

Travaux

n° 790

- Rillieux-la-Pape. La réconciliation des bétons pour une quatre voies
- Ouvrages d'aménagement au-dessus des voies ferrées de la ZAC Paris Rive Gauche Avenue de France
- Aménagement de la rue Michelet à Saint-Etienne
- Le métro de Toulouse. Extension de la ligne A
- Le tunnel routier de la Major à Marseille
- Nice. Prolongement du collecteur général d'eaux usées
- Limoges : un ouvrage d'assainissement urbain innovant
- Forage horizontal guidé et forage destructif
- Les quais rive gauche de Bordeaux
- Angers. La dimension travaux urbains dans une démarche développement durable
- Paris. Le musée des Arts Premiers
- La construction du stade de Genève
- Le génie civil urbain et le réseau technologique RGC&U
- L'appel à propositions du RGC&U sur les technologies des infrastructures urbaines
- La contribution de l'IREX par les projets nationaux et les "Rencontres"



Travaux urbains

Travaux

numéro 790

octobre 2002

Travaux urbains

éditorial

actualités

matériels

PRÉFACE

TRAVAUX URBAINS



Notre couverture

Lévis-Saint-Nom. Benne d'apport des matériaux recyclés

© Médiathèque Gaz de France/X. Renaud

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Roland Girardot

RÉDACTION

Roland Girardot et Henry Thonier
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : (33) 0144 133144

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart
Tél. : (33) 0241 18 11 41
Fax : (33) 0241 18 11 51
Francoise.Godart@wanadoo.fr

VENTES ET ABONNEMENTS

Olivier Schaffer
9, rue Magellan - 75008 Paris
Tél. : (33) 0144 738005
revuetravaux@wanadoo.fr

France : 155 € TTC
Etranger : 190 €
Prix du numéro : 19 € (+ frais de port)

MAQUETTE

T2B & H
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris
Tél. : (33) 0144648420

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle
Isabelle Duflos
61, bd de Picpus - 75012 Paris
Tél. : (33) 0144 748636

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° 0106 T 80259



éditorial

Daniel Tardy

actualités

matériels

PRÉFACE

François Perdrizet

TRAVAUX URBAINS

◆ Rillieux-la-Pape. La réconciliation des bétons pour une quatre voies
- Rillieux-la-Pape. Reconciling various types of concrete for a four-lane road

J. Abdo

◆ Ouvrages d'aménagement au-dessus des voies ferrées de la ZAC Paris Rive Gauche. Avenue de France
- Development structures above the railway tracks of the Paris Left Bank development project "ZAC". Avenue de France

Br. Laurent, Cl. Bernard, A. Zenati

◆ Aménagement de la rue Michelet à Saint-Etienne
- Development of Michelet Street in Saint-Etienne

G. Di Massimo

◆ Le métro de Toulouse. Extension de la ligne A
- The Toulouse metro. Extension of Line A

M. Randé, G. Salvi

◆ Le tunnel routier de la Major à Marseille
- The Major road tunnel in Marseilles

J. Vanni, M. Levy, D. Savino, Y. Méo

◆ Nice. Prolongement du collecteur général d'eaux usées. Défi relevé et pari tenu
- Nice. Extension of the main sewer. Meeting a challenge successfully

Fr. Aluni-Pierelli

◆ Limoges : un ouvrage d'assainissement urbain innovant. Construction, en bord de Vienne, d'un bassin tampon de 9000 m³ sur le réseau unitaire
- Limoges : an innovative urban sewerage structure. Construction, on the edge of the Vienne River, of a 9,000 cu. m stilling basin on the combined network

M. Crouzoulon

◆ Forage horizontal guidé et forage destructif. Une alternative à l'ouverture de tranchées
- Guided horizontal drilling and destructive drilling. An alternative to opening trenches

A. Ferreira

◆ Les quais rive gauche de Bordeaux. Prêts pour de nouvelles escales !

Sommaire

octobre 2002

Travaux urbains

Dans les prochains numéros

- Réhabilitation d'ouvrages
- International
- Ponts
- Travaux souterrains
- Routes
- Eau
- Terrassements
- Sols et fondations
- Environnement



- The quays on the left bank in Bordeaux. Ready for new ports of call!

Th. Guichard, B. Parayre



◆ Angers : la dimension travaux urbains dans une démarche développement durable et son processus d'Agenda 21 local

- Angers : the Urban Works dimension in a sustainable development approach and its Local Agenda 21 process

Ch. Six, V. de Kerret

◆ Des travaux à la pointe de la technologie pour le musée des Arts Premiers

- State-of-the-art works for the "Musée des Arts Premiers" (Primitive Arts Museum)

Ch. Persoz, Ch. Le Monze, O. De Vriendt

◆ La construction du stade de Genève

- Construction of the Geneva stadium

A. Meunier

◆ Le génie civil urbain et le réseau technologique RGC&U

- Urban civil engineering and the "RGC&U" technological network

M. Ray

◆ L'appel à propositions du RGC&U sur les technologies des infrastructures urbaines

- The call for proposals by the "RGC&U" concerning urban infrastructure technologies

A. Colson

◆ Le génie civil et la ville. La contribution de l'IREX par les projets nationaux et les "Rencontres"

- Civil engineering and the city. IREX's contribution through national projects and the "Encounters"

Ch. Bernardini



répertoire des fournisseurs

64

68

74

78

81

83

86

ABONNEMENT TRAVAUX

Encart après p. 48

Génie civil et urbain : une nécessaire rupture conceptuelle

Les années 80 ont connu un fort développement de la recherche en génie civil, particulièrement dans le domaine des matériaux – bétons à hautes performances par exemple – et des travaux de géotechnique. Des dispositifs structuraux originaux d'organisation, tels que les projets nationaux, ont accompagné cette recherche.

Le début du XXI^e siècle s'ouvre sur des perspectives en complète rupture avec la nécessité d'approches systémiques pour solutionner des problèmes complexes.

La complexité provient de la nature même de la demande sociale et de la demande institutionnelle : plus de sécurité, d'hygiène, de propreté, d'esthétique, des services nouveaux, des moyens de transport sûrs et confortables, des coûts et une réglementation "supportables"... Bref des intérêts très enchevêtrés et souvent contradictoires, souvent latents et difficiles à exprimer qui mêlent systématiquement les aspects techniques et sociologiques.

Les solutions apportées, discipline par discipline, ne répondent pas toujours aux attentes de manière satisfaisante et laissent généralement un sentiment d'insatisfaction qui est souvent source de rejet des solutions avancées. Il faut donc imaginer une nouvelle approche qui inverse les processus de résolution de problèmes en commençant par une phase de création collective mettant tous les acteurs en présence afin de produire un ensemble de propositions qui intègrent différentes logiques et qui puissent être soumises à débat. La recherche disciplinaire permet d'alimenter cette phase du processus de conception, mais il faut ensuite être capable de faire des choix argumentés et prendre des décisions dans des champs multidisciplinaires.

C'est pour cette deuxième étape que la recherche doit produire des outils : évaluateurs et indicateurs de performances, aides à la décision, analyses multicritères... permettant de faire face au changement culturel que requièrent les fonctions de facilitateur, de médiateur, d'incitateur à la créativité, de proposeur de solutions alternatives multimodales.

Elle doit permettre également de faire accepter par tous l'évaluation et le résultat de la concertation.

C'est toute la question de "l'acceptabilité" par le citoyen de la solution retenue et de toutes les phases de réalisation des travaux, intermédiaires et provisoires, qui sont incontournables pour obtenir un résultat final qui réponde à des critères de qualité technique, de qualité architecturale et de qualité urbaine.

Il y a donc nécessité d'une rupture et celle-ci est de deux ordres :

- *méthodologique*, car le processus de conception est inversé. On ne regarde pas si telle solution répond plus ou moins bien à l'ensemble des problèmes, on ouvre toutes les questions pour toutes les logiques d'acteurs et on imagine des scénarios de solutions, souvent multidimensionnelles. Puis par un processus d'évaluation-concertation on avance vers une solution ;

- *disciplinaire*, car il n'est plus possible de raisonner discipline

par discipline ou métier par métier. Chaque étape suppose l'écoute et l'intervention de tous.

Ainsi la recherche en génie civil, qui évoluait de manière "incrémentale" sur des bases disciplinaires solides, doit, tout en préservant ce socle, envisager un mode de rupture qui lui permettra de répondre à l'un des défis du XXI^e siècle : le génie civil et urbain.



■ **FRANÇOIS PERDRIZET**

**Directeur
de la recherche
et des affaires
scientifiques
et techniques**

Rillieux-la-Pape

La réconciliation des bétons

La transformation d'une quatre-voies en un espace public partagé par tous les usagers a rendu la ville nouvelle de Rillieux-la-Pape à ses habitants. Ce projet mené avec la ville de Rillieux par la communauté urbaine de Lyon s'appuie sur une conception originale, faisant appel aux bétons préfabriqués et désactivés.



P1

Près de 15 000 habitants sont concernés par le réaménagement de l'avenue de l'Europe, dans la ville nouvelle de Rillieux-la-Pape

Around 15,000 inhabitants are concerned by the redevelopment of avenue de l'Europe, in the new town of Rillieux-la-Pape

LES GRANDES LIGNES DU CHANTIER

- **Lieu** : avenue de l'Europe à Rillieux-la-Pape, commune de Lyon (Rhône)
- **Type de travaux** : convertir une quatre-voies en un aménagement urbain partagé par tous les utilisateurs
- **Dimensions de l'aménagement** : 1,5 km de longueur par 40 m de largeur
- **Objectif du projet** : rapprocher les deux rives d'un quartier coupé en deux par un axe routier
- **Solution** : un aménagement convivial faisant appel à de nombreux revêtements et à un couvert végétal
- **Durée des travaux** : 24 mois
- **Date de livraison** : septembre 2000
- **Coût des travaux** : 18 millions de francs TTC, dont 1,3 million de francs pour la fourniture des éléments en béton préfabriqué

Il est difficile d'imaginer qu'à la place de ces allées calmes et lumineuses, légèrement ombragées par de jeunes micocouliers, une quatre-voies déversait son flot de 18 000 véhicules par jour, retranchant les habitants chez eux, derrière les façades grises des HLM qui se faisaient face, à 40 m de distance. Un espace infranchissable, où seule la voiture avait droit de cité.

"Ce projet, c'est avant tout un grand projet de ville, explique la responsable de projet au sein du service Développement social urbain (DSU) de la communauté urbaine de Lyon, maître d'ouvrage. Ce quartier, construit dans les années 60, était littéralement coupé en deux. Nous avons voulu rapprocher les deux rives jusqu'alors sans lien en instaurant une mixité d'utilisation, qui favorise la rencontre entre les différents usagers au sein d'un espace public commun." Un objectif plus qu'ambitieux, rompant avec trente années de domination de la voiture.

■ DEUX RIVES RELIÉES PAR UNE CANOPÉE

La quatre-voies a laissé place à un mail découpé en huit sections : trois terre-pleins dont un central, deux voies de circulation partagées avec le bus, deux zones de stationnement, plus une promenade, l'ensemble étant bordé de jardins privatifs au pied des immeubles.

"Chaque terre-plein accueille les arbres, qui, à terme, constitueront un couvert végétal continu d'une rive à l'autre, explique le concepteur Thierry Laverne, architecte paysagiste. L'implantation de candélabres indirects, illuminant le feuillage, contribue à l'unité du projet."

Mais l'unité n'est pas incompatible avec le partage : le découpage en "coulisses" parallèles donne à chacun, promeneur, automobiliste ou usager des transports collectifs le sentiment d'être au centre de l'espace.

"Chaque partie fonctionne de façon autonome, sans conflit", souligne Thierry Laverne. Les risques d'accident s'en trouvent considérablement amoindris. "La sécurité était un des enjeux de l'aménagement, explique Bernard Jimbert, responsable de la subdivision VT/PN au sein de la communauté urbaine de Lyon jusqu'à la fin de l'année 1999.

"Il est bien plus périlleux de traverser une quatre-voies de 13 m de large que deux voies de 3,50 m, d'autant que le piéton n'a à regarder que d'un seul côté."

pour une quatre-voies



Les deux voies de circulation ont été séparées par un terre-plein central arboré, espace structuré et délimité par des bordures profil pierre en béton bouchardé et des bordures en béton du type Imprim grises

The two carriageways have been separated by a tree-lined central reservation, a space structured and bounded by stone-profiled kerbs of bush-hammered concrete and grey Imprim type concrete edges

■ QUATRE ANNÉES DE GESTATION

Initié en 1994, après que l'architecte eut remporté le concours, le projet a dû attendre 1998 pour être accepté par la maîtrise d'œuvre et se concrétiser, tant le pari était audacieux et l'aménagement atypique. Mais persévérance et force de persuasion ont eu raison des réticences, et la pertinence du dessin de Thierry Laverne a fini par être unanimement reconnue. "Dans toutes les opérations d'aménagement, l'apport du concepteur est capital car il conçoit l'aménagement dans les trois dimensions, contrairement à nous, techniciens, qui ne percevons que la surface au sol, résume Michel Champ, responsable actuel de la subdivision VT/PN, direction de la voirie au sein de la communauté urbaine de Lyon. Mais pour que cette image globale prenne forme, il est nécessaire de valider les solutions retenues, en regard des contraintes de réalisation, de gestion et d'exploitation de l'aménagement."



La variété des facettes de l'aménagement permet la coexistence des différents utilisateurs au sein d'un espace urbain réapproprié et fédérateur d'une nouvelle unité au sein de la ville

The variety of facets of the development scheme enables different users to coexist in an urban space which has been reappropriated, forging a new unity within the town



La promenade en béton désactivé à base de granulats de quartz blanc est mariée à différents éléments en béton préfabriqué. Ce lieu de détente a vite été approprié par les habitants

The public walk of deactivated concrete with a white quartz aggregate base matches the various prefabricated concrete elements. This recreational area has been quickly appropriated by the inhabitants



De multiples configurations rompent l'uniformité du traitement, afin de différencier au maximum les espaces

Numerous different configurations break the uniformity of treatment, to differentiate the spaces as much as possible

■ UNE GRILLE D'ÉVALUATION RIGOUREUSE

Pour mener à bien la réalisation du projet, l'ingénieur utilise une grille basée sur cinq critères. Garantir la fonctionnalité de l'aménagement demande, par exemple, de veiller à ce que le rayon de courbure des chaussées ne soit pas trop faible et que les places de stationnement respectent une longueur suffisante. Assurer la sécurité des usagers conduit à éviter les angles saillants, les marches affleurantes ou des murets en sortie d'immeuble, qui risquent d'entraîner des blessures ou des chutes, à l'instar des revêtements trop glissants en cas de pluie, comme la pierre polie. La pérennité de l'aménagement exige d'arrondir les arêtes des bordures,



Le béton monolithique bouchardé offre un aspect très proche de la pierre, pour un prix inférieur de moitié

Bush-hammered monolithic concrete offers an appearance very similar to stone, for half the price

Le traitement différencié des entourages d'arbres a conduit le préfabricant à fournir une grande variété de produits

For differentiated treatment of the tree surrounds, the prefabricator supplied a great variety of products



jardinières et autres ouvrages pour qu'ils supportent mieux les chocs. De même, l'emploi de matériaux gélifs est proscrit.

Une autre donnée importante est l'altimétrie du projet, dont dépend le bon écoulement des eaux, et, notamment, l'absence de retenues, source de désordres et danger pour les piétons. Enfin, le dernier point consiste à examiner de près le quantitatif élaboré par le concepteur, dont l'incidence économique est immédiate. "Une bonne préparation permet de régler 80 % des problèmes", estime Michel Champ.

■ LE BÉTON : UNE ALTERNATIVE À LA PIERRE

La maîtrise des coûts du projet a été une des contraintes du programme. Pour ces raisons, le choix de la pierre a été écarté au profit du béton préfabriqué bouchardé, employé pour structurer l'aménagement. Bordures, caniveaux, dalles, entourages d'arbres et éléments de jardinières rythment l'alternance entre le sable stabilisé, le béton désactivé, l'enrobé (brut ou grenailé), solutions dévolues à un usage précis. "Grâce à la variété des teintes et des finitions, les produits proposés par Sobépré offrent une qualité d'aspect très proche des matériaux naturels", souligne Michel Champ. De plus, un procédé de fabrication original leur confère une résistance élevée, qui répond d'autant mieux aux exigences de durabilité. "La compacité du béton et l'utilisation de granulats de qualité sont des éléments déterminants, signature de matériaux haut de gamme", souligne Jacques Patet, directeur commercial de cette entreprise de quarante-sept personnes.

UN BÉTON ESSORÉ ET PRESSÉ

Formulés à partir de ciment gris CEM I 52,5 R CP2 (usine du Teil) et de ciment blanc CEM I 52,5 N CP 2 (usine du Teil), fortement dosés (460 kg/m³), les éléments en béton préfabriqué Sobérite® sont le fruit d'un procédé de fabrication original, bien que très ancien, et couramment utilisé par les Anglo-Saxons.

Le béton frais est déversé dans un moule dont le fond est constitué d'une grille et d'un textile non tissé.

Une presse comprime le bloc réalisé pendant 20 à 40 secondes sous une forte pression, tandis qu'une pompe à vide aspire l'eau qui s'en échappe.

L'élément est ensuite extrait du moule au moyen d'une ventouse. Sa compacité est telle que le béton est immédiatement manipulé, sans qu'il se déforme ! "On obtient ainsi des bétons qui peuvent atteindre 100 MPa et affichent une densité de 2,5 sans utiliser le moindre adjuvant, relève Jacques Patet. La faible porosité engendrée par ce mode opératoire et l'emploi d'agrégats de qualité comme le granit, le basalte et le porphyre garantissent une durabilité bien supérieure à celle des bétons préfabriqués vibrés traditionnels." 10 à 15 jours de séchage à température ambiante sont requis, avant d'envisager le traitement par bouchardage du produit brut.



La mise en œuvre des bordures, caniveaux et autres éléments en béton préfabriqué est faite sur un lit de béton de type B16 pour une assise optimale. Le poids et la taille de certains éléments ont nécessité l'utilisation de moyens de levage spécifiques, afin de positionner correctement les éléments

The kerbs, gutters and other prefabricated concrete elements are laid on a bed of B16 type concrete for an optimum footing. Given the weight and size of some elements, special lifting facilities had to be used, to position the elements correctly

■ QUALITÉ : AUCUNE CONCESSION

Ajoutons que le fabricant Sobépré, filiale de Bonna-Sabla, est partisan de produits monolithiques et homogènes, afin que le corps et le parement des éléments se comportent de la même façon. Avantages : les blocs peuvent être usinés, comme la pierre, sans changement d'aspect, et ils ont une très bonne tenue au gel/dégel. Ces produits, formulés à base de ciment blanc ou gris, font appel à des traitements tels que le bouchardage, le grenillage ou le grésage. "L'avantage de Sobépré, outre les références dont elle dispose, est de rompre avec un comportement typique des années 90, qui consiste à adapter les projets d'aménagement à la technique, souligne Thierry Laverne, architecte paysagiste. Cette entreprise est à l'écoute des attentes des concepteurs, en proposant des solutions qui relèvent parfois du sur mesure." Un avis que confirme Jacques Patet : "Notre spécialité est de répondre fréquemment à des demandes non standardisées."



L'allée en béton désactivé est bordée de chaque côté de petites dalles de 12 cm d'épaisseur en béton de granit blanc et de dallettes en béton du type Imprim grises

The deactivated concrete alley is bordered on either side by small slabs 12 cm thick in white granite concrete and small Imprim type grey concrete slabs



Le souci du détail est visible sur des ouvrages aussi anodins que ces caniveaux. Le choix d'un béton bouchardé formulé à base de granulats de qualité permet d'approcher de très près la texture de la pierre

Concern for detail is visible even on structures as ordinary as these gutters. The choice of a bush-hammered concrete formulated on a quality aggregate base makes it possible to achieve a result very similar to the texture of stone

■ UN RÉEL SOUCI DU DÉTAIL

Il suffit de se rendre sur le site pour s'en rendre compte instantanément. Décrochements, arrondis, demi-pentes, encastremements, régularité d'aspect : tout sur le chantier fait état du caractère exceptionnel de l'engagement du fournisseur pour la qualité. A tel point que seul un spécialiste averti peut affirmer que les splendides bordures en béton bouchardé ne sont pas en pierre calcaire. "Il était important de donner de la qualité aux usagers", insiste la responsable du projet. La mise en œuvre réalisée par le groupement d'en-



Pour assurer la stabilité d'un îlot central d'une hauteur supérieure à la moyenne, les blocs en béton sont liés les uns avec les autres par des éclisses métalliques galvanisées

To ensure the stability of a central island of above-average height, the concrete blocks are linked together by galvanised metal connecting plates

► treprises Gerland/SCR et Charles de Filippis/Gauthy a été à la hauteur des exigences. Traitement des joints, alignement, absence de salissures et d'épaufrures, réglage de l'assise : la tâche a été difficile pour que la qualité de la réalisation soit constante sur tout le linéaire avec un souci particulier pour le respect du planning. Les chiffres témoignent de l'ampleur du travail : 11 000 m de bordures de douze types différents, 5 500 m de dalles, 70 entourages d'arbres et 100 m linéaires de jardinière terre-plein. Sur le plan technique, la taille et le poids des éléments ont nécessité l'utilisation de moyens de levage, afin de positionner avec précision des éléments pesant parfois plus de 200 kg.

■ UN QUARTIER "RÉANIMÉ"

L'opération dans son ensemble, organisée en deux tranches, a respecté les plannings, soit seulement deux ans de travaux. Une troisième tranche portera le linéaire à 2,3 km, contre 1,5 km actuellement. Dès la mise en service, les désagréments liés à la mise en œuvre ont vite été oubliés, les usagers s'étant rapidement appropriés ce nouveau territoire. "La communauté urbaine de Lyon est un des meilleurs maîtres d'ouvrage que je connaisse. La réussite doit beaucoup à la qualité exceptionnelle de leur structure de projet", conclut Thierry Laverne.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Communauté urbaine de Lyon, service Développement social urbain (DSU)

Maitre d'œuvre

Subdivision voirie VT/PN

Conception

Agence Laverne, paysage et urbanisme

Economiste

Bureau d'études E2CA ingénierie

Entreprises

Groupement Gerland/SCR - Charles de Filippis/Gauthy

Fournisseur des bordures et dalles

Sobépré

ABSTRACT

**Rillieux-la-Pape.
Reconciling various types
of concrete for a four-lane
road**

J. Abdo

The conversion of a four-lane road into a public space shared by all the users restored the new town of Rillieux-la-Pape to its inhabitants. This project carried out with the town of Rillieux by the urban community of Lyons is based on an original design, making use of prefabricated and deactivated concretes.

RESUMEN ESPAÑOL

**Rillieux-la-Pape.
Reconciliación de los
hormigones para una vía de
tráfico de cuatro canales**

J. Abdo

La transformación de una vía de cuatro canales de tráfico en un espacio público compartido por todos los usuarios ha devuelto a los habitantes la nueva ciudad de Rillieux-la-Pape. Este proyecto, emprendido conjuntamente por la villa de Rillieux y por parte de la comunidad urbana de Lyon se funda en un nuevo concepto original, al recurrir a los hormigones prefabricados y desactivados.

Ouvrages d'aménagement ferrées de la "ZAC" Paris Avenue de France

Le projet d'aménagement de la Zone d'aménagement concertée (ZAC) de Paris Rive Gauche comporte une vaste zone de sur-sol artificiel située au-dessus du faisceau de voies ferrées de la gare Paris Austerlitz.

Parmi les travaux en cours, l'Avenue de France, axe principal de la ZAC, se réalise conjointement avec les bâtiments contigus dont elle permettra la desserte.

Les premiers chantiers du secteur Austerlitz, situés entre les bâtiments du quai d'Austerlitz et les voies en service de la gare ont débuté en juillet 2001 et permettront la réalisation de l'Avenue Mendès France (AMF), dénomination de l'Avenue de France entre le débouché du Pont Charles de Gaulle et le Boulevard Vincent Auriol, en 2003.

La conception et le phasage de réalisation de l'ouvrage résultent des contraintes associées aux servitudes vis-à-vis des immeubles, aux contraintes liées au ferroviaire et à l'exploitation de la gare (désenfumage notamment).

Cette dimension gare a rendu également indispensable l'intégration et la recherche d'un parti architectural soigné et harmonieux pour les futurs voyageurs.

La construction de l'AMF sera réalisée en plusieurs phases à mesure des mises à disposition progressive des zones à bâtir et en fonction des différents phasages ferroviaires. Elle aura sa pleine largeur à partir de 2005.

■ PRÉSENTATION DE LA ZAC

Le projet d'aménagement de la zone d'aménagement concertée (ZAC) Paris Rive Gauche (Paris XIII^e) prévoit le développement urbain d'une zone de 130 ha jusqu'alors principalement occupée par les installations ferroviaires. Un nouveau quartier est en train de voir le jour avec immeubles de bureaux et logements, commerces, écoles, activités sportives et culturelles, axes de circulations dont l'Avenue de France (l'axe central de la ZAC) – (figure 1) Pour permettre la construction de ce quartier, les voies ferrées et les installations ferroviaires seront couvertes depuis la gare d'Austerlitz jusqu'au boulevard Masséna par un sol artificiel au-dessus du domaine ferroviaire de 32 hectares sur une longueur de 2,5 km avec une largeur variable de 40 m à 200 m.

La ZAC comprend trois secteurs :

◆ le **secteur Austerlitz** (entre le quai d'Austerlitz et le pont Vincent Auriol). Les travaux de l'avenue Mendès France sont en cours de réalisation entre le quai d'Austerlitz et le pont Vincent Auriol.

A l'arrière de la gare, l'avenue Mendès France débouchera sur le pont Charles-De-Gaulle. Les immeubles situés entre l'avenue Mendès France et le quai d'Austerlitz seront traversés par des passages et des espaces publics. Les travaux de ces premiers immeubles ont démarré fin 2000. Dans sa partie proche du boulevard Vincent-Auriol, ce quartier a la particularité d'être le seul de l'opération dans lequel existaient des immeubles d'habitation pour la plupart conservés. Les équipements prévus dans le quartier : école polyvalente, parking (700 places), trois jardins (9 000 m²);

◆ le **secteur Tolbiac** (entre le pont Vincent Auriol et le pont de Tolbiac). L'Avenue de France devant la bibliothèque est réalisée, à l'exception d'une zone où l'avenue n'a été réalisée jusqu'à présent que sur une demi-largeur, compte tenu des exigences liées à l'exploitation des voies en service. Ce quartier fut le premier lancé à Paris Rive Gauche car il entoure la BnF achevée en 1995. Il compte plus de 800 logements, tous à vocation sociale (PLA, PLI ou accession sociale) pour la plupart livrés en 1997 ; les derniers l'ont été en décembre 2000.

Les immeubles de bureaux accueillent Sanofi-Synthélabo, Altadis, France Telecom-Transpac, SAP, CDC-Ixis, Accenture et le centre d'affaires Régus. Les équipements publics ouverts dans le quartier : crèche, école maternelle, chapelle, parking, ser-

vices et commerces, deux jardins (6 600 m²).

Autres équipements à venir : Cité de l'Image et du Son MK2, passerelle piétonne reliant le quai François Mauriac et la BnF au parc de Bercy, parking Durkheim (1 000 places), école polyvalente, jardin ;

◆ le **secteur Masséna** (entre le pont de Tolbiac et le boulevard Masséna).

La **gare François Mitterrand** est desservie par la ligne C du RER (Réseau Express Régional) et la ligne 14 (Météor).

Situé entre l'Avenue de France et la rue du Chevaleret, le **collège**, en cours de construction, est situé sur la dalle de couverture dite "ouvrage de transfert" qui permet de superposer les charges des bâtiments à l'infrastructure génie civil située sur les emprises RFF (Réseau Ferré de France). Alors que le collège est situé à l'aplomb de la gare François Mitterrand, des trémies de ventilation ont dû être intégrées dans les bâtiments et les espaces publics en surface, afin de rendre possible le désenfumage de la gare. La structure de la "dalle collège" qui est constituée d'un réseau de poutres croisées permet le logement des différents réseaux.

La dalle M07 : sur le même principe que la dalle collège, elle devrait accueillir très prochainement un immeuble de bureaux et le ministère des Sports. Le quartier Masséna se caractérise par la présence de bâtiments industriels qui seront conservés : l'usine Sudac, le bâtiment principal des Grands Moulins de Paris et la Halle aux Farines, ainsi que les Frigos (ensemble d'ateliers loués par des artistes).

L'installation d'un grand pôle universitaire sur 210 000 m², destiné à accueillir 30 000 étudiants, enseignants et chercheurs a été décidée dans le cadre du plan "Université du 3^e millénaire" (U3M). Les premiers étudiants arriveront en 2004.

Le débouché de l'avenue de France sur le boulevard Masséna et les liens du nouveau quartier avec la commune voisine d'Ivry font l'objet d'une consultation d'urbanisme lancée début 2001.

Les équipements publics prévus dans le quartier : pôle universitaire, collège, angle avenue de France et rue Thomas Mann, une crèche, un centre d'animation pour les jeunes, un gymnase, trois jardins, deux parkings publics.

■ L'AVENUE DE FRANCE

L'Avenue de France est l'axe principal de la ZAC qui surplombera une partie des voies ferrées de la gare de Paris Austerlitz. Sa construction, en gran-

au-dessus des voies Rive Gauche

de partie à l'aplomb des voies ferrées circulées, est conditionnée par la prise en compte de nombreuses contraintes et exigences qui influent de façon souvent majeure sur la structure de l'ouvrage. Ainsi, sur les différents secteurs et en fonction de la prédominance de certaines contraintes (pour exemple : gabarits verticaux sur le secteur Austerlitz et portage de bâtiments sur le secteur Masséna) les équipes de la Direction de l'Ingénierie ont proposé aux différentes maîtrises d'ouvrages (voirie, SEMAPA, RFF...) et maîtrise d'ouvrage déléguée (ION), des structures assez notablement différentes (mixte ou béton) dans le but de satisfaire au mieux leurs exigences aussi bien fonctionnelles que financières.

La vue en 3D (figure 2) illustre certaines des dispositions communes (DC) à l'ensemble de l'avenue mais explicite également certaines dispositions particulières (DP) adoptées sur la zone Austerlitz. L'Avenue Mendès France sur le secteur Austerlitz est une structure mixte (DP) qui diffère des struc-

tures béton armé généralement adoptées par ailleurs. Le plafond de forme complexe forme un système d'ondulations qui cantonne et canalise la fumée vers les trémies de désenfumage (DP) donnant sur le terre-plein central de l'Avenue de France, tout en respectant le gabarit ferroviaire. Ces coques garantissent également la stabilité au feu de la structure métallique (DP).

Les réseaux transitent dans les trois galeries longitudinales, formées par les poutres secondaires de plus grande hauteur, et un hourdis étanche en béton armé mais aussi dans les galeries transversales formées par les poutres principales de deux tabliers contigus (DC).

Les bacs à arbre (BA) sont situés sur le terre-plein central et les trottoirs.

Les trémies de désenfumage (D) sont encadrées par les bacs à arbre du terre-plein central. Des grilles sont prévues au niveau fini pour la circulation piétonnière.

Parmi les nombreuses contraintes liées aux ré-

Bruno Laurent

RESPONSABLE DES ÉTUDES GÉNIE
CIVIL SECTEURS AUSTERLITZ,
TOLBIAC ET MASSÉNA
SNCF - Direction de l'Ingénierie - Département
des Ouvrages d'art - IGOA

Claude Bernard

RESPONSABLE D'AFFAIRES SECTEUR
AUSTERLITZ
SNCF - Direction de l'Ingénierie - Département
des Ouvrages d'art - IGOA

Abdelkader Zenati

RESPONSABLE D'AFFAIRES SECTEUR
MASSÉNA
SNCF - Direction de l'Ingénierie - Département
des Ouvrages d'art - IGOA

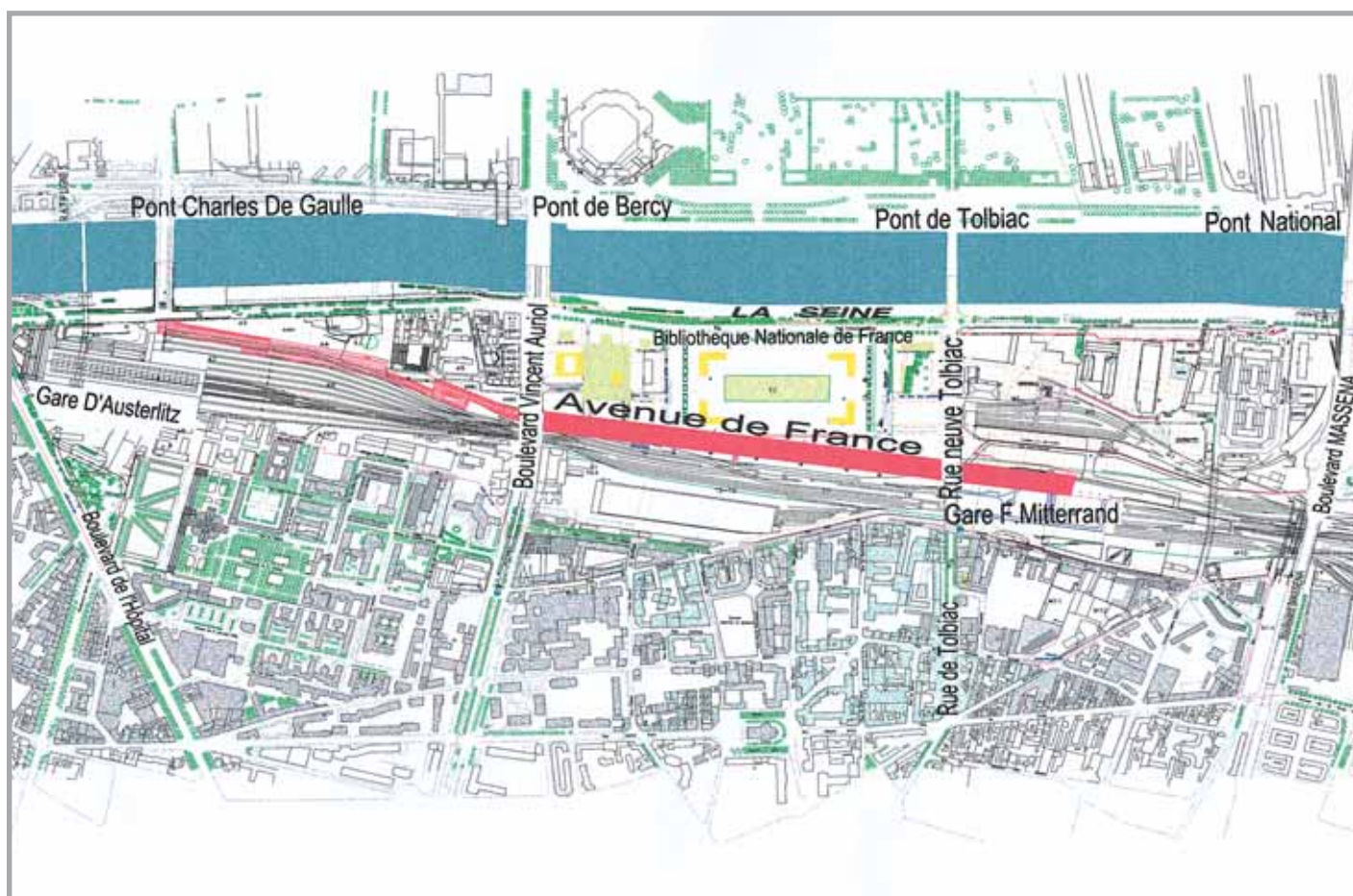


Figure 1
Plan de situation
de la ZAC
Location drawing
of the "ZAC"
development area

► seaux, le dessin montre les avaloirs sur chaussée (AV), le drainage des bacs et les réseaux dans les galeries techniques.

■ **LES CONTRAINTES**

L'exemple précédent donne un aperçu de la diversité et du nombre de contraintes à respecter et à intégrer lors de la conception d'une telle avenue.

Nivellement et gabarit (DP)

Les structures s'adaptent aux contraintes de nivellement liées au profil en long de l'avenue de France et restent conditionnées par la garantie des gabarits ferroviaires en sous-face. Sur certaines zones, cette contrainte double devient si primordiale qu'elle conditionne le type même de structure à adopter (photo 1).

C'est notamment le cas sur la zone Austerlitz, où l'AMF subit de fortes inclinaisons pour se raccorder au niveau des ponts Charles de Gaulle et Vincent Auriol.

Le respect du gabarit ferroviaire et des contraintes de désenfumage sur le secteur ont conditionné le choix d'une solution structure mixte et la forme du plafond de la gare, plafond devenu alors nécessairement stable au feu.

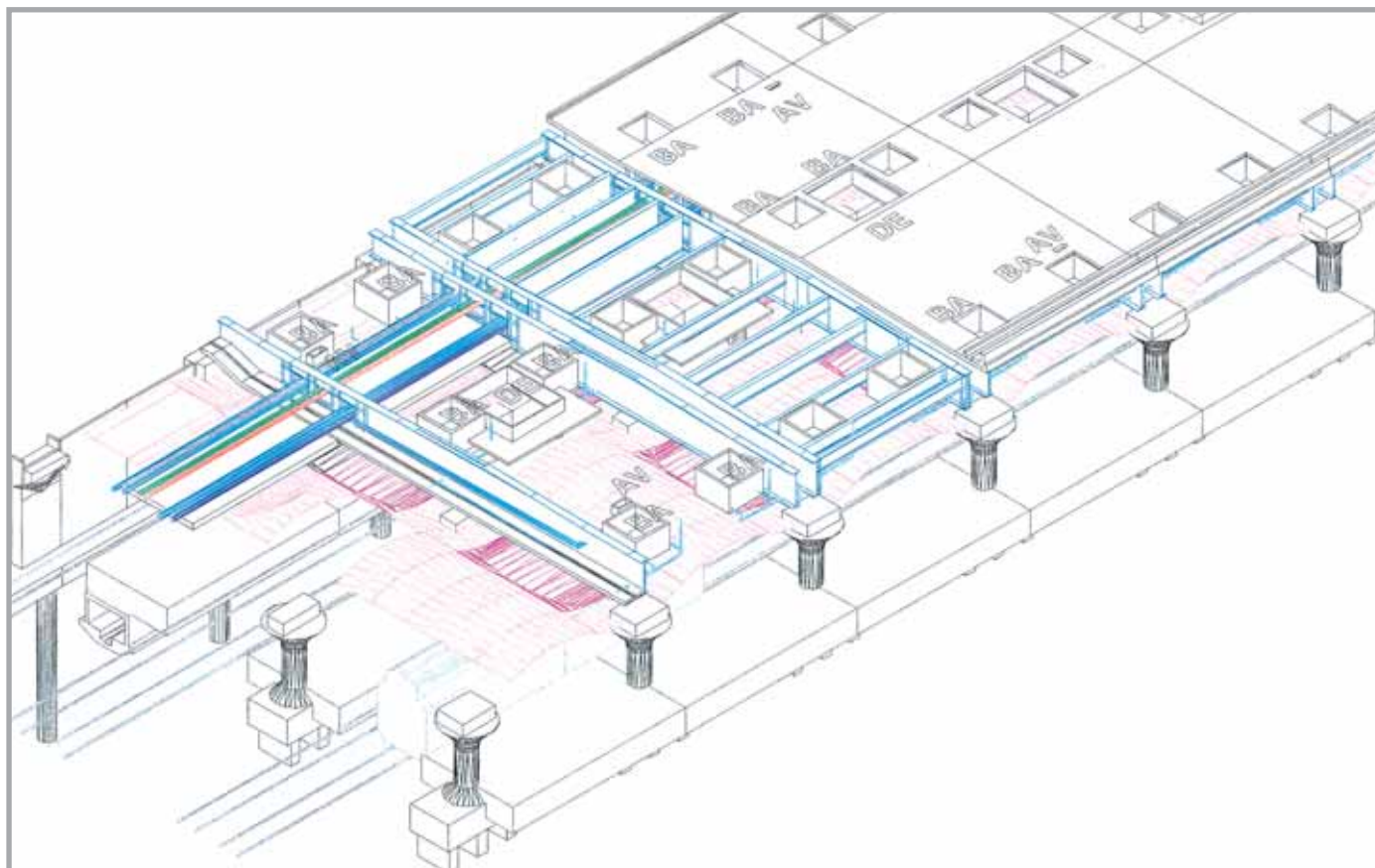
Sur les secteurs Tolbiac et Masséna, moins contraints en terme de gabarits verticaux, la structure d'ensemble est exclusivement constituée de béton armé. La hauteur des poutres est alors assez variable alors qu'elles assurent à la fois les contraintes de portage et de désenfumage (jusqu'à environ 4 m). La hauteur de 4 m est nécessaire pour permettre le passage des alvéoles des galeries techniques (visitables et situées sous les trottoirs) qui cheminent tout au long de l'avenue.

La hauteur disponible permet de réaliser des poutres principales en béton armé de 1,80 m pour les poutres simples et 0,90 m d'épaisseur pour les bi-

Photo 1
Exemple de structure mince
Example of thin structure



Figure 2
Vue en 3D de la structure secteur Austerlitz
3D view of the structure in the Austerlitz sector



poutres (zones de transition entre deux tabliers et passage de galerie). Elles sont généralement hyperstatiques sur trois travées dans le sens longitudinal suivant une trame de 16,50 m.

Tracé en plan (DC)

Il y a une relation très étroite entre le plan de voie et le projet d'aménagement. Dans le secteur Austerlitz l'ouvrage répond aux contraintes d'implantation des appuis quant aux exigences ferroviaires et aux contraintes d'implantation de l'avenue. En conséquence l'ouvrage est une succession de dalles toutes différentes, ce qui est encore plus probant dans la zone des voies en courbe où le tracé des voies ferrées est très différent de celui de l'avenue.

Dans les secteurs Tolbiac et Masséna l'implantation des appuis tient compte des exigences ferroviaires mais aussi de l'encombrement du sous-sol du plateau de voies notamment par les galeries techniques SNCF, le RER, la future gare d'échange de la gare annexe. Elles entraînent des portées longitudinales de l'ordre de 18,70 m et 15, 50 m pour des poutres principales isostatiques à deux travées.

Phasage voies (DC)

La gare d'Austerlitz qui compte 19 voies à quai est exploitée avec 16 voies pendant la période de construction des dalles.

Le schéma directeur de la gare d'Austerlitz prévoit 20 voies dont 12 aptes à recevoir des TGV. Le maintien des circulations et la difficulté de réalisation des appuis en zone de voies circulées oblige à une planification à long terme de ces opérations. C'est un élément essentiel sur les zones Tolbiac et Masséna où la structure est très fortement conditionnée par les possibilités d'appuis et les phasages ferroviaires.

Aménagement de surface (DC)

De nombreuses réservations sont réalisées dans le hourdis supérieur. Les bacs à arbre et les trémies de désenfumage sont les parties d'ouvrage ayant la plus grande incidence sur l'étude architecturale de l'aménagement et sur les études de conception de la dalle.

Dans le secteur Austerlitz la coupe en travers courante de l'avenue Mendès France comprend un trottoir côté Seine de 7 m, une chaussée de 9,40 m, un terre-plein central de 5,60 m, une chaussée de 10,40 m et un trottoir de 5,60 m côté Salpêtrière. Les trottoirs et terre-plein central reçoivent des bacs à arbre intégrés dans la structure et drainés sous le hourdis. Sur cette zone la structure métallique est renforcée par une poutraison ternaire destinée à supporter ces éléments additionnels,

la sous-face étant masquée et protégée par les coques.

Dans les secteurs Tolbiac et Masséna, au niveau du terre-plein central, la structure est constituée de poutres longitudinales solidarisiées en parties supérieure et inférieure, le caisson central ainsi formé étant imposé par la présence des bacs à arbre d'une part et les trémies de désenfumage d'autre part.

Réseaux (DC)

Dans l'épaisseur de la structure des ouvrages doivent être logés les réseaux qui alimenteront la ZAC et les immeubles environnants. L'intégration de tous ces réseaux (télécom, EDF, chauffage urbain, alimentation) a été prévue dès la conception avec les réseaux de collecte des eaux, des bouches de lavage, des bouches incendie, de l'éclairage et de la signalisation routière.

La présence des réseaux entraîne au niveau du tablier de nombreuses réservations et émergences pour les trappes d'accès, trappes matériel, avaloirs, candélabres et feux de signalisation.

Ce type de contraintes plaide plutôt en faveur de l'adoption de structures béton alors que le choix d'une structure métallique impose une définition aussi complète que possible des réseaux dès la phase de conception alors que les aménagements de surfaces définitifs sont souvent définis bien plus tardivement.

C'est le cas des ouvrages de Tolbiac Masséna où la structure en béton armé comporte comme pour la structure mixte des galeries techniques longitudinales de type caisson (trois côté Seine et deux côté Chevaleret), encastrées dans les poutres principales et qui permettent de disposer les réseaux longitudinalement.

Les deux poutres principales de deux tabliers contigus forment dans les deux types de structures des galeries permettant une desserte et circulation transversale.

Outre la forme imposée aux poutres par les galeries longitudinales et transversales, le hourdis tient compte des nombreuses réservations liées aux réseaux.

La structure béton reste de loin la plus favorable aux aménagements locaux ultérieurs (carottage, ouverture de nouvelles trémies...) susceptibles d'être nécessaires pendant ou après l'exécution. Sur le secteur Austerlitz les contraintes liées aux nombreux réseaux a imposé des passages dans les poutres principales tant pour la continuité des galeries transversales que pour l'accessibilité dans le plénum.

Les galeries transversales sont coiffées par une dalle de transition en béton armé reposant sur les deux poutres principales des deux tabliers contigus. Leur rôle est notamment d'éviter les déformations verticales au droit des joints sous charges

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitres d'ouvrage

- SEMAPA Société d'Economie Mixte d'Aménagement de Paris (pour la dalle au-dessus des voies ferrées)
- Ville de Paris Direction de la voirie et des déplacements (pour la dalle de contournement de la halle d'Austerlitz)
- SNCF Direction des services régionaux de voyageurs Ile-de-France (pour le déplacement de la gare du RER C de Boulevard Masséna et mise en correspondance avec Météor)
- RFF Réseau Ferré de France (pour la modification des installations ferroviaires)
- RATP Département des infrastructures et aménagements (pour le génie civil de la station Météor et sa correspondance avec le RER C)

Mandataire des maîtres d'ouvrage

SNCF - Direction déléguée aux Opérations nouvelles

Maître d'œuvre

SNCF - Direction de l'Ingénierie

Architectes

- SNCF - Direction déléguée à l'Aménagement et au Patrimoine
- Agence d'études des gares

Groupement d'entreprises

- Chagnaud Spie-Batignolles
- DG-Construction
- Eiffel
- Solétanche-Bachy

Principaux sous-traitants

- Bureaux d'études EEG Simecsol et IOA
- Capremib

Photo 2
Percements
dans les poutres
principales
*Holes drilled
in main beams*



routières, un joint de chaussée lourd visible tous les 15 mètres, étant inadmissible pour le maître d'ouvrage (photo 2).

Protection au feu (DP)

L'ensemble des ouvrages a une tenue au feu de 2 heures. Les structures et notamment les structures métalliques ainsi que l'exploitation des gares (Austerlitz et François Mitterrand) imposent la mise en place de dispositions spécifiques coupe-feu qui se doivent par ailleurs d'être aussi esthétiques que possible. La protection au feu de la structure métallique est assurée par les coques préfabriquées, suspendues à la structure porteuse de l'avenue, constituant le plafond architectural.

Contraintes géologiques (DC)

Des remblais très hétérogènes et des couches d'alluvions modernes et anciennes très compressibles reposent sur une couche de calcaire grossier sain. Compte tenu de ses bonnes caractéristiques mécaniques, toutes les fondations sont ancrées dans cette couche d'au moins 1 m. La grande rigidité des structures béton exige une prise en compte précise des tassements différentiels dès la phase de conception.

Les chocs ferroviaires (DC)

La conception des appuis et fondations situés aux abords des voies ferrées tient compte des pres-

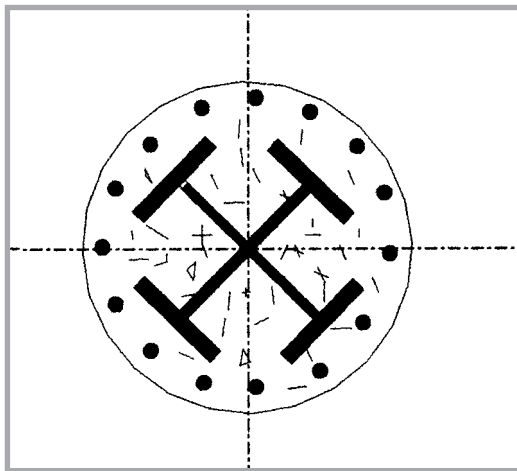


Figure 3
Schéma de la zone courante du poteau métallique
Diagram of the continuous region of the metallic column

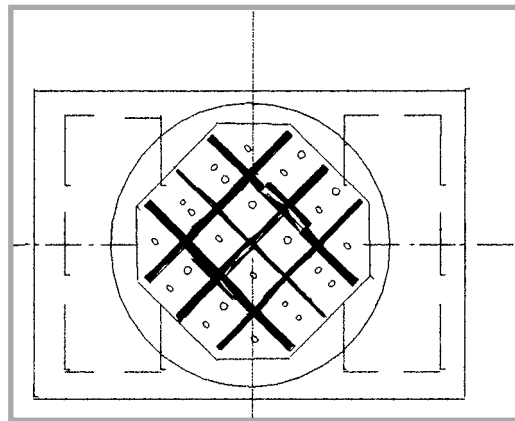


Figure 5
Schéma de la base du poteau métallique
Diagram of the base of the metallic column

Photo 3
Coffrage
des poteaux
architecturaux
*Shuttering
of architect-designed
columns*



Photo 4
Pose du poteau métallique
Installing the metallic column



criptions relatives aux appuis susceptibles d'être heurtés par des véhicules ferroviaires déraillés. Pour ceux-là, ils doivent pouvoir résister à un choc frontal de 1 000 tonnes ! C'est le cas par exemple des appuis côté Seine, situés hors zone de quai. Ils sont constitués de voiles de 1,00 m d'épaisseur et d'une longueur minimale de 4,00 m en béton armé et de poutres guide-caisse. Le système de fondations est généralement constitué de quatre barrettes disposées transversalement au choc.

Contraintes pour la conception des poteaux sur les quais de la gare d'Austerlitz (DP)

L'étude architecturale de l'ensemble de la gare (cf. infra "Etude architecturale") a imposé une forme particulière des poteaux (photo 3). L'étude de vidage des quais (évacuation des voyageurs en cas d'incendie) impose des poteaux dans l'axe des quais de diamètre limité à 1,50 m. Cette limitation s'est avérée contraignante pour les appuis les plus sollicités.

Les poteaux sur quai ne sont pas susceptibles d'être heurté par un train déraillé mais reçoivent en revanche des charges importantes pouvant être excentrées. Aussi, ils sont fondés sur deux ou trois barrettes ancrées dans le calcaire.

Plusieurs hypothèses et comparatifs entre le béton armé de haute performance et le métal ont été étudiés. Bien que les conditions d'exécution au chantier soient plus délicates, le poteau métallique offrait l'avantage de supporter les contraintes importantes liées aux fortes charges et à leurs excentremments ainsi qu'aux efforts horizontaux. Le noyau métallique a été conçu avec des PRS (profilés reconstitués soudés) en double I disposés en croix à 45° par rapport à l'axe de la file C afin de se rapprocher au maximum des axes des appareils d'appui. Un enrobage minimal de 7 cm a été imposé (protection au feu de 2 heures). Une distance d'au moins 25 cm entre semelles voisines des PRS a été laissée pour permettre la soudure des profilés d'une part (figure 3 et photo 4) et la mise en tension des tiges d'ancrage d'autre part (figure 5 et photo 5).

Le béton armé n'est pas pris en compte dans les calculs de stabilité et de résistance du noyau métallique. Son rôle est d'assurer à la fois la protection au feu et la protection anticorrosion.

Les tôles utilisées sont en acier soudable à forte résilience de nuance S460 qualité M si l'épaisseur est inférieure à 52 mm, et ML si l'épaisseur est supérieure ou égale à 52 mm.

Le poids moyen d'un poteau métallique est de 17 t. L'encombrement est de 6,5 m de hauteur et 2,70 x 2,20 m² au niveau du chevêtre. La zone courante du poteau est de 1,10 x 1,10 m² (figure 4 et photo 4).



Photo 5
Base du poteau métallique

Base of the metallic column



Photo 6
Pose et réglage des tiges d'ancrage
Laying and adjustment of anchor rods

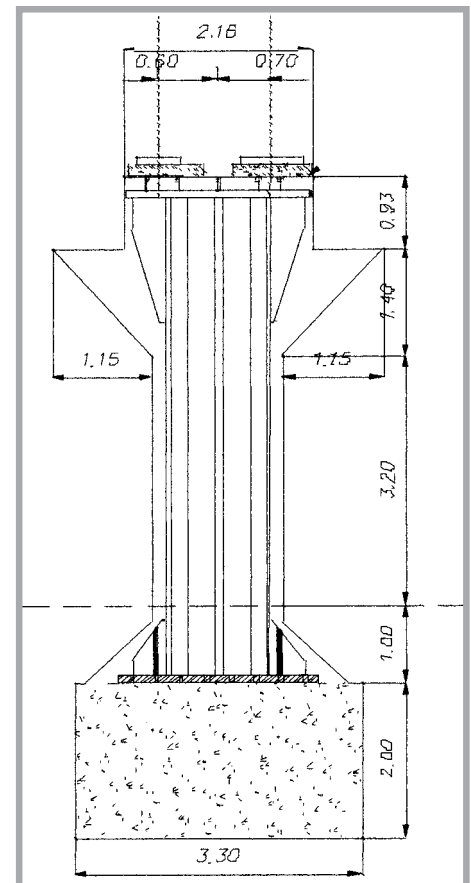


Figure 4
Schéma de l'élévation du poteau métallique
Diagram of the elevated part of the metallic column

La base du poteau est soudée à une platine de forme polygonale percée par 24 trous pour sceller le poteau métallique à la semelle en béton armé par des tiges précontraintes de diamètre 36 (figure 5 et photo 5).

Les opérations de mise en œuvre des poteaux métalliques ont nécessité une certaine rigueur au niveau du chantier notamment :

◆ réalisation des ancrages dans les semelles en béton armé :

- mise en œuvre des dispositifs provisoires ou définitifs de positionnement, de réglage, de calage et de maintien des tiges (photo 6) ;

◆ calage et scellement du noyau métallique :

- dispositifs provisoires ou définitifs de positionnement, de réglage, de calage et de scellement des pieds des noyaux métalliques (photo 4),

- opérations de mise en tension et de contrôle des barres et de reprise de tensions éventuelles,

- injection à l'aide d'un produit souple.

Les ouvrages existants ou prévus (DP)

Les bâtiments existants qui ne sont pas encore démolis imposent une réalisation par phase de l'AMF

► (réalisation d'une demi-largeur dans les zones non libérées côté Austerlitz).
 Les bâtiments en construction entraînent quant à eux des contraintes dues à la coactivité des travaux des deux chantiers limitrophes (photo 7). Leur présence engendre également un grand nombre de contraintes à intégrer lors de la conception de l'AMF, comme par exemple : limitation des hauteurs des levées de bétonnage lors du coulage du béton contre le voile du bâtiment (poussée du béton frais) et dispositions permettant de garantir l'obtention d'un vide franc entre les deux ouvrages, intégration des charges "prévisibles" d'immeubles ou de dalles dans le cas où un portage par l'AMF ou ses appuis sera nécessaire (faute d'appui possible ultérieur pour les constructions à venir), limitation des pous-



Photo 7
Coactivités des chantiers
Co-activity on construction sites

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Superficie de dalle : 16 470 m²
- Fondations : 2 200 m² de barrettes de 1 m d'épaisseur et 140 pieux Starsol de 1,20 m de diamètre
- Béton semelles et élévations (hors coques) : 1 020 m³ de B32 et 7 450 m³ de B40
- Acier HA : 131 4000 kg
- Charpente métallique : 4 114 t
- Poteaux architecturés en béton armé : 6
- Poteaux architecturés métalliques : 44 poteaux - 720 t d'acier - 1 040 barres de précontrainte
- Plafond : 13 104 m² de coque pour 631 éléments
- Délai global : 27 mois
- Montant du marché : 34 335 000 euros

sées de l'AMF sur les mitoyens. C'est ainsi que sur le secteur Austerlitz et en limite d'îlot, les pieux de diamètre 1,20 m, à raison de cinq pieux par file numérique et réalisés près des bâtiments en cours de construction, répartissent les efforts horizontaux et limitent les poussées sur les voiles des sous-sols contigus.

Protection du domaine ferroviaire en rive d'ouvrage (DC)

L'ouvrage est équipé d'un muret surhaussé par un écran grillagé qui répond aux fonctions suivantes :

- ◆ garde-corps ;
- ◆ écran de protection caténaire et anti-vandalisme ;
- ◆ protection contre la chute des véhicules routiers.

Étanchéité des structures

L'extrados du tablier reçoit une étanchéité générale de type pont-route.

Toutes les structures creuses sont susceptibles de véhiculer des eaux de drainage ou des éventuelles fuites des nombreux réseaux d'alimentation, d'eau pluviales ou usées. Elles sont protégées par une résine polyuréthane.

L'intérieur des bacs à arbre est protégé par une étanchéité d'un type spécifique anti-racine.

■ L'ÉTUDE ARCHITECTURALE DE L'ENSEMBLE DES DALLES SITUÉES DANS LA ZONE DE LA GARE (SECTEUR AUSTERLITZ)

La zone de gare d'Austerlitz, destinée à un développement important, est une zone qui a fait l'objet d'une attention toute particulière. L'étude a été menée pour obtenir une homogénéité architecturale entre les structures notamment la dalle future et l'avenue de France.

Pour répondre aux contraintes multiples de grandes portées, de gabarit ferroviaire, de passage de réseaux, d'appuis des immeubles, de rythme de plantation d'arbres et de désenfumage, le dispositif retenu par l'étude architecturale propose la mise en œuvre de caissons perpendiculaires aux voies, en appui sur les files de poteaux dans l'axe des quais de la gare.

Le seul volume disponible pour la création des galeries techniques se situe dans les poutres caissons de la solution béton armé. Les volumes disponibles sont peu satisfaisants pour le passage des réseaux notamment au droit des appuis. L'allègement des contraintes liées aux descentes de charges des immeubles en imposant que celles-ci se reportent directement sur les poteaux a permis d'envisager une structure mixte plus adaptée

au passage des réseaux. Ceux-ci transitent entre deux poutres principales d'une même file transversale.

Le plafond de la gare qui reprend le thème de l'architecture de Gaudi à Barcelone est en harmonie avec les contraintes ferroviaires de gabarit et de désenfumage. Il est constitué de coques préfabriquées qui forment le système d'ondulations.

Les coques (figure 2) assurent également la protection au feu de la charpente métallique face aux risques d'incendie dans le domaine ferroviaire.

ABSTRACT

Development structures above the railway tracks of the Paris Left Bank development project ("ZAC") Avenue de France

Br. Laurent, Cl. Bernard, A. Zenati

The "Zone d'aménagement concertée" (ZAC) development project for Paris Left Bank includes a vast area of artificial ground surface located above the railway tracks of Paris Austerlitz station.

The work in progress on Avenue de France, the main road artery in the "ZAC" area, is performed in conjunction with work on the adjacent buildings for which it will provide access.

The initial works on the Austerlitz sector, located between the buildings on quai d'Austerlitz and the service tracks of the station, began in July 2001 and will involve execution of Avenue Mendès France (AMF), which is the name given to Avenue de France between the exit from Charles de Gaulle Bridge and Boulevard Vincent Auriol, in 2003.

The design and scheduling of construction of the structure result from the constraints associated with easements with respect to the buildings, and the constraints related to the railway and station operations (smoke control in particular).

This station context also made it essential to incorporate and search for a meticulous, harmonious architectural scheme for the future passengers.

The construction work on AMF will be performed in several phases as building areas gradually become available and according to the various railway scheduling stages. The avenue will reach its full width from 2005.

RESUMEN ESPAÑOL

Estructuras de acondicionamiento por encima de las vías férreas de la ZAC París Orilla Izquierda Avenue de France

Br. Laurent, Cl. Bernard y A. Zenati

El proyecto de acondicionamiento de la Zona de Ordenación Territorial Concertada (ZAC) de la orilla izquierda del Sena incluye una amplia zona de sobresuelo artificial ubicada por encima del haz de vías férreas de la estación de

París-Austerlitz. Entre las obras actualmente en curso de ejecución, la Avenue de France, eje principal de la ZAC se lleva a cabo conjuntamente con los edificios contiguos a los cuales permitirá dar servicio.

Las obras preliminares del sector Austerlitz, ubicadas entre los edificios del muelle de Austerlitz y las vías en servicio de la estación dieron comienzo en julio de 2001, para permitir la ejecución de la Avenue Mendès-France (AMF), denominación de la Avenue de France entre el desemboque del Puente Charles de Gaulle y el Bulevar Vincent Auriol, en 2003.

El proyecto y las etapas de ejecución de la estructura se derivan de los imperativos correspondientes a las servidumbres relativas a los inmuebles, a los imperativos relacionados con la red ferroviaria y la operación de la estación (extracción de humos, fundamentalmente). La dimensión dada a la estación ha hecho también indispensable la integración y la investigación de una solución arquitectónica esmerada y armoniosa para los futuros viajeros.

La construcción de la AMF se habrá de ejecutar en varias fases, a medida de la disponibilidad de las diversas etapas ferroviarias. Su anchura total será obtenida a partir de 2005.

Aménagement de la rue Michelet à Saint-Etienne

C'est la nécessaire modernisation des réseaux de gaz et d'eau potable qui ont donné l'opportunité à la Ville de Saint-Etienne de rénover la rue Michelet qui accueille un grand nombre d'enseignes commerciales et qui, de ce fait, demeure une zone de chalandise importante et renommée. Cet aménagement s'est effectué en concertation avec les usagers et riverains de sorte que les perturbations liées aux travaux soient plus facilement supportées.

Une attention particulière de ce chantier a été portée notamment sur le mobilier urbain, l'éclairage, la mise en scène qui devront véhiculer chacun l'image de la ville et porter en tous cas sa signature.



Photo 1
La rue Michelet avant travaux
Michelet Street before the works

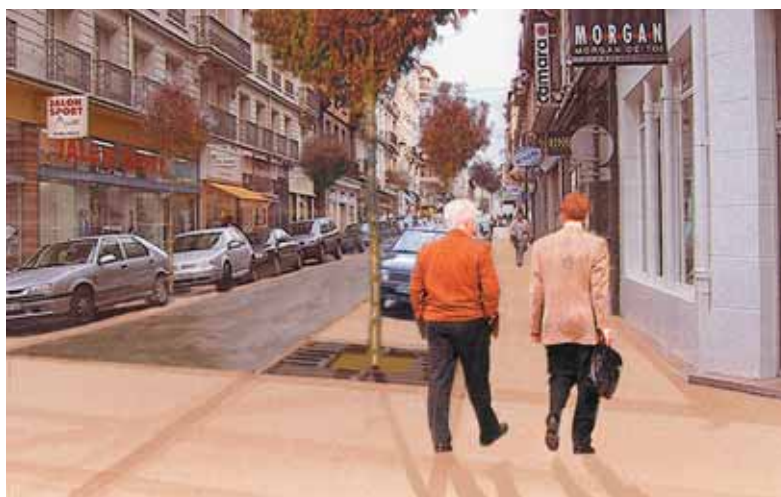


Photo 2
La rue Michelet après réhabilitation
Michelet Street after rehabilitation

■ LA RUE MICHELET, LE COMMERCE AU CŒUR DU CENTRE-VILLE (photos 1 et 2)

La rue Michelet est une rue très commerçante du centre-ville de Saint-Etienne qui accueille un grand nombre de Stéphanois. La qualité des commerces souvent d'enseigne nationale ainsi que sa situation géographique centrale en sont ses principaux atouts. Au cœur de la ville, elle peut être appréhendée comme une vitrine du centre sur laquelle il est nécessaire d'intervenir, d'une part pour maintenir la diversité de la chalandise, la convivialité du secteur et d'autre part, à titre de modèle à suivre pour les aménagements des autres secteurs centraux.

LE CALENDRIER

- Etudes : novembre 2001 - avril 2002
- Marchés : février 2002 - avril 2002
- Préparation du chantier : mai 2002
- Travaux : mai - septembre 2002

■ LE CONTEXTE

Des travaux de réseaux importants étaient prévus sur la rue Michelet. Il s'agissait en effet de rénover les canalisations de distribution de gaz et d'alimentation en eau potable ainsi que leurs branchements respectifs qui dataient du début du siècle dernier. L'état des lieux a révélé en outre un certain nombre de dysfonctionnements liés à l'état de la voirie, la mauvaise lisibilité des entrées des voies piétonnes, le fort encombrement du mobilier urbain et la présence de plusieurs établissements scolaires générant des flux importants.

L'action urbaine devait ainsi profiter de l'opportunité donnée par la nécessité de ces travaux pour offrir en plein centre-ville l'image d'une voirie rénovée où l'automobile et le piéton se côtoieront sans se gêner avec pour la mise en scène le même souci de la qualité dans le traitement des divers espaces.

Le projet de la Ville de Saint-Etienne a ainsi pour objectifs (figures 1 et 2) :

- ◆ de rénover l'espace public en le requalifiant ;
- ◆ de favoriser l'activité commerciale ;
- ◆ d'assurer une continuité du plateau piétonnier ;
- ◆ de sécuriser et repérer les sorties des écoles.

■ DÉROULEMENT DE L'AMÉNAGEMENT

Il a été conduit en trois phases. Les principes de requalification sont adaptés à chacune des phases qui caractérisent la voie.

La rue proprement dite (figure 3)

Le projet porte sur la dimension qualitative jouant ainsi sur les matériaux, le mobilier urbain, les plantations, l'éclairage public notamment. A terme, une bande cyclable, à contresens, y sera aménagée.

Les matériaux

Pour une plus grande lisibilité des espaces piétons, un matériau chaleureux est proposé : il s'agit d'un asphalte de couleur claire.

Les plantations

Des essences de faible développement (*Prunus incisa "Ariane"*) seront installées de chaque côté de la voie sur la partie réservée au stationnement, intercalées toutes les deux ou trois places de voitures. Elles prennent peu d'espaces mais donneront

rue Michelet

une douceur à l'ensemble. De larges grilles avec tuteur viendront apporter un cachet indiscutable à l'aménagement et faciliteront le transit piétonnier et le stationnement tout en protégeant les plantations.

L'éclairage

La pose de caténaire est préconisée. Aussi, une étude sera menée par les élèves de l'école des Beaux Arts en liaison avec l'école des Mines pour la conception de lampes spécifiquement stéphanoises.

Le mobilier urbain

Il s'agit de trouver une homogénéité du mobilier urbain qui soit pérenne et allée à une écriture stéphanoise.

L'entrée des voies piétonnes

(figure 4)

Ce sont des lieux de passage importants à petite échelle car ils assurent la circulation piétonne de part et d'autre de la rue Michelet permettant de rejoindre notamment d'autres espaces à caractère piétonnier et commercial centraux (place du Peuple, rue des Martyrs de Vingré). Aussi, les différents flux doivent être maintenus, améliorés et sécurisés : piétons, marge de recul devant les vitrines, espace livraison.

Le projet reprend les caractéristiques précitées concernant les matériaux, sur les trottoirs et les intersections de voies. Sur ces dernières, un événement urbain sera créé par un pincement de l'espace ou un effet de surélévation assurant une meilleure lisibilité du lieu dans lequel on se trouve. Des arbres décoratifs et très rustiques (Evdodia Danielli) seront plantés. Un aménagement en bois sera réalisé autour de leur pied au niveau du sol puis cette structure sera surélevée de 60 cm pour permettre une assise à côté de l'arbre (photos 3 et 4).

Le reste du secteur piétonnier sera aménagé en fonction de l'identification des flux nécessaires : bordures en granit, asphalte de couleur claire, support de plantation et platelage en bois.

Les travaux devant les collèges

Le projet permet d'assurer la sécurité des piétons et notamment celle des nombreux collégiens. La protection des élèves sera assurée par l'élargissement des trottoirs du même type que ce qui est

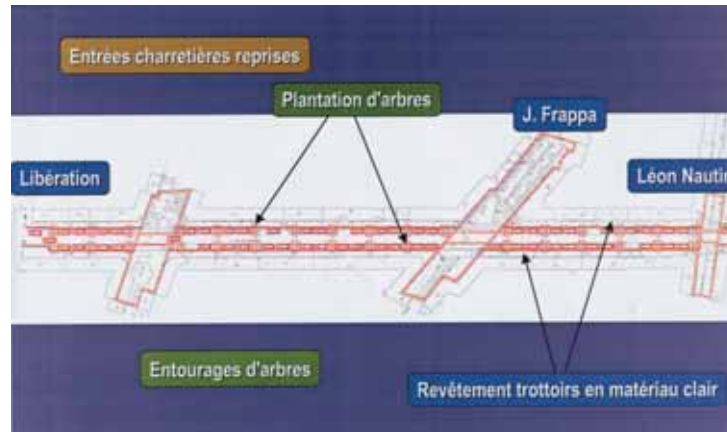


Figure 1
Projet d'aménagement de la première zone : Libération - Léon Nautin
Zone one development project : Libération - Léon Nautin

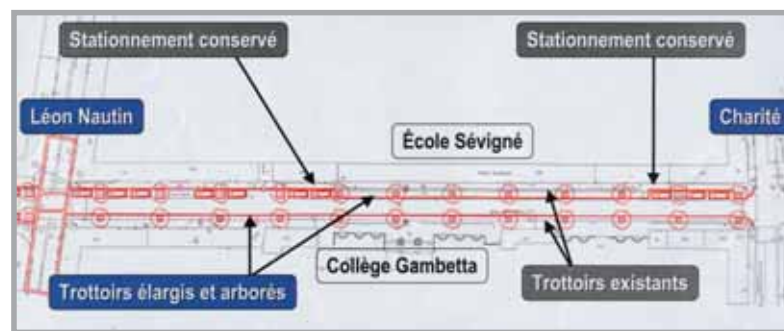


Figure 2
Projet d'aménagement de la seconde zone : Léon Nautin - Charité
Zone two development project : Léon Nautin - Charité

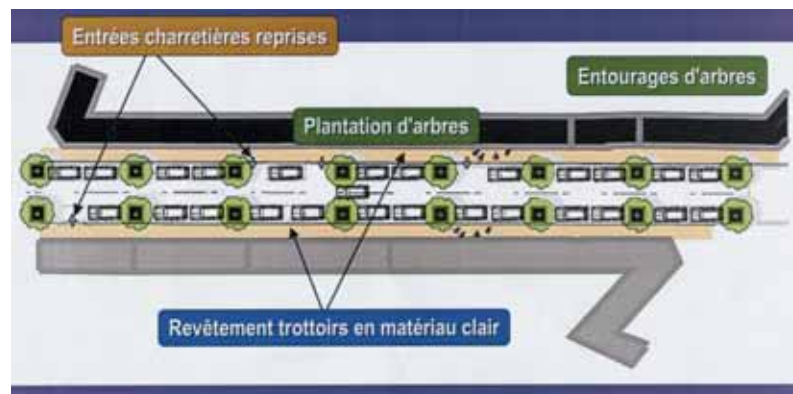


Figure 3
Aménagement de principe
Schematic layout diagram

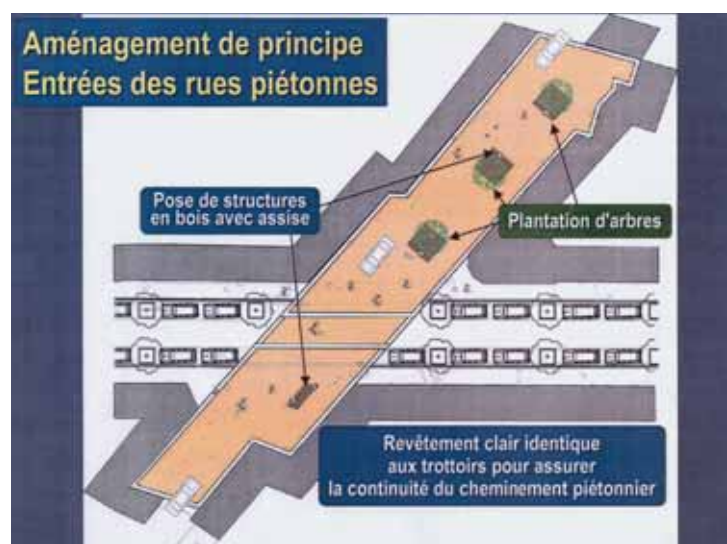


Figure 4
Aménagement de principe. Entrées des rues piétonnes
Schematic layout diagram. Entrances to pedestrian streets



Photo 3
Voie piétonne avant travaux
Pedestrian street before works

réalisé aujourd'hui devant les entrées d'écoles (une file de circulation automobile, trottoirs élargis et arborés, barrières de protection). Ces espaces seront ponctués par les arbres.

■ LA CONCERTATION

Comme pour tous les chantiers menés par la Ville de Saint-Etienne et à l'instar de celui présenté l'an dernier dans cette même revue (*Travaux* n° 778), une concertation importante a été mise en place pour cet aménagement, essentiel pour l'activité et l'attractivité commerciales du centre-ville. Elle a débuté par des réunions publiques le 9 juillet 2001, le 25 octobre 2001 et le 14 février 2002 et se poursuit tout au long des travaux. Ces réunions publiques permettent d'une part l'exposé du projet et d'autre part l'expression des personnes concernées qu'elles interviennent en tant que riverains, usagers ou acteurs économiques. Des lettres "infos chantier" sont régulièrement distribuées faisant le point sur le chantier, les plans des différents intervenants (concessionnaires, ville), les différentes zones concernées et le rappel des personnes relais (concessionnaires : Société Stéphanoise des Eaux, GDF, Ville de Saint-Etienne : coordination travaux, aménagements urbains, relations commerçants et agents de médiation).



Photo 4
Voie piétonne
après réaménagement
*Pedestrian street
after redevelopment*

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Chef de projet

Gabriel Di Massimo

Maîtrise d'ouvrage

Ville de Saint-Etienne, service Urbanisme

Maîtrise d'œuvre

Ville de Saint-Etienne Service Espace Public

Bureau d'études Jean-Claude Vialleton

Suivi de chantier : Jean Bonnissol

Concepteur

Rémi Rouchon, architecte DPLG

Financement

Ville de Saint-Etienne

Coût

1,02 M€ (6,70 MF) hors travaux concessionnaires

ABSTRACT

Development of Michelet Street in Saint-Etienne

G. Di Massimo

It was the need to modernise the gas and potable water networks that gave the City of Saint-Etienne the opportunity to renovate Michelet Street which hosts a large number of shops and which, accordingly, remains a major, renowned shopping area. This development work was performed in consultation with the users and frontage residents, so that work-related disturbances might be easier to bear.

On this project, special attention was paid to the street furniture, lighting and setting, which should each convey the image of the city and in all cases bear its signature.

RESUMEN ESPAÑOL

Acondicionamiento de la calle Michelet, en Saint-Etienne

G. Di Massimo

La obligada modernización de las redes de gas y de agua potable ha constituido la oportunidad para la villa de Saint-Etienne de renovar la calle Michelet en donde abundan numerosos comercios y que, debido a ello, constituye una zona de transacciones importante y de gran fama. Este acondicionamiento se ha efectuado en concertación con los usuarios y el vecindario, de tal modo que las perturbaciones relacionadas con las obras sean soportadas más fácilmente.

Fundamentalmente, se ha puesto una mayor atención al mobiliario urbano, al alumbrado y al protagonismo que deberá, cada uno por su parte, transmitir la imagen de la ciudad y llevar, en cualquier caso, su propia identidad.

Le métro de Toulouse

Extension de la ligne A

Michel Randé
DIRECTEUR DU PROJET
Groupe Soletanche Bachy

Gilbert Salvi
DIRECTEUR COMMUNICATION
Groupe Soletanche Bachy

Avec les remerciements à :
• Brigitte Reynaud, SMAT, Ingénieur responsable du génie civil
• Michel Odiot, SMAT, adjoint

Le chantier du prolongement de la ligne A du métro de l'agglomération toulousaine est celui de l'extension de l'unique ligne du métro existante à l'heure actuelle. Ce prolongement est d'environ 2,5 km avec la réalisation de trois stations et 1,5 km de tranchée couverte. Les techniques de soutènements mises en œuvre par Soletanche Bachy sont la paroi moulée (soutènement intégré dans la structure), la paroi armée au coulis et la paroi berlinoise (soutènements provisoires).

■ L'AVANT-PROJET

Historique

Le 24 mars 1980, le Syndicat mixte des transports en commun de l'agglomération toulousaine (SMTC) prenait la décision de principe de réalisation d'un réseau de transport en commun en site propre.

Le 9 juillet 1985, le choix du système était arrêté et se portait sur le métro automatique VAL.

La première ligne (Basso Combo - Jolimont) a vu ses travaux s'engager début 1989 pour une mise en service le 26 juin 1993. Le succès commercial et la fiabilité technique favorisaient et appelaient la continuation du projet.

L'opportunité du prolongement de la ligne A avait été examinée dès 1986, mais il avait alors été décidé d'en reporter la réalisation en raison des faibles possibilités immédiates du secteur, tout en préservant la possibilité d'un prolongement ultérieur. En 1996, le succès grandissant de la ligne A avec le développement de la pratique multimodale (voiture + métro) favorisait les décisions de prolonger la ligne A jusqu'à la rocade Est, au contact du réseau de voie rapide d'agglomération (figure 1).

Caractéristiques générales du projet

Le prolongement de la ligne A s'inscrit parfaitement dans l'alignement du tronçon final de la ligne existante. Il présente un tracé globalement rectiligne jusqu'au passage de la rocade Est et de l'Hers, puis s'infléchit dans sa partie terminale pour s'orienter plein nord (figure 2).

La longueur totale cumulée du prolongement (section courante, stations et arrière gares) est de 2 412 m et comprend :

- ◆ une première section de viaduc depuis l'actuel terminus aérien de Jolimont jusqu'à hauteur de l'impasse Louis Plana, le long de l'avenue Yves Brunaud ;

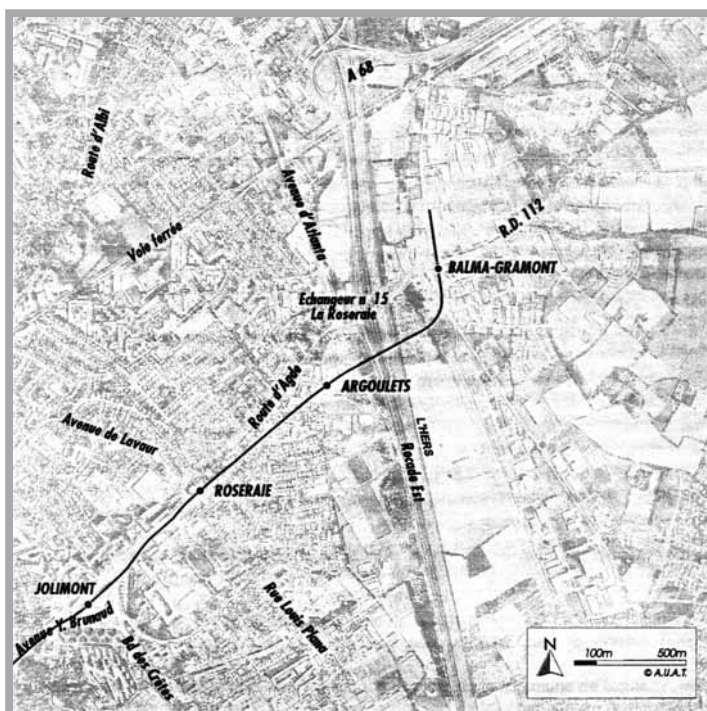


Figure 1
Réseau vu en plan
Plan view of network

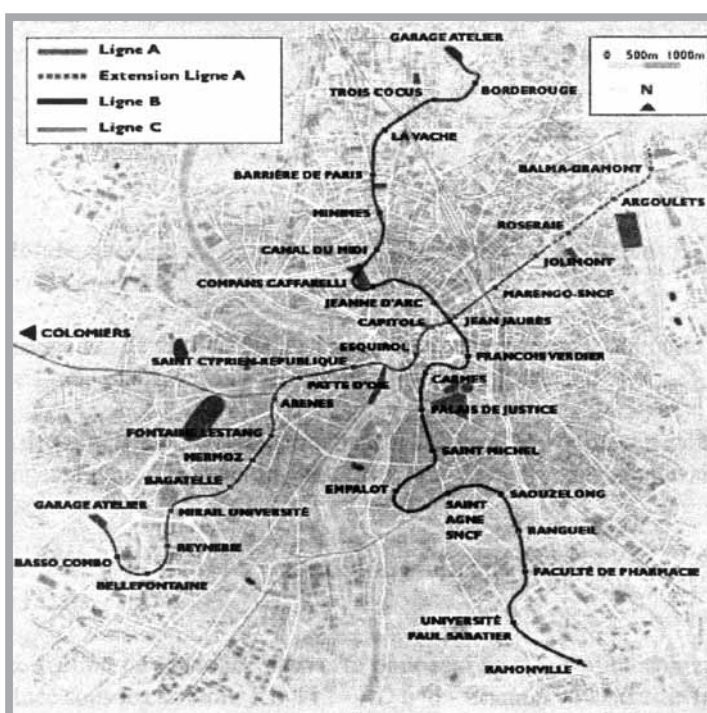


Figure 2
Tracé du prolongement de la ligne A
Route of the Line A extension

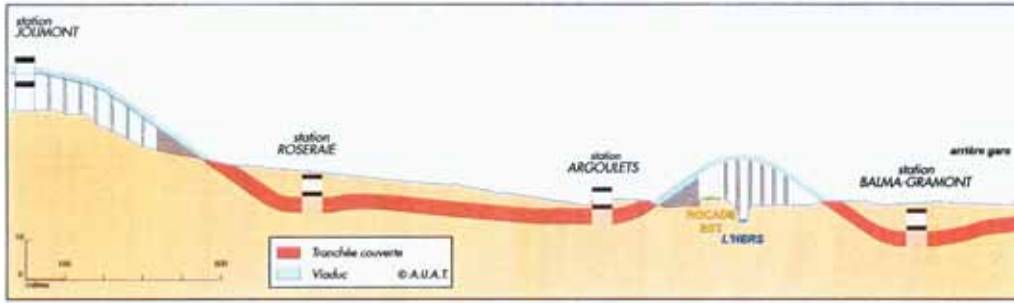


Figure 3
Profil en long du tracé
Longitudinal section of the route



Photo 1
VAL 208
VAL 208



- ◆ une section de tranchée couverte permettant le franchissement du carrefour de la Roseraie et se prolongeant sous l'avenue du Parc, avec ses deux stations souterraines Roseraie et Argoulets (secteur 1);
- ◆ une dernière section de viaduc à partir des Argoulets permettant de franchir la rocade Est et la rivière l'Hers;
- ◆ une dernière section de tranchée couverte pour rejoindre la station souterraine de Balma-Gramont située sous le carrefour RD 112 - RD 64d - Chemin de Gabardie (secteur 2) (figure 3).

Le projet comprend également la réalisation aux stations Argoulets et Balma-Gramont de deux gares de bus et de deux parkings de rabattement en surface, d'une capacité respective de 500 places (extensibles à 650) et 1 000 places (extensibles à 2 000).

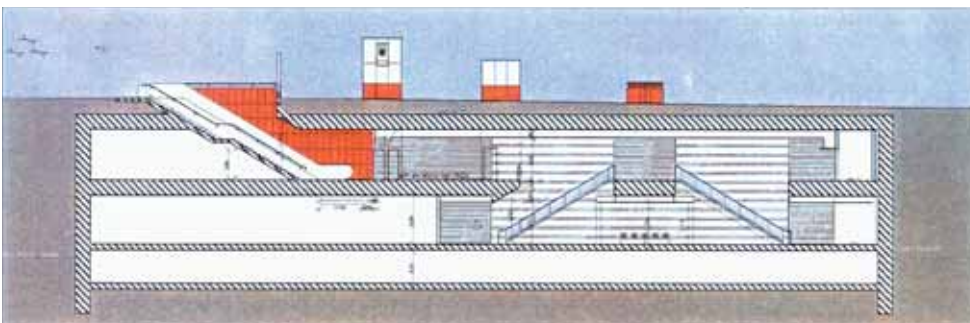
Enfin, le projet comprend la fourniture de 14 rames du type VAL 208, matériel de nouvelle génération (photo 1).

Conception générale des infrastructures

Tranchées couvertes

La tranchée couverte est un cadre en béton armé, construit à ciel ouvert, à l'abri d'une enceinte étanche. Cette enceinte est constituée de parois moulées au coulis ancrées dans la molasse. Ce procédé a été retenu pour le soutènement et la mise hors eau en fonction de critères techniques et économiques.

Figure 4
Coupe transversale de la station Roseraie
Cross section of Roseraie Station



Les stations

Station Roseraie

Située à 725 m de la station Jolimont, au carrefour de huit voies de circulation, en partie sous le square du même nom, la station Roseraie est une station souterraine à deux niveaux. Les émergences de la station sont intégrées au square qui fera l'objet d'un réaménagement particulier.

La salle des billets est à environ 5,10 m de profondeur et sa hauteur sous plafond est de 3,48 m (figure 4).

Station Argoulets

La station Argoulet à 745 m de la station Roseraie, est implantée en limite nord de l'actuelle zone de loisirs des Argoulets. Les quais de cette station se trouvent à une profondeur d'environ 4,20 m.

La particularité de cette station est de posséder un local billettique de surface. Ce local s'étendra sur une surface de 330 m² environ parallèlement à la façade nord de la station.

Un parking de 500 places sera attenant à la station (figure 5).

Station Balma-Gramont

La station Balma-Gramont, à 810 m de la station Argoulets, est implantée au nord de la route de Lavaur (RD 112), en vis-à-vis de l'hypermarché Auchan. Cette station assure deux fonctions :

- ◆ une desserte locale, en particulier vers le centre commercial;
- ◆ une grande capacité de stationnement (1 000 places extensibles à 2 000 places par une dalle supérieure) à l'aide d'un parking de rabattement en complémentarité de la station.

Ces contraintes, ainsi que la mise en place d'un rond-point de 60 m de diamètre au droit du carrefour, induisent des parcours en couloir de plus de 25 m (figure 6).

Viaduc Jolimont

L'ouvrage a une longueur totale de 304 m, entre pile-culée, dite pile-tabouret, de l'ouvrage existant et le PK (ou PM) 470. Le PM origine est l'axe de la station Jolimont. Le franchissement comprend une partie dite ouvrage principal, formée d'une dalle pleine précontrainte sur toute sa longueur, de 227 m de long et une partie dite ouvrage de transition, long de 77 m, formée d'un portique surmonté de protection anti-intrusion.

Cette solution assure la continuité urbaine du projet existant en prolongeant de manière cohérente la partie du viaduc aérien déjà réalisé (photo 2).

Viaduc Rocade

Le franchissement Rocade s'étend sur 400 m. Il s'agit d'un "bow-string" dont l'originalité réside dans sa conception architecturale : chaque arc étant constitué de trois arcs concentriques de hauteurs

différentes, tous ramenés sur les mêmes culées d'extrémité. Il comprend trois parties : l'ouvrage de transition Verdon, sur 54 m environ, le viaduc dit "Rocade", sur 251 m environ et l'ouvrage de transition Saint-Jean, sur 91 m environ (les 4 mètres d'écart correspondent à la longueur des culées, les longueurs étant mesurées entre axes d'appui ; les culées ont un encombrement de 2 m entre l'axe de l'appui sur culée et le nu arrière du mur garde-grève). Le viaduc Rocade peut lui-même être décomposé entre un ouvrage principal de franchissement la Rocade et, de part et d'autre, deux ouvrages d'accès (figure 7).

Echéancier de réalisation

L'échéancier prévisionnel présenté sur la figure 8 a été établi en janvier 2000. A cette date, en supposant que le chantier se déroule sans perturbation grave notamment dans la libération des emprises, la date prévisionnelle de mise en service du prolongement de la ligne A se situait à fin juin 2004 (cf. infra "Planning des travaux"). L'avancement des travaux aujourd'hui permettrait d'avancer cette date au début 2004.

Enveloppe financière prévisionnelle

Le montant total de l'enveloppe, à valeur janvier 2000, s'élevait à 196 M€ HT, et comportait l'ensemble des activités citées ci-après :

- ◆ acquisitions foncières ;
- ◆ déplacements réseaux ;
- ◆ génie civil ;
- ◆ système VAL ;
- ◆ opérations d'accompagnement ;
- ◆ maîtrise d'œuvre ;
- ◆ prestations liées à l'investissement ;
- ◆ provisions pour aléas.

■ GESTION ET ÉCONOMIE DU CHANTIER

Le projet d'extension de la ligne A du métro toulousain se décompose en différents marchés. Les deux viaducs sont réalisés par DV Construction et les tranchées couvertes ainsi que le gros œuvre des stations sont réalisés par un groupement d'entreprises dont Soletanche Bachy est le mandataire. Les tranchées couvertes font elles-mêmes l'objet de deux marchés de travaux, le secteur 1 et le secteur 2.

Le groupement d'entreprises

Les deux marchés de tranchées couvertes et du gros œuvre sont donc attribués à un groupement d'entreprises solidaires constitué par :



Figure 5
Plan de masse
de la station
Argoulet
*Layout plan
of Argoulet Station*

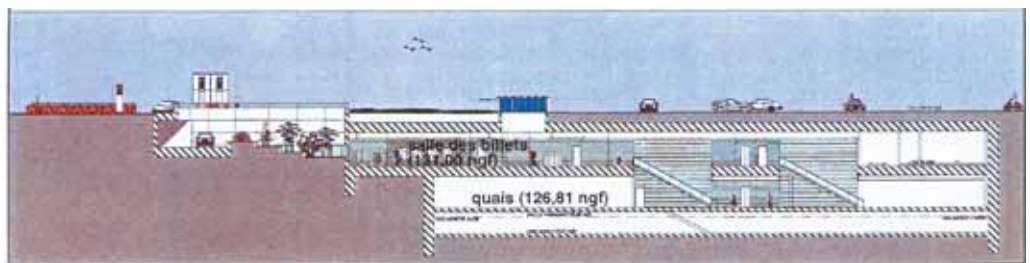


Figure 6
Coupe transversale
de la station
Balma-Gramont
et salle des billets
*Cross section
of Balma-Gramont
Station and ticket
room*



Photo 2
Viaduc Jolimont
Jolimont viaduct



Figure 7
Viaduc Rocade
Ring road viaduc

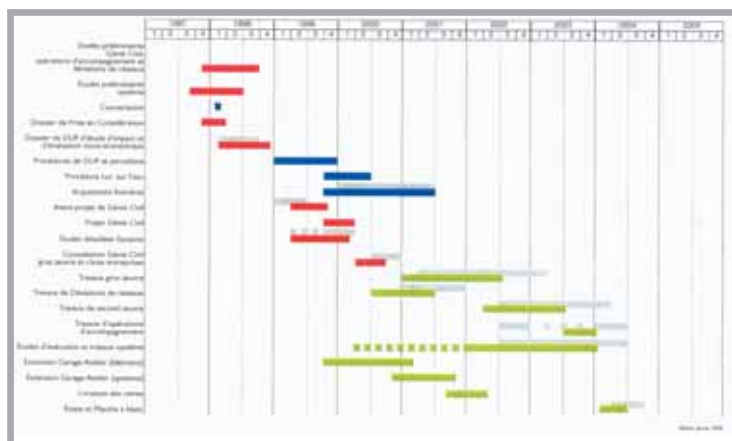


Figure 8
Echéancier prévisionnel
prolongement ligne A
*Prospective schedule
for Line A extension*



- ◆ Soletanche Bachy, mandataire (SB) ;
- ◆ Demathieu & Bard (DB) ;
- ◆ Entreprise Malet ;
- ◆ SESO (Société d'entreprises du Sud-Ouest) ;
- ◆ ACMD (uniquement pour le secteur 1), non solidaire des autres entreprises.

La SEP

A l'intérieur du groupement les travaux de soutènement proprement dits sont sous-traités à SB. Le reste des travaux est attribué lors du marché à l'une ou l'autre des deux entreprises. Le cadre tunnel est réalisé à la fois par SB et par DB.

Sur le chantier se trouvent en permanence environ 50 personnes faisant partie de la SEP. Ce chiffre inclut à la fois les ouvriers et le personnel encadrant.

Planning des travaux

Les travaux ont débuté le 18 janvier 2001, avec un phasage travaux comprenant le soutènement (parois moulées, et PAC) ; terrassement dans l'emprise des soutènements ; génie civil des stations et du cadre tunnel ; étanchéités ; remblais et remise en état.

Les deux marchés signés prévoyaient une fin de travaux respectivement au 2 juillet 2002 (secteur Jolimont - Argoulets) et au 17 septembre 2002 (secteur Balma-Gramont).

Les modifications de projets (essentiellement celui de la station Balma-Gramont), comme les difficultés de mise au point des études d'exécution et, accessoirement, le retard dans la libération de certaines emprises destinées à la construction des stations, ont provoqué une dérive sur les dates précédentes, qui sont aujourd'hui déplacées au 2 septembre 2002 (+ 2 mois) et au 31 décembre 2002 approximativement.

Toutefois, ces dérives affectent principalement les travaux de surface, et ne compromettent pas l'équipement du système métro de Matra Transport International (aujourd'hui Siemens Transport Système) ; il faut d'ailleurs noter que cette dernière intervention a été légèrement reportée du fait de retards significatifs enregistrés dans la construction des deux viaducs de l'extension.

■ LES SOUTÈNEMENTS

Géologie et hydrologie du site

Les différentes formations rencontrées depuis la surface, sur toute la longueur du tracé sont les suivantes :

- ◆ des colluvions dans les pentes (Jolimont - Roseraie), constituées d'argiles, de limons sableux, de sables limoneux. Elles présentent de faibles

épaisseurs (1 à 4 m) et reposent sur le substratum molassique. En couverture de ces formations, on trouve des remblais de compositions diverses et d'épaisseur variant de 0 à 2 m ;

- ◆ les alluvions de la vallée de l'Hers (secteur Argoulets - Gramont) : ces alluvions sont constituées de limons argileux plus ou moins sableux, pouvant présenter en partie inférieure un horizon sablo-graveleux plus ou moins argileux. Ces formations présentent une épaisseur de 3 m à 4 m en général et ponctuellement plus de 9 m. En couverture, on trouve des remblais de composition diverses et d'épaisseur variant de 0 à 2,5 m ;

- ◆ des remblais contenant localement des déchets dans le secteur des Argoulets, constitués de produits de démolition (briques, bois, enrobés, pavés, bordures routières...), de produits ménagers (plastiques, verres, tissus...), de ferraille etc., le tout enrobé de matériaux limoneux, sableux et graveleux. Ces remblais, appelés poubelliers, présentent des épaisseurs variant de 0 à 7 m ;

- ◆ le substratum molassique constitué par des alternances de niveaux marneux ou marno-calcaires, d'argiles et de sables molassiques. Ce substratum est très proche de la surface (moins de 2 m de profondeur) sur le début du tracé. Aux Argoulets, on le trouve entre 7 et 10 m de profondeur, et côté Gramont, entre 3 m et 10 m de profondeur.

La perméabilité des colluvions et des alluvions est de 1×10^{-4} m/s à 1×10^{-6} m/s.

Les molasses sableuses sont quasiment imperméables $< 1 \times 10^{-6}$ m/s (hors des passées sableuses).

La circulation aquifère est la suivante :

- ◆ en rive gauche (secteur 1), la surface piézométrique descend régulièrement en suivant la topographie du TN, depuis Jolimont vers l'Hers. L'orientation de l'écoulement forme un léger angle par rapport à l'axe du tracé ;

- ◆ en rive droite (secteur 2), la piézométrie suit la topographie. L'écoulement de la nappe est perpendiculaire à l'axe du tracé.

L'écoulement de la nappe étant oblique ou carrément perpendiculaire au tracé, l'ouvrage pourrait constituer un barrage vis-à-vis de cet écoulement. Une remontée du niveau piézométrique était donc à craindre pendant et après les travaux. De ce fait, des relevés piézométriques hebdomadaires sont effectués afin de vérifier le niveau de la nappe au cours des travaux et de pouvoir prendre des mesures compensatoires si une anomalie est détectée.

Des dispositions particulières de rétablissement de la circulation de la nappe ont été mises en œuvre afin de minimiser ces risques : franchissement de l'ouvrage par des organes de transit disposés régulièrement sur le toit du tunnel, et traversant la tranchée de part en part.

Aucun problème de barrage de nappe n'est survenu au cours des travaux de soutènement.

ORGANISATION RETENUE POUR LES ÉTUDES ET LA RÉALISATION DU PROJET

Maitre d'ouvrage : SMAT

Le prolongement de la ligne A comporte deux parties distinctes : la première concerne les viaducs, la seconde les tranchées couvertes et les trois stations. Les ouvrages sont classés dans la catégorie infrastructures. Compte tenu de la spécificité des compétences nécessaires pour la maîtrise d'œuvre de ces ouvrages et de l'expérience de la ligne 1, la répartition des missions est faite de la manière suivante :

- ◆ une mission de maîtrise d'œuvre technique génie civil pour les viaducs et les ouvrages de transition attestants assurant toutes les prérogatives de maîtrise d'œuvre en dehors de la partie architecturale confiée à la DDE de la Haute-Garonne et au Setra en ce qui concerne les études techniques ;

- ◆ une mission de maîtrise d'œuvre complète (ingénierie et architecture) pour la tranchée couverte, les stations Roseraie, Argoulets, et Gramont et une partie de ces opérations d'accompagnement confiée au groupement : Semaly - Scetauroute - OTCE - BEFS - Betem Engineering - Séquences ;

- ◆ une mission d'ensembliser du système confiée à Matra Transport International (devenu S.T.S) ;

- ◆ des missions de contrôle technique confiées à Socotec/Veritas ;

- ◆ une mission concernant les opérations d'accompagnement confiée à la Ville de Toulouse (M. Fabre) ;

- ◆ une mission concernant les déviations de réseaux et la coordination réseaux confiées à la Ville de Toulouse.

Choix technique

Au niveau des tranchées couvertes, le soutènement réalisé par SB n'est que provisoire. En effet, un cadre en béton armé est réalisé ultérieurement et c'est lui qui joue le rôle de soutènement définitif.

Le soutènement provisoire a donc pour fonction d'assurer la reprise des poussées dues au terrain naturel, à la nappe phréatique, ainsi qu'aux surcharges fixes ou mobiles pendant les travaux de terrassement et de gros œuvre. Il doit également servir à limiter les venues d'eau en provenance de la nappe phréatique.

Dans les secteurs où le toit de la molasse saine est relativement proche de la surface, un système de paroi armée au coulis (paroi PAC), avec jambes de pantalon est adopté. Cet écran d'étanchéité coupe la nappe de couverture et est ancré dans les molasses saines (environ 1 m) (photo 3).

Ce système permet de s'affranchir de la poussée de l'eau dans la hauteur des molasses saines. En effet, un drainage naturel s'effectue par les merlons non excavés dans les molasses saines.

Par contre, lorsque le toit de la molasse saine est trop profond, une PAC continue est réalisée.

Au niveau des stations Roseraie et Balma, le soutènement réalisé par SB est définitif. C'est donc un procédé classique de paroi moulée qui est utilisé.

La paroi armée au coulis (PAC)

La PAC est constituée par une tranchée profonde (10 m à 20 m), d'épaisseur 60 cm, remplie d'un coulis auto-durcissant (RC de l'ordre de 1 à 1,2 MPa), et armée de profilés métalliques verticaux. Le fluide de forage est ici un coulis auto-durcissant. Il s'agit d'une boue bentonitique chargée en ciment. Ce coulis est préparé dans une unité de fabrication de coulis et transporté au forage en fonction de l'avancement. Pour assurer la stabilité de la tranchée et la qualité après prise du coulis, le niveau de coulis dans la tranchée doit rester au-dessus du niveau piézométrique de toutes les nappes rencontrées lors de l'excavation. Sur ce chantier, SB a utilisé un coulis dénommé le Slagsol : coulis composé de laitier surmoulé, de ciment, de bentonite et d'eau.

Selon la nature du ciment utilisé et la résistance attendue du coulis, le dosage en ciment peut varier. Pour un ciment CLK, le dosage est compris habituellement entre 130 et 250 kg/m³. Ce dernier dosage permet d'espérer, en cas d'excavation dans un terrain sablo-graveleux, des résistances de coulis en place jusqu'à 2,5 MPa. Les dosages supérieurs conduisent à des fluides de forage peu maniables et ne sont pas recommandés.

Comparée à la paroi préfabriquée ou les écrans de palplanches au coulis, la PAC en diffère uniquement au point de vue de l'exécution, par la natu-



Photo 3
Paroi armée au coulis
avec jambes de pantalon
Grout reinforced wall
with piers



Etanchéité du cadre
intérieur station métro
Waterproofing
the inside frame
of the metro station



Bétonnage dalle
supérieure station
Argoulets
Concreting the upper
slab of Argoulets
station

re des éléments résistants disposés dans la saignée.

Il s'agit ici de profilés IPE. Pour les faibles pressions sur l'écran, une transmission des efforts aux profilés par effet de voûte dans le coulis est possible. Lorsque les déformations prévisibles de l'écran excèdent 5 cm, des éléments résistants horizontaux sont mis en place entre les profilés verticaux (liernes de répartition et butonnage intérieur).

La paroi moulée

La paroi moulée est une technique utilisée classiquement par SB pour la réalisation de soutènements définitifs. Sur le chantier du métro de Toulouse,

Ferrailage radier et piédroit de la station

Reinforcement of foundation raft and side wall of the station



Phase d'avancement coulage structure interne tunnel

Progress stage : pouring of tunnel internal structure



Bétonnage du radier en section tunnel
Concreting of foundation raft in tunnel section



LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- 30 000 m² de PAC
- 5 300 m² de PM
- 25 000 m³
- 4 000 t d'acier
- 150 t de butons
- 400 000 heures de travail entre janvier 2001 et octobre 2002

les stations Roseraie et Balma-Gramont sont réalisées à l'abri d'un soutènement en paroi moulée. Dans les deux cas, la paroi moulée est intégrée à la structure définitive de l'ouvrage construit.

L'excavation de la paroi moulée a été réalisée grâce à l'utilisation de bennes hydrauliques type KS, portées par des grues sur chenilles de taille suffisante pour assurer la stabilité.

L'excavation des différents panneaux constituant la paroi moulée, est faite sous protection d'un fluide de forage, ou boue bentonitique. Outre la fonction de transport des déblais spécifiques aux machines de forage, la boue participe à la stabilité de l'excavation, à condition que son niveau de remplissage dans la tranchée reste toujours au-dessus du niveau piézométrique de toutes les nappes interceptées par l'excavation.

Pour assurer ces fonctions, les caractéristiques de la boue, en particulier, au stade de l'excavation, doivent respecter certaines limites. Ainsi le pH, le filtrat, la viscosité, la densité sont contrôlés à différents stades de l'exécution de la paroi.

Une fois l'excavation du panneau total terminée, il faut l'équiper. L'équipement comporte trois phases importantes :

◆ la mise en place des coffrages des joints : la technique du coffrage porte-joint est souple et présente l'avantage de pouvoir disposer une ou plusieurs lames d'étanchéité dans le joint entre deux panneaux adjacents ;

◆ la mise en place des cages d'armatures : les cages d'armatures qui constitueront le ferrailage du panneau sont mises en place par éléments si la hauteur totale de la paroi est importante, plus de 12 m à 14 m. Le plus souvent, la continuité verticale du ferrailage est assurée par recouvrement des éléments, mais, dans certains cas particuliers, elle peut être réalisée avec des manchons. Toutes les réservations diverses, pour les dispositifs d'auscultation des parois (carottages, auscultation sonore, mesures inclinométriques) ou d'autres (passage de tirants, liernes de répartition pour butonnage etc.) doivent être disposées à l'avance dans les éléments de cage d'armature, de manière à limiter la durée de mise en place afin d'assurer une meilleure qualité d'exécution ;

◆ la mise en place des équipements nécessaires au bétonnage : les tubes plongeurs ou colonnes de bétonnage amèneront le béton à la base du panneau et des trémies de bétonnage. Les colonnes sont installées dans des réservations prévues à cet effet dans les cages d'armatures, les passages de colonnes, et maintenues en place par un frein de colonne.

Une fois l'équipement terminé et la teneur en sable souhaitée dans la boue bentonitique obtenue (opération de dessablage), le bétonnage peut commencer.

Celui-ci est réalisé en déversant le béton dans la colonne. Le béton est conduit par la colonne, sous

son propre poids, en pied de panneau, et repousse la boue vers la surface où elle est pompée et renvoyée en stock après traitement si nécessaire.

■ LES POINTS FORTS ET LES PRINCIPALES DIFFICULTÉS TECHNIQUES

Ce chantier relativement "facile", se déroule sans grosses difficultés techniques.

Les principales préoccupations du maître d'ouvrage avant de commencer les travaux concernaient les riverains, dont beaucoup pouvaient être affectés par le déroulement du chantier et les contraintes exportées par les travaux au niveau de la circulation et de la desserte du quartier : de fait, aucun incident n'a été à déplorer, et les relations entreprises/riverains (souvent représentés par des associations de quartier) sont restées excellentes d'un bout à l'autre de l'opération (ce qui n'est pas tout à fait vrai sur la ligne B...).

Le gros souci technique était également une contrainte exportée, liée à la préservation de la circulation des nappes phréatiques touchées par le projet : bien qu'il soit un peu tôt pour se prononcer sur l'efficacité des mesures adoptées (collecte des eaux par drainage sur la face amont des tranchées, et création de zones de passage sur les points bas du projet), les premières observations laissent à penser que l'objectif, de ne pas créer de gradient supérieur à une cinquantaine de centimètres entre la nappe amont et la nappe aval, est à peu près atteint.

La quasi totalité des problèmes du chantier est en fait venue de la difficulté intrinsèque de réalisation des ouvrages au fond des tranchées butonnées (terrassement, pompage, butonnage, réalisation du gros œuvre, etc.), dans un contexte rendu délicat par les retards pris au niveau des études au démarrage des travaux. Les objectifs de réalisation du cadre tunnel (48 m d'ouvrage par semaine) n'ont pu être atteints, et même dépassés, que sur un seul secteur (Roseraie - Argoulets), où la cadence a été de 60 m de cadre bétonnés chaque semaine (travail sur 6 jours, à postes prolongés).

A noter également l'économie importante offerte au client par l'aménagement des jambes de pantalon dans les parois au coulis, permettant de décharger les pressions d'eau derrière ces parois, mais provoquant de grosses sujétions dans la réalisation des fouilles (gestion de l'eau) et dans la mise en place des complexes d'étanchéité PVC (problèmes de préparation des supports). Bien entendu, ces diverses contraintes n'avaient pas été chiffrées lors de l'acquisition de l'affaire, dont les effets pervers ont été pires que les coûts proprement dits.

Sans oublier les difficultés techniques suivantes qui ont été rencontrées lors de ces travaux et qui



Mise en place de l'étanchéité du cadre de la structure interne

Laying of waterproofing for the internal structural frame

Phase terrassement en section tunnel

Earthworks phase in tunnel section



Phase terrassement en section tunnel

Earthworks phase in tunnel section

ont été résolues grâce à une entente quasi parfaite entre les différents intervenants, aussi bien du côté de l'entreprise, que de la maîtrise d'œuvre et du bureau de contrôle :

- ◆ les mesures de vibration, de bruit et de tassements mises en œuvre au droit des immeubles de la roseraie ;
- ◆ les quatorze délais partiels (assortis de pénalités de retard de 4 500 € par jc, cumulables sur chacun de ces délais) ;

◆ la coactivité avec l'équipementier (Siemens Transport International, anciennement Matra) et avec les entreprises chargées du second œuvre des stations ;

◆ les contraintes architecturales – évolutives en cours de travaux... – sur les parties vues des ou-

► vrages, telles que la passerelle métallique d'accès à la station Argoulets, le bâtiment billétique, le puits de lumière de la station Balma ;

◆ les franchissements routiers : huit ponts provisoires mis en place sur les tranchées pour laisser passer la circulation, avec évidemment des passages de travaux plus ou moins complexes, surtout sur Balma (cinq phases).

ABSTRACT

The Toulouse metro. Extension of Line A

M. Randé, G. Salvi

The project for extension of Line A of the metro for the Toulouse urban area involves extending the single metro line existing at present. This extension is about 2,5 km long, with the construction of three stations and 1,5 km of cut-and-covers. The techniques used by Soletanche Bachy for the supporting structures are the grout reinforced wall and the diaphragm wall.

RESUMEN ESPAÑOL

El metro de Toulouse. Ampliación de la línea A

M. Randé y G. Salvi

Las obras de prolongación de la línea A del metro de la aglomeración de Toulouse corresponde a la ampliación de la única línea de metro actualmente existente. Esta prolongación asciende a unos 2,5 km con la construcción de tres estaciones de 1,5 km en trinchera abierta. La pared armada de lechada de cemento y la pantalla continua han sido los procedimientos técnicos utilizados por la empresa constructora Soletanche Bachy.

Le tunnel de la Major à Marseille

Long de 660 m, le tunnel de la Major constitue le maillon manquant qui permettra, à terme, la traversée complète de la ville de Marseille dans le sens sud-nord. Ce chantier, techniquement sensible, a dû s'adapter à différentes contraintes plus ou moins importantes, notamment géotechniques, urbaines, de réseau, archéologiques et circulatoires imposées par les raccordements du tunnel déjà réalisés.

MAÎTRISE D'OUVRAGE :

- Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole

Joël Vanni

DIRECTEUR DES INFRASTRUCTURES

Marc Levy

CHEF DU SERVICE DES GRANDES OPÉRATIONS

Denis Savino

RESPONSABLE DE L'OPÉRATION

Yves Méo

CHARGÉ DE MISSION

MAÎTRISE D'ŒUVRE :

- Société du Métro de Marseille
- EEG Simecsol

■ CONTEXTE GÉNÉRAL

Le tunnel de la Major, d'une longueur de 660 m environ, fait partie des trois ouvrages constituant l'Axe littoral avec les tunnels Dames-Joliette et Dunkerque.

Ce dispositif permettra d'améliorer la traversée souterraine de la ville de Marseille dans le sens sud-nord en privilégiant la sortie des véhicules vers le nord et les autoroutes A55 et A7 en dégageant ainsi toutes les parties sud et est de l'agglomération vers le nord.

Son tracé et son profil en long ont dû s'adapter aux contraintes géométriques imposées par les ouvrages déjà existants :

- ◆ le tunnel Vieux-Port, construit à la fin des années 60 et assurant la traversée souterraine du Vieux-Port entre les forts Saint-Nicolas et Saint-Jean ;
- ◆ le tunnel Prado-Carénage, d'une longueur de 2 000 m environ, réalisé dans les années 1992-1993 et assurant dans les deux sens les échanges avec les quartiers est ;
- ◆ le tunnel Dames-Joliette, réalisé dans les années 1993-1994, dans le sens sud-nord et permettant les échanges entre les quartiers sud, est et nord de la ville de Marseille (figure 1).

Le tracé

Le tunnel de la Major, a fait l'objet de nombreuses études. A l'origine, il devait passer en tunnel sous la cathédrale de la Major, basilique romane pour la partie "Vieille Major" ou néo-byzantine pour la partie actuelle "Nouvelle Major". Afin d'éviter tout désordre sur ces monuments vulnérables d'une grande valeur architecturale, le projet a été réadapté pour passer en tranchée couverte devant la Vieille Major, imposant cette fois, de passer en vrai tunnel sous la mairie de secteur qui est également classée bâtiment historique du VIII^e siècle (figure 2).



Figure 1
Plan de situation générale

General location drawing

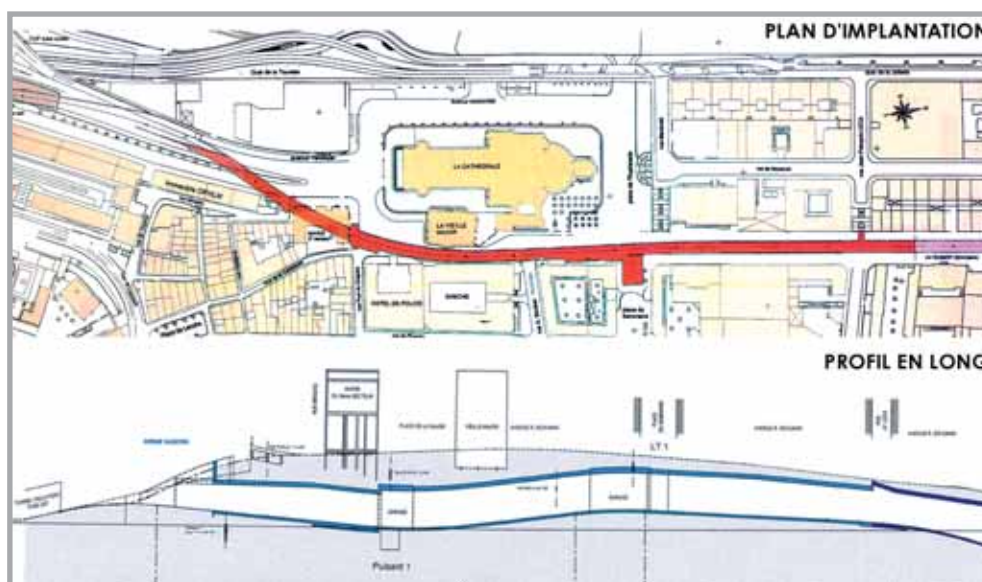


Figure 2
Plan d'implantation et profil en long du tunnel de la Major

Layout plan and longitudinal profile of the Major tunnel

Figure 3
Étalement
Propping



Photo 1
Fouilles
Excavations



▶ ■ ÉTAIEMENT DE LA VIEILLE MAJOR

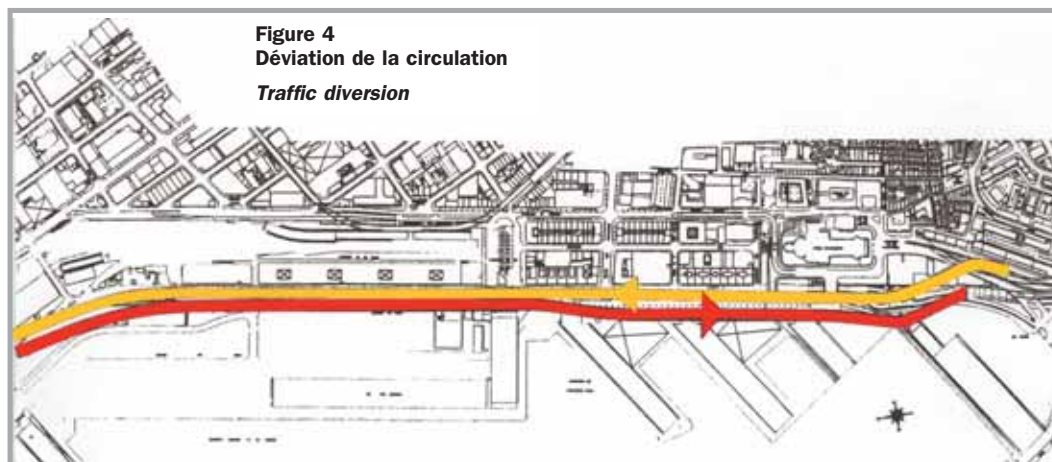
La présence de l'ancienne cathédrale de la Vieille Major et des annexes montre l'importance du lieu dès la fin de l'Antiquité. Avant d'entreprendre les travaux de génie civil, l'ancienne cathédrale de la Vieille Major a fait l'objet de travaux d'étalement afin d'assurer la parfaite stabilité de l'édifice (figure 3).

■ FOUILLES ARCHÉOLOGIQUES

Les chantiers récents qui se sont déroulés à proximité montrent l'importance archéologique de cette partie de la ville et la richesse de son sous-sol. Dirigés par le Service Régional de l'Archéologie de Provence Alpes Côte d'Azur, les sondages archéologiques réalisés en 1992 et 1995, ont permis de situer le site du chantier en couches archéologiques (habitat médiéval et moderne, rempart médiéval, niveaux d'occupation antique depuis le VI^e siècle avant J.-C.).

Il a donc été effectué dans le cadre de la réalisation du tunnel de la Major, des fouilles préventives qui ont fait l'objet d'une convention initiale entre l'Etat, la Ville de Marseille et la Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole. Ces fouilles ont démarré après la mise en place des soutènements nécessaires et l'intervention a duré 10 mois (photo 1).

Figure 4
Déviation de la circulation
Traffic diversion



Les objets archéologiques découverts à l'occasion de ces fouilles sont mis en dépôt archéologique et dévolus au musée d'Histoire de Marseille.

■ CONTRAINTES PARTICULIÈRES

Les travaux ont démarré en novembre 1999 et la mise en service de l'ouvrage devrait être effective fin 2002, malgré les nombreuses contraintes :

- ◆ géotechniques en particulier au voisinage de la Vieille Major et de l'Hôtel de Police ;
- ◆ urbaines, car il a fallu prendre en compte les problèmes de desserte des riverains qu'il fallait maintenir à tout prix malgré l'étroitesse et les pentes élevées des rues avoisinantes ;
- ◆ de réseaux, eu égard à la présence des grands collecteurs principaux d'alimentation de la ville (égout, eau potable...);
- ◆ archéologiques avec la présence d'archéologues durant 10 mois et un effectif maximum de 70 personnes obligeant à réadapter le phasage, le planning et les méthodes de travaux vers une nouvelle stratégie ;
- ◆ et circulatoires car il fallait absolument maintenir la circulation de transit ; 40 000 véhicules par jour empruntent cet itinéraire, une déviation de la circulation a donc été mise en place :
 - dans le sens sud-nord depuis la sortie du tunnel du Vieux-Port par le viaduc de la Joliette de l'autoroute A55, la circulation est déviée à contre-sens jusqu'au niveau du viaduc d'Arenc pour un raccordement sur le viaduc de Dunkerque,
 - dans le sens nord-sud, la circulation est mise au sol au niveau de la sortie actuelle de la Joliette sur deux voies et chemine dans l'emprise du Port Autonome de Marseille, en traversant le hangar longitudinal, pour se raccorder sur le tunnel du Vieux-Port. L'intersection permettant l'accès au tunnel du Vieux-Port a été révisée et une voie d'insertion à gauche a été créée pour le trafic local (figure 4).

■ TRAVAUX

Le tunnel Major se décompose en deux parties : un tunnel voûté de 60 ml sous la mairie de secteur et des tranchées couvertes sur 600 ml.

Zonage des travaux

- Fort complexe, le chantier a dû être tronçonné en :
- ◆ 11 zones d'ordre géographique (n° 1 à 10 plus 8 sud et 8 nord) ;
 - ◆ 6 zones selon les différents types de travaux et de méthodes d'exécution (A à F) :
 - type A avec des terrassements phasés et des soutènements sur semelles ou sur pieux, provisoires et/ou définitifs, constituant une trémie d'entrée complexe d'environ 150 ml,

- type B avec entre autres, des reprises complexes et tirantés, à flanc de versant,
- type C : vrai tunnel de 60 ml sous la mairie du secteur,
- type D avec notamment des parois provisoires à base de pieux sécants ou pieux jointifs dans une zone très exiguë et bordée d'ouvrages riverains lourds et sensibles,
- type E avec des parois moulées définitives,
- type F : raccordement avec l'ancienne rampe existante du souterrain Dames-Joliette construit en 1993-94, avec réutilisation de ses parois berlinoises anciennes.

Tunnel voûté de 60 ml sous la mairie de secteur

Ce tronçon est certes relativement court, mais a constitué un défi technique inhabituel étant donné son calage géométrique anormalement défavorable pour un tunnel, et l'obligation de passer sous un bâtiment classé ayant lui-même déjà subi quelques désordres dans le passé. Aussi a-t-il fait l'objet de dispositions techniques elles aussi inhabituelles :

- ◆ voûte parapluie avec tubes acier Ø 168 mm x 8,7 mm, disposés en quinconce selon deux niveaux auréolaires afin de mobiliser une inertie globale plus forte (calcul en "matériau sandwich") ;
- ◆ cintres de demi-section supérieure en HEB 300 espacés de 0,8 m, recompression systématique des cintres, avec un effort modulé et contrôlé, le plus souvent de l'ordre de 100 à 120 t par pied de cintre.

La géométrie elle-même des cintres et de leur semelle filante d'appui a été volontairement dessinée selon une forme résolument divergente en naissances, afin d'y écarter le champ des contraintes en prévision de la phase ultérieure de reprise en sous-œuvre des piédroits et ne pas pénaliser les conditions de stabilité ;

- ◆ décousu au front limité strictement à 2 ml ;
- ◆ coulage de la voûte béton de demi-section supérieure, après percement complet des 60 ml (plots béton de 5 ml) ;

◆ reprise en sous-œuvre avec d'abord stross central et coulage d'un radier central, puis reprise des piédroits par plots alternés (photo 2).

Les calculs d'exécution de l'entreprise par modèle aux éléments finis, ont intégré le critère contractuel de tassement maximal de 5 mm du bâti existant. Les tassements réellement mesurés sur la mairie de secteur ont été compris entre 3 et 7 mm.

A noter les exigences particulières et indispensables pour les voûtes parapluie préalables :

- ◆ contrôle et maîtrise délicats des déviations, nécessitant entre autres de donner une contre-flèche au départ pour pouvoir rester dans le cône de tolérance $\pm 1\%$ à la profondeur finale des tubes à 30 ml (figures 5 et 6) ;
- ◆ contrôle et maîtrise délicats des pressions d'in-

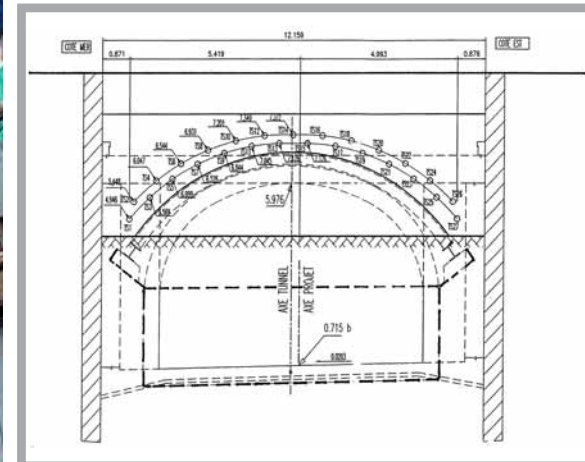


Figure 5
Elevation tympansud
côté B2

Photo 2
Tunnel sous la mairie
de secteur

Tunnel under
the local town hall

Elevation view
of southern frontwall,
B2 side

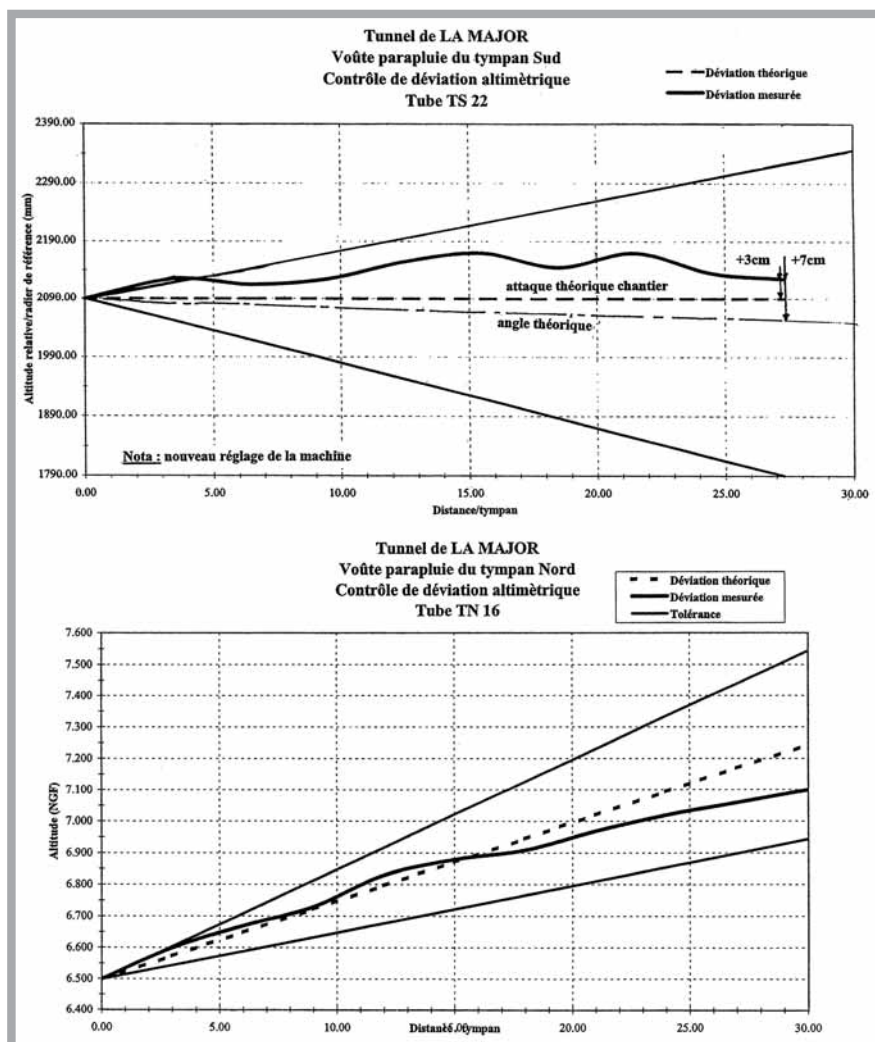
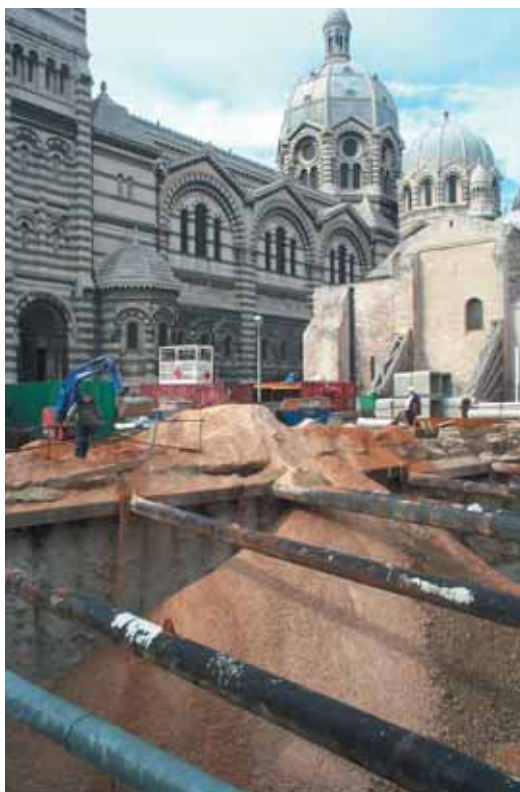


Figure 6
Contrôle
des voûtes
parapluie
Inspection
of umbrella
arches

► jection de scellement. L'un des tubes côté sud a provoqué un soulèvement intempestif sous deux poteaux du péristyle donnant sur la cour intérieure de la mairie, ce qui a nécessité le renforcement des contrôles afin d'éviter tout risque sur le bâtiment lui-même.

Photo 3
Tranchée couverte
Cut-and-cover
tunnel



- foreuse Ø 600 ou 800 mm en appoint dans les zones de terrains durs, l'usage du trépan ayant été rigoureusement interdit sur un tel site.

Malgré d'indéniables difficultés (terrains durs, réseaux, cavités, exigüité des lieux), ces parois réalisées par l'entreprise spécialisée se sont révélées globalement de bonne qualité et permettent d'espérer une longévité plus intéressante que celles du précédent tronçon exécutées il y a 10 ans ;

◆ pieux sécants Ø 600 mm devant la Vieille Major, avec primaires en gros béton et secondaires armés de profilés acier HEB 300 ;

◆ pieux tangents Ø 800 mm BA, ou parfois pieux disjoints BA ;

◆ butons selon deux ou trois niveaux de maintien selon les zones, de type passif en général, et exceptionnellement actif dans une zone singulière ;

◆ tirants actifs provisoires précontraints à 65 t en zone E8-E9 et à 30 et 50 t en zone B1, puis détendus en fin de chantier ;

◆ jet grouting en renfort préalable de quatre bâtiments riverains vulnérables ;

◆ étanchement provisoire local par jet grouting linéaire type "papillon" en zone D5 ;

◆ évitement du risque d'effet barrage à la nappe, par quelques rétablissements hydrauliques inférieurs :

- parois moulées en "jambes de pantalon",

- puits drains verticaux Ø 600 mm avec siphon sous radier en zone D5 et complété par sécurité par un rétablissement sommaire supérieur Ø 200 mm sur dalle (photos 3 et 4).

■ SÉCURITÉ ET ÉQUIPEMENTS

Le présent article se limite volontairement à l'aspect sécurité lié au génie civil :

◆ conception d'une trémie complexe d'entrée à l'air libre sur 150 ml, permettant de dissocier globalement deux ensembles souterrains de moyenne longueur : d'une part le tunnel Prado-Carénage et le tunnel Vieux-Port (2,5 km) et d'autre part les tunnels de la Major, de Joliette et de Dunkerque (1,5 km) ;

◆ des dispositifs de sécurité et d'équipements ont été prévus dans le tunnel de la Major identiques à ceux de Joliette et de Dunkerque (ventilation, désenfumage, issues de secours, niches de sécurité, garages) ;

◆ de nouvelles contraintes de sécurité imposées par la circulaire interministérielle des tunnels routiers (25 août 2000) ont nécessité une réadaptation en cours de chantier des dispositifs de sécurité du tunnel pour les aménagements suivants :

- 3 sorties de secours aux emplacements suivants : mairie de secteur (à droite), école (à droite), rue Leca (à gauche),

- 2 garages en surlageur côté droit,

- 1 usine de ventilation place du Séminaire (zone E9) ;

Photo 4
Tranchée couverte
entre l'église de la Vieille
Major et l'Hôtel de Police

Cut-and-cover
tunnel
between Vieille Major
church and the Police
Station



Tranchées couvertes sur 600 ml

Nombreux types de soutènements provisoires et/ou définitifs

Ils ont dû être adaptés aux différentes zones et réadaptés au fur et à mesure des travaux dans un souci de suivi et d'anticipation du chantier :

◆ parois moulées définitives de 0,60 ou 0,80 m à la benne à câble, avec en particulier :

- joints CWS systématiques entre panneaux,

◆ mise en œuvre de nouvelles techniques en matière d'acoustique, notamment dans la réalisation de panneaux acoustiques CCV contenant de la laine de roche.

■ CONCLUSIONS

Le tunnel de la Major, dont le site visuel et architectural était jusqu'alors envahi par la circulation automobile, permettra en outre de réadapter l'occupation du sol en surface après avoir ainsi libéré le quartier historique de la basilique romane dite Vieille Major, de la cathédrale néobyzantine dite Nouvelle Major, de la mairie de secteur... et des ports.

En définitive, ce chantier relève un double défi :

◆ de planning d'abord, qui a pu être maîtrisé en encadrant les fouilles archéologiques dès le début du chantier de génie civil ;

◆ défi technique ensuite, en particulier le passage souterrain de 60 ml sous la mairie de secteur, exécuté dans des conditions difficiles mais obli-gées par les contraintes géométriques, et en intégrant notamment les conceptions nouvelles consécutives à la circulaire interministérielle.

Les aléas inhérents à ce chantier délicat ont pu être maîtrisés grâce à une bonne concertation entre les différents intervenants et en privilégiant non seulement l'aspect théorique et calculs techniques, mais aussi et surtout l'aspect des méthodes de réalisation et des nécessaires anticipations permettant de réadapter à temps les conditions de chantier.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitrise d'ouvrage

Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole

Maitrise d'œuvre

En groupement, Société du Métro de Marseille, (maîtrise d'œuvre génie civil) et EEG Simecsol (maîtrise d'œuvre géotechnique)

Groupement génie civil

- Campenon Bernard Méditerranée
- Grands Travaux de Marseille
- Entreprise Chagnaud

Principaux sous-traitants spécialisés

- Botte/Sade : pieux, parois moulées, jet grouting
- Freyssinet : voûtes parapluie et tirants

ABSTRACT

The Major road tunnel in Marseilles

J. Vanni, M. Levy, D. Savino, Y. Méo

The Major tunnel, 660 m long, constitutes the missing link which will eventually enable the City of Marseilles to be passed through completely in the South-North direction. This project, technically sensitive, had to adapt to various more or less severe constraints, in particular geotechnical, urban, network, archaeological and traffic constraints involved in connection to the already existing tunnel.

RESUMEN ESPAÑOL

El túnel viario de La Major, en Marsella

J. Vanni, M. Levy, D. Savino e Y. Méo

El túnel de La Major, de una longitud de 660 m, constituye el eslabón faltante que, al cabo de algún tiempo, permitirá la travesía completa de la villa de Marsella en el sentido sur-norte. Estas obras, de una importante susceptibilidad, han tenido que adaptarse a diversos imperativos mas o menos importantes, y fundamentalmente geotécnicos, urbanos, de red, arqueológicos y de tráfico, impuestos por las conexiones del túnel ya ejecutado.

Nice - Prolongement du collecteur général d'eaux usées

Défi relevé et pari tenu

Franck Aluni-Pierelli
 CONDUCTEUR
 DE TRAVAUX PRINCIPAL
 Eiffage TP Méditerranée



La Communauté d'agglomération de Nice Côte d'Azur a confié au groupement d'entreprises Eiffage TP Direction Méditerranée et Bonna Sabla le prolongement du collecteur général d'eaux usées, sous la plage, le long de la célèbre promenade des Anglais à Nice. L'ouvrage est composé de deux canalisations à âme en tôle diamètre 2 000 mm posées en parallèle sur 600 ml à la cote moyenne de - 3,10 m NGF sur un radier béton. La pose a été effectuée par tronçons de 100 ml assemblés sur des rampes métalliques inclinées, puis mis en flottaison et immergés dans une tranchée (largeur 6,50 m - hauteur 5,00 m) blindée par deux rideaux de palplanches (hauteur 11,00 m) (figure 1). Les travaux ont été réalisés sur la plage, en site maritime, avec l'assistance de plongeurs. Les canalisations ont ensuite été enrobées de béton armé jusqu'à la cote - 0,50 m NGF environ. Le pari proposé par la variante retenue consistait tout simplement à réaliser les travaux en une intersaison balnéaire au lieu des deux prévues à l'appel d'offres! Il est aujourd'hui tenu puisque les travaux démarrés le 24 septembre 2001 se sont achevés le 23 juin dernier.

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Terrassement dans l'eau : 21 000 m³
- Béton immergé : 11 000 m³
- Géotextile : 4 000 m²
- Armatures pour béton armé : 480 t
- Palplanches hauteurs 7,00 - 10,00 et 11,20 m : 16 000 m² soit 2 500 t
- Enrochements manipulés : 25 000 t
- Tuyaux âme tôle Ø 2 000 : 1 200 ml chaque tronçon pesant plus de 250 t

■ L'ASSAINISSEMENT DU LITTORAL NIÇOIS

Le 7 janvier 2000, la ville de Nice et l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse ont signé un contrat d'agglomération portant sur un montant de 76 millions d'euros sur une durée de 5 ans.

Les engagements mutuels visent essentiellement à mettre en œuvre deux objectifs : l'amélioration de la connaissance du fonctionnement du système d'assainissement et de son impact sur le milieu naturel, et l'amélioration de la qualité des rejets en mer, notamment par temps de pluie.

Le prolongement du collecteur général des eaux usées entre l'hôpital Lenval et la rue Poincaré, d'un coût estimatif de 10 millions d'euros s'inscrit dans ce contrat d'agglomération.

Ces travaux permettront d'une part d'acheminer vers la station d'épuration de Nice "Haliotis" les flux polluants avec un débit accru lors de précipitations de 9 m³ seconde environ. En effet, jusqu'à présent les effluents provenant de l'est de Nice cheminent par le collecteur intercepteur Ø 2 000 situé sous le trottoir sud de la promenade des Anglais avec un débit maximum de 3 m³ seconde, limité par le verrou hydraulique du siphon du vallon de Magnan.

D'autre part, ils permettront d'utiliser à leur pleine capacité les futures installations de rétention de la station d'épuration : deux bassins d'une capacité totale de 30 000 m³, contribuant ainsi à l'amélioration de la dépollution et à la réduction des déversements en mer par temps de pluie.

Figure 1
 Section type sur les collecteurs d'eaux pluviales

Typical cross-section of main rainwater drains

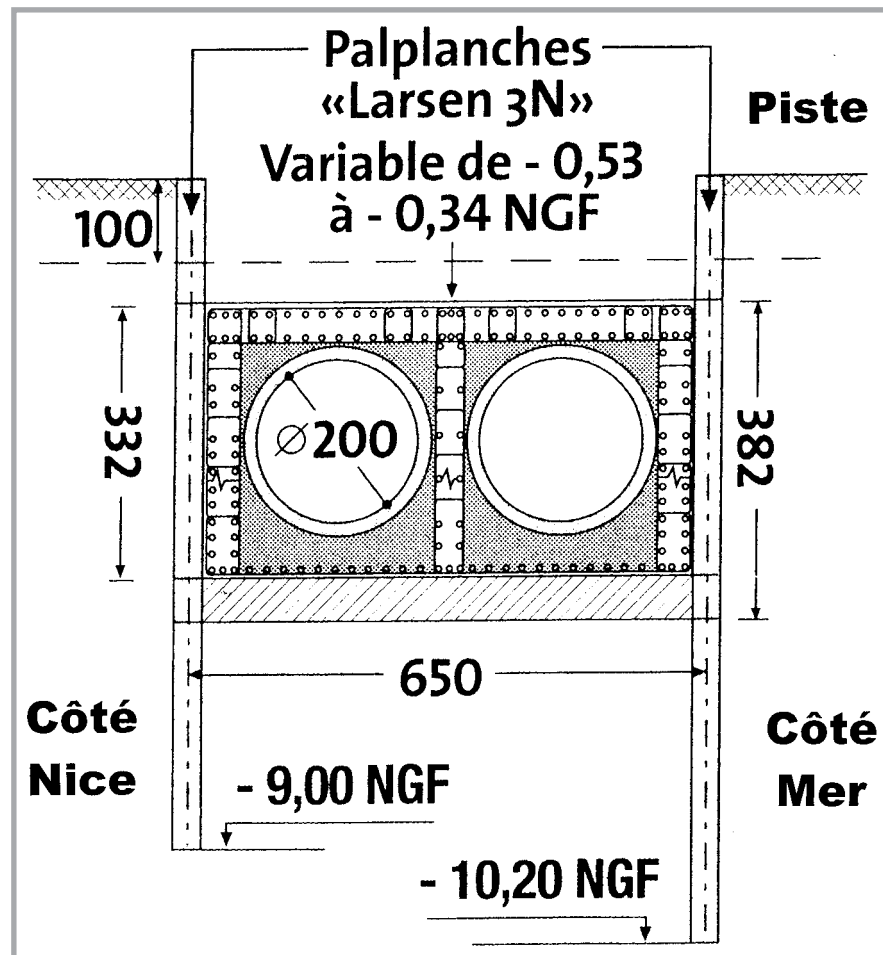


Photo 2
Coup de mer
Sea breakers



Photo 3
Vue
d'ensemble
Overall view



Photo 4
Cage d'armatures
Concrete reinforcing cages



► LA RÉALISATION

Suite à un appel d'offres ouvert lancé au début de l'année 2001, le marché a finalement été attribué pour un montant de 9 744 400 € TTC au groupeement d'entreprises Eiffage TP et Bonna Sabla. L'ordre de service a été notifié le 23 juillet 2001, ce qui a permis dès cette date la mise en fabrication des 270 pièces, tuyaux et tés de raccordement, dans les usines de la société Bonna à Marseille. Le 24 septembre 2001 la préparation sur la plage commence. Afin de protéger au mieux le chantier de la houle permanente et des coups de mer éventuels, l'ensemble des enrochements situés contre le perré de la promenade des Anglais a été déplacé le long du chantier, côté mer. Douze mille tonnes d'enrochements ont ainsi été manipulées pour constituer une digue de protection. La plage a ensuite été nivelée pour constituer une plate-forme à un mètre au-dessus du niveau de la mer, et deux rampes d'accès au chantier ont été réalisées à chaque extrémité. Du fait de l'étroitesse de la plage sur environ 350 m

à l'amont du chantier et du caractère particulièrement exposé de cette zone, un rideau de palplanches a été mis en place par vibrofonçage pour compléter cette protection.

Ce bouclier, enrochements + palplanches, a permis de limiter les dégâts dus aux coups de mer, à l'exception malheureusement de ceux des 12 et 15 novembre 2001, particulièrement violents (photo 2).

La protection de chantier réalisée, deux rideaux de palplanches parallèles, distants de 6,50 m et représentant une superficie totale de 13 000 m² ont été mis en œuvre sur les 600 m. La cote atteinte par le rideau côté mer se situe à 12 m sous le niveau de l'eau.

Pour tenir le pari du délai, l'entreprise Eiffage TP a mis en œuvre jusqu'à cinq ateliers de fonçage simultanément.

Devant les difficultés du travail à réaliser et le défi de résultat pour l'été 2002, les entreprises ont su réunir et mettre en place une structure capable de prendre en charge la technicité et la rapidité des travaux. La préparation minutieuse et la conjugaison des talents ont été les clefs de la réussite du chantier dans le respect de la sécurité, de l'environnement et de la qualité (photo 3).

Le groupement d'entreprises a décidé de scinder le chantier en deux parties réalisées en simultanément. Chacune, représentant trois tronçons de 100 m, a fonctionné avec son propre encadrement et tous les moyens humains et matériels nécessaires.

Pour chaque tronçon la méthode était la suivante :

- ◆ excavation du terrain situé entre les deux rideaux de palplanches de manière à réaliser une tranchée blindée qui se remplira tout naturellement d'eau ;

- ◆ mise en place en fond de tranchée d'un géotextile anti-contaminant ;

- ◆ réalisation d'une semelle en béton de 50 cm d'épaisseur coulée dans l'eau et de jour avec l'aide des plongeurs ;

- ◆ pose des éléments de la cage inférieure de ferrailage, préfabriqués sur site et destinés à recevoir les futures canalisations, le ferrailage étant alors immergé et positionné sur le radier béton (photo 4) ;

- ◆ réalisation et assemblage en temps masqué des rampes de lancement ;

- ◆ immersion des tuyaux par ouverture des vannes situées de part et d'autre de la canalisation (photo 5) ;

- ◆ bétonnage d'enrobage sur 1,20 m de hauteur environ, sous l'eau et la nuit pour ne pas perturber la circulation routière en bord de mer. En effet, à chaque bétonnage, 700 m³ de béton étaient coulés en continu à l'aide de 120 rotations de camions toupies. Les deux jours suivants, la partie supérieure du ferrailage et les gaines techniques étaient mis en place, puis dans la nuit, le coulage de la partie supérieure était réalisé, ce qui terminait l'enrobage complet des deux canalisations (photo 6).

Pour effectuer la jonction de deux tronçons de canalisations, une chambre de raccordement était réalisée. Cette fois après pompage complet de la zone afin de travailler à sec, les fonds bombés étaient déposés et les pièces de raccordement soigneusement mises en place. Chaque pièce comporte une cheminée d'accès utilisée pour les visites techniques régulièrement assurées pour l'entretien général du réseau. Comme pour l'ensemble des canalisations, les pièces étaient positionnées sur des plots en béton puis assemblées par soude après achèvement de la cage inférieure de ferrailage. Suivaient le complément d'armatures, la réalisation des chambres de tirage des gaines techniques puis le coulage du béton de manière à assurer l'enrobage complet de la zone de raccordement (photo 7).

L'ensemble des travaux de mise en place des deux conduites, des chambres et des ouvrages annexes terminés, les rideaux de palplanches de blindage de tranchée restaient en place pour assurer en phase d'exploitation un bon ancrage de l'ouvrage et une protection contre d'éventuels affouillements dus à de violents coups de mer. Ces rideaux étaient alors recépés au niveau supérieur du béton d'enrobage des canalisations (photo 8).

La protection en palplanches côté mer a été déposée ainsi que les enrochements qui ont été soigneusement remis à leur place. Les remblais terminés, la plage avec ses accès et ses douches était alors reconstituée pour la saison estivale 2002.



Photo 5
Lancement
des tuyaux
*Launching
the pipes*



Photo 6
Bétonnage de nuit
Concrete by night



Photo 7
Chambre de raccordement
Junction chamber

■ ÉCONOMIE ET FINANCEMENT DU PROJET

L'opération globale atteint une enveloppe de 10 000 000 € TTC financés par :

- ◆ la Communauté d'agglomération de Nice Côte d'Azur : 60 % ;
- ◆ l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse : 30 % avec une avance de 20 % du montant des travaux remboursable sur 15 ans ;
- ◆ le Conseil général des Alpes-Maritimes : 10 %.

■ LA GESTION GLOBALE DE LA QUALITÉ

La qualité globale de l'opération a été gérée sur toute sa durée dans le cadre du Plan d'assurance qualité (PAQ) mis en place dès la période de préparation par le groupement d'entreprises et conduit dans le respect du référentiel ISO 9001 version 2000.

Après cette préparation de l'ordre de deux mois, un planning détaillé a été présenté par les entreprises. Parallèlement, celles-ci se sont mobilisées pour le suivi et l'ordonnancement de la planifica-



Photo 8
Recépage
palplanches
*Cutting off
sheet piling*

tion en établissant, à fréquence hebdomadaire et pour chaque atelier, un planning glissant à trois semaines intégrant une représentation géographique des travaux.

■ CONCLUSION

Ce spectaculaire chantier, situé le long de la prestigieuse Promenade des Anglais a fait le bonheur de nombreux curieux.

Les intervenants ayant opté pour une clôture grillagée, les différentes opérations se sont déroulées sous le regard des badauds qui ont manifesté un intérêt soutenu durant 9 mois.

Les techniques employées, l'organisation minutieuse et les options ont été guidées par le souci permanent de la recherche de la moindre nuisance.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Communauté d'Agglomération de Nice Côte d'Azur

Maitre d'œuvre

Direction de l'Assainissement de la ville de Nice

Contrôle extérieur

Apave (études techniques), Simecsol (géo-technique), M2B Ingénierie (CSPS), Mare-Nostrom (travaux sous-marins), Cabinet Blanc (topographie), CETE Méditerranée (bétons)

Entreprises cotraitantes

- Eiffage TP Direction Méditerranée (mandataire) : terrassements, palplanches, génie civil
- Bonna Sabla : canalisations

Entreprises sous-traitantes

TSM BO (travaux sous-marins), TECS (palplanches), Tournaud (palplanches), SAMT (ferroviaire)

ABSTRACT

Nice - Extension of the main sewer. Meeting a challenge successfully

Fr. Aluni-Pierelli

The Nice Côte d'Azur inter-municipal association (« Communauté d'agglomération ») entrusted to the consortium Eiffage TP Mediterranean Department and Bonna Sabla the extension of the main sewer, under the beach, along the famous « promenade des Anglais » public walk in Nice. The structure consists of two pipelines with sheet steel webbing, of diameter 2000 mm, laid in parallel over 600 linear metres at an average elevation of - 3.10 m NGF on a concrete foundation raft. The piping was laid in 100-metre sections which were assembled on sloping metallic ramps, then floated and submerged in a trench (width 6.50 m, height 5.00 m) shielded by two sheet piling curtains 11.00 m high. The works were performed on the beach, in a marine environment, with the assistance of divers. The pipes were then coated with reinforced concrete to a level of approximately - 0.50 m NGF. The challenge faced in the variant adopted was simply to perform the works in a single bathing resort shoulder period instead of the two periods provided for in the invitation to tender! This challenge has now been met, because the work begun on 24 September 2001 was completed on 23 June last.

RESUMEN ESPAÑOL

Niza - Prolongación del colector general de aguas residuales. Desafío aceptado y apuesta ganada

Fr. Aluni-Pierelli

La Comunidad urbana de la aglomeración de Niza-Costa Azul ha encargado a la agrupación de empresas constructoras Eiffage TP Direction Méditerranée y Bonna Sabla la prolongación del colector general de aguas residuales, bajo la playa, a lo largo del célebre paseo de los Ingleses de Niza. Esta estructura está compuesta por dos canalizaciones de chapa, de un diámetro interior de 2.000 mm tendidas paralelamente, sobre 600 m en la cota

de promedio - 3,10 m NGF (Nivelación General de Francia) sobre una solera de hormigón. El tendido se ha efectuado por tramos de 100 m, ensamblados sobre rampas metálicas inclinadas, y acto seguido, puestos en flotación y sumergidos en una zanja (de 6,50 m de anchura y 5 m de altura), entibada por dos cortinas de tablestacas (altura : 11 m). Las obras se han ejecutado en la playa, en medio marítimo, con la asistencia de submarinistas profesionales. A continuación, se ha procedido al revestimiento de las canalizaciones, mediante hormigón armado hasta la cota - 0,50 m NGF, aproximadamente. La solución constructiva propuesta por la variante adoptada ha consistido, sencillamente, en ejecutar las obras en el plazo de una sola estación balnearia, en lugar de las dos proyectadas acorde al pliego de condiciones. Este plazo ha sido respetado ya que las obras iniciadas el 24 de septiembre de 2001 han quedado terminadas el pasado 23 de junio.

Limoges : un ouvrage urbain innovant

Construction, en bord de Vienne sur le réseau unitaire

Comme dans la plupart des villes anciennes, le centre urbain de Limoges est équipé d'un réseau d'assainissement unitaire assurant la collecte des eaux usées et des eaux pluviales dans des conduites uniques.

L'évolution des exigences, en matière de protection du milieu naturel, implique de limiter les déversements dans le cours d'eau lors de faibles pluies, en améliorant les capacités de transfert des effluents vers la station d'épuration.

Pour répondre à cet objectif de restauration de la qualité des eaux de la Vienne, la ville de Limoges a construit un bassin tampon

de 9 000 m³. Cet équipement constitue un ouvrage de régulation innovant et entièrement automatisé, destiné à stocker les surdébits pluviaux pour les renvoyer par pompe en temps différé vers la station d'épuration située à 2,3 km à l'aval. Outre les performances techniques en matière d'hydraulique, de prétraitement des effluents et de sécurité d'exploitation, le projet devait s'inscrire dans une démarche d'intégration paysagère sur un site urbain, ouvert au public et dédié aux activités de loisirs (le parc des Bords de Vienne).

Ce chantier, qui arrive dans sa phase terminale, a été soumis à des contraintes multiples : situation en zone inondable, présence de terrains agressifs et présence de lignes aériennes d'électricité de très haute tension.



Chantier en cours : au premier plan, bassin en attente de l'aménagement final de surface et au second plan le bâtiment technique en cours de travaux de bardage bois

Work in progress : in the foreground, basin pending final surface development and in the background the plant building undergoing wooden cladding work

■ UN OUVRAGE DESTINÉ À SUPPRIMER DES REJETS POLLUANTS DANS LA VIENNE PAR TEMPS DE PLUIE

Restaurer la qualité de la Vienne

La ville de Limoges s'est engagée, dès 1994, avec le concours de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne dans un ambitieux programme d'amélioration de l'ensemble de son système d'assainissement. Deux opérations majeures et complémentaires ont été mises en œuvre :

- ◆ l'extension et la modernisation de la station d'épuration des eaux usées résiduelles permettant de porter sa capacité à 265 000 équivalents habitants avec mise aux normes européennes des rejets à la Vienne et traitement des surdébits pluviaux ;
- ◆ la construction d'un bassin tampon sur le réseau unitaire du centre-ville dans le secteur des Casseaux pour assurer le stockage, en bord de Vienne, des surdébits pluviaux avant leur transfert vers la station d'épuration.

Améliorer le transfert des effluents dans les réseaux urbains unitaires

Comme dans la plupart des villes anciennes, le centre urbain de Limoges est équipé d'un réseau d'assainissement unitaire assurant la collecte des eaux usées et des eaux pluviales dans des conduites uniques.

Topographiquement, le centre-ville de Limoges est composé de plusieurs sous bassins versants desservis chacun par un collecteur principal acheminant les effluents jusqu'en bord de Vienne. Au niveau de la berge, ces effluents sont dirigés dans le collecteur primaire qui assure le transfert jusqu'à la station d'épuration située en aval. Or le réseau primaire est dimensionné pour assurer, par temps sec, le transfert de tous les effluents correspondant aux seules eaux usées. Par temps de pluie, les surdébits amenés par chaque bassin versant sont déversés dans la rivière au moyen de déversoir d'orage. L'évolution des exigences en matière de protection du milieu naturel et plus particulièrement de qualité des cours d'eau, implique aujourd'hui de limiter ces déversements lors de faibles pluies : en raison de leur fréquence et de la forte concentration du mélange eaux usées + eaux pluviales, ils constituent une source de pollution importante tout au long de l'année.

CALENDRIER DE L'OPÉRATION

- Délibération du conseil municipal le 29 mars 1999 attribuant le marché de conception-réalisation
- Travaux préparatoires : août - octobre 1999
- Etude d'impact et procédure d'autorisation préfectorale au titre de la loi sur l'eau : août 1999 à avril 2000
- Démarrage des travaux de construction du bassin et des locaux techniques : avril 2001 (après mise hors tension des lignes aériennes)
- Début de mise en route : 18 mai 2002
- Période d'observation d'une durée minimum de un mois prolongeable suivant la pluviométrie (nécessité de tester plusieurs épisodes pluvieux)
- Travaux d'aménagement de surface (espaces verts, cheminements, voies de service, équipement de la dalle en piste de skate roller) : juillet 2002.

d'assainissement

Marie Crouzoulon

DIRECTEUR DES ETUDES
ET DES TRAVAUX NEUFS
Ville de Limoges - Direction Eau
Propreté Assainissement



d'un bassin tampon de 9 000 m³

L'étude de modélisation hydraulique menée en 1996 sur le réseau primaire de la ville de Limoges a permis de mettre en évidence ce phénomène sur le plan quantitatif et qualitatif et de localiser les secteurs responsables des pollutions les plus fortes. Il a ainsi été démontré que le secteur des Casseaux, constitué par trois sous-bassins versants totalisant près de 400 ha, en rive droite de la Vienne, était à l'origine de près de 30 % du volume total déversé à la Vienne lors des pluies de fréquences courantes. Ces dernières génèrent les flux de pollution les plus importants à l'échelle annuelle. Les phénomènes pluvieux considérés sont les pluies dites "mensuelles" et "bimensuelles", de périodes de retour respectivement égales à un mois et 15 jours.

La figure 1 permet de visualiser le secteur des Casseaux et la station d'épuration située à environ 2,3 km en aval.

■ LE PROGRAMME : UN OUVRAGE INNOVANT ET ENTIÈREMENT AUTOMATISÉ

Caractéristiques et exigences techniques fixées par le maître d'ouvrage

Dimensionnement et principes de fonctionnement

Le volume de stockage utile de 9 000 m³ permet de garantir le transfert vers la station d'épuration de la totalité de la pluie bimensuelle (de fréquence statistique égale à 2 fois par mois) sans rejet à la Vienne.

Le bassin enterré et couvert, est de forme cylindrique, pour optimiser les conditions d'entretien (lavage).

Fonctionnement par temps sec : acheminement permanent des effluents de temps sec vers le collecteur primaire de berge en mode gravitaire avec possibilité de réglage pour l'avenir du débit de pointe, dans un souci d'adaptation du fonctionnement aux conditions futures de débit. Le débit de pointe de temps sec de référence est fixé à 0,3 m³/s.

Fonctionnement par temps de pluie : le débit maximum à intercepter pour stockage est fixé à : 2,28 m³/s, avec répartition proportionnelle aux apports respectifs des trois bassins-versants (Aigueperse : 1,45 m³/s ; Proudhon : 0,090 m³/s ; Elisé Reclus : 0,74 m³/s).

Du début du remplissage du bassin, jusqu'à la

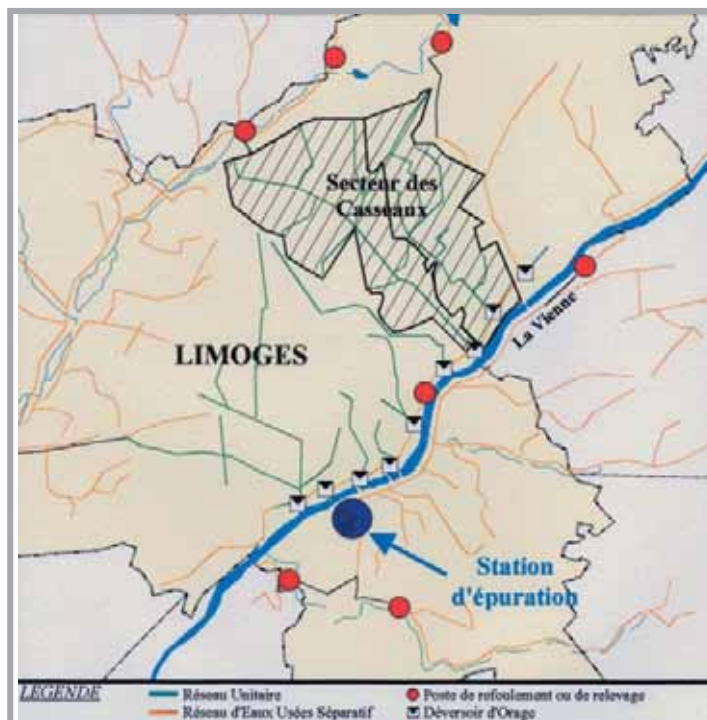


Figure 1
Plan de localisation
du secteur
des Casseaux

Location drawing
of the Casseaux sector

fin de la vidange, il faut assurer le brassage et l'aération des effluents pour éviter tout phénomène de fermentation.

Pour un épisode pluvieux de longue durée, le bassin fonctionne en modes "décantation - surverse" ou "isolement - surverse". Ces deux modes sont asservis par comparaison de la qualité des eaux entre l'arrivée et la surverse.

Prétraitements des effluents : nécessité de protéger le réseau primaire aval (situé à très faible pente) contre l'ensablement. En effet, le secteur urbain collecté présente une topographie marquée par de fortes pentes engendrant des phénomènes d'érosion importants dans les collecteurs.

Conditions d'exploitation par le personnel municipal

Un très haut niveau d'automatisation a été prévu afin de limiter l'intervention du personnel ou contrôle périodique des installations (pas de personnel à demeure). Les opérations de prétraitement des effluents et de nettoyage systématique du bassin après vidange impliquent, notamment, des équipements performants. Une étude de fiabilité des équipements a été exigée lors de l'appel d'offres de conception-réalisation.

Il existe un système de télésurveillance de tous les paramètres de fonctionnement depuis le site central de la station d'épuration.



Métérologie d'autosurveillance

Ce bassin constitue un ouvrage innovant et expérimental méritant un suivi poussé en partenariat avec l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne pour augmenter les connaissances dans le domaine de l'assainissement unitaire.

Pour répondre à cet objectif, des points de mesures permanents des débits et de la qualité des effluents permettront la réalisation de bilans mensuels et

annuels détaillés. Cette mission sera assurée par la cellule chargée de l'autosurveillance générale du réseau d'assainissement de la ville de Limoges.

Prévention des nuisances olfactives et sonores

En site urbain, un tel ouvrage de stockage d'eaux usées bien que diluées par les apports pluvieux, génère des nuisances olfactives. Le programme a imposé la fourniture d'équipement de désodorisation.

Le projet retenu

Après appel d'offres de conception-réalisation, le projet présenté par le groupement O.T.V. - Cabinet Merlin - SOCAE - Franck Renon a été retenu en raison, notamment, de la performance annoncée du process en terme de fiabilité (continuité de fonctionnement vis-à-vis des événements pluvieux par nature imprévisibles) et des conditions d'exploitation pour le personnel (critères de facilité et de sécurité des interventions).

La figure 2 présente une vue synthétique en plan du projet retenu.

Caractéristiques du bassin

Elles se présentent comme suit :

- ◆ 45 m de diamètre intérieur par 5,65 m de hauteur moyenne d'eau utile ;
- ◆ deux pompes immergées (une en secours) as-

Local de ventilation – désodorisation

Ventilation and deodorising room



Figure 2
Vue en plan du projet retenu
Plan view of the project selected

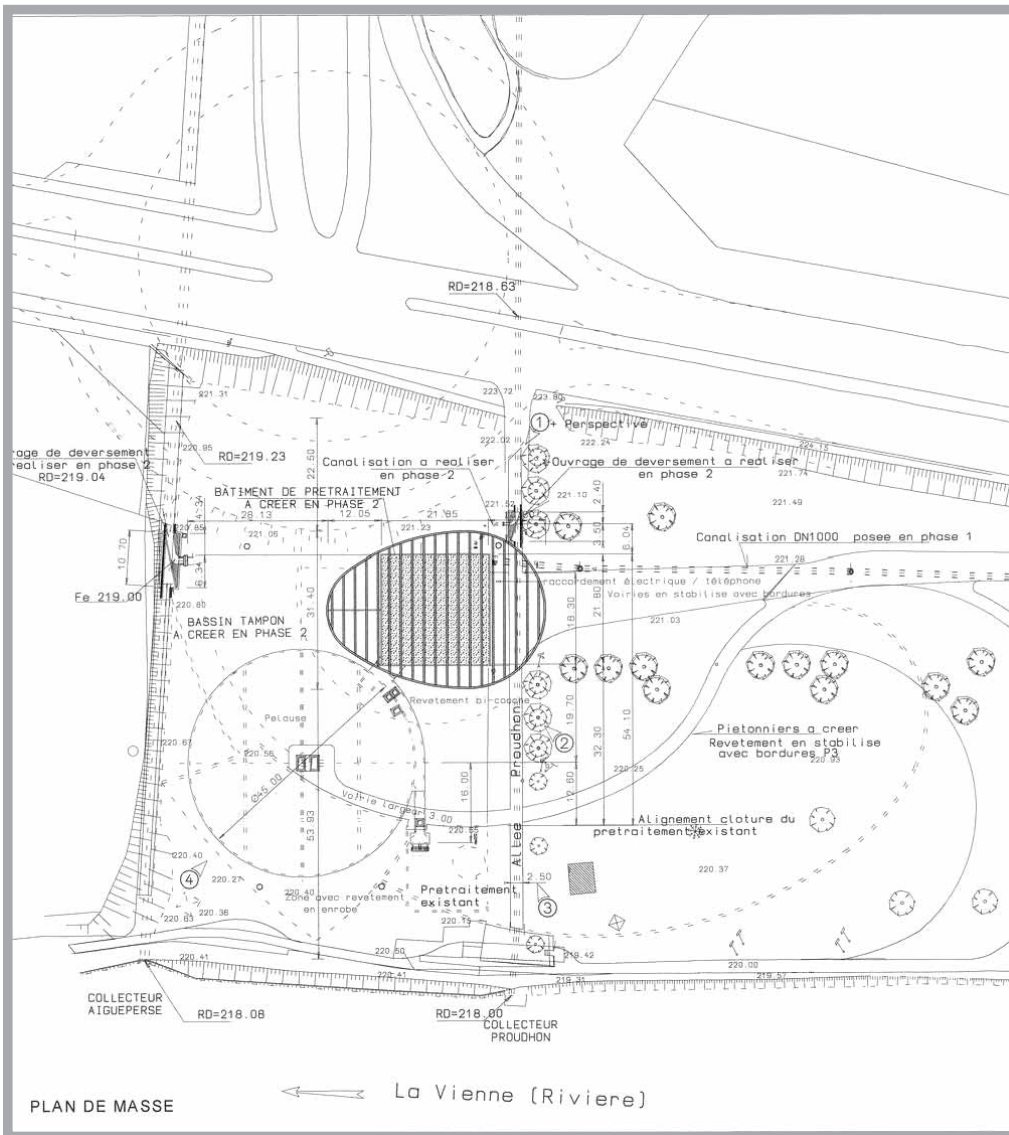
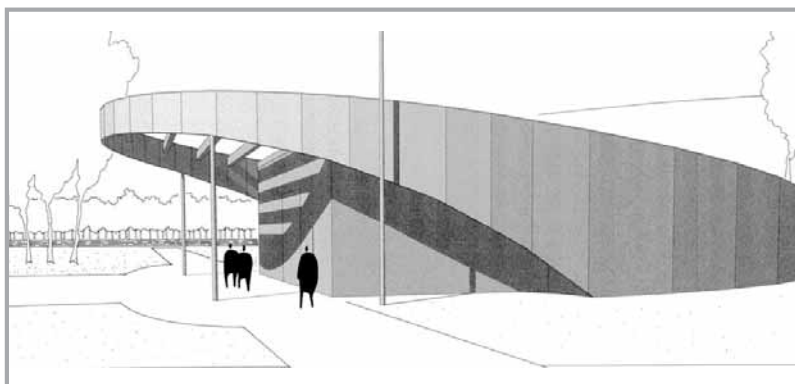


Figure 3
Esquisse en perspective de la façade principale du bâtiment (architecte Franck Renon)

Perspective sketch of the main facade of the building (architect : Franck Renon)



surant la vidange vers le collecteur sur berge (0,150 m³/s - vitesse variable) installées dans un puits central. Collecteur de refoulement Ø 600 mm ;

- ◆ ensemble de six hydroéjecteurs répartis sur le radier assurant l'aération des effluents et l'auto-curage en fin de vidange ;
- ◆ asservissements automatisés des modes remplissage, décantation-surverse ou stockage-isolement.

Caractéristiques du prétraitement

Le fonctionnement est continu par temps sec et par temps de pluie.

La bêche de sécurité dite "fosse à bâtards" pour piéger des corps solides lourds, est équipée d'un grappin hydraulique et d'une insufflation d'air séquencée en fond de fosse.

Il existe un contrôle des gaz pour la sécurité du personnel (H₂S et gaz explosifs).

Le dégrillage grossier (entrefer de 40 mm) est assuré par trois dégrilleurs (dont un de secours) de capacité unitaire égale à 1,3 m³/s, équipés en amont de deux vannes murales d'isolement. Reprise des déchets sur bandes transporteuses et stockage dans une benne.

Le dessableur circulaire mécanisé comprend un système d'agitation par palettes, un équipement air-lift d'évacuation des sables, un classificateur assurant la séparation "sable-eau". Pouvoir de coupe pure de 0,3 mm et débit maximum de 2,3 m³/s. La régulation du débit de "temps sec" par un "module à masques" est réglable de 50 l/s à 500 l/s par un jeu de vannettes.

Ventilation - Désodorisation

Asservissement par rapport au débit d'effluent : par temps sec, ventilation des seuls locaux de prétraitement (soit 4 500 m³/h), par temps de pluie, ventilation de l'ensemble bassin + locaux (soit 13 500 m³/h pour un renouvellement en 1 heure des volumes).

Traitement de désodorisation par voie biologique (système Alizair®) sur deux filtres constitués dans des casiers en béton armé.

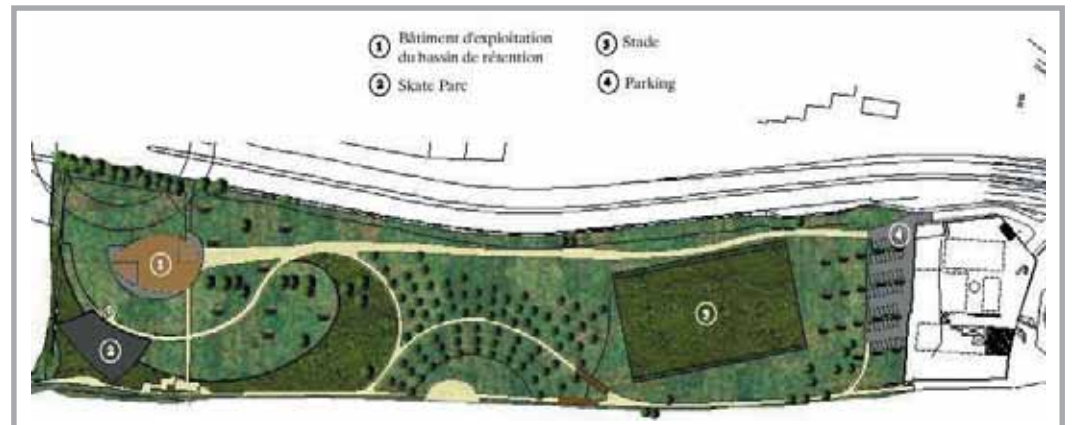
Projet architectural

L'architecte Franck Renon a conçu "l'habillage architectural" du local technique (de dimensions imposantes 22 m x 22 m par 6 m de hauteur) à partir des idées forces suivantes :

- ◆ marquage de l'entrée de ville ;
- ◆ prise en compte de l'aménagement futur d'un rond-point qui modifiera le paysage et la perception du site ;
- ◆ volume constituant un "mur" reliant la ville aux activités futures du site (loisirs, détente et espaces naturels le long de la Vienne). Ce mur étant traversé par une "porte" permettant le passage des personnes ;
- ◆ forme ovoïde constituant, en façade, un cylindre

tronqué, symbole de "tamis" par lequel les eaux sont filtrées. La forme arrondie, en sens inversé par rapport au futur rond-point, permet d'adoucir l'effet visuel du "mur" ;

- ◆ le bois, comme matériau principal, constituant une "peau" en panneaux pleins et lisses, en rappel des anciens séchoirs de la vallée de la Vienne. La figure 3 montre l'esquisse en perspective de la façade principale du bâtiment.



INSERTION TOTALE AU MILIEU DU PARC DU BORD DE VIENNE

Outre les performances techniques à atteindre en matière d'assainissement et de sécurité d'exploitation, le projet devait s'inscrire dans une démarche d'intégration paysagère et d'ouverture du site à un usage de détente et de loisirs.

En effet, en raison de la situation des ouvrages en bord de Vienne, il était impératif :

- ◆ d'intégrer les équipements aux aménagements piétonniers des bords de Vienne qui constituent un "poumon vert" majeur pour l'agglomération, grâce à leur continuité de chaque côté de la rivière sur toute la traversée de la zone urbaine ;

- ◆ de prendre en compte, au niveau du parti architectural, les contraintes de la zone de protection du patrimoine architectural et urbain : le site est particulièrement proche de la cathédrale de Limoges et du quartier historique de "La Cité".

Cet enjeu a nécessité un partenariat au sein des services techniques de la ville de Limoges entre la direction de l'Eau, de la Propreté et de l'Assainissement d'une part, et de la direction de l'Espace Public d'autre part.

Il résulte, de cette collaboration, des principes d'aménagement novateurs :

- ◆ la dalle supérieure du bassin est utilisée pour créer une piste équipée de modules permettant la pratique du roller et du skateboard ;

- ◆ intégration des ouvrages techniques d'assainissement dans un site ouvert au public.

Le projet d'aménagement paysagé est présenté sur la figure 4.

De plus, pour assurer la continuité des activités sportives pratiquées sur le site retenu, la réalisa-

Figure 4
Aménagement du parc des Bords de Vienne

Development
of the "Bords de Vienne" park

LES PRINCIPALES QUANTITÉS GÉNIE CIVIL

(Données de synthèse - Source SOCAE)

- Heures : 32 500
- Aciers : 200 t
- Béton : 4 600 m³
- Coffrage courbe : 1 300 m²
- Coffrage plan : 4 500 m²
- Plancher préfabriqué : 2 200 m²
- Parois pour mise en sécurité des hommes et ouvrages existants : 570 m²
- Prédécoupage : 500 m²
- Terrassement : 25 000 m³ dont 6 000 m³ à l'explosif
- Tirants du radier : 154
- Radier : 700 m³ coulage en continu

Local technique :
dégrilleur

Plant room : grid cleaning
machine



Chantier en cours :
opération de coulage
du radier

Work in progress :
foundation raft pouring
operation



Local technique :
dessableur

Plant room :
grit chamber



tion d'un nouveau terrain de sports a été effectuée à l'intérieur du parc, en phase préparatoire au chantier d'assainissement.

Au-delà du projet et du chantier, ce choix de superposition des deux usages nécessitera, de la part des services gestionnaires, une attention extrême, notamment au cours des premiers mois de mise en service : il faudra en particulier, mener toutes les interventions techniques y compris les plus délicates (des opérations courantes de déchargement/chargement des bennes à sable et autres déchets de dégrillage aux opérations plus lourdes nécessitant l'ouverture de trappes, l'utilisation d'engins de levage) en garantissant la parfaite mise en sécurité du public.

■ UN CHANTIER SOUMIS À DES CONTRAINTES MULTIPLES

La proximité de la Vienne et la situation en zone inondable

Le site retenu, imposé pour des raisons topographiques, présentait l'inconvénient de correspondre au lit majeur de la Vienne et à la zone d'expansion des crues centennales.

Cette situation impliquait de pouvoir disposer d'un bassin totalement étanche vis-à-vis des infiltrations par la nappe, le bassin devant rester vide pour être en permanence opérationnel.

Cette contrainte a fait l'objet d'une attention particulière au stade de la conception en vue d'optimiser la cote des plus hautes eaux à partir de laquelle l'ouvrage commencerait à se remplir par intrusion de la rivière. La crue quinquennale a pu être retenue en recherchant une solution de dalle de couverture la plus mince possible.

La situation en zone inondable imposait, par ailleurs, de réaliser un ouvrage complètement enterré ne conduisant à aucun rehaussement des niveaux finis du terrain (contrainte imposée par la Police de l'Eau afin de ne pas aggraver le régime hydraulique du cours d'eau en cas de crue).

En matière de conception du génie civil, cette contrainte a eu des conséquences fortes : la stabilité à vide de l'ouvrage face à la poussée d'Archimède a été obtenue par la mise en œuvre de 154 tirants d'ancrage Ø 36 mm variant de 5 à 6 m de longueur dans le substratum rocheux, associés au poids propre de la dalle en béton armé de 40 cm d'épaisseur.

En matière de dispositions constructives, la présence de la nappe d'accompagnement de la Vienne, mais surtout d'écoulements souterrains transversaux provenant de l'amont du bassin-versant, a nécessité la mise en place d'un pompage permanent durant le chantier.

Marché de conception-réalisation	Montant	Pourcentage
Prestations du mandataire équipementier	1 587 k€ HT	40,60%
Maîtrise d'œuvre	272 k€ HT	7,00%
Génie civil	2 033 k€ HT	52,00%
Architecte	16,9 k€ HT	0,40%
Total	3 909 k€ HT	
Contrôle technique	35 k€ HT	
Coordination S.P.S.	8,3 k€ HT	

La présence de terrains agressifs vis-à-vis de la qualité des bétons

Les analyses d'eau de la nappe sur le site ont révélé un milieu particulièrement agressif (classe A3 due à la nature gneissique du sol) nécessitant un niveau de protection particulier (P2) pour les bétons, ceci se traduisant par l'emploi d'un ciment spécial, l'augmentation du dosage et des épaisseurs d'enrobage des aciers.

La présence de lignes aériennes d'électricité de 20 000 V et 90 000 V

Surplombant le site du bassin, quatre lignes HT (deux lignes de distribution de 20 000 V appartenant à EDF - GDF Services et deux lignes de 90 000 V appartenant au réseau de transport d'électricité) ont dû être provisoirement mises hors tension et déviées au moyen de câbles posés sur la berge de la Vienne pour des raisons impératives de sécurité du chantier.

Cette contrainte a généré un retard conséquent de 12 mois par rapport au calendrier initialement prévu, et entraîné un surcoût d'environ 130 000 euros HT.

LES PARTENAIRES DE L'OPÉRATION

Maitre d'ouvrage

Ville de Limoges - Direction de l'Eau, de la Propreté et de l'Assainissement

Groupement conjoint de conception-réalisation

Entreprise mandataire : O.T.V. France (Direction régionale Sud-Ouest)

Maitre d'œuvre

Cabinet d'études Marc Merlin

Entreprise de génie civil

Société SOCAE

Architecte

Franck Renon

Contrôle technique

Bureau Veritas

Coordination en matière de sécurité et de protection et de la santé

SOCOTEC

Projet d'aménagement paysagé du parc des Bords de Vienne

Ville de Limoges - Direction de l'Espace Public - Direction des Espaces Verts

Cofinancement à 50 % : Agence de l'Eau Loire-Bretagne

ABSTRACT

Limoges : an innovative urban sewerage structure. Construction, on the edge of the Vienne River, of a 9,000 cu m stilling basin on the combined network

M. Crouzoulon

Like most old cities, the urban centre of Limoges is equipped with a combined sewerage network collecting wastewater and rainwater in single pipes. Changing requirements with regard to protection of the natural environment imply that discharges into the watercourse should be limited when rainfall is low, by improving the capacity for transfer of effluents to the treatment plant.

To meet this objective of restoring the quality of the waters of the Vienne, the City of Limoges built a 9,000 cu m stilling basin. This facility is an innovative, completely automated regulation structure, designed to store excessive rainwater to be subsequently sent by pumping to the treatment plant located 2.3 km downstream.

Apart from its technical achievements in the areas of hydraulic engineering, pretreatment of effluents and operating safety, the project was to form part of a process of integration into the landscape on an urban site, open to the public and dedicated to leisure activities (the park on the edges of the Vienne). This project, which is nearing its terminal phase, was subject to numerous constraints : location in an area liable to flooding, presence of rough land and presence of very high voltage overhead electricity lines.

RESUMEN ESPAÑOL

Limoges : una estructura innovadora de saneamiento urbano.

Construcción, a orillas del río Vienne, de un embalse amortiguador de 9,000 m³, en la red unitaria

M. Crouzoulon

Así como ocurre en la mayor parte de las antiguas ciudades, el centro urbano de Limoges posee una red de saneamiento unitaria que permite la colecta de las aguas residuales y de las aguas pluviales mediante canalizaciones úni-

cas. La evolución de los requerimientos en el aspecto de la protección del medio natural, presupone limitar los vertidos en los ríos durante lluvias reducidas, mejorando las capacidades de transferencia de los efluentes hacia la estación depuradora.

Para hacer frente a este objetivo de restauración de la calidad de las aguas del río Vienne, la villa de Limoges ha construido un embalse amortiguador de 9,000 m³. Este equipo constituye una estructura de regulación innovadora y totalmente automatizada, destinada a almacenar los caudales pluviales excedentarios para su envío por bombeo en tiempo diferido hacia la estación depuradora situada a 2,3 km aguas abajo.

Además de las prestaciones técnicas en el aspecto de la hidráulica, de pretratamiento de los efluentes, de seguridad operativa, el proyecto tenía por meta corresponder a un planteamiento de integración en el paisaje en un emplazamiento urbano, abierto al público y dedicado a las actividades de ocio (o sea, el parque a orillas de río Vienne). Estas obras, que llegan ahora a su etapa terminal, se han visto sometidas a múltiples imperativos : situación en zona inundable, presencia de terrenos agresivos, así como de líneas aéreas de transporte de energía de muy alta tensión.

Forage horizontal guidé

Une alternative à l'ouverture

Depuis de nombreuses années les techniques de forage horizontal sont utilisées pour le franchissement d'obstacles (routes, SNCF, canal, etc.). Or ces techniques ont évolué et représentent aujourd'hui une alternative intéressante à l'ouverture traditionnelle de tranchée.

Alors que nous parlons de plus en plus de coût social des chantiers, induit par l'occupation des routes, et d'impact sur l'environnement, le forage est une bonne réponse à certains problèmes de réalisation de réseaux d'assainissement en ville. Ces techniques permettent de réduire les emprises de chantier, de travailler dans des zones difficilement accessibles en tranchée, d'accélérer la réalisation des travaux, de réduire les accidents...

Dans cette optique, le groupe Vinci a créé la société Sogeforh dont la spécialité est la réalisation des travaux sans tranchée : forage horizontal à la tarière, forage horizontal guidé, microtunnel, forage destructif et éclatement pour le remplacement de canalisations, etc.

Il est important de noter que les techniques sans tranchées réduisent sensiblement les risques d'accident, tant pour le personnel de mise en œuvre que pour les riverains (piétons et automobilistes) grâce à la suppression d'engins mécaniques de terrassement, à la diminution de l'emprise des chantiers, à l'élimination des risques d'effondrement de tranchées et à la réduction de la durée des travaux.

Cet article présente deux chantiers types, réalisés en milieu urbain, où les problèmes de circulation et d'encombrement des sous-sols s'avèrent importants. Il s'agit d'un forage horizontal guidé réalisé à Meaux (Seine-et-Marne) et d'un forage destructif à Nogent-sur-Marne (Val-de-Marne).

■ FORAGE HORIZONTAL GUIDÉ RUE DE LA VICTOIRE, À MEAUX

La desserte de la rue de la Victoire à Meaux (RN3), était un chantier présentant une configuration très délicate. En effet, il était impossible de couper ou de réduire cette route nationale, très circulée et servant d'itinéraire à de nombreux convois exceptionnels. De plus, les bas côtés sont particulièrement encombrés par l'ensemble des concessionnaires.

Sogeforh a réalisé ce chantier pour la Direction de l'eau et de l'assainissement (DEA) de la ville de Meaux, en forage horizontal guidé, dans l'alignement des arbres bordant la RN3 (photo 1).

Le nouveau réseau, de 1 010 ml, est posé à une profondeur allant de 3 m à 5 m avec une pente de 5 mm/m.

Méthodologie

Des puits de travail sont réalisés tous les 60 ml environ. Ils sont réalisés soit en blindage traditionnel, soit par havage d'éléments béton préfabriqués. Ils permettent la mise en place de la foreuse PBA de Schmidt Kranz.

Un premier train de tiges métalliques, dit de guidage de 95 mm de diamètre, est foncé dans le terrain sur la totalité du linéaire. Ce préforage est guidé en continu par un système de visé par caméra qui permet de garder l'axe de foration prédéfini au départ. Une fois le puits de sortie atteint par les tiges guides, une tête de forage de diamètre extérieur au projet est fixée sur la dernière tige de guidage et l'excavation peut démarrer (photo 2). L'ensemble est poussé par les vérins et guidé par l'axe du train de tiges existant. Les tiges de guidage sont récupérées au fur et à mesure dans le puits de sortie. Les tarières fonctionnent comme une vis d'Archimède et permettent de sortir les gravats dans le puits de travail.

Des tubes en acier Ø 323 mm sont soudés les uns aux autres par la suite derrière la tête de forage. Après le forage, à l'intérieur de ce fourreau acier des tuyaux Ø 200 mm PRV sont assemblés puis mis en place (photo 3).

Avantages de cette technique

Elle permet de minimiser l'encombrement du chantier (puits de 4 m x 2 m ou de Ø 2,28 ml espacés tous les 60 ml environ) tout en assurant une très

Photo 1
Rue de la Victoire à Meaux
"Rue de la Victoire" street in Meaux



CHANTIER DE MEAUX

Maitre d'ouvrage et maître d'œuvre

DEA de Meaux

Entreprise

Sogeforh

Caractéristiques principales

- Canalisations : fourreaux aciers tubés en PRV
- Technique : forage horizontal guidé
- Linéaire : 1 010 ml
- Travaux annexes : réalisation de 80 branchements particuliers
- Durée prévisionnelle : 10 mois
- Début des travaux : juin 2001
- Fin des travaux : novembre 2002
- Montant des travaux : 1,36 million d'euros



et forage destructif de tranchées

bonne précision et en respectant ainsi le pourcentage de pente demandé grâce à son tir guide. De plus cette technique est rapide et a permis de réduire à 6 mois ce chantier dont le délai initial était de 10 mois.

Les riverains ont été agréablement surpris par la discrétion d'un chantier aussi important.

Les clefs de la réussite

La DEA, maîtrise d'œuvre, a fait réaliser une étude géotechnique complète, permettant de choisir la technique appropriée. L'encadrement de Sogeforh a soigneusement préparé ce chantier, notamment en situant judicieusement les puits de façon à éviter les réseaux concessionnaires. Les équipes spécialisées ont mené ce projet au bout, avec un souci permanent de propreté, de sécurité et en entretenant de bonnes relations avec les riverains.

■ FORAGE HORIZONTAL DESTRUCTIF À NOGENT-SUR-MARNE

Sur la commune de Nogent, des travaux de remplacement d'un ancien collecteur d'eaux pluviales en béton non armé étaient prévus en tranchée ouverte. L'année précédente, la pose d'un collecteur d'eaux usées parallèle à ce projet a connu des problèmes dus à la nature très bouillante du terrain en place : difficulté de réaliser le blindage entraînant des surlargeurs de tranchée conséquentes. L'encombrement de ces travaux sur la chaussée a nécessité de couper complètement la rue à la circulation ainsi qu'à l'accès des riverains.

Dans le cadre de ce programme de réhabilitation la maîtrise d'œuvre, Générale des Eaux, a recherché une technique permettant d'éviter de nouvelles ouvertures de tranchées. Sogeforh a réalisé un forage horizontal destructif pour remplacer cette conduite en béton Ø 500 mm par un tuyau PVC de même diamètre sur 300 ml environ. Cette technique permet de remplacer une canalisation existante par un réseau entièrement neuf mis en œuvre en lieu et place, avec un minimum de nuisances.

Méthodologie

Des puits blindés (de 2,20 m x 2 m), permettant la mise en place de la foreuse, sont réalisés tous les 60 ml environ, dans l'axe de la conduite à remplacer. La foreuse, prenant appui sur l'arrière du



Photo 2
Forage guidé :
mise en place
des fourreaux
acier 323 mm
(Meaux)

*Guided drilling :
installing
323 mm steel
sleeves (Meaux)*



Photo 4
Réalisation d'un forage destructif, mise en œuvre
des tuyaux PVC Ø 500 mm (Nogent-sur-Marne)

*Performance of destructive drilling, laying of 500 mm
dia. PVC pipes (Nogent-sur-Marne)*

puits, est réglée et calée à la pente du projet et dans son alignement.

Une première tête de diamètre inférieur au tuyau suivie d'une tarière permet de dégager l'intérieur du tuyau existant, et sert de guidage. En effet, les anciennes canalisations subissent des détériorations au fil des ans. Ce premier passage permet de retirer les plus gros éléments, gravats ou racines d'arbres par exemple.

Derrière la première tête et la tarière est accrochée une autre tête de destruction du même diamètre que le tuyau en place. Celle-ci est constituée de molettes à carbure qui "grignotent" à l'avancement la structure du tuyau existant.

Une fois le premier mètre foré, on ajoute une nouvelle tarière et le premier tuyau neuf PVC Ø 500 mm Schöngren d'un mètre de longueur (photo 4). L'emboîtement de ces tuyaux est constitué d'un double



Photo 3
Tubage avec des tuyaux
PRV Ø 200 mm (Meaux)

*Lining with 200 mm dia.
GRP pipes (Meaux)*

joint, permettant une parfaite étanchéité. Leur structure permet de résister aux efforts de compression lors du forage. Les tarières ramènent les déblais engendrés par la destruction du tuyau en place dans le puits de travail. Lorsque la paroi du puits de sortie ou regard d'arrivée est percée, on récupère les têtes de forage et de destruction. Les tarières sont sorties par le puits de travail en refaisant les mêmes manipulations dans le sens inverse. La photo 5 présente le système de réhabilitation complet.



Avantages de cette technique

Ce système de forage horizontal a l'avantage, par rapport à l'éclatement, de passer dans toutes les conduites, même si celles-ci sont obstruées par des gravats ou des racines.

Les cadences atteintes sur ce chantier étaient de l'ordre de 10 à 12 ml/jour. Une voie de circulation a pu être maintenue pendant la durée des travaux de forage.

La foreuse est un matériel compact, facile à mettre en œuvre dans de petits puits.

Note : Ce dispositif fait l'objet d'un **brevet** d'invention.

Photo 5
Système
de réhabilitation
complet
pour forage
destructif

*Complete
rehabilitation
system
for destructive
drilling*

CHANTIER DE NOGENT-SUR-MARNE

Maitre d'ouvrage

Ville de Nogent-sur-Marne

Maitre d'œuvre

Générale des Eaux

Entreprise

Sogeforh

Caractéristiques principales

- Canalisations en place : béton Ø 500 mm
- Canalisation neuve : PVC Schöngen Ø 500 mm
- Technique : remplacement de canalisation par forage
- Linéaire : 300 ml
- Montant des travaux : 183 000 euros

ABSTRACT

Guided horizontal drilling and destructive drilling. An alternative to opening trenches

A. Ferreira

For many years now, horizontal drilling techniques have been used for crossing obstacles such as roads, railway lines, canals, etc. Now, these techniques have evolved and today represent an interesting alternative to traditional trench opening.

At a time when there is increasing talk of the social cost of projects, resulting from occupation of the roads, and of impact on the environment, drilling is a good answer to certain problems of sewerage network construction in town. These techniques make it possible to reduce site land requirements, to work in areas not easily accessible for trenching, to speed up work performance, to reduce the rate of accidents, etc. In this context, the Vinci group has founded the company Sogeforh which specialises in the performance of trenchless work : horizontal auger drilling, guided horizontal drilling, microtunnelling, destructive drilling and bursting for pipe replacement, etc.

sibles por medio de zanjas, acelerar la ejecución de las obras, reducir los accidentes, etc.

Según estas miras, el Grupo Vinci ha creado la sociedad Sogeforh cuya especialidad reside en la ejecución de trabajos sin necesidad de zanjas : perforación horizontal mediante barrenas, perforación horizontal guiada, microtúneles, perforación destructiva y fragmentación de las rocas para la sustitución de canalizaciones, etc.

RESUMEN ESPAÑOL

Perforación horizontal guiada y perforación destructiva. Una alternativa para la ejecución de zanjas

A. Ferreira

Desde hace ya muchos años, las técnicas de perforación horizontal se vienen utilizando para el franqueo de obstáculos (carreteras, vías férreas, canales, etc.). Ahora bien, estos procedimientos han evolucionado y representan actualmente una interesante alternativa para la ejecución tradicional de zanjas.

En un momento en que se menciona cada vez más el coste social de las obras, inducido por la ocupación de las carreteras, así como de su impacto sobre el medio ambiente, la perforación constituye la respuesta adecuada para resolver ciertos problemas de ejecución de redes de saneamiento en las ciudades. Estas técnicas permiten reducir las zonas ocupadas por las obras, trabajar en zonas difícilmente acce-

Les quais rive gauche de Bordeaux

Prêts pour de nouvelles escales!

Thierry Guichard
CHEF DE PROJET MISSION QUAIS
Communauté urbaine de Bordeaux

Benoît Parayre
DIRECTEUR DE LA COMMUNICATION
Mairie de Bordeaux

Des grilles protégeant une activité portuaire disparue, des hangars en mal de reconversion... Longtemps, les Bordelais ont dû vivre séparés de leur fleuve. Pourtant, la proximité du centre-ville, la valeur patrimoniale du site, l'attractivité du fleuve, tout concourait à transformer les quais de la Garonne en un lieu privilégié, en un nouvel "espace à vivre".

Dans le cadre du grand projet urbain développé par Alain Juppé, l'aménagement des quais, coordonné à la mise en place du tramway, est donc devenu à partir de l'année 2000, un acte majeur à l'échelle de toute l'agglomération bordelaise. Cette entreprise de grande envergure, portée par la communauté urbaine et la mairie de Bordeaux, a été confiée à l'équipe d'architectes et de paysagistes dirigée par Michel Corajoud.

■ L'ESPRIT DU PROJET

Le projet des quais, par son ampleur, est à la mesure du nouveau dynamisme qui anime la ville de Bordeaux. L'équipe de Michel Corajoud a pour mission de réaliser un aménagement urbain complexe dans un cadre architectural exceptionnel. En effet, il s'agit non seulement de réorganiser la circulation sur le boulevard en intégrant la mise en place du tramway mais aussi de redessiner les vastes espaces libérés pour les ouvrir à de nouvelles pratiques. Depuis plusieurs années déjà, les Bordelais ont commencé à se réappropriier la rive gauche de la Garonne, notamment au niveau du quartier des Chartrons, pour en faire un espace de détente, de promenade et un lieu festif.

Face à cet élan spontané, l'aménagement en cours va permettre de transformer les quais en de nouvelles escales de plaisirs et de loisirs.

Alternant végétation, jeux d'eaux et de lumières, lieux d'animations et de rencontres, espaces commerciaux tels que marchés et guinguettes, le projet s'attache également à affirmer, à tisser des liens entre les quais et leurs quartiers. Ainsi, le vaste parc des Berges, qui sera aménagé sur les quais en face de Saint-Michel et de Sainte-Croix viendra répondre à l'attente d'espaces verts et d'équipements sportifs qui font actuellement défaut dans ces deux quartiers. Dans le même esprit, un espace d'exposition sera installé face au musée d'Art contemporain.

■ DES FAÇADES À LA BERGE : DIVERSITÉ DES ESPACES À AMÉNAGER

Aménager les quais, c'est recomposer un immense espace public, dans toute sa diversité d'usages,



4,5 km de long et 800 m de large totalement réaménagés

4.5 km long and 800 m wide, completely redeveloped

LE RÔLE DE LA CONCERTATION

Afin que le chantier entraîne le moins de nuisances possible pour les riverains et commerçants des quais, l'accent a été mis sur la communication et la concertation. Ainsi, chaque semaine, une réunion de chantier est organisée entre riverains concernés et conducteurs de travaux. Ce dialogue constant permet d'agir au cas par cas lorsque cela s'avère nécessaire. A plusieurs reprises, le déroulement des travaux a pu être modifié pour éviter de causer un désagrément trop important à certains usagers. La lettre des quais, tient également tous les riverains régulièrement au courant de l'avancée du projet. Les conseils de quartiers, réunis plusieurs fois par an, constituent un autre lieu d'échanges, ils sont des interlocuteurs privilégiés pour une concertation la plus efficace possible. De nombreuses réunions ont aussi permis à chacun de découvrir l'aménagement des quais dans son ensemble. Une plaquette reprenant le plan d'aménagement global et le descriptif des différentes séquences a été réalisée ainsi que des lutrins installés sur site en bord de fleuve.

1999...
1999...



... Aujourd'hui
... Today



CHIFFRES CLÉS

- Territoire : 4,5 km de long et 80 m de large
- Coût global : 89,940 millions d'euros

Espace à vivre des Chartrons Principales quantités

- 10 000 m² de cales bordelaises
- 3 000 m² de pavés
- 6 km de bordure large de 30 cm
- 50 lampadaires
- 40 bancs de repos
- 40 corbeilles
- 110 arbres

sur 80 m de large. Cette surface considérable, des façades jusqu'à la berge, a été divisée en quatre espaces spécifiques ou "lanières".

Au pied des façades, la première lanière correspond à l'**Espace à vivre**. Elle est composée d'un trottoir élargi ou "parvis", d'une largeur pouvant atteindre 19 m et qui permet d'installer des terrasses. Vient ensuite une voie de desserte pour les riverains et les livraisons des commerçants avec un stationnement longitudinal. L'Espace à vivre comprend enfin la plate-forme du tramway et ses stations ou les couloirs de bus.

Le **boulevard**, quant à lui, voué à la circulation et à la desserte des espaces du plateau, est bordé d'un stationnement bilatéral. Les automobiles y circulent sur 2 x 2 voies séparées par un terre-plein central paysagé qui permet une traversée de plain-pied, en toute sécurité, pour les piétons. En bordure du boulevard urbain, on trouve un trottoir et une piste cyclable rapide offerte à tous ceux qui utilisent le vélo comme mode de déplacement.

La troisième lanière correspond au **plateau**, espace privilégié du projet paysagé. Elle est composée d'une succession d'espaces à thèmes (parcs, jeux d'eau et de lumières), espaces libres pour les manifestations culturelles (expositions, Fête du Vin, Fête du Fleuve...), espaces réservés à destination

commerciale (marchés, guinguettes), lieux à vocation ludique (terrain de jeux, aire de skate) et hangars réaménagés vers le nord des quais.

La **berge** enfin, dernière lanière, assure le lien entre la ville et sa Garonne. Large de 10 m, elle se décompose en une piste cyclable "lente" et un lieu de promenade. La large surface d'appui du garde-corps permet au bouquiniste d'y installer son étal, au promeneur de s'y accouder ou au pêcheur d'y appuyer sa canne. Cette dernière lanière est complétée par des dispositifs d'accostage pour les bateaux de croisière ou de tourisme fluvial.

La question du stationnement

Un des objectifs du projet est de conserver une place pour la voiture en régulant la circulation et en facilitant le stationnement des riverains. Si la nouvelle configuration du boulevard permet le stationnement de part et d'autre de la 2 x 2 voies ainsi que le long de la voie de desserte, de nombreuses places seront également disponibles dans les trois nouveaux parcs enterrés, sous la place Jean-Jaurès (880), sous le quai des Salinières (412), sous la place de la Bourse (689) et enfin dans deux hangars des quais qui vont être réhabilités.

■ ORGANISATION ET DÉROULEMENT DES TRAVAUX

Etant donné l'ampleur du chantier, long de 4,5 km, le calendrier des travaux se déroule sur une durée prévisionnelle de 6 ans (2000 - fin 2006) décomposée en plusieurs périodes.

Le découpage géographique en cinq séquences

Chaque période doit permettre la réalisation d'une "séquence" complète ou partielle de lanières. Ainsi, cinq séquences ont été déterminées :

◆ séquence 1 : Pont Saint-Jean - Cours d'Alsace Lorraine ;

◆ séquence 2 : Cours d'Alsace Lorraine - Quinconces (allées de Munich) ;

◆ séquence 3 : Quinconces - Cours Xavier Arnoz ;

◆ séquence 4 : Cours Xavier Arnoz - Cours du Médoc ;

◆ séquence 5 : Cours du Médoc - Bassin à flots.

En terme de conduite d'opération, les lanières sont regroupées par deux : l'Espace à vivre avec le boulevard et le plateau avec la berge. C'est sur la séquence 4 qu'ont été inaugurés, en 2001 et 2002, les aménagements de l'Espace à vivre et du boulevard urbain. Grâce à cette première réalisation – dont les riverains profitent déjà – l'ensemble des Bordelais peut visualiser ce que seront les quais demain. Par ailleurs, les travaux réalisés sur cette partie ont une valeur expérimentale précieuse, ils

ont permis de tirer des enseignements pour que la suite du chantier se déroule dans des conditions optimales.

Le phasage des travaux : une réponse aux contraintes

Préserver la circulation sur les quais pendant toute la durée du chantier, l'accès aux riverains mais aussi les espaces de promenades et de fêtes déjà réinvestis par les habitants, tels sont les impératifs auxquels il faut répondre. La configuration des quais est ici un atout. Pour prendre l'exemple de la séquence des Chartrons déjà réalisée, la démolition des hangars, en libérant un vaste espace, a permis d'y aménager le boulevard urbain sans pour autant interrompre la circulation au pied des façades. Une fois le boulevard achevé, la circulation y a été transférée ce qui a permis d'entreprendre les travaux du nouvel Espace à vivre, entre façades et boulevard.

Par ailleurs, la réalisation de projets connexes entraîne des contraintes supplémentaires en terme d'échéancier. Ainsi, afin de construire la plateforme du tramway (opérationnel le 31 décembre 2003), il fallait avoir effectué auparavant le déplacement du boulevard urbain et la pose des dalles hautes des parcs souterrains.

REDESSINER L'ESPACE POUR MIEUX LE PARTAGER

Les quais jardinés : eaux, ombres et lumières

Une fois les grilles et les hangars disparus, la surface libérée offrait un potentiel immense d'espaces

LA FAÇADE DES QUAIS

La campagne de ravalement des façades, lancée en 1997, occupe une place clé dans le vaste projet de réaménagement des quais. Etablie en 1750 et constituée de 300 immeubles, la grande façade des quais constitue l'un des plus beaux monuments de Bordeaux et représente aussi un ensemble architectural unique en Europe. Ordonnement, équilibre, sens de la mesure, la beauté de ce monument classique méritait de retrouver tout son éclat. Pour permettre d'accomplir les travaux de ravalement, dans le strict respect de l'architecture traditionnelle, d'importants moyens financiers et techniques ont été mobilisés. Chaque propriétaire a ainsi bénéficié des aides conjuguées de l'Etat, du Conseil Régional et de la Mairie de Bordeaux, calculées sur la base des ressources en tenant compte des situations sociales particulières. Aujourd'hui, le ravalement de l'ensemble des façades et des monuments historiques des quais comme ceux du centre historique a permis de restituer à ce patrimoine exceptionnel tout son attrait. La façade des quais a ainsi été proposée par le ministre de la Culture pour être classée au Patrimoine mondial de l'Unesco.



**Une nouvelle vocation
pour les hangars**
*A new vocation
for the sheds*

LE MOBILIER URBAIN

Le long des façades, de larges trottoirs constituent un nouvel espace à vivre qu'il convient à la fois d'habiller et de délimiter. Le choix du mobilier urbain est stratégique : il doit protéger les piétons contre les intrusions automobiles, être non seulement fonctionnel, d'entretien et de maintenance faciles, mais aussi esthétique et discret. Etant donné les multiples transformations que connaît Bordeaux actuellement, il est nécessaire de préserver une cohérence d'ensemble. L'équipe de Michel Corajoud a délibérément puisé dans la gamme du mobilier existant en y apportant les adaptations nécessaires. Le banc, style "causeuse" en latte de bois reposant sur deux pieds de fonte, que l'on trouve dans les jardins de Bordeaux, a été sélectionné pour son confort, les corbeilles hexagonales en fonte sont également celles que l'on retrouve dans toute la ville. Certains éléments ont été simplement redessinés ou complétés, les conteneurs d'ordures ménagères ont été enterrés. Concernant les luminaires sur les façades, on retrouve les lanternes en cuivre du centre historique légèrement réinterprétées. Quant aux candélabres, ils sont constitués d'un mât équipé de deux lanternes. Tout a été mis en œuvre pour que l'ordonnement de l'ensemble des éléments offre une vision rythmée et harmonieuse.



**Le plateau des bords
de Garonne**
*The platform on the edges
of the Garonne*

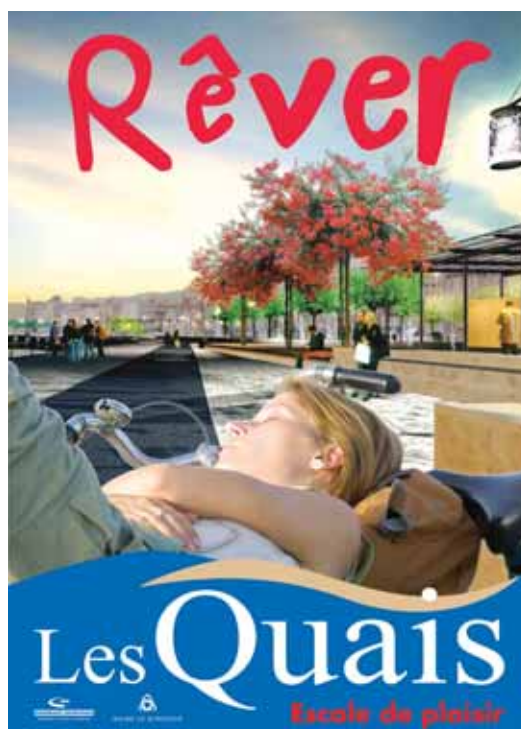
Rêver les quais
en attendant la fin du chantier

*Dreaming the quays pending completion
of the project*



Le tramway sur un ruban
de gazon

*The tramway
on a grass strip*



à aménager. Parallèlement, l'étendue des quais se trouvait baignée d'une lumière crue assez inconfortable. L'équipe de Michel Corajoud a donc proposé de mettre en œuvre toutes les ressources paysagères pour redessiner l'espace et travailler la lumière. Elle a choisi de ménager une transition douce entre la "minéralité" des façades et le fleuve en "jardinant" les quais.

Au fur et à mesure de la réalisation des séquences, des arbres seront plantés sur certaines parties des quais, en lignes discontinues sans cacher la vue sur le fleuve ou la façade. Variété des essences, hauteurs inégales, cycle de végétations différentes, diversité des couleurs et de la texture des feuillages, tout est conçu pour créer un enchaînement de plages d'ombres et de lumières de dimensions et d'intensité différentes.

Quai Sainte-Croix, un vaste parc de cinq hectares, le parc des Berges, s'étendra de la rue des Allamandiers à la rue Peyronnet. Toute la rive du fleuve sera bordée de "cages vertes". Une grande prairie accueillera jeux de ballons et déjeuners sur l'herbe... Des allées transversales assureront la continuité entre les rues venant du quartier Saint-Michel et la berge.

Entre le pont de pierre et les Quinconces, le méandre du fleuve et la perspective de la façade historique seront plantés de végétaux bas. Face à la place de la Bourse, une "place inondable" au bord du fleuve, servira jour et nuit, de miroir à l'architecture du Palais. Ce bassin pourra être facilement vidé afin d'installer velums et tribunes pour de grandes fêtes ou des concerts.

Quai Louis XVIII, l'esplanade des Quinconces, déjà bordée par les arbres des allées d'Orléans et de Chartres, sera prolongée vers le fleuve par "la prairie des Girondins" composée d'une prairie naturelle de 15 000 m² et d'une pelouse plus soignée de 3 400 m².

Mise en scène nocturne de la lumière

Tout a été mis en œuvre pour travailler la qualité de la lumière naturelle en jouant avec les reflets de l'eau, les couleurs de la pierre, la diversité des feuillages des arbres. Mais, de nuit, l'éclairage urbain joue aussi un rôle essentiel. Depuis 1996, dans le cadre du Plan Lumière de Bordeaux, une série d'illuminations a été engagée. Après la place de la Bourse, le pont de pierre, la porte de Bourgogne, la flèche Saint-Michel, l'ensemble des quais sera mis en lumière et dessinera l'axe urbain stratégique de la ville.

Conjointement, Laurent Fachard, membre de l'équipe Corajoud, a créé une scénographie lumineuse qui prend en compte la spécificité de chaque type d'espaces.

Ainsi, la fonction principalement piétonne de la rive Plateau et la diversité des activités qui s'y déroulent, permettent de décliner une série d'ambiances lumineuses variées jouant sur l'intensité de la lumière et mixant des teintes chaudes avec des teintes blanches et les lumières signalétiques colorées. Enfin, deux régimes d'éclairage qualifient deux fonctionnalités urbaines distinctes. Le quai nocturne, fonctionnel et animé, de la tombée du jour à 1 heure du matin, c'est le plein feu de l'éclairage public et de 1 heure du matin au lever du jour, c'est l'éclairage public normal.

■ L'UNION DES DEUX RIVES

L'aménagement des quais rive gauche symbolise le nouveau dynamisme qui anime Bordeaux et contribue à renforcer l'attrait touristique de la métropole régionale. Depuis peu, il est relayé par une vaste campagne de communication réalisée par la mairie et qui se décline en plusieurs thèmes : les quais, escale de plaisirs, escale de découverte, de loisirs, de liberté...

Ce vaste projet en cours de réalisation ambitionne d'être un levier économique pour la ville, non seulement par l'activité propre qui sera créée sur les quais mais aussi par celle qu'il permettra de développer à l'intérieur des quartiers.

Enfin, cet aménagement urbain constitue un des moteurs de l'union des deux rives. Après la transformation de l'ancienne gare d'Orléans en complexe cinématographique, l'implantation de restaurants sur les bords de Garonne, la rive droite poursuit elle aussi sa mutation : dès 2005-2006, la Zone d'aménagement concerté de la Bastide offrira des logements à près de 10 000 Bordelais qui profiteront ainsi du spectacle magnifique de la façade des quais.

La rive droite, au paysage végétal et la rive gauche, plus minérale, se font face et se complètent. La mise en service du tramway en 2003 et celle

DÉCOUVRIR LES PROJETS DE BORDEAUX

L'espace "les Projets de Bordeaux" a été ouvert pour que chacun puisse se faire une idée d'ensemble du visage de Bordeaux de demain et obtenir des informations précises sur les différents chantiers urbains qui façonnent le futur cadre de la ville.

D'un seul coup d'œil, on peut visualiser, sur une grande carte, les différents lieux concernés par le grand projet urbain de Bordeaux. Des bornes interactives, dont une spécialement dédiée à l'aménagement des quais rive gauche, des vidéos, ainsi qu'une nombreuse documentation sont mises à disposition pour mieux comprendre le Bordeaux de demain!

1, place Jean-Jaurès, du mercredi au dimanche de 10 h à 13 h et de 13 h 30 à 18 h.

Tél. : 05 56 52 84 02



du pont ouvrant Lucien Faure en 2008-2009 viendront renforcer encore cette union largement engagée.

"LES QUAIS JARDINÉS : EAUX, OMBRES ET LUMIÈRES"

La Communauté Urbaine et ses partenaires

Maitrise d'ouvrage

Communauté Urbaine de Bordeaux

Maitrise d'œuvre

- Michel Corajoud et Claire Corajoud : paysagistes
- Pierre Gangnet et Laurent Duplantier (architectes)
- Annouck Debarre (architecte-paysagiste)
- Laurent Fachard (éclairagiste)
- Jean-Max Llorca (fontainier)
- Philippe Gerbin (économiste)
- Francis Petit (bureau d'études)
- Antoine Buonomo (perspecteur)
- Nathalie Massenet et Isabelle Boulanger (maquettistes)
- Direction des Grands Travaux de la Communauté Urbaine

Groupements d'entreprises

Séquence 1

- Mandataire : Colas
- Cotraitants : Fayat, SCR et Sattanino

Séquence 2

- Mandataire : Moter
- Cotraitants : Eurovia et GTM
- Matériaux : Cominex

Séquence 4

- Mandataire : Moter
- Cotraitants : SGREG et Malet
- Plantations : A2S
- Eclairage : Spie et Trindel
- Mobilier : GHM

ABSTRACT

The quays on the left bank in Bordeaux. Ready for new ports of call!

Th. Guichard, B. Parayre

As part of the major urban project in Bordeaux, the development of the left bank quays has become, from 2000 on, a major programme on the scale of the whole urban area. The team managed by Michel Corajoud has the task of executing a complex urban development project in an exceptional architectural context. This means not only that traffic on the boulevard has to be reorganised to take into account the installation of the tramway, but also that the vast spaces freed up have to be redesigned to open them up for new activities.

Given its size (4.5 km long by 80 m wide), the project, which will last six years, is performed in accordance with a breakdown into five geographic sequences. The work schedule makes it possible to maintain traffic and preserve access for frontage residents and the spaces already re-occupied by the inhabitants of Bordeaux, especially during major events.

RESUMEN ESPAÑOL

Los muelles de la orilla izquierda de Burdeos. ¡Listos para nuevas escalas!

Th. Guichard y B. Parayre

Operando en el contexto del gran proyecto urbano de Burdeos, el acondicionamiento de los muelles de la orilla izquierda ha llegado a ser, a partir del año 2000, un acto destacado a escala de la totalidad de la aglomeración urbana. El equipo dirigido por Michel Corajoud tiene por misión llevar a buen término un acondicionamiento urbano complejo en un marco arquitectónico excepcional. Efectivamente, no sólo se trata de reorganizar el tráfico rodado en el bulevar integrando la implantación del tranvía, sino también de proyectar de nuevo los amplios espacios liberados para dar paso a nuevas actividades. Habida cuenta de su amplitud (4,5 km de longitud por 80 m de anchura), las obras tendrán una duración de seis años según un desglose en cinco secuencias geográficas. Las diver-

sas etapas de las obras permiten preservar el tráfico rodado, el acceso del vecindario y los espacios ya ocupados por los habitantes de Burdeos y, con mayor énfasis, con motivo de los grandes certámenes.

Angers

La dimension travaux urbains de développement durable et local

A Angers, le développement durable est un état d'esprit qui gagne peu à peu la conception même de tous les projets collectifs, donnant ainsi corps à ce concept – mis en œuvre dans un projet politique appelé "Agenda 21" – qui invite à concilier l'environnement, l'économique et le social dans la durée.

La ville s'est en effet engagée de longue date dans le processus d'Agenda 21 local, s'appuyant sur un environnement naturel d'exception et la volonté d'un élu – Jean-Claude Antonini, aujourd'hui maire d'Angers – qui, dans ses fonctions municipales depuis vingt ans, s'investit personnellement pour impulser un processus dynamique qui fasse évoluer les pratiques locales.

L'Agenda 21 angevin s'est d'ores et déjà concrètement traduit depuis trois ans par des plans d'actions dans les nombreux domaines de l'intervention municipale, parmi lesquels la valorisation de son territoire, la préservation de ses ressources naturelles et de son cadre de vie.



Piste cyclable le long de la Maine
Cycling track along the Maine

■ LE DÉVELOPPEMENT DURABLE, UNE NOUVELLE MANIÈRE DE PENSER LA VILLE

C'est dans cette "philosophie" que, définissant les grandes orientations du développement de la ville dans les dix prochaines années, un projet urbain "durable" a été élaboré. Fruit des réflexions d'un groupe de travail transversal et complété d'études thématiques (paysages, patrimoine historique, cheminements piétons, commerces et services de proximité...), il est pris en compte aujourd'hui dans le projet global d'agglomération et de Plan local d'Urbanisme (PLU) intercommunal.

Ce travail de réflexion prospective menée par la ville-centre a également contribué à l'élaboration du Plan des Déplacements Urbains (PDU), compétence du Syndicat intercommunal des transports collectifs de l'agglomération angevine. Le PDU à l'échelle de l'agglomération définit les principes généraux de l'organisation des transports, de la circulation et du stationnement dans le périmètre des transports urbains pour les quinze ans à venir ; il favorise résolument les modes de transports alternatifs à la voiture (transport en commun, vélo et marche à pied) pour lutter contre les nuisances, améliorer la qualité de vie des angevins et conforter l'attractivité du centre-ville et des pôles de quartier.

Un schéma d'aménagement des déplacements à vélo a été élaboré et, au-delà des aménagements déjà réalisés, la réflexion se poursuit avec l'Association des usagers du vélo angevins (AUVA) – et, demain, avec les associations de quartier –, pour développer ces modes de déplacement.

Par ailleurs, un plan d'aménagement de cheminements piétonniers est à l'étude afin de favoriser, dans chaque quartier, ce mode de déplacement aussi souvent que possible hors du contexte de la circulation générale. Sa mise en application se fera en concertation avec les habitants.

Chaque projet d'aménagement de la ville doit ainsi intégrer cette valorisation des déplacements à pieds ou à vélo qui prend en compte l'aspect sécurité.

Aujourd'hui est en préparation un projet de transport en commun en site propre nouvelle génération (tram sur pneus) sur l'agglomération qui contribuera encore à décourager la circulation automobile grâce à une offre de transport intéressante entre les points géographiques les plus éloignés.

■ PRIORITÉ DONNÉE À LA SENSIBILISATION CONTINUE ET AU PARTENARIAT ÉLARGI

L'histoire de l'Agenda 21 angevin, c'est une sensibilisation sur le long terme de tous les acteurs municipaux et de leurs interlocuteurs, c'est un partenariat élaboré notamment avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), sur la base de programmes d'actions concrètes dans tous les secteurs où s'exercent l'activité et l'influence d'une ville et d'une agglomération de 250 000 habitants.

La valorisation du territoire, la préservation de ses ressources et de son cadre de vie, la solidarité sont les maître-mots de cette politique, dans le sens d'un meilleur-être des habitants dont les besoins et les attentes donnent par ailleurs lieu à une recherche permanente de conditions d'écoute, de dialogue et de concertation optima.

Le pragmatisme qui préside à cette démarche a conduit à donner priorité à la sensibilisation et à la motivation du personnel municipal pour qu'il devienne porteur du développement durable. Ce résultat, atteint aujourd'hui particulièrement dans les services techniques, permet de développer de nouveaux partenariats avec les professionnels du bâtiment et de l'aménagement de la ville.

La mise en pratique des principes de la démarche HQE (Haute qualité environnementale) s'est rapidement imposée au sein des services de la ville et dans ses constructions ; elle est également promue auprès des professionnels du secteur des bâtiments qui interviennent pour son compte. Deux

dans une démarche son processus d'Agenda 21

groupes scolaires ont ainsi été réhabilités – les écoles Adrien Tigeot et Charles Benier – en appliquant ces principes, y compris la sensibilisation des habitants des quartiers où ils sont implantés ainsi que leurs utilisateurs, enseignants, enfants et parents d'élèves, ceux-ci ayant été mis à même de suivre tout le chantier au fur et à mesure de son déroulement.

Mise en place du tri sélectif des déchets de chantier et gestion de ses nuisances, intégration de procédés et produits de construction non polluants, souci de gestion de l'énergie dans l'utilisation future du bâtiment (orientation, isolation, choix énergétiques...), respect des critères de confort, de santé... tous ces objectifs sont déclinés en quatorze cibles qui forment désormais le canevas de toutes les opérations de ce type.

Cette concrétisation réussie de projets pilotes a en effet permis de systématiser la démarche HQE pour toutes les opérations de bâtiments impliquant la ville et ses partenaires et de formaliser une méthode "angevine" et des outils spécifiques. Elle aura aussi permis de repérer le degré d'adhésion des différents professionnels... et les conditions à réunir pour mieux sensibiliser et convaincre sur les atouts de cette nouvelle manière de penser la ville.

Cette sensibilisation, menée avec l'appui et la contribution de nombreux partenaires publics et privés, a notamment donné lieu à la réalisation d'un guide HQE largement diffusé (disponible sur le site internet de la ville d'Angers : www.ville-angers.fr) et l'organisation à Angers de deux colloques sur ce thème, en 2001, auxquels ont participé quelques 600 professionnels.

■ L'INTERVENTION SUR DES QUARTIERS DONNE CORPS AU DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS TOUTES SES DIMENSIONS

Le renouvellement urbain du quartier de La Roseraie

Son expérience permet aujourd'hui à la ville de construire les bases d'autres partenariats dans le cadre de projets plus vastes tels que celui du quartier de La Roseraie.

Troisième quartier d'Angers par sa démographie (19 000 habitants, 11,6 % de la population de la ville), il s'étend sur une superficie de 251 ha et dé-



**Cheminement piéton
et de randonnée**
Foot path



**La Roseraie, un quartier ORU
(Opération de renouvellement
urbain) à réhabiliter
selon le développement
durable**

*"La Roseraie", an "ORU"
district (urban renewal
operation) to be rehabilitated
in accordance
with sustainable development
practice*

tient le plus grand nombre de logements HLM (18,8 % du parc social angevin).

Intégrée à la mission du Contrat de ville en fonctionnement sur ce secteur, une Opération de Renouvellement Urbain (ORU) a été lancée, prenant en compte les acquis du développement social et des partenariats engagés.

A ce titre, trois bureaux d'études ont été mandatés pour la réalisation d'un diagnostic et la présentation de propositions pour l'évolution de ce quartier, le cahier des charges prenant en compte les objectifs du développement durable. La mission devait tout particulièrement répondre aux dimensions suivantes :

- ◆ favoriser la mixité sociale et urbaine par une diversification de l'offre de logements et la réorganisation des espaces publics et privés ;
- ◆ faire de ce quartier un pôle de vie attractif, doté de fonctions essentielles qui l'intègrent à part entière dans l'agglomération ;
- ◆ changer l'image du quartier par la valorisation d'une identité propre au quartier et la réhabilitation du paysage urbain.

Cet ambitieux programme ne pouvait cependant devenir réalité sans un ingrédient majeur du développement durable qui est celui de la participation

Réhabilitation haute qualité
environnementale du groupe
scolaire Adrien Tigeot :
le préau

*High-quality environment
rehabilitation of the Adrien
Tigeot school complex :
the covered yard*



Réhabilitation du groupe
scolaire Adrien Tigeot :
salle circulaire
avec éclairage zénithal
et parements de bois

*Rehabilitation
of the Adrien Tigeot
school complex : circular
room with overhead
lighting and wooden
facings*



des citoyens dès l'origine de la réflexion : une concertation de grande ampleur a été mise en place avec les associations du quartier et les habitants. Ceux-ci, associés dès le démarrage du contrat de ville, sont présents au sein de la Commission Cadre de vie du projet ORU et sont représentés au groupe de pilotage. Ils participent, comme membres à part entière, aux travaux des trois sous-commissions thématiques (habitat-cadre de vie, transports-déplacements, équipements-activités) : analyse des propositions que les trois candidats au marché de définition viennent de remettre, échanges avec chacun des architectes lauréats (les équipes Panerai, Magendie et l'atelier Ruelle) venus présenter leur projet, débat avec les élus sur les éléments à prendre en compte et les priorités.

Les habitants ont suivi une formation en participant à des ateliers d'urbanisme mis en place au titre du contrat de ville ; ceux-ci se poursuivent par des déplacements dans d'autres villes ayant une antériorité dans la résolution des mêmes problématiques et donnent lieu à des rencontres avec des habitants de ces quartiers ayant eux-mêmes l'expérience d'une telle démarche.

Le réaménagement du quartier de La Roseraie s'inscrit, par ailleurs, dans le cadre du projet européen HQE2R (Haute Qualité Economique, Environnementale et de Réhabilitation) mené sur la même période dans quatorze villes européennes (Anzin, Cannes, Joué-les-Tours et Echirrolles en France, Vlissingen aux Pays-Bas, Barcelone et Mansera en Espagne, Frederiksberg au Danemark, Cinisello Balsamo, Mantova et Melegnano en Italie, Dresden en Allemagne et Bristol en Grande-Bretagne) ; il se définit comme un programme de "réhabilitation durable de bâtiments dans des quartiers durables : de la démarche HQE au projet de renouvellement urbain".

Cofinancé par la Commission européenne, ce projet a pour but d'élaborer des méthodes et outils à destination des collectivités locales et de leurs partenaires.

Dans ce cadre, la ville d'Angers a demandé au CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment), responsable français de ce projet, une grille d'analyse et d'aide à la décision qui a permis de passer au crible les diagnostics sur ce quartier réalisés par les trois bureaux d'études extérieurs sollicités au titre de l'ORU : chacune des contributions analysée au regard des principes du développement durable a fait l'objet d'adaptations permettant d'explorer plus avant cette dimension.

Les villes lauréates sur ce programme de recherche sont amenées à échanger, au fur et à mesure, sur leur expérience pour un enrichissement mutuel. La diffusion des résultats, notamment sur la méthodologie de diagnostic partagé de territoire dans une perspective de développement durable, sera assurée sur le web et dans le cadre de manifestations européennes.

Le plateau des Capucins, un nouveau quartier durable

Le plateau des Capucins, un nouveau quartier durable

Egalement inscrite au projet urbain "durable", élaboré à l'échelle de la ville et de son bassin de vie, figure l'urbanisation du plateau des Capucins : 170 hectares, dernière disponibilité foncière, cette opération se trouve liée à d'autres projets structurants majeurs : le contournement autoroutier, un nouveau pont sur la Maine et le futur tramway. En outre, déjà au palmarès des villes ayant le plus grand nombre d'espaces verts diversifiés, Angers va prochainement ouvrir à proximité un Parc du Végétal valorisant la tradition horticole locale et son savoir-faire.

Ici encore l'Agenda 21 local inspire la rédaction des cahiers des charges et l'étude de définition lancée doit décliner le concept de "ville durable" selon cinq objectifs :

- ◆ privilégier des modes de déplacement alternatifs à la voiture ;
- ◆ respecter l'équilibre entre espace naturel et espace urbanisé ;
- ◆ assurer la mixité sociale et urbaine ;
- ◆ pratiquer la concertation publique ;
- ◆ préserver l'environnement et les paysages.

L'enjeu est de taille et les difficultés ne manquent pas. Angers doit aussi gérer une croissance urbaine continue et répondre à une pression démographique



Les Capucins, un quartier "durable" à construire et à intégrer

"Les Capucins", a "sustainable" district to be built and integrated

qui n'a pu être prise en compte que partiellement dans d'autres opérations récentes.

L'un des objectifs étant le désenclavement du quartier de Verneau compris dans le périmètre, une opération de renouvellement urbain est en cours sur celui-ci. Elle s'est notamment traduite par des déconstructions (avec recyclage des matériaux !) portant sur 142 logements.

Les espaces ainsi libérés ont été réaménagés, en concertation avec les habitants, en jardins d'immeubles.

Une Maison de Services publics, ouverte en janvier 2001, assure peu à peu une présence élargie de services de proximité auprès des habitants.

La participation des habitants a été organisée et se traduit notamment par un atelier de formation à l'urbanisme et leurs contributions directes aux travaux du Comité de pilotage de l'urbanisation du Plateau des Capucins regroupant élus et techniciens.

La ville d'Angers a sélectionné trois équipes pluridisciplinaires (architectes, paysagistes et urbanistes : les équipes Castro, Portzamparc et Sarfati) dont les propositions viennent d'être rendues. Elles prennent en compte un traitement végétal qui conforte le projet de "Boucle verte" : il s'agit d'un itinéraire piétons/vélos destiné à relier tous les espaces naturels de l'agglomération.

Une fois encore, à travers cette opération se traduit la volonté forte de la municipalité d'inscrire Angers dans une perspective de valorisation systématique d'un cadre de vie exceptionnellement préservé.

Au-delà d'une prise de conscience incontournable, les aménageurs sont invités à travailler différemment et les habitants à devenir "écocitoyens" pour que cette harmonie gagne tous les secteurs de la ville.

ABSTRACT

Angers : the Urban Works dimension in a sustainable development approach and its Local Agenda 21 process

Ch. Six, V. de Kerret

With a rich, preserved natural environment and historical heritage, the City of Angers, in all its urban planning and urban works operations, is concerned to ensure a balance between environmental, economic and social issues. This policy, forming part of the Local Agenda 21 political project, is expressed in the diversity of the city's development operations.

Forecasting and planning, cross-functional thinking among all those in the industry, training and promotion of awareness among the inhabitants to make them players, and partnership with associations for the environment are the basis of this action.

This is reflected by the development of alternative travel modes to the car, the essential role assigned to green spaces, construction and rehabilitation projects in conformance with the HQE (high-quality environment) approach, and broader consultation at all stages of projects.

This approach is becoming preponderant in current operations for urban renewal or urbanisation of a new district, for which Angers makes use of technical and architectural teams which are pioneers in this sustainable development approach.

RESUMEN ESPAÑOL

Angers : la importancia de las obras urbanas según un enfoque de desarrollo sostenible y su proceso de avance de Agenda 21 local

Ch. Six, V. de Kerret

La ciudad de Angers, dotada de un medio natural y un patrimonio histórico abundante y perfectamente preservado, por medio de todas sus operaciones de urbanismo y de obras urbanas, tiene por meta garantizar el respeto de un equilibrio entre los retos medioambientales, económicos y sociales. Semejante voluntad, inscrita en el proyecto político de Agenda 21 local, se expresa por la diversidad de las ope-

raciones de ordenación de la ciudad. Prospectiva y planificación, reflexión transversal entre todos los profesionales, formación y sensibilización de los habitantes para convertirlos en protagonistas, asociación con las entidades del marco de vida, son los elementos que constituyen el fundamento de la acción emprendida.

Todo ello se refleja por el desarrollo de los modos de desplazamiento alternativos en automóvil, el lugar primordial dado a los espacios verdes, las construcciones y rehabilitaciones de conformidad con el enfoque de alta calidad medioambiental y una concertación ampliada en todas las etapas de los proyectos. Todo lo que así se expone ocupa un lugar preponderante en las operaciones en curso de renovación o de urbanización de un nuevo territorio, para las cuales Angers recurre a los equipos técnicos y de arquitectura precursores en este enfoque de desarrollo sostenible.

Paris

Des travaux à la pointe pour le musée des Arts

L'article décrit les travaux de fondations spéciales nécessaires à la réalisation de l'infrastructure du musée des Arts Premiers le long du quai Branly à Paris. Il met l'accent notamment sur les mesures de protection de l'environnement mises en œuvre pendant les travaux en terme de bruit et de vibration.

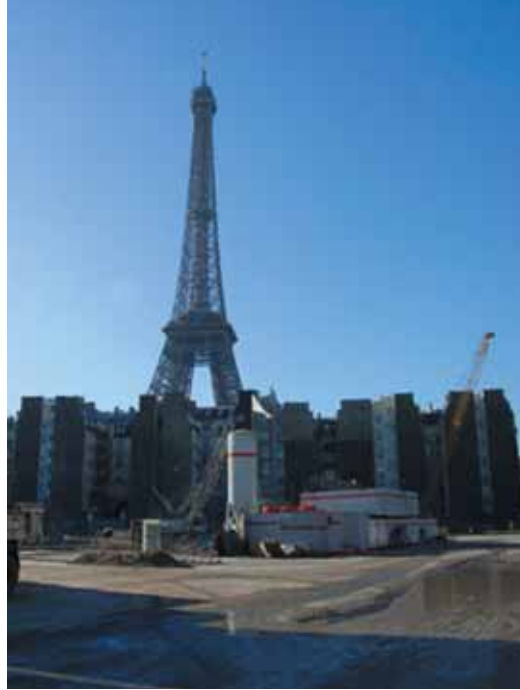


Photo 1
Un site privilégié
A high-class site

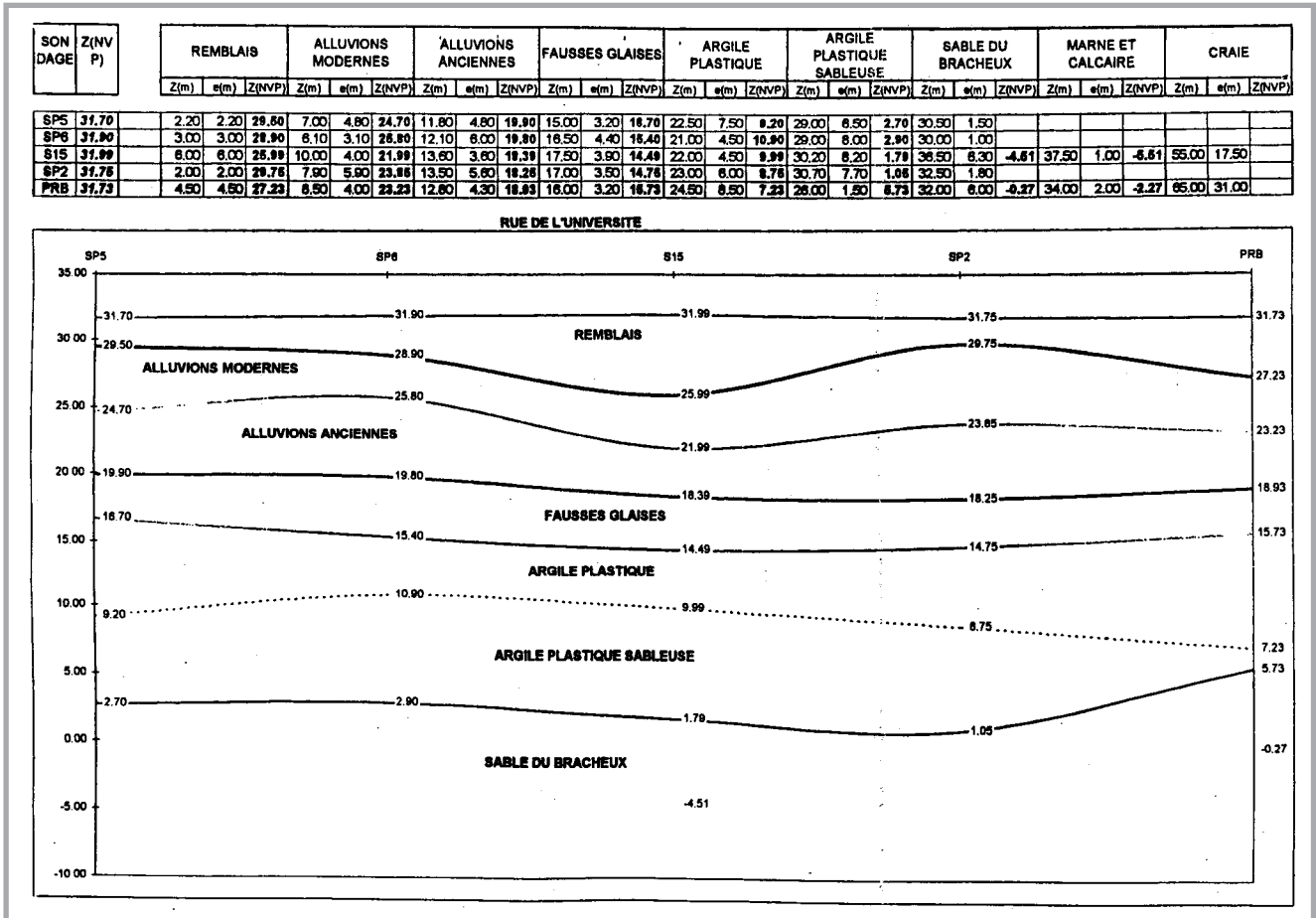
LE PROJET, LES INTERVENANTS

Le musée du Quai Branly ou musée des Arts Premiers aura été le dernier grand chantier du précédent septennat. Il sera aussi le premier du nouveau quinquennat. Le musée est destiné à abriter des œuvres mettant en valeur les arts primitifs.

Sa situation est particulièrement privilégiée. Dans le VII^e arrondissement, l'ouvrage s'inscrit dans un quadrilatère composé du quai Branly au nord, de la rue de l'Université au sud, des annexes de la présidence de la République à l'est et des bâtiments de l'avenue de la Bourdonnais à l'ouest. Le musée sera également voisin de la prestigieuse tour Eiffel (photo 1).

Le bâtiment comporte un sous-sol à niveaux variables ayant pour objet de recevoir des salles d'exposition, un auditorium, un certain nombre de volumes d'intendance, mais également un parking qui fera l'objet d'une concession. La conception de ces sous-sols nécessite l'exécution de travaux spéciaux objet du présent article, ceux-ci devant être

Figure 1
Coupe géologique
Geological cross section



de la technologie Premiers

réalisés dans un cadre particulier de protection de l'environnement mis en place par le maître d'ouvrage, l'Etablissement public du musée du Quai Branly.

Ce dernier a confié les travaux de fondations à un groupement d'entreprises solidaires, Intrafor (mandataire) - Spie Fondations, au terme d'une consultation lancée sous la forme d'un marché négocié faisant suite à un appel d'offres européen déclaré infructueux. La maîtrise d'œuvre est assurée par un groupement Jean Nouvel Architecte (mandataire) - Ingerop - OTH.

Veritas est en charge de la mission de contrôle.

■ LA GÉOLOGIE

Le contexte géologique au droit du site (figure 1) se compose, à partir du terrain naturel, de remblais d'une épaisseur importante (2 à 5 m pour permettre la construction des quais le long de la Seine), puis des horizons quaternaires, alluvions modernes et alluvions anciennes ; suivent les couches du Sparnacien, fausses glaises et argiles plastiques, le Luticien (calcaire grossier) n'étant présent que sous forme de lambeaux. Les argiles plastiques présentent deux faciès, argileux en toit (quasi imperméable) et sableux à la base (matériau toutefois peu perméable). Sous l'horizon du Sparnacien, on rencontre environ 5 m d'épaisseur de sables de Bracheux (Thanétien). Ceux-ci surmontent enfin les marnes de Meudon (Montien) et la craie de Campanien.

Sur le plan hydraulique deux nappes sont présentes, celles siégeant dans les alluvions et les lambeaux de calcaire. Compte tenu du caractère quasi imperméable des fausses glaises et des argiles plastiques, ce dernier horizon constitue le substratum de cette nappe supérieure. En rive gauche la Seine la draine, en rive droite elle l'alimente. Une seconde nappe se développe dans le Montien, la craie et les sables de Bracheux. Cette nappe est captivée sous le niveau des argiles.

Compte tenu de l'importance de la fouille et de la nécessité de réaliser des parois moulées périphériques ancrées dans l'horizon étanche des argiles, une étude d'impact sur les modifications des écoulements a été confiée à Antea.

Cette étude a montré que l'effet de barrage de la paroi serait peu important, tant en régime permanent qu'en régime de crue et donc non susceptible de provoquer des désordres aux bâtiments adjacents.

Les niveaux de nappe retenus ont été :

- ◆ en phase travaux : 29,50 NVP ;
- ◆ en phase de service :
 - 27,00 NVP pour les eaux basses,
 - 32,74 NVP pour les eaux exceptionnelles.

La nappe des sables de Bracheux a été prise à un niveau de 24.00 NVP.



Photo 2
Excavation
de la paroi
Wall
excavation

■ LES TRAVAUX SPÉCIAUX

Les travaux de fondations se composent :

- ◆ d'une paroi moulée périphérique de 735 m de longueur, d'une hauteur variable (20 à 32 m) et d'une épaisseur comprise entre 500 et 1 000 mm (photo 2) ;
- ◆ d'une paroi étanche plastique et définitive (épaisseur 520 mm) ;
- ◆ de pieux de fondations forés-moulés de 1 000 mm de diamètre ;
- ◆ de pieux de "protection" réalisés à la tarière continue de 700 mm de diamètre ;
- ◆ de puits de pompage pour vidange de l'enceinte et pour contrôle de la paroi plastique ;
- ◆ de drains de décharge définitifs pour se prémunir dans la zone la plus profonde d'une surpression de la nappe des sables de Bracheux ;
- ◆ d'un dispositif de butons de maintien des parois (environ 150 t) ;
- ◆ le marché comporte également la réalisation d'une partie des terrassements nécessaires à la réalisation de l'infrastructure (environ 18 000 m³).

Le chantier comporte cinq zones (figure 2). La **zone A** qui abrite des archives, des réserves et une salle de projection. Son fond de fouille est à la cote 20,50. La paroi périphérique d'une épais-

Christophe Persoz



**DIRECTEUR
EXPLOITATION FRANCE
Intrafor-VSL**

Christian Le Monze



**CHARGÉ D'AFFAIRES
TRAVAUX
Intrafor-VSL**

Olivier De Vriendt



**INGÉNIEUR D'AFFAIRES
Spie Fondations**

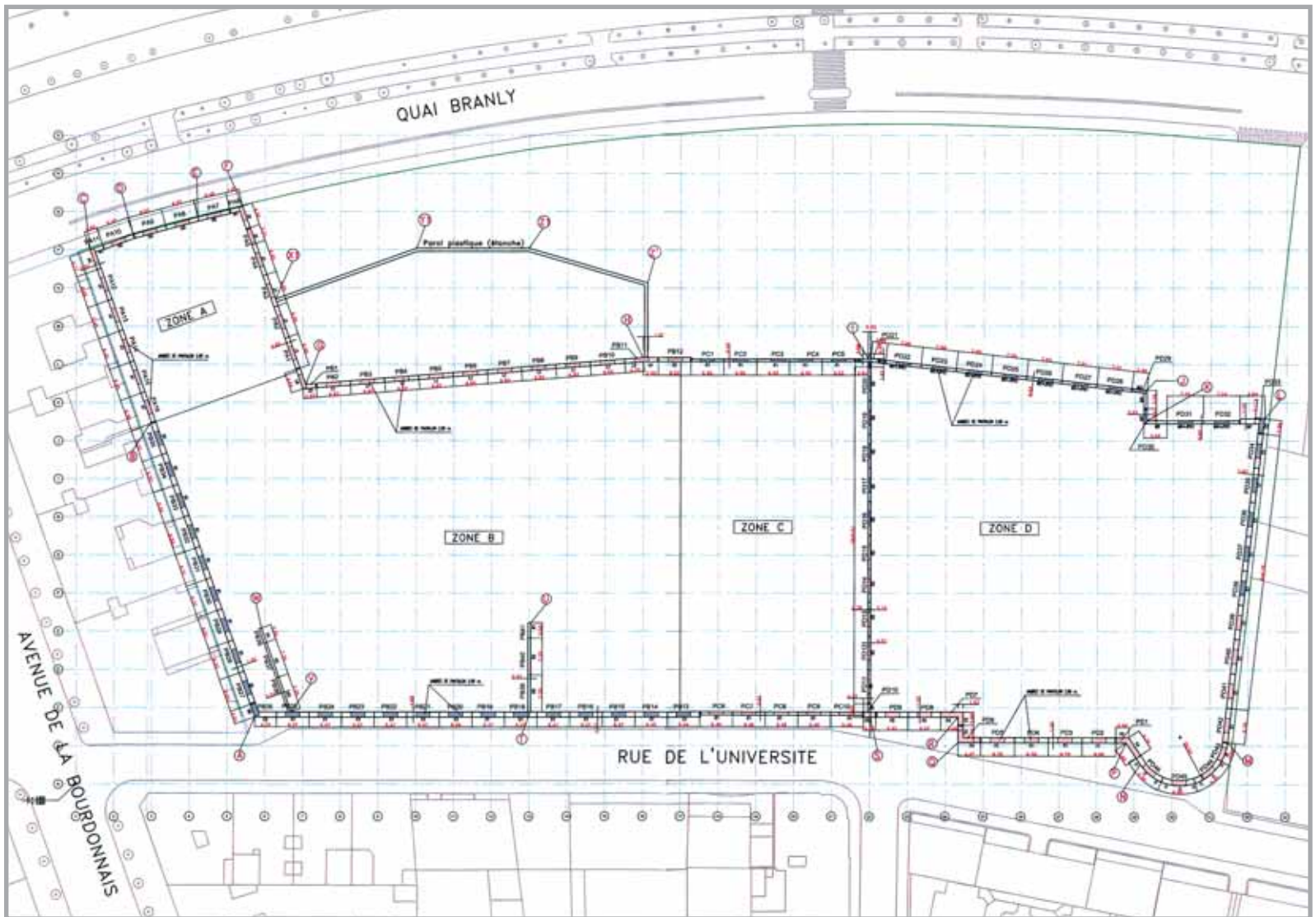


Figure 2
Vue en plan
Plan view

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Etablissement Public du Musée du Quai Branly (Paris XVI^e)

Maitres d'œuvre

- A.J.N. Jean Nouvel Architecte (mandataire)
- Ingerop
- O.T.H.

Groupement solidaire

Intrafor (mandataire)/Spie Fondations



seur de 0,82 m est maintenue par deux lits de butons Ø 700. Vingt-deux pieux Ø 1 000 de fondation ont également été réalisés dans cette zone.

La **zone B** qui comporte l'auditorium, les halls d'accueil et les réserves avec un fond de fouille identique à la zone A (20,50). La paroi a une épaisseur de 0,82 m portée à 1,02 m le long des mitoyens de l'avenue de la Bourdonnais. Elle est maintenue dans l'angle Bourdonnais/Université en partie par des butons, et, en partie, comme pour tout le reste de la zone, par des planchers (construction partielle en taupe). Cette zone comprend également deux parois de fondation (0,52 m d'épaisseur) arasées en fond de fouille.

La **zone C** qui sera utilisée comme réserve sera terrassée jusqu'à la cote 25,05 NGF. La paroi qui a une épaisseur de 0,62 m sera maintenue par les planchers. Les pieux de fondation (52 unités Ø 1 200) ont également été réalisés.

La **zone D** dont le fond de fouille atteint la cote de 16,8 accueillera le parking et les aires de livraison. Le soutènement en paroi a une épaisseur de 1,02 m. Il sera soutenu au fur et à mesure de la descente du terrassement par les planchers (méthode en taupe). On mentionnera enfin une cinquième zone où, face à la zone B, se développe le **théâtre de verdure**. Cette zone est protégée de la nappe extérieure par une coupure étanche dont la perméabilité doit être

inférieure à 10^{-9} m/s et la résistance à l'écrasement de 1 MPa.

Les pieux et les poteaux profondés des zones B et D sont inclus dans les lots suivants de génie civil. Quatre puits de pompage provisoires descendus à la cote 15 NGF assurent l'exhaure des eaux résiduelles, un cinquième puits a pour objet de vérifier dans la zone n° 5 la conformité de la coupure étanche. Cinquante-six drains définitifs (diamètre 200 mm, équipement PVC diamètre 120 mm) sont installés en zone D.

Une partie des terrassements est à la charge du présent lot fondations, et une paroi de soutènement de 0,62 m permet d'assurer la transition entre les fonds de fouille différents des zones C et D.

On précisera, enfin, que l'ensemble des parois de soutènement est exécuté suivant la méthode dite de "jambe de pantalon", chaque panneau ayant une partie de son arase inférieure dans les sables de Bracheux (pour la portance) et une autre partie de l'arase dans les argiles plastiques (pour l'étanchéité).

La difficulté majeure des travaux réside dans la moyenneté de l'ouvrage avec les immeubles de l'avenue de la Bourdonnais d'une part, et de l'annexe de la présidence de la République d'autre part (photo 3). Ainsi des critères limites de déformation de la paroi moulée ont été fixés en fonction des

existants : 10 mm de flèche sur toute la hauteur côté avenue de la Bourdonnais, 15 mm en tête et 20 mm sur la hauteur côté annexe de la Présidence (ainsi que sur les côtés quai Branly et rue de l'Université).

Pour obtenir ces résultats, outre l'adaptation du soutènement en terme de rigidité (épaisseur-ferailage) et de fiche, du phasage des travaux, une précontrainte de 30 à 50 kN/ml est appliquée au niveau de certains planchers (variable suivant les coupes). De plus, comme le montre le profil (figure 3) côté mitoyen avenue de la Bourdonnais, les travaux de paroi moulée ont été décalés par rapport au nu des immeubles, la partie en porte-à-faux du musée s'appuyant sur des pieux Ø 700 réalisés préalablement à l'excavation de la paroi moulée, à l'aide d'une tarière continue comme présenté sur la photo 4. Une poutre plate de couronnement associe en tête la paroi moulée et les pieux qui ont la même assise (arase inférieure à 2,50 NGF). En phase d'excavation les déformations seront suivies à la fois par des relevés topographiques ainsi que par l'intermédiaire de 12 inclinomètres mis en place dans la paroi moulée.

Ces travaux qui ont été réalisés pour leur partie principale en 7 mois ont mobilisé trois à quatre outillages de paroi moulée d'excavation à la benne à câble, une centrale de fabrication de boue, deux outillages de pieux forés boue, une tarière continue, le tout sur la base d'un horaire journalier de 13 heures. En moyenne 45 personnes (75 en pointe), encadrement et compagnons, ont participé à la réalisation de cet ouvrage.

■ LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT EN PHASE TRAVAUX

Une des principales difficultés du chantier réside dans son implantation en zone urbaine, et notamment en mitoyenneté de nombreux riverains. En

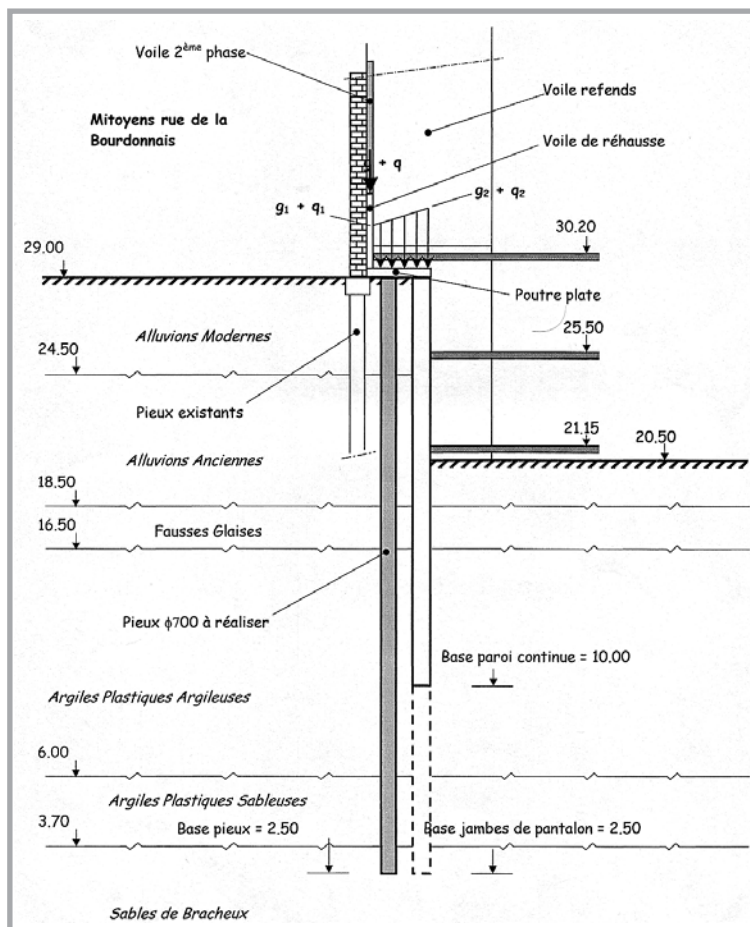


Figure 3
Coupe au droit des mitoyens côté avenue de la Bourdonnais
Cross section of adjoining buildings on Avenue de la Bourdonnais side

Photo 4
Réalisation de pieux de confortement de 30 m à la tarière creuse le long de mitoyens
Execution of 30-metre consolidation piles by hollow auger along the adjoining buildings



Photo 3
Excavation le long des mitoyens
Excavation along the adjoining buildings

► phase d'excavation, les mesures habituelles de déformation accompagnées d'un suivi piézométrique assurent la sauvegarde des immeubles. De plus, sur cette opération le maître de l'ouvrage a souhaité prendre en compte tout spécialement la protection de l'environnement en phase travaux par des mesures spécifiques de vibration (protection des immeubles, des occupants et de leurs activités) et de niveau sonore (protection des riverains) imposant des seuils "orange" de mise en alerte et "rouges" d'arrêt de chantier.

Figure 4
Evolution temporelle voie 2
Evolution of lane 2 over time

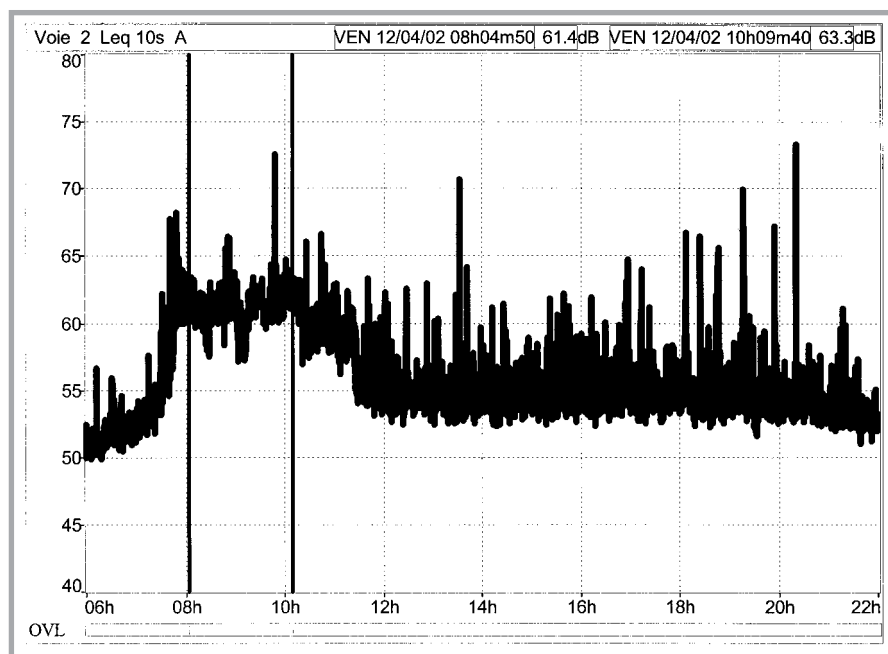


Photo 5
Un des sonomètres
One of the sound-level meters



Les précisions du CCTP

En terme de bruit le seuil critique est fixé à 5 dB (A) au-delà d'un niveau de référence établi hors tous travaux, en situation diurne courante, sur plusieurs zones. On obtient ainsi comme seuil critique : 69 dB (A) à 80 dB (A) le long des immeubles du

Bourdonnais et 67 dB (A) le long de la rue de l'Université.

Les opérations ne pouvant respecter ces seuils étant à programmer en accord avec le maître de l'ouvrage.

En terme de vibrations une limite "orange" a été fixée s'appuyant sur la norme ISO (seuil de perception de 0,1 mm/s mesuré en 1/3 d'octave (RMS) avec un coefficient multiplicateur de 4 suivant l'axe vertical) et ce dans l'esprit de limiter la gêne des riverains. Une limite "rouge" "protège" les structures des immeubles, par référence aux règles techniques annexées à la circulaire du 23 juillet 1986 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement pour les installations classées. Les valeurs sont ainsi de :

- ◆ fréquences comprises entre 4 et 8 Hz : 4 mm/s ;
- ◆ fréquences comprises entre 8 et 3 Hz : 6 mm/s ;
- ◆ fréquences comprises entre 30 et 100 Hz : 9 mm/s.

Le contrôle sur le chantier

Les travaux de mesure ont été réalisés par l'Apave, M. Tantawy apportant son assistance et son expertise.

Le dispositif de mesure des vibrations comportait quatre ensembles tridirectionnels de capteurs sismiques installés en bordure du chantier, dont deux sur les structures des bâtiments de l'avenue de la Bourdonnais, et un sur l'annexe de la présidence de la République.

Le dispositif de mesure acoustique comportait quant à lui quatre sonomètres installés en limite de chantier côté rue de l'Université où les façades des immeubles sont exposées au chantier (photo 5).

Les sismographes et les sonomètres ont été choisis en fonction des conditions du chantier et des impératifs du cahier des charges. Les caractéristiques des ordinateurs gérant les deux systèmes de mesures permettant de répondre aux exigences de stockage et de sauvegarde des données. A titre d'exemple, le disque dur de l'ordinateur de mesure acoustique a une capacité de 85 Go.

Par ailleurs, une étude d'évaluation des niveaux de pression acoustique des engins les plus bruyants a été faite sur le chantier au moyen de sonomètres mobiles avec la collaboration de Intrafor-VSL pour la sélection et la mise en œuvre individuelle de chaque engin. Cette étude a permis au groupement d'optimiser la mise en place des engins. Les deux dispositifs de mesure étaient équipés d'un système d'alarme se déclenchant en fonction des seuils définis dans le cahier des charges. Par ailleurs, les systèmes étaient reliés par modem à l'ordinateur central de l'Apave, afin de vérifier périodiquement les paramètres et les conditions de fonctionnement des dispositifs et éventuellement de répondre rapidement à une demande ponctuelle du chantier

dans les cas exceptionnels de dépassement des seuils. Un système de qualité avait été mis au point relatif aux échanges de renseignements et de données entre l'Apave et Intrafor (fax, téléphone, notes numérotées...) afin d'assurer la traçabilité des opérations et des mesures, et d'éviter le blocage du chantier.

A titre d'exemple, la figure 4 montre les valeurs de niveau sonore obtenues sur une période d'une journée.

Commentaires

Le souci de protection de l'environnement (rive-rains, sous-sol et structures) lors de la réalisation d'un ouvrage nouveau est une préoccupation grandissante pour les maîtres d'ouvrage. Cette opération aura permis de sensibiliser les acteurs à ces problèmes ainsi que de mettre en évidence les difficultés tant en terme de niveau de bruit que de vibration, de fixation de limites, de positionnement des points de mesure et d'application pratique sur un chantier de travaux. Il aura ainsi permis de progresser dans la voie de la prise en compte de l'environnement en phase d'exécution.

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Paroi moulée

- Linéaire : 735 ml
- Epaisseur : variable 500 - 600 - 800 et 1 000 mm
- Hauteur : variable de 20 à 30 m
- Surface : 18,409 m², soit 116 panneaux

Paroi coulis

- Linéaire : 91 ml
- Epaisseur : 0,52 m
- Surface : 990 m²

Pieux

- Rue Bourdonnais : 32 unités Ø 800
- Zone A : 22 unités Ø 1 000

Butons

150 t

Terrassements

- Zone A : 10 200 m³
- Zone C : 7 000 m³

ABSTRACT

State-of-the-art works for the "Musée des Arts Premiers" (Primitive Arts Museum)

Ch. Persoz, Ch. Le Monze, O. De Vriendt

The article describes the special foundation work needed for construction of the infrastructure of the "Musée des Arts Premiers" along Quai Branly in Paris. It emphasizes in particular the environmental protection measures implemented during the works with regard to noise and vibration.

RESUMEN ESPAÑOL

Obras en vanguardia de la tecnología para el museo de las Artes Primarias

Ch. Persoz, Ch. Le Monze y O. de Vriendt

En este artículo se describen las obras de cimientos especiales necesarios para la ejecución de la infraestructura del museo de las Artes Primarias, a lo largo del muelle Branly, en París. Se hace especial hincapié, fundamentalmente, en cuanto a las medidas de protección del medio ambiente implementadas durante las obras, en términos de ruidos y de vibraciones.

La construction



Vue d'ensemble avec le virage sud-ouest en phase d'achèvement

Overall view with the southwest curve in the completion stage



La tribune ouest est prête pour recevoir les premiers gradins préfabriqués

The western grandstand is ready to receive the first prefabricated seats

Genève souhaitait se doter d'un complexe sportif unique en Europe intégrant un stade de 30000 places, un centre commercial et un hôtel. L'entreprise Zschokke Construction a relevé le défi de réaliser le gros-œuvre en 278 jours. Ce "but" est en passe d'être atteint grâce à la préparation du chantier effectué par la cellule méthodologique de l'entreprise qui a opté pour l'optimisation d'outils dédiés à chaque partie de l'ouvrage. Ces outils ont été conçus par la société Sateco et son représentant H.K. Services, à partir de la banche "TP Plus". Le 14 mars 2003, les supporters pourront pénétrer dans ce nouvel antre du ballon rond pour le match d'ouverture, pari tenu !

■ DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'OUVRAGE

Genève, à l'image du club résidant du Servette, souhaite acquérir une identité européenne, et a donc décidé de se doter d'un complexe unique en Europe comprenant :

- ◆ 1 stade de 30000 places ;
- ◆ 1 centre commercial et de loisirs ;
- ◆ 1 bâtiment de liaison avec hôtel, business center, bureaux, pôle médiatique...

■ LA CONCEPTION DU STADE

Le stade est fondé sur pieux avec un radier. La tribune longitudinale Est et les deux tribunes nord et sud sont constituées de :

- ◆ piliers oblongs arrières de hauteur 11,00 m à 18,00 m. Ils supportent la charpente de couverture dont la stabilité sera assurée par des tirants arrières repris en pied de ces poteaux ;
- ◆ une ou deux files de poteaux ronds venant reprendre les crémaillères support de gradins.
- ◆ poutres crémaillères à post-contrainte venant supporter les gradins préfabriqués.

La tribune longitudinale ouest est constituée d'un pilier oblong reprenant la charpente et comporte en complément trois niveaux de dalles constituant la partie technique et les loges.

L'ensemble du stade est ceinturé entre les piliers par un mur d'enceinte qui a la particularité d'être ouvert sur les 6 mètres inférieurs.

■ LES ÉTUDES

L'entreprise Zschokke Construction S.A. a mis en œuvre une cellule méthodologique afin de créer les conditions optimales de réalisation compte tenu des différentes contraintes liées à ce projet. A savoir :

- ◆ un délai de production imposé de 278 jours ;

- ◆ des ouvrages présentant d'importantes variations dimensionnelles ;

- ◆ un budget de réalisation interdisant le recours à des outils spéciaux.

Devant la spécificité d'un tel ouvrage l'entreprise Zschokke s'est également dotée des moyens nécessaires pour réaliser des études poussées avec des bureaux d'études et une école d'ingénieurs notamment sur l'environnement, la formulation du béton et les relevés des pressions reprises par les différents coffrages.

■ SOLUTION TECHNIQUE RETENUE

En collaboration avec HK services et Sateco, l'entreprise Zschokke Construction a choisi l'option de coffrer et couler les éléments en une levée unique. M. Guarnieri (chef du projet de l'entreprise Zschokke Construction) précise :

"C'était à nos yeux la seule solution pour garantir la réalisation de l'ensemble dans le délai souhaité de 278 jours... A ce jour le challenge est en passe d'être réalisé, nous accusons 6 jours de retard et cherchons les solutions permettant de le rattraper."

A sa décharge il convient de noter que ce léger retard s'explique en majeure partie par les conditions de grand froid qui sont intervenues au cours des deux derniers mois de 2001 en Suisse et qui n'ont pas permis de "coller" à la planification prévisionnelle.

La banche "TP plus" Sateco a été retenue car il s'agit du produit polyvalent spécialement adapté aux grandes hauteurs :

- ◆ la robustesse de cette banche a déjà fait ses preuves sur de nombreux chantiers et autorise l'utilisation du béton auto-plaçant, y compris pour des pièces de grande hauteur ;

- ◆ les panneaux standards intègrent tous les platelages, garde-corps et protection de contournement permettant une parfaite sécurité des utilisateurs ;

- ◆ la stabilité standard est prévue pour tous les cas

du stade de Genève



De gauche à droite : pilier de hauteur 16 m partiellement décoffré - Coffrage de pilier avec bâche pour le confinement - Coffrage des piliers de la tribune est, hauteur 11 m

From left to right : pillar 16 m high, with shuttering partly removed - Pillar shuttering with tarpaulin for confinement - Shuttering of pillars on the eastern grandstand, 11 metres high

de figure, y compris pour des hauteurs atteignant 16,00 m ;

- ◆ la rigidité de cette banche permet d'utiliser les ossatures sans peau coffrante en pied ;
- ◆ la conception du panneau permet une adaptation aisée aux différents cas spécifiques rencontrés.

■ LES PRINCIPAUX OUTILS MIS EN ŒUVRE

Ils se composent de :

- ◆ 2 coffrages pour piliers oblongs H = 16,00 m section = 1,60 ou 1,30 m x 0,80 m ;
- ◆ 1 coffrage pour crémaillère haute pour les zones droites ;
- ◆ 1 coffrage pour crémaillère haute pour les zones virages ;
- ◆ 1 coffrage pour crémaillère basse pour les zones droites ;
- ◆ 1 coffrage pour crémaillère basse pour les zones virages ;
- ◆ 1 coffrage pour mur d'enceinte pour les zones droites ;
- ◆ 1 coffrage pour mur d'enceinte pour les zones virages.

Les deux coffrages pour piliers oblongs

Ils ont été réalisés à partir de :

- ◆ une structure en banches "TP plus" sans peau coffrante assurant l'accès des utilisateurs, la stabilité au vent et la reprise des poussées béton ;
- ◆ une peau métallique montée en usine dans le coffrage avec des assemblages auto-centreurs afin de garantir un fini béton impeccable.

Le béton utilisé a fait l'objet d'une mise au point en fonction des critères rhéologiques. De plus, en phase hivernale ce coffrage était équipé d'une bâche permettant un réchauffement de l'air avant bétonnage. Des jauges de contraintes étaient mises

en place dans le cadre du premier pilier. Fort de ces résultats, le bétonnage de chaque pilier est effectué à l'aide d'une pompe avec une durée totale de coulage n'excédant pas 2 heures pour les piliers de 16,00 m bétonnés en une seule opération.

Les deux coffrages de crémaillères hautes pour les zones droites et virages

Ils ont été mis au point à partir de :

- ◆ deux faces planes de coffrage "TP plus" venant prendre référence sur le radier, les panneaux inférieurs non coffrants n'étant pas équipés de face coffrante ;
- ◆ un coffrage de masque supérieur adapté aux sections des gradins. Ce coffrage est équipé de trappes pour permettre le bétonnage. Il est suspendu sur les coffrages latéraux par des bras réglables ;
- ◆ un coffrage de fond de moule (conçu et fabriqué en collaboration entre Zschokke et HK Services) adapté aux différentes variations de dimensions et permettant de laisser en place des étais intermédiaires lors de la période de cure. Ces fonds ont été montés sur des vérins hydrauliques afin d'optimiser le réglage.

Le bétonnage de chaque élément est effectué à l'aide de béton auto-plaçant afin d'éviter toutes les opérations de vibration. Les crémaillères de la zone droite sont directement injectées en pied tandis que les crémaillères de la zone virage, plus importantes, sont coulées par le haut avec la même qualité de béton.

Les deux coffrages de crémaillères basses pour les zones droites et virages

Ils ont été mis en œuvre à partir de :

- ◆ deux faces planes de coffrage "TP plus" venant reposer sur le béton de propreté ;
- ◆ un coffrage de masque supérieur adapté aux sec

CALENDRIER

- 28 août 2001 : début du chantier
- 6 novembre 2001 : début de réalisation du radier
- 2 janvier 2002 : début de réalisation du premier élément vertical
- Fin septembre 2002 : date prévisionnelle de la fin de la structure du stade
- 30 octobre 2002 : date prévisionnelle d'ouverture du centre commercial et de loisirs de Jelmoli
- 14 mars 2003 : date prévisionnelle du premier match de football

De gauche à droite : l'outil de crémaillère haute de la zone virage - La jonction de l'outil de crémaillère sur le pilier a fait l'objet d'une très grande attention - L'outil de crémaillère haute de la zone droite

From left to right : the upper stair carriage formwork in the curve area - Very close attention was paid to the junction between the stair carriage formwork and the pillar - The upper stair carriage formwork in the right-hand area



Le mur d'enceinte sud-ouest avec bâche de protection pour la cure du béton

The southwest enclosure wall with protective tarpaulin for concrete curing



L'outil mur d'enceinte virage hauteur 16 m

The curve enclosure wall formwork 16 m high

L'outil mur d'enceinte virage hauteur 16 m

The curve enclosure wall formwork 16 m high



Bétonnage à la pompe du mur d'enceinte virage

Pump concreting of the curve enclosure wall

tions des gradins. Ce coffrage est équipé de trappes pour permettre le bétonnage. Il est suspendu sur les coffrages latéraux par des bras réglables.

Les deux coffrages de murs d'enceinte pour les zones droites et virages

Ces murs d'enceinte, de forme polygonale, sont situés entre les piliers oblongs et ont une hauteur variant de 5 à 10,00 m, mais présentent la particularité de prendre naissance 6,00 m au-dessus du radier.

Réalisés à partir de :

- ◆ deux faces planes de coffrage banches "TP plus" venant reposer sur le radier. La hauteur totale du coffrage variant entre 11,00 et 16,00 m avec des banches basses qui ne sont pas équipées de face coffrante sur une hauteur de 6,00 m. La longueur de l'outil atteignant 15,00 m pour les murs les plus longs;
- ◆ un fond de moule plan monté sur étaie avec dispositif de décintrage.

Un ancrage particulier en tête et en partie centrale de pilier a été monté pour éviter le déversement sous l'effet de la poussée au vide pour le mur d'enceinte des zones virages.

Autres coffrages utilisés

Plusieurs éléments participant également à la mise en œuvre sont à mentionner :

- ◆ la banche Sateco SC 9010 pour la réalisation

La banche SC 9010 utilisée sur les loggias

Shuttering panel SC 9010 used on the loggias



des cages d'escalier et les voiles des loges de la tribune ouest;

◆ la plate-forme PRM Sateco pour la mise en sécurité en partie arrière de la tribune ouest, ainsi qu'en tête de certains piliers oblongs qui devaient être rehaussés en seconde opération;



La protection arrière de la tribune ouest avec des plates-formes PRM

Rear protection of the western grandstand with PRM platforms

◆ les coffrages de poteaux ronds et oblongs spécifiques fournis et mis en place par la société HK Services, représentante en Suisse de la société Sateco;

◆ les tables de plancher utilisées pour les dalles intermédiaires de la tribune ouest ont été fournies et mises en place par la société HK Services. Ces tables conçues à partir de composants en aluminium sont particulièrement aisées à adapter aux différentes hauteurs grâce à leur système de bracons.



Les tables utilisées pour la tribune ouest

The tables used for the western grandstand

La banche "TP plus" et la banche SC9010 ont été les coffrages utilisés pour la réalisation de l'hôtel et du centre commercial.

CONCLUSION

La construction de ce complexe aura permis :

◆ à Sateco, après le Stade de France, d'enrichir son expérience dans la réalisation de tels complexes sportifs;

◆ à Zschokke Construction de confirmer son image de leader dans le secteur de la construction Suisse.

Et elles se tiennent prêtes à relever les futurs défis...

ABSTRACT

Construction of the Geneva stadium

A. Meunier

Geneva wanted to have a sports complex unique in Europe, incorporating a 30,000-seat stadium, a shopping centre and a hotel. The Zschokke Construction firm was able to meet the challenge of executing the structural work in 278 days. This « goal » is nearing attainment thanks to site preparation work performed by the firm's work engineering unit, which opted for optimisation of sectional formwork dedicated to each section of the structure. This formwork was designed by Sateco company and its representative H.K. Services, based on the « TP Plus » shuttering panel. On 14 March 2003, supporters will be able to enter this new football arena for the opening match, the challenge having been met!

RESUMEN ESPAÑOL

Construcción del estadio de Ginebra

A. Meunier

La villa de Ginebra deseaba dotarse de un complejo deportivo único en Europa compuesto por un estadio de 30.000 asientos, un centro comercial y un hotel. La empresa Zschokke Construction ha sabido aceptar el reto consistente en la ejecución de la obra estructural en 278 días. Tal "objetivo" se encuentra en trance de ser alcanzado debido a la preparación de las obras llevadas a cabo por la célula metodológica de la empresa, que ha optado por la optimización de herramientas dedicadas a cada tramo de la estructura. Tales herramientas se han proyectado por la sociedad Sateco y su representante H.K. Services, tomando como punto de partida el encofrado "TP Plus". El 14 de marzo de 2003, los aficionados podrán penetrar en este nuevo antro de la pelota redonda para el partido de la inauguración. Reto cumplido...

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage délégué

Société A.T.O.N. - Genève

Maître d'œuvre

Zschokke entreprise générale S.A.

Mandataires

• Architectes : Mocellin, Steiger Partner, Richardet-Saini

• Ingénieur civil : Bureau Temblet S.A.

Entreprise principale et direction technique

• Zschokke Construction S.A.

• Belloni S.A.

Fournisseurs de coffrages

• Sateco S.A

• HK. Services

QUELQUES CHIFFRES

- Stade 30 000 places
- 17 000 m³ de béton dont 9 000 m³ pour le radier
- 2 600 t d'acier
- 4 grues à tours
- Effectif : 80 personnes en pointe

Le génie civil urbain et technologique RGC&U

L'article traite des travaux de recherche et de développement qui sont menés actuellement dans le domaine du génie civil urbain. Le réseau de recherche et d'innovation technologiques est présenté comme cadre général et structurant des activités de recherche publique et privée en France. Les principaux thèmes y sont présentés en même temps que leurs évolutions récentes. L'insuffisance des réflexions face à la demande sociale dans le domaine de l'urbain y est pointée, notamment au regard des élus des collectivités territoriales qui ont des stratégies qui requièrent des données fiables pour opérer des choix.

Pour y remédier le comité d'orientation du réseau a décidé de lancer un appel à propositions pour vivifier la réflexion sur ce thème et faire émerger des compétences nouvelles. Les profils des réponses sont analysés par centres d'intérêts ainsi que l'adéquation de celles-ci face aux attentes des élus. Satisfaisant en nombre de réponses, l'appel à proposition démontre que certains champs, comme les infrastructures pour les déplacements urbains, sont encore peu explorés.

Dans la troisième partie l'IREX – Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation en génie civil – relate le contenu des Rencontres Techniques 2002 en présentant les Projets nationaux en cours ou sur le point de se terminer et qui devraient de par leurs contenus et leurs résultats infléchir très significativement la conception des ouvrages urbains et encore plus leurs méthodes de réalisation. Des perspectives proposant d'autres approches ou de nouveaux matériaux sont avancées.

■ QU'EST-CE QUE LE RÉSEAU GÉNIE CIVIL ET URBAIN ?

Le Réseau Génie Civil et Urbain a été créé en avril 1999 par les ministères chargés de la Recherche et de l'Équipement, pour favoriser le couplage entre la recherche publique et les entreprises. Son comité d'orientation est composé de 20 membres qui ont des hautes responsabilités techniques chez des grands maîtres d'ouvrage, entreprises, bureaux d'étude et laboratoires.

Une quarantaine de projets ont déjà été labellisés puis financés. En 2001, 4,7 M€ de subventions d'État ont été engagées, sur un total de 18 M€ de financement des différents projets, tous partenaires confondus.

L'IREX a un rôle important dans le montage et le pilotage de la recherche collective (via des "Projets nationaux"), les partenariats public/privé et l'implication forte d'acteurs comme les entreprises. Par exemple, les recherches récentes sur BHP 2000, CALIBÉ, et les bétons autoplaçants :

- ◆ associent étroitement les maîtres d'ouvrage, les entreprises et les laboratoires ;
- ◆ permettent de faire émerger des sujets importants de recherche amont ;
- ◆ et débouchent sur des résultats vraiment utilisables par les praticiens des entreprises, maître d'œuvre, etc.

Un projet en cours de montage comme l'ingénierie de la sécurité incendie illustre bien le dynamisme de l'IREX et sa grande capacité à mobiliser par exemple des bureaux de contrôle et même des assureurs.

De nombreux autres projets, très significatifs mais en général de plus petite taille, sont proposés au RGC&U par des "réseaux" de partenaires, par exemple : un maître d'ouvrage, une entreprise et un laboratoire.

Les huit thèmes prioritaires du RGC&U résultent d'une analyse approfondie menée par Jean Berthier et Félix Darve :

- ◆ matériaux et méthodes constructives ;
- ◆ risques liés au sol et à l'hydrologie ;
- ◆ suivi, diagnostic et entretien des constructions ;
- ◆ construction et environnement : réduction des déchets et des polluants ;
- ◆ réduction des nuisances sonores et des vibrations ;
- ◆ suivi, diagnostic et entretien des réseaux urbains ;
- ◆ conception et entretien des voiries et des aménagements urbains ;
- ◆ instrumentation et outils informatiques.

■ LA DYNAMIQUE DU RGC&U POUR ACCENTUER L'EFFORT SUR L'URBAIN

La quarantaine de projets labellisés fin 2001 par le comité d'orientation du RGC&U couvre ces thèmes mais malheureusement avec un certain déséquilibre par rapport à l'importance des enjeux socio-économiques associés ; les sujets liés au génie civil urbain et à l'environnement restent donc à dynamiser.

Toutefois, il y a déjà plusieurs exemples de projets urbains significatifs :

- ◆ certains Projets nationaux IREX comme RERAU (réhabilitation des réseaux d'assainissement), Clé de Sol (galeries multi-réseaux) ;

- ◆ plus récemment :

- métro de Toulouse (retour d'expérience grand chantier) ;

- Riviera (outil de gestion des sous-sols urbains et des risques en ville : équipements, réseaux, archéologie).

Pour illustrer l'actuelle répartition des études, le tableau I compare les proportions par famille de sujets.

Il est ainsi possible de voir que la proportion de projets récents touchant à l'environnement et à l'urbain croissent sensiblement.

Le RGC&U a reçu la demande en 2001 d'Alain Costes, Directeur de la Technologie, et de François Perdrizet, Directeur de la DRAST, d'accentuer l'effort dans le domaine urbain.

Le comité d'orientation a donc créé un atelier spécial du RGC&U, animé par Marcel Miramond, proposant un plan d'action et des thèmes prioritaires ; ce travail a été complété par des entretiens de la cellule du RGC&U avec l'Association des ingénieurs Territoriaux de France (AITF).

Une décision du comité d'orientation du RGC&U le 27 février 2002, a été prise au vu des propositions de cet atelier et elle a porté sur le lancement d'un appel à propositions du RGC&U sur les "Technologies des infrastructures urbaines". Les mots clés du texte de l'appel sont les suivants :

- ◆ conception, réalisation, maintenance, gestion, re-conception (ex. réhabilitation de quartiers)... ;
- ◆ propriétés d'usage ou niveaux de performance... ;
- ◆ "infrastructures" au sens large :
 - réseaux traditionnels,
 - équipements urbains,
 - utilisation du sous-sol... ;
- ◆ techniques innovantes, méthodes de modélisa-

le réseau

Michel Ray
PRÉSIDENT DU COMITÉ
D'ORIENTATION DU RGC&U

DIRECTEUR SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE,
Groupe EGIS et Scetauroute

tion, systèmes d'organisation de ces techniques ;

◆ intégrer plusieurs points de vue :

- analyse multi-critères,
- méthodologies d'aide à la décision,
- approche systémique ;

◆ partenariat... mise en réseau... sur une ville donnée... implication des maîtres d'ouvrage...

Il était également dit que le RGC&U faciliterait les projets qui répondront à une **demande** (problématique urbaine : plans de déplacements, opération d'aménagement, renouvellement urbain) et donneront une **solution** en terme de génie civil.

Le calendrier a été assez serré :

◆ propositions remises le 15 mai 2002 ;

◆ examen au comité RGC&U le 12 juin 2002.

Quelques réflexions et exemples illustratifs étaient donnés en annexe à l'appel à propositions et concernaient les infrastructures urbaines, le sous-sol urbain, les outils d'aide à la décision, afin d'illustrer le contexte et les enjeux et quelques types de questions qui se posent.

Dans un numéro récent du *Moniteur*, J. Cabanieu citait une étude anglaise "The best value for cost" dans laquelle il était montré que pour un équipement public, les coûts relatifs étaient schématiquement les suivants :

◆ coût d'investissement : 1 ;

◆ maîtrise d'œuvre : 0.10 à 0.15 ;

◆ entretien actualisé pendant la durée de vie d'un ouvrage : 5 ;

◆ exploitation actualisée (y compris charges de personnel) : 200.

Ceci montre, s'il était encore besoin de le faire, qu'innover en prenant très bien en compte les qualités et les coûts d'usage et de fonctionnement, est fondamental. C'est donc aussi ce qui a été demandé dans l'appel à propositions.

■ QUELQUES ÉLÉMENTS INTÉRESSANTS D'INFORMATION SUR LES BESOINS DES ÉLUS DE COMMUNES URBAINES

Une étude Sofrès de février 2002, commandée par le Club Ville et Aménagement, et effectuée auprès de 307 maires ou maires adjoints responsables des aménagements, dans des communes de plus de 100 000 habitants, s'est intéressée aux préoccupations des municipalités urbaines en matière d'aménagement. Les quelques extraits des résultats de cette étude très intéressante, ont été

	RGC&U Ensemble des dossiers sur 4 ans	A comparer avec les 55 thèses de doctorants en cours	Pré-projets 2002 (projets récents soumis au RGC&U)
Conception, Construction et Durabilité	64%	44%	41%
Environnement, Qualité Environnementale	20%	32%	36%
Techniques et Gestion Urbaine	16%	24%	23%

Tableau I
Table I



Figure 1
Bien armés ou démunis...
Well armed or helpless...

choisis car ils donnent un éclairage direct sur les besoins exprimés par ces grands élus (cf. figures 1 à 5).

A propos de la figure 1

Commentaires du RGC&U

1. Si trouver les financements est de très loin la préoccupation majeure, développer des recherches qui optimisent vraiment les investissements, pour diminuer leur coût, voire augmenter leurs performances, en valorisant les innovations, a vraiment du sens.

2. Si des méthodes solides et transparentes, par exemple multi-critères, sont développées, "mettre tout le monde d'accord" peut s'en trouver facilité.

A propos de la figure 2

Commentaires du RGC&U

Les innovations qui donneront des méthodologies ou des outils performants aux pilotes stratégiques, techniques ou aux concepteurs pourront contribuer



Figure 2
La principale difficulté d'une opération d'aménagement
The main difficulty of a development operation



Figure 3
Les attentes d'aide et de services
Expectations of help and services

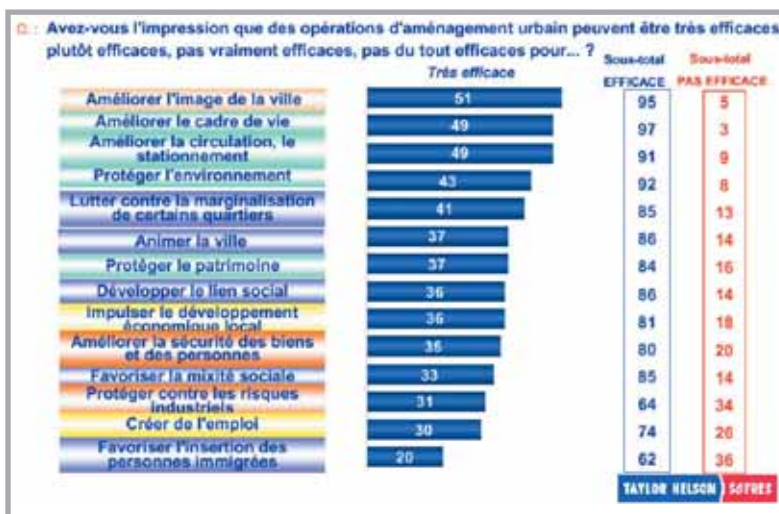


Figure 4
Efficacité des opérations d'aménagement urbain
Efficiency of urban development operations



Figure 5
Les projets d'aménagement actuels
Current development projects



à apporter des réponses significatives aux besoins des élus.

A propos de la figure 3

Commentaires du RGC&U

1. Une large proportion des innovations en génie civil urbain contribuent à une meilleure gestion des déplacements.
2. Il peut arriver que certaines technologies, par exemple dans les systèmes de transports intelligents, contribuent directement ou indirectement à la sécurité.

A propos de la figure 4

Commentaires du RGC&U

L'image d'efficacité, auprès des élus, d'actions pour améliorer la circulation et le stationnement et protéger l'environnement, se confirme ici comme très forte.

A propos de la figure 5

Commentaires du RGC&U

Ces statistiques montrent que le génie civil urbain continue et continuera à être un marché porteur (réaménagement d'espaces publics, réhabilitation de l'ancien, amélioration des déplacements, infrastructures collectives, etc.).

■ EN GUISE DE CONCLUSION

Il ressort de ce qui précède qu'investir dans l'innovation dans le domaine du génie civil urbain aura donc de plus en plus de sens. Et ceci est vrai pour tous les acteurs : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, industriels et laboratoires de recherche. Compte tenu des caractéristiques de notre secteur, l'expérience montre que c'est quand tous ces acteurs travaillent effectivement en réseau que les résultats sont les plus performants (identification pertinente et rapide des vrais besoins, vision du marché et des perspectives de développement rentable, astuces technologiques et regard perspicace sur la faisabilité pratique des solutions, rigueur scientifique de la recherche et qualité de la veille technologique internationale, etc.). C'est l'ambition du RGC&U que d'être un catalyseur et un levier pour que ces innovations soient proposées, qu'elles puissent être cofinancées, qu'elles voient le jour, et qu'elles soient effectivement utiles, utilisables et utilisées sur le terrain au service des usagers, en France et à l'export. Je voudrais saisir cette occasion pour remercier chaleureusement tous les acteurs de ces innovations : les équipes projets, et les personnes qui les accompagnent de près ou de loin, comme les membres du comité d'orientation du RGC&U, la cellule du RGC&U, et l'IREX.

L'appel à propositions du RGC&U sur les technologies des infrastructures urbaines

■ POURQUOI UN "APPEL À PROPOSITIONS"?

Au début de l'année 2002 le comité d'orientation du RGC&U a procédé à un examen des thèmes soutenus au travers des projets "labellisés" depuis 1999. Il apparaît que les secteurs traditionnels du génie civil – matériaux, méthodes constructives, géotechniques... – y sont depuis longtemps et restent très bien représentés. Cette tendance forte se retrouve au niveau européen dans une étude récente commandée par la DRAST pour une synthèse des travaux de recherche liés au génie civil dans le 5^e PCRD.

Compte tenu de la demande sociale et sur la demande des ministères chargés de l'Équipement et de la Recherche, le comité a décidé de dynamiser le secteur de l'urbain en lançant un appel à propositions sur les technologies des infrastructures urbaines dont les principaux mots clés ont été rappelés dans l'article précédent, signé par Michel Ray.

A long terme il s'agit pour le RGC&U de contribuer à la création d'un corpus de connaissances global et cohérent sur le champ des techniques urbaines, en insistant sur les liens et les interactions entre les différentes fonctions des infrastructures, visant à offrir des outils utilisables par tous les acteurs confrontés à la dimension technique de la ville.

L'interdisciplinarité requiert ainsi des partenariats d'un type nouveau intégrant notamment des dimensions sociologiques.

■ LE CALENDRIER ET LES RÉSULTATS

L'appel a été lancé à la mi-mars via un numéro spécial du bulletin du RGC&U (3 000 destinataires) et mis sur le site (<http://www.rgcu.prd.fr>) du réseau. La date limite de réception des dossiers avait été fixée au 15 mai pour permettre, en remontant le calendrier, une délibération du comité lors de sa session d'été en juin pour un montage administratif et financier des dossiers sélectionnés à la fin de l'été et à l'automne, afin d'attribuer les subventions sur le budget 2002.

Quatorze dossiers ont été reçus dans les délais impartis ce qui peut être considéré comme une



DR

consultation "fructueuse" par rapport à d'autres opérations équivalentes.

Quatre propositions ont été "labellisées" dès la réunion du 12 juin 2002. Une cinquième pourrait l'être assez rapidement après précision des objectifs.

Quatre autres propositions pourront être réexaminées par le comité si leurs auteurs acceptent de les retravailler sur le fond.

■ LES PROFILS DES RÉPONSES

Toutes les réponses se situent, bien sûr, dans la famille "Techniques et gestion urbaine" au sens de la troisième ligne du tableau I de l'article de Michel Ray.

Elles peuvent se regrouper par centres d'intérêt :

- ◆ cinq d'entre-elles concernent les eaux pluviales et leur gestion ;

- ◆ deux sont relatives aux réseaux d'assainissement ;



Microtunnelier, puits d'entrée
Microtunneller, entry shaft



Microtunnelier, puits de sortie
Microtunneller, exit shaft

- ◆ deux se préoccupent des mouvements de terrain et des vibrations dans les sols ;
- ◆ deux touchent aux réseaux en général et aux procédures de décision les concernant ;
- ◆ une concerne les réseaux d'eau potable ;
- ◆ une s'intéresse aux questions d'acoustique des grands espaces ;
- ◆ une s'attache au patrimoine et à la gestion du bâti en cas de désordres.

Le plus grand nombre, relatif toutefois, de propositions concernant les eaux pluviales témoigne peut être de préoccupations relatives aux impacts du changement climatique, mais sûrement du manque de recherches et de technologies innovantes dans ce secteur.

On remarquera l'absence de propositions dans plusieurs domaines : les chaussées, la végétation, l'éclairage, les équipements de transport... cela renvoie aux difficultés rencontrées dès que l'on touche à l'interdisciplinarité et aux innovations dans des champs peu explorés.

Les durées annoncées des projets vont de un an à cinq ans avec une forte proportion à 2 ans qui paraît la durée optimale aux yeux du comité.

Les budgets totaux par projet proposé vont de 0,5 M€ à 9,45 M€ avec 0,85 M€ comme valeur la plus fréquente. A ce stade ces valeurs ne sont qu'indicatives car les montages financiers avec les projets labellisés n'ont pas encore été discutés.

Les partenariats sont riches puisqu'ils vont de deux à dix participants avec une forte majorité à 6.

On notera, et cela n'a rien de surprenant mais confirme la pertinence du thème, que des collectivités territoriales sont impliquées pratiquement dans tous les projets.

Les quatre projets labellisés dès le 12 juin dernier concernent :

- ◆ les réseaux d'eau potable ;
- ◆ les bassins d'infiltration ;
- ◆ les boues d'assainissement ;
- ◆ le profil spécifique des réseaux d'assainissement des villes moyennes.

■ L'ADÉQUATION DES RÉPONSES FACE AUX ATTENTES DES ÉLUS

Les commentaires de l'étude Sofrès, présentés par M. Ray dans la première partie de l'article, font ressortir six préoccupations majeures pour les municipalités :

- 1** - Innover pour optimiser les investissements en diminuant les coûts ou en augmentant les performances.
 - 2** - Mettre au point des méthodes d'aide à la décision pour "mettre tout le monde d'accord".
 - 3** - Proposer des méthodologies et des outils performants en vue du pilotage stratégique, du pilotage technique et de la conception.
 - 4** - Innover pour une meilleure gestion des déplacements urbains et pour une amélioration de la sécurité.
 - 5** - Améliorer la circulation, le stationnement et la protection de l'environnement.
 - 6** - Soutenir le marché par le financement d'opérations de réhabilitation et de réaménagement.
- Une première analyse des quatorze dossiers reçus conduit au constat suivant :
- ◆ 5 dossiers répondent à la préoccupation n° 1 ;
 - ◆ 7 à la n° 2 ;
 - ◆ 9 à la n° 3 ;
 - ◆ 7 à la n° 6.

Les "questionnements" 4 et 5 n'ont pas suscité de propositions, tout en remarquant, à la décharge des proposant, que ces questionnements ne figuraient pas de manière explicite dans l'appel à propositions dans la mesure où l'étude de la Sofrès n'avait pas encore été exploitée.

■ UN PREMIER CONSTAT EN FORME DE CONCLUSION

Le nombre de projets reçus est satisfaisant compte tenu, notamment, des délais relativement "serres" qui étaient imposés.

Les centres d'intérêt proposés présentent une "ouverture disciplinaire" par rapports aux seuls réseaux d'assainissement qui constituaient jusqu'à présent, pour le RGC&U, l'essentiel de l'activité dans le champ de l'urbain. Cependant il subsiste une "lacune", au sens des attentes des collectivités locales, dans le champ des équipements et des infrastructures à destination des déplacements urbains.

Bravo aux innovateurs de cet appel à propositions ! Et bonne chance à leurs successeurs, qui continueront à relever les défis, liés à la forte demande sociale pour l'urbain, à travers les innovations sur les technologies des infrastructures urbaines !

Le génie civil et la ville

La contribution de l'IREX par les Projets nationaux et les "Rencontres"

Les Rencontres Techniques 2002 de l'IREX (Institut pour la recherche appliquée et l'expérimentation) a été l'occasion, comme le souhaitait la Mission génie civil de la DRAST (Direction de la Recherche et des Affaires scientifiques et techniques) du ministère de l'Équipement de s'intéresser plus particulièrement aux recherches susceptibles d'améliorer la réalisation des travaux de génie civil en ville et de réduire les nuisances qu'ils entraînent.

LE CONSTAT DE LA SITUATION ACTUELLE

La réalisation de travaux de génie civil en ville entraîne des nuisances et gêne que les habitants sont de moins en moins enclins à supporter comme :

- ◆ la diminution des emprises du domaine public et la gêne à la circulation des automobilistes et des piétons ;
- ◆ la gêne pour les riverains confrontés à des difficultés d'accès, à la boue, à la poussière et aux bruits qui deviennent de plus en plus un sujet majeur de contestations.

Si les travaux sur le foncier privé contribuent aux nuisances citées ci-dessus, il est évident que ceux exécutés sur le domaine public et notamment les tranchées sont très impliqués.

Ce constat a été illustré par un film de 3 minutes qui a bien montré l'importance de ces nuisances. Ce film peut d'ailleurs être mis à la disposition de personnes qui souhaiteraient informer et sensibiliser leurs interlocuteurs sur...

Ce constat a été illustré par un film de 3 minutes qui a bien montré l'importance de ces nuisances. Ce film peut d'ailleurs être mis à la disposition de personnes qui souhaiteraient informer et sensibiliser leurs interlocuteurs sur...

LES MOYENS EXISTANTS AUJOURD'HUI POUR TENTER D'Y REMÉDIER

S'il n'existe pas aujourd'hui de Projet national de recherche et développement traitant de tous ces problèmes, plusieurs projets terminés ou en cours apportent ou apporteront des solutions permettant d'y remédier au moins partiellement.

Il s'agit des résultats pratiques, de trois Projets nationaux qui permettent de rêver à une ville sans tranchée.

Le premier **RERAU** dont les retombées sont très grandes, concerne la réhabilitation des réseaux



A10 - Coulombiers.
Mise en œuvre d'éléments
préfabriqués en PRV

A10 - Coulombiers.
Application of GRP
prefabricated elements

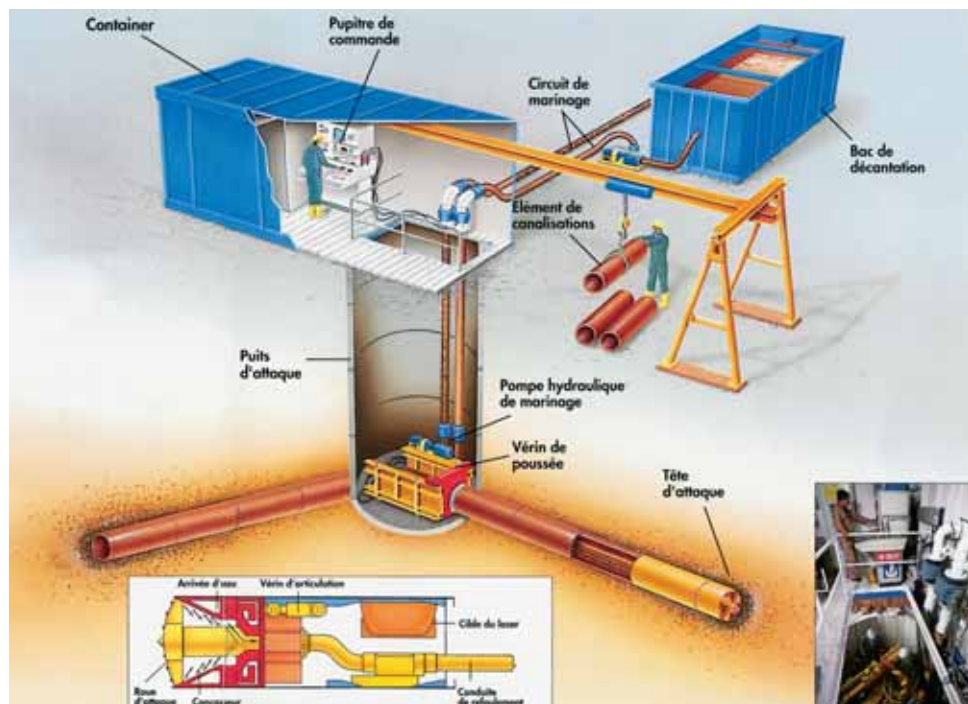


Schéma de fonctionnement d'un microtunnelier

Operating diagram of a microtunneller

d'assainissement (sur une longueur totale de réseaux en France de 160 000 km, on peut estimer que 10 % sont vétustes et à réhabiliter).

Il a permis de mettre au point des méthodes de réhabilitation ne nécessitant pas l'ouverture de tranchée.

La synthèse des résultats relative à la restructuration des collecteurs visitables fera l'objet d'un guide technique en deux tomes dont un premier sera publié avant fin 2002 et le deuxième avant fin 2003.

Le deuxième projet dénommé **Microtunnels** vient de s'achever. Il offre plusieurs possibilités pour évi-

► ter d'ouvrir une tranchée lorsqu'il faut poser de nouvelles canalisations, voire de remplacer les anciennes en mauvais état. Il s'agit de l'emploi de microtunneliers mais aussi de la technique des forages dirigés pour les canalisations de faibles sections.

D'ici la fin 2002, deux guides techniques seront publiés :

- ◆ l'un sur l'emploi des microtunneliers ;
- ◆ l'autre sur les forages dirigés.

Enfin, le troisième en cours dénommé **CLÉ de SOL** concerne les galeries multiréseaux.

C'est le projet le plus ambitieux qui répond aux deux préoccupations qui prennent de plus en plus d'importance "le développement durable" et "le respect de l'environnement" sans pour autant être considéré par ses responsables comme la solution s'imposant dans tous les cas mais plutôt une solution alternative aux solutions traditionnelles à ne retenir qu'après une étude comparative où tous les aspects techniques, économiques ou socio-économiques seraient pris en compte avant de choisir.

Un exemple de galerie multiréseaux

Example of a multiple-network cable tunnel



La galerie où l'on peut rassembler dans un espace réduit tous les réseaux offre le maximum d'avantages encore faut-il que ceux-ci compensent le surcoût initial dû à la construction de la galerie. L'objectif final de ce projet est de mettre à la disposition des maîtres d'ouvrage, dans le cas présent essentiellement les maires et leurs services techniques et des maîtres d'œuvre, un guide technique sous forme de fiches pour, dès l'origine, prendre en compte dans les études la variante galerie, puis d'accompagner la demande jusqu'à la réalisation et l'exploitation en passant par le montage du financement de l'opération.

Les bétons autoplaçants (B@P) qui vont permettre de supprimer les vibrations et le bruit qu'impliquent les bétons classiques, faciliter la mise en œuvre et réduire la durée des chantiers, et le vibrofonçage, beaucoup moins pénalisant pour l'environnement immédiat que le battage, sont des projets nationaux plus récents mais qui suscitent aussi beaucoup d'intérêt.

Toutefois il ne faut pas croire que seul le coût économique global est susceptible de justifier un choix car, comme les participants à la table ronde clôturant ces Rencontres – et notamment les deux maires présents Claude Pernès, maire de Rosny-sous-Bois président de l'Association des maires de l'Ile-de-France, et de François Kosciusko-Morizet, maire de Sèvres – ont insisté, après avoir rappelé l'intérêt de ces nouvelles techniques qu'ils ont déjà mis en œuvre, sur le problème de l'acceptabilité des travaux par les habitants qui impose la concertation préalable et la prise en compte par les décideurs des préoccupations majeures des habitants qui portent en priorité sur la réduction des nuisances et la sécurité.

■ PERSPECTIVES

Si ces trois projets ont montré que des solutions existent pour réduire les nuisances des travaux en ville, il faut malheureusement regretter que leur utilisation tarde à se développer en France par rapport à d'autres pays européens.

Il s'avère donc nécessaire de faire connaître les possibilités qu'elles offrent auprès des maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre mais aussi du grand public car il est un vecteur essentiel pour aider, voire contraindre, si les circonstances l'exigent, les décideurs à adopter ces nouvelles techniques afin d'améliorer les conditions de vie en ville.

Pour être complet il faut citer l'exposé de Jacques Bregeon, secrétaire général d'Espace Souterrain qui insiste sur la nécessité d'utiliser cet espace au mieux, notamment lorsqu'il est public ce qui suppose la mise en œuvre de véritables plans d'occupation du sous-sol pour lutter contre une utilisation "anarchique" du volume qu'il représente.

Enfin, je ne résiste pas à l'envie de rêver à de nouveaux progrès techniques et innovations qui permettront de rendre la vie en ville plus agréable comme par exemple :

- ◆ la livraison en ville des bétons, non plus par camion toupie mais par pompage et distribution dans des canalisations implantées dans des galeries multiréseaux ;
- ◆ la collecte des ordures ménagères par réseaux de canalisations intégrées aux galeries, en remplacement des bennes ;
- ◆ la possibilité de réduire le bruit sur les chantiers en généralisant l'emploi de moteurs électriques à la place des moteurs à explosion, qui pourraient être alimentés par un réseau de bornes électriques judicieusement implantées et branchées sur le réseau de distribution électrique ;
- ◆ la mise au point et l'utilisation dans le domaine du génie civil de matériaux composites à base de fibres de carbone ou de verre – ou de polymère comme on peut constater dans d'autres domaines : l'aéronautique, l'automobile et le bâtiment (hors

génie civil) plus performants, plus légers ou de mise en œuvre plus facile.

Quelques unes de ces idées ont déjà reçu un début d'expérimentation : le pompage sur des distances supérieures à 1 000 m, la collecte des ordures par canalisations à Grenoble (ville neuve) et les matériaux composites pour la réparation et le renforcement des ouvrages.

En conclusion je souhaite que le maximum d'idées de recherche et d'innovation émerge et que l'ensemble de la communauté du génie civil se mobilise pour étudier et approfondir celles qui paraîtront les plus prometteuses pour répondre aux impératifs de "développement durable" et de "respect de l'environnement" plus particulièrement en ville.

ABSTRACT

Urban civil engineering and the "RGC&U" technological network

M. Ray

The call for proposals by the RGC&U concerning urban infrastructure technologies

A. Colson

Civil engineering and the city. IREX's contribution through national projects and the "Encounters"

Ch. Bernardini

The article deals with the research and development work which is currently being conducted in the field of urban civil engineering. The technological research and innovation network is described as a general structuring framework for public and private research activities in France. The main topics are presented there, together with recent developments. The inadequacy of thinking faced with social demand in the field of urban planning is pointed out, especially with regard to the politicians on local bodies who have strategies requiring reliable data to make decisions.

To remedy this problem, the network policy committee decided to initiate a call for proposals to stimulate thinking on this subject and highlight new competencies. The reply profiles are analysed by centre of interest and their adequacy to meet the expectations of the political authorities. The call for proposals, which was satisfactory in terms of number of replies, demonstrates that certain fields, such as infrastructure for urban travel, have still not been very deeply explored.

In the third section the IREX (French institute for applied research and experimenting in civil engineering) relates the content of the Technical Encounters 2002 by describing national projects in progress or nearing completion and which should, through their content and results, very significantly influence the design of urban civil engineering structures and even more so the construction methods used. Proposals are suggested for other approaches or new materials.

RESUMEN ESPAÑOL

La ingeniería civil urbana y la red tecnológica "RGC&U"

M. Ray

La convocatoria de licitaciones de la RGC&U acerca de las tecnologías de las infraestructuras urbanas

A. Colson

La ingeniería civil urbana y la ciudad. Contribución del IREX en los proyectos nacionales y las "Entrevistas"

Ch. Bernardini

Este artículo trata de los trabajos de investigación y desarrollo que se llevan a cabo actualmente en el campo de la ingeniería civil urbana. La red de investigaciones y de innovación de carácter tecnológico se presenta como marca general y estructurante de las actividades de investigación pública y privada en Francia. Se presentan los principales temas al mismo tiempo que las evoluciones recientes. La insuficiencia de las reflexiones de cara a la demanda social en el aspecto urbano se destacan como se merecen, y fundamentalmente con respeto al personal político de las colectividades territoriales que aplican estrategias que precisan disponer de datos fidedignos para sus opciones.

Para poner remedio a todo ello, el Comité de orientación de la red ha decidido publicar una convocatoria para la presentación de propuestas para dar vida a la reflexión acerca de este tema y poner al descubierto las nuevas competencias. El perfil de las respuestas se analizan por centros de interés, así como la adecuación de tales respuestas a las expectativas del personal político.

Esta operación, satisfactoria por el número de respuestas, demuestra que ciertos campos, como las infraestructuras para los desplazamientos urbanos, se encuentran aún poco explorados.

En la tercera parte, el IREX – Instituto para la investigación aplicada y la experimentación en el campo de la ingeniería civil – expone el contenido de las Entrevistas Técnicas 2002, presentando los Proyectos nacionales en curso y sus resultados para influir de forma sumamente significativa en el concepto de las estructuras urbanas y aún con mayor motivo, sus métodos de ejecución. Se presentan las perspectivas de otros enfoques o de nuevos materiales.