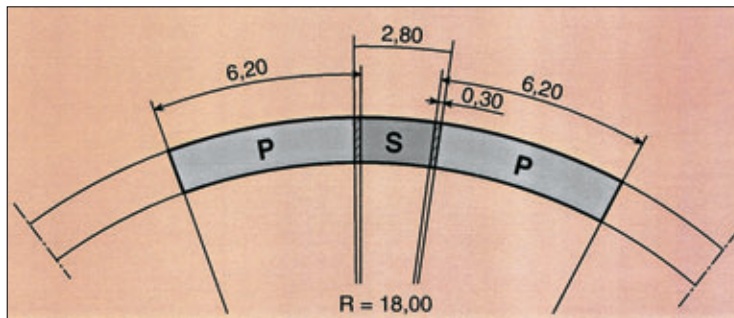


Photo 1
Les deux hydrofraises
en cours d'excavation
sur un réservoir
*The two hydrofraises
at work
on the same tank*



plus grande partie de la limite ouest et contrôler en permanence le niveau de bruit pour s'assurer qu'il restait en deçà des limites permises par les spécifications du contrat.

La plate-forme de travail, au niveau du parc de stationnement existant, surmontait une couche de plus de cinq mètres de remblais, de tourbe et d'argile molle, tandis que le niveau moyen de la nappe phréatique se situait à environ 3 m de la surface.

■ CONSTRUCTION DE LA PAROI

Les deux parois circulaires devaient être ancrées de 4 m au moins sous le niveau du radier, conduisant à une profondeur de l'ordre de 44 à 46 m, dont environ 5 m d'ancrage dans les marnes dures. Les tolérances de verticalité, la nécessité de traverser les marnes dures et les restrictions de bruit et de vibration amenèrent à choisir un outillage de type hydrofraise Evolution pour exécuter les parois moulées. Les limitations d'horaires de travail en zone très résidentielle et le très court délai imparti imposèrent de mettre en œuvre deux hydrofraises (photo 1); en outre, un outillage classique à benne fut utilisé pour excaver la partie supérieure argileuse, permettant ainsi de réduire les durées de traitement de boue bentonitique.

Les deux hydrofraises furent mobilisées en 7 semaines durant lesquelles se déroulèrent les travaux de préparation du chantier : une dalle de béton armé fut coulée sur l'emprise de chaque réservoir afin d'assurer une plate-forme de travail stable et propre aux outillages. Les murettes-guides de la paroi durent être fondées sur des barrettes de béton maigre descendues sous la couche supérieure de terrains mous.

Pour chaque réservoir, la paroi circulaire fut divisée en 28 panneaux, 14 primaires de 6,20 m de longueur et 14 secondaires de 2,80 m. Les joints entre panneaux étaient réalisés en "remordant" de 300 mm de chaque côté dans les panneaux primaires adjacents (figure 5).

L'hydrofraise Evolution dispose d'un système d'instrumentation permettant de connaître à chaque instant la position de l'outil de forage et d'en corriger la trajectoire dès qu'apparaît une moindre déviation (figure 6). Une plaque d'inclinaison placée sous le châssis permet de corriger les déviations perpendiculaires à l'axe de la paroi tandis que les déviations dans le plan de la paroi peuvent être corrigées en agissant sur la vitesse de rotation de chaque tambour. Ainsi les deux parois circulaires purent être excavées sans difficulté en respectant parfaitement la tolérance de verticalité de 1/300 spécifiée au contrat.

Chaque paroi circulaire étant armée sur toute sa hauteur, les cages d'armatures étaient fabriquées et montées au sol avant d'être séparées en trois éléments et installées dans la paroi avant bétonnage (photo 2). La nécessité de positionner exactement les coupleurs de raccordement au niveau de l'anneau circulaire (corbeau inverse) du radier imposait une grande précision dans les opérations de recouvrement des cages; pour cela, les trois éléments de cage étaient pré-positionnés par des plaques boulonnées lors de leur montage au sol; ensuite, ces plaques étaient réutilisées selon le même principe lors de la mise en place définitive des cages, ce qui garantissait un positionnement parfait.

L'opération de bétonnage des panneaux primaires (jusqu'à 500 m³) posa un réel problème d'approvisionnement, mobilisant les ressources de trois centrales locales et jusqu'à 20 camions-toupies. Le bétonnage devait impérativement commencer à 8 heures précises le matin pour se terminer au plus tard à 18 heures, heure à laquelle les restrictions de bruit n'auraient plus permis de continuer... La gestion de grandes quantités de bentonite donna également quelques soucis : deux stations de traitement de 450 m³/h avaient été installées et 2500 m³ de boue pouvaient être stockés dans des bacs enterrés. La présence de gypse dans la couche de marne et le fait de mordre le béton des panneaux primaires entraînèrent une contamination exceptionnelle de la boue, ce qui conduisit à utiliser des additifs chimiques; malgré cela, de grandes

quantités de boue durent être évacuées après séparation en deux phases liquide et solide obtenue par traitement chimique sur chantier : la phase solide était évacuée avec les déblais vers une décharge agréée tandis que la phase liquide, après traitement, était assez pure pour être éliminée par le système existant d'évacuation des eaux d'orage.

Enfin, la condition de mobilisation d'un frottement suffisant paroi-sol pour équilibrer la sous-pression sous le radier imposa de vérifier que le filtrat de la boue (*cake*) sur les parois de la tranchée en cours d'excavation n'était pas trop épais ; un suivi particulièrement poussé et des contrôles réguliers permirent de limiter cette épaisseur de *cake* aux valeurs spécifiées.

■ EXCAVATION DES RÉSERVOIRS

Le volume de déblais pour l'ensemble des deux réservoirs cylindriques est d'environ 85 000 m³. Les premiers quinze mètres furent excavés avec une pelle-rétro à bras allongé puis le terrassement se poursuivit à la benne preneuse et évacuation par camions au rythme de 1 000 m³/jour/réservoir, soit une durée totale de 42 jours.

Des puits forés à l'intérieur des réservoirs permettaient de maintenir les fouilles à sec et des puits de décharge plus profonds, crépinés dans la couche de marne, garantissaient la stabilité du fond vis-à-vis des sous-pressions.

Quelques forages de reconnaissance anciens mal rebouchés, traversant la couche de Halite, furent à l'origine de remontées d'eau saumâtre dans les réservoirs ; sur le premier, un simple traitement par injection de coulis de ciment permit de résoudre le problème, mais sur le deuxième réservoir, il fallut recourir à des injections plus sophistiquées pour venir à bout de ces remontées qui risquaient de mettre en péril la stabilité du fond de fouille.

■ CONSTRUCTION DU RADIER

Sur le premier réservoir, le bétonnage du radier fut effectué en trois passes d'environ 800 m³ chacune. La première coulée correspondait à la partie basse tronconique et n'était que faiblement armée. Les deux coulées suivantes correspondaient chacune à une demi-section avec six nappes d'armatures horizontales en Ø 40 mm.

Ensuite, les aciers en attente pour la poutre circulaire étaient dégagés par hydrodémolition du béton de la paroi ; l'anneau servant de corbeau inverse était ensuite coffré puis bétonné.

Sur le second réservoir, le procédé de construction du radier fut similaire à l'exception du fait que le bétonnage fut effectué en une seule coulée de 1 800 m³ en 30 heures, permettant ainsi de gagner



Photo 2
Mise en place d'une cage d'armatures. A côté de l'hydrofraise, la benne pour excaver les terrains supérieurs argileux

Installation of a reinforcement cage. On the left of the hydrofraise, the clamshell used for excavating the upper clayey soils

du temps et – ce faisant – de réduire le risque de remontées d'eau intempestives.

■ GALERIE DE COMMUNICATION

La galerie de communication entre les deux réservoirs cylindriques a une longueur de 15 m. Elle fut creusée sous la protection d'un anneau congelé à l'azote liquide réalisé à partir de la surface par cinq lignes de forages verticaux. Le creusement fut effectué en associant la méthode manuelle traditionnelle et le système de jet d'eau chaude.

Initialement prévue au niveau du fond des réservoirs, cette galerie de communication dut être remontée de 3 m afin de ne pas avoir à atteindre la couche de marne avec les forages de congélation ; en effet, les observations sur les débits et circulations d'eau lors du creusement du deuxième réservoir avaient conduit à émettre des doutes quant à la qualité d'imperméabilité de cette couche et il fut donc considéré comme prudent de ne pas risquer de la détériorer plus encore en la traversant par des forages.

La galerie est équipée de voussoirs en béton armé sur lesquels est fixé le revêtement synthétique définitif ; un siphon de 300 mm est installée dans la galerie pour permettre la vidange totale de chacun des deux réservoirs par les pompes installées au fond du réservoir n° 2.

■ DALLE DE COUVERTURE

Les parties inférieures des poutres primaires de 27 m de longueur furent préfabriquées à l'extérieur du chantier et amenées par camions ; elles furent mises en place dans les entailles pratiquées dans chaque paroi circulaire au moyen d'une grue mo-



Figure 6
Tableau de commande de l'hydrofraise avec contrôle de verticalité
Hydrofraise steering switchboard and verticality control panel



Les deux réservoirs en fin de terrassement à l'abri des parois moulées

The two tanks nearly excavated within completed D-walls

► bile de 400 t. Une fois en place, elles servent de support à des plates-formes provisoires pour permettre la pose des coffrages et des armatures de la partie supérieure de ces poutres.

Les poutres secondaires de section en forme de Y, également longues de 27 m et préfabriquées à l'extérieur, sont simplement posées sur les primaires; une dalle générale définitive de 200 mm est enfin coulée sur les poutres supérieures tandis qu'une dalle-couronne de 500 mm est coulée à l'extrémité des poutres primaires.

ABSTRACT

Blackpool (Great Britain). Construction of a stormwater tank

P. Openshaw, M. Guillaud

The article describes the construction of two buried cylindrical tanks with a total capacity of 60,000 m³ designed to absorb peak stormwater and help spread water treatment operations to reduce the pollution of bathing water at one of Great Britain's most popular sites.

RESUMEN ESPAÑOL

Blackpool. Construcción de un cuenco amortiguador de tormentas

P. Openshaw y M. Guillaud

Se describe en este artículo la construcción de dos cuencos cilíndricos enterados de una capacidad útil de 60 000 m³, destinados a absorber las puntas de lluvias de tormentas y permitir escalonar el tratamiento de las aguas con objeto de reducir la contaminación de las aguas donde se baña el público, en uno de los lugares más populares de Gran Bretaña.

La halle des Chartrons

Dans le cadre de son projet urbain, la ville de Bordeaux a réalisé la restauration de la place et de la Halle des Chartrons, témoin précieux de l'architecture métallique de la fin du XIX^e siècle.

En ce qui concerne le bâtiment, il s'agissait de l'adapter aux fonctions propres à satisfaire les besoins culturels et associatifs du quartier, de la ville, et même de la région tout entière.

La halle des Chartrons enfouie sous le béton en 1950

Halle des Chartrons buried under concrete in 1950



© A. Beguerie

HISTORIQUE

La place des Chartrons, telle qu'elle se présente aujourd'hui, est un espace fermé dès la fin du XVIII^e siècle, dessiné dès l'origine, pour accueillir une halle.

Jusqu'en 1857, date de construction du noyau de l'actuelle halle, se trouvaient au centre de l'espace, trois petites structures de bois, qui faisaient office de marché, ainsi qu'une belle fontaine de pierre, surmontée d'un obélisque.

Le projet du célèbre architecte Bonfin, qui consistait à élever au pourtour, des façades pourvues de galeries couvertes à arcatures, type rue de Rivoli, ne verra pas le jour, et c'est à la fin du XVIII^e siècle, et tout au long du XIX^e, que, de manière presque anarchique des immeubles sont érigés en périphérie.

Charles Burguet, architecte de la ville de Bordeaux, dès 1857, est chargé de construire un marché à cet endroit, il érige un bâtiment octogonal, en pierre, couvert de zinc, sur charpente métallique, et lanterneau vitré; avant Baltar, il applique à ce type de bâtiment le principe de la structure métallique. En 1869, il réalise la galerie extérieure, à la belle et légère verrière, à charpente métallique, le tout supporté par d'élégantes colonnettes de fonte à jolis chapiteaux corinthiens.

Burguet est reconnu, on lui doit d'élégants édifices, parmi lesquels une impressionnante série de marchés, qui tous ont été détruits, à l'exception du marché des Chartrons, et du beaucoup plus modeste marché de Lorme à Bordeaux.

Son œuvre est éclectique, citons par exemple, à Bordeaux : les magnifiques serres du jardin public, aujourd'hui disparues, la restauration du Palais Rohan, aujourd'hui l'Hôtel de Ville, le foyer du Grand Théâtre; à l'extérieur, les Châteaux Pichon-Longueville et Palmer.

LA RESTAURATION

L'importance du bâtiment pour la mémoire de l'architecture est frappante, l'importance du site ne nous échappe pas non plus, il est en effet un lieu rare à Bordeaux, qui allie à la fois les activités commerciales et culturelles souvent diurnes et nocturnes, dans un espace minéral, lieu de détente et de vie.

Le projet est une continuité logique de l'histoire de la place, respectueux du lieu et de son histoire, il rend à l'ensemble la flexibilité qu'il n'aurait jamais du perdre, faisant du bâtiment un espace patrimonial de rencontre, qui, privilégiant la transparence, redevient l'élément de liaison et de convivialité, point focal de toutes les activités.

Dans les années cinquante, le bâti avait été enfoui dans une masse bétonnée, il a donc fallu l'extirper de sa gangue parasitaire, puis :

◆ ouvrir la coursive sur toute sa périphérie, la faisant participer ainsi à l'espace piétonnier de la place toute entière, liant franchement, mais doucement, l'ensemble des vides et des pleins;

Tableau I
Les principaux intervenants

The main contractors

Maître de l'ouvrage Ville de Bordeaux	Monsieur Pareja	D. G. A. U Bd Alfred Daney 33000 Bordeaux
Sécurité	Dominique TALLIER & Associés	18, Route de Castres 33650 St Morillon
Architecte	Christine MATHIEU	72, Quai des Chartrons 33300 Bordeaux
Coordonnateur	Architecte D. P. L. G	
Bureau	C. E. P	2, Rue Jacques Anquetil 33700 Merignac
Contrôle	Monsieur Gâel Lebrun	
Gros - Oeuvre	Entreprise SECMA Monsieur Candelon	53, Rue Emile - Combes 33270 Floirac
Ravalement	Entreprise CAZENAVE Monsieur Cazeau	55, Quai Deschamps 33015 Bordeaux
Couverture	Entreprise CERCE Monsieur Dubos	15, Rue Faraday BP 35 33702 Merignac
ALU	Entreprise COURBU Monsieur Martinez	14, Rue Lafon BP 104 33402 Talence
Plâtrerie	Entreprise SECMA	53, Rue Emile - Combes
Carrelage	Monsieur Candelon	33270 Floirac
Electricien	Entreprise SARTHOU Monsieur Robert Sarthou	33, Rue Montmegean 33 Bordeaux - Bastide
Plombier	Entreprise CERCE Monsieur Dubos	15, Rue Faraday BP 35 33702 Merignac
Peinture	R. T. S. O Monsieur Hurtaud	10, Rue Ferdinand de Lesseps 33700 Merignac

à Bordeaux

Christine Mathieu



ARCHITECTE DPLG
MAÎTRE D'ŒUVRE
DE LA RESTAURATION,
ET DE LA MISE
EN LUMIÈRE

L'AMÉNAGEMENT DES ESPACES PUBLICS

Le projet consistait en une réflexion sur l'ensemble d'un "système" d'espaces publics qui a un rôle important dans la relation qu'il assure entre la ceinture des cours (cours Portal) et la rue Notre-Dame, artère historique du quartier des Chartrons. Ce système est composé de trois éléments :

- le marché des Chartrons est au centre d'une place parfaitement géométrique de 75 m x 60 m. Bien que les façades qui ceignent cette place ne soient pas ordonnancées, le dessin urbain n'en demeure pas moins précis et régulier ;
- la place de Langalerie, parvis de l'église Saint-Louis, est la place principale de la rue Notre-Dame ;
- ces deux espaces sont reliés par la rue Sicard qui longe les bas côtés de l'église Saint-Louis.



La place
autour de la halle.
Luminaire
de Willmotte.
Concepteur B. Bouzou

*The square around
the marketplace. Lighting
fixture by Willmotte.
Designer B. Bouzou*

La halle
des Chartrons.
Projet dessin
de Charles Burguet
de 1858

*Halle des Chartrons.
Design by Charles
Burguet, 1858*



© A. Beguerie

Le choix d'aménagement a été de traiter un "site" mais en respectant l'identité des trois lieux :

- la place, revêtement en pavés et dalles granit, gris clair et noir, socle du Marché des Chartrons, dégage le maximum d'espace piéton et de terrasses autour de ce bâtiment rénové et aux pieds des façades, tout en conservant le maximum de places de stationnement. Les bancs sont constitués en dalles de pierres calcaires portées par des âmes en acier inoxydable ;
- agrandissement et traitement en dalle de calcaire du parvis de l'église place de Langalerie ;
- élargissement des trottoirs de la rue Sicard et la rue Rode en utilisant des cales céramiques dans la continuité de tous les trottoirs en cours de réaménagement dans le quartier des Chartrons. Des arbres ont été plantés rue Sicard, côté église.

Bernard Bouzou
ARCHITECTE ET URBANISTE

◆ fermer le noyau central en vitrant chacune des trois baies, sur les huit côtés de l'octogone, afin de l'adapter à sa nouvelle fonction.

Pour cela :

- ◆ la totalité des couvertures a été restaurée, en les rendant à leurs matériaux d'origine, le zinc ;
- ◆ il en a été de même des verrières vitrées, et du lanterneau central qui avaient disparu ;
- ◆ les murs en pierre de Gironde du noyau central qui avaient été peints, ont été ravalés ;
- ◆ charpente et lambris en bois et métal ont été restaurés ;
- ◆ un sol en béton quartzé a été réalisé dans l'es-

Le projet à l'aquarelle
de Christine Mathieu

*Aquarelle design
by Ch. Mathieu*



LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Noyau central : 350 m²
- Coursive : 850 m²
- Pavage : 1075 m² - 121000 pavés posés un à un
- Couverture : 971 m²
- 592 bacs zinc façonnés manuellement
- 450 verres feuilletés taillés
- Peinture : 1500 m²
- Lumière : 400 Ml de fibres optiques
- 52 tubes fluos et coques réflectrices
- 24 projecteurs iodure métallique

Quelques dates

- Présentation de l'APS : septembre 1996
- Démolitions : juin 1997
- Ouverture du chantier : août 1997
- Livraison : février 1998

▶ pace intérieur, un dallage de petits pavés granit l'a été à l'extérieur.

■ MISE EN LUMIÈRE

La place est petite, fermée, à la fois ordonnée et désordonnée; l'événement, c'est le bâti qu'elle reçoit.

La lumière rehausse l'architecture dans une grande cohérence de tonalités, faisant du bâtiment sur son site, un outil privilégié d'animation du quartier. La mise en lumière raconte l'histoire du bâti, identifie, en les différenciant, les deux volumes, et par là même, les deux époques de sa construction. Une lumière chaude met en évidence le volume central, faisant ressortir la délicatesse de la modénature, respectant les ombres portées, la générosité du matériau.

La coursive apparaît comme le deuxième volume, aussi léger que le premier est massif. La fibre optique, en pied de chaque colonnette élève le bâtiment, tandis que la verrière circulaire inondée de lumière qui révèle le caractère bleuté du matériau de couverture, apparaît comme une véritable épine dorsale.



Mise en lumière globale.
Dans le fond l'église
Saint-Louis

*Overall lighting.
In the background,
the Saint-Louis church*

Mise en lumière de la place
du marché des Chartrons
*Lighting of the Chartrons
marketplace*



Mise en lumière
la nuit

Lighting at night



ABSTRACT

The Bordeaux Halle des Chartrons marketplace

Ch. Mathieu

As part of its urban project, the city of Bordeaux completed the restoration of the Chartrons square and marketplace (Halle des Chartrons), a precious testimony of the metallic architecture of the end of the 19th century.

As concerns the building, the aim was to adapt it to the functions capable of meeting the cultural and associational requirements of the district, the city, and even the entire region.

RESUMEN ESPAÑOL

El Mercado de los Chartrons, en Burdeos

Ch. Mathieu

Actuando en el marco de su proyecto urbano, la ciudad de Burdeos ha emprendido la restauración de la plaza y del Mercado de los Chartrons, valioso testimonio de la arquitectura metálica de finales del siglo XIX.

Por lo que se refiere al edificio propiamente dicho, se trataba de adaptarlo a las funciones destinadas a satisfacer las necesidades culturales y asociativas del barrio, e incluso de la totalidad de la región.

Le pont-rails Léon Blum

Le remplacement d'un ouvrage du RER C au cœur d'Issy-les-Moulineaux

Dans le cadre des Travaux du Grand Ouest Parisien menés par la SNCF, l'entreprise SECO/DGC a procédé au remplacement de deux ouvrages de la ligne C du RER, sur la commune d'Issy-les-Moulineaux.

Le chantier de la place Léon Blum était caractérisé par un délai d'exécution serré et des conditions de réalisation soumises à de fortes contraintes urbaines.

L'opération a pu être menée à bien grâce à la préfabrication des hourdis en béton armé – une première pour un pont-rails – et à la superposition des deux tabliers mixtes au centre d'un carrefour très circulé.

■ LES CARACTÉRISTIQUES DU PROJET

L'été est chaque année l'occasion de procéder à des travaux d'entretien et de renouvellement qui pénaliseraient trop la circulation parisienne à toute autre époque de l'année.

En août 1999, dans le cadre des Travaux du Grand Ouest Parisien (TGOP) menés par la SNCF, la société SECO/DGC a procédé au remplacement de deux ouvrages de la ligne C du RER, place Léon Blum et rue Bara, sur la commune d'Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine).

Construit il y a un siècle, le pont-rails de la place Léon Blum est constitué d'un assemblage riveté de poutrelles métalliques entretoisées. Pour le remplacer, la SNCF a conçu un ouvrage composé de deux tabliers mixtes en forme d'arcs élancés. L'architecture d'origine est rappelée par le maintien de légers encorbellements. Mais le changement le plus important pour les riverains est le ballastage des voies qui diminuera fortement les nuisances sonores.

Le chantier de la place Léon Blum concentre la plupart des difficultés inhérentes aux travaux réalisés en site urbain. A cet endroit, le pont-rails occupe le centre du principal carrefour de la ville donnant accès à Paris, Boulogne-Billancourt et Clamart. A 30 m à peine, un îlot résidentiel de douze étages, avec son centre commercial, domine le viaduc ferroviaire et rend les manutentions délicates. De nombreux réseaux courent sous les chaussées. Enfin le peu de place disponible interdit l'installation au sol des deux tabliers.

Le délai global de réalisation est de 9 mois, comprenant l'étude et la fabrication des poutres métalliques. Mais dans cette période, seuls 18 jours de coupure totale du carrefour routier et de la ligne du RER sont accordés pour déposer l'ouvrage exist-

tant, amener et replier la grue de 800 t et mettre en place les deux nouveaux tabliers.

■ LES CHOIX TECHNIQUES

Les deux tabliers sont des bipoutres métalliques isostatiques de 38,20 m de long, munis de hourdis en béton armé. Le hourdis supérieur est continuellement comprimé, tandis que le hourdis inférieur ne participe pas à la structure. Pour faire face au délai serré, c'est une solution de préfabrication qui a été retenue : une première pour un pont-rails.

Quatre semaines ont pu être gagnées par rapport à une solution traditionnelle de béton coulé en place, en menant de front la réalisation des hourdis et la construction en atelier de la charpente métallique. L'assemblage des éléments a été effectué sur chantier par clavage transversal et longitudinal de 15 pièces pour le hourdis supérieur et clavage longitudinal de 23 pièces pour le hourdis inférieur. Le manque de place dans l'emprise du chantier a conduit à réaliser la préfabrication des dalles de hourdis sur un autre chantier. Les tabliers ont ensuite été assemblés au pied de l'ouvrage existant, le second tablier étant superposé sur le premier. Les études techniques de génie civil ont été confiées à la direction études, méthodes et projets (D.E.M.P.) de SECO/DGC, permettant une étroite collaboration avec l'équipe travaux.

■ PHASAGE DES TRAVAUX

Phase préliminaire

Elle comprend quatre étapes :

◆ référentiel préventif concernant les réseaux et les bâtiments existants ;

Pascal Boixière
CHARGÉ D'AFFAIRES SECTEUR
GÉNIE CIVIL ILE DE FRANCE
SECO/DGC

François Borget
RESPONSABLE ÉTUDES - D.E.M.P.
SECO/DGC

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Réseau Ferré de France

Maître d'œuvre

SNCF - Région Paris Rive Gauche

Entreprise mandataire

SECO/DGC - Département génie civil

Cotraitant charpente métallique

Ets J. Richard-Ducros

Bureau d'études

SECO/DGC - Direction études, méthodes et projets (D.E.M.P.)

Levage

Mediaco

Photo 1
Superposition
des deux tabliers
sur appuis provisoires
Superimposition
of two decks
on temporary supports



Photo 2
Mise en place
des éléments préfabriqués
de hourdis
Installation of pre-cast
slab elements



Photo 3
Préfabrication
des éléments de hourdis
avec leur palonnier
de manutention
Pre-casting of deck
elements
with their handling beam



Photo 4
Clavage des hourdis
au béton sans retrait
Non-shrink concrete deck
element keying



- ◆ sondages pressiométriques sous les futurs appuis provisoires des tabliers ;
- ◆ déviation partielle du carrefour et dépose du mobilier urbain ;
- ◆ réalisation des massifs d'appui provisoires pour la superposition des tabliers (photo 1).

Réalisation des tabliers

Elle se décompose comme suit :

- ◆ livraison de la charpente métallique en deux caissons de 40 t ;
- ◆ raboutage des caissons sur chantier, contrôle des soudures et de la géométrie, reprise de peinture anticorrosion ;
- ◆ mise en place des éléments préfabriqués du hourdis inférieur ;
- ◆ clavage longitudinal des éléments préfabriqués et coulage en place des abouts ;
- ◆ mise en place des éléments préfabriqués du hourdis supérieur ;
- ◆ clavage longitudinal et transversal des éléments préfabriqués ;
- ◆ réalisation des hourdis supérieurs d'abouts.

Préparation pour le remplacement des tabliers

Elle intègre les étapes suivantes :

- ◆ mise en place d'un portique de déviation des câbles SNCF (portée 40 m avec appui central de 13 m de haut) ;
- ◆ montage d'échafaudages (hauteur 8 m) de mise en sécurité autour des culées ;
- ◆ montage d'une tour escalier (hauteur 13 m) d'accès à la plate-forme ferroviaire ;
- ◆ étaieage intermédiaire de l'ouvrage existant ;
- ◆ réalisation d'une plate-forme de roulement pour la grue (30 cm de grave ciment et plateaux bois de 5 m de large) ;
- ◆ montage de la grue à chenilles de 800 t (32 convois à acheminer).

Remplacement des tabliers

Se succèdent les opérations suivantes :

- ◆ découpage au chalumeau et dépose de l'ouvrage existant ;

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Tablier métallique déposé de 330 t
- Deux tabliers mixtes acier-béton de 300 t chacun
- Biais de l'ouvrage 37 grades
- Longueur biaise 38,20 m
- Hourdis préfabriqués de 17 et 22 cm d'épaisseur

- ◆ aménagement des sommiers existants, scellement des dés d'appui ;
- ◆ manutention et pose des deux tabliers sur vérins ;
- ◆ scellement des appareils d'appui ;
- ◆ relaxation sur appuis définitifs des tabliers.

■ LES PHASES CLEFS DES TRAVAUX

Les hourdis supérieurs

Le hourdis supérieur est une dalle homogène comprimée. L'utilisation d'éléments préfabriqués est soumise au respect de la continuité tant des armatures que du béton. Celle-ci est obtenue grâce à des connecteurs soudés en partie supérieure des poutres métalliques.

La forte densité de ces connecteurs (photo 2) impose un calepinage très précis des éléments ainsi que des aciers transversaux et longitudinaux. En effet, chaque élément préfabriqué, long de 2,12 m et épais de 20 cm, est constitué de trois parties liaisonnées par les aciers transversaux, soit une longueur de 5,50 m.

La manutention des éléments nécessite alors l'utilisation d'un palonnier développé spécifiquement (photo 3). Faute de place pour installer une aire de préfabrication sur le site, tous les éléments ont été réalisés sur un autre chantier de l'entreprise, puis acheminés par camion.

Seuls les éléments d'about doivent être bétonnés en place sur étaie en raison des importantes sollicitations dues à un porte-à-faux.

Une grue de 50 t est utilisée pour la mise en place des éléments sur les poutres métalliques. Le clavage est alors fait à l'aide d'un béton sans retrait (photo 4).

Dépose de l'ouvrage existant

L'ancien pont métallique doit être découpé sur site puis évacué. L'exiguïté des lieux interdit son stockage au sol. Cela conduit à le déposer en deux éléments d'environ 150 t chacun.

Après le montage d'une palée provisoire de soutien, ce sont les équipes de chalumistes du département Travaux Spéciaux de SECO/DGC qui interviennent pendant une nuit pour tronçonner l'ouvrage. Ils ouvrent une brèche large de 2 m, perpendiculairement au tablier, pour permettre le dégagement du premier morceau élingué. Les deux tronçons sont déposés aux extrémités de l'emprise du chantier, puis découpés et évacués par camions (photo 5).

Mise en place des tabliers

Ce n'est qu'une fois l'ouvrage existant déposé que les derniers détails de la mise en place des nou-



Photo 5
Dépose du tablier métallique existant
Removal of existing steel deck



Photo 6
Réalisation des dés d'appui sur les sommiers existants
Preparation of bearing blocks on existing imposts

veaux tabliers peuvent être réglés. Les dés d'appui ont été préfabriqués d'après un premier relevé topographique. Il s'agit maintenant de vérifier au plus vite l'implantation précise des appareils d'appui pour tenir compte de l'état réel des sommiers. Plusieurs interventions topographiques sont nécessaires. Pour plus de souplesse, ce sont les géomètres de l'entreprise qui sont mis à contribution, pendant que le bureau d'études finalise les plans. Des gabarits en bois sont utilisés pour exécuter les forages d'ancrage. Les dés d'appuis préfabriqués sont scellés avec un mortier sans retrait introduit gravitairement par une réservation centrale (photo 6). Tout est prêt pour recevoir les appareils d'appui à pot boulonnés sous chaque tablier.

Les opérations de grutage peuvent commencer. Une grue de 800 t équipée d'une flèche de 60 m et de Superlift est utilisée. Le premier tablier est élingué puis pivoté, au plus près de l'immeuble si-



Photo 7
Manutention
des tabliers

*Handling
of decks*



Photo 8
Manutention
des tabliers

*Handling
of decks*

► tué à l'angle du carrefour, pour rejoindre son axe de pose (photos 7 et 8).

La grue avance alors de 25 m sur un platelage bois supporté par une grave ciment pour diffuser les contraintes et ménager les réseaux en place. Arrivée à portée, elle peut alors amener le tablier à sa position définitive.

La pose est faite sur quatre vérins hydrauliques de 220 t. Les appareils d'appui sont guidés dans leurs réservations : la tolérance de pose est de +/- 5 mm. Les mêmes opérations se répètent pour le second tablier. Un élément préfabriqué, de la hauteur du tablier, vient parachever l'extrémité de l'ouvrage. Finalement, les appareils d'appui sont scellés au mortier sans retrait dans les dés béton. Après une douzaine d'heures de prise, les tabliers sont déverinés et prennent leur configuration définitive.

Les derniers travaux consistent à poser les corniches en béton préfabriqué et les garde-corps et démolir les aménagements construits au sol pour libérer à la circulation la place Léon Blum.

ABSTRACT

The Léon Blum rail bridge. Replacement of an RER C (regional express railway) structure in the heart of Issy-les-Moulineaux

P. Boixière, F. Borget

In connection with the works of the Greater Paris West region carried out by SNCF (French Railways), the company SECO/DGC undertook the replacement of two structures on the RER line C in the town of Issy-les-Moulineaux.

The Place Léon Blum worksite was characterised by tight deadlines and working conditions subject to significant urban constraints.

The project was carried out successfully thanks to the pre-casting of reinforced concrete hollow-tile deck sections - a first on rail bridges - and the superimposition of two composite decks in the middle of a heavy traffic intersection.

RESUMEN ESPAÑOL

Puente ferroviario Leon Blum. Sustitución de una estructura RER C en el casco urbano de Issy les Moulineaux

P. Boixière y F. Borget

Con motivo de las obras del Gran Oeste de la región parisienne, emprendidas por los Ferrocarriles Franceses (SNCF), la empresa constructora SECO/DGC ha procedido a la sustitución de dos estructuras de la línea C de la RER (Red exprés regional), en el municipio de Issy les Moulineaux.

Las obras de la plaza Leon Blum tenían como principales características un plazo de ejecución sumamente estricto y condiciones de ejecución sometidas a importantes imperativos de carácter urbano. La operación se ha podido llevar a buen término debido a la prefabricación de las bovedillas de hormigón armado - una primicia para un puente ferroviario - y a la superposición de dos tableros mixtos en pleno centro de un cruce de vías públicas de un tránsito sumamente importante.

Aménagement des abords du musée André Malraux de la ville du Havre

La complète réhabilitation que vient de connaître le musée Malraux du Havre, nécessitait naturellement que la Ville, maître d'ouvrage de ces travaux, s'intéresse également à l'environnement de ce bâtiment, inauguré en 1961 par André Malraux en personne.

Elle a donc décidé d'aménager l'ensemble des abords de ce musée situé sur le front de mer. D'une emprise de plus de 20 000 m², le site comprend les espaces suivants :

- ◆ une vaste esplanade en bord de mer intégrant une grande pelouse et un espace multisport ;
- ◆ une voirie recalibrée dont le tracé modifié permet de réduire la vitesse et accompagnée d'une piste cyclable bidirectionnelle ;
- ◆ un square paysager comprenant un espace de jeux pour les enfants ;
- ◆ des parkings à usage de la Capitainerie et du musée ;
- ◆ un parvis du musée constituant un socle afin de mettre en valeur le bâtiment.

Le coût global de cette opération s'est monté à 16 300 000 francs TTC, financée par la Ville, qui a reçu à cette occasion 2 586 400 francs du FEDER et 2 551 550 francs du Conseil général de Seine-Maritime.

Afin de permettre une extension de l'esplanade du musée, il a été décidé de gagner du terrain sur la mer. Pour ce faire, il convenait de réaliser une digue de protection contre la houle sur 120 m de longueur.

Les travaux comprenaient :

- ◆ des remblais sableux ;
- ◆ des enrochements en granit ;
- ◆ et un muret de couronnement en béton.

D'un coût total de 2 421 200 francs, la maîtrise d'ouvrage était assurée par la ville du Havre.

Pour l'aménagement des abords, proprement dit, ce chantier d'un montant de 8 460 000 francs consistait à aménager un espace de 19 000 m² à l'ouest, au sud et à l'est du musée.

Les travaux comprenaient :

- ◆ la réalisation d'une esplanade comportant une grande pelouse avec un espace multisport et des cheminements piétons traités en béton désactivé ton pierre identique au ton des façades existantes ;
- ◆ la modification du tracé de la voirie avec un recalibrage de la chaussée donnant à la voie une configuration de promenade bordée d'une piste cyclable bidirectionnelle traitée en béton désactivé. Les traversées piétonnes au droit du musée ont été réalisées en pavés granit sous forme de pla-



© Erik Levilly

teau traversant surélevé faisant office de ralentisseur ;

- ◆ l'aménagement de parking à usage de la Capitainerie et du musée ;
- ◆ l'aménagement d'un square comportant des cheminements en asphalté, des espaces plantés d'arbustes et un jardin de jeux pour les enfants ;
- ◆ des plantations d'arbres en bordure de chaussée de type mûriers à feuille de platane particulièrement résistants en bord de mer ;
- ◆ la mise en place sur l'ensemble du site de mobilier tels bancs et corbeilles ;
- ◆ la refonte complète de l'éclairage public composé d'éclairage fonctionnel et décoratif de ligne élégante, spécifique et adapté au bord de mer. Afin de ne pas perturber l'éclairage intérieur du musée, il a été mis en place des sources lumineuses de couleur blanche type iodure métallique.

La refonte totale du musée nécessitait également la refonte de son parvis et la création d'un socle mettant en valeur le bâtiment.

Les travaux d'un montant de 4 406 000 francs comprenaient :

- ◆ des terrassements divers ;
- ◆ la création d'un dallage de 1 800 m² en pavés naturels en pierre du Hainaut avec en rive la construction de gradins et d'embranchement en granit ;
- ◆ la réalisation d'un trottoir en périphérie en dalle granit ;
- ◆ un balisage lumineux du parvis au moyen de luminaires encastrés dans les gradins.

A ces trois chantiers se sont rajoutés des travaux complémentaires, d'un montant d'un million de francs, relatifs notamment à la mise en place d'une signalétique du musée composée de dix bannières réparties sur l'ensemble de la voirie traversant le site.

Requalibrage de la chaussée avec traitement des carrefours en plateau traversant surélevé en pavés granit. Pistes cyclables et trottoirs en béton désactivé

Pavement levelling with intersection treatment on a raised granite block paved cross slab. Cycle paths and footpaths in deactivated concrete



© Erik Levilly

Le parvis du musée. Trottoirs et gradins en granit. Dallage en pierres du Hainaut

The courtyard of the museum. Footpaths and benches in granite. Hainaut stone slab

Le tramway

Un air nouveau pour lyonnaise

Une nouvelle conception de la ville et de la place faite aux habitants, voilà le pari qu'entend relever l'agglomération lyonnaise à l'aube de l'an 2000. Le Plan des Déplacements Urbains, adopté en 1997, a pour principal objectif d'améliorer la qualité de vie en proposant des solutions alternatives qui redéfinissent le partage de l'espace urbain trop largement adapté à l'automobile aujourd'hui. Ainsi, l'arrivée du tramway dans l'agglomération est l'occasion de redéfinir l'espace urbain en procédant à des réaménagements spécifiques qui mettront les piétons et les cyclistes davantage au cœur de la ville.

Deuxième agglomération de France, avec 1,2 million d'habitants, l'agglomération lyonnaise est un pôle de développement social, économique et culturel majeur. Aujourd'hui, 4 millions de déplacements sont effectués chaque jour, dont près de 3 millions en automobile. La ville s'est trop largement adaptée à l'automobile, avec des risques de blocage néfastes au développement économique et des conséquences insupportables pour la qualité de vie : bruit, pollution, accidents... Le plan des déplacements urbains, adopté en 1997, est une réponse à ce constat et un objectif volontariste visant à mieux partager l'espace urbain en accordant la priorité aux transports en commun,

aux vélos et aux piétons, tout en gardant à la voiture une place à l'évidence première dans nos déplacements.

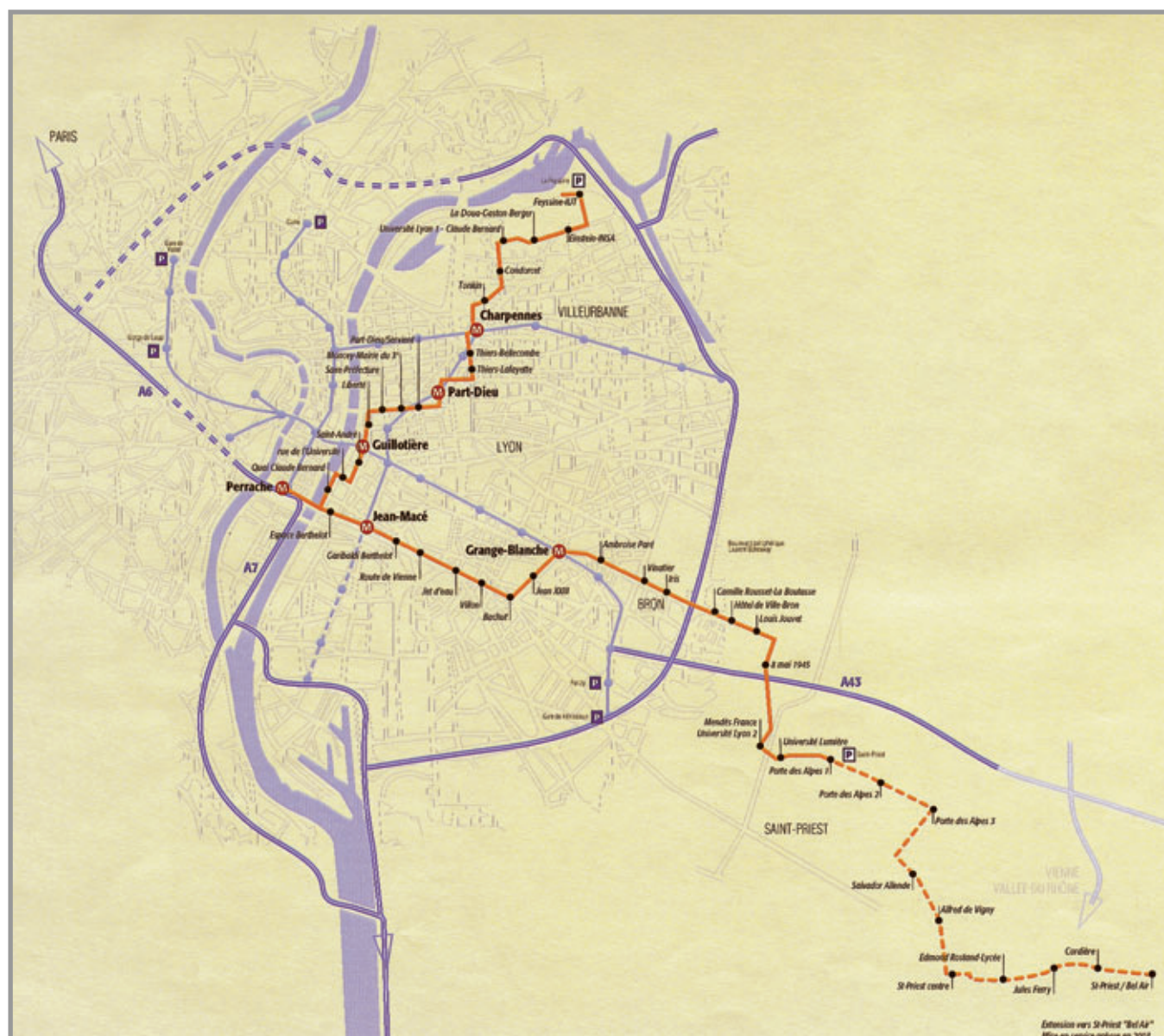
Le tramway répond à cette ambition et les deux premières lignes en cours de réalisation constituent la mise en application de cette politique volontariste.

■ LE TRAMWAY POUR CHANGER LA VILLE

C'est bien cet objectif ambitieux qui guide les grands principes d'aménagement urbain, élaborés par l'Ate-

Figure 1
Les deux premières lignes de tramway de l'agglomération lyonnaise

The first two tramway lines of the Lyon urban centre





l'agglomération

lièr d'Architectes Bruno Dumétier (AABD), maître d'œuvre avec la Semaly du projet des deux premières lignes de tramway.

Si la ville était, dans les années soixante, pensée pour l'automobile (d'où la multiplication des grands axes et l'envahissement de l'espace par les voitures en stationnement), ses habitants souhaitent aujourd'hui retrouver une meilleure qualité de vie. L'espace urbain doit redevenir un lieu de liberté et de convivialité : pour cela, des choix forts ont été faits. Le tramway en est un. Lors de sa réalisation, les rues qu'il emprunte seront entièrement refaites.

Grâce à sa circulation en "site propre", le tramway reconquiert l'espace sur celui dévolu – un peu trop largement – à la voiture. Il permet aux piétons de redécouvrir les commerces, de se réappropriier les quartiers, et aux voyageurs de retrouver le plaisir de voir la ville par de larges baies vitrées.

A chacun son territoire

Afin de faciliter son identification par ses usagers, chaque espace est traité de manière différente. Les trottoirs sont recouverts d'asphalte, une surface lisse grenailée (de petits cailloux blancs seront inclus), de façon à les rendre plus lumineux et à réfléchir les lumières la nuit. La plate-forme du tramway, traitée en enrobé grenailé composé d'agrégats sélectionnés, est plus claire, avec un grain plus épais. Les voies de circulation, enfin, sont recouvertes d'enrobé traditionnel. Une bordure de granit ainsi qu'une légère différence de niveau permettent d'assurer la délimitation de chacun de ses espaces, tant visuellement que tactilement (plus pratique pour les malvoyants).

Des trottoirs plus sûrs

Dans de nombreux endroits, l'arrivée du tramway permet d'élargir les trottoirs, de simplifier et sécuriser les traversées de carrefour. La signalisation et les feux de circulation sont regroupés sur des mâts multifonction, de façon à laisser au piéton un véritable espace de vie. Les personnes à mobilité réduite ne sont pas oubliées (dalles podotactiles pour les malvoyants, bateaux abaissés, stations aux normes d'accessibilité...).

Près de 1000 arbres replantés

Afin de régénérer le patrimoine végétal, conformément au plan de végétalisation mis en place par

la Communauté Urbaine de Lyon, 500 arbres sont d'abord abattus. Plus de 900 nouveaux sont ensuite plantés. Les feuillages, les couleurs, les volumes permettront ainsi de conforter les rues dans leur spécificité tout en construisant de grandes continuités paysagères, à partir d'une palette végétale qui sera élargie, à l'échelle de l'agglomération.

■ DEUX LIGNES DE TRAMWAY POUR L'AGGLOMÉRATION LYONNAISE (figure 1)

En décembre 2000, les deux premières lignes de tramway seront mises en services. Elles relieront dans une première phase Perrache, porte de la Presqu'île de Lyon, au campus de La Doua, et Perrache à Lyon - Porte des Alpes en passant par la ville de Bron. Cette deuxième ligne sera prolongée vers le centre-ville de Saint-Priest dans une deuxième phase.

La ligne Perrache – La Doua

D'une longueur de 8,7 km et comptant 19 stations, cette ligne est le meilleur raccordement de Perrache, porte de la Presqu'île de Lyon et principal point de convergence des flux de desserte de l'ouest et du sud-ouest de l'agglomération, aux quartiers de la rive gauche. Elle constitue également la connexion de Perrache aux grands pôles administratifs tels que la Préfecture, le Conseil général, la Communauté Urbaine ou encore le Palais de Justice. Elle est également connectée à la gare de la Part-Dieu, son quartier d'affaires, son centre commercial et ses services. Elle permet la desserte des deux sites universitaires de La Doua et du quai Claude Bernard.

La ligne Perrache – Bron – Saint-Priest

Cette deuxième ligne longue de 10 km compte 20 stations, sachant que son extension à Saint-Priest prévoit 5 km supplémentaires et neuf stations de plus. Elle relie directement deux importantes communes de l'est lyonnais au centre de l'agglomération. Elle dessert les pôles de santé et universitaires des quartiers Grange Blanche et Vinatier, les pôles administratifs et culturels du VIII^e arrondissement et le parc d'activités de la Porte des Alpes. Elle permet de réduire le trafic aujourd'hui très important

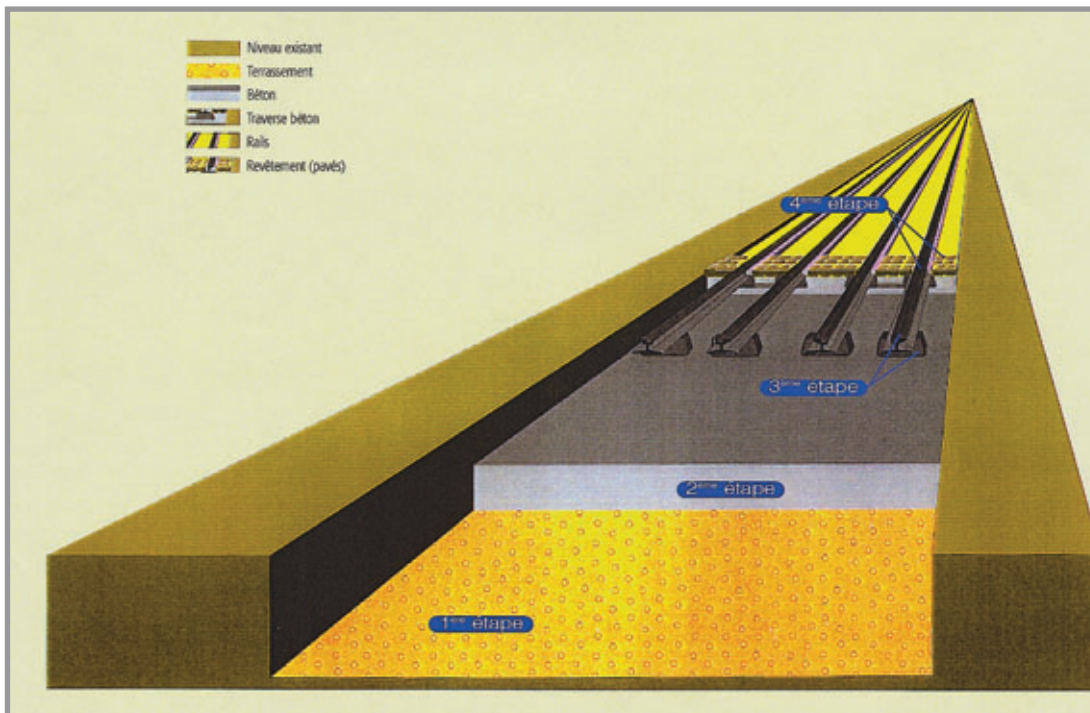


Figure 2
Les techniques
du chantier
*Worksite
techniques*

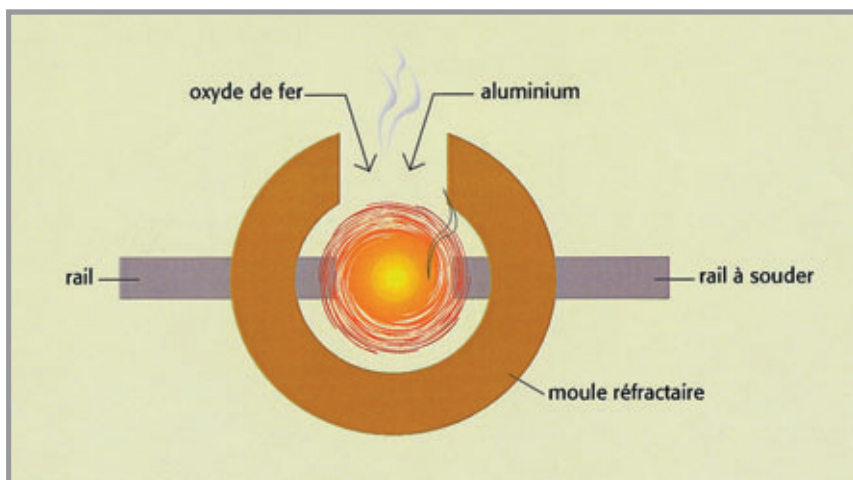


Figure 3
La soudure
de rails par
aluminothermie
*Welding
of rails by
aluminothermy*



sur l'avenue Berthelot, alors que le réaménagement de toute l'avenue favorise la redynamisation des commerces qui la bordent et redonne aux riverains un cadre de vie agréable.

■ LES TECHNIQUES DU CHANTIER (figure 2)

Quatre grandes phases se distinguent dans la construction du tramway.

Déviation des réseaux en sous-sol

Il s'agit dans un premier temps de faire le ménage en sous-sol. Cette première phase de travaux consiste à déplacer les réseaux d'eau, de gaz, d'électri-

cité, de télécommunications, de chauffage et d'assainissement, afin que ces équipements, indispensables à la vie des habitants de l'agglomération et situés sous la future plate-forme, ne restent pas sous les rails, ce qui rendrait leur entretien ou leur réparation très difficile (interruption de la circulation du tramway). Les concessionnaires en profitent pour remettre les réseaux partiellement ou totalement à neuf. Selon la complexité et la densité des réseaux de sous-sol, ces travaux peuvent durer, pour un tronçon de rue, de deux semaines à six mois, avec parfois des interruptions. Chaque côté de la rue est traité successivement, de façon à minimiser l'impact sur la circulation. Les travaux sont exécutés en deux temps : on creuse d'abord une tranchée parallèle aux façades des immeubles, puis on les raccorde en tirant les canalisations : ce sont les branchements. On procède ensuite aux branchements pour les immeubles situés en face. Ainsi la connexion sera facilitée lorsque les travaux s'effectueront de l'autre côté de la rue.

Pose des rails sur la plate-forme

La seconde phase consiste à poser les rails sur la plate-forme. La chaussée est creusée sur une largeur d'environ 6 m et une profondeur d'environ 90 cm, à l'emplacement de la future plate-forme. Les travaux se déroulent donc de manière linéaire. Un béton de plate-forme est ensuite coulé sur environ 20-30 cm d'épaisseur. En parallèle sont réalisées les conduites dites "multitubulaire" (tubes bétonnés comprenant de nombreux câbles de télécommunication) le long de la voie ainsi que des ouvrages facilitant l'écoulement des eaux de pluie sur la plate-forme. Sur ce béton sont installées des traverses qui servent à positionner et fixer les rails. Ceux-ci sont ensuite posés et soudés grâce à une technique appelée "aluminothermie" (figure 3).

Il s'agit d'une technique qui repose sur le dégagement de chaleur résultant de la réduction d'un oxyde de fer par l'aluminium (oxyde de fer + aluminium = oxyde d'aluminium + acier en fusion + chaleur). Le mélange, contenu sous forme de poudre dans un creuset résistant à des températures élevées, est mis à feu. De l'acier et de l'oxyde d'aluminium sont alors produits : l'acier, du fait de sa grande différence de densité, tombe au fond du creuset et coule à une température d'environ 2000 °C dans le moule qui enveloppe les extrémités des rails. Ces dernières, préalablement chauffées, vont ainsi fondre et se souder grâce à l'acier en fusion. Lorsque le métal s'est solidifié, on procède ensuite au démoulage, puis aux finitions. Sept chantiers sont menés en parallèle sur l'ensemble des deux lignes, ce qui mobilise 150 personnes. Les travaux avancent à une cadence de 60 m par semaine pour un total de 96 000 m de rails posés et 5 500 soudures effectuées. Après le réglage au millimètre des rails, une nouvelle couche de béton est cou-

lée pour maintenir les traverses. Elle s'arrête à 15 ou 20 cm de la surface, afin de laisser un espace libre pour le revêtement final de la plate-forme (en général enrobé, sinon pavés...). Entre le coulage du béton de plate-forme et l'installation de la voie, un délai de cinq semaines est nécessaire. Globalement, cette phase dure environ six mois.

Réaménagement des rues de façade à façade

A l'occasion du passage du tramway, des travaux de réaménagement des rues traversées sont effectués de façade à façade. Il s'agit d'aménagements, comme la réfection des trottoirs et des chaussées, les plantations d'arbres, l'éclairage public... Ce type de chantier dure de un à quatre mois, voire davantage pour les secteurs faisant l'objet de réaménagements plus complets.

Tests et "marche à blanc"

La phase ultime des travaux consiste à installer les lignes aériennes d'alimentation électrique, ancrées aux façades ou sur poteaux, à poser le mobilier urbain, à réaliser les stations et leurs équipements. Tous ces éléments sont ensuite testés un par un, puis ensemble, afin de vérifier leur fiabilité. Une fois ces essais effectués, nous entamons la phase de la "marche à blanc" : les rames circulent à vide, s'arrêtent aux stations, franchissent prioritairement les carrefours, au même rythme que lorsqu'elles seront ouvertes au public.

■ UNE CHANCE POUR L'ÉCONOMIE DE LA RÉGION LYONNAISE (figure 4)

Création d'emplois directs ou induits, dynamisation des centres-villes et quartiers, accompagnement du développement économique local, dans l'agglomération lyonnaise comme dans les autres villes qui l'accueillent, il y a bel et bien un effet tramway. Grâce au chantier tout d'abord, qui permet de donner un ballon d'oxygène aux entreprises régionales, mais aussi grâce au tramway lui-même, qui contribuera au développement des pôles d'activités de l'agglomération. Conducteurs d'engins, poseurs de pavés, soudeurs, géomètres, peintres, électriciens, pépiniéristes, informaticiens, les corps de métiers que l'on peut trouver sur le chantier du tramway sont très diversifiés et les savoir-faire différents : ils touchent notamment aux domaines du génie civil, du bâtiment, des travaux publics, des voies ferrées, des équipements électrotechniques, de la vidéo, des espaces verts. Plus de 2 000 salariés auront en effet participé, à terme, à la réalisation des deux premières lignes de tramway de l'agglomération lyonnaise. Plus de 300 contrats au-

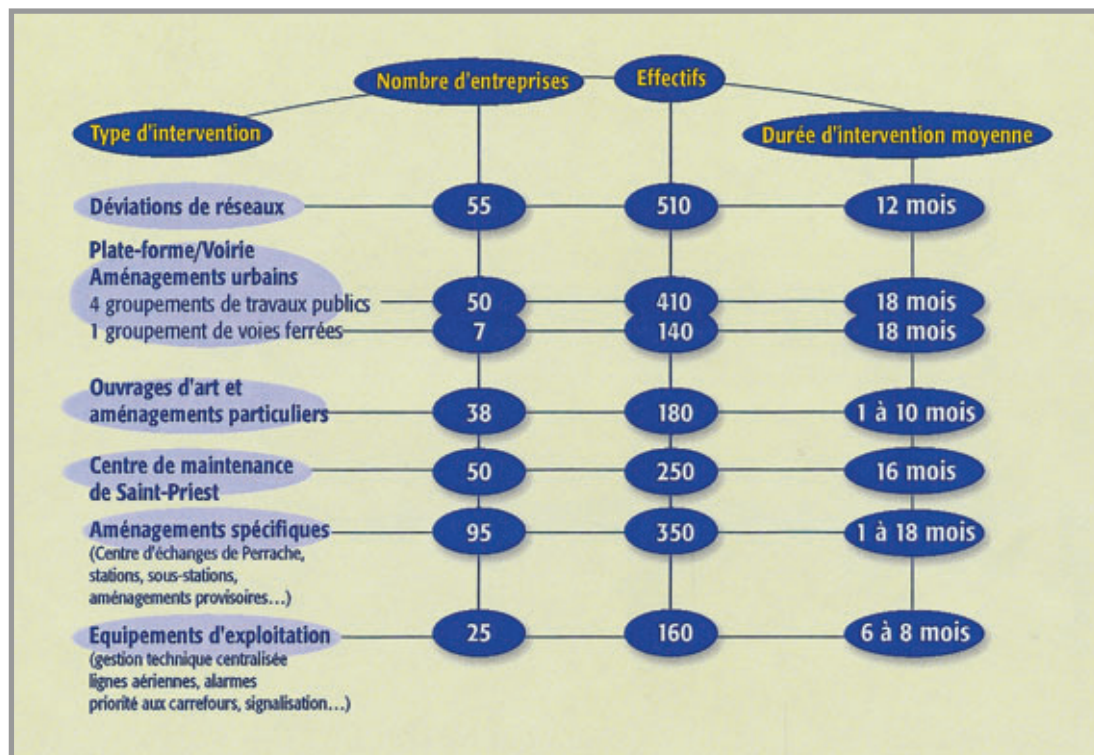


Figure 4
Intervention des entreprises
The work of the contractors

ront été passés avec les entreprises titulaires des marchés et sous-traitants. Des formations spécifiques ont été mises en place : 100 personnes ont déjà bénéficié de stages de spécialisation d'une demi-journée à 5 jours, en matière de blindage, de conduite d'engins ou d'électricité. L'expérience se poursuivra jusqu'à la fin du chantier.

■ LES GRANDES DATES

1997

- Janvier : approbation du projet de plan des déplacements urbains.
- Mars - Octobre : période de concertation et d'élaboration du projet tramway.
- Novembre : approbation du projet tramway et demande d'ouverture d'enquête publique.

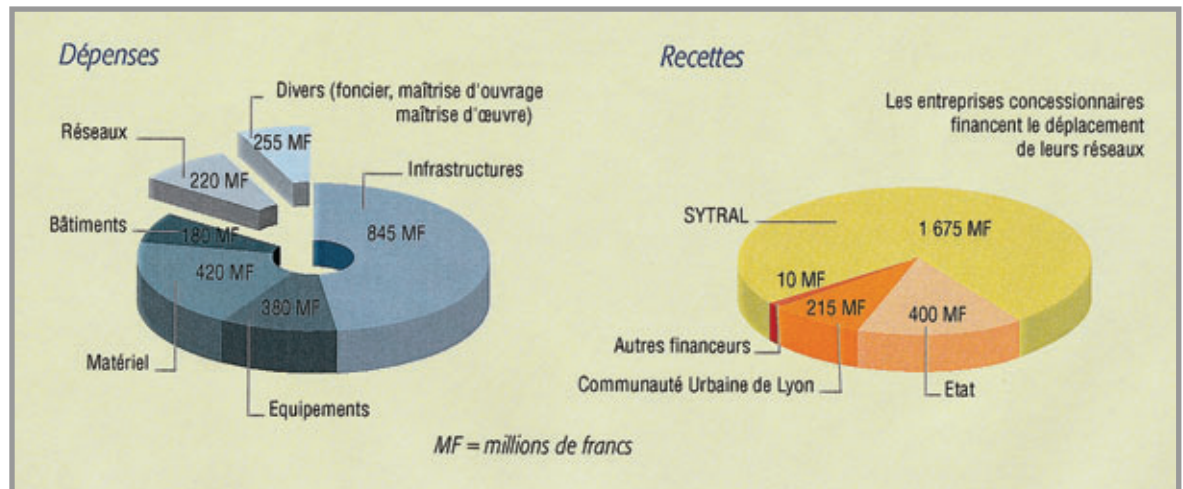
1998

- Février - Mars : enquête publique.
- Mai : remise du rapport des commissaires enquêteurs, avec avis favorable à la déclaration d'utilité publique.
- Été - Automne : début des travaux de déviation de réseaux.
- Septembre : arrêté préfectoral de déclaration d'utilité publique.
- Automne : mise au point du design du tramway.

1999

- Février : début des travaux de plate-forme du tramway.
- Mars : présentation de la maquette du tramway.

Figure 5
Le budget
des deux lignes
de tramway
*Budget
of the two tramway
lines*



LE MATÉRIEL ROULANT

(photo 1)

- Citadis TGA 302
- Longueur totale : 32,40 m
- Largeur : 2,40 m
- Hauteur : 3,30 m
- Nombre de modules : 5
- Hauteur du plancher : 35 cm
- 100 % plancher bas
- Masse à vide : 37 t
- Chargement maximal à l'essieu : 9,6 t
- 6 portes par face
- Nombre de places assises : 56
- Nombre de places debout (4 personnes par mètre carré) : 145
- Nombre total de places : 201
- Puissance maximale : 690 kW
- Fabricant : Alstom
- Coût : 11 millions de francs



2000

- Été : fin des travaux d'infrastructures sur l'ensemble des deux lignes.
- Août - Octobre : essais des différents équipements.
- Octobre - Décembre : marche à blanc des rames.
Décembre : mise en service.

LES FINANCEMENTS (figure 5)

L'investissement s'élève à 2300 millions de francs pour la première phase de réalisation, à savoir la ligne Perrache - La Doua et la ligne Perrache - Bron - Saint-Priest jusqu'au centre de maintenance, terminus provisoire, soit environ 125 millions de francs le kilomètre, y compris les aménagements d'espaces publics. A titre de comparaison, un kilomètre de métro revient à environ 500 millions de francs. Cette somme prend en compte le réaménagement complet de toutes les rues, de façade à façade, la consolidation nécessaire de certains ouvrages d'art déjà programmée, tous les équipements nécessaires au bon fonctionnement de la ligne (rails, lignes électriques aériennes et transformateurs enterrés, téléphones d'urgence et caméras de surveillance dans les stations), le centre de maintenance de Saint-Priest accueillant notamment un garage pour les rames, un parking-relais et un poste de contrôle centralisé du trafic.

Enfin cette somme comprend bien entendu les rames du tramway.

LES PARTENAIRES

La réalisation des deux premières lignes de tramway de l'agglomération lyonnaise est une opération complexe, de grande envergure, qui nécessite une action coordonnée auprès de tous les intervenants et une grande rigueur dans la mise en œuvre des

différentes phases du projet. Le Sytral (Syndicat Mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise) est le maître d'ouvrage de la réalisation des deux lignes de tramway. Il a pour mission d'organiser et de façonner le visage des transports en commun de l'agglomération.

Son comité syndical est composé d'élus du Conseil général du Rhône et de la Communauté Urbaine de Lyon. Le Sytral élabore, programme, finance et contrôle les investissements tant en ce qui concerne l'achat du matériel (rames de tramway...) que les infrastructures (création ou prolongement de lignes de bus, de métro ou de tramway), sur le territoire de la Communauté Urbaine. Il est entouré de Semaly - AABD - Ferrand-Sigal, maîtres d'œuvre de la réalisation des deux lignes de tramway et de SLTC, exploitant du réseau de transports en commun de l'agglomération.

Ses partenaires sont la Communauté Urbaine de Lyon et le Conseil général du Rhône qui sont propriétaires et gestionnaires des voiries et espaces publics, les villes de Lyon, Bron, Villeurbanne et Saint-Priest, compétentes en matière de circulation, de stationnement et d'éclairage, le Rectorat et les établissements universitaires desservis par le tramway et enfin l'Etat, au travers de ses différents services.

CONCLUSIONS

Performance

Véritable métro de surface, le tramway circule sur un site propre qui lui est entièrement dédié. Il n'est donc pas gêné par la circulation automobile et la priorité aux feux dont il bénéficie permet des temps de trajet garantis. Régularité et fréquence (1 rame toutes les 3 ou 6 minutes en heure de pointe) vont permettre d'assurer un service de grande qualité.



Photo 1
La maquette grandeur nature du tramway de l'agglomération lyonnaise
The full-scale mock-up of the Lyon tramway

Confort

Le tramway peut transporter 200 personnes dans d'excellentes conditions de confort, grâce à ses larges baies vitrées, les passagers peuvent redécouvrir la ville et ses animations. Le plancher bas de la rame, situé au même niveau que le quai de la station, facilite l'accès pour les personnes âgées ou les parents avec poussettes.

Ecologie

Alimenté électriquement, le tramway ne rejette aucun gaz toxique dans l'atmosphère, et son attractivité permet d'offrir une alternative de qualité à la circulation automobile en centre-ville, notamment grâce aux parcs-relais situés en bout des lignes. Enfin, son arrivée permet de requalifier les espaces traversés avec la plantation de près de 1.000 arbres nouveaux.

Silence

Un monde sépare le futur tramway, du bruyant et chaotique tramway d'antan. Depuis 50 ans, les technologies ont évolué et l'utilisation d'alliages et de matériaux composites allégés a permis de réduire considérablement le poids d'une rame, et donc les vibrations que son passage occasionnait. En outre, les rails posés sur un double système d'amortisseurs en caoutchouc synthétique, absorbent également les vibrations.

Modernité

Des annonces sonores et un affichage lumineux préviennent les passagers de l'approche d'une station; les rames possèdent des emplacements pour les vélos; une surveillance est effectuée par caméra pour prévenir tout incident à l'intérieur des rames.

ABSTRACT

The tramway. A new air for the Lyon urban centre

Ch. Philip

A new design of the city and of the space for its inhabitants, that is what the Lyon urban center intends to provide at the dawn of the year 2000. The Urban Travel Plan (PDU), adopted in 1997, was designed mainly to improve the quality of life by proposing alternative solutions redefining the sharing of urban space, excessively oriented towards the automobile today. Thus, the arrival of the tramway in town offers the occasion of redefining the urban space by undertaking specific improvements giving pedestrians and cyclists a bigger share of the town.

RESUMEN ESPAÑOL

El tranvía. Un nuevo ambiente para la aglomeración urbana de Lyon

Ch. Philip

Un nuevo concepto de la ciudad y del espacio reservado a sus habitantes es el desafío que se propone aceptar la aglomeración urbana de Lyon en los albores del año 2000. El Plan de los Desplazamientos Urbanos, adoptado en 1997, tiene como meta principal mejorar la calidad de la vida al proponer soluciones alternativas que definen según un nuevo concepto la distribución del espacio urbano, ampliamente adaptado hasta la fecha al tráfico automóvil. Así, la llegada del tranvía en la aglomeración urbana propicia una nueva definición del espacio urbano, al proceder a los reacondicionamientos específicos que permitirán disponer, a los peatones y a los ciclistas, de una mejor disposición del casco urbano de la ciudad.

Les ouvrages d'art de l'agglomération

La première ligne du tramway de l'agglomération de Montpellier s'inscrit sur 15 km au cœur de la cité.

La création d'une telle infrastructure en centre-ville a nécessité dans le domaine des ouvrages d'art :

- le renforcement de certains ouvrages existants;

- la construction de huit ouvrages neufs destinés à supporter soit les voies du tramway soit les nouvelles voiries induites par la modification du plan de circulation.

Le présent article concerne les sept ouvrages dont la maîtrise d'œuvre a été confiée au BCEOM au sein du Groupement d'Ingénierie du TRamway de l'Agglomération de Montpellier (GITRAM) composé de Semaly (mandataire), BCEOM, Beterem et du groupement d'architectes dont le cabinet A. Garcia-Diaz est le mandataire.

Il décrit de manière sommaire les principales caractéristiques de l'ensemble de ces ouvrages et définit plus précisément ceux situés autour de la place de la Comédie, centre névralgique de la cité : les ouvrages du Triangle et ceux des avenues de la Citadelle et Frédéric Mistral.

En mars 1995, le conseil de District de l'agglomération de Montpellier a approuvé à l'unanimité le programme d'opérations et le budget (2 180 millions de francs) correspondant à la création de la première ligne de tramway de l'agglomération de Montpellier. La déclaration d'utilité publique a été prononcée le 30 mai 1997. Les premiers travaux ont démarré durant le deuxième trimestre 1997.

Le District de Montpellier a confié à la Société Montpelliéraine de Transports urbains (SMTU) la maîtrise d'ouvrage déléguée de l'ensemble de l'opération. La commission du District de l'agglomération de Montpellier a mandaté le Gitram (Groupement d'ingénierie et d'aménagement urbains pour le tramway de l'agglomération de Montpellier) pour la maîtrise d'œuvre des travaux de réalisation de la première ligne du tramway.

Le Gitram est composé de Semaly (mandataire), BCEOM, Beterem et du groupement d'architectes dont le cabinet A. Garcia-Diaz est le mandataire.

Sur les 15 km du tracé du tramway de l'agglomération de Montpellier en cours de réalisation, les ouvrages neufs sous maîtrise d'œuvre Gitram sont :

- ◆ pont Vincent Badie;
- ◆ ponts de l'avenue Chancel;
- ◆ pont de la place Albert 1^{er};
- ◆ pont de la RN113 sur la place du 11 Novembre;
- ◆ ouvrage de l'avenue de la Citadelle et de l'avenue Frédéric Mistral;

- ◆ ouvrages du Triangle place de la Comédie;
- ◆ rampe du parking des gares.

Les ouvrages existants ci-après ont fait l'objet de travaux de consolidation ou d'adaptation pour permettre la réalisation de la pose des voies du tramway :

- ◆ pont de Lattes;
- ◆ couverture des voies ferrées;
- ◆ viaduc Michelet.

Le remplacement du pont voûte de l'avenue Charles Flahault ainsi que les aménagements du pont Zucarelli ont été réalisés sous maîtrise d'œuvre DDE. Le tableau I donne les principales caractéristiques de l'ensemble des ouvrages réalisés sous maîtrise d'œuvre Gitram dans le cadre de la création de la première ligne de tramway de l'agglomération de Montpellier. Le présent article traitera des ouvrages réalisés en centre-ville : les ouvrages de l'avenue de la Citadelle et ceux de l'avenue Frédéric Mistral d'une part et d'autre part ceux du Triangle.

■ OUVRAGES AVENUE DE LA CITADELLE ET AVENUE FRÉDÉRIC MISTRAL

Ouvrages existants

Sur l'ensemble du linéaire concerné (environ 550 m) par le passage des voies du tramway sur ces deux

Tableau I
Les principaux intervenants par ouvrage réalisé
The main contractors by structure completed

Nom de l'ouvrage	Groupement	Type d'ouvrage	Principaux intervenants	Montant des marchés H.T	Durée des travaux
Pont BADIE	SOGEA Sud Ouest- BEC Frères SA	Passage supérieur sur l'Avenue de l'Europe comportant 3 tabliers. Voie portée : tramway	SOLETANCHE BACHY (pieux) VSL (précontrainte) SUD PREFAC (corniches et murs) CEPABA (pose des armatures) SATI (garde-corps) SERF (Etudes)	10,758 MF	10,5mois
Pont Avenue CHANCEL	GFC	Ouvrage franchissant le Verdanson comportant 2 tabliers de type PRAD de 17, 30m et 24 de portée. Voie portée : tramway et trottoir	BARTHES (démolitions) FRANKI (pieux) Composants Précontraints (poutres) P.A.M (pose des armatures) SUD ETUDES (Etudes) Techni-Service (sermeture)	1,996 MF	6 mois
Pont Place Albert 1 ^{er}	SOGEA Sud Ouest- BEC Frères SA	Ouvrage franchissant le Verdanson comportant 1 tablier de type PRAD à travée unique. Voie portée : tramway et voirie	VOLPLIERE (démolitions) COFEX (micropieux) Composants Précontraints (poutres) AMSA (pose des armatures) SMAC ACERIOD (étanchéité) INGEROP Méditerranée (Etudes)	2,110MF	5 Mois
Pont de la RN113	ETPO- DELTASOL	Ouvrage franchissant le Verdanson comportant 1 tablier de type PRAD à travée unique. Voie portée : voirie	VOLPLIERE et ALPHA béton (démolitions) PPB (poutres) P.A.M. (pose des armatures) SPAPA (étanchéité) SERF (Etudes) SATI (garde-corps) SUD PREFAC (corniches)	3,093 MF	4,5mois
Ouvrages Avenues CITADELLE FMISTRAL	BEC Frères SA	Voir description ci joint	SOGEA Sud Ouest MERCURY Sud (Dispositif anti-chute de pierres sur les voies) COFEX (béton projeté et micropieux) VOLPLIERE (terrassements) SOLETANCHE BACHY (Pieux) SMAC ACIERIOD (étanchéité) VSL (précontrainte) INGEROP (Etudes) SATI (garde-corps) SUDPREFAC(ouvrages préfabriqués)	47,425 MF	17 mois
Ouvrages du TRIANGLE	CHANTIERS MODERNES - SIMECO	Voir description ci joint	FORBETON (Démolition de béton) COFEX (micropieux) P.A.M. (armatures) SMAC ACIERIOD (étanchéité) E.E.G. (Etudes)	14, 956 MF	18 mois
Rampe des GARES	GFC	Ouvrage de type pont dalle en béton armé comportant 6 travées.	FORBETON (Démolition de béton) FRANKI Fondations (micropieux) BTPS (étanchéité) CREGUT Languedoc (BBTM) P.A.M. (armatures) SERF (Etudes) SUD PREFAC (éléments préfabriqués)	2,780 MF	6,5 mois

du tramway de Montpellier

avenues on dénombre les ouvrages existants suivants :

- ◆ trémie de sortie du tunnel du Corum. Située dans la partie basse de l'avenue de la Citadelle, la trémie de sortie du tunnel situé sous l'immeuble du Corum (palais des Congrès et Opéra) comporte trois voies de circulation inscrites en déblai entre la voies SNCF et la chaussée de l'avenue de la Citadelle ;

- ◆ ouvrage de soutènement du jardin de l'Esplanade. Il s'agit d'une paroi réalisée en 1975 lors de la création de l'avenue de la Citadelle et comportant un voile en béton armé ancré par des tirants en tête. La hauteur totale de cet écran est variable de 2 à 8 m environ ;

- ◆ trémie d'accès au parking souterrain du Corum. Cet ouvrage réalisé lors de la construction du Corum, est constitué d'une double paroi berlinoise de hauteur variable (de 1 à 9 m environ) et butonnée en tête par plusieurs niveaux de profilés métalliques.

Cette trémie d'accès s'inscrit en pied de la paroi de soutènement du jardin de l'Esplanade ;

- ◆ mur de soutènement SNCF. Il s'agit de l'ouvrage soutenant la chaussée de l'avenue de la Citadelle. Ce mur poids en maçonnerie s'étend sur environ 300 m de longueur pour une hauteur maximale de l'ordre de 12 m. Sur un linéaire de 50 m environ, ce mur en maçonneries a été remplacé à la suite d'un éboulement survenu en 1955 par un mur en béton armé de type "chaise" comportant contreforts et contrepoids ;

- ◆ passerelle et pont voûte d'accès au lycée Joffre. L'accès piétons au lycée Joffre n'est possible pour les usagers provenant de l'Esplanade que par un ouvrage cadre sous la chaussée de l'avenue de la Citadelle et débouchant sur un ouvrage de franchissement des voies ferrées.

Un pont voûte en maçonnerie franchissant les voies SNCF permet l'accès au lycée pour les usagers provenant de l'avenue de la Citadelle.

Pour les usagers provenant de l'Esplanade, l'accès piétons est assuré par un ouvrage cadre en béton armé sous la chaussée de l'avenue de la Citadelle, prolongé par une passerelle constituée de poutres en béton armé franchissant les voies ferrées parallèlement au pont voûte en maçonnerie ;

- ◆ trémie de sortie du tunnel de la Comédie. La trémie de sortie du tunnel de la Comédie situé avenue Frédéric Mistral comporte des murs de soutènement en béton armé de hauteur variable délimitant à trois voies la chaussée en sortie de tunnel. Les murs de cette trémie soutiennent côté

nord les jardins de l'Esplanade et côté sud le trottoir de l'avenue Frédéric Mistral ;

- ◆ murs des cours anglaises de l'avenue Frédéric Mistral. Les immeubles d'habitation sis avenue Frédéric Mistral ont été bâtis à l'abri d'un mur de fortification datant du XV^e siècle soutenant côté trottoir le remblai de la trémie routière et délimitant côté bâtiment des cours anglaises en limite de trottoir.

Description des ouvrages

Le projet de la première ligne du tramway de Montpellier nécessite d'inscrire :

- ◆ sur le secteur correspondant à l'avenue de la Citadelle : deux voies de tramway comprenant les passages latéraux de service et de sécurité, deux voies routières ainsi que les rétablissement des circulations piétonnes ;

- ◆ sur le secteur correspondant à l'avenue Frédéric Mistral : deux voies tramway comprenant les passages piétons latéraux de sécurité et de service, deux voies routières (trémie de sortie du tunnel de la Comédie) ainsi que le rétablissement du trottoir le long des bâtiments existant ;

- ◆ un passage piéton permettant la liaison, à niveau, de l'Esplanade et du lycée Joffre.

Sur l'ensemble des secteurs concernés, les ouvrages seront décomposés en huit tronçons correspondant à des structures ou des types d'ouvrages différents.

Tronçon 1 (figure 1)

Le projet prévoit d'inscrire dans l'espace disponible entre la façade du Corum et les voies SNCF (comportant les trois voies de la trémie de sortie du tunnel du Corum, les deux voies de l'avenue de la

Figure 1
Avenue de la Citadelle, tronçon 1
Avenue de la Citadelle, section 1

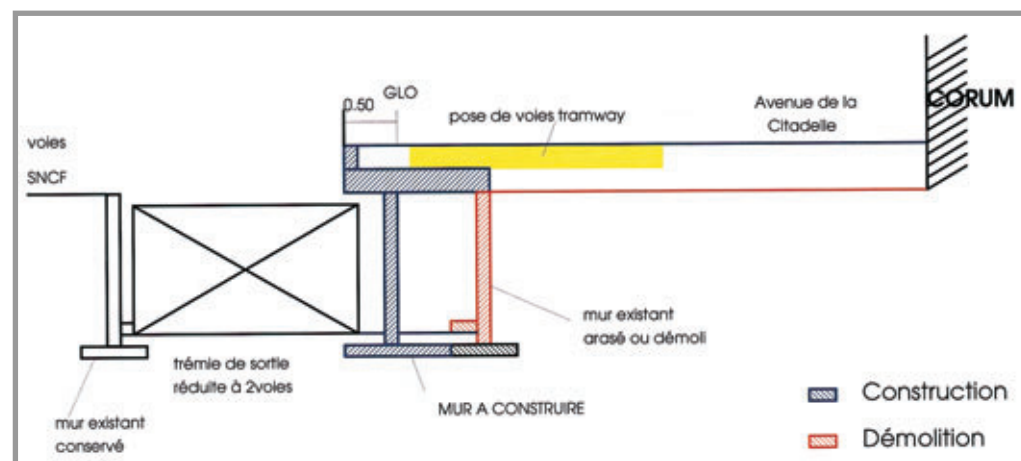


Figure 2
Avenue
de la Citadelle,
tronçon 2

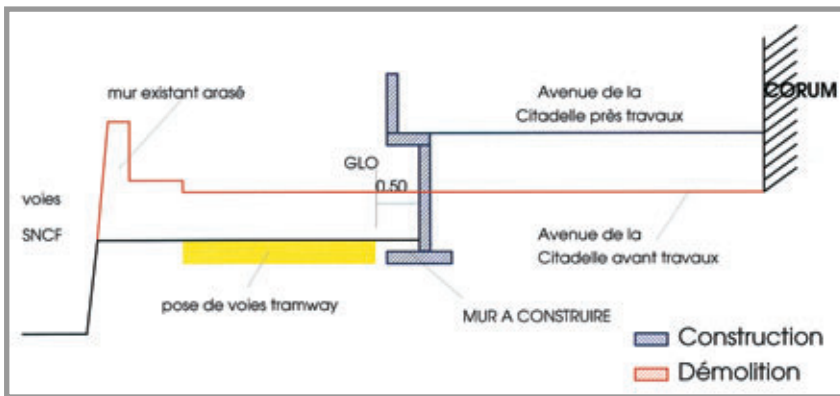


Figure 3
Avenue
de la Citadelle,
tronçon 3

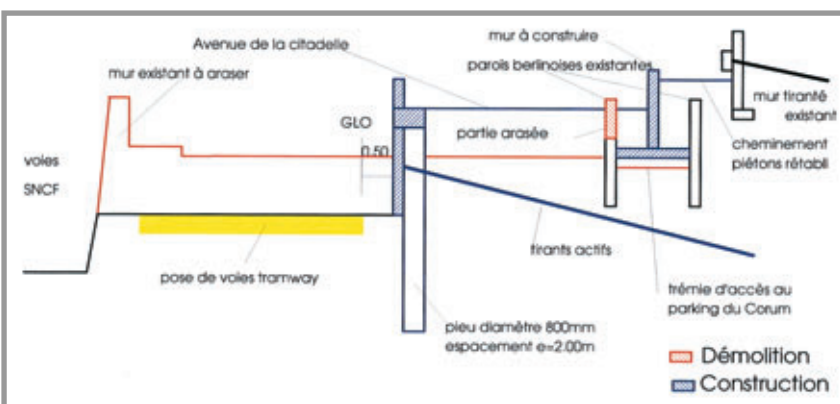


Figure 4
Avenue
de la Citadelle,
tronçon 4

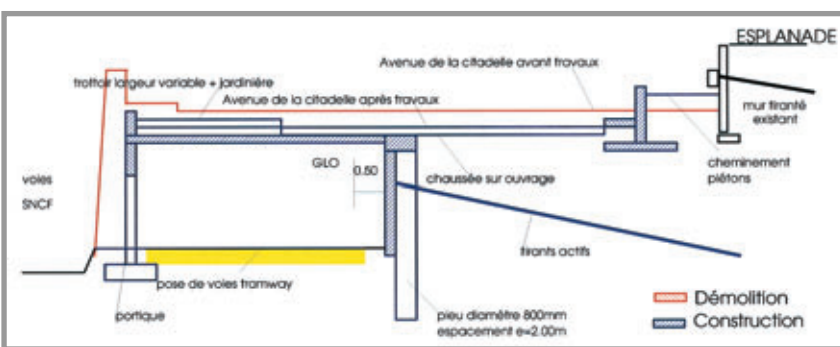
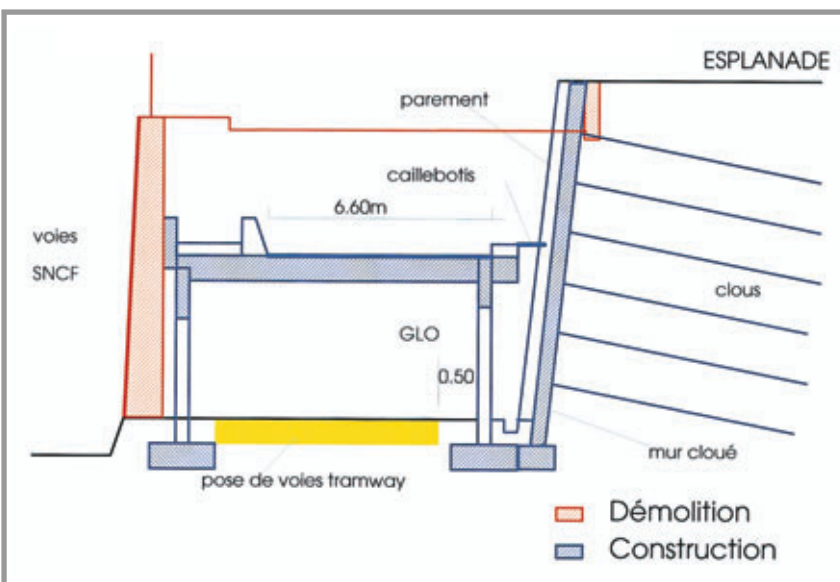


Figure 5
Avenue
de la Citadelle,
tronçon 5



- Citadelle et les trottoirs de largeurs variables) :
- ◆ les deux voies de l'avenue de la Citadelle bordées par un trottoir de 1 m de largeur, le long de la façade du Corum ;
 - ◆ les deux voies de la première ligne du tramway bordées par des trottoirs de service de part et d'autre du GLO (Gabarit limite d'obstacle) ;
 - ◆ la trémie de sortie du tunnel du Corum réduite à deux voies de circulation.

L'ouvrage correspondant au tronçon 1 est un mur de soutènement de hauteur variable implanté en limite de l'ancienne voie centrale de la trémie de manière à réduire celle-ci à deux voies. Dans sa partie la plus haute (en sortie de trémie), compte tenu du tracé en plan des voies du tramway, l'ancien mur a été utilisé pour appuyer la dalle supportant les voies du tramway.

Le nouveau mur de soutènement comporte trois massifs destinés à supporter les mâts de ligne aériennes.

Tronçon 2 (figure 2)

L'ouvrage correspondant au tronçon 2 est un mur de soutènement entre les voies du tramway et la voirie de l'avenue de la Citadelle.

Ce mur de hauteur variable s'inscrit en limite du cheminement piéton de service et de sécurité le long des voies du tramway.

Compte tenu des caractéristiques du profil en long des voies tramway et de la voirie de l'avenue de la Citadelle, ce mur comporte une partie en encorbellement sur une longueur de 13 m environ permettant de supporter la voirie de la nouvelle voirie.

Tronçon 3 (figure 3)

L'ouvrage correspondant au tronçon 3 est un mur de soutènement de la nouvelle voirie de l'avenue de la Citadelle. Cet ouvrage est constitué de pieux de 800 mm de diamètre espacés de 2 m et munis de tirants d'ancrage inclinés de 26° par rapport à l'horizontale et d'un parement en béton armé projeté. Cette structure permet de réaliser les terrassements nécessaires à la réalisation des voies tramway.

Tronçon 4 (figure 4)

Ce tronçon correspond à la partie du projet où la voirie de la nouvelle avenue de la Citadelle se superpose progressivement au tracé des voies du tramway.

Sur ce tronçon, les deux types de structure prévus sont les suivants :

- ◆ un ouvrage de soutènement du cheminement piéton. Sur ce tronçon le cheminement piéton s'inscrit sur la voie d'accès au parking du Corum. Le mur projeté sur la partie aval du tronçon est un mur en té renversé en béton armé ;
- ◆ un ouvrage supportant la chaussée de la nouvelle avenue de la Citadelle.

Le parti architectural sur l'ensemble de l'avenue

de la Citadelle, est de limiter l'effet de tunnel et donc de permettre le plus possible un éclairage naturel en retenant une structure "ouverte".

Sur ce tronçon où les voies tramway sont progressivement couvertes par la chaussée de la nouvelle avenue, il n'est pas possible de permettre un éclairage naturel du côté Esplanade, par contre, du côté SNCF, en adoptant une structure de type portique, on évite l'effet de tunnel.

La structure en portique imposant la réalisation de fondations dont le niveau se situe en dessous de celui des voies tramway, il est nécessaire de réaliser au préalable un rideau à l'amont assurant le soutènement des terres en phase travaux.

La solution retenue est la même que celle décrite au tronçon précédent (pieux de 800 mm de diamètre espacés de 2 m et munis de tirants actifs) assurant le rôle de soutènement pendant la phase de terrassements et permettant, après réalisation des semelles, poteaux et poutres longitudinales, de supporter la dalle de couverture.

Le portique, côté SNCF, comporte des poteaux rectangulaires espacés de 7,50 m et reliés en tête par des poutres rectangulaires sur lesquelles repose la dalle de couverture de 50 cm d'épaisseur. Les poteaux du portique ainsi que ceux de la paroi de soutènement sont implantés de manière à conserver le passage de service et de sécurité de 0,50 de part et d'autre du GLO.

Tronçon 5 (figure 5)

Sur ce tronçon qui s'étend de la fin du tronçon précédent jusqu'au début du virage de l'avenue de la Citadelle, les tracés en plan des voies tramway et de la voirie de la nouvelle avenue de la Citadelle sont quasiment superposés. Les fonctions principales suivantes doivent être assurées par l'ensemble des structures retenues :

- ◆ soutènement des terres du côté de l'Esplanade en phase travaux et en phase définitive ;
- ◆ support de la dalle de couverture des voies sur laquelle s'inscrit la future avenue de la Citadelle ;
- ◆ respect du parti architectural (permettre un éclairage naturel des voies du tramway).

La solution retenue comporte deux structures indépendantes :

- ◆ la fonction soutènement des terres est assurée par un mur cloué ;
- ◆ un portique ouvert supporte la chaussée.

Ces deux structures indépendantes permettent de laisser un "vide" côté Esplanade permettant un éclairage naturel des voies tramway.

Mur cloué

Compte tenu de la nature des terrains en place (sol peu cohérents en surface) et afin de permettre la démolition par couches successives du mur soutenant la trémie SNCF, il est nécessaire de retenir une technique de réalisation de mur permettant de garantir la stabilité pour chaque phase des terras-

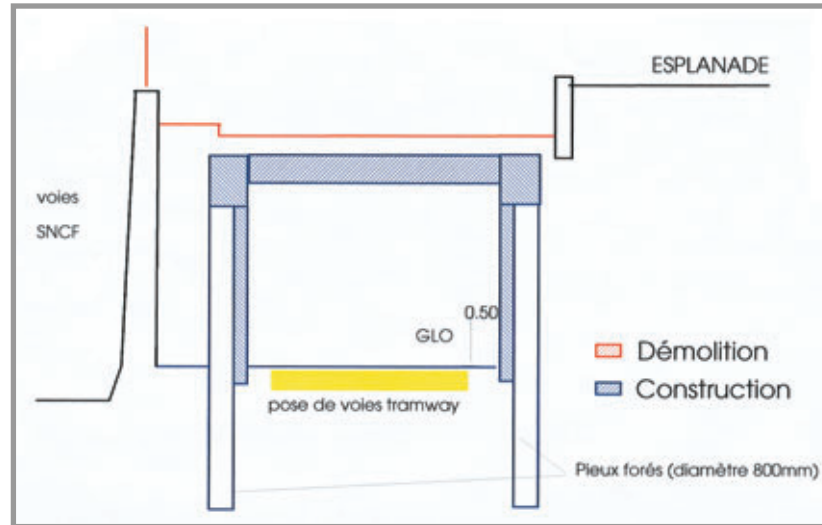


Figure 6
Avenue de la Citadelle, tronçon 6
Avenue de la Citadelle, section 6

sements. La volonté architecturale de donner à cet ouvrage l'aspect d'un mur de fortifications comparable à celui de la Citadelle situé en vis-à-vis, impose la création d'un fruit de 3° ainsi que la possibilité de mise en place ultérieure d'un parement de pierres. La technique du mur cloué a été retenue pour répondre à ces contraintes. Sa hauteur maximale est de l'ordre de 11 m.

Les espacements retenus pour les clous sont de 1 m en vertical et de 2 m en horizontal. Ils sont inclinés de 10° par rapport à l'horizontale, leurs longueurs varient de 8 à 12 m en fonction de la position du clou considéré.

Un réseau de barbacanes (1 tous les 10 m² environ) permet le drainage des terres à l'arrière du mur. Une épaisseur de 10 cm est prévue pour le parement architectural ultérieur.

Portique

La structure retenue comporte :

- ◆ des appuis constitués de portiques longitudinaux comportant des poteaux rectangulaires espacés de 7,50 m fondés superficiellement dans les sables de Montpellier très compacts et sur lesquels sont encastés en tête des poutres longitudinales en béton armé ;
- ◆ un tablier constitué de dalles préfabriquées rectangulaires en béton armé appuyées sur les poutres longitudinales.

La présence d'un caillebotis fixé au tablier par des consoles métalliques permet de garantir la sécurité des usagers d'une part et de conserver un éclairage naturel pour les voies tramway d'autre part.

Tronçon 6 (figure 6)

Ce tronçon correspond au carrefour entre l'avenue de la Citadelle, l'avenue F. Mistral et l'allée Henri II de Montmorency. La structure retenue doit permettre d'assurer les fonctions suivantes :

- ◆ soutènement des terres tant en phase définitive qu'en phase travaux ;
- ◆ support de la nouvelle chaussée de l'avenue de la Citadelle ;
- ◆ permettre un éclairage naturel des voies tramway.



Avenue Fr. Mistral. Réalisation de la paroi de blindage provisoire et des terrassements généraux
Avenue Fr. Mistral. Provision of a temporary cladding wall and general earthworks



Avenue Fr. Mistral. Construction du cadre fermé
Avenue Fr. Mistral. Construction of closed frame

Avenue de la Citadelle.
Terrassements généraux et paroi clouée

Avenue de la Citadelle. General earthworks and nailed wall



Figure 7
Avenue de la Citadelle, tronçon 7.
Section courante cadre fermé

Avenue de la Citadelle, section 7.
Standard section, closed frame

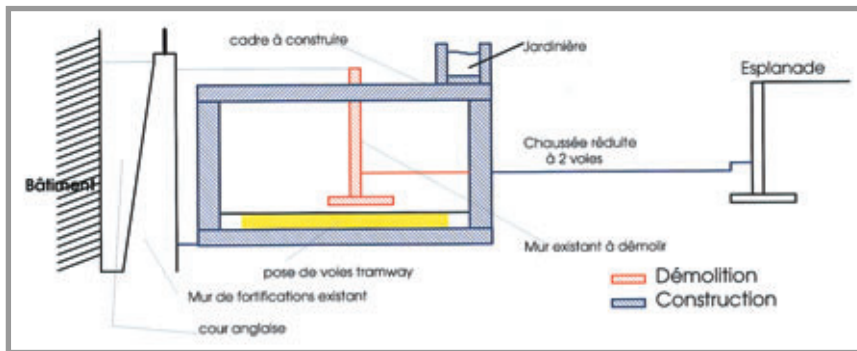


Figure 8
Avenue de la Citadelle, tronçon 7.
Section en portique

Avenue de la Citadelle, section 7.
Partial section

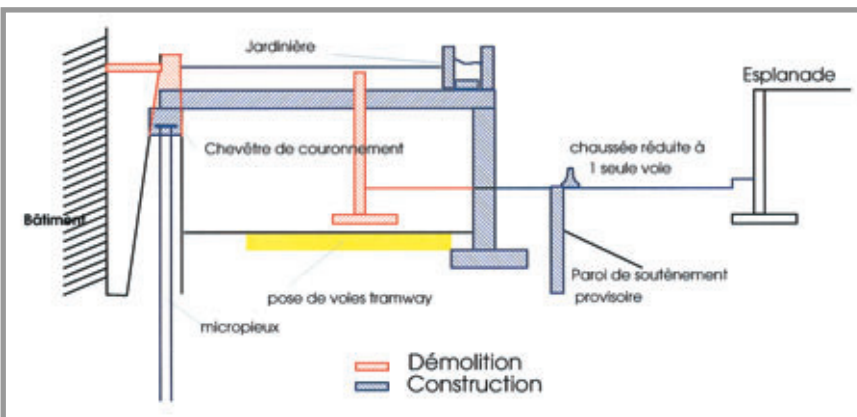
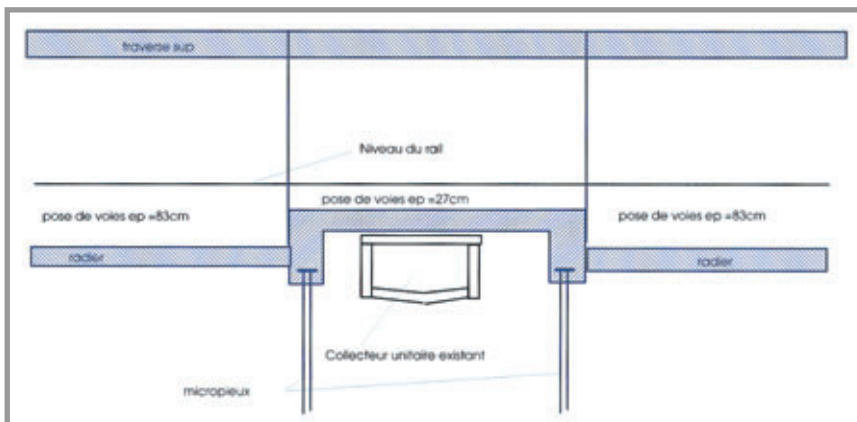


Figure 9
Avenue de la Citadelle, tronçon 7.
Coupe longitudinale du cadre au droit du franchissement du collecteur unitaire

Avenue de la Citadelle, section 7.
Longitudinal cross-section of the frame at the crossing of the unit sewer



De plus, compte tenu de la nécessité de maintenir la circulation routière en permanence pour les usagers venant du tunnel de la Comédie, la structure retenue doit permettre une réalisation par phases et sous circulation. Le maintien de la circulation nécessite :

- ◆ une réalisation par plots ;
- ◆ l'exécution des terrassements en taupe.

La structure retenue comporte une série de pieux de 800 mm de diamètre espacés de 3 m et butonnés en tête par la dalle de couverture coulée en place de 0,50 m d'épaisseur et supportant la chaussée.

L'implantation des pieux est calée de façon à conserver un cheminement de service et de sécurité de 0,50 m de part et d'autre du GLO.

Le phasage de construction est le suivant :

- ◆ forage et bétonnage des pieux par plots à partir de la chaussée existante ;
- ◆ terrassements par plots sur 1 à 2 m de profondeur ;
- ◆ réalisation de la dalle de couverture ;
- ◆ réalisation des terrassements en taupe dès réalisation de l'ensemble de la dalle de couverture ;
- ◆ réalisation des parois intérieures du "tunnel".

Tronçon 7 (figures 7, 8 et 9)

Ce tronçon correspond à l'avenue Frédéric Mistral. Sur ce tronçon, les voies tramway s'inscrivent sur la voie de droite de la trémie de sortie du tunnel de la Comédie et sous l'emprise du trottoir sud existant le long de l'avenue Frédéric Mistral.

Des sondages, des relevés topographiques ainsi que des fouilles archéologiques ont mis en évidence que :

- ◆ les bâtiments situés le long de cette avenue sont construits à l'avant de l'ancien mur de fortification de la ville de Montpellier ;
- ◆ l'espace situé entre ce mur et la façade de chacun des immeubles n'est pas remblayé et constitue de ce fait des cours anglaises accessibles ;
- ◆ cet ancien mur de fortification comporte un fruit côté bâtiments mais possède un parement vertical du côté de la trémie routière, avec localement de petits contreforts.

La structure retenue pour ce tronçon est le cadre fermé en béton armé pour la quasi totalité du tronçon. En effet compte tenu de la présence de certains points particuliers ou de l'exiguïté du site des adaptations locales sont nécessaires.

Elles concernent :

- ◆ l'interruption du cadre courant au droit du franchissement d'un collecteur unitaire en maçonnerie existant (hauteur 1,70 m pour une largeur de 1,20 m environ) sous les voies ;
- ◆ afin d'éviter de déstabiliser cet ouvrage on prévoit un cadre fermé en béton armé reposant sur les deux cadres adjacents dont les radiers ont été munis chacun d'une bêche transversale située de part et d'autre du collecteur et fondée sur micropieux ;

◆ à la sortie du tunnel routier, correspondant à la fin du tronçon, l'espace disponible ne permettant pas de retenir une structure de type cadre et de conserver un cheminement piéton de sécurité de 0,50 m de part et d'autre du GLO, on retient une structure de type portique sur micropieux.

Cette structure comporte un piédroit en béton armé (côté trémie routière) fondé sur semelle superficielle, une traverse en béton armé de 40 cm d'épaisseur appuyée sur le piédroit et reposant côté bâtiments sur un chevêtre en béton armé couronnant le mur de fortification existant et fondé sur micropieux.

Les schémas ci-joints illustrent les principes retenus.

Tronçon 8 (figure 10)

Afin de maintenir la continuité du cheminement piéton, il faut envisager la reconstruction d'un ouvrage permettant le franchissement de la brèche constituée par les voies SNCF et le viaduc projeté. La proximité des voies SNCF et la présence des semelles des piles du viaduc ne permettent pas d'envisager la création d'un appui intermédiaire. L'ouvrage comportera donc une travée unique.

Compte tenu du parti architectural (intrados du tablier arrondi) et de la portée, le type de tablier retenu est la dalle en béton précontraint de 28 m de portée.

Les appuis sont constitués de chevêtres en béton armé fondés sur pieux côté Esplanade et micropieux côté Lycée, ancrés sous le niveau de la plate-forme tramway dans les sables de Montpellier très compacts.

Le tablier est muni de jardinières latérales permettant d'assurer une "continuité verte" entre l'Esplanade et le lycée Joffre.

Des auvents de protection vis-à-vis des caténaires SNCF sont prévus sur les deux rives du tablier.

Exécution des travaux

Les travaux ont été exécutés en 1998 et 1999.

Ouvrages provisoires

Compte tenu d'une part de l'obligation faite à l'entreprise de maintenir les circulations existantes (piétons et véhicules) et d'autre part de la présence à proximité immédiate du chantier des voies sous circulation (SNCF et voies routières), il a été nécessaire de réaliser les ouvrages provisoires décrits ci-après.

Passerelle d'accès au lycée Joffre

Afin de rétablir le cheminement piétons entre l'Esplanade et le lycée Joffre avant la démolition des ouvrages existants (pont voûte et passerelle) une passerelle provisoire de type Mabey Johnson de 38 m de portée environ franchissant l'avenue de la Citadelle et la trémie ferroviaire a été mise en

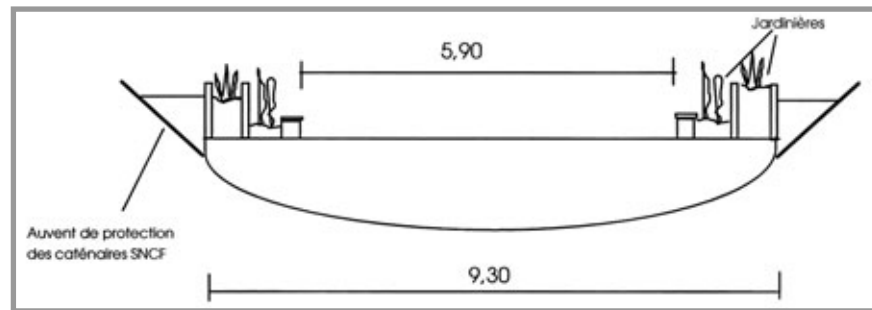


Figure 10
Passerelle
du lycée Joffre.
Coupe
transversale

Lycée Joffre
footbridge.
Cross section

place au début du chantier. La mise en place de la passerelle sur ces appuis a été exécutée en 1 heure environ sous coupures d'alimentation des caténaires et interruption de circulation des trains.

Passerelles avenue Frédéric Mistral

Le maintien de l'accès des riverains aux habitations de l'avenue Frédéric Mistral a été assurée en préalable aux travaux de terrassement par la mise en place d'une passerelle métallique de 90 m de long environ sur 2 m de large.

Les éléments de passerelle étaient appuyés sur des consoles fixées au travers du mur de fortification en maçonnerie délimitant les cours anglaises privées.

Cet ouvrage provisoire a été maintenu en place jusqu'au moment où la circulation piétonne a pu être assurée sur l'ouvrage définitif soit durant 8 mois environ. De plus, compte tenu de l'exiguïté du site et lors de certaines phases d'intervention, une passerelle métallique provisoire a été mise en place au dessus de la trémie routière (brèche franchie de l'ordre de 7 m) pour permettre d'assurer la desserte de la place de la Comédie.

Paroi de blindage provisoire avenue Frédéric Mistral

La circulation routière dans la trémie de sortie du tunnel de la Comédie devait être assurée pendant toute la durée du chantier y compris lors de la phase de terrassement pour réalisation du cadre de l'avenue Frédéric Mistral soit 6 m environ sous le niveau de la chaussée.

La solution d'une paroi berlinoise ancrée en tête a été retenue.

Ecran de protection vis-à-vis des chutes de pierres

La proximité de la gare SNCF ne rendant pas possible la neutralisation de la voie ferrée située en pied du mur de la trémie ferroviaire à démolir, un dispositif de protection était prévu afin d'éviter la chute de pierres lors des travaux de démolition du mur.

Ce dispositif devait pouvoir être mis en place lors périodes horaires autorisées par la SNCF (une heure environ par jour non garantie).

La solution retenue comprend :

◆ un écran continu sur 280 m de longueur et 12 m



Avenue de la Citadelle. Ouvrages
des tronçons 4 et 5 et passerelle
du lycée en cours de finition

Avenue de la Citadelle. Structures
on sections 4 and 5 and lycée footbridge
being completed

Ouvrage du Triangle.
Démolition par sciage de l'escalier monumental existant
Triangle structure. Demolition by sawing of existing monumental stairway



Figure 11
Ouvrage du Triangle. Coupe de principe au droit du bâtiment
Triangle structure. Schematic section at building level

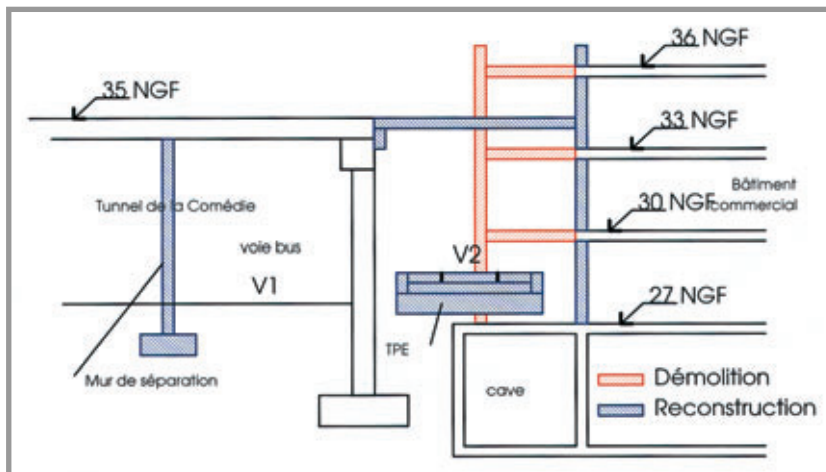


Figure 12
Ouvrage du Triangle. Coupe de principe au droit de l'escalier
Triangle structure. Schematic section at stairway
Triangle structure. Schematic section at access ramp

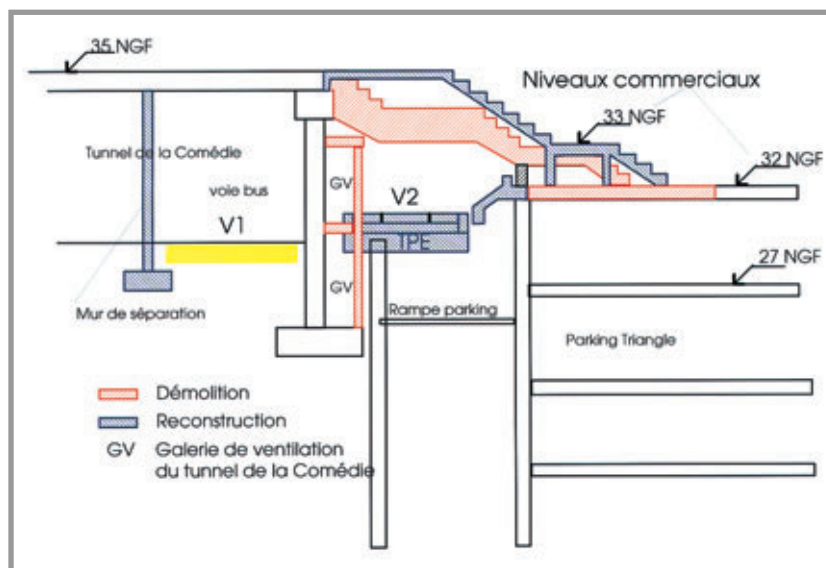
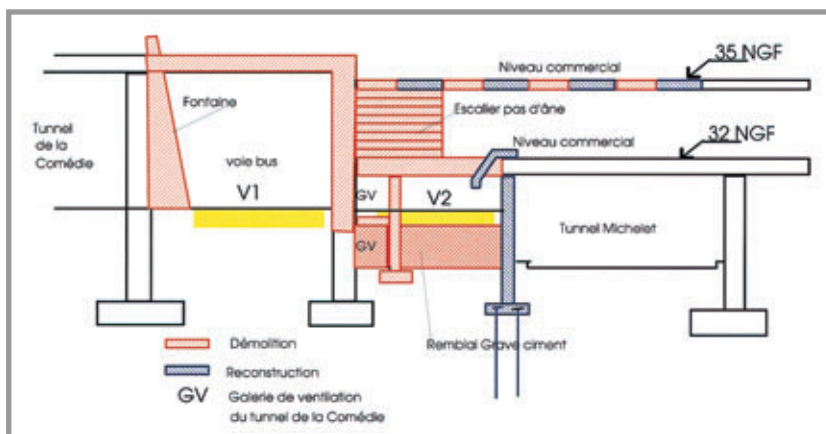


Figure 13
Ouvrage du Triangle. Coupe de principe au droit de la trémie d'accès



de hauteur environ constitué d'un grillage double torsion, et d'un filtre géotextile ;
 ◆ des profilés type HEA 180 doubles fixés verticalement tous les 20 m environ au moyen de tiges d'ancrage de 1 m de longueurs scellées dans les maçonneries du mur existant ;
 ◆ des câbles tendus horizontalement tous les mètres entre les montants verticaux.
 Dès la fin d'une passe de terrassement de 1 m environ, les pierres retenues dans le filet étaient retirées manuellement de manière à ne pas constituer d'obstacle hors gabarit lors du passage des trains. La nature des terrains en place ne permettant pas la réalisation des terrassements en une seule fois sur la hauteur prévue (environ 12 m maximum), la paroi clouée de soutènement des terres du jardin de l'Esplanade a été réalisée parallèlement aux travaux de terrassement par passe de l'ordre de 1 m. Au fur et à mesure de l'évolution des terrassements, le filet était arasé et les câbles déposés en maintenant une hauteur de 2 m au-dessus du niveau des terrassements afin de constituer une clôture du chantier. De même, les profilés métalliques verticaux étaient arasés périodiquement sous coupures d'alimentation électrique des caténaires SNCF.

Travaux au voisinage des voies ferrées

Les dates d'interruption de circulation ferroviaire pour notamment la mise en place de la passerelle provisoire du lycée Joffre et pour le coulage du tablier de la passerelle définitive avait été arrêtées avant même le début des travaux en accord avec les impératifs de la SNCF programmés pratiquement 2 ans à l'avance.
 En ce qui concerne les travaux à proximité des voies, des périodes d'interruption de circulation et d'alimentation (courant de traction) simultanées sur les deux voies pouvaient être accordées à l'entreprise entre 9 h 20 et 10 h 25 sauf cas de force majeure. Ces consignations devaient être planifiées à l'avance en accord avec les services concernés de la SNCF.
 Tous les travaux aux abords des voies SNCF ont été réalisés en présence d'agents SNCF pour assurer la procédure d'arrêt total des circulations en cas d'incident.

Conclusion

Grâce à la collaboration efficace entre les divers intervenants et notamment les services concernés de la SNCF et de la ville de Montpellier, l'entreprise BEC Frères Construction SA a réalisé les travaux dans les délais prévus et ce malgré des conditions d'intervention délicates liées à l'exiguïté du site (chantier de 500 m de longueur mais de 8 à 12 m de largeur coincé entre la voie ferrée, et l'Esplanade pour l'avenue de la Citadelle, et entre des bâtiments existants et la trémie de sortie du tunnel de la Comédie pour l'avenue Frédéric Mistral).

■ OUVRAGES DU TRIANGLE PLACE DE LA COMÉDIE

Tracés des voies du tramway

La zone concernée par les ouvrages du Triangle place de la Comédie est comprise entre la trémie actuelle du tunnel de la Comédie au début de l'avenue Frédéric Mistral et la rue Baudin, soit une longueur de 160 m environ. Le projet prévoit que la voie nord du tramway (V1) emprunte le tracé de l'ancienne voie bus pénétrant dans le tunnel par une trémie existante place de la Comédie.

La voie sud (V2) passe au travers de la copropriété du Triangle en restant sous la dalle permettant la liaison piétonne située au niveau de la place de la Comédie. Elle traverse les niveaux inférieurs de locaux commerciaux, puis passe au dessus de la trémie de descente au parking du Triangle, avant de remonter sur la couverture de la place de la Comédie par une trémie à créer.

Les deux voies du tramway s'inscrivent donc de part et d'autre du piédroit sud du tunnel de la Comédie. Le passage de la voie sud à travers plusieurs niveaux de dalles et de planchers suppose un remodelage substantiel des structures de la zone.

Description des travaux réalisés

Ouvrage nord (V1)

L'ouvrage nord est un aménagement du tunnel de la Comédie permettant de séparer les véhicules et le tramway. Les travaux consistent en :

◆ **la construction d'un mur séparant tunnel routier et tramway.** Compte tenu de l'utilisation de l'ancienne voie réservée au bus pour le passage de la voie V1 du tramway, il est nécessaire du point de vue de la sécurité de créer un ouvrage séparant le trafic routier des voies tramway.

Le mur de séparation (M2 et M3) d'une longueur totale de 60 m environ et fermant le tunnel sur toute sa hauteur (environ 5 m), résiste aux chocs de véhicules et permet d'isoler chaque tunnel vis-à-vis des fumées en cas d'incendie ;

◆ **le réaménagement de la ventilation du tunnel.** Compte tenu de l'inscription de la voie tramway sur l'emprise de la galerie de ventilation latérale existante à démolir, la ventilation en plafond du tunnel routier est prolongée par la création de bouches supplémentaires et par le réglage de la totalité des clapets de l'ensemble du tunnel existant. Ces travaux ont été réalisés sous le contrôle du CETU ;

◆ **la modification de la trémie de sortie.** La trémie de sortie de la voie V1 au niveau de la place de la Comédie s'inscrivant le long du piédroit sud du tunnel et sur l'emprise d'une fontaine, celle-ci a été démolie et le piédroit mis à nu.

Ouvrage sud (voie V2)

La voie V2 s'inscrivant au travers de bâtiments à



Ouvrage du Triangle. Construction du plancher au niveau 32 NGF. Les poutres du tablier en poutrelles enrobées sont mises en place. Le voile arrière du bâtiment commercial est reconstruit

Triangle structure. Construction of floor at 32 NGF level. The coated-joist girders of the deck are placed. The rear shell of the business building is reconstructed

usage commercial ou de dalles d'accès aux divers niveaux commerciaux, les travaux comprennent principalement des démolitions de planchers, poutres et poteaux ainsi que le franchissement d'une trémie d'accès à un parking souterrain de deux niveaux.

Aménagement de locaux commerciaux (figure 11)

Le piédroit sud du tunnel de la Comédie et le voile arrière d'un bâtiment à usage commercial sont séparés par un espace remblayé de largeur variant entre 2 et 4 m et servant de jardinière au niveau supérieur de la place de la Comédie. Le passage de la voie sud le long du piédroit du tunnel implique la démolition, après enlèvement des matériaux de remblai, du mur en béton banché constituant le mur nord des quatre niveaux de locaux. Compte tenu de la structure porteuse (voiles porteuses) les travaux se sont déroulés hors exploitation commerciale. Les phases principales ont été les suivantes :

- ◆ création de trémie au travers des planchers pour permettre l'approvisionnement du chantier ;
- ◆ construction de nouvelles voiles entre chaque plancher ;
- ◆ terrassement du remblai entre piédroit du tunnel mur arrière du bâtiment commercial ;
- ◆ sciage des murs et planchers au ras du mur arrière construit ;
- ◆ démolition à la pince à béton des voiles et planchers.

Démolition d'un escalier monumental en béton armé (figure 12)

Le gabarit du tramway le long du piédroit sud du tunnel de la Comédie nécessite la démolition d'un escalier en béton armé constitué de poutres en béton armé de grande hauteur reposant, pour une extrémité, sur un corbeau créé en tête du piédroit du tunnel et pour l'autre extrémité sur la structure du bâtiment du Triangle constituée de poteaux et de poutres. L'ensemble des dalles, paillasses, limons et poutres de l'escalier a été démoli par sciage (plots de 2 t maximum) et évacué en décharge.

La construction de l'escalier définitif comportant des marches de verre ayant été différée, les travaux comprennent :

- ◆ la mise en place de l'ossature définitive de l'escalier constituée de huit poutres HEA 360 ;
- ◆ la création d'un palier en partie haute de l'escalier constitué d'une dalle en béton armé supportée par les poutres métalliques ;



Avenue de la Citadelle. Mise en place du dispositif antichute de pierres sur les voies SNCF

Avenue de la Citadelle. Installation of stone retention system over the railway tracks

**Ouvrage du Triangle.
Démolition des planchers
aux niveaux 32 et 35 NGF
et de la trémie d'accès
au tunnel**

**Triangle structure.
Demolition of floors
at 32 and 35 NGF levels
and of the access ramp
to the tunnel**



**Ouvrage du Triangle.
Aménagements
des structures terminées
avant mise en place
des voies tramway**

**Triangle structure. Works
on structures completed
before the placing
of the tramway tracks**



◆ la mise en place des marches provisoires en tôle larmée antidérapante.

Pour maintenir la desserte piétonne de l'ensemble des zones commerciales pendant toute la durée des phases de démolition et de reconstruction, un escalier provisoire métallique a été mis en place.

Ouvrage de franchissement par le tramway de la trémie d'accès au parking souterrain (figures 11, 12 et 13)

L'ouvrage de franchissement de la trémie hélicoïdale d'accès au parking souterrain du Triangle est constitué d'un tablier à poutrelles enrobées comportant huit poutres HEB 650 de 23,29 m de portée, destiné à supporter la voie V2 dont le dispositif de pose de voie de 83 cm d'épaisseur comprend le système d'amortissement constitué d'un tapis de Sylomer, une dalle flottante en béton armé, le béton de blocage de traverses et le revêtement. Le tablier repose sur des chevêtres fondés sur micropieux ancrés à un niveau inférieur à celui de la paroi moulée constituant l'enceinte du parking du Triangle.

Pendant toute la durée de la démolition de l'escalier monumental et la construction du tablier, un platelage de protection couvrant la trémie d'accès au parking a été mis en place.

La démolition et la reconstruction des dalles d'accès (figure 13)

Compte tenu de la volonté architecturale "d'aérer" les structures existantes afin de visualiser le passage de rames du tramway d'une part et d'autre part d'éloigner le public des voies du tramway en créant un plan incliné à 45°, les dalles d'accès aux niveaux commerciaux ainsi que leur ossature porteuse constituée de poutres et de poteaux ont été démolies et reconstruites.

Le maintien de la circulation piétonne (plusieurs milliers de personnes par jour) a été assuré pendant la totalité de la durée des travaux soit en procédant à la démolition et à la reconstruction des dalles par demi-largeur soit en mettant en place des platelage provisoire permettant les divers cheminements afin de garantir en permanence une largeur minimale de passage de l'ordre de 12 m.

Exécution des ouvrages

Les problèmes particuliers rencontrés sur ce chantier ont été liés principalement d'une part à l'exiguïté du chantier et aux conditions d'accès et d'autre part au maintien permanent des circulations piétonnes. Les travaux ont été exécutés en 1998 et 1999.

Conditions d'accès

L'accès au chantier par la place de la Comédie étant autorisé à titre exceptionnel compte tenu du caractère de la place et du nombre important d'animations qui s'y déroulent toute l'année, le seul accès possible au chantier se situait au niveau inférieur par le tunnel de la Comédie.

La quasi totalité des produits de démolition a été évacuée par le tunnel jusqu'à la fermeture de l'accès lors de la construction du mur de séparation entre tunnel et voies tramway.

Pour la suite des travaux, les accès lourds au chantier se faisaient par la place de la Comédie en dehors des heures d'animation et avec des précautions particulières vis-à-vis des piétons.

Maintien des circulations

Le chantier, situé dans un environnement exclusivement piétonnier en surface et comportant des voies rapides et étroites en souterrain (tunnel et accès parking du Triangle) les travaux ont nécessité des dispositions particulières afin de maintenir en toute sécurité les circulations des piétons et des véhicules. A titre d'exemple, des procédures ont été mises en place pour permettre l'insertion des véhicules de chantier dans le trafic routier à l'intérieur du tunnel de la Comédie.

En ce qui concerne le maintien des circulations piétonnes le phasage de réalisation a permis de ménager en permanence des cheminements de 12 m de largeur pour les piétons dont une voie de 3 m pour les véhicules de secours.

De plus un dispositif de retenue a été mis en place autour de l'ensemble du chantier afin de garantir la sécurité du public vis-à-vis des risques de chute.

Ce dispositif constitué d'une glissière béton supportant une clôture rigide a rempli pleinement sa fonction notamment lors de la Coupe du Monde de football où des milliers de supporters étaient rassemblés sur la place de la Comédie.

■ CONCLUSIONS

Comme toute intervention sur des ouvrages existants, la connaissance des structures initiales d'une part et des modifications apportées durant la vie de l'ouvrage d'autre part constitue une des conditions de la réussite des travaux.

Les documents d'archives disponibles ne permettaient pas d'avoir une connaissance précise de la structure réelle de l'ouvrage du fait de nombreuses modifications depuis sa construction. Il a donc été demandé à l'entreprise d'installer le bureau d'études sur chantier dès le début du chantier de manière à suivre la phase de mise à nu de la structure (démolitions des revêtements existants tels que carrelages, faux plafonds, cloisons, contre-cloisons, etc.). Cette organisation a permis de réagir très rapidement à chaque découverte des modifications apportées à la structure initiale et n'ayant pas fait l'objet de document de récolement.

Une autre condition de la réussite d'un chantier de ce type est la prise en compte permanente de l'ensemble des contraintes liées à la proximité du public, et aux conditions difficiles d'accès.

Par la prise en compte très en amont des problèmes le groupement d'entreprises Chantiers Modernes - Simeco a totalement rempli sa mission.

* * *

Les ouvrages neufs de l'ensemble de la première ligne de tramway de l'agglomération de Montpellier ont été terminés à la fin du premier semestre 1999. Les zones concernées ont ensuite été mises à disposition des entreprises titulaires des marchés relatifs à la pose des voies et aux revêtements pour permettre la mise en service de la ligne dans les délais prévus.

Une étroite collaboration entre les différents partenaires impliqués – depuis le stade de l'appel d'offres jusqu'à la réalisation ainsi que la rapidité dans la prise de décision – ont été des éléments très importants dans la réussite de ces travaux, qui comme toute intervention en zone fortement urbanisée présentent des problèmes souvent liés à l'exiguïté des sites, au maintien des circulations et des accès riverains en toute sécurité.

ABSTRACT

The structures of the tramway in the town of Montpellier

G. Deambrogio

The first tramway line of the Montpellier urban center runs along 15 km in the heart of the city.

The creation of such an infrastructure in the town centre called for the following with regard to engineering structures :

- the strengthening of certain existing structures;
- the construction of eight new structures designed to support either the tramway tracks or the new roads induced by the modification of the traffic plan.

The article concerns the seven structures for which the BCEOM had prime contracting responsibility within the Groupement d'Ingénierie du Tramway de l'Agglomération de Montpellier (GITRAM) composed of Semaly (agent), BCEOM, Beterem and the group of architects, of which the Cabinet A. Garcia-Diaz is the agent.

It describes briefly the main characteristics of all these structures and, more precisely, those located around the Place de la Comédie, the city's nerve centre : the structures of the Triangle and those of the Citadelle and Fr. Mistral avenues.

RESUMEN ESPAÑOL

Las grandes estructuras del tranvía de la aglomeración urbana de Montpellier

G. Deambrogio

La primera línea del tranvía de la aglomeración urbana de Montpellier se extiende sobre 15 km en el núcleo central de la ciudad.

La creación de semejante infraestructura en el casco urbano ha precisado ejecutar las siguientes estructuras;

- la consolidación de diversas estructuras existentes;
- la construcción de ocho nuevas estructuras destinadas a soportar, ya sea las nuevas vías del tranvía, o bien, las nuevas vías necesarias debido a la modificación del plan de circulación.

En el presente artículo se describen siete estructuras, cuya dirección técnica ha estado a cargo del BCEOM, inte-

grado en el Grupo de Ingeniería del Tranvía de la Aglomeración de Montpellier (GITRAM), compuesto por Semaly (mandatario), BCEOM, Beterem y el grupo de arquitectos encabezado por el gabinete A. García-Díaz.

Se describen de forma resumida las principales características de estas estructuras y se definen con mayor precisión aquellas que se encuentran alrededor de la plaza de la Comedia, centro neurálgico de la ciudad, o sea las estructuras del Triangle y aquellas de las avenidas de la Citadelle y de Fr. Mistral.

La reconstruction du à Mostar en Bosnie

Le "Stari Most" ¹ achevé en 1566, doit sa réputation à la pureté de ses lignes, sa qualité d'exécution, l'éclat de sa pierre, la beauté de son environnement, la couleur magique de la rivière Neretva qu'il franchit et malheureusement aussi aux conditions de sa destruction le 9 novembre 1993.

La définition du projet de restauration passe tout d'abord par une écoute des Mostariens afin de comprendre ce qu'ils attendent de leur nouveau "Stari Most".

Cette reconstruction soulève de nombreuses questions éthiques telles que : Où commence et où s'arrête l'authenticité ? Doit-on parler d'une réplique, d'une copie ou d'une imitation ? Doit-on réutiliser

les pierres de l'ancien pont ? Des réponses ne peuvent être données que si un langage commun est trouvé par tous les participants à la reconstruction : historiens, archéologues, architectes et constructeurs de ponts. La recherche historique, la connaissance de l'organisation du chantier originel et l'archéologie du bâti doivent aider dans ce sens. Ensuite le projet technique devient plus simple, parce que moins subjectif. Nous sommes aujourd'hui rentrés dans cette phase.



Figure 1
Carte de la Bosnie et Herzégovine
Map of Bosnia-Herzegovina

■ HISTORIQUE ET CONDITIONS DE LA DESTRUCTION

La construction du "Stari Most" réputé comme le plus beau pont ottoman au monde s'est achevée en 1566 (an 974 de l'hidjra, suivant une inscription située sur l'ouvrage). Sa construction aurait duré 9 ans. Cet ouvrage construit par Hayreddin, élève du maître Sinan ingénieur militaire devenu architecte du sultan Souleymane I^{er}, s'inscrit tant par la technologie utilisée pour sa construction que par sa définition géométrique, dans la lignée des ponts ottomans construits par Sinan dans la région lors de l'invasion des Balkans par les Ottomans. Le pont a été détruit le 9 novembre 1993 par l'artillerie des milices croates de Bosnie et Herzégovine. Après une succession de tirs directs effectués par un char situé en surplomb, sur une colline en aval du pont, celui-ci a cédé à la clé puis s'est brisé à la naissance des voûtes, s'effondrant irrémédiablement dans le lit de la rivière Neretva (figure 1).

■ DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

L'ouvrage a été implanté à la sortie d'un méandre, là où les berges forment un goulet naturel. La lar-

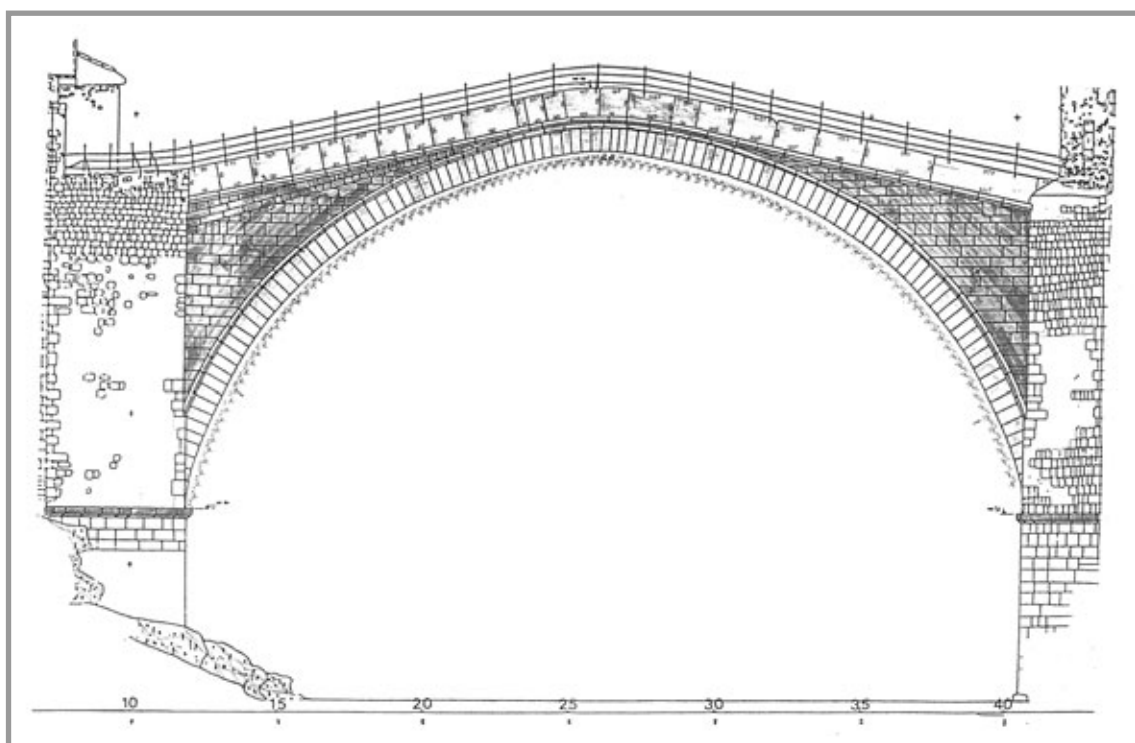


Figure 2
Elévation de l'ouvrage depuis l'aval,
extrait du relevé photogrammétrique
de 1980

Elevation of structure from downstream end,
taken from photogrammetry survey of 1980
Source Dzihad Pasic

(1) "Stari Most", signifie littéralement "Vieux pont". Les anciens habitants de Mostar l'avaient surnommé "Le vieux".

"Stari Most" et Herzégovine

geur du goulet mesurée entre berges en régime de basses eaux est de 21 m.

La rivière dont le niveau peut varier très soudainement atteint dans ce goulet naturel des vitesses très importantes et des hauteurs allant jusqu'à 2/3 de la voûte. Cette implantation, idéale pour une voûte en pierre de cette portée, a favorisé le développement d'importantes érosions du substrat composé de poudingue constituant les fondations des murs de culées de l'ouvrage. Comme cela avait été le cas au XVI^e siècle, le chantier de reconstruction devra être organisé de façon à permettre la mise en place du cintre, des voussoirs et le décintrement durant une période de basses eaux (entre mai et octobre). Il convient également de noter que la situation hydraulique associée à un habitat historique très dense complique la mise en place des installations de chantier et du cintre pour la mise en place des voussoirs de la voûte.

Les dimensions de l'ouvrage avaient été définies à l'époque en utilisant une unité de mesure d'origine turque appelée "arshin" et correspondant environ à 0,62 m.

Le pont était donc composé d'une voûte sensiblement plein cintre d'une portée de 28,52 m (46 arshins) (figure 2). Le centre du cercle définissant l'intrados était abaissé d'environ quatre arshins par rapport à la naissance de la voûte. L'ouvrage d'une largeur totale de 3,95 m permettait le passage de piétons et d'animaux de bât. Le profil longitudinal en dos d'âne facilitait l'évacuation des eaux de ruissellement et assurait un tirant d'air minimum en cas de crues.

La géométrie de l'intrados ne correspond pas exactement à celle d'une voûte plein cintre. Ceci s'explique par les irrégularités du cintre utilisé à l'époque, ses déformées pendant la construction et par des déformations qu'auraient subies la voûte et les appuis dans leur vie, certainement suite à des sollicitations d'ordre sismique, fréquentes dans la région. A l'exception de la base originale des deux culées, bâties en brèche et en poudingue du substrat local, toute la pierre utilisée dans l'ouvrage est constituée de calcaire oolithique ferme à grain fin. Cette pierre, appelée Tenelja, provient d'une carrière située à 10 km au sud en aval du pont.

Les voussoirs au nombre de 450 étaient dressés sur lit de pose en mortier de chaux et joints par des tenons en métal. Ces tenons étaient scellés au plomb dans des réservations taillées à cet effet. Un canal en forme de V était taillé dans chaque voussoir depuis l'extrados jusqu'à la réservation laissée pour le tenon, permettant ainsi le coulage

du plomb de scellement. Cinq lignes d'agrafes en métal forgé étaient de la même façon scellées sur l'extrados des voussoirs et assuraient ainsi le monolithisme de la structure, la rendant très résistante vis-à-vis des sollicitations horizontales (figure 3). L'ancrage des parapets sur la corniche supérieure se faisait de la même façon que pour les voussoirs. Un évidement avait été réalisé derrière les murs d'écoinçon et au dessus de l'extrados, dans un souci d'allégement. Il règne depuis la naissance de la voûte jusqu'au tiers de la portée.

■ MONTAGE INSTITUTIONNEL ET FINANCIER

En 1998, un partenariat a été constitué entre la Banque Mondiale, la ville de Mostar et l'Unesco dans le but de mettre en œuvre, gérer et réaliser le projet appelé "Projet pilote de l'héritage culturel". Le projet, auquel sont également associées la fondation Aga Khan et la World Monuments Funds comprend trois composantes :

- ◆ la restauration du pont, des deux tours médiévales et des maisons contiguës à l'ouvrage (mission pour laquelle BCEOM assure l'assistance technique à la conduite d'opérations de la ville);

Gilles Pequeux



CHEF DE LA MISSION
D'ASSISTANCE
TECHNIQUE
INGÉNIEUR OUVRAGES
D'ART
BCEOM

Jean-Claude Bessac



ARCHÉOLOGUE
DE LA CONSTRUCTION
Consultant du BCEOM

Carlo Blasi

ARCHITECTE CONSEIL
AUPRÈS DE LA BANQUE MONDIALE

Figure 3
Coupe, vue en plan d'une partie de l'extrados et éclaté de l'ouvrage avec détail d'assemblage des voussoirs par l'intermédiaire des tenons et agrafes

Section, plan view of part of the arch backside and exploded view of structure with segment assembly detail using tenons and staples

Source Dzihad Pasic

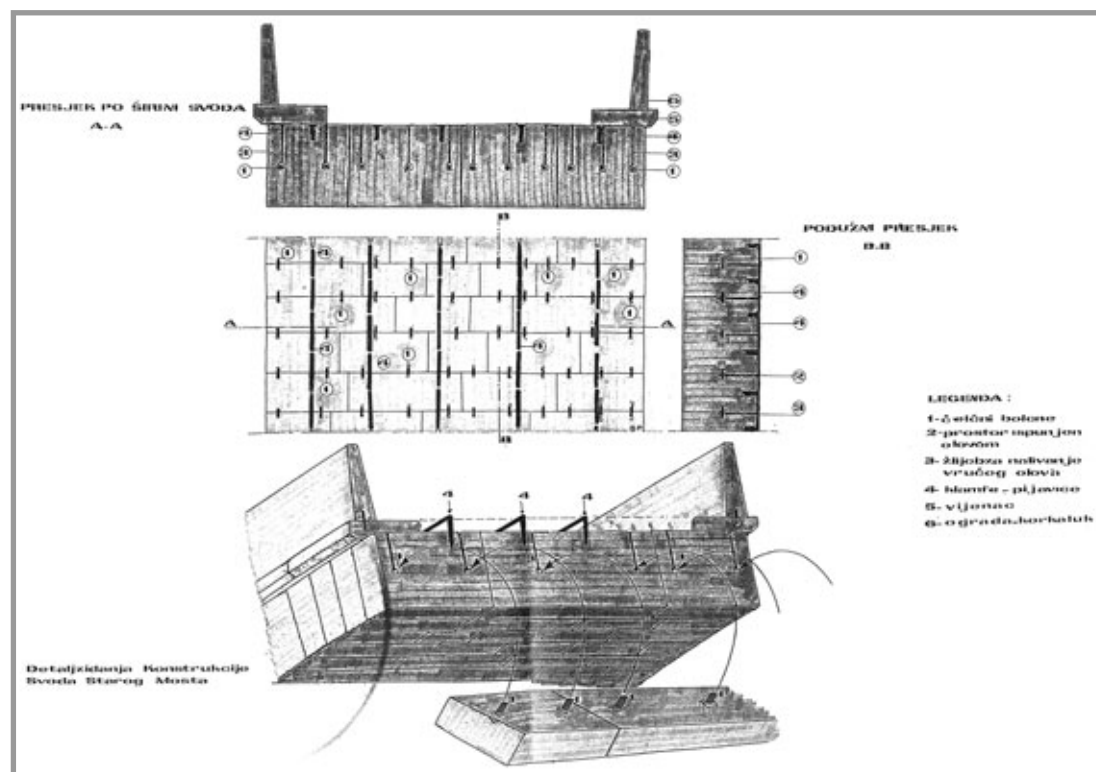


Photo 1
Arrachement de l'arche
du pont de Mostar à sa
naissance sur sa culée
occidentale; à l'arrière
plan, à gauche, apparaît
la plate-forme
de stockage des blocs
repêchés
dans la Neretva

Removal of arch on the
Mostar bridge at its
origin on a western
abutment; on left in
background, the storage
platform for blocks
fished out of the river



- ◆ la restauration de 15 monuments représentatifs de l'héritage multiethnique de la ville;

- ◆ la restauration de l'habitat individuel de la "Starigrad", la vieille ville entourant le pont. La conduite d'opérations de ces deux dernières composantes revient à la fondation Aga Khan et à la World Monuments Funds.

Les rôles des partenaires s'établissent comme suit :

- ◆ la Banque Mondiale, assure l'administration des fonds constitués d'un crédit et d'un ensemble de donations bilatérales, et le contrôle financier du projet. Elle définit les mécanismes et procédures d'organisation et d'attribution des appels d'offres, suit le respect des procédures, informe les donateurs et assure la promotion du projet;

- ◆ l'Unesco a mis en place pour le projet un Comité international d'experts composé d'ingénieurs, d'architectes, de spécialistes de l'art ottoman des Balkans, d'archéologues et d'historiens de l'art. Ce comité se réunit régulièrement à Mostar. Il a pour rôle, en coopération avec la conduite d'opérations, de s'assurer que les exigences techniques, historiques, culturelles sont respectées tout au long de la mise en œuvre de l'opération. Toutes les options et décisions sont prises en concertation et avec l'accord du Comité international d'experts;

- ◆ la ville de Mostar, assure la maîtrise d'ouvrage et la conduite d'opérations. Les autorités ont délégué la maîtrise d'ouvrage à une structure locale appelée PCU, (*Project Coordination Unit*) dont dépendent également l'assistance technique offerte par la Commission européenne (BCEOM) et l'assistance technique offerte par Aga Khan pour les deux autres composantes.

L'ensemble du projet, c'est-à-dire les trois composantes est estimé à 16 millions d'euros dont 8 millions pour le pont, les tours et les études préparatoires pour le pont.

Le projet est financé par un crédit de 4 millions

USD, concédé par la Banque Mondiale à la ville de Mostar. Le reste du projet est financé sur donations, 2 millions d'euros Italie, 1 million Turquie, 1 million Pays-Bas, 0,1 million Slovénie et 0,4 million Commission européenne.

La France, la Suisse, l'Autriche, la Suède, l'Espagne et les Etats-Unis ont exprimé leur souhait de participer au financement du projet. A ce jour le financement est assuré à près de 50 %.

■ LES RECHERCHES SUR LE CHANTIER ORIGINAL DU PONT DE MOSTAR

D'un point de vue pratique, le projet de remontage du pont ne concerne que très secondairement le rétablissement d'un point de passage entre les deux rives de la Neretva; il vise avant tout la restauration d'un ouvrage d'art d'une très grande valeur pour le patrimoine historique et monumental. Parmi les divers aspects de l'approche d'une telle restauration, l'étude du fonctionnement et des techniques du chantier initial se trouve à la jonction des historiens et des constructeurs d'ouvrages d'art. La documentation actuellement disponible est muette à ce sujet. Ce n'est donc que par l'intermédiaire de l'archéologie du bâti que l'on peut aborder ce domaine.

A partir des vestiges du pont encore en place, comme les culées, la naissance de l'arche (photo 1) et des pierres repêchées dans la rivière (photos 2 et 3), il s'agit d'identifier les indices significatifs en vue de retrouver l'histoire de ce chantier de construction et de ses techniques, de la carrière au monument fini. Cette recherche est actuellement en cours. C'est pourquoi il ne sera présenté ici que la problématique générale de la démarche et ses liens principaux avec le futur chantier de restauration par l'intermédiaire de quelques exemples essentiels. Dans l'ordre chronologique du chantier initial, le premier thème à prendre en considération est la définition de la commande du pont. S'agit-il d'un ouvrage strictement fonctionnel ou bien existe-t-il une volonté avouée ou sous-jacente de démonstration technique, voire esthétique, de la part des commanditaires ou de la maîtrise d'œuvre? La réponse à cette question est fondamentale pour les grandes orientations des choix de restauration. L'analyse des formes architectoniques, de l'appareillage des pierres et du traitement devrait nous éclairer à ce sujet.

Tout aussi importantes pour la connaissance du chantier ottoman sont la caractérisation technique et la localisation géographique des matériaux utilisés dans le cadre des possibilités géologiques et minières locales. Par rapport au pont, la position des exploitations de pierre implique une organisation spécifique de carrières, du transport des blocs et de leur stockage, qui évite à la fois les encom-

brements et les ruptures d'approvisionnement tout en garantissant le séchage de l'eau de carrière contenue dans la roche. Rappelons que le chantier historique, comme le chantier de restauration, est tributaire du calendrier des crues, l'espace disponible autour du pont pouvant se réduire considérablement en quelques heures.

Les particularités géologiques et techniques des roches disponibles localement imposent souvent le format des blocs, l'outillage utilisé, l'aspect final de l'ouvrage, la durée de l'extraction et de la taille. La recherche de ces données est indispensable aux débats préalables au choix d'un parti de restauration ainsi qu'à l'élaboration des spécifications techniques nécessaires à l'appel d'offres. Par ailleurs au moment du démarrage pratique du chantier, la diffusion de l'information auprès des professionnels actuels de la construction sur les méthodes de travail de leurs prédécesseurs, ne peut constituer qu'un facteur complémentaire de qualité et de motivation.

■ LES PROBLÈMES ÉTHIQUES ET TECHNIQUES POSÉS PAR LA RESTAURATION DU PONT

Bien que l'on ne dispose pas de sondages d'opinions, il semblerait que la population de Mostar souhaite retrouver son pont exactement comme il était auparavant. Ce point de vue local semble en accord avec les grands principes de restauration tels qu'ils ont été initiés par la charte de Venise, puis précisés à l'occasion d'autres rencontres internationales consacrées à l'éthique dans ce domaine. Il suffit de prendre la précaution de distinguer les parties restaurées des éléments authentiques en les séparant par un joint teinté par exemple. Mais faut-il et peut-on copier, point par point, l'état antérieur que l'on connaît précisément par des photographies et par des relevés ou bien, doit-on se limiter à l'esprit de la construction initiale ?

La question se révèle plus compliquée qu'elle n'apparaît au premier abord et l'on peut vite dériver vers des solutions extrêmes inacceptables ou irréalisables. Par exemple, une copie très fidèle de l'état antérieur devrait intégrer la restauration des anciennes réparations qui se sont totalement fondues dans le monument, tant par la volonté des restaurateurs d'alors que grâce à l'action du temps. D'un autre côté, à la suite de contraintes ou d'impératifs imprévisibles, certaines pierres offrent des formes et des dimensions différentes de la moyenne en vigueur dans le pont. Notons, par exemple, l'utilisation d'une strate de roche plus étroite que ses voisines, la récupération d'un bloc cassé accidentellement, etc. D'un point de vue éthique, comme économique ne serait-il pas abusif de reproduire exactement, aux mêmes points du pont ces ano-



Photo 2
Groupe de voussoirs encore assemblés sur le dessus par des agrafes en métal forgé scellées au plomb; au premier plan apparaît un joint en coupe avec deux tenons également scellés au plomb dont on aperçoit le canal de coulée vertical; la ligne horizontale correspond à un forage d'injection pour le coulis de ciment employé en 1970 au cours des dernières consolidations du pont avant sa destruction

Group of arch segments still assembled on top by means of lead-sealed forged metal staples; in foreground, a joint in section with two tenons also lead-sealed, in which the vertical casting channel can be seen; the horizontal line corresponds to grout drilling for cement slurry used in 1970 during the bridge's last consolidations before demolition



Photo 3
Élément type d'archivolte dans l'état où il a été repêché dans la Neretva; sur son lit d'attente, il reste encore les agrafes forgées en queue d'aronde et un tenon pris dans sa gaine de plomb

Typical archivolt element in the condition in which it was taken from the Neretva River; on its bed, there are still forged dovetail staples and a tenon in its lead sheath

malies d'appareil qui sont, par définition, totalement aléatoires ? Il en est de même pour le traitement des surfaces : les variations dans l'aspect de la taille traditionnelle des parements résultent de la diversité individuelle des habitudes et des "tours de main" des tailleurs de pierre d'alors.

Si l'on écarte la copie au seul profit de l'esprit de la construction initiale et si l'on adopte l'hypothèse d'une commande et d'une réalisation à 100 % fonctionnelle, dans l'absolu, on pourrait refaire une arche en béton armé en se disant que, si les ottomans avaient disposé de ce matériau, ils l'auraient ainsi réalisé. C'est la solution radicale qui a été adoptée pour la réfection de l'aqueduc antique de Split, au-dessus de la trouée résultant de l'élargissement de la sortie nord de la ville. Sans aller



jusqu'à cette extrémité, dans une telle optique, il serait envisageable de refaire le pont en pierre, en adoptant pour l'ensemble du façonnage, les machines actuelles. Mais bien que très avantageux et conforme à l'esprit original de la construction du pont, le résultat heurterait très fortement notre sensibilité historique et esthétique.

Une restauration consisterait à reconstruire le pont à la fois dans l'esprit et dans le contexte technique de l'époque, à l'exemple des pratiques de l'archéologie expérimentale. Mais si une telle solution est envisageable pour des œuvres très réduites et partielles, comme la taille de quelques voussoirs, elle poserait d'énormes problèmes humains et financiers pour la réalisation d'un grand ouvrage de génie civil. Il faudrait notamment aller chercher dans les rares pays où ils subsistent encore, des carriers qui sachent extraire et débiter manuellement la pierre.

Par conséquent, la voie la plus raisonnable semble être un subtil dosage d'imitation et de technique moderne, qui respecte au mieux l'esprit de la construction historique. A partir des données de l'archéologie du bâti, mais aussi de la connaissance des limites des entreprises de restauration actuelles, il serait souhaitable d'élaborer des compromis techniques et éthiques qui soient à la hauteur de ce monument historique, tout à fait hors du commun.

■ MONTAGE TECHNIQUE DU PROJET

Le parti pris pour la restauration du pont est, malgré les difficultés que cela représente, d'étudier minutieusement chaque détail du projet avec le comité d'experts, et de régler la majorité des problèmes techniques avant que les appels d'offres de restauration et reconstruction ne soient lancés. Le souhait est, en fait, de maîtriser au mieux et dans ses moindres détails le projet avant que les travaux ne commencent, afin d'éviter une hémarragie des coûts, des délais voire une remise en cause de l'éthique du projet en cours de travaux qui auraient des conséquences catastrophiques pour l'opération.

L'assistance technique, en coopération avec le Comité international d'experts de l'Unesco, a travaillé pendant près d'une année sur les problèmes éthiques mentionnés au paragraphe précédent : l'histoire du chantier, la possibilité de réutilisation des anciennes pierres repêchées, l'organisation technique des études préparatoires et les aspects culturels et historiques. En conclusion de ces différentes discussions un projet technique a pris forme et s'articule ainsi.

La phase 1 intitulée études préparatoires comprend, d'une part les études nécessaires à la préparation détaillée des appels d'offres internationaux de tra-

voux et, d'autre part, les études utiles pour la production de tous les documents de travail et d'études destinées à être approuvées par le Comité international d'experts.

Ces études préparatoires comprennent :

- ◆ une bathymétrie du fond de rivière, une reconnaissance géotechnique des fondations de l'ouvrage, une reconnaissance de l'état des culées, une étude sur la réutilisation possible des moignons subsistant de l'ancien pont, la définition d'un programme d'instrumentation de l'ouvrage durant et après construction et plus généralement une analyse pathologique et une étude des mesures compensatoires et conservatoires à prévoir pour les culées et les fondations ;

- ◆ une digitalisation des photos et relevés avant destruction qui sera utilisée comme document de base pour la définition du projet ;

- ◆ une photogrammétrie de la situation actuelle permettant de projeter précisément les travaux de réparations à réaliser et de définir les prestations à prévoir pour le projet ;

- ◆ un modèle numérique de l'ouvrage qui aura pour but de montrer le comportement du pont en cas de sollicitations exceptionnelles, le comportement des mortiers dans la structure, le comportement des tenons et des agrafes, les déformations de cintre lors de l'exécution. Cette étude est informative, le but n'étant pas de redimensionner l'ouvrage ;

- ◆ des études de laboratoires sur la pierre et également sur la pierre de l'ancien pont qui a séjourné 6 ans dans l'eau afin de déterminer si celles-ci pouvaient être utilisées pour la restauration ;

- ◆ des études de laboratoires sur les mortiers anciens, les plombs, les agrafes, les tenons avec recherche des composants d'origine, recherche des caractéristiques chimiques, mécaniques, etc. ;

- ◆ des essais de laboratoires sur les composants proposés pour le projet (mortiers, plomb, métal) ;

- ◆ une étude sur le comportement mécanique d'un appareillage de voussoirs incluant mortiers, plomb, tenons et agrafes ;

- ◆ une mission complète d'architecte pour l'étude de la restauration des tours et des bâtiments contigus à l'ouvrage ;

- ◆ des études documentaires nécessaires au projet de reconstruction et comprenant entre autres : une recherche de documents historiques relatifs à l'architecture ottomane et les outils de taille de cette époque.

Un dossier d'appel d'offres sera constitué sur la base des conclusions d'études et rapports préparés durant la phase 1. Les travaux devraient être divisés en trois lots : un appel d'offres pour la restauration du pont et les travaux compensatoires et conservatoires des fondations et murs de culée, et un appel d'offres pour chaque extrémité de pont (tour et bâtiments contigus).

Ces appels d'offres internationaux seront certainement sujets à préqualification. La phase 1 en

cours de réalisation devrait être achevée au printemps 2001, sauf obstacle majeur.

La phase 2 correspond à la phase travaux. Pour la restauration du pont, compte tenu des contraintes hydrauliques mentionnées précédemment, le cintre doit se trouver assemblé au plus tard en début de saison de basses eaux, ce qui impose que les contrats de travaux soient signés avant le printemps. Si la phase 1 se trouvait être retardée, le démarrage des travaux serait par conséquent reporté d'une année. Dans le meilleur des cas, une signature du contrat de travaux au printemps 2001 permettrait d'envisager une livraison de l'ouvrage à l'été 2002.

ABSTRACT

Reconstruction of the "Stari Most" at Mostar in Bosnia-Herzegovina

G. Pequeux, J.-Cl. Bessac, C. Blasi

The "Stari Most" (literally old bridge) completed in 1566 owes its reputation to the purity of its lines, its construction quality, the sparkled of its stone, the beauty of its surroundings, the magic colour of the Neretva River which it crosses and, unfortunately, also to the conditions under which it was destroyed on 9 November 1993. The definition of the restoration project called initially for the opinion of Mostarians in order to understand what they expected of their new "Stari Most".

This reconstruction raises many ethical questions, such as : Where does authenticity begin or end ? Should one speak of a replica, a copy or an imitation ? Should the stones of the old bridge be used ?

Answers can be given only if a common language is found by all the participants in the reconstruction : historians, archaeologists, architects and builders. Historical research, knowledge of the organisation of the original project and the archaeology of the built-up area should help in this matter. Then, the technical design becomes simpler because it is less subjective. We have entered into the phase today.

RESUMEN ESPAÑOL

La reconstrucción del "Stari Most" de Mostar, en Bosnia y Herzegovina

G. Pequeux, J.-Cl. Bessac y C. Blasi

El "Stari Most" (literalmente, puente viejo) terminado en 1566, debe su reputación a la pureza de sus líneas, su calidad de ejecución, el resplandor de su piedra, la belleza de su entorno, el color mágico del río Neretva que salva este puente y, desdichadamente, también a las condiciones de su destrucción el 9 de noviembre de 1993. La definición del proyecto de restauración precisa, en primer lugar, ponerse a la escucha de los habitantes de Mostar, para mejor comprender aquello que anhelan para su nuevo puente "Stari Most".

Esta reconstrucción plantea numerosos problemas éticos, como, por ejemplo : ¿Dónde da comienzo y donde termina

la autenticidad ? ¿Debemos obtener una réplica, una copia o una imitación ? ¿Se deben reutilizar las piedras del puente antiguo ? Resulta imposible obtener las respuestas si no se adopta un lenguaje común por parte de todos los participantes en la reconstrucción : historiadores, arqueólogos, arquitectos y constructores del puente.

La investigación histórica, el conocimiento de la organización de la obra original y la arqueología de las edificaciones existentes pueden constituir una ayuda valiosa en este sentido. A continuación, el proyecto técnico resulta más sencillo, al ser menos subjetivo. Es en esta fase donde nos encontramos actualmente.

L'extension du Parc d'exposition de Paris Nord Villepinte

Gérard Delacroix

DIRECTEUR
DE LA CONSTRUCTION
Sipac



© F. Cornoli

Les extensions du Parc des Expositions de Paris Nord Villepinte et du Palais des Congrès de Paris ont marqué la volonté de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris d'accompagner dans leur développement les activités "Congrès et Salons" à Paris et en Ile-de-France.

Augmenter leurs surfaces d'expositions et moderniser leurs équipements techniques était en effet devenu une nécessité pour les responsables des sociétés d'exploitation de ces deux sites, en concurrence permanente avec les parcs d'expositions ou lieux de congrès des grandes capitales européennes, américaines ou asiatiques.

Ces deux grandes opérations représentant un investissement d'un milliard de francs HT ont été réalisées sans interruption des activités commerciales, dans des délais extrêmement courts : 23 mois pour l'extension du Palais des Congrès de Paris et 10 mois et demi pour la construction du hall 7 à Villepinte.

Christian de Portzamparc avait à relever le défi de devoir greffer 40 000 m² de surfaces nouvelles sur un bâtiment existant, datant des années 1970.

On peut aujourd'hui relever que ces deux architectures d'époques et de styles différents se respectent mutuellement et que la nouvelle façade d'une longueur de 150 m referme le côté Nord de la place de la Porte Maillot, contribuant ainsi à améliorer la qualité de l'espace urbain et à donner au Palais des Congrès de Paris une image forte.

Architecture Studio a pour sa part eu le mérite d'avoir mis à disposition de notre projet les capacités de création d'une très grande équipe sans lesquelles il n'aurait pas été possible de réaliser en 15 mois les études puis la réalisation d'un bâtiment de cette importance et de cette qualité, tant architecturale que technique et fonctionnelle.

Je souhaite aussi associer à la réussite de ces deux opérations les bureaux d'études Setec, Setete, les organismes de pilotage ODM et Gemo, nos principaux assistants Setae pour le contrôle des coûts, enfin Jean-Paul Lamoureux pour les conseils précieux qu'il nous a apporté dans les domaines de l'acoustique et de l'éclairage.

Jean-François Bonne

ARCHITECTE
Architecture Studio



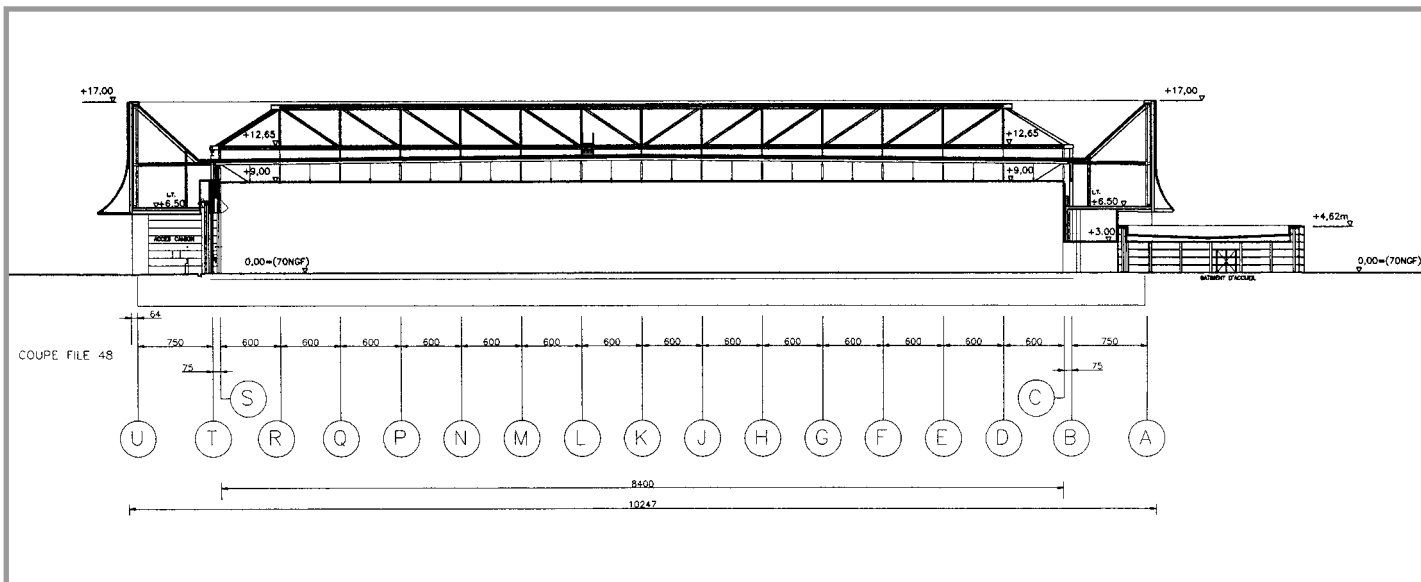
© Gaston

Le développement des salons français, et d'une façon générale, l'expansion du marché international des manifestations commerciales, ont conduit la société d'exploitation du Parc d'Exposition de Paris Nord Villepinte à envisager l'extension du parc existant. La construction du hall 7 représente la réalisation d'une première tranche de travaux. Ce nouveau bâtiment situé à l'arrière du hall 5, apparaît ainsi comme le premier pas du projet d'extension, qui doit se développer vers la commune de Tremblay. D'une surface totale hors œuvre nette de 30600 m² (soit 26000 m² utiles d'exposition), ce nouveau bâtiment portera la capacité totale de surface d'exposition du parc à 192600 m².

■ UN BÂTIMENT FONCTIONNEL - UNE IMAGE DOUCE ET REPÉRABLE

Le bâtiment veut exprimer sa vocation de lieu d'exposition : répondre à l'efficacité d'une "machine à

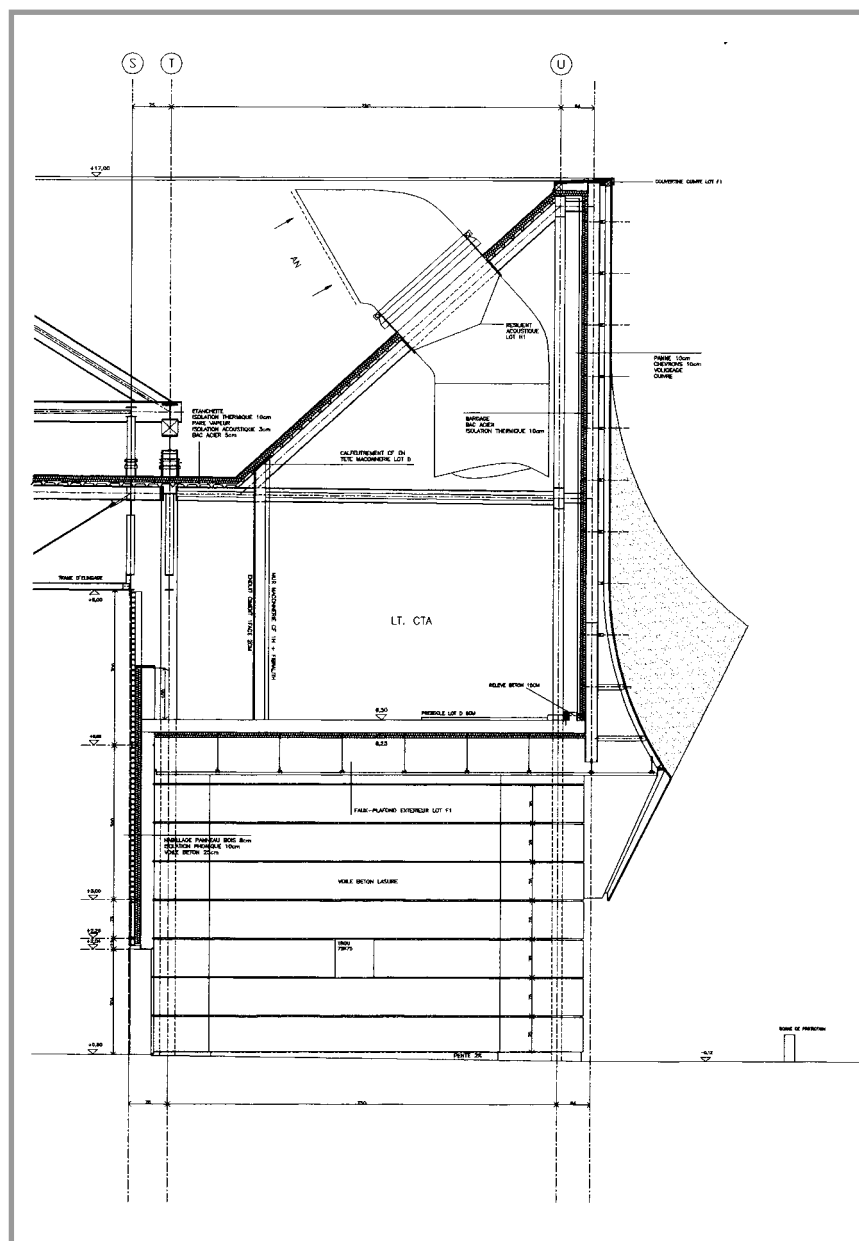
exposer", tout en offrant une nouvelle image du parc, préfigurant l'avenir. Le nouveau bâtiment intègre toutes les données techniques qui font la qualité fonctionnelle d'un bâtiment d'exposition et offre l'image forte d'une monumentalité douce. La rigueur fonctionnelle est assouplie par la douceur des courbes et le choix du cuivre pré-oxydé vert, comme matériau principal de la façade. Le bâtiment se présente sous la forme simple d'un grand rectangle de 308 m de long par 100 m de large. La hauteur libre sous la nappe de charpente est de 9 m. Les deux long-pans sont doublés par une travée de 7,5 m de large qui abrite l'ensemble des locaux de service : au rez-de-chaussée, les locaux d'accueil, les salles de réunions, les bureaux d'accueil exposants, les offices traiteurs, les sanitaires, les locaux de stockage et de maintenance ; à l'étage, au niveau 6,50 l'ensemble des locaux techniques de climatisation ; en sous-sol, au niveau - 3,00, les locaux techniques, surpresseur d'air comprimé, groupe électrogène, onduleur, transformateurs et une galerie technique à l'axe du hall permettant d'innover les caniveaux techniques ali-



Coupe transversale du bâtiment
Cross-section of building

mentant les surfaces d'exposition. Les poutres principales ont une portée de 85 m et 4,5 m de hauteur; elles sont situées au-dessus de la couverture, les façades remontent en acrotère jusqu'à une hauteur de 17 m ce qui permet de masquer derrière cet écran les différentes prises d'air et rejets des centrales de traitement d'air, tout en limitant leur niveau sonore. Même si la poutre est présente à travers une portée libre de 85 m, elle n'a pas été recherchée pour la performance, mais pour offrir un espace intérieur d'une pureté parfaite. Les quinze mégapoutres ne sont d'ailleurs pas perceptibles, ni depuis l'extérieur ni depuis l'intérieur du bâtiment; c'est l'espace induit, la simplicité de son volume, la rigueur et la légèreté des structures visibles, qui font la force du projet. L'absence visuelle des poutres rend la performance encore plus magique, plus mystérieuse. Sur un quadrilatère de 308 m par 85 m, la surface est totalement libérée de tout point porteur, pour recevoir tout type d'exposition. Cette surface de 26 000 m² est recoupée en trois compartiments séparés par des volumes libres de 8 m. Au droit de ces volumes libres, il sera possible de cloisonner l'espace par des cloisons mobiles escamotables dans des rangements latéraux. Une souplesse totale d'implantation des stands est possible grâce à un réseau dense de caniveaux techniques (maille de 6 m), une résille d'élingage de 3 m x 3 à 9 m de hauteur et un système d'équipements techniques modulaires pour l'éclairage, la sonorisation, la ventilation, la climatisation, le chauffage et le désenfumage. Les façades des pignons sont vitrées et prolongées à l'extérieur vers des esplanades plantées. Le bâtiment offre ainsi, en tout point de la surface d'exposition, une vue sur l'extérieur. La façade sud est vitrée sur une hauteur de 9 m et la façade nord sur 3 m; cette asymétrie permet de s'orienter plus facilement dans l'espace du bâtiment. La régularité de l'espace intérieur est volontairement rompue pour marquer la zone de l'accueil. Un élégant volume de verre regroupant les activités annexes introduit la géométrie de l'existant. Ce bâtiment vient se glisser dans la halle, exprimant le décalage de la trame existante et de la trame future.

Coupe sur les locaux techniques et locaux de service
Section of technical areas and service areas



Bernard Fraignac
CHEF DE PROJET
Société Eiffel

Le défi proposé aux entreprises du lot "charpente métallique" était le suivant : étudier, fabriquer et monter 3700 t de charpente métallique en 7 mois. La charpente était scindée en deux parties :

- ◆ la structure principale, constituée par 15 mégapoutres de 85 m de portée, portant la couverture (attribuée à Eiffel, mandataire), représentait 2500 t de charpente ;
- ◆ la structure secondaire, composée essentiellement de la résille de toiture, représentant 1200 t de charpente, (attribuée à Paimboeuf).

Dès le mois d'avril 1998, deux bureaux de calcul et trois bureaux de dessin travaillant en coordination étaient mobilisés et les aciers étaient commandés en forge ; à la fin mai 1998, l'essentiel des plans d'exécution étaient "bons pour réalisation". Les fabrications commencèrent en juin 1998, cinq ateliers attaquaient les éléments de structure principale et deux autres les éléments de la structure secondaire. Le montage a débuté le 3 août 1998 par l'assemblage au sol de la première des 15 mégapoutres de 85 m de portée. A partir du 15 août 1998, les poutres étaient levées à l'aide de deux grues de 250 t à raison d'une poutre tous les deux jours. Aussitôt les poutres levées, la place était occupée par les équipes chargées de l'assemblage et du levage de la résille. Quatre-vingt-dix monteurs en charpente, cinq techniciens et deux ingénieurs étaient en charge des travaux de montage. Le 9 octobre 1998, la dernière des mégapoutres était levée, et début novembre 1998, le montage de la charpente était achevé. Les travaux de couverture et bardage commencés début septembre 1998, pouvaient se terminer.

- 12 sondages avec essais pressiométriques,
- 2 sondages carottés,
- 6 sondages à la pelle.

Les résultats de cette campagne ont mis en évidence une structure constituée :

- ◆ d'une couverture (A) de l'ancien terrain naturel constituée de remblais de nature très hétérogène d'une épaisseur variant entre 0,6 à 6,8 m d'épaisseur (moyenne : 4,5) provenant des déblais des travaux de terrassement datant de la construction des premiers halls dans les années quatre-vingt ;
- ◆ du terrain naturel (B) constitué de :
 - limons des plateaux (épaisseur 0,3 à 0,9 m),
 - marnes infragypseuses (épaisseur 1,1 à 3,7 m),
 - marnes calcaire de Saint-Ouen (épaisseur 5,9 à 10 m).

Dés lors, il est apparu à la maîtrise d'œuvre que la nature très hétérogène du remblai (A), qui plus est surchargé par endroit de 2 à 3 m d'épaisseur complémentaire, augmentée d'une surcharge d'exploitation de 5 t/m² ne permettrait pas de réaliser une plate-forme de bâtiment support de dallage, sans travaux de confortement préalable. Cette analyse a été confortée par des essais de préchargement test, simulant la future configuration, montrant des tassements de 5 à 10 cm.

Après comparaison des techniques de confortement envisageables à savoir :

- ◆ préchargement ;
 - ◆ substitution ;
 - ◆ compactage dynamique ;
 - ◆ injections, etc., la technique retenue a été celle des colonnes ballastées. Cette solution présentait les avantages suivants :
 - ◆ peu de pénalisation eu égard aux délais, la plate-forme étant libérée par tiers au fur et à mesure de l'avancement des travaux ;
 - ◆ pas de mouvements importants d'engins créant des perturbations trop marquées sur l'environnement immédiat ;
 - ◆ technique adaptée à l'hétérogénéité de la mauvaise qualité du remblai ;
 - ◆ technique peu polluante eu égard aux problèmes d'environnement (présence d'une zone habitée à proximité).
- A noter que, les travaux réalisés par le groupement Viafrance - Solétanche Bachy - Menard Soltraitemont ont permis :
- ◆ de conférer aux couches traitées un module d'Young moyen de 200 bars ;
 - ◆ de respecter la contrainte de tassement différentiel de 1 cm sous la règle de 6 m, pour le futur dallage.
- La méthodologie utilisée en conformité avec le DTU 13.2 a été :
- ◆ utilisation de vibreur avec fonçage par lancement à air ;
 - ◆ incorporation de ballast dans les colonnes ;
 - ◆ trame de 2,50 m ou 3 m suivant les zones.
- Trois postes de travail ont été mis en place à par-

Patrice Moet



DIRECTEUR
DE L'INGÉNIERIE
DU BÂTIMENT
Jacobs Serete BET

Philippe Pathiaux



INGÉNIEUR
Jacobs Serete BET

■ PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les travaux d'infrastructure comportaient un quadruple challenge :

- 1** - Préserver le fonctionnement des halls existants du Parc d'Expositions, sans générer de perturbations notables et en respectant notamment les contraintes de sécurité incendie du site.
- 2** - Créer dès le début des travaux, un parking de substitution destiné à remplacer le parking existant sur le site duquel le nouveau hall a été implanté.
- 3** - Assurer une stabilité de la plate-forme de construction du hall, compatible avec les contraintes d'exploitation futures, dans un contexte de substratum hétérogène, et en adoptant une technique de réalisation compatible avec les exigences de délai de l'opération. Dès le démarrage des études en décembre 1997, une campagne de reconnaissance de sols, sur préconisation de l'équipe de maîtrise d'œuvre, a été réalisée par Fondasol. Un maillage de la plate-forme constitué de 20 points de sondage a été réalisé comprenant :

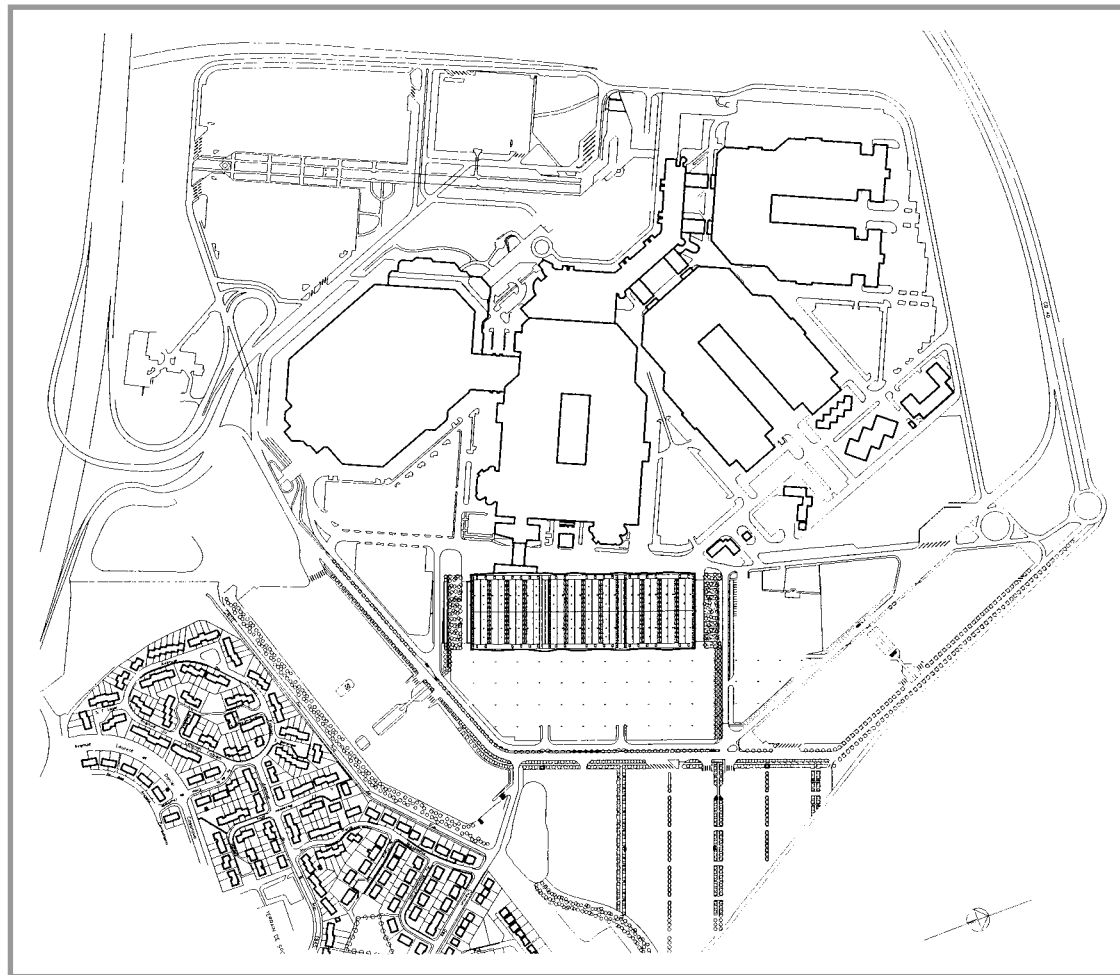
tir du parking existant qui a permis de constituer une plate-forme de travail saine. La vérification des colonnes a été réalisée par essais de chargement. Enfin, les tassements du calcaire de Saint-Ouen après remblaiement ont été maîtrisés du fait du laps de temps d'au moins un mois laissé après réalisation de la plate-forme permettant ainsi un effet de consolidation naturelle sous le poids propre du remblais.

Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- ◆ délai des travaux : 2 mois (8 avril - 8 juin 1998);
- ◆ nombre de machines : 3 unités;
- ◆ nombre de colonnes : 4 950;
- ◆ linéaire : 21 500 m;
- ◆ quantité injectée : 9 500 m³.

4 - Conférer au Parc des Expositions, un plan global de circulation et de stationnement, performant, convivial et assurant facilement une séparation des divers flux cohabitant sur le site :

- ◆ visiteurs;
- ◆ exposants;
- ◆ personnel du site.



Plan de masse
Layout

■ DÉROULEMENT GÉNÉRAL DES TRAVAUX DE VRD

Les études ont débuté en décembre 1997, pour un démarrage des travaux en mars 1998. Les marchés au nombre de trois, ont été attribués au groupement Prigent - Gagneraud - Capocci et à l'entreprise Viafrance. Une première tranche de travaux concernant la voie de desserte principale (emprise 18 m) et le parking de substitution (65 000 m²) a été livrée courant août 1998 pour l'ouverture de la nouvelle saison d'expositions. Les travaux de voirie et réseaux divers des abords du nouveau hall, du parking exposants et d'un nouveau parking visiteurs ont été livrés en mars 1999.

Les caractéristiques principales des travaux sont :

- ◆ les différentes couches constituant les voiries et parkings ont été réalisées en traitant les limons du site aux liants hydrauliques, très peu de matériaux d'apport extérieur ont été nécessaires pour l'ensemble des travaux;

- ◆ les déblais excédentaires ont été mis en remblai sur le site pour former des modelés de hauteur 5,00 m en limite nord-est assurant un écran de protection pour les habitations voisines;

- ◆ les nouveaux parkings exposants ont été équipés de 60 "points utilités" permettant l'évacuation des eaux usées, les alimentations en eau, électricité, courants faibles et air comprimé, ces points d'utilités, destinés aux expositions extérieures, sont connectés aux réseaux situés dans les caniveaux de la halle;

- ◆ un débit de rejet très strict ayant été imposé dès le début des études, le principe de créer un bassin de stockage a été adopté et proposé au permis de construire. En conséquence, une partie des eaux



Assemblage
de la troisième poutre
Assembly
of third girder



Préparation
au montage
de la troisième poutre
Preparation for erection
of third girder

de ruissellement de surface est collectée dans un bassin de rétention étanche d'une capacité de 8 000 m³ avec traitement des hydrocarbures et relevage des effluents avant rejet dans le milieu naturel.

Délais

Les délais de réalisation bien que très tendus ont été respectés malgré les difficultés liées au maintien de l'exploitation du site, entraînant :

- ◆ des déviations coordonnées de réseaux ;
 - ◆ des modifications de circulation pour assurer le bon déroulement des expositions et les accès de sécurité ;
 - ◆ un grand nombre de phasages et sous-phasages.
- Les entreprises ont su s'adapter à ces difficultés inhabituelles et annoncées dès les dossiers d'appel d'offres.

PRINCIPES CONSTRUCTIFS D'UNE GRANDE HALLE

Les délais d'études exceptionnellement courts du hall 7 du Parc d'Expositions de Paris Nord à Villepinte ont eu par eux-mêmes une influence déterminante sur la conception :

- ◆ l'architecte a opté d'emblée pour des formes architecturales modulaires se prêtant à la répétition tant conceptuelle que constructive ;
 - ◆ la charpente principale n'est visible ni de l'extérieur ni de l'intérieur par le public. On a donc proposé des solutions classiques de poutres treillis permettant de courts délais d'études d'exécution et de fabrication ;
 - ◆ le concept général du projet ordonnance les espaces d'usage comme les ouvrages techniques de la manière la plus fonctionnelle qui soit dans une géométrie rigoureuse. A titre d'exemple, les locaux techniques de climatisation sont déployés sur la totalité de la longueur des deux longs pans en correspondance avec la nappe des réseaux inscrits dans la charpente secondaire. Cette intégration fonctionnelle, architecturale et technique était indispensable au respect du délai ;
 - ◆ le fait de construire une partie des superstructures en béton armé répondait certes à un parti architectural. Ceci a aussi permis de commencer en priorité les soubassements pendant la préfabrication de charpente et d'associer ces soubassements au contreventement de la charpente.
- Il est rare que le projet d'un bâtiment aussi important et aussi performant dans ses fonctions soit conçu dans un délai si court. Les premiers traits de crayon ont été tracés lors d'une première réunion, le 1^{er} décembre 1997. Le 15 décembre, le projet sous la forme d'une halle rectangulaire de 85,5 m x 308 m sans poteau enveloppé dans une

construction de 100,5 m x 308 m était arrêté. Les dossiers d'appel d'offres de gros œuvre et de charpente étaient bouclés fin février 1998.

La structure béton

Les travaux de gros œuvre ont été réalisés par GTM. Le dallage de la halle est dimensionné pour une charge d'exploitation de 5 t par mètre carré chargeant uniformément des bandes de 6 m x 85,5 m. Sur le sol renforcé de colonnes ballastées, le dallage associe une couche de forme de 22 cm de grave ciment compactée à une dalle de béton armé de fibres d'acier de 20 cm d'épaisseur avec une finition de durcissage de surface de type surfamétal. Ce dallage intègre 3 840 m de caniveaux techniques disposés dans le sens transversal de la halle et espacés tous les 6 m. Ceux-ci sont desservis par 600 m de galeries techniques, en relation avec les locaux techniques enterrés d'électricité et de fluides. A l'exception du hall d'accueil, les locaux à rez-de-chaussée sur les longs-pans ont une structure à base de voiles transversaux et dalles de béton armé et complétés par des panneaux de façade préfabriqués. La participation des refends au contreventement de la halle est d'autant plus logique que l'architecte voulait éviter la vision, depuis les espaces publics, de diagonales. Ces formes structurelles apportent une judicieuse contribution aux isolements au feu de degré 1 h 30 entre locaux recevant du public et locaux techniques. Les fondations des constructions latérales sont sur semelles superficielles.

La structure métallique

La charpente et la couverture ont été réalisées par le groupement Eiffel - Paimboeuf - Spie Fondations - Sorecob - Soprema. L'ossature principale comprend 15 portiques transversaux constitués de doubles poutres de 85,5 m de portée, formant caisson de 4 m de hauteur entraxes des membrures de 3 ou 6 m de largeur et espacés de 24 m entraxes. L'ensemble du volume de charpente est recoupé par deux joints de dilatation. Les efforts horizontaux du vent sur les longs-pans sont repris par une poutre au vent horizontale au niveau + 11,00 sous la couverture des annexes abritant les centrales d'air. Ils sont ramenés sur les poteaux qui prennent appui horizontalement sur les voiles béton transversaux du rez-de-chaussée. Pour chacun des trois blocs du bâtiment, les efforts longitudinaux du vent sur les pignons, la toiture et les poutres principales sont repris par deux poutres au vent disposées au niveau des membrures inférieures et supérieures des poutres de rive. L'une d'elles, sur le pignon sud, retroussée à l'extérieur, sert de support à un auvent. Les poutres secondaires espacées de 6 m sont constituées de profilés de type IPE 500. Les pannes sont espacées de 3 m. Une

Claude Maisonnier

DIRECTEUR
BET Setec



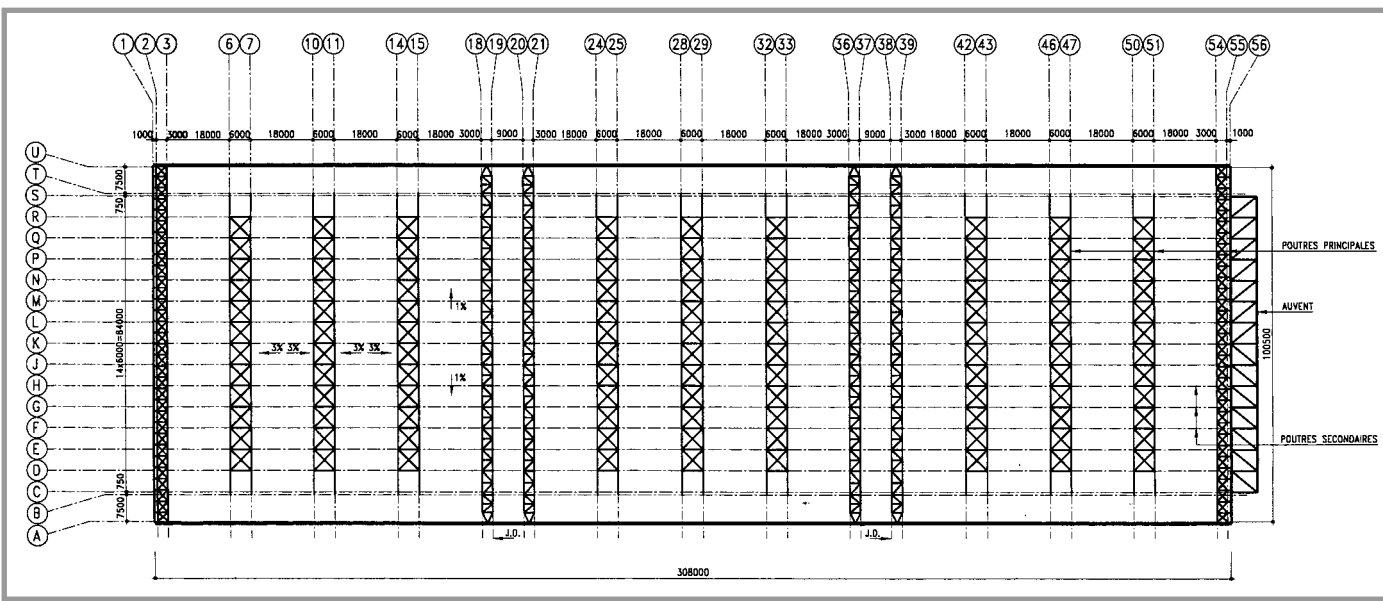
Thierry Genest

INGÉNIEUR PRINCIPAL
Setec BET

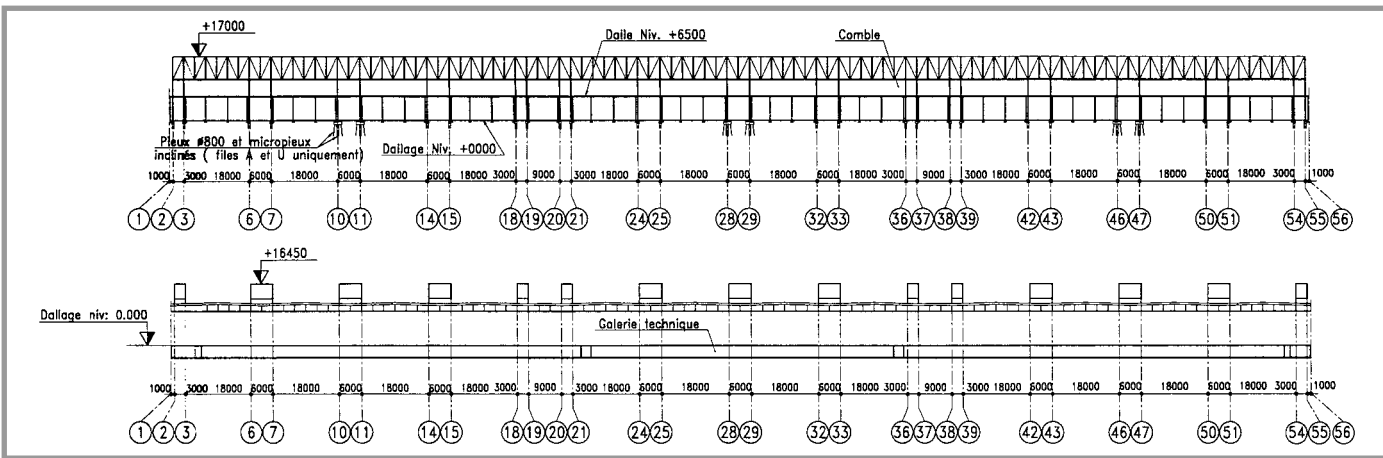


LES PRINCIPALES QUANTITÉS

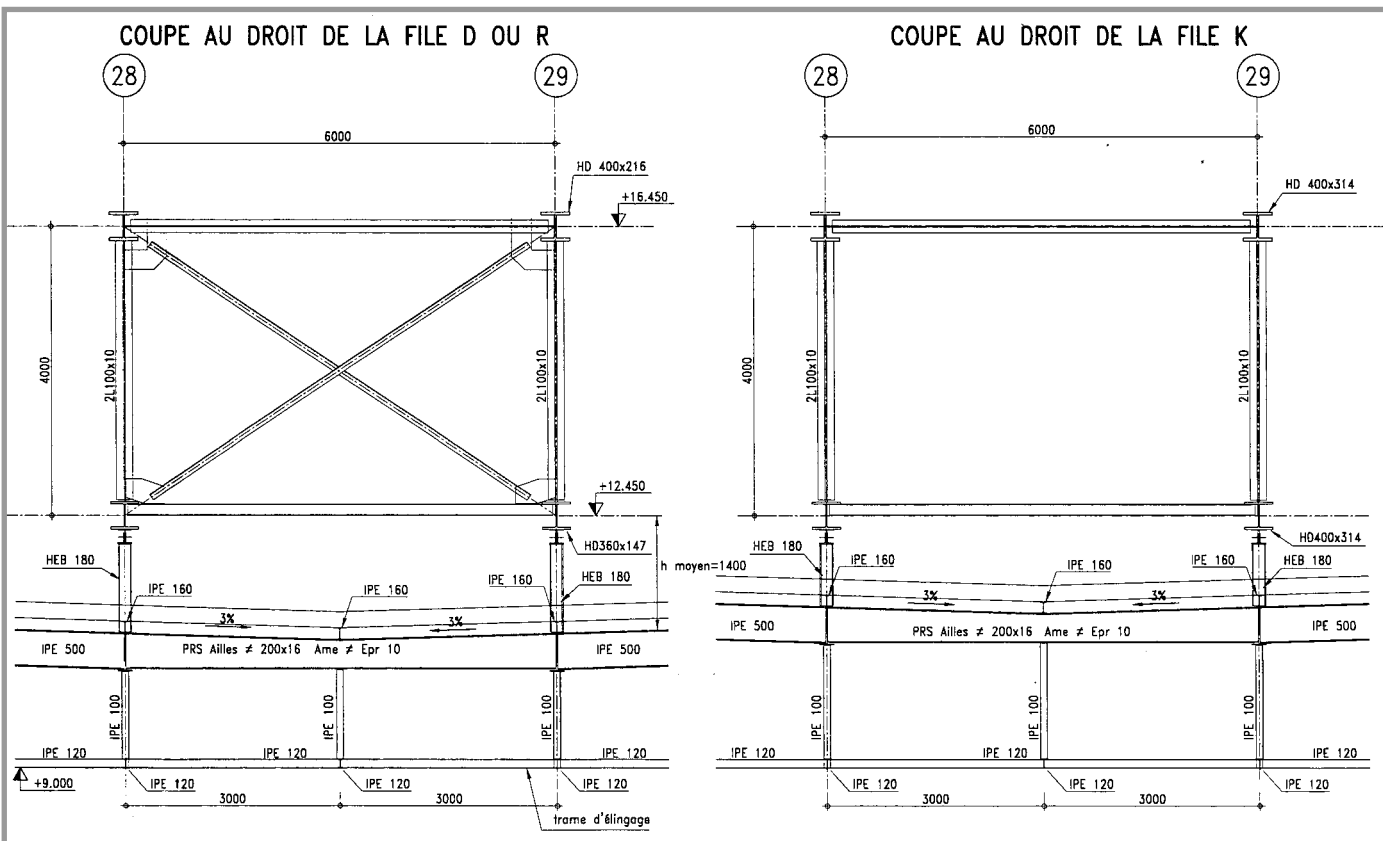
- Terrassements déblais/remblais : 165 000 m³
- Traitement aux liants hydrauliques : 96 000 m³
- Chaussées et parkings : 160 000 m²
- Bordures et caniveaux : 17 000 ml
- Trottoirs en béton noir : 8 000 m²
- Assainissement EP/EU : 9 000 ml
- Eau potable et incendie : 1 400 ml
- Arrosage : 2 900 ml
- Fourreaux divers : 16 000 ml
- Chambres de tirage : 290 u



Toiture : plan d'ensemble des structures principales
 Roof : layout of main structures



Coupes longitudinales sur files A et K
 Longitudinal sections on files A and K



Toiture : coupes sur poutres principales
 Roof : sections of main girders

résille de 3 m x 3 m est accrochée à ces poutres et sert de trame d'élingage avec une capacité de 300 kg sur chaque nœud. La charpente est fondée sur micropieux pour les palées courantes et sur pieux de diamètre 800 mm pour les palées de sta-

bilité. L'association des structures béton sur fondations superficielles au schéma statique de l'ossature métallique a imposé des liaisons des poteaux aux planchers béton avec un degré de liberté de translation verticale.

L'extension du Palais des Congrès de Paris

Christian



de Portzamparc
ARCHITECTE
Atelier de Portzamparc

Donner une nouvelle image du Palais des Congrès de Paris, augmenter d'environ 50 % sa surface utile en élargissant de manière importante les plateaux d'exposition, en créant trois nouvelles salles de congrès et 300 places de parking supplémentaires, réaliser enfin ce vaste projet à un coût de l'ordre de 8000 F le mètre carré – le tout sans interrompre les activités des congrès d'expositions, des spectacles et des commerces –, était l'ambition de Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris en 1995.

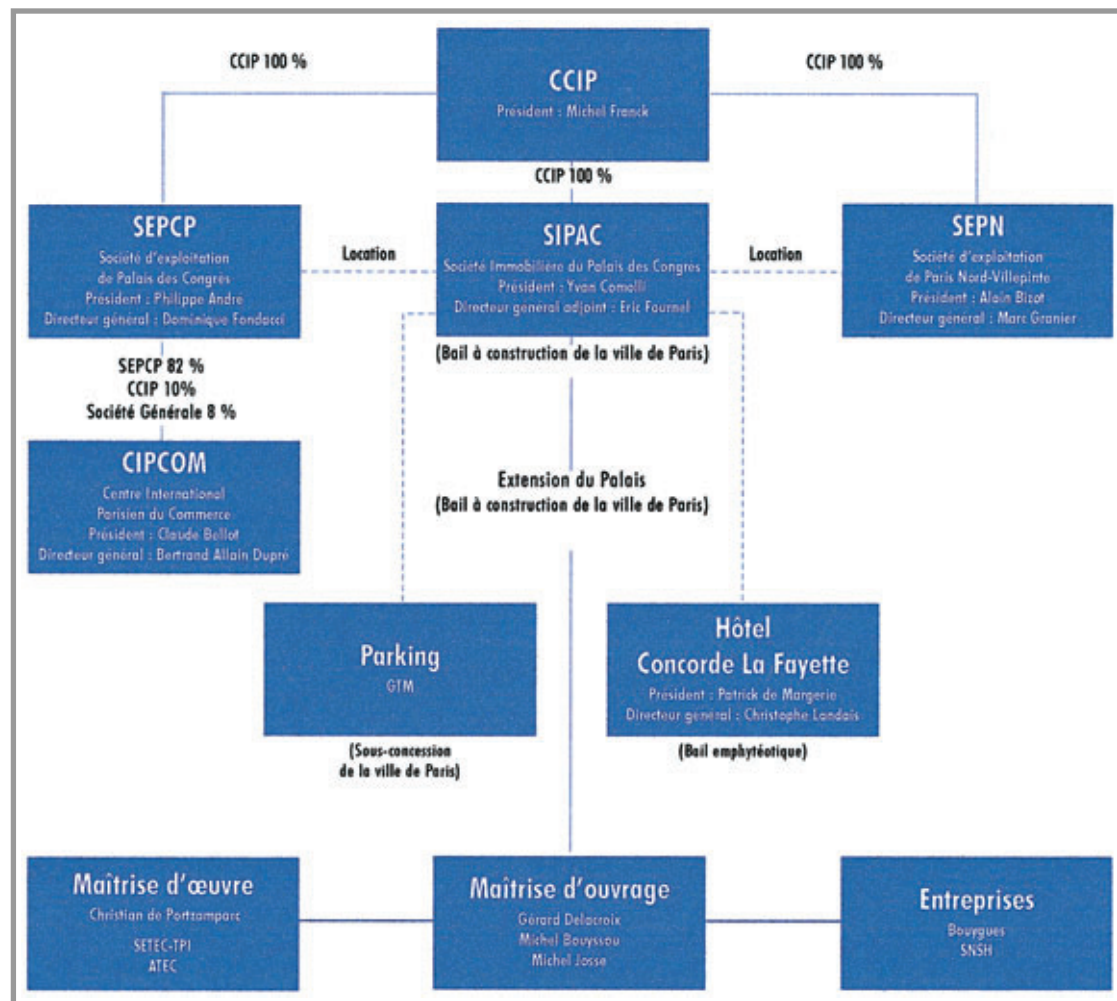
Ce pari a été gagné grâce à la qualité et au talent de tous les intervenants.

Répondant à une nécessité d'extension des surfaces d'exposition et de création d'une nouvelle salle du Palais des Congrès, ce projet vise autant à transformer l'aspect et l'impact du bâtiment que l'espace de la Porte Maillot tout entier.

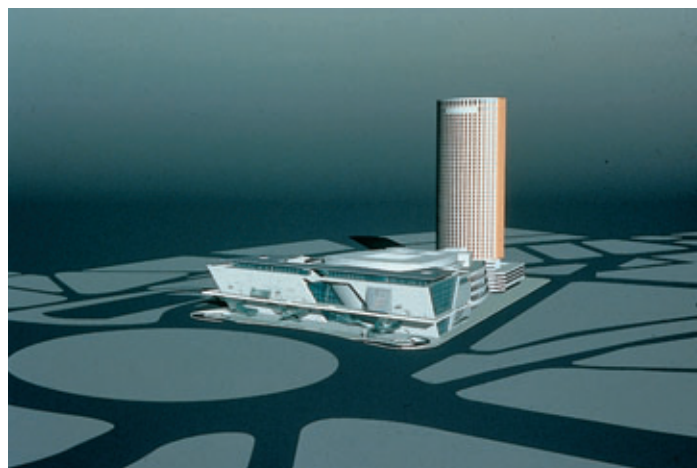
Celle-ci est comprise comme un lieu de passage, une porte sur le grand axe Louvre-Défense, et non comme une place. La perception que l'on en a s'opère dans le mouvement tournant de l'automobile. D'où la droite, tangente. Les dimensions, les lignes doivent être ici en mesure de gouverner tout le rond-point et d'accompagner le grand axe, sa vitesse. L'étude du projet, partie d'une idée très vitrée, a reconnu l'incompatibilité du programme avec une large transparence et est parvenue à ce croisement de deux grands plans : l'un horizontal, flottant à douze mètres de haut, recueillant une partie des évacuations du bâtiment existant, l'autre oblique, en dévers, protégeant un parvis et optimisant les surfaces d'exposition nouvelles.

Le programme se déploie sur huit niveaux en mitoyenneté du palais existant et selon sa logique actuelle (les planchers se prolongent de l'ancien au nouveau), ce qui permet de regrouper les activités et d'améliorer les relations fonctionnelles.

A l'entrée, un grand cône tangente le plan, contient la nouvelle salle et marque l'événement monumental d'ouverture de ce grand lieu de rencontre.



Les principaux intervenants
The main contractors



Simulation du projet.
Vue d'avion
Aerial view
of project simulation

La conception et la structure de l'extension du Palais des Congrès

Figure 1
Découpage de l'extension en quatre blocs d'autostabilité B1, B2, B3, B4.
Repérage des refends R1, R2, R3, R4, R5 et des joints

Breakdown into four self-standing blocks B1, B2, B3, B4. Marking of load-bearing partition walls R1, R2, R3, R4, R5 and joints

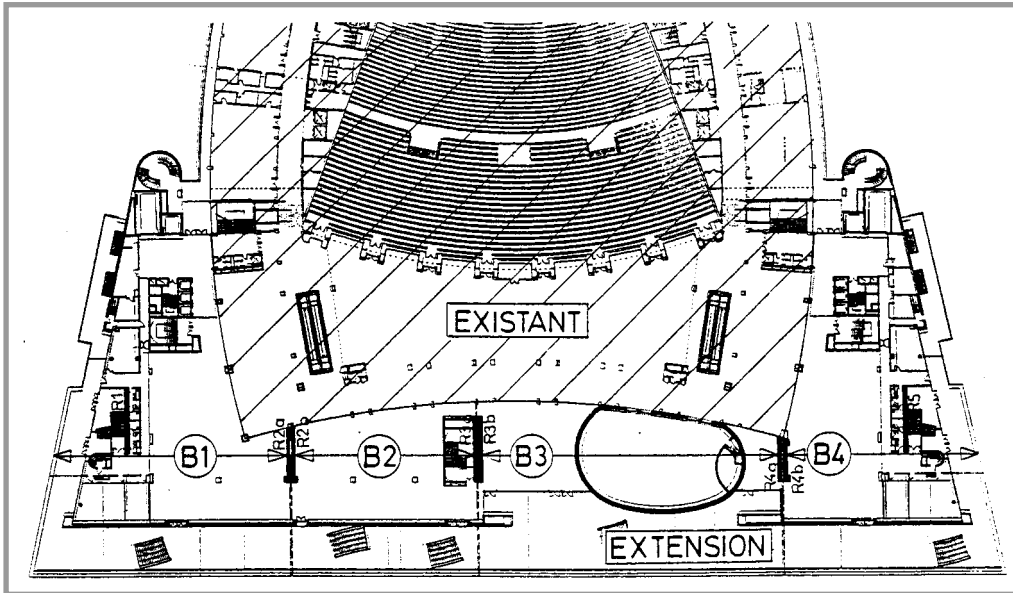
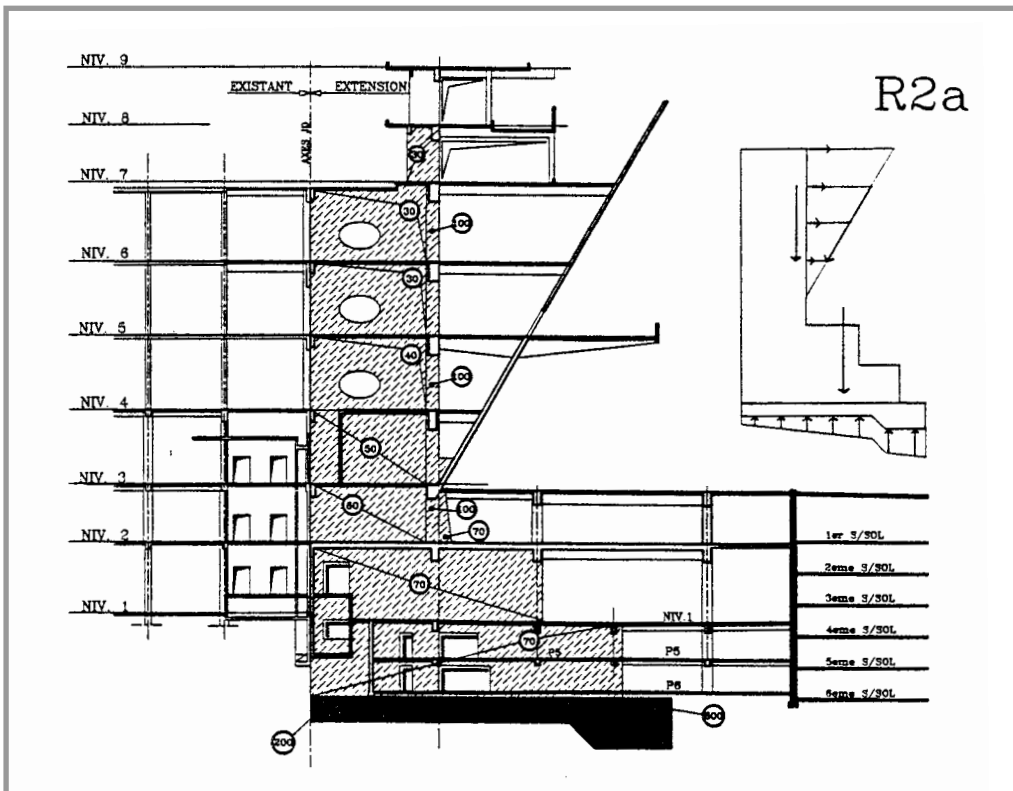


Figure 2
Élévation schématique d'un refend majeur et descente de charges du plan incliné
Schematic elevation of a major division wall and vertical loading of the inclined plane



L'un des principaux problèmes techniques à régler lors de la conception du projet d'extension du Palais des Congrès était d'évidence le système structurel du bâtiment dont les contraintes majeures relèvent :

- ◆ du porte-à-faux important du bâtiment dont la façade est inclinée à 60 % par rapport à l'horizontal ainsi que du balcon périphérique de 13 m de portée à mi-hauteur du bâtiment ;
- ◆ de la nécessité de libérer de grandes surfaces

sans obstacles structurels majeurs en particulier au niveau des halls d'exposition qui accueillent des espaces de stands modulables ;

- ◆ du tissu urbain périphérique très dense aussi bien en infrastructure (parking souterrain existant, tunnel du Grand Maillot, palais existant) qu'en superstructure qui vient border les travaux d'extension ;
- ◆ du phasage de la construction rendu nécessaire par le maintien en fonctionnement du Palais des Congrès pendant la durée des travaux et qui implique la création d'issues de secours à travers la structure en cours d'exécution.

Les principes généraux de cette structure complexe ont été dégagés d'emblée pendant le concours puis élaborés dans le détail lors des phases ultérieures d'études.

La structure de l'extension du Palais des Congrès est construite au droit de la structure conservée du Palais existant. Elle est séparée de celle-ci par un joint de dilatation.

Le projet d'extension présente en façade une longueur d'environ 160 m qui a été découpée en quatre blocs structurels distincts séparés les uns des autres par des joints de dilatation :

- ◆ deux blocs d'extrémité (B1, B4) englobant les retours latéraux et ayant pour dimensions en plan, une longueur frontale de 40 m pour l'un et 32 m pour l'autre et une profondeur variable selon les niveaux de superstructure de 60 m à 72 m. Les quatre niveaux principaux en superstructure de ces blocs (de hauteur 5,76 m) sont recoupés en leur milieu par des mezzanines ;

- ◆ deux blocs centraux (B2, B3) ayant pour dimensions en plan une longueur frontale de 33 m pour l'un et 54 m pour l'autre et une profondeur variable selon les niveaux de superstructure allant de 13 à 54 m. Le bloc central B3 contient une coque en tronc de cône renversé supportant la future salle de spectacle de 650 places demandée par le programme.

La hauteur totale du bâtiment dans sa partie frontale qui comporte deux niveaux de parc de stationnement de plus que dans sa partie latérale est de 48 m environ au-dessus des fondations.

En superstructure, la partie principale du bâtiment prend appui sur trois files porteuses (figure 1) :

- ◆ l'une constituée de poteaux en béton armé disposé contre les poteaux existants de la façade actuelle et distants d'environ 11 à 16 m ;
- ◆ une file intermédiaire de poteaux en béton armé alignés selon une droite dont la position est confondue avec la rive de la façade en plancher bas du rez-de-chaussée, ces poteaux sont rythmés comme les poteaux précédents et sont distants de 11 à 16 m ;

- ◆ la façade qui est percée d'ouvertures et qui supporte des panneaux préfabriqués d'habillage en béton poli ; les efforts transmis par les planchers transitent par cette façade sous forme d'effort nor-

Doc Séttec TPI

Doc Séttec TPI



Claude Maisonnier



DIRECTEUR
BET Setec

Alain Dumas

INGÉNIEUR
BET Setec

Jean Hueber

INGÉNIEUR
BET Setec

Fabien Texier-Atger

INGÉNIEUR
BET Setec

**Le Palais des Congrès
après...**

**The Palais des Congrès
after...**

**Le Palais des Congrès
avant...**

**The Palais des Congrès
before...**

mal pour rejoindre en plancher bas du rez-de-chaussée les poteaux de la file intermédiaire.

L'équilibre de cette façade inclinée à 60 % est assuré par des voiles verticaux de contreventement (refends) (figure 2) de sections importantes, disposés perpendiculairement à la façade et qui reprennent, par l'intermédiaire de planchers qui jouent le rôle de poutres, les forces horizontales développées par la façade.

On trouve deux voiles de ce type dans chacun des blocs B1 à B4. Compte tenu de la disposition en porte-à-faux de la façade inclinée, les efforts transmis par les planchers de superstructure sont des efforts de traction, l'effort transmis au niveau du plancher bas du rez-de-chaussée et localement au plancher bas du 1^{er} étage est un effort de compression qui équilibre totalement l'ensemble de ces efforts de traction : seuls les couples équilibrés par les voiles de contreventement et leur ferrailage sont transmis aux fondations.

La géométrie de ces refends a été dimensionnée en recherchant une déformabilité uniforme afin d'éviter le voilement de façade. Leur hauteur est de 52 m, leur épaisseur varie entre 0,50 m et 1,40 m. Ils sont fondés sur des semelles en béton armé de forme trapézoïdales de 250 m³ chacune et sont réalisés en béton B40.

Une solution de reprise par câbles de précontrainte verticaux avait été envisagée au cours de l'élaboration du projet ; elle a été abandonnée compte tenu de la complexité du phasage de mise en tension au cours de la construction du bâtiment et des difficultés de continuité au niveau de l'encastrement dans la semelle de fondation.

Afin de réduire au strict minimum la rotation des semelles de fondation des refends sous les sollicitations très élevées en moment, la géométrie des semelles a été fixée de façon à faire coïncider la position du centre de gravité de la surface de contact sur le calcaire grossier avec celle de la résultante



Type d'utilisation	Ancien palais	Extension	Palais agrandi
Expositions/conférences (surfaces de stands nettes)	5 500 m ²	3 800 m ²	9 300 m ²
Salle congrès (places)	4 949	1 271	6 220
Bureaux congressistes (surfaces utiles)	1 445 m ²	1 043 m ²	2 448 m ²
Bureaux administratifs (surfaces utiles)	1 884 m ²	351 m ²	2 235 m ²
Commerces (surfaces utiles hors réserves)	11 688 m ²	3 426 m ² (1)	15 144 m ²

(1) Correspond à la création d'environ 30 boutiques.
Surface brute : addition de l'ensemble des surfaces construites.
Surface nette : par exemple, les surfaces nettes de stands correspondent à l'addition des surfaces réellement occupées par les stands.
Surface utile : addition des surfaces correspondant au programme, à l'exclusion des circulations.

**L'extension
en chiffres
The extension
in numbers**

Les entreprises
choisies
The chosen
firms

ENSEMBLES ET LOTS	ENTREPRISES
Ensemble A - Structure	
Lot principal : structure en béton armé	BOUYGHES/SNSH
Lot accessoire 1 : démolitions - soutènements provisoires	ATD
Lot accessoire 2 : maçonnerie lourde	BOUYGHES/SNSH
Lot accessoire 3 : étanchéité	SMAC ACIEROID/DECOPARC
Ensemble B - Génie climatique	
Lot principal : traitement climatique - désenfumage	DRE/LEFORT FRANCHETEAU/AATHAEX
Lot accessoire 1 : plomberie	BALAS MAHEY
Lot accessoire 2 : protection incendie	CEPPI
Ensemble C - Génie électrique	
Lot principal : courants forts	SNVD/PHIBOR SANTERNE
Lot accessoire 1 : courants faibles	PHIBOR SANTERNE/SNVD
Lot accessoire 2 : sécurité incendie	CEGELEC/DEF
Ensemble D - Circulations verticales motorisées	
Lot principal : ascenseurs	SCHINDLER
Lot accessoire 1 : monte-charge	SCHINDLER
Lot accessoire 2 : escalators	SCHINDLER
Ensemble E - Façades vitrées	
Lot principal : verrières	GOYER
Lot accessoire 1 : menuiseries extérieures métalliques	GOYER
Lot accessoire 2 : couverture métallique	GOYER/RINEAU FRERES
Lot accessoire 3 : nacelle de nettoyage	TRACTEL
Ensemble F - Agencement et décoration	
Lot principal : menuiserie bois - agencement	BEL
Lot accessoire 1 : plafonds suspendus	BEL
Lot accessoire 2 : plafonds staff	SPSD
Lot accessoire 3 : blocs portes	BEL
Lot accessoire 4 : cloisons mobiles	ALGAFLEX
Ensemble G - Revêtements de sols	
Lot principal : revêtements pierre	GUINET DERRIAZ/SICOPE
Lot accessoire 1 : revêtements des sols souples	BOULENGER
Lot accessoire 2 : revêtements carrelage faïence	ARSOL
Lot H - Cloisons	SCGPM
Lot J - Métallerie	SOTRAME/METALFORM
Lot K - Escaliers métalliques	VIRY
Lot L - Portes coupe-feu	GESOP LUTERMAX
Lot M - Peinture tenture	REIP
Lot N - Equipements scénographiques	AMG
Lot P - Sièges fixes	QUINETTE GALLAY
Lot Q - Affichage façade	STRATUS
<p><i>NB : les lettres I et O sont traditionnellement et volontairement omises par les maîtres d'ouvrage dans la nomenclature des ensembles et lots pour éviter toute confusion avec les chiffres 1 et 0.</i></p>	

► des efforts (ce qui a généré des semelles de longueur très importante). L'ouvrage particulier supportant la salle de spectacle de 650 places et les planchers voisins est conçu comme une coque en voile mince en béton armé de forme tronconique non parfaitement de révolution. Cette structure dont la section se réduit sous le niveau rez-de-chaussée avant de s'épanouir

à nouveau à sa base au-dessus de la fondation est dimensionnée pour équilibrer des sollicitations de renversement dues à l'excentricité des charges verticales à chaque niveau. Elle est fondée sur une semelle en béton armé de 600 m³. Le contreventement dans chacune des directions est assuré pour chacun des blocs par les voiles en béton armé appartenant aux cages d'escaliers ou

d'ascenseurs, par les refends situés à chaque extrémité des blocs qui assurent l'équilibre de la façade inclinée et par la coque supportant la grande salle de spectacle.

L'étude de chacun des refends et du cône a fait l'objet de calcul permettant la bonne appréciation des efforts et des déformations.

Les refends sont modélisés comme un ensemble d'éléments finis de plaques depuis leur niveau supérieur jusqu'aux fondations assises sur une succession de ressorts élastiques ou élastoplastiques caractérisant les données géotechniques.

Le cône est modélisé comme une structure tridimensionnelle à barres, assise sur une plaque modélisant le radier général sur ressorts élastiques ou élastoplastiques. Ce modèle permet de bien rendre compte des efforts de la flexion générale et des sollicitations locales dans les cerces à chaque niveau.

La flèche horizontale mesurée en tête des refends et du cône, mesurée par référence à la fondation est limitée en accord avec le bureau de contrôle Socotec à 50 mm (y compris la prise en compte de la rotation de la semelle).

LE BUDGET

Par un vote en date du 9 décembre 1995, la CCIP a opté pour un coût global de travaux qui s'élève à 479,6 millions de francs HT. Cela représente un coût moyen au mètre carré de construction de l'extension légèrement inférieur à 8000 le m². Ce prix est particulièrement intéressant compte tenu des contraintes et de la qualité architecturale propres à l'opération. A titre de comparaison – bien que les programmes soient extrêmement différents – d'autres grands projets ont atteint des sommes supérieures à 10000 F le m²: la Bibliothèque Nationale de France par exemple, dont Gérard Delacroix a été directeur des Travaux et des Equipements de 1990 à 1995, ou encore le ministère des Finances de Bercy, l'Arche de la Défense...

ABSTRACT

Extension of Palais des Congrès (convention hall) in Paris

Ch. de Portzamparc, Cl. Maissonier, A. Dumas, J. Hueber, F. Texier-Atger

Giving a new image to the Palais des Congrès convention hall in Paris, increasing by about 50 % its useful surface area by a significant extension of the exhibition floors, creating three new convention rooms and 300 additional parking spaces, and completing this vast project at a cost of about FF 8,000 per square meter - all without interrupting the activities of the convention centre, the entertainment presentations and shops - such was the ambition of the Chamber of Commerce and Industry of Paris in 1995.

This ambition was realised thanks to the quality and talent of all the players.

RESUMEN ESPAÑOL

La ampliación del Palacio de Congresos de París

Ch. de Portzamparc, Cl. Maissonier, A. Dumas, J. Hueber y F. Texier-Atger

El ambicioso proyecto de la Cámara de Comercio e Industria de París, tenía por meta, en 1995, obtener una nueva imagen del Palacio de Congresos de París, aumentar de un 50 % su superficie útil, ampliando de forma importante las plataformas de exposición, creando tres nuevos salones de congresos y 300 plazas suplementarias de aparcamiento de vehículos y, finalmente, llevar a cabo este amplio proyecto de un coste de unos 8000 FRF por metro cuadrado - y todo ello sin interrumpir las actividades de los congresos y exposiciones, de los espectáculos y de los comercios existentes.

Esta apuesta se ha ganado debido a la calidad y al talento de todos los participantes.

Paris s'illumine

Mise en lumière des ponts

A l'occasion du passage à l'an 2000, la Mairie de Paris a voulu achever le programme d'illumination des ponts sur la Seine lancé en 1993. En 1999, ce sont 23 ponts qui ont été mis en lumière. L'ensemble de l'opération a été menée en 18 mois : concepts, essais de validation, études techniques, passation des marchés, travaux dont la durée a dû être limitée à une durée variant de 4 à 6 mois.

Pour la conception, il a été fait appel à des concepteurs lumière pour les ponts du centre historique ainsi que pour certains ponts, classés Monuments historiques. Pour les autres ponts, les services techniques de la Ville de Paris ont assuré la conception.

Dans tous les cas, outre la mise en valeur des principaux éléments architecturaux, l'illumination tend à traduire par la lumière l'histoire de l'art de la construction. Dans sa phase de réalisation, la difficulté majeure provenait de la simultanéité dans le temps et dans l'espace de 23 chantiers étalés tout au long des 13 km de la Seine et des contraintes liées à la circulation automobile, à la navigation fluviale et aux conditions de pose très particulières des matériels. L'ensemble réalisé contribue à faire de la Seine la ligne de vie de Paris, attractive désormais de jour comme de nuit.

Photo 1
Pont
Louis Philippe
Louis Philippe
Bridge



■ L'ILLUMINATION : UNE LONGUE TRADITION PARISIENNE

Depuis plus de cinquante ans, la Ville de Paris mène une politique volontariste en matière d'illumination de sites ou de monuments.

De la Tour Eiffel, édifice qui reçoit toutes sortes de jeux de lumière à la faveur des grandes expositions internationales du début du siècle et qui fit encore récemment sa toilette en ce domaine, à la délicate statuariaire de tel ou tel hôtel particulier du Marais, plus de 220 monuments sont ainsi éclairés partiellement ou en totalité dans la capitale.

En 1957, pour honorer la visite du couple royal d'Angleterre, on illumina les principaux monuments proches de la Seine. D'autres furent ajoutés au fil des ans en faveur d'événements divers et variés. Toutefois, aucune politique d'ensemble de mise en lumière du site de la Seine n'avait été appliquée jusqu'à présent.

■ VALORISER LE SITE DE LA SEINE

Cette politique d'embellissement du site de la Seine, de jour comme de nuit, s'inscrit logiquement à la suite de la rénovation achevée des berges classées depuis peu par l'Unesco dans le patrimoine mondial. Des travaux de réparation et de restauration ont été menés depuis plus de dix ans sur ces ouvrages d'art proprement dits dont la gestion a été transférée des services de l'Etat à la Ville de Paris depuis 1988.

Toutefois, si de jour les structures bâties se distinguent clairement la nuit elles deviennent à peine perceptibles.

L'idée générale est donc de donner au site un attrait nocturne par la mise en lumière des éléments

qui illustrent le fleuve. Cette volonté s'accompagne d'un réel désir de développer les espaces de promenades nocturnes sur les berges et la découverte du site de la Seine depuis l'eau ou les quais hauts.

Afin de donner une cohérence à l'ensemble des actions "lumière" contribuant à la mise en valeur du site, un schéma d'aménagement nocturne du site de la Seine est en cours de validation auprès de divers acteurs d'aménagement, en particulier les architectes des Bâtiments de France.

Il énonce les principes qui guideront les futurs projets d'éclairage et d'illumination réalisés tant par les services municipaux que par des tiers (Port autonome de Paris, gestionnaires de bâtiments publics, voire des riverains).

Il évoque aussi dans un esprit de cohérence lumière, les orientations en matière d'illumination des monuments implantés le long du site ou dans la perspective de celui-ci. C'est dans cet esprit que la valorisation des ponts de la Seine par la lumière est venue s'inscrire dans ce vaste programme d'embellissement.

■ LES PONTS : UN PATRIMOINE D'OUVRAGES D'ART EXCEPTIONNEL

On dénombre à Paris :

- ◆ 31 ponts routiers (figure 1) ;
- ◆ 4 passerelles pour piétons, dont l'une vient de s'achever : Solférino, et l'autre n'est pas encore construite : Bercy-Tolbiac ;
- ◆ 2 viaducs ferroviaires.

Cinq ouvrages sont classés Monuments historiques :

- ◆ pont Marie ;
- ◆ pont Neuf ;
- ◆ pont Royal ;
- ◆ pont Alexandre III ;
- ◆ pont Mirabeau.

Quatre autres sont inscrits à l'inventaire supplémentaire des Monuments historiques :

- ◆ pont de la Concorde ;
- ◆ passerelle Debilly ;
- ◆ pont d'Iéna ;
- ◆ pont de Bir Hakeim.

L'histoire de Paris, c'est l'histoire de ses ponts, l'histoire des ponts, c'est l'histoire de l'art de la construction qui est elle-même le reflet de l'évolution des démarches conceptuelles des matériaux. L'ensemble des ponts de Paris constitue une véritable encyclopédie des règles de l'Art. Les ouvrages



de la Seine

de franchissement parisiens illustrent l'évolution de la méthodologie et des matériaux.

LE DÉROULEMENT DU PROGRAMME

Cette volonté d'embellissement du site de la Seine devait d'abord s'affirmer sur un site prestigieux, à savoir le centre historique de Paris, au droit des îles de la Cité et Saint-Louis. Un environnement d'une telle qualité, par son caractère et l'attrait international qu'il suscite, méritait sans aucun doute une mise en lumière prioritaire de ses ponts, particulièrement appréciés des croisières touristiques sur la Seine.

Lancé en 1993, un premier groupe de neuf ponts fut mis en lumière.

- ◆ 1994 : pont au Change, pont Notre-Dame ;
 - ◆ 1995 : pont de l'Archevêché, pont Saint-Michel, pont au Double, Petit Pont ;
 - ◆ 1996 : pont d'Arcole, pont Louis Philippe, pont Neuf (grand bras).
- En décembre 1997, la Mairie de Paris décida d'achever le programme initial :
- ◆ pont Sully ;
 - ◆ pont de la Tournelle ;
 - ◆ pont Saint-Louis ;
 - ◆ pont Marie ;
 - ◆ pont Neuf (petit bras).

Puis au budget modificatif (juin 1998), elle décida de l'exécution d'un grand programme complémentaire portant sur l'ensemble des autres ponts, hors centre.

Le Conseil de Paris a délibéré sur les projets d'illumination des ponts centraux en octobre et novembre 1998 ; puis les ponts hors centre en février et mars 1999.

Les travaux ont été réalisés par dix entreprises ; les délais d'exécution variant de 4 à 6 mois selon les ouvrages.

LES CONCEPTS ET LES CONCEPTEURS

La diversité des ponts est transcrite par des concepts de mise en lumière différents. D'une façon générale :

- ◆ sur les ponts de pierre, le matériau est mis en lumière et les reliefs sont accentués par un éclairage rasant qui, par son impact direct, donne un maximum de rendu lumineux (photo 1) ;



Figure 1
Plan de situation des ponts

- ◆ sur les ponts métalliques à poutres à treillis, l'ossature est révélée depuis l'intérieur, faisant ressortir les transparences (photo 2) ;
- ◆ sur d'autres ponts métalliques à âme pleine, c'est la température de couleur plus froide qui est choisie pour la lumière du pont.

Par ailleurs, outre la diversité de mise en valeur des ponts selon leur matériau et leur structure, on différencie les ponts centraux des autres ponts. Les ponts centraux reliant les îles aux rives du fleuve sont assez courts. Ils sont les traits d'union forts entre les quais dans un environnement riche et prestigieux, lui-même déjà fortement mis en lumière. La mise en lumière de ces ponts est forte : éclairage continu du garde-corps ; éclairage de la sous-face des voûtes pour les ponts de pierre ou de la structure pour les ponts métalliques.

Hors du centre, les ponts de plus grande portée représentent une liaison plus ténue entre les rives, dans un environnement prestigieux mais moins dense.

Afin de ne pas écraser le paysage, la mise en lumière est plus douce. Les balustrades et les sous-faces des voûtes ne sont plus soulignées.

Lors du lancement de l'opération, la Mairie de Paris a consulté un certain nombre de concepteurs. Afin d'opérer un choix en toute connaissance de cause entre les diverses propositions faites, le maire de Paris, dans le cadre d'une convention de mécénat technologique et scientifique passée avec EDF et l'Institut Lorrain de Génie Urbain, a demandé l'établissement d'images informatiques de synthèse par conception assistée par ordinateur.

C'est sur la base de ces images que Pierre Arnaud, société ECA (études et création d'ambiance) a été

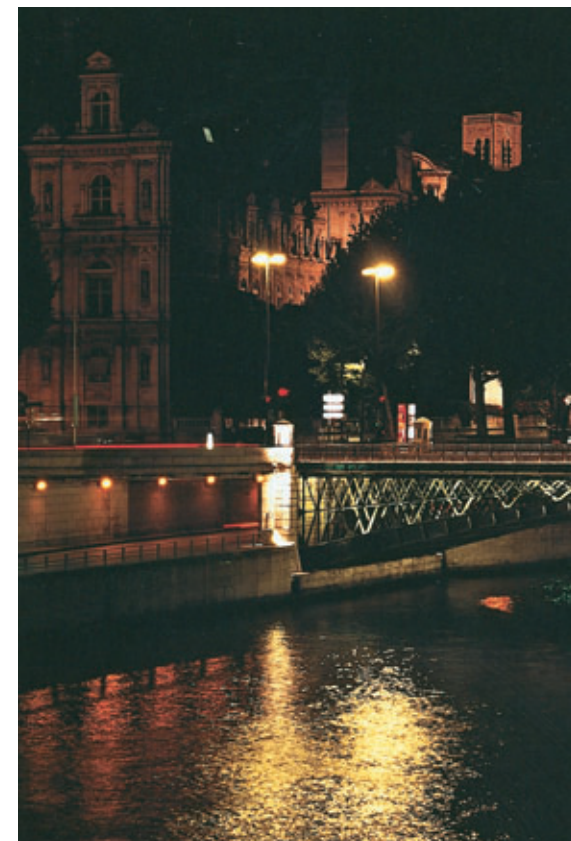


Photo 2
Pont d'Arcole
Arcole Bridge

Figure 2
Fiche
de concept
Design
sheet

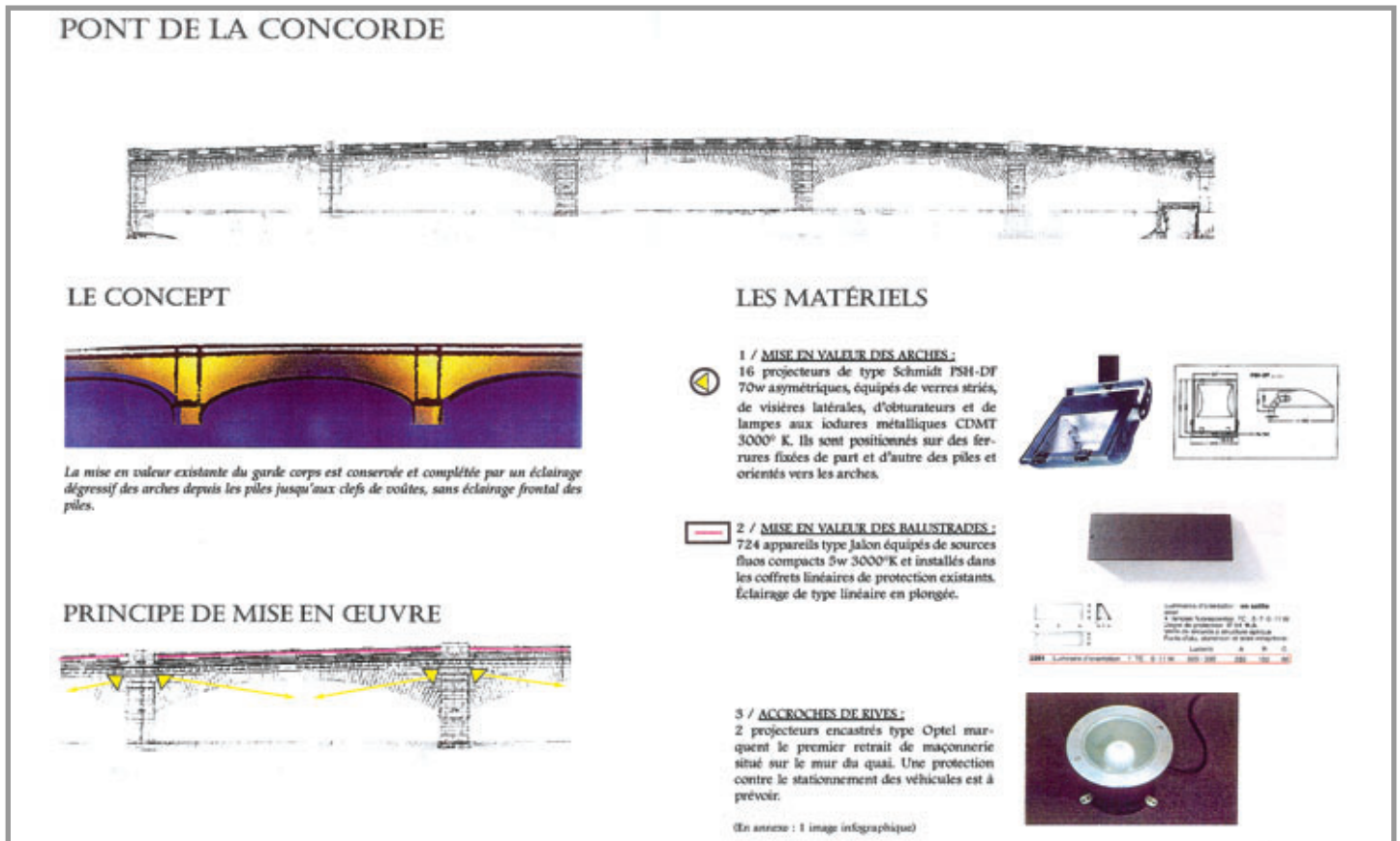


Photo 3
Pont Neuf
Pont Neuf
bridge

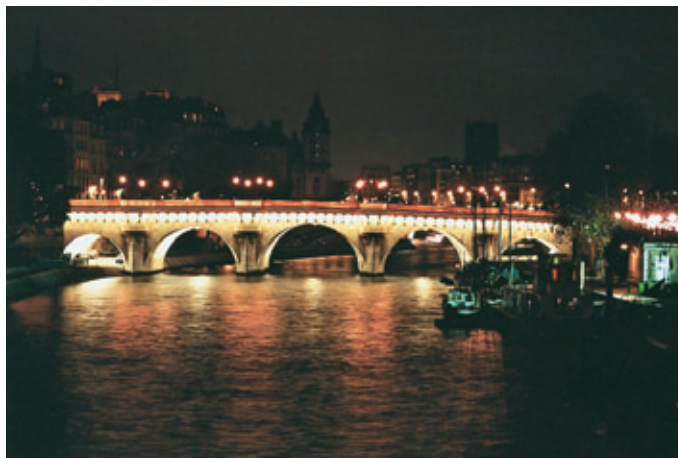


Photo 4
Le pont
Alexandre III
Alexandre III
Bridge



► retenu pour mettre en lumière les premiers ponts – ponts de pierre tels que les pont au Change, Louis Philippe, Saint-Michel, Petit Pont et Archevêché et ponts métalliques tels que les ponts Notre-Dame, Arcole et au Double. Par la suite, des essais par-

tiels sur le site ont confirmé le bien-fondé du choix initial fait à partir des images virtuelles.

Cette procédure a été ensuite renouvelée pour ceux dont l'approche devait être individualisée en raison de leur spécificité, qu'ils soient classés Monuments historiques ou qu'ils présentent une architecture originale.

C'est ainsi que le pont Neuf (Monument historique) fut également confié à Pierre Arnaud (photo 3) et le pont Marie (Monument Historique) et le pont de la Tournelle confiés à Louis Clair (société Light Cibles).

Par la suite, pour les ponts hors centre, les concepts ont été établis par les services de la direction de la Voirie et des Déplacements – sauf pour le pont Alexandre III qui avait fait l'objet d'études par M. Jantzen, architecte en chef des Monuments historiques, reprises et mises en œuvre par Alain Guilhot et pour le pont de Bir Hakeim, dont le projet a été réalisé selon un concept de MM. Italo Rota et Bruno Fortier.

Pour chaque pont, il a été établi une fiche conceptuelle donnant : le concept, le principe de mise en œuvre et la nomenclature des matériels (figure 2). Pour cette seconde phase du programme et aux fins de validation des concepts, une étude particulière a été confiée au Centre Technique et Scientifique du Bâtiment de Nantes qui a réalisé pour quatre ponts des images calculées par ordinateur prenant en compte la géométrie de l'ouvrage, le type et la position des projecteurs, les propriétés réfléchissantes des matériaux et de l'eau ainsi que l'environnement lumineux actuel.

La maîtrise d'œuvre a été réalisée par les services d'EDF agence éclairage, assistés pour certains ponts par Citelum.

La maîtrise d'ouvrage a été assurée par la direc-

tion de la Voirie et des Déplacements, services centraux pour la partie études et pilotage de l'opération et sections territoriales de voirie pour la partie travaux.

■ QUELQUES SINGULARITÉS

La plupart des ponts ont été mis en lumière selon les concepts généraux précédemment évoqués. Les ouvrages particuliers classés Monuments historiques (pont Royal, Alexandre III, Mirabeau) et inscrits à l'inventaire supplémentaire des monuments classés (ponts de la Concorde, d'Iéna, de Bir Hakeim et la passerelle Debilly) font l'objet d'un traitement plus complet de leurs points singuliers (photo 4).

Le pont du Carrousel présente une configuration très particulière. Il comporte à ses extrémités quatre candélabres en acier recouvert de cuivre, surmontés de lanternes contenant les optiques pour l'éclairage. Ces candélabres sont télescopiques et portent les lanternes de 12 à 23 m lors du fonctionnement nocturne, mais le mécanisme datant de 1951 était hors d'usage depuis de nombreuses années. L'idée a été de remettre en service le système télescopique et d'intégrer les projecteurs nécessaires à l'illumination dans les lanternes (photo 5).

La passerelle des Arts, aux structures très légères, conserve son caractère intime en restant dans la pénombre. Seule la lumière des projecteurs, placés sous le tablier et dirigés vers l'eau, est réfléchiée pour mettre en lumière les piles en pierre de l'ouvrage (photo 6).

■ LES TRAVAUX

La difficulté majeure était de réaliser, en simultanéité, 23 chantiers, dispersés sur les 13 kilomètres de la Seine. Outre les réunions de chantier hebdomadaires pour chaque ouvrage, une coordination générale a été assurée à l'aide d'une mission d'OPC gérée par Platinec afin de suivre l'avancement réel des approvisionnements et des travaux comparé aux plannings des entreprises.

Chaque chantier a dû être préparé et réalisé en tenant compte des contraintes spécifiques à chacun :

- ◆ contraintes dues à la circulation automobile : les quais de Seine étant classés axes rouges, les emprises, les arrêts pour livraisons y sont strictement réglementés ;

- ◆ contraintes dues à la circulation fluviale : selon que les ponts sont à arche unique ou multiple, le phasage des travaux a nécessité des modifications de passes navigables et dans certains cas, il a fallu imposer des travaux de nuit ;

- ◆ contraintes esthétiques : la quasi totalité des projecteurs et luminaires étant intégrés aux ouvrages, un soin particulier a été porté aux condi-



Photo 6
Passerelle des Arts
Arts Footbridge



Photo 7
Travaux pont des Invalides
Works on Invalides Bridge

tions de pose des appareils, de leur habillage, du passage des câbles tout spécialement sur les ponts classés Monuments historiques ;

- ◆ contraintes dues aux autres travaux : en particulier sur le pont du Garigliano, les travaux d'illumination se sont déroulés en même temps que ceux de remise en peinture.

La pose des appareils a impliqué la mise en œuvre de moyens non habituels pour des entreprises de génie électrique :

- ◆ échafaudages roulants pour la mise en place des appareils de mise en lumière des balustrades ;

- ◆ nacelles à déport négatif pour la mise en place de certains projecteurs placés en parement d'ouvrage (photo 7) ;

- ◆ nacelles sur barge pour la mise en place d'appareils fixés sous les voûtes ou en parements lorsque l'accès d'une nacelle sur le pont était impossible pour cause d'emprise trop importante ou d'insuffisance de résistance des trottoirs.

Il est à noter que l'emploi de "cordistes" a été exceptionnel, l'inspection du travail n'ayant autorisé ce mode d'intervention que lorsqu'aucun autre moyen n'était possible.

■ LA CRÉATION D'UN ENSEMBLE MAJEUR POUR PARIS

Pour l'an 2000 la mise en lumière de l'ensemble des ponts fait de la Seine, la ligne de vie de la capitale, tant de jour que de nuit (photo 8).

Cette vaste opération a été conçue et réalisée dans l'esprit d'un schéma lumière du site de la Seine en cours de finalisation.

C'est ainsi que d'autres opérations s'inscrivant dans ce cadre, viennent compléter harmonieuse-



Photo 5
Mâts télescopiques,
pont du Carrousel
Telescopic masts,
Carrousel Bridge



Photo 8
Vue
d'ensemble
General view

ment la création de cet ensemble majeur. Il s'agit de la modernisation de l'éclairage des quais hauts de l'île de la Cité, de la voie express rive droite, de la création en certains endroits d'éclairage des berges basses. Enfin, la réhabilitation des murs de quais de tout le centre historique vient revaloriser l'écrin de cette magie lumineuse.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Mairie de Paris - Direction de la Voirie et des Déplacements

Maitre d'œuvre

EDF – Agence éclairage Paris

Entreprises

- Amica : pont de Bercy
- Cico : ponts des Invalides, Saint-Louis
- E. I. : ponts de l'Alma, Grenelle, Neuf, Sully
- Eiffel : pont du Carrousel (structures)
- ETDE : ponts Tolbiac, Alexandre III
- Gallet Delage : pont Marie
- GTMH-EP : passerelle des Arts, arche SNCF Citroën
- Satelec : ponts National, Tournelle, Carrousel (équipements)
- Self : passerelle Debilly, pont Mirabeau, Royal
- Spie Trindel : ponts de la Concorde, Léna, Garigliano, Bir Hakeim
- STPEE : pont d'Austerlitz

Sous-traitants principaux

- Layer : (échafaudages)
- L.M.P. : (serrurerie)

Fournisseurs

Agabekov, Bega, Claude Lefebvre, Exterieur Vert, Mazda, Meyer, Optel, Philips, Schmidt, Sill, Société Nouvelles Fontes de Paris, Thorn Europhane

ABSTRACT

Paris lights. The lighting of the Seine bridges

Ch. Fretet

On the occasion of the year 2000, the Paris township was eager to complete the illumination programme for the bridges over the Seine started in 1993. In 1999, 23 bridges were provided with lighting. The entire operation was carried out in 18 months : design, validation tests, technical design work, placement of contracts, works which had to be limited to a period of 4 to 6 months.

For the design, illumination designers were enlisted for the bridges of the historical centre as well as for certain bridges listed as historical monuments. For the other bridges, the technical services of the Paris township handled the design.

In every case, in addition to the enhancement of the main architectural elements, illumination tends to translate, in light, the structure's artistic history. In its completion phase, the major difficulty stemmed from the simultaneous execution of 23 projects spread over a distance of 13 km on the Seine, and constraints relative to automobile traffic, river navigation and to the very special conditions regarding equipment installations.

The completed scheme contributes to making the Seine the thoroughfare of Paris life, now attractive by day as well as by night.

RESUMEN ESPAÑOL

París enciende todas sus luces. Iluminación de los puentes del Sena

Ch. Fretet

Con motivo del paso al año 2000, la alcaldía de París ha deseado finalizar el programa de iluminación de los puentes del Sena, iniciado en 1993. En 1999, 23 de sus puentes han quedado iluminados. El conjunto de la operación ha sido ejecutada en 18 meses : conceptos, pruebas de validación, estudios técnicos, formalización de los contratos, obras cuya duración ha tenido que limitarse a un plazo de 4 a 6 meses. Para su diseño, se ha recurrido a proyectistas de la iluminación, para los puentes del casco histórico, así como para ciertos puentes, declarados de interés artístico. Para los demás puentes, los servicios técnicos de la Villa de París se han hecho cargo del diseño.

En todos los casos, y además de la valorización de los principales elementos arquitectónicos, la iluminación tiene tendencia a reflejar mediante la luz la historia del arte de la construcción. En su fase de ejecución, la dificultad más acusada ha procedido de la simultaneidad, en el tiempo y en espacio, de 23 obras que se han desplegado a lo largo del los 13 km del Sena a su paso por París, así como de los imperativos derivados del tráfico rodado, la navegación fluvial y las condiciones de instalación sumamente específicas de los equipos. El conjunto obtenido contribuye a hacer del río Sena la línea de vida de París, ya atractiva de día y, ahora, como de noche.

LES PRINCIPAUX CHIFFRES

- Coût global : 79 millions de francs dont :
 - 20 millions pour les 13 ponts centraux
 - 49 millions pour les 23 autres ponts
 - 10 millions pour des opérations d'éclairage sur les ponts et en rive
- Puissance totale installée : 840 kW
- Nombre de projecteurs et appareils : 6560

Rodal, une technique Colas performante adaptée aux chaussées de transports en commun en site propre

Exemple de la réfection des voies bus de la Ville de Paris

Les chaussées destinées au trafic des véhicules de transports en commun doivent posséder une forte résistance aux sollicitations particulières d'une circulation très canalisée et agressive.

Dans le cadre de la réfection des voies bus des boulevards des Maréchaux à Paris, Colas Île de France Normandie a proposé de réaliser la couche de roulement en enrobés percolés Rodal, technique antiornière éprouvée et bien adaptée à ce type de trafic. Une surface de 15400 m² a été ainsi réalisée pendant l'été 1999.

Les transports en commun en site propre nécessitent une structure de chaussée performante, capable de supporter pour une longue durée de service, un trafic lourd, intense, particulièrement canalisé et agressif. La couche de roulement choisie doit notamment :

- ◆ présenter une résistance élevée aux phénomènes de fluage sous charge quasi statique dans les zones d'arrêt;
- ◆ résister à l'orniérage dû au trafic d'autobus circulant à faible vitesse avec une forte localisation dans le profil transversal;
- ◆ donner une adhérence satisfaisante pour la sécurité;
- ◆ permettre de différencier le couloir de circulation des autobus par une teinte plus claire du revêtement par rapport aux autres voies.

Dans le cadre de la réfection des chaussées de transport en commun en site propre de la ville de Paris, Colas Île de France Normandie a proposé à la direction de la Voirie et des Déplacements, une structure de chaussée permettant de répondre aux objectifs du cahier des charges de ces travaux.

LES STRUCTURES DE CHAUSSÉES PROPOSÉES

Les boulevards Kellerman et Masséna situés dans le treizième arrondissement de Paris présentent deux types de chaussées existantes. A savoir :

Structure "pavés sur sable"

Sable = 10 cm.
Pavé = 14 cm.
BB roulement = 3 à 4 cm.



Photo 1
Atelier de préparation du coulis

Slurry preparation plant

Structure "pavés sur béton"

Béton de ciment = 20 cm.
Sable de pose = 4 cm.
Pavé = 9 cm.
BB roulement = 3 à 4 cm.

Le renforcement est bien entendu fonction de la structure en place. Néanmoins dans les deux cas, il a été réalisé à partir d'enrobés Colas à haute performance mécanique, apportant une résistance élevée aux phénomènes de fatigue et d'orniérage.

Cas de la structure "pavés sur sable"

La nouvelle structure comporte :

- ◆ une couche de fondation en grave bitume de classe 2 - 0/14 (NP F 98-138), épaisseur = 10 à 12 cm;
- ◆ une couche de base en enrobés à module élevé Colbase S 0/14, épaisseur = 10 à 12 cm;
- ◆ une couche de roulement en enrobés percolés Rodal 0/10, épaisseur = 4 cm.

Cas de la structure "pavés sur béton"

Dans ce cas, la chaussée est constituée de la façon suivante :

- ◆ couche de base : enrobés à module élevé Colbase S 0/14, épaisseur de 10 à 12 cm.;
- ◆ couche de roulement : enrobés percolés Rodal 0/10, épaisseur de 4 cm.

Patrice de Loz



CHEF D'AGENCE COLAS
PARIS SUD-EST
Colas IDFN

Eric Godard



CHEF DU SERVICE
TECHNIQUE
ET DÉVELOPPEMENT
Colas IDFN

Michel Ballie



DIRECTEUR TECHNIQUE
Colas France

Photo 2
Étalement du coulis
sur les bétons bitumineux
ouverts supports

*Spreading of slurry
over open-graded
bituminous concrete*



Photo 3
Percolation forcée
du coulis ciment-résine
à l'aide d'une plaque
vibrante

*Forced percolation
of cement-resin slurry
by means of a vibrating
plate*



Photo 4
Réalisation
du balayage
après percolation
du coulis

*Blooming
after slurry
percolation*



Les caniveaux ont été réalisés dans les deux cas en asphalte coulé sur une largeur de 30 cm, d'épaisseur moyenne de 3 cm.

■ DES FORMULATIONS ADAPTÉES

Colbase S 0/14

Il s'agit d'enrobés à module élevé conforme à la norme NF P 98-140 et possédant l'Avis Technique Setra - LCPC n° 103. Ces performances mécaniques sont obtenues par l'utilisation de granulats calcaires de Wallers, de catégorie C IIIa de courbe granulométrique adaptée et d'un bitume dur spécial G75 à un dosage de 6 %. La déformation admissible en fatigue par flexion alternée à 10 °C et 25 Hz est de 135 micro-déformations pour 130 demandes dans la norme. Le module de rigidité à 15 °C et 10 Hz (module complexe) est de 16 500 MPa. La résistance à l'orniérage est de 2,9 % à 30 000 cycles et à 60 °C. Ces performances mécaniques élevées permettent d'obtenir une couche de base assurant une durée de service conforme aux conditions du marché.

Rodal 0/10

Rodal est un béton bitumineux ouvert, percolé avec un coulis à base de ciment adapté et de résine. Les bétons bitumineux support 0/10 possèdent, de par la granulométrie discontinue 2/6, un pourcentage élevé de vides communicants, supérieur à 20 %. Les granulats 6/10 utilisés sont issus de carrière de roche massive de teinte claire. Il s'agit de quartzite de Vignat (catégorie B II). Le sable 0/2 utilisé est de catégorie a (carrière de la Noubleau). Un bitume pur de classe 50/70 est utilisé. Après mise en œuvre des bétons bitumineux supports, le coulis de ciment et de résine pénètre dans les vides par vibration forcée à l'aide de plaques vibrantes. Après prise du ciment, le coulis se transforme en une masse résistante, donnant à Rodal ses caractéristiques mécaniques particulièrement élevées. La résistance nominale de 6 MPa au poinçonnement à 20 °C et sous un poinçon de 5 cm², est obtenue dans un délai de 28 jours de prise. La mise en service des voies, ainsi réalisées, est généralement intervenue après sept jours de prise, suffisante pour assurer un bon comportement sous trafic. Rodal n'est pas orniérable et la profondeur d'ornièr à 100 000 cycles à 60 °C à l'ornièreur LPC est inférieure à 1 %.

■ LA RÉALISATION DU CHANTIER

Les travaux ont été réalisés par l'agence Paris Sud-Est de Colas Île de France Normandie pendant les

mois de juillet et août 1999. Un plan d'assurance qualité spécifique a été mis en place pour la réalisation des enrobés percolés Rodal sur une surface de 15 400 m².

Les études de formulation des enrobés et les contrôles extérieurs ont été réalisés par le Service technique de Colas IDFN et le laboratoire LITP.

Colbase S

La fabrication de Colbase S a été assurée par la centrale d'enrobage discontinue de niveau 2 de SPME à Bonneuil-sur-Marne, certifiée ISO 9002 et 14 000. La composition prévue a été obtenue.

La mise en œuvre a été réalisée à l'aide d'un atelier classique composé d'un finisseur, d'un compacteur à pneu à 3 tonnes roue et d'un compacteur vibrant V2 Dynapac CC 211.

Les compacités mesurées sont de 97,8 % avec un écart type de 0,8 %.

Rodal

La fabrication des bétons bitumineux supports a été effectuée par la même centrale d'enrobage que Colbase S. Elle a été maîtrisée de façon à obtenir le pourcentage de vides voulu pour assurer une bonne percolation du coulis.

La mise en œuvre des bétons bitumineux supports a été réalisée par un atelier comprenant le finisseur et un compacteur lisse à double billes de type CC 211.

Lors de la planche d'essai préalable, il a été vérifié par carottage que le pourcentage obtenu de vides communicants est supérieur à 20 %. Elle a permis de définir les conditions de fonctionnement de l'atelier de mise en œuvre pour obtenir la porosité désirée des bétons bitumineux supports.

Préparation du coulis de percolation pour Rodal

Afin d'obtenir un rendement adapté, l'atelier de préparation du coulis a été placé dans un semi-remorque. Un malaxeur type Puzmeister a été utilisé pour le malaxage et la répartition du coulis à l'avancement du chantier.

La photo 1 montre le détail de l'installation.

Répannage du coulis de percolation de Rodal

Il est nécessaire de maîtriser au mieux la quantité de coulis nécessaire à une percolation complète des bétons bitumineux support. A cet effet, une quantité de coulis par unité de surface matérialisée sur la chaussée est répandue précisément. Le coulis est alors étalé à l'aide de raclettes en caoutchouc par une équipe de trois à quatre compagnons sur la surface prédéterminée (photo 2).



Photo 5
Aspect clair du Rodal après la prise du coulis de ciment-résine

Light appearance of Rodal after the setting of the cement-resin slurry

Percolation du coulis dans les bétons bitumineux supports

Après régalinge à la raclette, le coulis est pénétré par vibration de plaques. Cette opération est réalisée avec beaucoup de soin et plusieurs passes sont nécessaires pour que la quantité nécessaire de coulis soit percolée dans toute l'épaisseur du support, comme il a été constaté lors de la planche d'essais (photo 3).

Pour assurer une bonne macrotexture du revêtement, un balayage perpendiculaire au sens de circulation est effectué manuellement après la percolation complète du coulis.

La hauteur en sable vraie (HSV), mesurée après prise est de 0,9 mm (écart type de 0,1 mm), pour une HSV demandée du marché supérieure à 0,6 mm. La photo 4 donne un aperçu du balayage manuel permettant d'obtenir la macrotexture désirée du revêtement.

Rendement journalier de réalisation de Rodal

Le rendement d'application de la technique Rodal est fortement dépendant de la cadence de percolation. Avec une équipe bien formée et un atelier performant et mobile de préparation du coulis ciment-résine, le rendement peut atteindre 1 000 m²/jour. Il faut également tenir compte du délai de prise du coulis permettant d'obtenir les performances mécaniques de Rodal. Le délai de prise doit être au minimum d'une durée de 7 jours, sans circulation, dans de bonnes conditions météorologiques comme ce fut le cas pour ce chantier.

Après prise, la teinte claire recherchée apparaît nettement (photo 5).



CONCLUSION

Les chaussées de transport en commun en site propre nécessitent une structure performante permettant de résister aux sollicitations particulières de la circulation canalisée à vitesse faible des autobus.

A cette fin, Colas IDFN agence de Paris Sud-Est a réalisé, pour le compte de la direction de la Voirie et des Déplacements de la ville de Paris, une chaussée comportant une couche de base en EME Colbase S et une couche de roulement en Rodal, enrobé percolé au coulis de ciment de Colas, possédant une résistance très élevée à l'orniérage et aux déformations quasi statiques.

Cette réalisation permet également de matérialiser par sa couleur claire la voie réservée aux autobus et d'assurer l'adhérence par une bonne texture superficielle de Rodal.

ABSTRACT

Rodal, a Colas's technique suited to right-of-way public transport facilities.

Example of the rehabilitation of bus lanes in Paris

P. de Loz, E. Godard, M. Ballie

Roadways intended for public transport vehicle traffic must offer high resistance to the particular stresses of highly channelised and aggressive traffic. In connection with the rehabilitation of bus lanes on the major circular boulevards in Paris, Colas Ile de France Normandie proposed the provision of a wearing course in Rodal percolated asphalt, a proven anti-rutting technique well suited to this type of traffic. An area of 15,400 m² was thus completed during the summer of 1999.

RESUMEN ESPAÑOL

Rodal, una técnica Colas adaptada para los pavimentos de los transportes colectivos en emplazamiento propio. Ejemplo de la refacción de los canales para autobuses de la Villa de París

P. de Loz, E. Godard y M. Ballie

Los pavimentos destinados al tráfico de los vehículos de los transportes colectivos deben poseer un grado de resistencia elevado para resistir las sollicitaciones particulares de una circulación sumamente canalizada y agresiva. En el marco de la refacción de los canales de circulación destinados a los autobuses de la Ronda de los Mariscales de París, Colas Ile de France Normandie ha propuesto ejecutar el firme de rodadura mediante aglomerados especiales Rodal, técnica contra la formación de roderas que ha dado pruebas de valía, y perfectamente adaptada a este género de tráfico. Se ha ejecutado así una superficie de 15400 m² durante el verano de 1999.

Le VAL de Rennes

Ligne A - Lot 1

Gilles Piquereau

DIRECTEUR DE TRAVAUX
GIE Métro de Rennes

Jean-Claude Landry

DIRECTEUR DE PRODUCTION
GIE Métro de Rennes

François Renault

INGÉNIEUR MÉTHODES
GIE Métro de Rennes

La première ligne du VAL de Rennes a une longueur de 9,4 km comprenant dans la partie centrale du tracé un tunnel foré de 3,6 km de long et sept stations. Le tunnel a été foré avec un tunnelier à pression de terre utilisant le système de pilotage automatique CAP. Les principales difficultés rencontrées durant l'exécution des travaux furent la traversée de zones affectées par les bombardements de 1943, le passage sous un ancien pont en arc traversant la Vilaine et le passage sous les bâtiments datant du XVII^e siècle dans le quartier de Pont-aux-Foulons. Cet article décrit le tunnelier, les méthodes utilisées pour construire les stations et les mesures prises afin de limiter les tassements des bâtiments et de minimiser l'impact sur l'environnement urbain en tenant compte des aspects géologiques et historiques.

DESCRIPTION DU PROJET

La première ligne du VAL (Véhicule Automatique Léger) de l'agglomération rennaise effectuant un tracé nord-sud aura une longueur de 9,4 km. La partie centrale du tracé, située dans le cœur historique de la ville, est réalisée en souterrain. Elle constitue le lot 1 de la ligne A.

Objet du marché du lot 1

Les travaux sont réalisés pour le compte de la Société d'Economie Mixte des Transports Collectifs de l'Agglomération Rennaise (SEMTCAR) agissant au nom et pour le compte de la Communauté d'Agglomérations de Rennes. La maîtrise d'œuvre est assurée par le groupement Systra - Ingerop - EEG. Le tronçon central comporte la réalisation du gros œuvre des ouvrages décrits ci-après.

Sept stations profondes

Sept stations sont à exécuter le long du trajet (de la station Clemenceau à la station Anatole France incluses). Ces stations ont le gabarit VAL correspondant à l'accueil d'un train à deux voitures, ce qui conduit à une longueur de station légèrement supérieure à 26 ml pour une largeur de 14,26 m minimum. Elles ont une profondeur d'une vingtaine de mètres.

Le tunnel

L'ouvrage de 6,8 m de diamètre intérieur a une longueur de 3563 m. Il relie la station Clemenceau au puits Tumoine situé après la station Anatole France et destiné au démontage du tunnelier.

Le tunnel est revêtu de voussoirs en béton armé de 34 cm d'épaisseur. La longueur des anneaux des voussoirs courants est de 1,4 m. Cependant, le tracé en plan présentant des courbes de 200 m de rayon, deux longueurs d'anneaux ont été réali-



Plan du tracé

Route plan

sées : 0,80 m et 1,40 m. La pente maximum du tracé est de 5,8 %.

Le marché comporte également la réalisation de 120 ml de tranchée couverte au sud de la station Clemenceau, ce qui a permis un montage et un démarrage plus aisés du tunnelier. La largeur intérieure du cadre en tranchée est de 6,28 m.

Les puits

Trois puits sont à exécuter le long du tracé pour le relevage des eaux, la ventilation et l'accès des secours. Ces puits de section rectangulaire ont des dimensions intérieures variant de 5,7 x 4 m à 6 x 7 m et sont reliés au tunnel par des rameaux de

Débouché du tunnelier
dans la station
Charles de Gaulle

Emergence of TBM
in Charles de Gaulle
station



longueur variant entre 50 cm et 5 m. La profondeur des puits est de l'ordre de 20 m. L'un des puits situé dans un terrain de mauvaise tenue a fait l'objet d'une modification : le groupement a proposé de le rendre circulaire (\varnothing intérieur 8 m).

Les termes du marché

Le marché confié au groupement d'entreprises conjointes dont Campenon Bernard SGE est le mandataire comprend trois lots :

- ◆ lot 1.0 : tunnel circulaire, attribué à Campenon Bernard SGE ;
- ◆ lot 1.1 : stations profondes nord, attribué à GTM Construction - Pichenot ;
- ◆ lot 1.2 : stations profondes sud, attribué à Razel - Solétanche.

Le montant global et forfaitaire du marché est de 396 millions de francs HT base juin 1993.

L'ordre de service de démarrage a été reçu le 26 novembre 1996, pour une fin de travaux 40 mois plus tard, soit le 26 mars 2000.

DESCRIPTION DU TUNNELIER

- Type : pression de terre
- Diamètre de coupe : 7,73 m
- Longueur totale : 8,75 m
- Longueur de la jupe : 3,6 m
- Course des vérins : 1950 m
- Puissance : 1600 kW
- Poussée maxi : 1600 kW
- Nombre de vérins : 15 paires
- Motorisation de la tête : Entraînement hydraulique
- Vitesse de rotation : 1,5 tr/mn maxi
- Couple maxi : 1300 tm à 0,6 tr/mn
- Couple à vitesse maxi : 450 t à 0,6 tr/mn
- Vis d'extraction : vis arbrée
- Diamètre : 900 mm
- Pas : 600 mm
- Vitesse maxi : 19 tr/mn

NATURE DU SOUS-SOL

Le sous-sol rennais est composé de la succession de couches suivantes, avec des caractéristiques géotechniques décrites dans le tableau I :

- ◆ les remblais, d'épaisseur très variable (jusqu'à 8 m de profondeur) suivant les zones ;
- ◆ les alluvions des vallées de l'Ille et de la Vilaine ;
- ◆ localement des éboulis ;
- ◆ le substratum briovérien composé de schistes et de grès plus ou moins fracturés et plus ou moins altérés. En particulier, des poches d'altérites, correspondant au stade ultime de l'altération du briovérien, ont été rencontrées en profondeur le long du tracé. Le briovérien a été subdivisé en trois catégories BR1, BR2 et BR3 selon un critère additionnant le terme ID (fracturation) et AM (altération). La stratification est globalement subverticale et de direction nord-sud.

L'ensemble du tracé se fait sous la nappe, si-

tuée entre 2 et 6 m de la surface. Les schistes et les grès présentent une perméabilité de fracture faible (0 à 10 Lugeon).

RÉALISATION DES STATIONS

De façon générale, le terrassement des stations est réalisé à l'abri d'une paroi berlinoise butonnée dans sa partie supérieure et clouée dans la partie inférieure.

La station Sainte-Anne a fait l'objet d'une variante en paroi parisienne suspendue : la partie en contact avec les terrains meubles était soutenue par une paroi parisienne tandis que la partie inférieure dans le rocher était cloutée.

Enfin, la station République, située en rive de la Vilaine entre un bâtiment ancien en maçonnerie et une culée de pont, a fait l'objet de mesures particulières. Le soutènement devant limiter au maximum les déplacements horizontaux de la culée du pont en arc et assurer une étanchéité optimale, une paroi moulée toute hauteur a été préférée à un soutènement de type berlinois. Les butons ont été précontraints. Les charges à reprendre ont entraîné un butonnage imposant.

Le programme général des travaux impose la réalisation des stations pendant le creusement du tunnel. Au moment où le tunnelier entre dans une station, le radier ainsi que les premières levées des voiles périphériques sont réalisés de façon à permettre les opérations d'entrée, de traversée et de sortie de la station.

Ce choix a induit l'utilisation de coffrages de 8 m de haut, simple face, pour réaliser les voiles des stations dans les temps.

LE CREUSEMENT DU TUNNEL

Description du tunnelier

Le groupement d'entreprises a fait l'acquisition du tunnelier FCB ayant servi à réaliser le lot 3 de la ligne 2 du métro de Lille. Il s'agit d'un tunnelier à pression de terre de 7,73 m de diamètre de creusement dont la puissance a été portée à 1600 kW. La roue de coupe dont est équipé le tunnelier est neuve. Elle comporte des molettes, en plus des outils scarificateurs, mieux adaptées aux terrains rennais.

Ses principales caractéristiques sont reprises en encadré.

Le marinage

Le marinage en galerie est effectué sur une bande transporteuse REI jusqu'à la station Clemenceau. La géométrie du tracé, ainsi que la longueur totale de la bande, ont nécessité de couper le tapis en

trois tronçons successifs, de longueur équivalente. La motorisation de chaque section a été disposée dans les stations Clémenceau, Gares et République.

A la station Clémenceau, le convoyeur remonte dans la tranchée couverte jusqu'en surface pour déverser le marinage sur une sauterelle qui étale le matériau en haricot. Cette disposition permet de faire fonctionner le tunnelier en trois postes sans évacuer la nuit.

Les entrées-sorties des stations

Dans les cas courants, le terrassement des stations a rabattu la nappe. Le confortement de terrain réalisé aux entrées-sorties de station a consisté à réaliser des voûtes parapluies avec des clous HA 40, sur une longueur correspondant au passage du tunnelier en configuration de creusement avec confinement.

Au droit du passage du tunnelier dans le soutènement de la station, celui-ci a été aménagé comme suit : les zones de tympan sont cloutées avec des clous fibre de verre de 8 m de long, de façon à ne pas entraver la marche du tunnelier. Le béton projeté est armé avec un treillis en fibre de verre. Au démarrage en station, le tunnelier prend appui sur un bâti de poussée butonné aux voiles périphériques de la station ainsi qu'aux longrines béton ayant servi au ripage du tunnelier. Afin de ne pas générer d'efforts perpendiculaires aux voiles de la station sur lesquels s'appuient les butons, un tirant a été disposé entre les extrémités des deux butons.

Le pilotage de la machine

Le tunnelier FCB est équipé du système CAP. Le guidage de la machine est automatique : les instructions de guidage sont entrées dans l'automate du tunnelier en début de foration et le système commande l'élongation des vérins pour suivre au mieux sa trajectoire.

De même, le système CAP gère automatiquement la vitesse d'avance, la rotation de la vis d'extraction et le couple sur le disque, permettant d'optimiser la marche du tunnelier.

La pression de confinement est obtenue par adjonction de mousse, dont le débit est asservi à la pression de confinement enregistrée dans la chambre d'abattage.

Les points durs du tracé

Passage sous le Champ de Mars

Le passage sous la zone du Champ de Mars, situé entre les stations Gares et Charles de Gaulle, ne devait pas poser de problème ni au niveau du terrain ni au niveau de l'histoire ancienne. Cependant, à 30 m d'intervalle, le creusement a été inter-

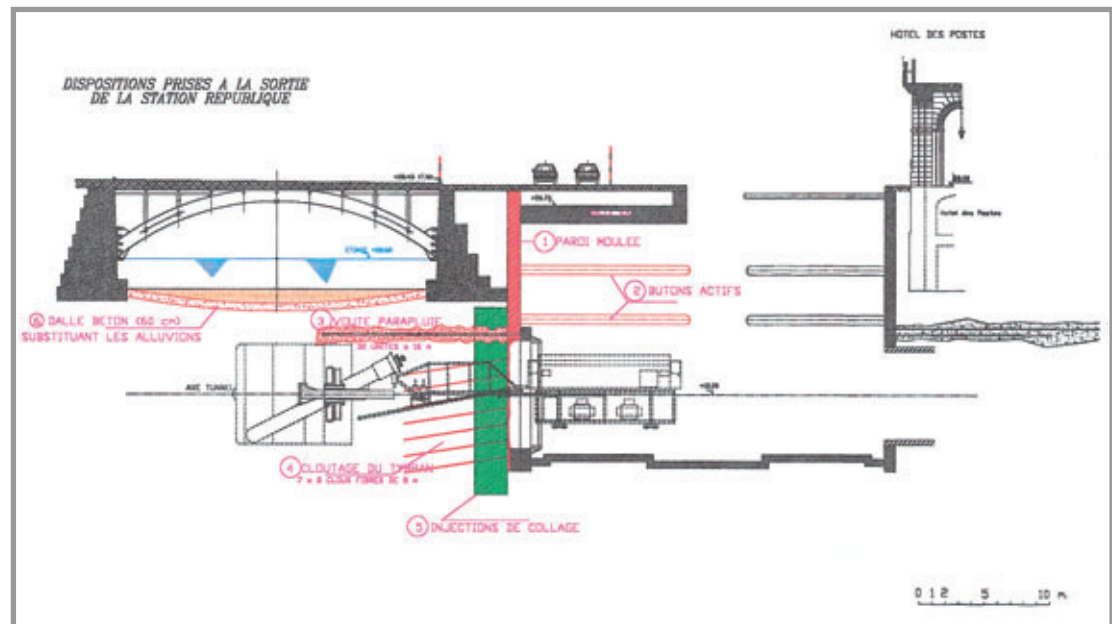


Tunnelier en phase de démarrage dans la station Clémenceau

Tunnel boring machine in starting phase in the Clémenceau station

Dispositions prises à la sortie de la station République

Arrangements made at exit of République station



rompu par l'ouverture de deux fontis. La cause des deux fontis a été découverte par la suite : la zone de la gare de Rennes, alors 4 m plus bas que de nos jours, a été abondamment bombardée en 1943 et une photo prise par les avions alliés a indiqué la présence de deux cratères de bombes au droit des deux fontis créés.

Passage sous la Vilaine

L'entrée en terre du tunnelier, au niveau de la station République, se fait sous la culée du Pont d'Or

**Station République,
vue générale**
*République station,
general view*



**Station République.
Vue sur le tympan
côté arrivée du tunnelier**
*République station. View
of the tympan on TBM
emergence side*



léans, pont en arc construit en béton armé au début du siècle. Ce pont a fait l'objet de plusieurs réhabilitations et ne tolère que de faibles déplacements horizontaux des culées.

Le point bas du toit rocheux sous la Vilaine se situe à 2,5 m au-dessus de la voûte du tunnel. Environ 1,5 m d'alluvions et d'altérites recouvrent le toit rocheux.

Les dispositions suivantes ont été prises pour permettre le démarrage du tunnelier dans ce contexte :

- ◆ évoqué précédemment, le blindage a été renforcé dans cette station (paroi moulée toute hauteur). Les butons de la paroi moulée ont été également précontraints ;

- ◆ une voûte parapluie de 16 m constituée de tubes 127 x 109 a été mise en place pendant la descente du terrassement. Cette voûte a été injectée pour remplir d'éventuelles fractures ouvertes dans le massif et éviter que le rocher situé entre la voûte et le tunnel ne se désolidarise du massif ;

- ◆ comme dans les autres stations, le tympan a été conforté par la réalisation de clous en fibre de verre ;

- ◆ des injections ont été pratiquées devant le tym-

pan dans le double but de réduire la perméabilité du massif et détecter d'éventuelles circulations préférentielles d'eau ;

- ◆ afin de réduire la perméabilité du fond de la Vilaine et compenser la faible couverture, il a été décidé de réaliser une dalle béton de 60 cm d'épaisseur sur le toit rocheux.

Cette opération s'est effectuée en deux phases : la première phase a consisté à curer les 1,5 m d'alluvions couvrant le toit rocheux. Pour ce faire, des plongeurs ont pompé les alluvions. Le mélange eau-alluvions a ensuite été pompé sur 2 km où il a été séparé dans une lagune de décantation avant rejet de l'eau. La seconde phase a consisté à mettre à sec une portion de 50 m de la Vilaine, sans interrompre son débit, pour terminer le curage au sec et réaliser le béton.

Deux barrages souples ont été disposés à l'amont et à l'aval de la zone et une batterie de pompes a assuré le transfert du débit dans des canalisations par-dessus la zone à traiter.

Ces mesures ont permis de limiter les tassements à 10 mm au maximum.

Passage sous le quartier de Pont-aux-Foulons

Le quartier de Pont aux Foulons, situé entre la station République et la station Sainte-Anne, est un des rares quartiers de Rennes à avoir survécu à l'incendie de 1720. L'ensemble des façades à colombages est classé. Les bâtiments datent pour plupart du XVII^e siècle et étaient construits sur les flancs d'une ancienne douve délimitant l'enceinte de la ville. Ces bâtiments devaient pouvoir être détruits par le feu en cas de siège de la ville, de façon à redonner à la douve son caractère défensif. Ils n'étaient pas construits pour durer. Des recherches effectuées par le groupement d'entreprises ont montré la présence d'un point bas dans la douve qui intercepte la voûte du tunnel sur 1 m d'épaisseur.

La réalisation d'une campagne de sondages complémentaire a mis à jour la présence de vases injectables en fond de douve, ainsi que la présence d'un pieu de bois.

Ces deux faits rendaient tout traitement de terrain inopérant ou préjudiciable pour des structures largement marquées par le temps (présence de nombreux étais confortatifs dans les caves). Il a donc été demandé un approfondissement du tracé au droit de cet îlot d'immeubles.

Il est à noter que, sur l'ensemble du tracé dans la ville ancienne, la connaissance de la géologie n'est pas suffisante en elle-même pour exécuter un ouvrage proche des couches de terrain remaniées dans l'histoire. En effet cette connaissance du terrain doit être complétée par la connaissance de l'histoire locale, ce qui a amené le groupement à solliciter les conseils d'un historien.

L'approfondissement de 4 m du tracé a rendu pos-



Station République, vue après passage du tunnelier
République station, view after passage of TBM

sible un confortement de la voûte rocheuse par un clouage du schiste par des clous en fibre de verre. Les tassements observés ont été de 6 mm pendant la réalisation des clous et 8 mm supplémentaires lors du passage du tunnelier.

Passage sous l'Ille

Le tracé du tunnel comporte un passage sous le canal de l'Ille. Après réflexion sur les causes d'un effondrement proche de la station République, et suite à une campagne de reconnaissances complémentaires, il a été démontré que la conjonction de plusieurs facteurs que l'on retrouvait sur la berge sud du canal de l'Ille laissait prévoir un risque d'instabilité. Il a donc été réalisé une campagne de renforcement du sous-sol à l'aide de colonnes de jet-grouting selon un maillage de 2 m x 2 m. La zone située sous le canal a été traitée depuis un puits viennois situé sur la berge nord du canal, par injection de bentonite-ciment.

CONCLUSION

Le tunnel du métro de Rennes, réalisé sous une faible couverture rocheuse, a nécessité la mise en œuvre de techniques visant à limiter l'incidence du creusement sur l'environnement urbain.

Le comportement du sol, intermédiaire entre roche tendre et terrain meuble, et très hétérogène par nature a cependant été la cause de plusieurs incidents. Cette expérience révèle aussi la nécessité de prendre en compte aussi bien les aspects géotechniques de façon approfondie et locale que les aspects historiques, dans la préparation d'un projet en site urbain.

ABSTRACT

The Rennes VAL - Line A - Lot 1

G. Piquereau, J.-Cl. Landry, Fr. Renault

The first line of VAL (Automatic Light Vehicle) of the city of Rennes is 9,4 km long and includes a central part of 3,6 km long bored tunnel and 7 stations. The tunnel has been bored with an earth pressure balance TBM using the automatic driving system CAP. The main difficulties encountered during the progress to the works were the crossing of areas altered by bombs in 1943, the crossing under an old arch bridge over the river Vilaine and the crossing under the 17th century buildings of Pont aux Foulons district.

This paper describes the TBM, the methods used to build the stations, and the measures taken in order to limit the settlements of buildings and to minimize the impact on the urban environment, taking into account the geological as well as historical aspects.

RESUMEN ESPAÑOL

El VAL de Rennes - Línea A - Lote 1

G. Piquereau, J.-Cl. Landry y Fr. Renault

La primera línea del Val de Rennes, de una longitud de 9,4 km incluye, en la parte central del trazado, un túnel de 3,6 km de longitud y 7 estaciones. El túnel se ha excavado por medio de una máquina de perforación de túneles (tunelero) que trabaja con presión de tierra, y utiliza el sistema de pilotaje automático CAP. Las principales dificultades con que se ha tropezado durante la ejecución de las obras han sido la travesía de zonas afectadas por los bombardeos de 1943, el paso de un antiguo puente de arco que salva el río Vilaine y, finalmente, el paso bajo los asentamientos de edificios, así como la necesidad de reducir en todo lo posible el impacto sobre el medio ambiente urbano, teniendo siempre debidamente en cuenta los aspectos geológicos e históricos.

La lutte contre les inondations à Quimper

Soumise aux caprices de l'Odet qui traverse la ville, la mairie de Quimper a entrepris depuis 1995 un vaste chantier pluriannuel de lutte contre les inondations. Assistée d'un maître d'œuvre unique pour l'ensemble du chantier, elle s'est engagée à protéger les riverains d'une crue semblable à 1995 tout en procédant à des aménagements paysagers et urbains. Ceci alors même que la majeure partie du fleuve appartient au domaine privé. En partant du constat que seules les protections qui nécessitent peu d'entretien et d'interventions humaines sont efficaces dans le temps, la ville a axé son projet autour de deux points : la reprise du réseau d'assainissement des eaux pluviales et les aménagements des berges et la réparation des ouvrages.

La pluie incessante qui s'est abattue sur l'agglomération quimpéroise en janvier 1995 a fait sortir l'Odet de son lit. De nombreux riverains se sont réveillés les pieds dans l'eau, désarmés. Les entreprises ont dû interrompre leurs activités. La gare a même cessé de fonctionner. Cette crue exceptionnelle par son volume (127 m³/seconde) mais surtout par sa durée (plus d'une semaine!) a justifié un arrêté ministériel de catastrophe naturelle.

Des travaux d'urgence ont immédiatement été effectués dans le lit du fleuve (nettoyage des berges, pose de clapets de sécurité anti-retour sur des canalisations d'eaux pluviales se rejetant dans l'Odet). Mais l'ampleur des dégâts et les débordements fréquents de l'Odet (neuf crues importantes depuis 1974) ont conduit la municipalité à engager un chantier pluriannuel de lutte contre les inondations en corrélation avec un syndicat intercommunal de rivière, le SIVALODET, créé à cette occasion.

La ville, en concertation permanente avec les riverains – la rivière étant en grande partie non domaniale – a fixé des objectifs, en tenant compte de la complexité du chantier. Elle s'est ensuite dotée de moyens techniques et financiers importants afin de réaliser au mieux ce vaste projet.

LES OBJECTIFS

Ils se concentrent sur un secteur compris entre le pont Firmin et la confluence du Jet et de l'Odet. L'étude de faisabilité effectuée en juin 1995 par la société Sogreah Ingénierie a permis de définir un double objectif original. Celui-ci tend à concilier la

protection des riverains contre une crue d'un niveau semblable à celui de janvier 1995 (sachant que la période de retour d'une telle crue est de 43 ans) et la revalorisation des quartiers concernés à l'aide d'aménagements paysagers et urbains. A cette occasion, une équipe pluridisciplinaire alliant compétences hydraulique, urbanistique et environnementale a été constituée.

Le groupement d'entreprises composé de BCEOM, Set d'Armor, Simecsol, Barbier et Bureau, maître d'œuvre du projet de lutte contre les inondations, a dégagé différentes solutions.

Deux moyens de protection des lieux habités ont été envisagés. Le premier consistait à maintenir une vigilance accrue, propre à assurer l'évacuation rapide de la population en cas de sinistre. Or, une surveillance active est déjà mise en place par la subdivision "Hydrologie et annonce des crues" de la direction départementale de l'Équipement ainsi qu'un système d'informations et d'alerte.

Le second, qui a été retenu, s'employait à lutter contre les crues en limitant leur impact sur les zones habitées.

Toutes les études réalisées, notamment les simulations hydrauliques ont pris en compte le fait que les travaux projetés ne devaient en aucun cas déplacer les problèmes en amont ou en aval de la rivière.

LA PROBLÉMATIQUE

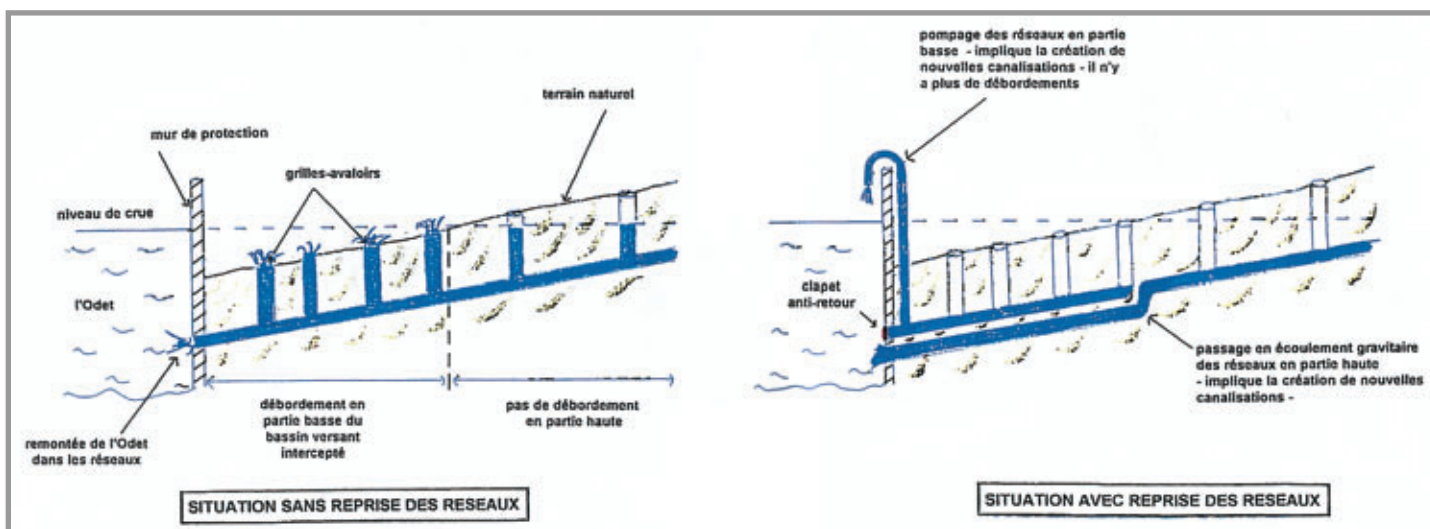
Plusieurs quartiers de la ville (35 hectares) sont fréquemment menacés par les débordements de l'Odet. Le statut juridique du fleuve, dont une par-

Schéma de principe des travaux d'assainissement pluvial.

- 1) Situation sans reprise des réseaux.
- 2) Situation avec reprise des réseaux

Schematic of rainwater drainage works.

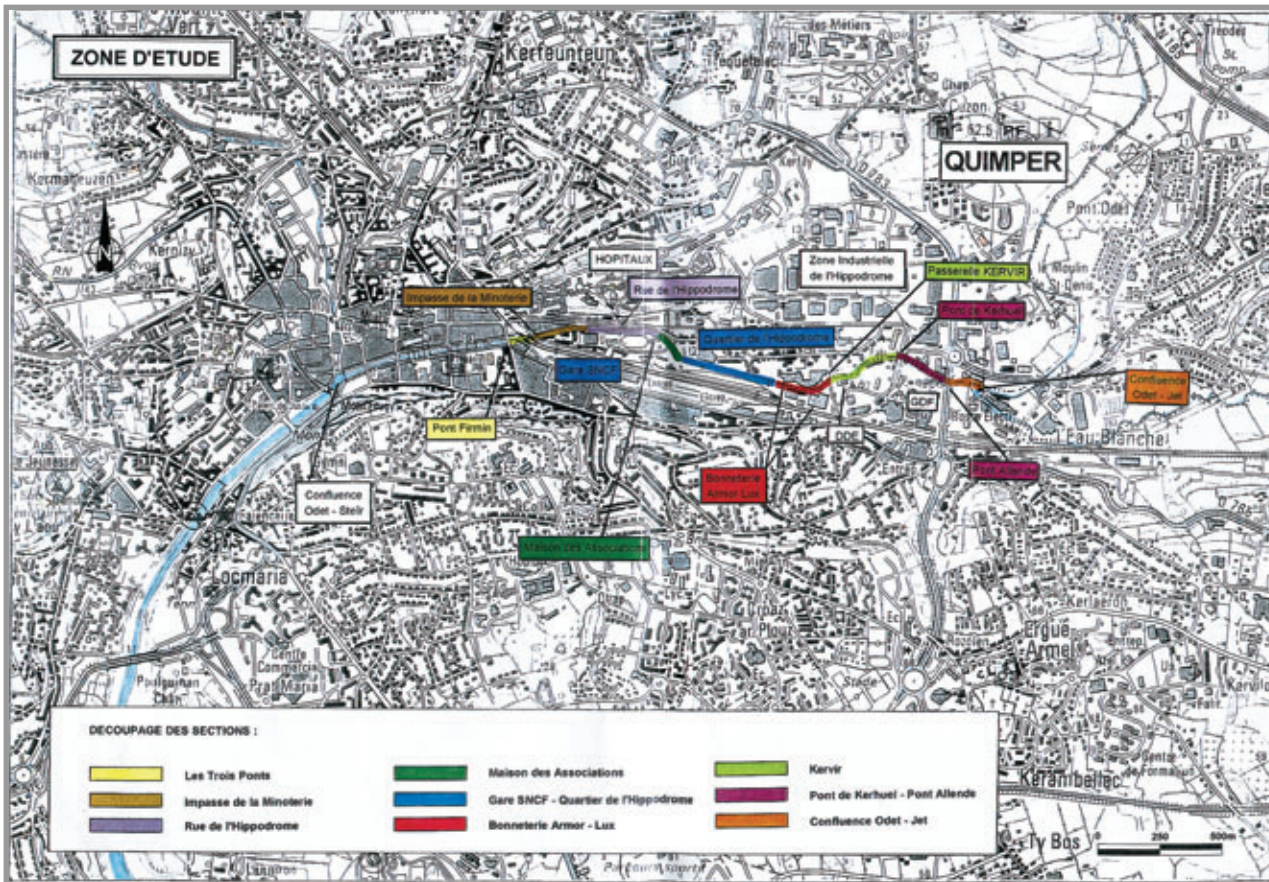
- 1) Situation without rehabilitation of networks.
- 2) Situation with rehabilitation of networks



inondations

Pascal Féat
DIRECTEUR DE LA VOIRIE
ET DE L'ENVIRONNEMENT
Mairie de Quimper

Jean-Luc Rault
RESPONSABLE DU SERVICE ETUDES
(DIRECTION VOIRIE)
Mairie de Quimper



Zone d'études
Survey zone

tie est non domaniale ne légitimait pas la réaction de la municipalité. Cependant, l'intérêt général et l'urgence du projet ajoutés à la complexité du chantier et à la multiplicité des propriétaires l'ont rendu nécessaire. Ceci d'autant plus que l'article 31 de la loi sur l'Eau du 31 janvier 1992 donnait une base légale à cette intervention. Le projet a été élaboré dès 1995 suite à des réunions d'échanges et de travail entre les riverains et le Sivalodet. Une enveloppe budgétaire globale a été votée par le conseil municipal en mai 1996. Après enquête publique, le préfet a pris un arrêté le 20 décembre 1996, autorisant officiellement le commencement des travaux.

Les modalités pratiques d'intervention de la collectivité pour la réalisation des travaux sur la partie non domaniale de la rivière ont nécessité et nécessitent encore la conclusion de nombreuses conventions. En effet, il ne s'agissait pas d'effectuer des aménagements sans l'accord préalable des propriétaires. Et ceci d'autant plus sur le domaine privé alors que la circulaire du 17 août 1994 relative aux modalités de gestion des travaux contre les risques d'inondations stipule : "Il est toutefois préférable, à bien des égards, chaque fois que la collectivité assume des travaux coûteux, d'investissement et de remise en état d'ouvrages de protection, qu'elle en prenne la propriété".



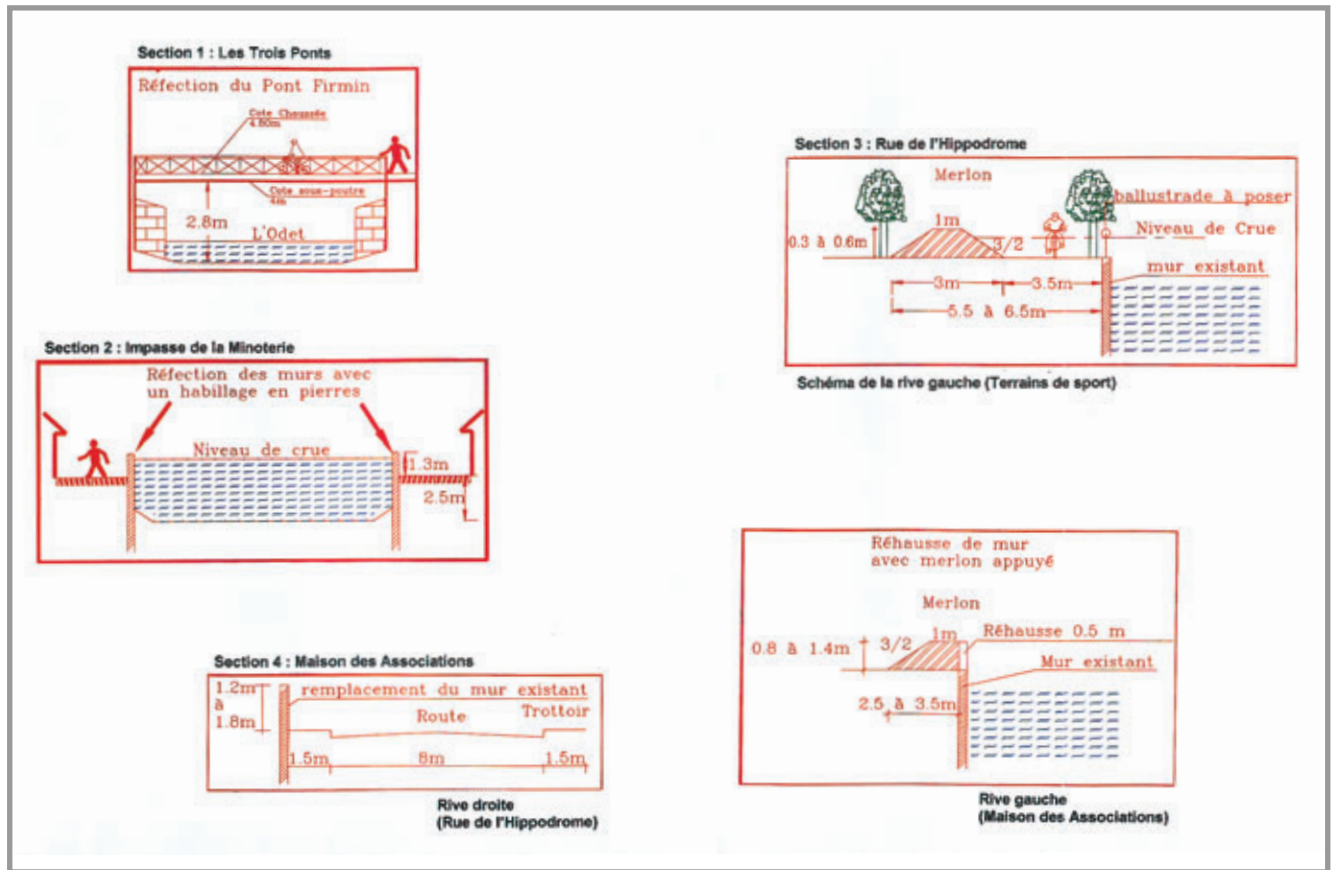
Mise en forme d'une longrine BA en pied de paroi berlinoise

Shaping of a reinforced concrete stringer at base of soldier wall

Chaque riverain (particulier ou entreprise) a donc été contacté et a approuvé ou désapprouvé l'intervention de la ville sur sa propriété. A défaut d'accord amiable, la ville a eu recours à des expropriations. En cas d'acquiescement, des conventions individuelles comprenant les éléments suivants ont été conclues :

- ◆ l'état des lieux;
- ◆ les conditions d'intervention en phase travaux autorisant la ville à pénétrer sur les parcelles privées;
- ◆ les notions de gardes d'ouvrages et en particu-

Cahier des croquis des aménagements (schéma de principe sans échelle)
 Improvement drawings (schematic diagram, not to scale)



Mise en forme du chemin piétonnier en revêtement stabilisé
 Work on pedestrian path with stabilised pavement



Renfort de parement
 Facing reinforcement

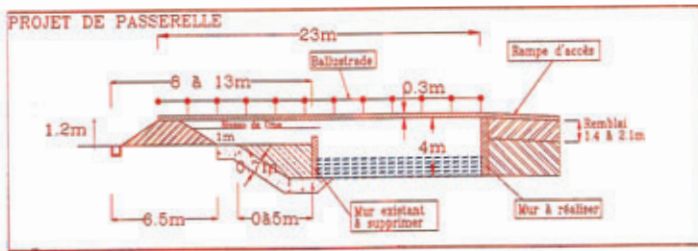


- ▶ lier l'entretien courant laissé à la charge du propriétaire ;
 - ◆ les modalités d'intervention des équipes chargées de la surveillance, de l'entretien et des travaux exceptionnels ainsi que les servitudes de passage associées ;
 - ◆ les responsabilités respectives des différentes parties concernant le maintien de la sécurité apportée par les aménagements.
- En cas de changement de propriétaire, les conventions et servitudes restent attachées aux parcelles concernées. Leur reconduction est automatique.

■ LES TECHNIQUES

Les principes

- L'expérience acquise a montré que des aménagements conçus dans l'urgence, sans consultations sur les problèmes d'entretien et de tenue des ouvrages, conduisent à des échecs. Nombre de catastrophes naturelles récentes en fournissent la preuve. Les services techniques de la municipalité ont donc opté pour des actions nécessitant peu d'entretien et d'interventions humaines. Il en découle les choix suivants :
- ◆ endiguement du lit mineur du fleuve à l'aide de merlons en terre ou de murs ;
 - ◆ maintien des niveaux de crue et abaissement chaque fois que cela est possible grâce à la réfection de deux ouvrages (le pont Firmin et la passerelle de Kervir) et à un élargissement d'une partie du lit ;
 - ◆ reprise du réseau d'assainissement pluvial afin d'éviter les remontées d'eau par les canalisations ;



Projet de passerelle :

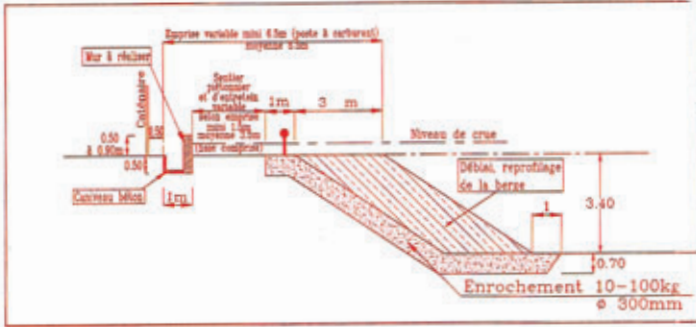
A gauche : Impasse de l'Odet

A droite : Avenue des sports

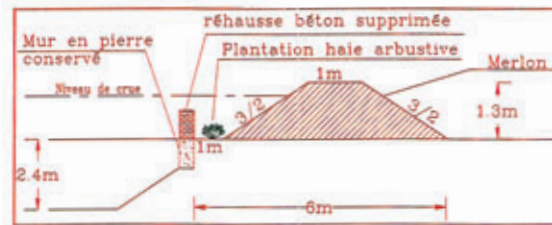
Les différents aménagements prévus en fonction des lieux

Improvements planned at different locations

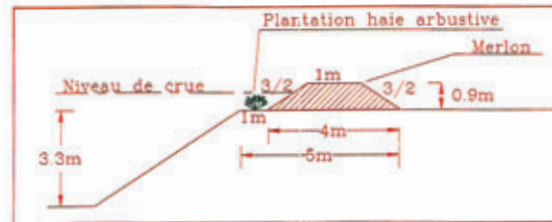
Section 5 : Gare S.N.C.F. - Quartier de l'Hippodrome



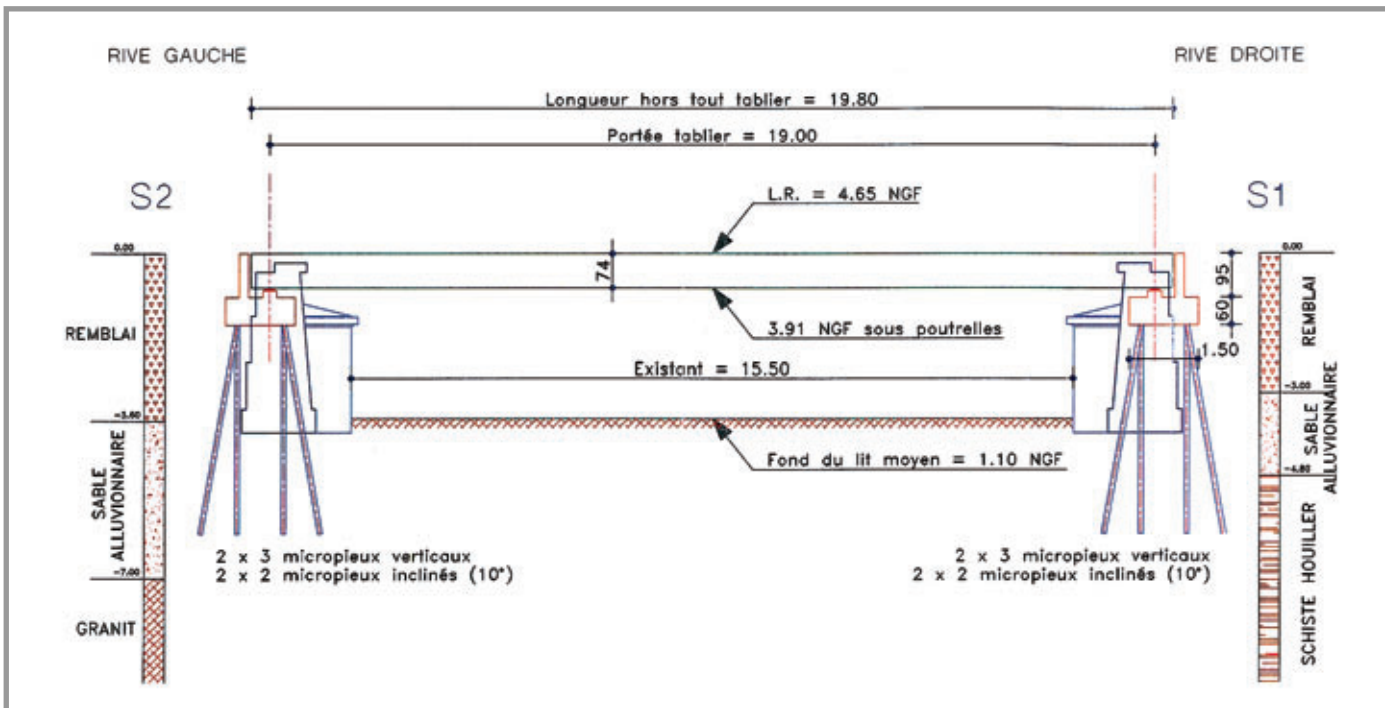
Rive gauche (Zone de gare)



Aménagements types - Rive droite



Coupe longitudinale
Longitudinal section



tions et assurer l'évacuation du ruissellement en période de crue par l'intermédiaire de stations de pompage.

Les moyens

Les moyens d'investigation techniques durent passer par les étapes suivantes :

- ◆ compréhension du fonctionnement ;
 - ◆ identification du risque ;
 - ◆ tests de différentes solutions à l'aide d'outils de calcul hautement performants ;
 - ◆ choix de la solution la plus adaptée.
- Pour assurer ces différentes phases de réflexion

et de conception, une modélisation numérique des écoulements de l'Odet a été réalisée sur ordinateur afin d'apprécier l'incidence et l'efficacité hydraulique.

LA RÉALISATION DU CHANTIER

La zone inondable a été découpée en neuf sections qui sont autant de chantiers potentiels. Deux axes principaux ont été dégagés. Le premier concerne la reprise du réseau d'assainissement d'eaux pluviales, le second, l'aménagement des berges et la réfection des ouvrages.

**Micropieux
pour culées**
*Micropiles
for abutments*



► **La reprise du réseau d'assainissement des eaux pluviales**

Ce volet s'avère nécessaire car un grand nombre de réseaux se rejettent gravitairement dans l'Odet. Lors des crues, dans les parties les plus basses, le niveau de l'eau est supérieur à celui de ses canalisations. Des débits remontent donc par ces dernières et se mêlent aux débordements de l'Odet ainsi qu'aux eaux de ruissellement des bassins versants voisins. Les aménagements et endiguements de la rivière ne peuvent résoudre ce problème. Le principe retenu vise à un relevage des eaux par pompage en cas de crue. La collecte des eaux de ruissellement se fera par l'installation de nouvelles conduites et le recalibrage des anciennes. Les travaux préconisés se répartissent selon quatre grands axes :

- ◆ récupération des écoulements des parties hautes du bassin versant (ZI de l'hippodrome, hôpitaux, amont de l'avenue de la Libération...) pouvant s'écouler gravitairement en cas de crue grâce à de nouvelles canalisations ;
- ◆ reprise du drainage dans les parties basses du bassin versant par redimensionnement des réseaux existants et réalisation de réseaux complémentaires ;
- ◆ reprise de tous les exutoires d'eaux pluviales débouchant dans l'Odet avec pose de clapets anti-retour ;
- ◆ construction de sept stations de pompage reprenant tous les débits des réseaux situés en partie basse en cas de crue de l'Odet. Les pompes refouleront vers le fleuve par-dessus les endiguements.

La phase importante de ce volet a été la pose, en 1998 d'un collecteur d'eaux pluviales de diamètres 1500 et 800 dans la zone industrielle de l'hippodrome. Le groupement d'entreprises lorientais composé de SEC 2L et la Suburbaine a remporté le marché de près de 7 millions de francs. L'année 1999 a vu le commencement de deux chantiers de reprise des réseaux d'eaux pluviales, im-

passé de l'Odet et avenue des Sports. Ceux-ci sont toujours en cours d'exécution.

Les aménagements des berges et la réfection des ouvrages

Deux phases doivent être distinguées : les travaux réalisés et les aménagements à venir.

Les travaux réalisés

En 1996 : un enrochement par gabions a été effectué impasse de l'Odet. Il s'agissait de reprofiler la berge qui forme un "S" à cet endroit et d'agrandir le lit du fleuve. Actuellement, on procède à la construction d'un mur de protection en parement pierre de type berlinoise.

En 1997 :

- ◆ le pont Firmin (secteur des trois ponts) a été détruit puis reconstruit par l'entreprise brestoise Marc afin d'augmenter la section hydraulique ;
- ◆ le chantier de démolition de la passerelle Kervir devenue après reconstruction passerelle Dornic a débuté cette même année. L'entreprise Novello de Brest a réalisé cet ouvrage au-dessus des protections. Ses rampes d'accès ont été rendues insubmersibles.

En 1998 : les berges, en rive gauche ont été aménagées, entre la salle omnisports et la maison des associations à l'aide de merlons en terre végétalisés. Les murs ont également été rehaussés par l'entreprise Marc. Un chemin submersible a été construit entre la rive et le merlon.

En 1999 : des murs de protection ont été construits, avenue des Sports, par la Suburbaine.

Les prévisions

Plusieurs années seront encore nécessaires à l'achèvement de ce vaste chantier. Nombreux aménagements restent à venir. Ces travaux se concentrent essentiellement autour de trois secteurs : sections 2, 5 et 6.

Dans le premier cas, une réfection totale des murs est prévue, essentiellement par rehausse et cloutage vertical. Les murs existant en pied seront bloqués par longrine BA. La construction d'une passerelle reliant l'impasse de l'Odet à l'avenue des Sports est envisagée. Celle-ci ne pourra être édifiée qu'au-dessus des protections afin de ne pas faire obstacle à l'écoulement de l'eau en cas de crue.

Sur la rive droite de la section 5, les rehausses inégales des murs actuels seront démolies et remplacées par un merlon élevé à la cote de protection. En rive gauche, le lit de l'Odet sera élargi de 2 m et recevra une protection en gabions destinée à stabiliser la berge. Un muret en assurera la protection. De plus, un chemin d'entretien, inondable en cas de crue importante, sera aménagé entre la rive et le muret.

Des merlons en fond de parcelles remplaceront les murs en place au niveau de la section 6. Des amé-



Vue
des poutrelles
View of beams

agements similaires à ceux de la section 5 seront également effectués (merlons, chemin piétonnier...). Aucune action ne sera menée à la confluence de l'Odet et du Jet car une protection contre les débordements de l'Odet ferait barrage à ceux du Jet, créant ainsi une zone de rétention d'eau derrière les murs et merlons.

■ LE FINANCEMENT

Le coût des travaux

L'estimation initiale était de 37 millions de francs dont 33 millions de travaux, le reste se répartissant entre les acquisitions foncières et immobilières et les études diverses. A ce jour, près de 21 millions de francs ont déjà été engagés. Un dépassement budgétaire semble donc inéluctable compte tenu des travaux à venir. A ceci s'ajoutent différentes mesures compensatoires, notamment un important volet paysager et l'aménagement de passerelles et de sentiers piétonniers, pour plus de 6 millions de francs.

Les subventions

Par arrêté du 25 mars 1997, le conseil général du Finistère a décidé de subventionner les travaux à hauteur de 3 520 594 francs. Le conseil régional de Bretagne a arrêté le 10 septembre 1997 une participation de 3 500 000 de francs. L'Etat a, quant à lui, alloué une subvention de 4 500 000 francs. Au total, environ 30 % du coût prévisionnel des travaux ont été subventionnés. Le complément est apporté par la ville de Quimper qui a décidé, dès le début du projet, de ne pas faire participer financièrement les riverains aux travaux de protection.

ABSTRACT

Flood control in Quimper

P. Féat, J.-L. Rault

Subjected to the whims of the Odet that flows through the town, the Quimper township has been engaged since 1995 in a vast multi-annual flood control project. Assisted by a single project manager for the entire site, it set out to protect local residents against floods similar to the one in 1995 while also making landscaping and urban improvements. This was being done even though the major part of the river belongs to the private domain. Based on the observation that only the protections that require little maintenance and human intervention are effective with time, the town focussed its project around two points : rehabilitation of the rainwater drainage network, improvement of river banks, and the repair of structures.

RESUMEN ESPAÑOL

Lucha contra las inundaciones en Quimper (Bretaña - Francia)

P. Féat, J.-L. Rault

Al verse sometida a los caprichos del río Odet, que atraviesa la ciudad, la alcaldía de Quimper ha emprendido, desde 1995, amplias obras plurianuales de lucha contra las inundaciones. Con la colaboración de un director de obras único para el conjunto de los trabajos, la alcaldía se ha comprometido en proteger al vecindario contra una avenida semejante a la de 1995, al mismo tiempo que se procede a la planificación y ordenación urbana y del paisaje. Y todo ello, incluso si la mayor parte del río pertenece a propietarios privados. Tomando como punto de partida que únicamente son eficaces las protecciones que precisan pocas intervenciones humanas y un mantenimiento reducido, las autoridades municipales han orientado su proyecto hacia dos puntos : la reparación de la red de alcantarillado de las aguas pluviales y los acondicionamientos de las márgenes y la refacción de las estructuras.

Financement des investissements des collectivités locales



"Protocole 2000" Accord du 15 février 2000



La Fédération Nationale des Travaux Publics et Dexia Crédit Local de France lancent l'opération " Perspectives 2000 " destinée à accompagner la reprise de l'investissement local dans le secteur des travaux publics

Mardi 15 février 2000, Daniel Tardy, président de la Fédération Nationale des Travaux Publics et Jacques Guerber, président du directoire de Dexia Crédit Local de France, ont annoncé le lancement de l'opération " Perspectives 2000 " dans le cadre du renouvellement de l'accord de partenariat existant entre les deux organismes.

Cette **initiative** nationale vise à soutenir la commande publique locale à travers la mise en place d'une enveloppe de 4 milliards de francs de prêts à taux attractifs et en proposant aux collectivités locales l'appui et l'expertise des deux partenaires.

◆ **L'enveloppe de prêts** sera mise à la disposition des communes, de leurs groupements et des départements pour financer les travaux publics réalisés sur l'ensemble de l'année 2000. Un milliard de francs de financements (de 1 à 20 ans) seront réservés aux travaux d'entretien et d'amélioration des réseaux (les travaux liés aux intempéries de la fin d'année 1999 seront tout particulièrement pris en compte); trois milliards de francs de prêts (de 20 à 40 ans) seront réservés aux investissements nouveaux et à la mise en œuvre des contrats de plan. Dexia Crédit Local de France, mettra son ingénierie financière au service des collectivités locales afin de proposer des prêts à échéances constantes, dont les annuités n'excéderont pas un certain niveau de charge budgétaire exprimé par un taux plafond.

◆ Dexia CLF met à la disposition des collectivités locales qui le souhaitent sa capacité d'expertise : aide au suivi financier rétrospectif et prospectif des grands équilibres budgétaires et financiers; réalisation d'études complémentaires concernant le financement d'opérations et leur impact sur leur situation financière, notamment en matière d'eau et d'assainissement.

◆ Capitaliser les connaissances et les savoir-faire dans le domaine du financement des équipements constitue le troisième volet de cette campagne. Afin de mettre en évidence la valeur du patrimoine collectif et de mieux faire connaître les expériences des collectivités locales, la mise en place d'un espace et d'une base de données sur Internet sera notamment examinée. La mise en place de ces outils se fera en liaison avec Marianne Village, le portail Internet des services aux acteurs locaux, filiale de Dexia Crédit Local de France.

Ce protocole national, sera relayé au plan régional par la signature de protocoles régionaux.

L'action commune de la Fédération Nationale des Travaux Publics et de Dexia Crédit Local de France, vise à encourager les initiatives conciliant le développement économique local et la protection de l'environnement, dans une perspective de long terme et d'aménagement durable du territoire.

CONTACTS :

Dexia Crédit Local de France

- Marie-Victoire Gicqueau - Service de presse :
Tél. : +33 (0)1 4392 7667
Fax : +33 (0)1 01 43 92 76 69

Fédération Nationale des Travaux Publics

- Dominique-Marie Michel
Direction de la Communication
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 15
Fax : +33 (0)1 45 62 38 44

■ LES CARACTÉRISTIQUES DE L'OPÉRATION "PERSPECTIVES 2000"

Financements

Objet

Financer les travaux publics locaux qui seront réalisés sur toute l'année 2000.

1 milliard de francs sous la forme de prêts d'une durée comprise entre **1 et 20 ans** pour **l'entretien et l'amélioration des réseaux** (eau/assainissement, télécommunications, voirie, transports publics...). Une attention toute particulière sera apportée aux projets visant à réparer les très importants **dégâts consécutifs aux tempêtes**

ayant touché notre pays fin 1999 et début 2000. **3 milliards de francs** sous la forme de prêts d'une durée comprise **entre 20 et 40 ans** pour les **investissements nouveaux** et la mise en œuvre des contrats de plan.

Les besoins en équipements des Collectivités locales

◆ **Améliorer les réseaux d'eau potable et d'assainissement** : 25 % des réseaux d'adduction d'eau potable ont plus de 40 ans, un tiers des stations d'épuration ont été mises en service avant 1974.

◆ **Traiter les déchets** : mise aux normes des usines d'incinération, développement du tri-recyclage et du compostage.

◆ **Valoriser le patrimoine existant** : entretien, renouvellement des équipements, mise à niveau.

◆ **Améliorer la sécurité routière** : les infrastructures sont impliquées dans un accident de la circulation sur deux.

◆ **Favoriser l'installation d'entreprises** dans les communes de zones commerciales, zones d'activité.

◆ **Proposer un meilleur cadre de vie** à vos concitoyens : voirie, enfouissement de lignes, transports publics.

◆ **Travaux d'urgence et de reconstruction** consécutifs aux importants dégâts des tempêtes de fin 1999.

Bénéficiaires

Toutes les communes et leurs groupements, ainsi que les départements.

Une enveloppe nationale,

spécifique de prêts d'un montant de 4 milliards de francs répartie régionalement.

Des conditions financières attractives encadrées par un objectif de taux plafond.

Dexia CLF met à disposition des collectivités locales l'ensemble de son ingénierie financière, et se fixe pour objectif de proposer, tout au long de l'année 2000, des prêts en échéances constantes dont les annuités n'excèdent pas un certain niveau de charge financière (exprimé par les taux plafonds indiqués dans l'encadré) et tiennent

compte au mieux de leurs contraintes budgétaires.

Les financements proposés pourront être, en fonction de ces contraintes et de l'évolution des marchés financiers, à taux fixe, à taux révisable ou correspondre à une combinaison de taux fixe et de taux révisable.

L'objectif de taux plafond est de :

- ◆ 5,70 % par an pour des prêts d'une durée inférieure ou égale à 20 ans ;
- ◆ 6,30 % par an pour des prêts d'une durée comprise entre 21 et 30 ans ;
- ◆ 6,90 % par an pour des prêts d'une durée comprise entre 31 et 40 ans.

■ APPUI ET EXPERTISE

La FNTP et Dexia CLF proposent aux collectivités locales leur mission d'appui et d'expertise afin de faciliter le financement des opérations et de capitaliser les savoir-faire dans le domaine du financement des équipements et des travaux publics.

Capitaliser les connaissances et les savoir-faire

La FNTP et Dexia CLF développent des actions, notamment à travers Internet, afin de :

- ◆ mettre en évidence la valeur considérable du patrimoine collectif constitué par les infrastructures et les équipements publics ;
- ◆ mieux faire connaître les expériences de collectivités locales qui se sont traduites par :
 - l'amélioration de la connaissance de leur patrimoine d'équipements,
 - la mise en place d'outils nouveaux pour mesurer et prévoir la durée de vie des équipements, selon leur nature, leur condition d'utilisation, leur entretien et leur état actuel, et planifier leur renouvellement,
 - la fixation d'objectifs pour maintenir les équipements existants à un bon niveau de performance conforme aux normes et aux règlements.

Accompagner la programmation et la réalisation des projets

Dexia CLF met à disposition des collectivités locales qui le souhaitent sa capacité d'expertise :

- ◆ aide au suivi financier rétrospectif et prospectif des grands équilibres budgétaires et financiers ;
- ◆ réalisation d'études complémentaires concernant le financement d'opérations et leur impact sur leur situation financière, notamment en matière d'eau et d'assainissement ;
- ◆ informations générales et études sur les besoins et la programmation des investissements.

■ RÉPARTITION RÉGIONALE DE L'ENVELOPPE 2000 DE 4 MILLIARDS DE FRANCS

Région	Montant (en MF)
Alsace	117
Aquitaine	154
Auvergne	82
Basse-Normandie	116
Bourgogne	86
Bretagne	165
Centre	120
Champagne-Ardenne	92
Franche-Comté	72
Haute-Normandie	155
Ile-de-France	573
Languedoc-Roussillon	133
Limousin	46
Lorraine	155
Midi-Pyrénées	165
Nord - Pas-de-Calais	249
Pays de la Loire	180
Picardie	116
Poitou-Charentes	100
PACA	277
Rhône-Alpes	447
Sous-total	3600
Réserve qui sera répartie à l'issue du 1 ^{er} semestre 2000	400
Total	4000

■ LES COLLECTIVITÉS LOCALES ET LES TRAVAUX PUBLICS

(Source FNTP)

En 1998, le secteur des Travaux Publics représente 133,5 milliards de francs de chiffre d'affaires. Il emploie 224 351 salariés, répartis dans 5 611 entreprises, dont 88 % de moins de 51 salariés TP. Les collectivités locales sont le 1^{er} client des Travaux Publics. Ce sont leurs commandes qui ont compensé, pour partie, le désengagement de l'Etat.

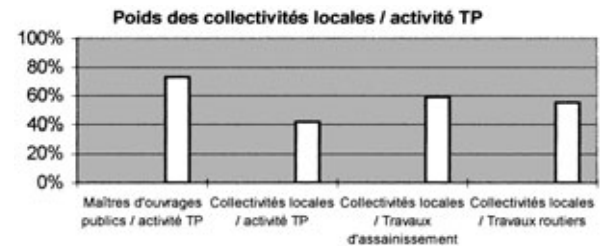
Année	CA marché intérieur des TP	
	Part de l'Etat	Part Coll. locales
1975	13,6 %	34,9 %
1980	10,3 % ↓	↑ 35,4 %
1990	9 % ↓	↑ 40 %
1995	7 % ↓	↑ 41 %
1998	6 % ↓	↑ 43 %

En 1998, les collectivités locales sont à l'origine de 43 % du chiffre d'affaires, sur le marché intérieur, des entreprises de TP. La répartition entre les différentes collectivités est la suivante :

- ◆ 62,3 % communes ;
- ◆ 26,3 % départements ;
- ◆ 5,3 % régions ;
- ◆ 6,1 % autres.

En moyenne, les collectivités locales consacrent 90 % de leurs dépenses d'équipement au secteur du BTP. Sur ces montants, 45 % concernent les Travaux Publics.

Une collectivité locale qui investit 1 million de francs dans les Travaux Publics participe à la création ou au maintien de trois emplois.



En 1998, les collectivités locales ont consacré :

- ◆ 46 % de leurs investissements TP aux travaux routiers ;
- ◆ 19 % aux travaux liés à l'eau-assainissement ;
- ◆ 14 % aux travaux électriques ;
- ◆ 10 % aux terrassements généraux ;
- ◆ 8 % aux ouvrages d'art.

Après 6 années de récession, l'activité des Travaux Publics s'est stabilisée en 1998, grâce notamment à la reprise des investissements locaux : +2,5 % en 1998 par rapport à 1997.

En 1999, pour l'ensemble du secteur Travaux Publics, la tendance sur l'ensemble de l'année se situe à + 2 %, avec une accélération en fin d'année. Septembre, octobre et novembre 1999 sont en hausse de 4,7 % par rapport à la même période de 1999.

Pour 2000, la FNTP a émis ses prévisions en décembre 1999 :

Pour l'ensemble de l'activité en 2000, les prévisions sont comprises entre +0,5 % à +2 %.

Les prévisions d'activité TP pour les collectivités locales se situent entre + 3 % et + 4 %.

Conséquences des intempéries : les travaux de remise en état pourraient permettre à la demande des collectivités locales de se situer dans la fourchette haute des prévisions.

L'emprunt finance en moyenne 30 à 35 % des investissements locaux.

Une enveloppe qui couvre 30 % du besoin d'emprunt :

- ◆ le chiffre d'affaires des TP lié aux collectivités locales est de 58 milliards de francs (chiffre 98) ;
- ◆ 30 % sont financés par emprunt : soit environ 17 milliards ;
- ◆ 25 % de ce montant pourraient être financés par le protocole Dexia-CLF/FNTP, soit la ventilation par nature de travaux serait la suivante :
 - 1,5 MdF pour la voirie (travaux routiers, terrassements généraux et ouvrages d'art),
 - 1 MdF pour l'eau et l'assainissement,
 - 0,8 MdF pour les travaux électriques,
 - 0,6 MdF pour d'autres travaux.