

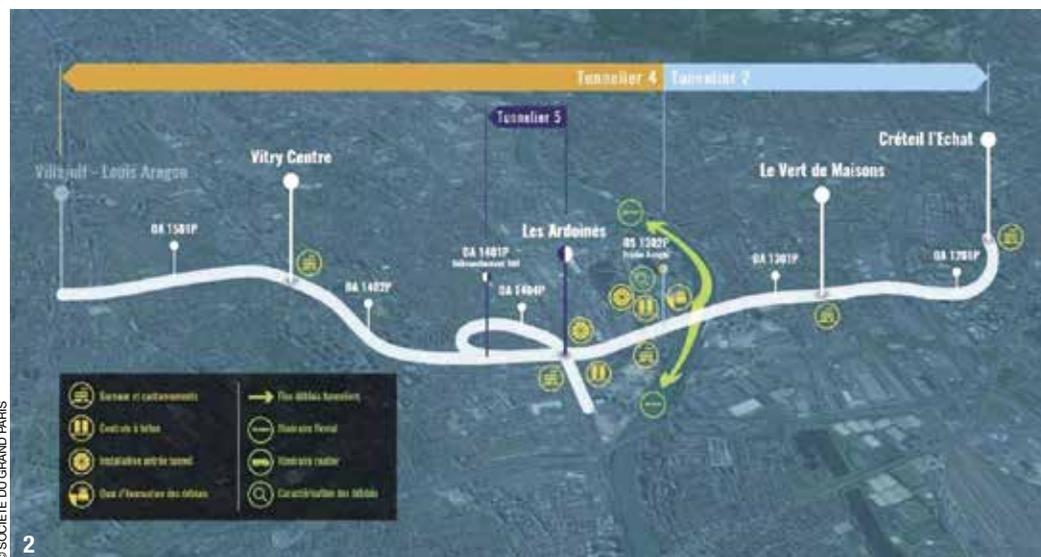


1 © GÉRIC HELSY

VITRY-CENTRE, UNE NOUVELLE GARE DE LA LIGNE 15 SUD EN PLEIN CŒUR DE VITRY-SUR-SEINE

AUTEURS : NICOLE BENZ-COLLANGE, INGÉNIEURE TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE - PAULINE CANTO, INGÉNIEURE D'ÉTUDES, SOLETANCHE BACHY FRANCE - MARION LE BATARD, DIRECTRICE TRAVAUX, SOLETANCHE BACHY FRANCE - GILLES PIAN, CHEF DE SERVICE TRAVAUX, BOUYGUES CONSTRUCTION FRANCE

À L'HEURE OÙ LE TUNNELIER ABY POURSUIT SON CHEMIN VERS LA GARE DE VILLEJUIF-LOUIS-ARAGON ET S'APPRÊTE À OPÉRER SON RIPAGE POUR TRAVERSER LA GARE DE VITRY-CENTRE, LES TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL SONT EN COURS POUR CONSTRUIRE L'INFRASTRUCTURE DE LA STATION À L'ABRI DE L'ENCEINTE EN PAROIS MOULÉES SOUTENUE PAR 4 LITS DE BUTONS. REVENONS SUR LES TROIS PREMIÈRES ANNÉES DE CHANTIER DE CETTE GARE SITUÉE AU CŒUR DE LA VILLE DE VITRY-SUR-SEINE.



site de maintenance des infrastructures composé d'un tunnel, d'une tranchée couverte et d'une tranchée ouverte ;

- 5 ouvrages annexes d'interstations 1201P, 1301P, 1402P, 1404P, 1501P ;
- 1 puits d'entrée des deux tunnels : ouvrage spécial 1302P.

GARE DE VITRY-CENTRE

La gare de Vitry-Centre sera la 3^e gare présente sur la commune de Vitry-sur-Seine, après Les Ardoines et Vitry-sur-Seine, déjà existantes sur le tracé du RER C. Elle assurera la connexion de la Ligne 15 avec le futur tramway T9, dont les travaux sont concomitants à ceux de la gare. Elle est construite au centre de la ville, à deux pas de l'Hôtel de Ville, bordant le parc des Coteaux et la Médiathèque Nelson Mandela (figure 3).

DIMENSIONNEMENT CARACTÉRISTIQUES

La gare de Vitry-Centre présente une géométrie simple et se compose (figures 4, 5 et 6) :

- D'une boîte gare principale rectangulaire de dimensions intérieures 30 x 82 m ;
- D'une boîte secondaire de dimensions intérieures 15 x 25 m.

La paroi moulée comporte 41 panneaux d'épaisseur 1 m séparés par des joints waterstop, et 90 cages d'armature ferrillées sur 38,5 m.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET :

LOT T2A DU GRAND PARIS EXPRESS

Projet d'infrastructure et de transport majeur pour la région Île-de-France, le Grand Paris Express prévoit la mise en service de 200 km de nouvelles lignes de métro automatiques (dont 180 km en souterrain), avec, comme ambitions principales : désengorger le réseau RER existant, favoriser les échanges socio-économiques avec les communes périphériques, réduire le trafic automobile et limiter la pollution atmosphérique. Pour répondre à ces objectifs, il est prévu la construction de 68 nouvelles

1- Réalisation du génie civil de la boîte gare à l'abri de 4 lits de butons.

2- Vue générale du lot T2A de la Ligne 15 Sud.

1- Execution of civil engineering for the station box structure sheltered by 4 layers of struts.

2- General view of work section T2A on Line 15 South.

stations et de nombreuses interconnexions avec le réseau existant.

Le lot T2A de la Ligne 15 Sud, attribué par la Société du Grand Paris (SGP) au groupement d'entreprises Bouygues TP / Soletanche Bachy France / Soletanche Bachy Tunnels / Bessac / Sade réunis sous la bannière commune "Horizon", comporte (figure 2) :

- 6,6 km de tunnel au tunnelier ;
- 4 gares : Créteil-l'Échat, Le-Vert-de-Maisons, Les Ardoines et Vitry-Centre ;
- 1 ouvrage de débranchement pour les tunneliers : 1401P ;
- 1 raccordement entre l'ouvrage de débranchement 1401P et le futur



© SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS

3

Afin de faciliter le percement de la paroi moulée lors du passage du tunnelier, les cages situées au droit des 2 tympans de la gare disposent de barres en fibre de verre sur la hauteur de l'ouverture.

La traversée de la gare par le tunnelier s'effectue après terrassement de l'enceinte en parois moulées, à l'abri de deux bouchons injectés, en entrée et sortie de terre, de mêmes dimensions : 16 x 16 x 16 m. L'objectif de perméabilité visé pour ces étanchements est de 10^{-6} m/s (figure 7).

CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE ET MISE HORS D'EAU

La gare de Vitry-Centre traverse les horizons caractéristiques du bassin parisien, soit, en partant du terrain naturel à 52 NGF (figure 8) :

- Remblais sur 2,5 m d'épaisseur, éboulis/colluvions sur 2 m ;
- Alluvions anciennes sur 9 m ;
- Masses et Marnes du Gypse sur 13 m ;
- Marnes Infragypseuses sur 2 m ;
- Calcaire de Saint-Ouen sur 10 m ;
- Sables de Beauchamp sur 4 m ;

3- Implantation des avoisinants de la gare de Vitry-Centre.

4- Dimensions de l'ouvrage et plan de panneautage.

3- Location of structures adjacent to Vitry-Centre Station.

4- Dimensions of the structure and panelling plan.

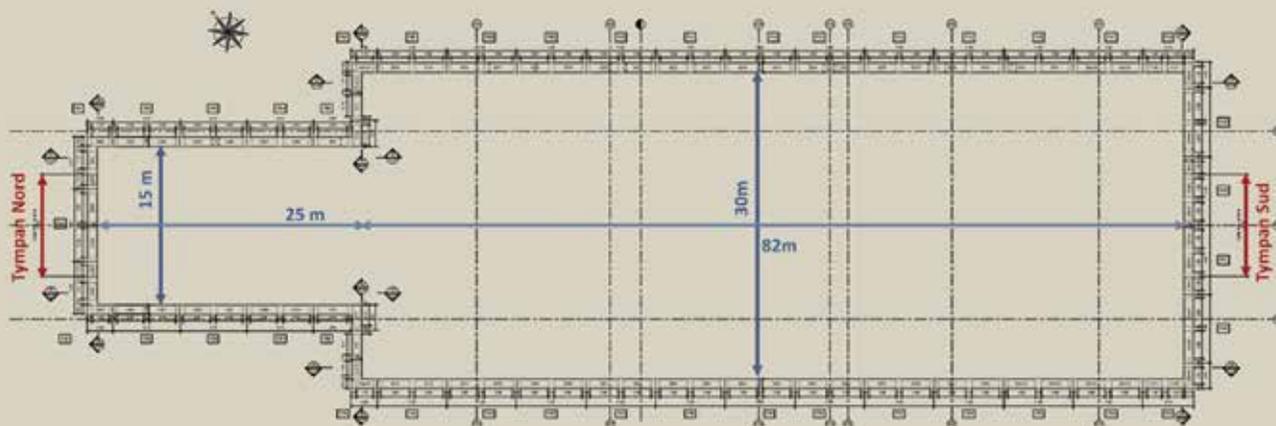
→ Marnes et Caillasses, couche dans laquelle est ancrée de 5 m la paroi moulée (base à 5 NGF).

Les aquifères rencontrés au droit du site sont :

- Nappe Alluviale vers 41 NGF ;
- Nappe des Masses et Marnes du Gypse à 37 NGF ;
- Nappe du Calcaire de St-Ouen à 31 NGF ;
- Nappe de Lutétien ~31 NG.

Le pompage est arrêté après la construction du radier courbe de la gare dimensionné pour résister aux

DIMENSIONS DE L'OUVRAGE ET PLAN DE PANNEAUTAGE



4

© SOLETANCHE BACHY

sous-pressions. La fiche mécanique des parois moulées est sollicitée en traction pour cette phase travaux provisoire.

En phase définitive, l'intégralité des planchers étant coulée, le poids propre des structures et de la paroi moulée compensent largement les sous-pressions d'eau.

La gare de Vitry-Centre a fait l'objet, lors de la phase de conception, d'optimisations fortes par le groupement Horizon, afin de simplifier les travaux de génie civil et de terrassement, et permettre le passage du tunnelier au plus vite dans la gare :

→ Il a été privilégié un phasage à ciel ouvert avec un butonnage provisoire

à la descente sur 4 niveaux au lieu d'un phasage en taube (avec 2 lits de butons provisoires complémentaires) ;

→ Les planchers sont réalisés sur étaie à la remontée après coulage du radier ;

→ La dalle de couverture est construite en dernier, ce qui a permis de sup-

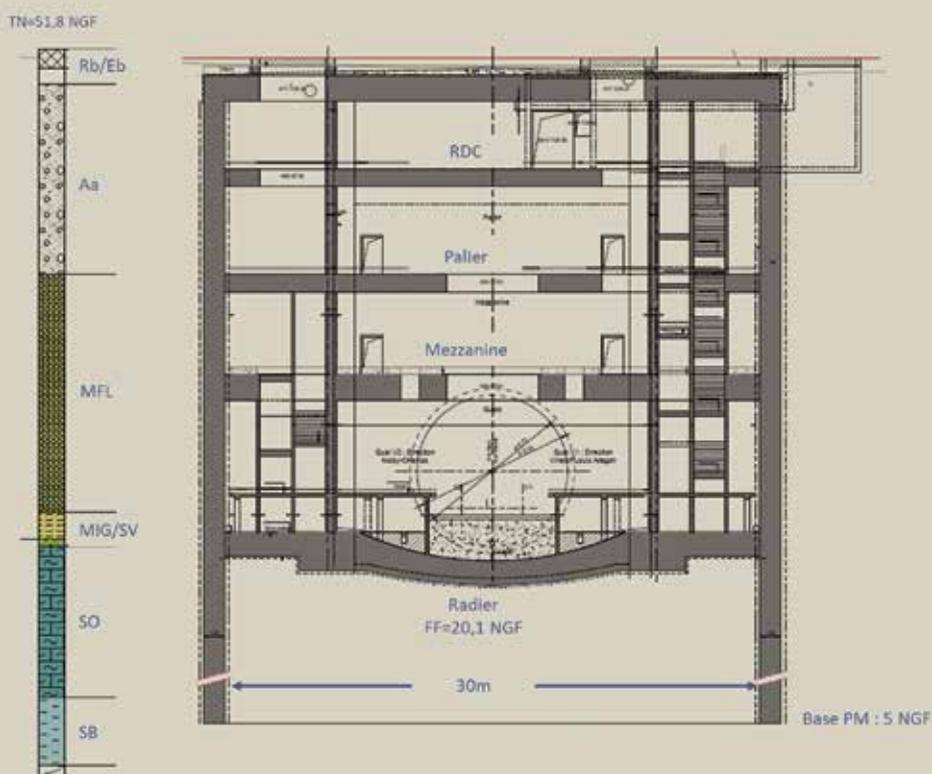
primer les 24 poteaux préfondés et les barrettes associées de la solution marché servant d'appuis à la dalle ;

→ L'épaisseur du radier courbe a été uniformisée à 1,35 m sur toute la fouille (au lieu d'une épaisseur variable de 1,35 à 2,20 m) ;

→ Enfin, l'épaisseur de la paroi moulée a été variée en 1 m au lieu de 1,2 m.

La stabilité horizontale de l'écran a été étudiée classiquement à l'aide de calculs d'interaction sol-structure 2D aux coefficients de réaction, grâce au logiciel interne Paris développé par Soletanche Bachy : 4 coupes de calcul mono-paroi et 3 coupes en modèle bi-paroi ont été nécessaires, afin de tenir compte des spécificités de phasage et de butonnage de la gare. Les ouvrages du lot T2A étant implantés dans des contextes urbains denses, la maîtrise des tassements en surface est un sujet majeur pour les travaux de paroi moulée. ▷

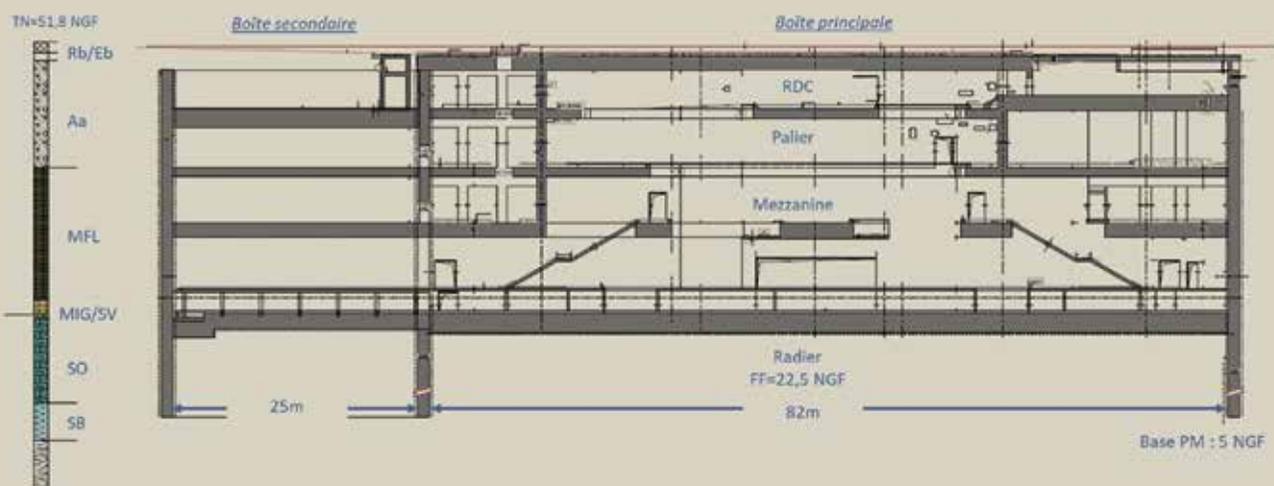
COUPE TRANSVERSALE DE L'OUVRAGE



5- Coupe transversale de l'ouvrage.

5- Cross section of the structure.
6- Longitudinal section of the structure.

COUPE LONGITUDINALE DE L'OUVRAGE



6

À ce titre, des seuils contractuels de tassement et de déformée limites sont définis en fonction de la sensibilité des avoisinants. Les déformées horizontales des parois moulées sont fixées à 15 mm en tête et 30 mm en ventre au droit des mitoyens sensibles, et 20 mm en tête et 40 mm en ventre en zone courante.

Pour la gare de Vitry-Centre, les enjeux portent en particulier sur la bibliothèque Nelson Mandela : l'une des parties du bâtiment est un hôtel particulier datant du XVIII^e siècle inscrit à l'inventaire des monuments historiques. Il est situé au

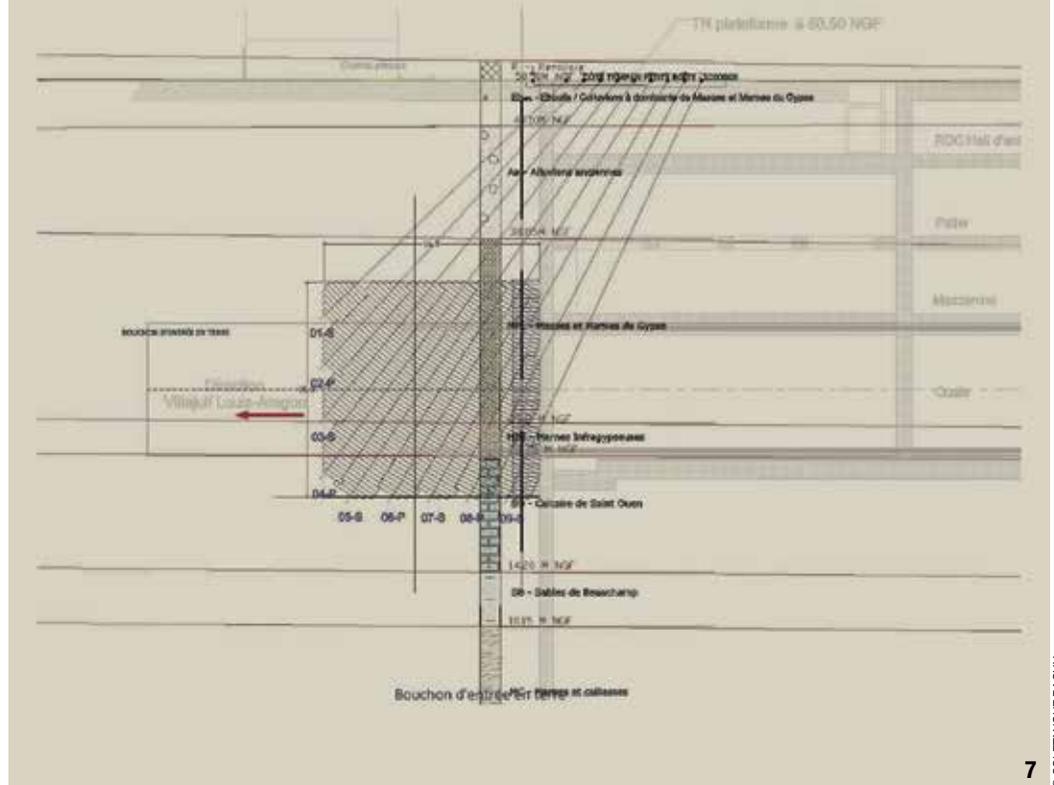
7- Bouchon injecté d'entrée en terre (plan de tirs).

8- Stratigraphie du site de la gare de Vitry-Centre.

7- Grout plug for adit (grout hole layout).

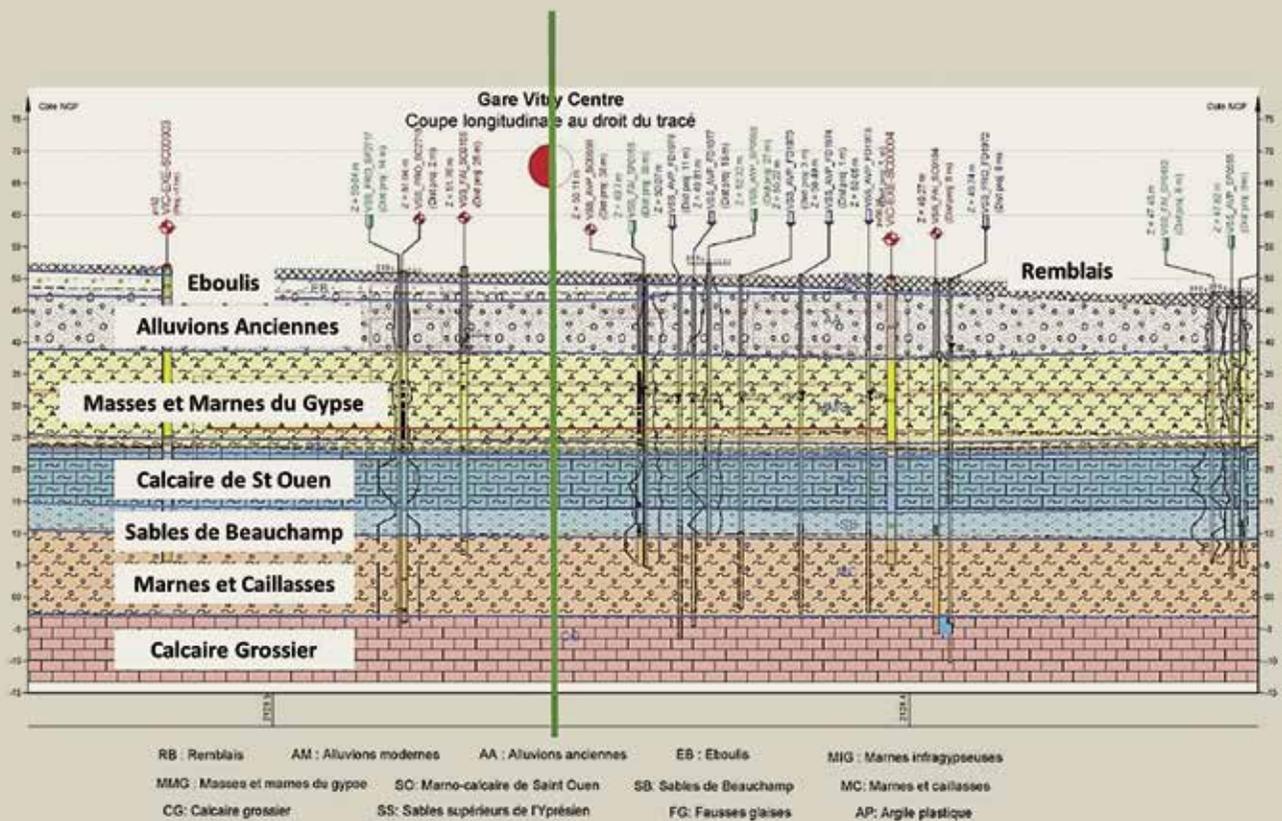
8- Stratigraphy of the site of Vitry-Centre Station.

BOUCHON INJECTÉ D'ENTRÉE EN TERRE
(plan de tirs)



7 © SOCIÉTÉ BACHY

STRATIGRAPHIE DU SITE DE LA GARE DE VITRY-CENTRE



8 © SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS



© CEDRIC HELSY
9

9- Travaux de pieux berlinois et injection du bouchon d'entrée en terre du tunnelier.

10- Vue du chantier de Vitry-Centre en phase de prétraitement et bouchons d'entrée et sortie de terre.

9- Berlin type piling work and grouting of the plug for the TBM adit.

10- View of the Vitry-Centre construction site in the pre-treatment phase and tunnel entry and exit plugs.

plus près 13 m derrière la paroi Sud de la gare. Les tassements absolus engendrés par les travaux de paroi moulée sont donc limités à 20 mm sous ce bâtiment réputé sensible.

Les tassements surfaciques à l'arrière de la paroi moulée ont été évalués par une méthode analytique simplifiée, la méthode Hamza [Bazin et Schmitt,

2001] dont la cuvette de tassement est estimée à partir de la déformée horizontale de la paroi moulée déduite des modèles d'interaction sol-structure 2D aux coefficients de réaction. Le tassement absolu théorique déduit par cette approche sous la bibliothèque Nelson Mandela est de 13 mm. Un calcul complémentaire aux élé-

ments finis a toutefois été demandé par le contrôleur externe Socotec. Un modèle 2D sous Plaxis avec une loi de comportement de type Hardening Soil Model, dont les paramètres ont été calés sur les coupes aux coefficients de réaction, a ainsi été réalisé, et a permis de valider cet ordre de grandeur (tassement absolu de 15 mm sous Plaxis).

EXÉCUTION DES TRAVAUX TRAVAUX PRÉPARATOIRES ET TRAVAUX SPÉCIAUX

Une première phase de travaux préparatoires a permis de niveler le site et de mettre en œuvre des soutènements en parois berlinoises pour la création de la plate-forme de travail au droit de l'ouvrage. Ainsi, 87 pieux pour 170 m d'écran de soutènement ont été réalisés durant l'hiver 2017 (figure 9).

En parallèle, la perforation pour les bouchons injectés d'entrée et sortie de terre du tunnelier a été menée avec la méthode Hi'Drill développée par Soletanche Bachy (vibrations de haute fréquence) en diamètre 114 mm. Cette technique permet de traverser les roches et les terrains sous nappe avec un rendement élevé et de limiter les déviations. Elle facilite également l'équipement des tubes à manchettes permettant de mettre en œuvre l'injection répétitive et sélective (IRS) nécessaire pour atteindre le critère de perméabilité requis de 10^{-6} m/s. Au total, 1710 m d'injection ont été réalisés.

Un dispositif d'instrumentation a été mis en place par Sixense pour monitorer la médiathèque Nelson Mandela en temps réel dès le démarrage des travaux de forage et d'injection du bouchon injecté de sortie de terre, situé à son aplomb. Cette surveillance a permis de piloter précisément les injections de manière à rester dans les 10 mm de déplacement admissible par le bâti.



© YVES CHANOIT
10



Des travaux de prétraitement des terrains sur le linéaire et la hauteur de la paroi moulée ont également été menés (figure 10). Ces injections gravitaires au coulis bentonite-ciment avaient pour but de pallier le risque de décompressions ou de vides de dissolution de gypse identifié lors des reconnaissances géotechniques. Ce dernier aurait pu conduire à des pertes de boues et des éboulements lors de l'excavation de la paroi moulée.

La paroi moulée a été réalisée entre mai et septembre 2018 (figure 11). Les terrains en tête (jusqu'à l'horizon des Marnes Infragypseuses) ont été excavés à la benne hydraulique KS, et les horizons suivants à l'Hydrofraise compacte.

Les cages d'armatures ont été fabriquées en usine en y intégrant des coupleurs de liaisons avec les futures dalles et le radier de l'ouvrage. Le bétonnage des panneaux (volume unitaire de l'ordre de 320 m³) a été mené avec un béton d'une rhéologie de 6 heures. Un recépage par aspiration a été réalisé directement après le bétonnage, afin de réduire les nuisances sonores lors des phases suivantes de génie civil, en particulier d'éviter l'utilisation du BRH à proximité directe des riverains de la résidence voisine. L'ensemble des équipements de réalisation de la paroi moulée a été recouvert de bâches acoustiques, y compris la centrale de traitement des boues afin de réduire le bruit généré.

La paroi moulée de Vitry-Centre fait l'objet d'un projet de recherche nécessitant l'équipement en instrumentation complémentaire de certains panneaux : fibres optiques horizontales et verticales, et capteurs de pressions totales dans les cages d'armatures.

TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL BUTONNAGE

Les travaux de génie civil ont pris le relais à la suite des opérations de travaux spéciaux. Après la descente de la gare réalisée par les équipes de terrassement, la mise en place des butons de soutènement est réalisée dès libération des zones. Quatre lits composent ce soutènement provisoire (figure 1).

- Le premier est constitué de 39 butons métalliques cylindriques et de 2 liernes en profilés métalliques pour un poids total de 263 t ;
- Le deuxième est constitué de 39 butons métalliques cylindriques et de 2 liernes en profilés métalliques pour un poids total de 287 t ;



11 © CEDRIC HELSY

- Le troisième est constitué de 39 butons métalliques cylindriques et de 18 liernes en profilés métalliques pour un poids total de 601 t ;
- Le quatrième est constitué de 37 butons métalliques cylindriques et de 20 liernes en profilés métalliques pour un poids total de 529 t.

11- Exécution des parois moulées de Vitry-Centre.

11- Execution of the Vitry-Centre diaphragm walls.

Les butons ont été en partie assemblés en surface avant leur descente à la grue.

Une fois le montage complété, le buton est fixé à la paroi. Le serrage des boulons est vérifié ensuite, ainsi que le matage des platines de contact avec la paroi. Des dalles de béton situées dans



© HORIZON
12

12- Vue des longrines et massifs.

12- View of longitudinal members and foundation blocks.

les angles rentrants de la boîte gare viennent compléter le dispositif.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux de remontée de gare, les lits 4, 2 et 1 peuvent être démontés, les structures GC reprenant les efforts. Le 3^e lit, quant à lui, reste en place. Il sera démonté en sous-cœuvre dès lors que la dalle de mezzanine sera complètement terminée. Cette dalle étant en interface avec l'emprise du tunnelier, sa partie centrale ne peut être réalisée tant que Aby est dans la gare.

TRAVAUX PRÉPARATOIRES AU TBM

En vue de l'arrivée du tunnelier Aby dans la gare de Vitry-Centre, des travaux préparatoires s'inscrivent dans le planning GC de remontée de gare ont eu lieu.

PRINCIPALES QUANTITÉS

PAROI MOULÉE

LINÉAIRE DE PAROI : 285 m

PROFONDEUR DE LA PAROI : 45,46 m

SURFACE EXCAVÉE : 12 957 m²

BÉTON : 13 565 m³

ARMATURES : 1 239 t d'acier et 17 t de fibre de verre

BUTONS ET GÉNIE CIVIL

BUTONNAGE : le soutènement est constitué de 196 butons et liernes répartis sur 4 lits, pour un tonnage total de 1 681 t

BÉTON : 22 000 m³

ARMATURES : 4 500 t

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Société du Grand Paris (SGP)

MAÎTRE D'ŒUVRE : Systra

ASSISTANT MAÎTRISE D'OUVRAGE : Artemis (groupement Arcadis ESG, Artelia)

CONTRÔLE TECHNIQUE (OCTA) : groupement Bureau Veritas / Apave

GROUPEMENT : Horizon Grand Paris (Bouygues Travaux Public, Soletanche Bachy France, Bessac, Soletanche Bachy Tunnels)

Les premières opérations ont consisté à réaliser deux ouvrages de tympans côté Sud et côté Nord.

Côté Sud, le tunnelier entre en gare : le tympan est un ouvrage de confortement de la paroi moulée permettant un débouchage en sécurité. Sa géométrie est un cadre de 30 cm d'épaisseur laissant en son centre un cercle de 10,17 m de diamètre.

Côté Nord, le tunnelier entre en terre pour continuer sa progression vers sa destination finale qu'est la gare de Villejuif Louis Aragon. Ce tympan, à la différence du Sud, est constitué d'une paroi béton équipée d'un joint métallique de 1,80 m d'épaisseur assurant l'étanchéité lors de la pénétration du bouclier dans le terrain.

Deux longrines de "ripape" 2 x 102 m, sont également réalisées pour permettre la traversée de gare du tunnelier (figure 12). Ces longrines ont été faites par plots de 12 m, et armées à 273 kg/m³.

Des massifs béton sont également réalisés afin de permettre d'accueillir le bâti métallique de réaction servant à reprendre les efforts de poussée du tunnelier lors de la reprise de creusement.

CONCLUSION

La gare de Vitry-Centre est un ouvrage majeur du projet T2A de la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express. Une fois achevé le ripape du tunnelier Aby, les travaux de génie civil de finition de la gare seront réalisés avant de replier le chantier fin 2021. L'achèvement prochain de cet ouvrage est une belle réussite du groupement Horizon, d'une part en termes de sécurité, de réalisation technique, mais d'autre part aussi de respect des délais. □

ABSTRACT

VITRY-CENTRE, A NEW STATION ON LINE 15 SOUTH RIGHT IN THE HEART OF VITRY-SUR-SEINE

NICOLE BENZ-COLLANGE, SOLETANCHE BACHY FRANCE - PAULINE CANTO, SOLETANCHE BACHY FRANCE - MARION LE BATARD, SOLETANCHE BACHY FRANCE - GILLES PIAN, BOUYGUES CONSTRUCTION FRANCE

Since 2017, the Horizon consortium has been active on the site of work section T2A of Line 15 South of the 'Grand Paris Express' metro project.

The Vitry-Centre Station, located near the town hall of Vitry-sur-Seine, will ultimately be merged with Coteaux park. It will connect Line 15 with the future tramway T9. The works must allow for the proximity of the Nelson Mandela Library, a building classified as sensitive to movements, and must take care to limit nuisances in a dense urban environment. The station consists of an enclosure in diaphragm walls retained in the temporary phase by 4 layers of struts for civil engineering work on the structure to enable the Aby TBM to pass through it. □

VITRY-CENTRE, UNA NUEVA ESTACIÓN DE LA LÍNEA 15 SUR EN PLENO CENTRO DE VITRY-SUR-SEINE

NICOLE BENZ-COLLANGE, SOLETANCHE BACHY FRANCE - PAULINE CANTO, SOLETANCHE BACHY FRANCE - MARION LE BATARD, SOLETANCHE BACHY FRANCE - GILLES PIAN, BOUYGUES CONSTRUCTION FRANCE

Desde 2017, el consorcio Horizon trabaja en la obra del lote T2A de la línea 15 Sur del Grand Paris Express.

La estación de Vitry-Centre, situada cerca del ayuntamiento de Vitry-sur-Seine, acabará fundiéndose con el parque de los Coteaux y conectará la línea 15 con el futuro tranvía T9. Las obras deberán tener en cuenta la proximidad de la biblioteca Nelson Mandela, edificio clasificado como sensible a los desplazamientos, y minimizar las molestias en un contexto urbano denso. La estación está formada por un recinto de pantallas de hormigón, sostenido en fase provisional por cuatro lechos de butones para las obras de ingeniería civil de la construcción que permitirán que la atraviese la tuneladora Aby. □