

# 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 ;

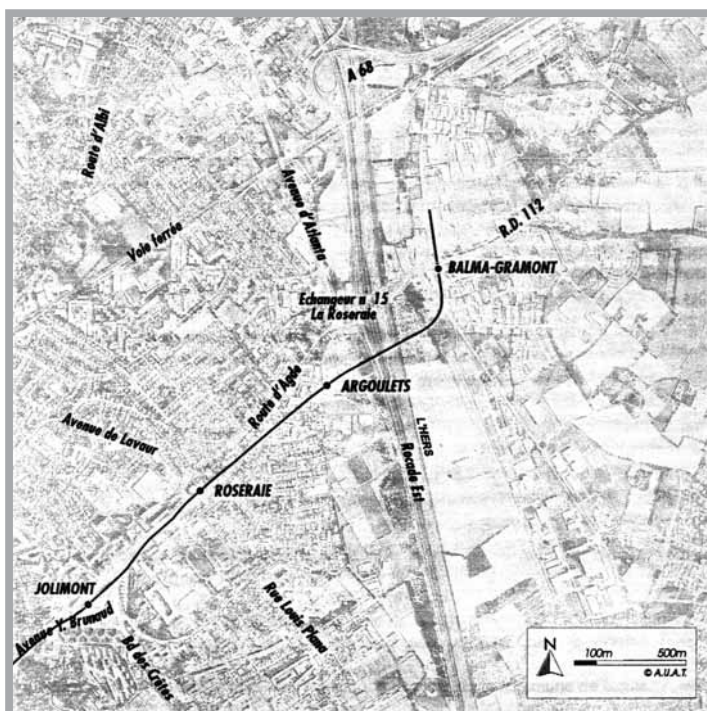


Figure 1  
Réseau vu en plan  
Plan view of network

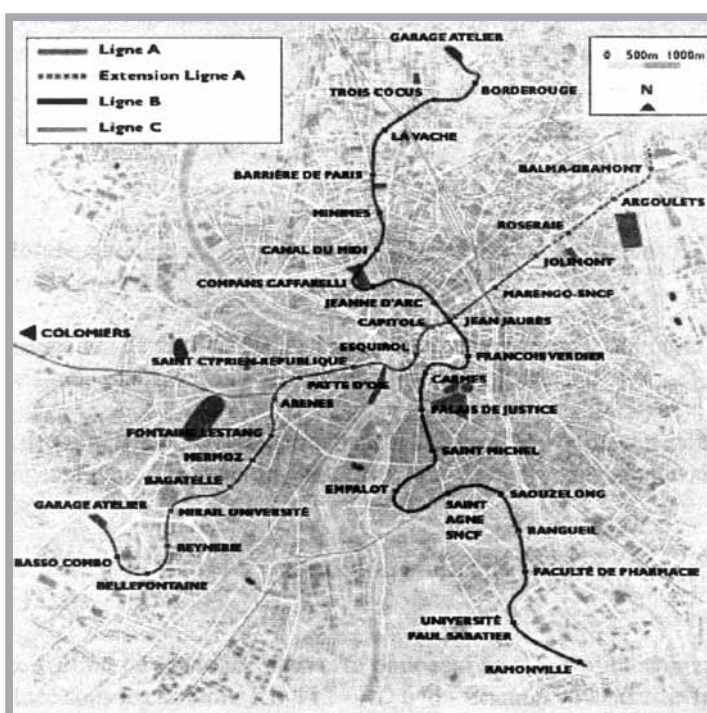
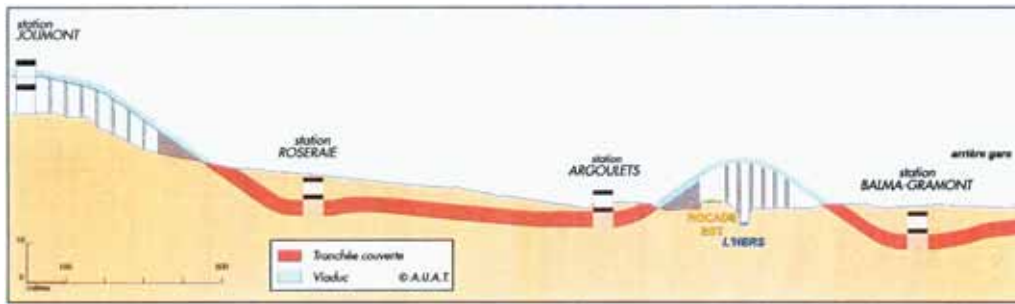


Figure 2  
Tracé du prolongement de la ligne A  
Route of the Line A extension



**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).

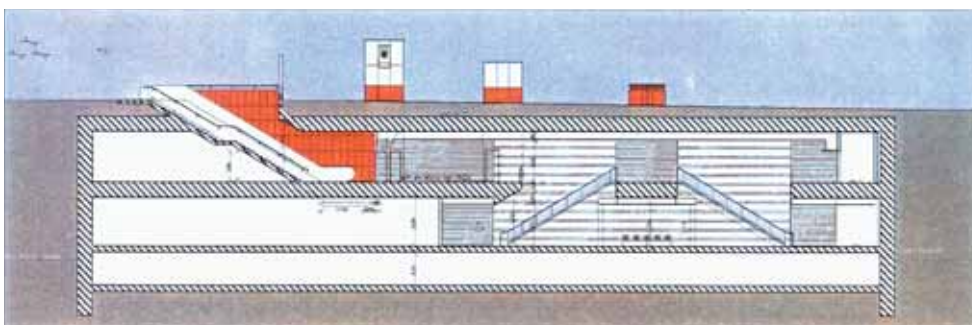
Enfin, le projet comprend la fourniture de 14 rames du type VAL 208, matériel de nouvelle génération (photo 1).

### 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 m<sup>2</sup> 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 viaduct*

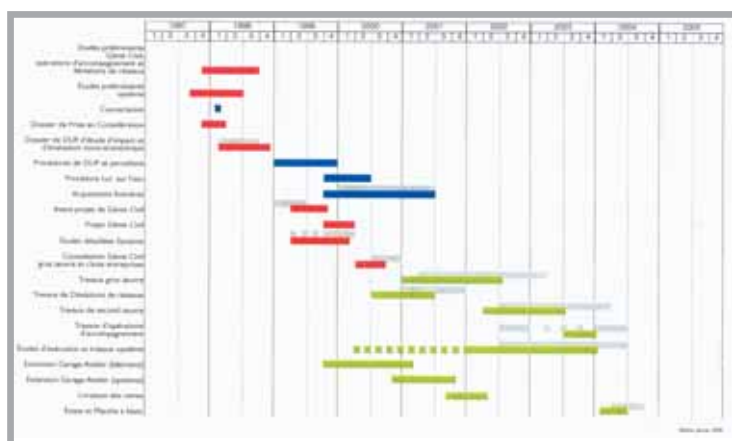


Figure 8  
Echéancier prévisionnel  
prolongement ligne A  
*Prospective schedule  
for Line A extension*



- ◆ 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  $1 \times 10^{-4}$  m/s à  $1 \times 10^{-6}$  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 surmoulu, 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/m<sup>3</sup>. 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,

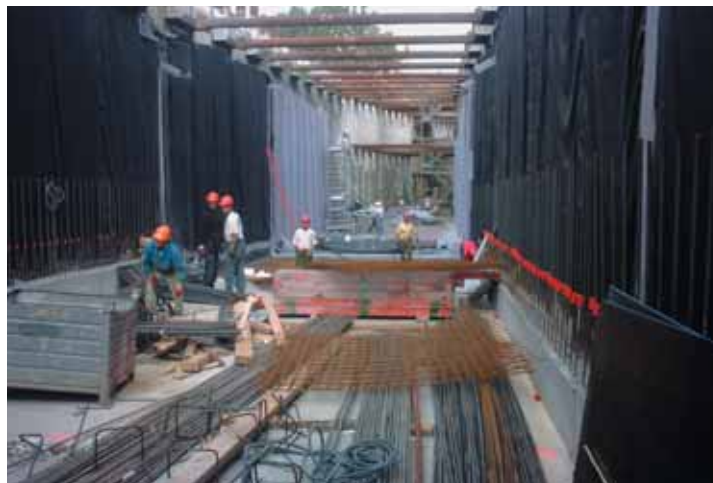
**Ferrailage radier et piédroit de la station**

**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 m<sup>2</sup> de PAC
- 5 300 m<sup>2</sup> de PM
- 25 000 m<sup>3</sup>
- 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.**