

LIGNE 14 - FONDATIONS SPÉCIALES DE LA NOUVELLE STATION PORTE DE CLICHY

AUTEURS : PIERRE JULLIEN, DIRECTEUR DE TRAVAUX, SYSTRA - ANTOINE MARTIN, RESPONSABLE TRAVAUX, SYSTRA - AXEL DAVOUT, DIRECTEUR, EIFFAGE TP FONDATIONS - ANDREA RIGAZIO, DIRECTEUR TECHNIQUE, I.CO.P. S.P.A. - ÉRIC MATHIEU, CHEF DE SERVICE, BIEP PÔLE GÉOTECHNIQUE ET OUVRAGES SOUTERRAINS

LE CONTEXTE URBAIN ET SOUTERRAIN TRÈS DENSE DE LA PORTE DE CLICHY, ET LA CRÉATION DE 3 ACCÈS SECONDAIRES À LA FUTURE STATION, RENDENT CET OUVRAGE PARTICULIÈREMENT COMPLEXE À RÉALISER. LES TRAVAUX DE FONDATIONS COMPRENNENT DES PAROIS MOULÉES DE DIMENSIONS EXCEPTIONNELLES, LE RECOURS INTENSIF À DES TECHNIQUES VARIÉES DE TRAITEMENT DE SOL - INJECTIONS, JET GROUTING, CONGÉLATION - SELON UN PHASAGE CONTRAINT ET AVEC UNE COACTIVITÉ TRÈS IMPORTANTE.



1

© EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS

PRÉSENTATION DU PROJET CONTEXTE URBAIN

Le lot n°1 du prolongement de la ligne 14 au nord est le premier lot d'infrastructure du Nouveau Grand Paris. Il comprend la construction de 3,6 km de tunnel et de deux nouvelles stations. La station Porte de Clichy assure la correspondance avec la ligne 13 et dessert le quartier des Batignolles. Elle est située le long de l'avenue de la Porte de Clichy dans le XVII^e arrondissement de Paris, entre le boulevard Bessières et le périphérique. Son volume intérieur est de 120 m x 20 m, la dalle de couverture

est destinée à recevoir un immeuble de 10 étages. Les travaux comportent 3 ouvrages d'accès, 2 en correspondance avec la ligne 13, et un accès au futur Tribunal de Grande Instance, reliés à la station par 3 couloirs souterrains. Le contexte urbain est très dense. Le gisement de la station est conditionné par son insertion entre la demistation de la ligne 13, direction Asnières, et le collecteur de Clichy datant du XIX^e siècle. Sa profondeur est imposée par le passage du tunnel sous les ouvrages de la ligne du RER C au sud, et sous la boucle de la ligne 13 et les pieux

1- Vue d'ensemble des travaux de fondations dans l'emprise principale de chantier.

1- General view of foundation works on the main area covered by the project.

du boulevard périphérique au nord. Les réseaux concessionnaires sous l'avenue de la Porte de Clichy sont très nombreux : chauffage urbain (DN950/DN500), HTA de 225 KVA, galerie Eau de Paris, multitubulaire France Télécom, etc. Selon les méthodes de réalisation, les réseaux sont déviés ou les travaux sont adaptés à leur présence. L'établissement scolaire Honoré de Balzac est situé à quelques mètres, la station étant implantée dans le tréfonds de sa cour. Côté opposé de l'avenue de Clichy sont situés un hôtel et des logements. ►

Le projet étant concomitant à ceux du tramway T3 et la construction de la tour du tribunal de grande instance, un phasage complexe d'emprises est mis en place.

CONTEXTE GÉOTECHNIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

Les formations géologiques rencontrées, courantes en région parisienne, sont les suivantes :

- Calcaire de Saint-Ouen (CSO) : alternance de marnes beige/blanchâtre/rosée plus ou moins graveleuses et de niveaux calcaire. Épaisseur de 10 m.
- Sables de Beauchamp (SB) : sable moyen à fin vert kaki, grésifiés en partie supérieure. Partie inférieure limoneuse grisâtre avec des passages grésifiés et carbonatés. Épaisseur de 20 m.
- Marnes et caillasses (MC) : alternance de bancs marneux, régulièrement pourvus de graviers et blocs calcaires et de bancs calcaires : une partie supérieure généralement décomprimée, une partie inférieure compacte et quasi rocheuse, avec des résistances locales de 130 MPa. Épaisseur de 15 m.
- Calcaire Grossier (CG) : calcaire composé de 3 niveaux distincts de dureté et d'homogénéité variable.

La nappe du bartonien baignant le CSO et le toit des SB, et la nappe du lutétien baignant la base des SB, les

CARTE DU PROLONGEMENT DE LA LIGNE 14 au nord



2
© SGP

2- Carte du prolongement de la ligne 14 au nord.

3- Modélisation 3D de la station et de ses ouvrages annexes.

2- Map of the northern extension of Line 14.
3- 3D model of the station and its ancillary structures.

MC et le CG, sont confondues au droit de la station. Le niveau de nappe quasi permanent est à 8 m de profondeur (24 m NGF).

Le projet s'inscrit en zone de dissolution du gypse selon l'arrêté inter-préfectoral du 25 février 1977.

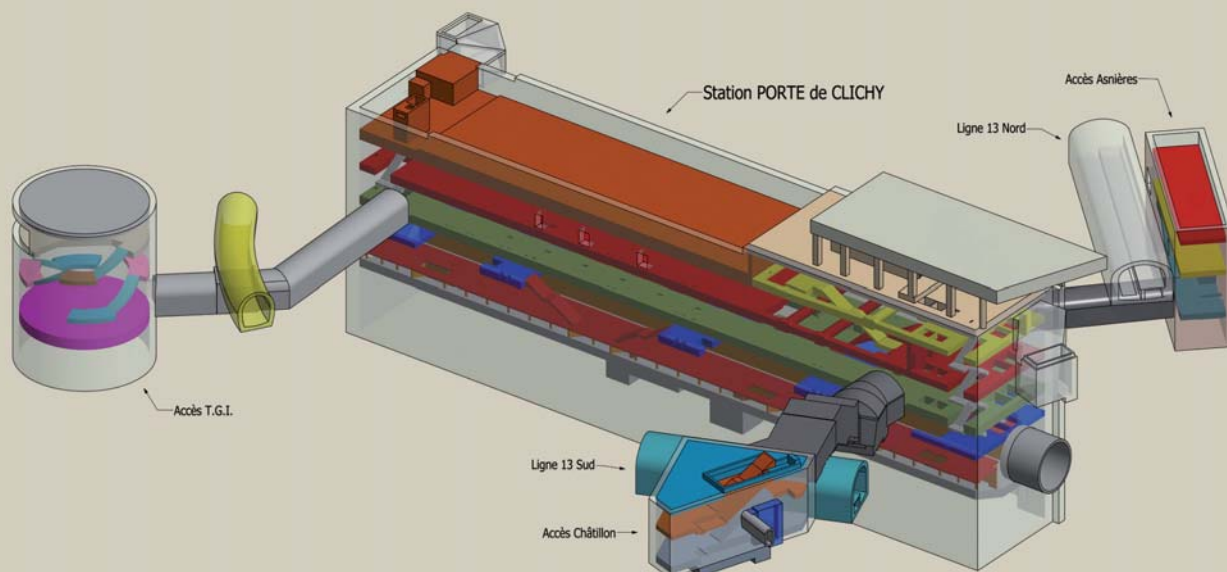
De nombreuses zones décomprimées ont été reconnues au droit de la station, attestant d'une activité ancienne ou récente de dissolution du gypse. Par conséquent, le rabattement de nappe a été écarté en phase de conception de manière à ne pas aggraver les zones décomprimées et écarter les impacts potentiels tels que la

perte de butée derrière les parois ou la remontée de fontis sous les ouvrages. Des critères de débits restrictifs ont été définis en correspondance avec les impératifs du dossier Loi sur l'Eau. Il en résulte des dispositifs de mise hors d'eau constitués de parois moulées et d'un radier injecté permettant de limiter les débits de pompage cumulés à 200 m³/h au droit de la station. La présence de la nappe implique en outre la réalisation de traitements d'étanchement au droit de l'entrée et de la sortie du tunnelier dans la station et au droit des futurs couloirs de correspondance.

TRAVAUX DE FONDATIONS SPÉCIALES

Les structures internes de la station seront construites à l'abri d'une enceinte en parois moulées d'épaisseur 1,52 m et de profondeur 57 m. La mise hors d'eau de la boîte est réalisée par le biais d'un radier injecté de 5 m d'épaisseur trouvant son équilibre à 59 m de profondeur dans le CG. L'entrée et la sortie du tunnelier dans la station nécessitent la réalisation préalable de massifs d'étanchéité en jet grouting. La nature des fondations des puits d'accès résulte de la manière dont les couloirs franchissent, par-dessus ou par-dessous, la boucle de la ligne 13. Ainsi, les puits d'accès TGI et Bessières, dont les fonds de fouille se trouvent à environ 20 m sous le TN, sont réalisés par le biais de parois moulées d'épais-

MODÉLISATION 3D DE LA STATION ET DE SES OUVRAGES ANNEXES





seur 1 m et de profondeur 39 m, et mis hors d'eau par des radiers injectés de 3 m d'épaisseur dans les MC. Le puits d'accès Berthier est, quant à lui, réalisé à l'abri d'une berline comprenant 34 pieux de diamètre 800 mm, pour un fonds de fouille à 14 m sous le TN. Le risque de dissolution du gypse est traité par la réalisation d'injections de comblement gravitaires préalables à la réalisation des parois moulées.

Les radiers définitifs des ouvrages sont conçus avec la prise en compte du risque de brèche.

Les galeries d'accès sont réalisées en creusement traditionnel après réalisation de traitements de terrain visant à améliorer l'imperméabilité des sols en place et à limiter à 15 m³/h les débits de pompage pendant le creusement. Les galeries étant positionnées à l'interface CSO-SB, les traitements sont mixtes : jet grouting en partie inférieure et injections de traitement en partie

supérieure. Les contraintes d'emprise et la présence des ouvrages souterrains nécessitent le recours à des techniques complémentaires pour traiter les zones d'ombre inaccessibles selon les méthodes précédentes. Ainsi, la congélation de sols est prévue pour traiter un rameau de 19 m du couloir d'accès au puits TGI situé sous la boucle de retournement de la ligne 13.

TRAVAUX DE PAROIS MOULÉES

ÉTUDES DES PAROIS DE LA STATION

La station Porte de Clichy est un ouvrage particulièrement complexe dont l'étude du soutènement a nécessité une multiplication des coupes de calcul pour prendre en considération toutes ses spécificités :

→ Une profondeur de fouille de 33 m, des parois moulées approfondies en phase d'exécution à 57 m, avec une

4- Plan de situation de la station et des principaux avoisinants.

5- Vue des travaux depuis l'avenue de Clichy.

6- Coupe géologique au droit de la station Porte de Clichy.

4- Location plan of the station and neighbouring features.

5- View of the works from Avenue de Clichy.

6- Geological cross section at the level of Porte-de-Clichy station.

fiche mécanique de 12 m pour une fiche totale de 24 m ;

→ Une géologie qui varie du nord au sud ;

→ Un ouvrage constitué de deux parties, l'une réalisée sous dalle, l'autre à ciel ouvert, avec des phasages d'exécution différents ;

→ Des niveaux de fond de fouille variables, entre -1,1 et -3,2 m NGF ;

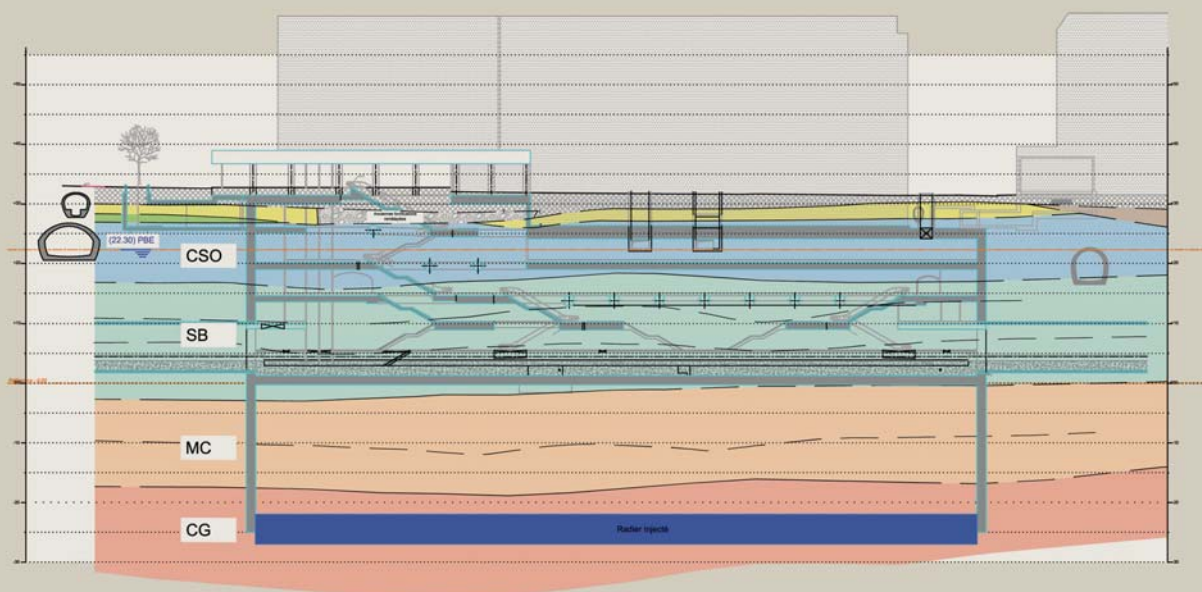
→ Des niveaux de dalle variables, avec des épaisseurs variables sur un même niveau et la présence de mezzanines ;

→ La présence de nombreuses ouvertures dans les parois pour permettre le passage du tunnel (2) et des galeries de connexion avec les autres ouvrages annexes (3+2) ;

→ La prise en compte de surpressions sous le radier en phase définitive avec une hauteur d'eau de 25 m qui induit une mise en traction de la fiche des parois moulées ;



COUPE GÉOLOGIQUE AU DROIT DE LA STATION PORTE DE CLICHY



7- Vue en plan des travaux de fondations spéciales de la station et de ses accès.

8- Coupe transversale de la station : parois moulées, structures internes, fond injecté.

7- Plan view of special foundation works for the station and its access points.

8- Cross section of the station: diaphragm walls, internal structures, cement-grouted foundation.

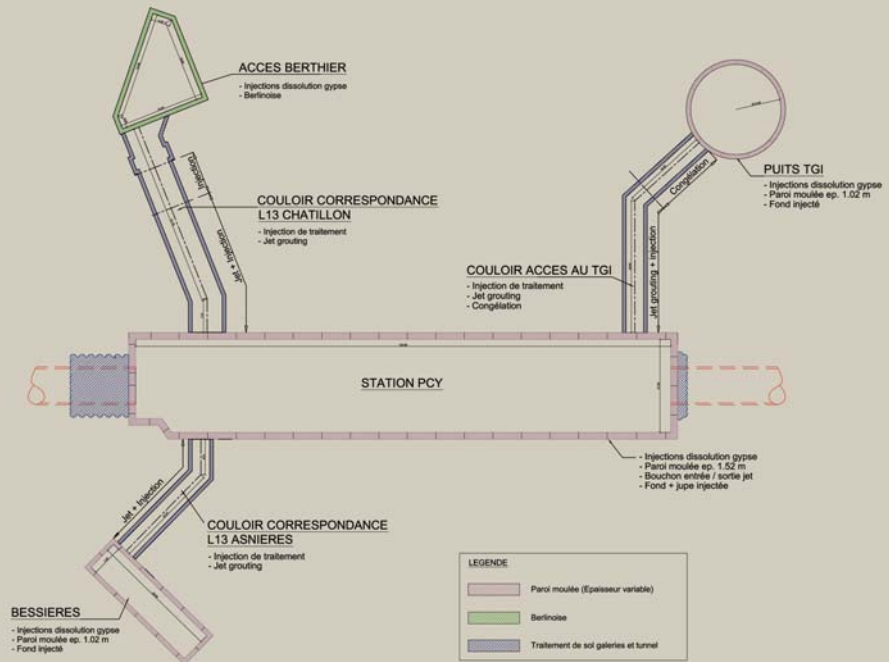
- La prise en compte, sur une grande portion de l'ouvrage, de charges verticales descendantes en tête de parois dues à la construction d'un futur immeuble dont les parois serviront de fondations ;
- L'équipement des fiches des parois moulées en géothermie.

Les études d'exécution des structures internes de la station ont été menées par le même bureau d'études que les parois moulées, ce qui a permis de travailler avec une plus grande efficacité et réactivité compte tenu de l'interaction sol-structure particulièrement importante pour le dimensionnement de ce type d'ouvrage.

Au total, 18 coupes de calcul ont été nécessaires à l'étude des parois de la station, avec 39 cages d'armatures différentes sur un total de 85. La justification des parois a été réalisée selon les principes de calcul des soutènements aux modules de réaction - méthode MISS, en appliquant la formule de Schmidt pour le calcul des modules de réaction. Compte tenu de l'environnant, en particulier la présence d'un collecteur 6 000 mm situé à une distance de 6 m des parois moulées, les seuils de déformation sont très faibles : 5 mm en tête, 30 mm en ventre et 10 mm pour le collecteur. Une démarche itérative a dû être menée entre les calculs classiques de soutènements et les calculs en déformation à partir d'un modèle aux éléments finis 3D (réalisé par Arcadis) pour le dimensionnement du dispositif de butons précontraints. Les moments à l'ELU sont de l'ordre de 5 600 kN.m par mètre de paroi. Le ratio moyen d'armatures est de 115 kg/m³

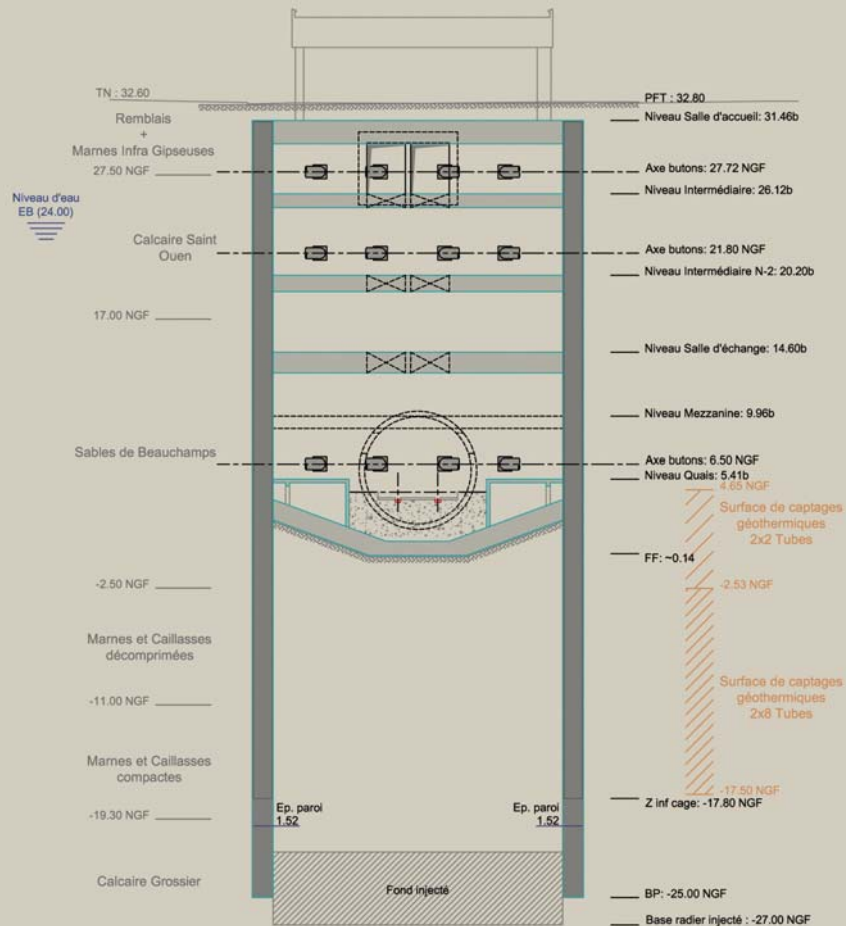
VUE EN PLAN

des travaux de fondations spéciales de la station et de ses accès



COUPE TRANSVERSALE DE LA STATION

parois moulées, structures internes, fond injecté



CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES RETENUES pour les calculs de soutènement

	Épaisseur (m)	ρ (t/m ³)	$C_{travaux}$ (t/m ²)	$F_{travaux}$ (°)	E_m (MPa)	P_i^* (MPa)
Remblais	1,5 à 4	2	0	25	4	0,4
Marnes infragypseuses	1,4 à 2,5	1,9	3	25	25	2
Calcaire de St-Ouen	10 à 11	1,9	4,5	25	25	2,5
Sable de Beauchamp Sup.	10	2,1	0	38	60	5
Sable de Beauchamp Inf.	7 à 10	2,1	4	25	60	5
Marnes & caillasses décomprimées	8 à 10	2	3	30	35	2,5
Marnes & caillasses saines	7 à 8	2,1	5	35	100	5
Calcaire grossier		2,2	10	40	>200	>5

9- Caractéristiques mécaniques retenues pour les calculs de soutènement.

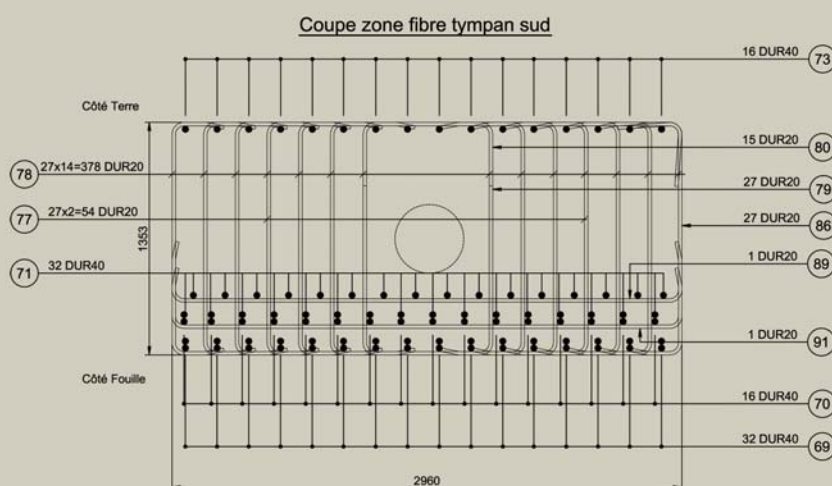
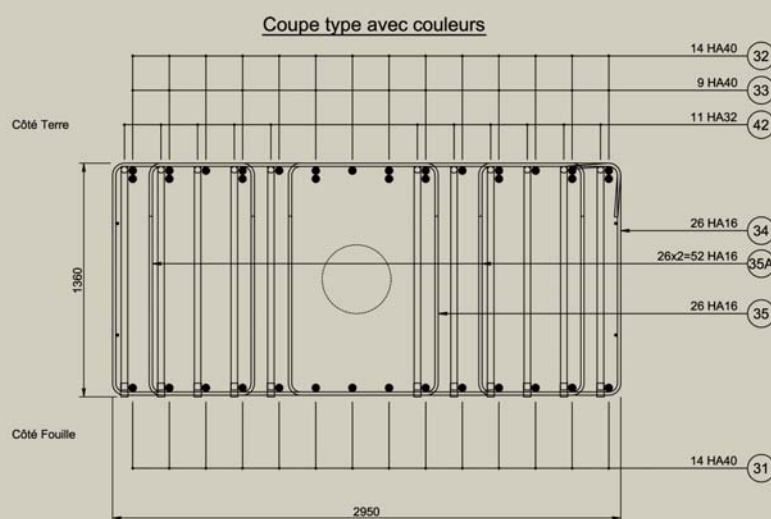
10- Coupe types des armatures de paroi, section courante et zone fibrée du tympan sud.

9- Mechanical properties adopted for retaining structure computation.

10- Typical cross sections of wall reinforcing bars, standard section and fibre zone on the southern front wall.

9

COUPE TYPES DES ARMATURES DE PAROI section courante et zone fibrée du tympan sud



et présente ponctuellement des densités supérieures à 150 kg/m³ (sections d'armatures de 250 cm²/m).

MÉTHODES ET TRAVAUX

Les parois moulées de PCY sont constituées de 45 panneaux, de 7,10 m de longueur courante. Le préforage est réalisé jusqu'à une profondeur moyenne de 15 m à la benne mécanique lourde Stein de 25 t montée sur un porteur Liebherr HD 885, le reste du panneau étant excavé à l'hydrofraise. L'équipement mobilisé est un cutter Bauer BC40 monté sur un porteur MC96 HDS-T. Le temps de cycle moyen est d'un panneau foré tous les trois jours et demi, en deux postes.

La centrale de traitement des boues de forage est constituée d'une unité Bauer BE500 assurant criblage, cyclonage primaire et secondaire (coupure à 20 μ m), couplée à une centrifugeuse et une unité de floculation. La capacité de stockage de bentonite de la centrale a été dimensionnée selon 3 fois le volume des plus grands panneaux (650 m³). Les déblais sont stockés dans une fosse tampon avant d'être chargés dans des semi-remorques et évacués en décharge. Les analyses de sols préalables ont permis de définir un maillage de pollution des premières couches, les déblais ISDI+ et ISDND sont stockés séparément et évacués en décharge spécialisée.

Les panneaux sont équipés de 2 cages d'armatures de 48 à 51 m de long et 2,95 m de large, de 30 t en moyenne, réalisées chacune par assemblage de 3 éléments, de 14 à 24 m, préfabriqués en usine et livrés par transport exceptionnel de nuit.

10



11

© EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS

Les panneaux sont équipés de coupleurs pour les liaisons avec les dalles et le radier définitif, à raison de 10 000 unités sur l'ensemble de la station, de tubes d'auscultation sonique et inclinométriques. Les 15 derniers mètres des cages d'armatures, situés dans la fiche hydraulique de la paroi, sont équipés de 8 tuyaux de géothermie par face pour capter le gradient thermique entre le sol et l'air libre et

alimenter en chauffage ou climatisation les futurs locaux techniques. Les zones devant être démolies par la suite (passages du tunnelier dans les tympans, entrées des 3 galeries, édicules) sont équipées d'armatures en fibre de verre. Les joints entre panneaux sont réalisés par l'intermédiaire d'un coffrage d'arrêt de bétonnage (CWS de 20 t) visant à intégrer aux structures définitives un joint d'étanchéité noyé.

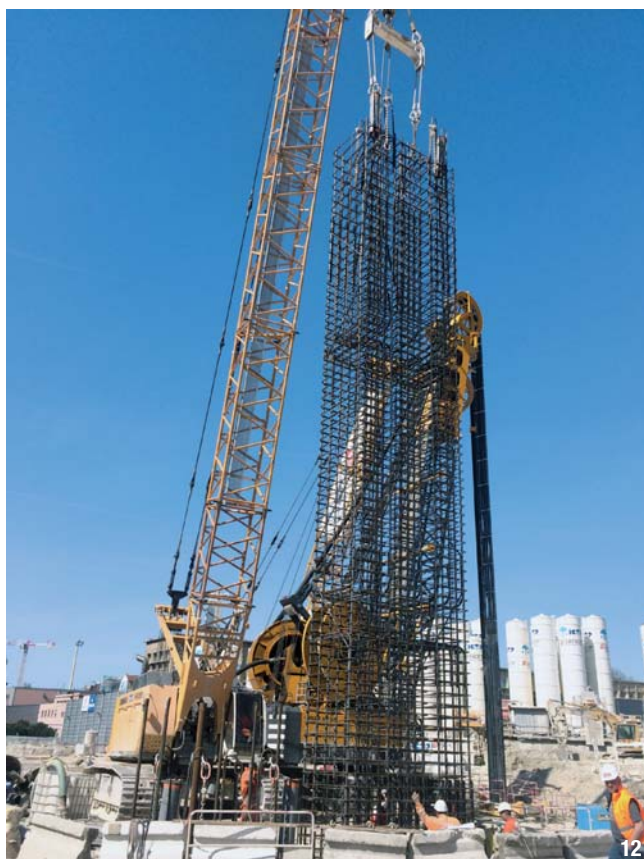
11- Vue d'ensemble des travaux de paroi moulée de la station PCY.

12- Mise en place des cages d'armatures.

13- Mise en place du coffrage CWS 1500 mm et blocage en tête de murette guide.

Les CWS sont décoffrés à la benne, équipée de mains de décoffrage permettant de guider la benne le long du coffrage.

Une formule de béton spécifique a été mise au point en vue d'assurer le maintien de la rhéologie pendant une durée de 10 heures (XA2 C35/45 385 CEM III/B [190 ; 240] Rhéo 10h). Deux centrales à béton sont mobilisées, simultanément si nécessaire, l'une, principale, située sur l'île Saint-Denis, l'autre sur l'emprise du projet à Pont Cardinet. Elles disposent d'une flotte de toupies d'un volume total de 150 m³. Après mise en place et raboutement des cages d'armatures le matin même, y compris raccords de géothermie, la mise en œuvre du béton est effectuée par l'intermédiaire de deux colonnes, à une cadence moyenne de 90 m³/h. Les parois moulées du puits d'accès TGI sont réalisées en simultané de celles de la station principale, nécessitant la mobilisation d'un deuxième



12



13

© EIFFAGE TP FONDATIONS



© EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS

14

14- Excavation à l'hydrofraise du puits TGI et extraction du coffrage CWS.

15- Coupes du traitement de terrain du couloir TGI : Injections, jet et congélation.

14- Excavation of the TGI shaft by hydrofraise and removing the CWS formwork.

15- Cross sections of ground treatment for the TGI corridor: grouting, jet grouting and freezing.

atelier de forage à l'hydrofraise (Bauer BG 28 + BC32) et d'une deuxième station de traitement des boues de forage. Celles du puits Bessières seront quant à elles réalisées à la suite de celles de la station et avec le même équipement. Le terrassement de la station et des puits d'accès ne sera possible qu'après achèvement des radiers injectés et réalisation d'un essai de pompage. Pour la station, cet essai sera conduit avec 4 puits de pompage, et 6 piézomètres intérieurs ou extérieurs à l'enceinte.

TRAVAUX DE TRAITEMENT DE SOLS

OBJECTIF DES TRAITEMENTS

Les techniques de jet grouting et d'injection de traitement sont mises en œuvre pour des raisons principales d'étanchéité :

→ Break in/break out : en entrée de station, un massif en jet grouting dont les dimensions 15 x 13 x 13 m (L x l x h) découlent du diamètre d'excavation et des caractéristiques du tunnelier. Ce bouchon est évidé pour permettre un essai d'étanchéité en grand validant la continuité du traitement mis en œuvre ; en sortie, le traitement est sécuritaire et limité à deux lignes de jet puisqu'un dispositif de cloche est mis en place à l'intérieur de la station, permettant au tunnelier d'assurer avant percement une étanchéité parfaite et une pression au front optimale.

→ Radiers injectés : en injection d'imprégnation du type IRS par tubes à manchettes (TAM) dans les MC et en remplissage de fissures du type MPSP dans le CG, visent à limiter les débits d'exhaure en fond de fouille lors du terrassement.

→ Galeries d'accès : le traitement d'étanchéité limite les venues d'eau pendant le creusement en traditionnel. La géométrie du traitement est définie afin d'assurer un traitement périphérique de l'ordre de 3 m. La cote altimétrique de transition entre les SB et le CSO définit la transition jet/injection avec un recouvrement de 0,5 m.

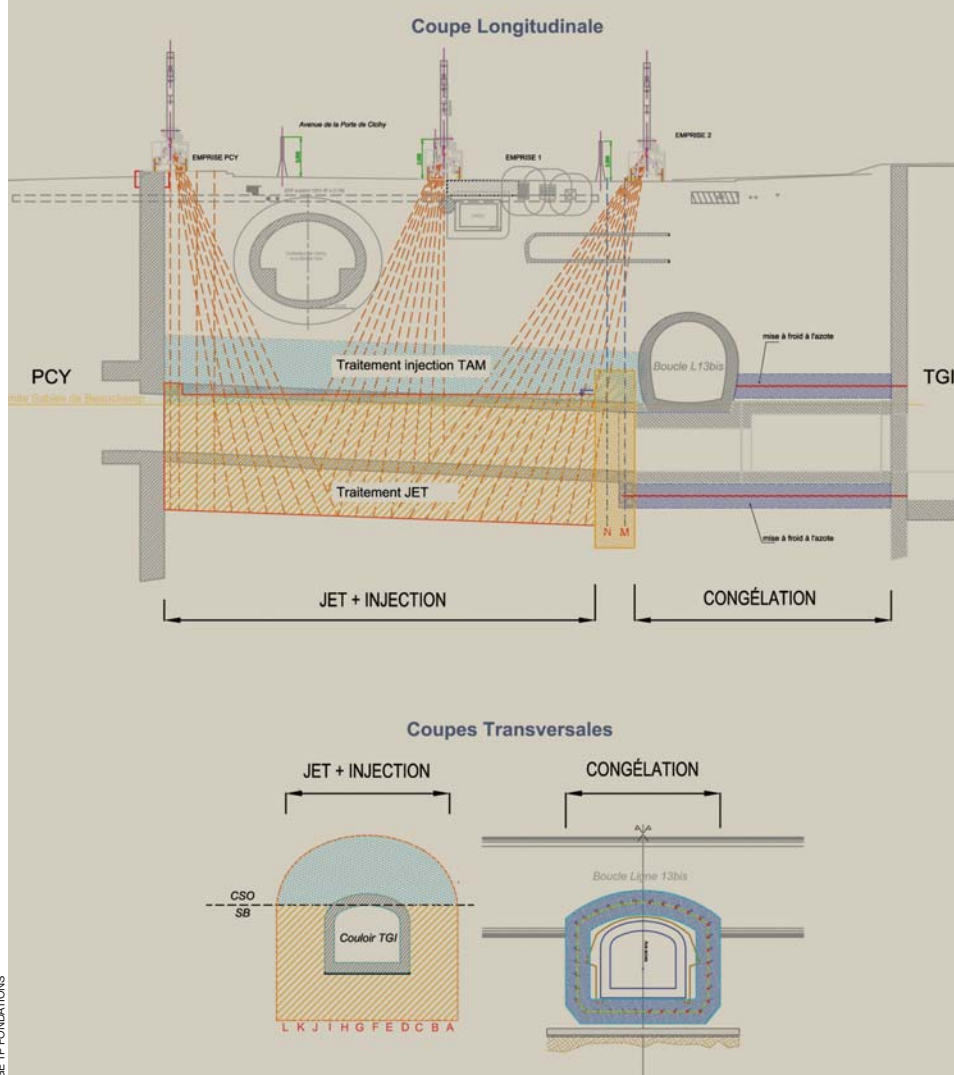
→ Congélation de sols pour le traitement préalable de la galerie TGI située sous la ligne 13.

Les plans de tir sont établis à partir des mailles définies à l'issue des plots d'essai et prennent en compte l'ensemble des contraintes géométriques du projet : emprises morcelées, réseaux, ouvrages souterrains (ligne 13 et collecteur de Clichy).



COUPES DU TRAITEMENT DE TERRAIN DU COULOIR TGI

Injections, jet et congélation



© EIFFAGE TP FONDATIONS

15

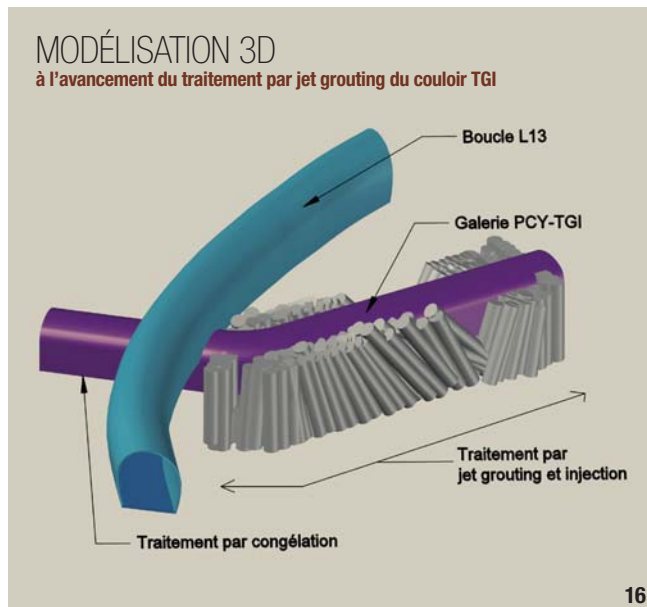
JET GROUTING

La technique de jet grouting est mise en œuvre dans les Sables de Beauchamp (SB) exclusivement. Un plot d'essai de 4 colonnes, d'énergies comprises entre 40 et 75 MJ/m, a permis de déterminer les paramètres d'exécution du jet double. Les diamètres ont été évalués par méthode indirecte de type cylindre électrique. Les mesures ont mis en évidence un diamètre moyen globalement homogène au sein des SB, à l'exception de resserrlements observés au droit des niveaux grésifiés. Le diamètre retenu pour les travaux est de 1,50 m pour une énergie de 62 MJ/m.

Pour s'assurer de la continuité du traitement, les déviations des forages de jet grouting sont mesurées à l'aide d'un Tigor en pied de forage. Le plan de tir tel que réalisé est ensuite reconstitué en 3D afin d'identifier d'éventuelles discontinuités et les traiter par des colonnes supplémentaires.

Le planning d'exécution, dense et très séquencé, nécessite la mobilisation de 3 ateliers simultanément. Les foreuses sont de marque Casagrande, C6, C8, C14 choisies en fonction de la profondeur, des inclinaisons des tirs et des emprises à disposition, et équipées jet et Tigor. Les pompes HP sont de marque Metax et Techniwel, avec des puissances de 600 Ch. Chaque atelier mobilise 4 personnes en 2 postes de 8 h et produit en moyenne 3 colonnes par jour.

La gestion des spoils, mélange de coulis de ciment et de terrain résurgant en surface, est particulièrement contraignante. Les trois ateliers produisent jusqu'à 200 m³ de spoils par jour, qui doivent être stockés et évacués rapidement avant leur prise. Les fosses à spoils sont réalisées avec des murs



16

© EIFFAGE TP-FONATIONS

en L préfabriqués en béton ou en terre pour celles devant être déplacées en cours de chantier. Elles sont mélangées pour disposer d'un matériau ni trop liquide ni trop solide, et évacuées quotidiennement avec la rotation d'une quinzaine de camions sur le chantier.

INJECTIONS D'IMPRÉGNATION PAR TUBES À MANCHETTES

Les injections d'imprégnation à cadence lente par tubes à manchettes (TAM) sont mises en œuvre dans les MC pour les radiers injectés des ouvrages d'accès et dans le CSO pour l'étanchéement des galeries. Elles sont réalisées en deux phases distinctes :

→ Remplissage de l'espace annulaire entre tubes et parois du forage : réalisation du coulis de gaine, à l'aide d'un coulis riche en ciment.

→ Injection sous pression en plusieurs passes, réalisées sélectivement au droit de toutes les manchettes espacées de 33 cm. Des critères d'arrêt pression et volume sont définis, et conditionnent le déroulement des opérations de traitement. Les critères de volume se basent sur un volume d'absorption compris entre 15 et 20 %, avec une pression d'arrêt de 10 bars.

Les travaux ont fait l'objet d'un plot d'essai grandeur nature, avec réalisation de deux mailles hexagonales permettant d'évaluer l'influence de différents paramètres : injectabilité, maillage, ciment et formule du coulis. Une analyse approfondie des diagrammes d'injection a permis d'identifier le coulis d'injection présentant la meilleure pénétrabilité et la maille pré-

16- Modélisation 3D à l'avancement du traitement par jet grouting du couloir TGI.

17- Jet incliné depuis emprise secondaire située sur l'avenue de Clichy, au pied des immeubles.

18- Au premier plan : forages pour radier injecté PCY ; au second : forages pour injections TAM couloir TGI ; au troisième : forages pour jet grouting couloir TGI.

16- 3D model of progress on jet grouting treatment of the TGI corridor.

17- Inclined jet from a secondary location on Avenue de Clichy, at the base of the buildings.

18- In the foreground: drilling for Porte-de-Clichy cement-grouted invert; further back: drilling for TAM grouting of TGI corridor; third level back: drilling for jet grouting of TGI corridor.



17



18

© EIFFAGE TP-FONATIONS

sentant l'efficacité maximale en termes de réduction de la perméabilité, pour atteindre 10^{-6} m/s. Le coulis retenu est basé sur un ciment CEM III 52.5, et mis en œuvre selon une maille rationnelle de 2,15 m x 1,85 m. La pression de refus est réduite à 5 bars à proximité d'ouvrages sensibles et la maille est resserrée en conséquence.

Les ateliers de forage sont les mêmes que ceux utilisés pour le jet grouting. Ces travaux mobilisent également 2 centrales de fabrication Lodos 30 et 2 centrales d'injection containerisées équipées chacune de 10 presses d'injection Elena 10 et d'un système de contrôle automatique Lutz Cinaut.

INJECTIONS DE TYPE MPSP AU SEIN DU CALCAIRE GROSSIER

La technique d'injection de traitement avec sacs séparateurs type « Multi Packer Sleeved Pipe » (MPSP) est mise en œuvre pour réalisation du radier injecté de la station Porte de Clichy dans le CG, la non déformabilité de la formation rocheuse rendant inopérante la technique classique de l'injection au tube à manchettes avec coulis de gaine. La hauteur de 5 mètres à traiter est scindée en deux par des sacs séparateurs positionnés à l'extérieur du tube d'injection, gonflés au coulis de ciment préalablement à l'injection.

Un phasage particulier est mis en œuvre, avec forages périphériques/centraux, et primaires/secondaires, afin de confiner le volume du terrain injecté et garantir la qualité du traitement effectué.

La pression de refus est de 20 bars, avec des critères d'arrêt volume définis sur la base d'un volume d'absorption de 10 % en fonction de la présence de zones productives localisées.

19- Sacs séparateurs installés sur tube à manchettes pour injections MPSP.

19- Separator bags installed on sleeve pipe for MPSP grouting.



19
© EIFFAGE TP FONDATIONS

PLANNING

L'OS du lot 1 a été donné le 31 mars 2014 pour un délai global du GC de 60 mois et un démarrage des travaux le 1^{er} août 2014.

Au 15 juillet 2015, les ouvrages de parois moulées de la station principale et de l'accès secondaire TGI devront avoir été achevés, y compris essais de pompage.

Les traitements de terrain sont réalisés sur la période novembre 2014 à décembre 2015. La congélation du couloir TGI est prévue sur la période septembre 2015 à décembre 2015. Le chantier de fondations est de 18 mois avec 85 % de l'activité réalisée la première année. Il représente approximativement 100 000 heures travaillées dont 5 % en insertion. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

PAROIS MOULÉES 1 520 MM : 16 800 m², 25 200 m³
PAROIS MOULÉES 1 020 MM : 6 000 m², 6 000 m³
PIEUX 800 MM : 34 unités, 550 m
INJECTIONS DE COMblement : 12 700 m de forage, 2 500 m³ de mortier
INJECTIONS D'IMPRÉGNATION PAR TUBES À MANCHETTES : 10 000 m de forage, 2 000 m³ de coulis
INJECTIONS DE REMPLISSAGE DE FISSURES DE TYPE MPSP : 11 500 m, 1 000 m³ de coulis
JET GROUTING : 43 000 m de forage, 1 400 colonnes, 17 000 m³ de jet
DÉBLAIS PM ET SPOILS JET GROUTING : 55 000 m³
POMPAGE : 7 puits, 10 piézomètres
CONGÉLATION : 19 m de couloir, section d'excavation de 30 m²
MONTANT DES TRAVAUX DE FONDATIONS DE PCY : ~34 M€

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : RATP - STIF
MAÎTRISE D'ŒUVRE : Systra
TITULAIRE : Groupement Eiffage TP / Razel-Bec
SOUS-TRAITANT FONDATIONS PCY : Groupement Eiffage TP Fondations / I.CO.P. S.P.A.
BUREAU D'ÉTUDES FONDATIONS PCY : Eiffage TP (Biep pôle Gos)
ARMATURES : Sendin
BÉTON : Béton Solutions Mobiles (BSM)
DÉBLAIS FONDATIONS : Atm

ABSTRACT

LINE 14 - SPECIAL FOUNDATIONS FOR THE NEW PORTE-DE-CLICHY STATION

P. JULLIEN, SYSTRA - A. MARTIN, SYSTRA - A. DAVOUT, EIFFAGE TP FONDATIONS - A. RIGAZIO, I.CO.P. S.P.A. - É. MATHIEU, BIEP

Work section 1 on Line 14 of the Paris metro is the first major sub-project of the "New Greater Paris" project. Construction of the new Porte de Clichy station requires the large-scale use of various special foundation techniques:

- Diaphragm walls by mechanical grab and hydrofraise, of thicknesses 1.02 and 1.52 metres, down to a depth of 57 m in limestone, equipped at various points with glass-fibre reinforcements, geothermal power pipes and waterstop seals installed with CWS formwork;
- 800 mm piles forming a Berlin-type retaining wall;
- Double-jet air-grout jet grouting, sleeve pipe treatment grouting, MPSP crack filling grouting and ground freezing to improve in-situ soil permeability. □

LÍNEA 14 - CIMENTACIONES ESPECIALES EN LA NUEVA ESTACIÓN PORTE DE CLICHY

P. JULLIEN, SYSTRA - A. MARTIN, SYSTRA - A. DAVOUT, EIFFAGE TP FONDATIONS - A. RIGAZIO, I.CO.P. S.P.A. - É. MATHIEU, BIEP

El Lote 1 de la línea 14 del metro parisino representa la primera obra de envergadura del Nouveau Grand Paris. La construcción de la nueva estación Porte de Clichy requiere la utilización, a gran escala, de varias técnicas de cimentaciones especiales:

- Muros pantalla con cuchara mecánica e hidrofresa, con espesores de 1,02 y 1,52 m hasta una profundidad de 57 m en la caliza, equipadas puntualmente con estructuras de fibra de vidrio, tubos de geotermia y juntas waterstop instalados con encofrado CWS;
- Pilotes de 800 mm formando un encofrado entre pilotes;
- Jet grouting doble jet aire-lechada, inyecciones de tratamiento mediante tubos manguitos, inyecciones de relleno de grietas MPSP y congelación para mejorar la permeabilidad de los suelos in situ. □