



1
© THIBAUT DE VREESE

PÔLE D'ÉCHANGES MULTIMODAL DE LYON PART-DIEU ET TOUR TO-LYON

AUTEURS : SYLVAIN FORRAY, DIRECTEUR TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE - QUENTIN DESJARS, RESPONSABLE ANTENNE DE LYON, SOLETANCHE BACHY FRANCE

DANS LE CADRE DE LA MODERNISATION DU QUARTIER DE LA PART-DIEU À LYON, SOLETANCHE BACHY, APRÈS AVOIR CONTRIBUÉ PENDANT DES ANNÉES À LA CONCEPTION DE L'OUVRAGE, EST DÉSORMAIS EN CHARGE DE L'EXÉCUTION DES TRAVAUX SPÉCIAUX DU PROJET PARKING PLACE BASSE – TOUR TO-LYON. LE PROJET, COMPLEXE, REQUIERT LE DÉPLOIEMENT D'UN GRAND NOMBRE DE TECHNIQUES DIFFÉRENTES DE FONDATIONS SPÉCIALES AVEC LES SPÉCIFICITÉS GÉOTECHNIQUES ET TECHNIQUES QU'ON PEUT ATTENDRE D'UN PROJET D'UNE TELLE ENVERGURE.

RENOUVEAU DU QUARTIER DE LA PART-DIEU

Quartier d'affaires de Lyon créé dans les années 70, La Part-Dieu connaît depuis quelques années un renouveau urbain.

Depuis la disparition de la caserne dans les années 60 et la construction des bâtiments qui donnent l'aspect connu aujourd'hui, le quartier s'est bien développé et il est devenu le deuxième centre de Lyon, en parallèle du centre historique. Ces dernières années, l'urbanisme d'origine a montré ses limites et exige une cure

1- Vue d'ensemble du chantier montrant plusieurs ateliers.

1- General view of the project showing several rigs.

de jouvence et de modernisation : agrandissement de la gare (victime de son succès et saturée), piétonisation, nouveaux projets de développement... Une forte activité de construction a

ainsi été nécessaire. Soletanche Bachy a pris part à plusieurs de ces chantiers (figure 2) :

- Agrandissement du centre commercial (pieux de fondations) ;
- Allongement du tunnel Vivier-Merle (paroi moulée et injections) ;
- Création de la voie L (parois lutéliennes tirantées, pieux d'ouvrage d'art...).

L'objet de cet article est le projet phare de ce nouveau départ : le pôle d'échanges multimodal Lyon Part-Dieu et la tour To-Lyon. Cet immeuble de grande hauteur comportera 46 étages.

Il deviendra ainsi la seconde plus haute tour de la ville. To-Lyon est porté par Vinci Immobilier. Il en est de même pour le nouveau parking souterrain place Béraudier dont une partie sera ensuite cédée à Lyon Parc Auto et à la SPL Lyon Part-Dieu. Le projet est au carrefour de plusieurs marchés d'infrastructure, comportant des interfaces avec tous ces projets connexes.

Parallèlement, la SNCF renforce ses infrastructures, avec la création d'une nouvelle voie, de nouveaux accès directs aux quais, et d'un nouveau hall de gare (figures 2 et 3). ▶

La SPL (Société Publique Locale) de Lyon Part-Dieu est en charge de coordonner les projets et de porter les marchés d'infrastructures communs (par exemple, l'allongement du tunnel Vivier-Merle réalisé en 2018-2019). Plus spécifiquement, sur le projet Parking Place Basse (Béraudier) et tour To-Lyon :

- Egis et Setec, notamment avec Terrasol, assurent une mission de maîtrise d'œuvre (conception, validation des études du groupement) ;
- Les travaux sont réalisés par un groupement Vinci Construction France (avec Citinea et Vinci Construction France Travaux Publics Lyon), Soletanche Bachy France, Soletanche Bachy Fondations Spéciales, et Vinci Energies pour la tour (Lefort Francheteau pour les réseaux humides, et Cegelec pour l'électricité CFO CFA).

UN MONTAGE OPÉRATIONNEL COMPLEXE

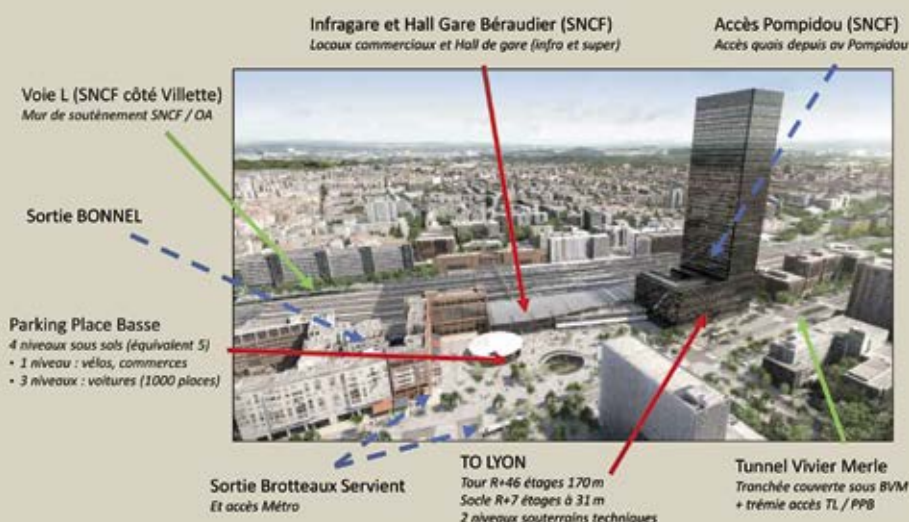
Sur la même parcelle se déroulent donc plusieurs marchés, pour le compte de plusieurs maîtres d'ouvrage et de multiples preneurs : SNCF, hôtel, petits commerces, parking souterrain, connexion au métro, concessionnaires réseaux. Certaines portions d'ouvrage, structurellement liées à un projet, seront ensuite rétrocédées au projet voisin pour rendre cohérents les volumes en termes de fonctionnalité. Aussi le montage est-il assez complexe, avec plusieurs maîtrises d'œuvre, des coordinations serrées entre les différents marchés et des mises à disposition, anticipées ou temporaires, d'espaces et d'ouvrages entre les différents projets.

Cette imbrication des marchés pour plusieurs maîtres d'ouvrage se traduit par des enchaînements de tâches serrés, marqués par des constats de mise à disposition de zones et d'ouvrages à intervalles réguliers, ainsi que par des interfaces techniques à redéfinir régulièrement, en fonction des avancements de chacun des projets.

L'HISTORIQUE

La conception du projet a démarré au début des années 2010, avec déjà Vinci Immobilier, Vinci Construction France et Soletanche Bachy. Dès l'origine, une démarche de partenariat a été établie entre les entités. Cela s'est traduit par un grand nombre de scénarios étudiés (nombre de niveaux variables dans les parkings, deux tours ou une seule, cas d'une gare Part-Dieu souterraine).

VUE DU QUARTIER AVEC LES DIFFÉRENTS PROJETS

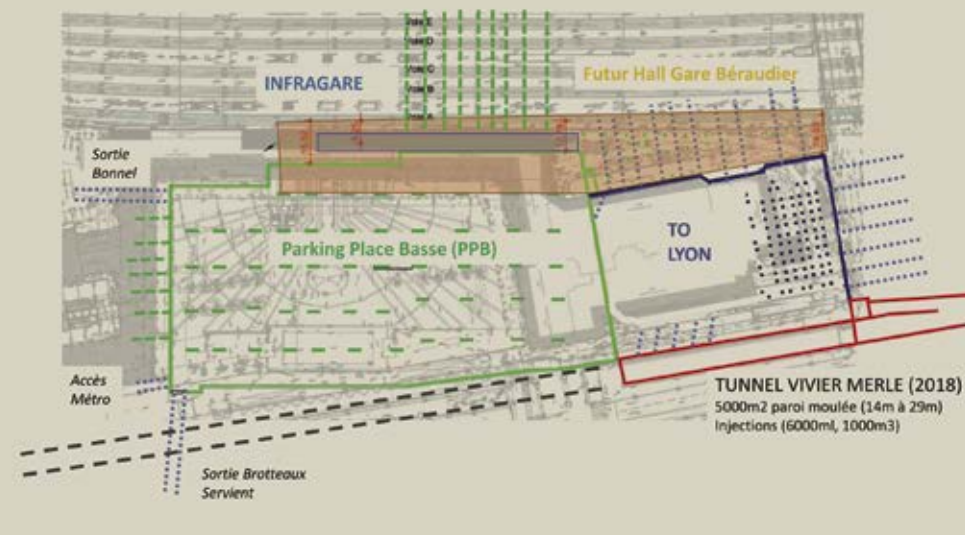


2

© CHANTIER

VUE EN PLAN DU CHANTIER

avec les différents éléments du programme



3

© CHANTIER

Le contrat a été signé à l'été 2019, avec un démarrage immédiat des études et des essais géotechniques.

DESCRIPTIF DES FONDATIONS

Différentes techniques de travaux spéciaux sont déployées sur le projet :

- Paroi moulée : 18 000 m² à la benne hydraulique KS, à une profondeur de 25 m à 30 m ;
- Barrettes : 67 unités à 35 m de profondeur ;
- Micropieux : 1 000 unités à 35 m de profondeur ;
- Tirants : 75 unités entre 33 et 15 m de profondeur ;
- Forages et injections : 130 forages pour injection bentonite/ciment et microciment ;

2- Vue du quartier avec les différents projets.

3- Vue en plan du chantier avec les différents éléments du programme.

2- View of the district with the various projects.

3- Plan view of the project with the various programme components.

→ Pieux de fondation : 106 pieux en diamètre 1 220 mm, 31 en diamètre 820 mm.

Le choix a été retenu de réaliser l'infrastructure du parking en taube avec poutres et planchers coulés à la descente du terrassement. La paroi moulée n'est donc pas appuyée provisoirement par des tirants, ou des butons - bracons (hors certaines zones ponctuelles), mais bien par la structure en génie civil définitive de l'ouvrage.

Côté tour, la paroi moulée est autostable sur deux faces, et tirantée (figure 4) sur deux faces (limitation des déplacements côté voies SNCF).

Les travaux sont menés en 2 postes de travail avec 1 à 2 ateliers pour chaque technique.



© CÉDRIC HELSLY
4

UN RYTHME SOUTENU

Le phasage spécifique du chantier tourne autour des objectifs suivants :

- Maintenir en permanence le flux piéton qui accède à la gare Lyon Part-Dieu ;
- Démolir les bâtiments et ouvrages existants, avec pour contrainte la présence d'amiante dans les bâtiments et la proximité immédiate des voies SNCF (ITC, techniques spécifiques, limitation des engins et des possibilités de levage) ;
- Démarrer les fondations dès lors que la démolition est suffisamment engagée ;
- Basculer au plus vite la circulation des usagers sur une passerelle et un hall d'accueil provisoires, construits de manière anticipée ;
- Libérer le foncier Nord, afin de terminer les démolitions, puis l'enceinte étanche du parking ;
- Respecter le calendrier des mises à disposition anticipées de zones et ouvrages, afin que chaque projet qui se connecte au parking souterrain puisse avancer et livrer pour assurer une fonctionnalité totale lors de la réception des ouvrages.

Une coactivité forte est liée à ce phasage. Ceci exige des réunions très fréquentes avec les différents intervenants du chantier.

La Covid-19 (confinement de mars) a mis un coup d'arrêt au chantier. Toutefois, ce projet a été parmi les premiers à reprendre, avec mise en place de protocoles spécifiques, avant même la fin du premier confinement, en vue de réduire l'impact de la pandémie sur le projet du maître d'ouvrage.

4- Forage des tirants.

5- Centrale à boue du chantier en cours de montage.

4- Tie anchor drilling.

5- Slurry mixing plant for the project under-going assembly.

GÉOTECHNIQUE

Les terrains du projet sont caractéristiques de la rive Est du Rhône à Lyon, que l'on retrouve sur les quartiers de La Part-Dieu et de Gerland.

À quelques mètres de profondeur, les alluvions sablo-graveleuses du Rhône, relativement compactes et très ouvertes, baignent dans la nappe phréatique du Rhône.



5
© PHOTEC

À une vingtaine de mètres de profondeur la molasse est atteinte, avec ses caprices en partie supérieure - altérée ou non, ses variations de cotes altimétriques, et sa perméabilité relative.

La molasse constitue le terrain d'ancrage pour la paroi moulée (fiche hydraulique), et pour la pointe des pieux de la tour.

L'emprise générale du projet est vaste : certaines zones n'avaient pas pu être l'objet d'investigations en raison de la présence de bâtiments existants.

Il a ainsi été procédé à des sondages de reconnaissance une fois ces bâtiments démolis, en parallèle des travaux dans certaines zones. Ces forages ont mis en évidence la présence d'un dôme de molasse dans une partie de l'emprise, à quelques mètres du fond de fouille. Les études d'exécution ont ainsi déterminé que des drains de décharge de la molasse devaient être localement exécutés.

PHASAGE ET INSTALLATIONS DE CHANTIER

Pour Soletanche Bachy, le projet se décompose en deux grandes phases de travaux, qui correspondent aux emprises disponibles en maintenant par ailleurs les accès piétons à la gare Lyon-Part-Dieu.

La première et plus grosse phase de travaux (70 % de la paroi moulée, 100 % des pieux, 75 % des micropieux) s'achèvera pour Noël 2020.

Il s'agira ensuite de se remobiliser pour la parcelle Nord où passent actuellement les piétons, à l'été 2021.

Avec une libération progressive des emprises par la démolition et la construction d'ouvrages anticipés par le gros œuvre, il s'est révélé complexe de trouver une zone fixe pour la centrale à boue, laquelle devait être accessible jusqu'à la fin de la seconde phase.

C'est finalement à l'extrémité Sud de la parcelle, contre l'avenue Pompidou, qu'a été érigée l'installation sur plusieurs niveaux, capable de desservir deux ateliers de bennes d'excavation hydrauliques (figure 5).

PAROI MOULÉE ET BARRETTES

La paroi moulée (figure 6) et les barrettes sont forées à des profondeurs conséquentes, avec un rythme de 2 à 3 bétonnages par jour. Par ailleurs, les contraintes additionnelles suivantes ont dû être prises en compte :

- Une plate-forme à l'ouest 3 m plus haute, mais de 10 m de large seulement ;
- Une connexion aux parois du tunnel Vivier-Merle dans des pavés au coulis datant de 2018 ;
- Des parois proches des voies SNCF où les panneaux sont limités à 5,5 m de long ;
- Des poteaux préfondés définitifs à poser dans ces mêmes panneaux ;
- 2 coffrages Water Stop sont posés pendant 10 mois en attendant la seconde phase.

Outre la fonction soutènement, l'un des enjeux pour la paroi moulée est de garantir la fiche hydraulique de la paroi dans les molasses, afin de maîtriser les débits de pompage lors des phases de terrassement jusqu'à l'achèvement du radier.

Le suivi qualité de la réalisation de la paroi moulée exige une profondeur d'ancrage minimale de quelques mètres dans la molasse. Sont ainsi pratiqués les contrôles suivants :

- Renseignement sur le rapport de l'opérateur grutier de la cote de rencontre du toit de la molasse ; ▷

→ Prélèvement et conservation d'échantillons à chaque passe de paroi moulée.

MICROPIEUX

Le parking est prévu avec un radier ancré, résistant aux sous-pressions. La plupart des parkings du quartier étaient réalisés auparavant sur le principe suivant : paroi moulée fondée dans la molasse, radier drainant, pompage permanent (nappe de la molasse) et rejet dans la nappe (du Rhône) via des puits de réinjection. Ici, le pompage sera arrêté après réalisation du radier étanche, avec 15 m de charge d'eau : 1 000 micropieux serviront à ancrer l'ouvrage (figure 7).

Ces micropieux sont forés en méthode Hi'Drill. Cette méthode utilise des très hautes fréquences de vibration, très éloignées des fréquences de résonances propres des ouvrages existants, sans risque donc de l'endommager. Les forages ont une profondeur moyenne de 36 m. Ensuite, les tubes de forte inertie (114 mm de diamètre, 20 mm d'épaisseur) sont équipés en arase basse à 15 m.

Les 21 km de tubes ont nécessité un laminage spécifique, à commander très rapidement et sans avoir finalisé les études d'exécution.

D'une seule foreuse au démarrage, les moyens se sont renforcés dès la fin des parois moulées, avec trois engins mobilisés en deux postes.

PRÉFONDÉS

Un enjeu du chantier Parking Place Basse est la réalisation anticipée d'ouvrages avant la fermeture de l'enceinte et le rabattement. En effet, la création du hall de gare et de la passerelle sont nécessaires pour finir les démolitions sur l'emprise Nord. Par contre, la dalle de transition qui sépare les travaux en taube des travaux aériens est sous le niveau de la nappe : il était donc nécessaire de trouver des solutions permettant de préfondrer les ouvrages. En conséquence, les fondations prévoyaient différents types de poteaux profonds, adaptés aux efforts à prendre en charge, aux méthodes d'exécution et aux contraintes.

La conception de ces profonds a dû être faite dans un délai assez court. Différents types d'ouvrages ont été retenus :

→ Poteaux métalliques en tubes 139 mm : dans la paroi moulée, pour porter la dalle anticipée et être inclus à terme dans un voile - et en intégrant les futures ouvertures.



6

© CEDRIC HELSLY

→ Poteaux béton de diamètre 600 mm (les seuls profonds définitifs) : ils portent le hall de gare.

→ Rehausse de certaines barrettes jusqu'au TN et rehausse en génie civil : supports de la passerelle et des grues.

→ Doubles profilés métalliques contreventés posés dans les barrettes, pour porter la dalle anticipée : ces profonds seront remplacés par un poteau réalisé entre les deux profilés.

Ces mêmes méthodes ont été appliquées pour fonder 2 grues à tour. L'une d'elle s'appuyant sur la paroi moulée mitoyenne des projets To-Lyon et Parking Place Basse, un appui glissant a été créé, afin que les déplacements de la paroi moulée ne provoquent pas une déformation globale du massif de grue porté sur 2 autres profonds.

PIEUX DE LA TOUR

Le projet initial prévoyait la réalisation de 90 pieux en diamètre 1500 mm.

6- Benne hydraulique KS et panneau en cours d'équipement.

7- Maquette 3D du parking et du hall de gare avec les micropieux.

6- KS hydraulic grab and panel in course of equipment.

7- 3D model of the car park and station hall with micropiles.

bara, une Fundex F5000 capable de forer en tarière creuse jusqu'à 50 m de profondeur (figure 8).

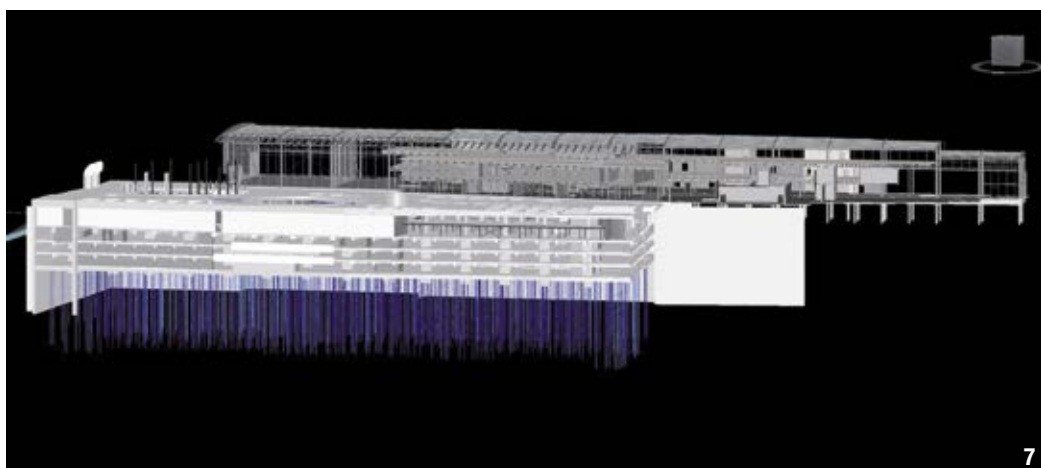
Sur le projet, la machine s'est limitée à 25 mètres de profondeur. Barbara a tenu toutes ses promesses pour la réalisation des pieux (forage et bétonnage) avec plusieurs mètres d'ancrage dans la molasse compacte selon la technique Starsol®. Des pompes à béton haut débit ont été mobilisées pour bétonner très rapidement les pieux. Comme les pieux sont forés depuis la plate-forme actuelle, avant un terrassement de 6 m, un pré-recépage a été mis en œuvre : le lendemain, la tête de pieux est reforée, un adjuvant spécifique ayant été prévu pour éviter la prise trop rapide du béton. Le terrassier ne rencontre ainsi que du béton prédécoupé et déstructuré devant lui, au lieu d'une forêt de colonnes en béton.

Une optimisation en phase exécution a permis de retenir des pieux en 1 200 mm.

Soletanche Bachy Fondations Spéciales a mobilisé la plus imposante de ses foreuses en technique Starsol®, Bar-

INSTRUMENTATION

La proximité immédiate d'avoisnants sensibles, tels que les ouvrages fer-



7

© CHANTIER



© THEBAUT DE VREESE

8

roviaires de la gare Lyon-Part-Dieu, le tunnel Vivier-Merle, les voies du Tramway T1 et les nombreux bâtiments de ce quartier d'affaires, nécessite la mise en place d'un système d'auscultation complet, assuré par la société Sixense Monitoring.

Sept systèmes de topographie automatique Cyclops, complétés par un réseau de plusieurs dizaines de clinomètres, ont été installés pour assurer la surveillance de ces avoisinants.

Une instrumentation géotechnique en parois moulées ou forages, de type chaînes inclinométriques 4DShape,

permet le suivi de la stabilité des soutènements et de l'interaction sols/structures.

Un suivi hydraulique complet, assuré par un réseau de piézomètres et de cellules de pression interstitielle, a

8- Foreuse de pieux F5000.

8- F5000 pile driller.

également été mis en place en raison du contexte hydrogéologique particulier de ce secteur.

L'ensemble de ces dispositifs permet de surveiller le comportement en continu et en temps réel de ces ouvrages, ainsi que les sous-sols avoisinants. Ils sont indispensables pour le pilotage des différentes phases de travaux et plus particulièrement les terrassements et le rabattement de nappe associé.

Les milliers de données d'auscultation enregistrés chaque jour, sont traités par le logiciel Geoscope.

POINT D'ÉTAPE

Actuellement, la fouille To-Lyon est terrassée et les parois moulées sont rabotées.

Côté PPB, la circulation piétonne a été basculée début novembre et les démolitions ont repris sur les bâtiments au nord. Soletanche Bachy prévoit un retour courant mai pour achever les travaux spéciaux de ces projets.

Le chantier peut être suivi en direct ou en replay par le lien :

<https://www.lyon-partdieu.com/en-images/webcam-chantiers/> □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRES D'OUVRAGE : Vinci Immobilier / SNCF Gares & Connexions

MAÎTRES D'ŒUVRE : Setec Tpi, Setec Als, Terrasol, Arep, Dominique Perrault, Sud Architectes, Egis Bâtiments

ENTREPRISES : plusieurs groupements avec Vinci Construction France Travaux Publics Lyon, Citinea, Soletanche Bachy France, Soletanche Bachy Fondations Spéciales

SOUS-TRAITANT TERRASSEMENT : Vinci Construction Terrassement

PRINCIPALES QUANTITÉS

PAROI MOULÉE : 18 000 m²

BARRETTES : 67 u

MICROPIEUX : 1 000 u

TIRANTS : 75 u

FORAGES INJECTIONS : 130 forages

PIEUX DE FONDATION : 106 pieux en diamètre 1 220 mm, 31 en diamètre 820 mm

ABSTRACT

MULTIMODAL TRANSPORT HUB OF LYON PART-DIEU AND TO-LYON TOWER

SYLVAIN FORRAY, SOLETANCHE BACHY - QUENTIN DESJARS, SOLETANCHE BACHY

The Place Basse Car Park / To-Lyon Tower project is a complex project with several project principals and several project managers. It contributes to the renovation of the Part-Dieu district. The project involves numerous phases making it possible, in particular, to maintain access to the existing station. Numerous techniques are employed by Soletanche Bachy for the infrastructure: diaphragm wall retaining structure, foundations by barrettes and piles, and foundation raft anchoring by micropiles. The works as a whole also employ extensive instrumentation. □

POLO DE INTERCAMBIOS MULTIMODAL DE LYON PART-DIEU Y TOUR TO-LYON

SYLVAIN FORRAY, SOLETANCHE BACHY - QUENTIN DESJARS, SOLETANCHE BACHY

El proyecto Parking Place Basse - Tour To-Lyon es un proyecto complejo con varios contratistas y directores de obra que contribuye a la renovación del distrito de La Part-Dieu. El proyecto consta de numerosas fases que permiten, en particular, mantener los accesos a la estación existente. Soletanche Bachy ha aplicado numerosas técnicas para las infraestructuras: sostenimiento mediante pantallas de hormigón, cimientas mediante pilotes y pilotes flotantes, anclaje de la solera por micropilotes. Asimismo, el conjunto de las obras ha empleado una instrumentación avanzada. □