



1  
© INGEROP

# VOIE NOUVELLE SARTROUVILLE MONTESSON - DOUBLEMENT DE LA RD 121- CONSTRUCTION D'UN PONT- ROUTE ET D'UN PONT-RAIL (TERRASSEMENTS - PAROIS CLOUÉES PROVISOIRES - FONDATION DES OUVRAGES)

AUTEURS : LAURENT SAUSSAC, INGÉNIEUR PRINCIPAL, GEOS INGÉNIEURS CONSEILS - OLIVIER PANNOUX, INGÉNIEUR ÉTUDE, GEOS INGÉNIEURS CONSEILS

GÉOS INGÉNIEURS CONSEILS A ÉTÉ MISSIONNÉ PAR L'ENTREPRISE BOUYGUES TP POUR RÉALISER L'INTÉGRALITÉ DE LA MISSION G3 DES OUVRAGES GÉOTECHNIQUES DU PROJET INCLUANT NOTAMMENT :

- LA VÉRIFICATION DE LA STABILITÉ DES TALUS DE L'AIRE DE PRÉFABRICATION ET DES TALUS DRESSÉS À PROXIMITÉ IMMÉDIATE DES VOIES FERRÉES ;
- LA VÉRIFICATION DE LA CAPACITÉ PORTANTE DES OUVRAGES ;
- LA VÉRIFICATION DE LA STABILITÉ DES PAROIS CLOUÉES RÉALISÉES SOUS ET À PROXIMITÉ DU PONT-RAIL.

## PRÉSENTATION

Dans le cadre des travaux de doublement de la RD 121 entre Sartrouville et Montesson dans le département des Yvelines (78), sous maîtrise d'ouvrage commune Réseau Ferré de France (RFF) et Conseil Général des Yvelines et sous maîtrise d'œuvre SNCF/Ingerop, il est nécessaire de passer sous la ligne ferroviaire allant de Paris au Havre au

point kilométrique 14+370 (figure 2) et sous 2 rues adjacentes (rues de la Paix et Diderot).

Les voies ferrées sont actuellement dans une tranchée d'une hauteur de 6 m environ bordée par la rue de la Paix et la rue Diderot. Sur cette ligne le trafic est dense avec notamment le passage du RER A axe Poissy/Cergy-le-Haut/Paris et des trains de banlieue

1- Vue de l'ouvrage achevé.

1- View of the finished structure.

et grande ligne origine/terminus Gare Saint-Lazare (figure 3).

Le projet présenté ici consistait à réaliser deux ponts-rail (PRA 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> phase) à poutrelles enrobées supportant les voies ferrées, mises en œuvre au cours de phases de chantier séparées dans le temps. Ils sont fondés superficiellement en tête de la tranchée constituée par la RD 121.

Côté rue de la Paix, la jonction avec le PRA se fait par l'intermédiaire d'un pont-route (PRO) et côté rue Diderot par un ensemble constitué par un portique en béton armé et des murs en retour en U venant fermer le talus jusqu'à la limite de propriété RFF. Après réalisation des travaux prélimi-

naires de terrassement de l'aire de préfabrication des ouvrages en béton armé et du PRA côté rue de la Paix, le phasage envisagé comprenait les différentes séquences suivantes :  
 → Démolition des murs SNCF existants et pose du pont-rail des voies impaires (côté rue de la Paix) aux

moyens de chariots autoporteurs lourds (figure 4) ;  
 → Réalisation du pont-route côté rue de la Paix ;  
 → Pose du pont-rail des voies paires (côté rue Diderot) ;  
 → Réalisation des parois clouées provisoires sous les PRA en service ;

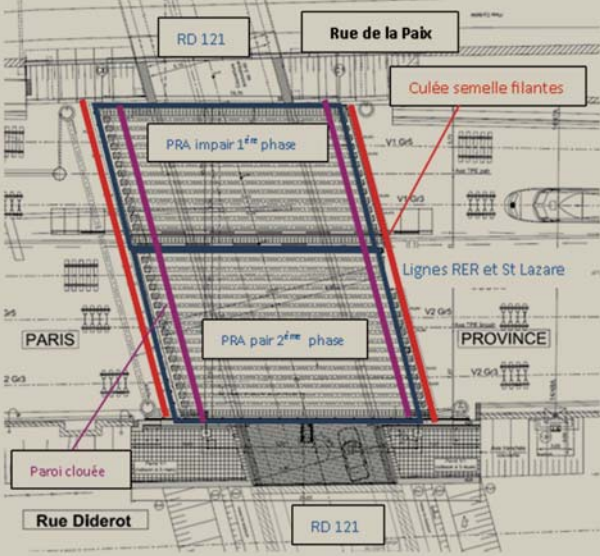
→ Réalisation des murs définitifs de la RD 121 contre les parois clouées sous les PRA en service (figure 5) ;  
 → Réalisation du portique de raccordement côté rue Diderot.  
 Les travaux ont été réalisés sur un site ferroviaire exploité, en zone urbanisée. Certaines opérations ont nécessité des Interruptions Temporaires des Circulations ferroviaires et électriques (ITC) ainsi que des coupures des voies routières.

**CONTEXTE GÉOTECHNIQUE**

D'un point de vue géologique, le site est caractérisé par une faible épaisseur de remblais hétérogènes reposant directement sur les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier Supérieur (figure 6). Les reconnaissances géotechniques, qui comportaient une dizaine de sondages pressiométriques et quatre sondages carottés à proximité des voies ferrées et au-dessous d'elles, ont permis de mettre en évidence des formations présentant de très bonnes caractéristiques mécaniques à l'exception des remblais de tête (figure 7). Le choix du mode de fondation des ouvrages s'est ainsi porté vers des fondations superficielles (pour le PRA et le PRO), pour les soutènements provisoires vers des écrans type parois clouées et pour les soutènements définitifs annexes vers des murs en L coulés en place.



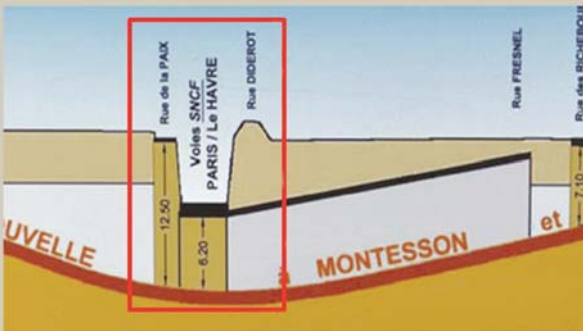
VUE EN PLAN DU PROJET



© BOUYGUES TP

2

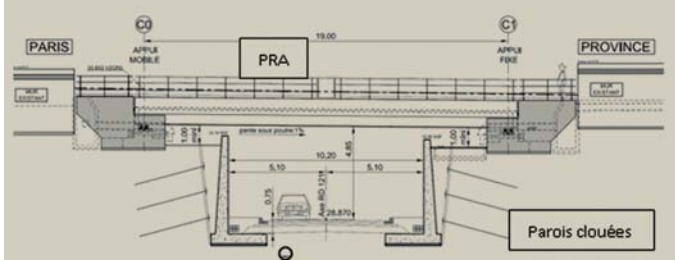
VUE EN COUPE DU PROJET



© CONSEIL GÉNÉRAL DES YVELINES

3

COUPE LONGITUDINALE DES PONTS-RAIL



© BOUYGUES TP

5



© BOUYGUES TP

4



© GEOS INGENIEURS CONSEILS

6

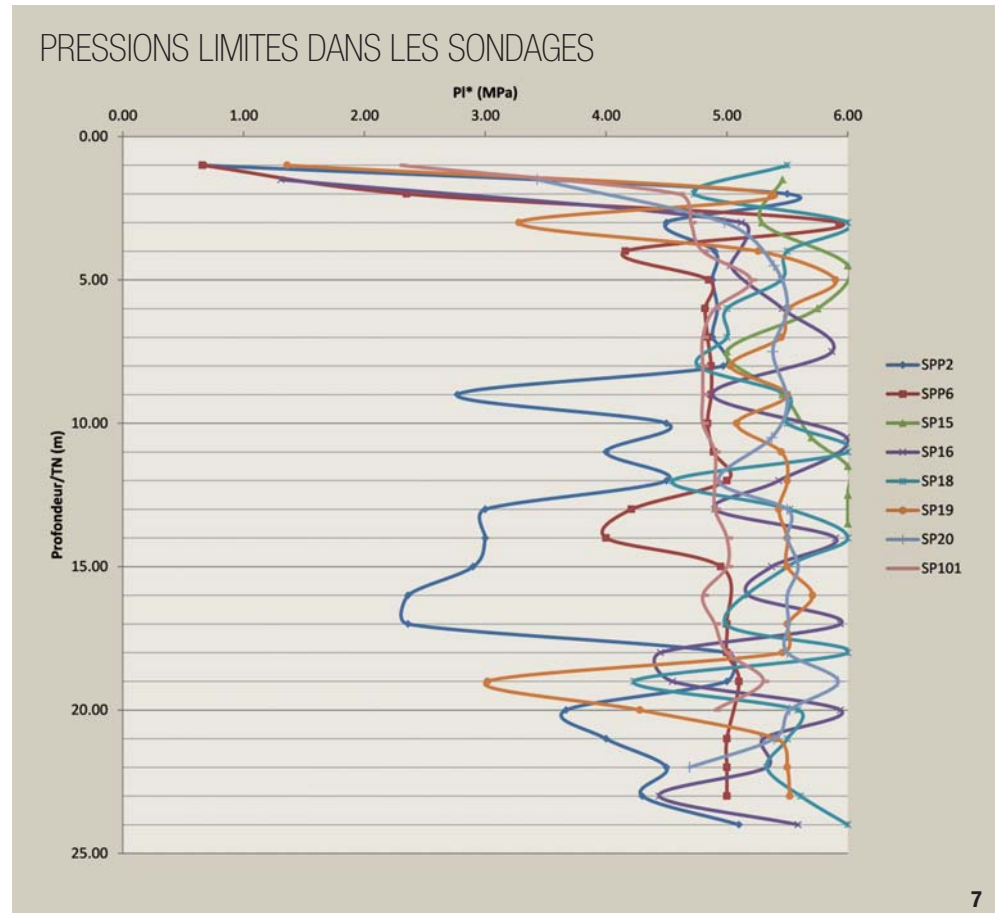
À partir des différents essais in situ et en laboratoire, et du CCTP rédigé par la SNCF, Géos Ingénieurs Conseils a défini dans sa note d'hypothèses préalable aux calculs d'exécution les valeurs de sol à considérer pour les études (tableau A).

### TRAVAUX PRÉALABLES À LA MISE EN PLACE DES OUVRAGES - VÉRIFICATION DE LA STABILITÉ DES TALUS

Compte tenu de ces éléments, les pentes préconisées pour la réalisation des talus étaient de 1H/1V dans les Marnes et Caillasses et de 1H/5V dans le Calcaire Grossier. La justification de la stabilité des pentes a été réalisée à l'aide du logiciel de calcul *Geostab* développé par Géos Ingénieurs Conseils. Dans un souci d'unité avec le calcul des parois clouées, les calculs ont été réalisés en tenant compte de l'approche 3 « A2+M2+R3 » de la norme NF P 94-270. Le tableau suivant (tableau B) récapitule les coefficients partiels appliqués aux données d'entrée. Le facteur de modèle partiel  $\gamma_{R,d}$  a été pris égal à 1,2 (ouvrage à proximité immédiate d'une structure sensible). On a vérifié un coefficient de sécurité  $F > 1$  en utilisant la méthode des tranches de Bishop (figure 8).

Les calculs ont montré que la stabilité des talus était assurée vis-à-vis des glissements circulaires et plans de type « sols ». Cependant, une approche en mécanique des roches (méthode du dièdre) a montré qu'il pouvait exister un risque d'éboulement ou de chute de petits blocs en surface dans le Calcaire Grossier, notamment à cause de la présence d'inter-bancs marneux et de la fracturation du massif recoupé (figure 9).

Le long des talus à 1H/5V dressés dans le Calcaire Grossier, Géos Ingénieurs Conseils a donc préconisé le temps des travaux la mise en place d'un grillage pendu double torsion type maille 60x80 (fils diamètre 2,7 mm) stabilisé en tête par un lit de clous HA 32 (longueur scellée 150 cm environ) à 1,5 m de la



crête du talus et disposés tous les 3 m. Le filet pouvait aussi être fixé directement sur les GBA mises en place en tête de talus. Ce système, doublé d'un polyane, est efficace pour des blocs de taille inférieure à 0,2 - 0,3 m<sup>3</sup>. Si des blocs plus importants étaient découverts au cours du terrassement, il convenait de les purger rapidement à l'avancement (figure 10).

### PORTANCE DES OUVRAGES

Lors des travaux, il a été nécessaire de dévoyer une conduite d'eau diamètre 800 mm en fonte reposant sur une poutre support métallique d'une portée de l'ordre de 42 m et fondée sur semelles superficielles (figure 11).

7- Évolution des pressions limites mesurées sur les sondages pressiométriques du site en fonction de la profondeur.

7- Change in limit pressures measured on the pressure measurement boreholes on site as a function of depth.

TABLEAU B : COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ PARTIELS RETENUS POUR L'ÉTUDE DE STABILITÉ DES TALUS (SELON L'APPROCHE 3 DE LA NORME NF P94-270)

Coefficients de sécurité partiels	NF P94-270 (approche 3)
$\gamma_\gamma$	1
$\gamma_\varphi$	1,25
$\gamma_{c'}$	1,25
$\gamma_{surcharge}$	1,3
$\gamma_{pl}$	1,4
$\gamma_{R,d}$	1,2

TABLEAU A : PARAMÈTRES GÉOTECHNIQUES RETENUS POUR L'ÉTUDE

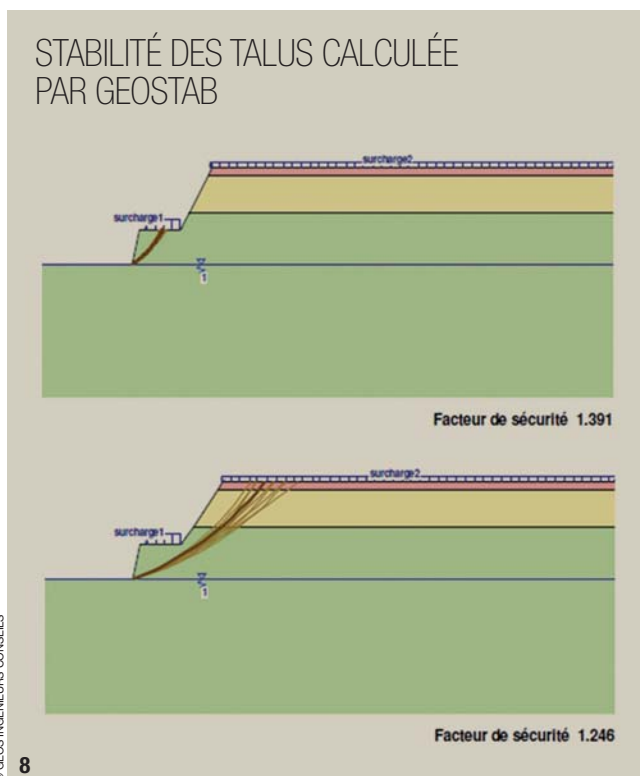
Nature des terrains	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma'$ kN/m <sup>3</sup>	$E_m$ MPa	$p_l$ MPa	$\varphi'$ (°)	$C'$ kPa	$\varphi_{cu}$ (°)	$C_{cu}$ kPa
Remblais de couverture	19	10	5	0,5	30	0	30	0
Marnes et Caillasses	21	11	50	4,2	25	25	20	30
Calcaire Grossier	22	12	120	5	35	50	20	70
Sables de Cuise	20	10	125	5,2	-	-	-	-

8- Résultats des calculs de stabilité des talus de l'aire de préfabrication, réalisés à partir du logiciel Geostab.

9- Talus de l'aire de préfabrication du Pont Route taillés dans le Calcaire Grossier.

8- Results of stability calculations for the pre-fabrication area embankments, performed with the Geostab software.

9- Embankment of the road bridge pre-fabrication area cut out in coarse limestone.



Les impératifs d'emprise chantier imposaient de réaliser des talus à forte pente, dans les Marnes et Caillasses, à proximité immédiate des semelles (bord du talus à 2 m - figure 11). Compte tenu de la nature des matériaux, Géos Ingénieurs Conseils a déterminé la

capacité portante des semelles suivant les prescriptions de l'IN4470 de la SNCF en réalisant un calcul en fourchette :

→ **Calcul 1** : géométrie réelle du projet ( $\beta_1 = 63,4^\circ$ ), sol homogène purement cohérent.

→ **Calcul 2** : sol homogène frottant-cohérent. Pour ce type de terrain, la formule proposée par l'IN4470 n'est pas valable pour des pentes de talus supérieures à 1H/1V. On s'est limité à  $\beta_2 = 45^\circ$ .

La charge qui s'applique au centre

de la semelle est inclinée de  $4,27^\circ$ . Les charges de l'ouvrage étant relativement modestes ( $q_{ref\ ELS} = 56\text{ kPa}$  et  $q_{ref\ ELU} = 76,8\text{ kPa}$ ), il a été démontré que la capacité portante était admissible malgré les conditions de site très défavorables.

### PAROIS CLOUÉES SOUS LE PRA

Les parois s'établissent en grande partie dans le Calcaire Grossier.

Contrairement aux recommandations Clouterre qui laissent la possibilité de ne pas faire d'essais sur les clous et d'utiliser des abaques donnant le frottement latéral en fonction de la pression limite des terrains, la norme NF P 94-270 impose la réalisation d'essais préalables à l'arrachement menés à la rupture. Dans une optique d'optimisation (et pas uniquement de validation) des longueurs de clous, la SNCF a imposé la réalisation de 4 essais sur des barres de 50 mm de diamètre pour un scellement de  $l_{sc} = 3\text{ m}$ . Il était prévu de soumettre les clous d'essais à un effort de traction maximal ( $T_{max}$ ) égal à deux fois la traction limite estimée ( $T_{Le}^*$ ) à partir des données géotechniques disponibles. En supposant un  $q_s = 450\text{ kPa}$  (abaques de Clouterre pour le Rocher et  $p_1 = 5\text{ MPa}$ ) et pour un diamètre de forage  $d = 100\text{ mm}$ ,  $T_{Le}^* = \pi \cdot d \cdot q_s \cdot l_{sc} = 424\text{ kN}$ . On s'assure que  $2 \times T_{Le}^* < 0,9 T_p$  (traction limite conventionnelle d'élasticité de l'armature  $0,9 T_p = 883\text{ kN}$ ) pour confirmer qu'il n'y aura pas rupture de l'acier.

Les essais ont été réalisés dans le respect de la procédure entreprise conformément à la norme NF P 94 242-1 et aux recommandations Clouterre en suivant les paliers de chargement sous le contrôle de Géos Ingénieurs Conseils (figure 12).

Le frottement latéral unitaire,  $q_s$ , à prendre en compte au sein du Calcaire Grossier pour le dimensionnement a été déterminé de la manière suivante (NF P 94 270).

Le frottement latéral retenu pour les calculs a ainsi été augmenté de 60% environ par rapport à celui donné par les abaques de Clouterre ce qui a permis l'optimisation des diamètres de forage et des longueurs de clous.

La surcharge apportée par les culées des PRA constituait la principale difficulté dans le calcul des parois clouées. La contrainte au sol était élevée (de l'ordre de 500 à 600 kPa) et couplée à des efforts horizontaux issus du freinage et des phénomènes de dilatation thermique des rails.





10- Système de filets doublés d'un polyane mis en œuvre contre les chutes de petits blocs.

11- Fondations superficielles de la poutre permettant le dévoiement de la conduite d'eau.

12- Essai préalable d'arrachement de clou mené à la rupture.

10- System of nets backed up by a polyane film installed to prevent falls of small blocks.

11- Shallow foundations of the beam permitting a change of direction for the water pipe.

12- Preliminary nail pulling test carried out through to failure.

© GEOS INGENIEURS CONSEILS



© GEOS INGENIEURS CONSEILS

© GEOS INGENIEURS CONSEILS

Les principaux efforts de la culée des PRA sont récapitulés ci-dessous (tableau C) :

Les procédures SNCF le long des ouvrages en circulation imposent de limiter l'ouverture des passes de terrassement à une hauteur de 1 m. Par ailleurs, le premier lit de clous devait se trouver suffisamment proche de la tête de la paroi clouée pour bloquer dès les premiers terrassements les efforts transmis au parement par les culées des PRA. Enfin, il fallait tenir compte de l'encombrement de la foreuse sous l'ouvrage en place et conserver une distance de sécurité raisonnable entre le mât de la foreuse et les poutrelles enrobées.

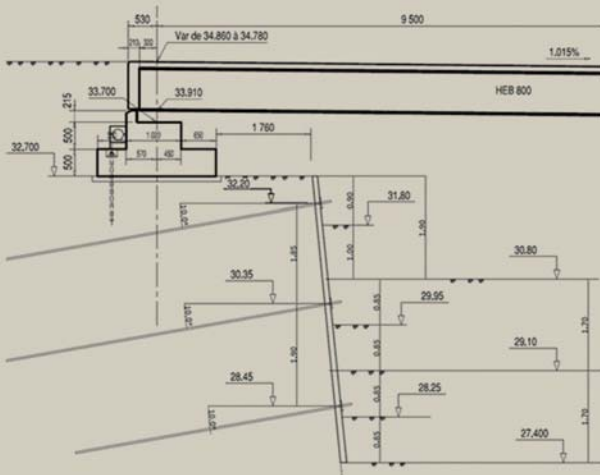
TABLEAU C : EFFORTS EN SOUS-FACE DES SEMELLES DES CULÉES DES PRA

Numéro culée	(°)	$L_{comprimée}$ (m)	$q_{max}$ (kPa)	$q_{min}$ (kPa)	$q_{ref}$ (kPa)
C1	19.69	1.80	817.2	0.0	612.9
C0	8.02	2.2	549.6	118.4	441.8

TABLEAU D : COEFFICIENTS DE SÉCURITÉ OBTENUS POUR LES DIFFÉRENTES PHASES DE CALCUL

	F sécurité	F recherché
Phase 1 - Terrassement à 29,95 NGF - 1 <sup>er</sup> lit de clous	0.96	1
Phase 2 - Terrassement à 28,25 NGF - 1 <sup>er</sup> + 2 <sup>e</sup> lit de clous	1	1
Phase 3 - Terrassement final à 27,40 NGF - 1 <sup>er</sup> + 2 <sup>e</sup> + 3 <sup>e</sup> lit de clous	0.96	1

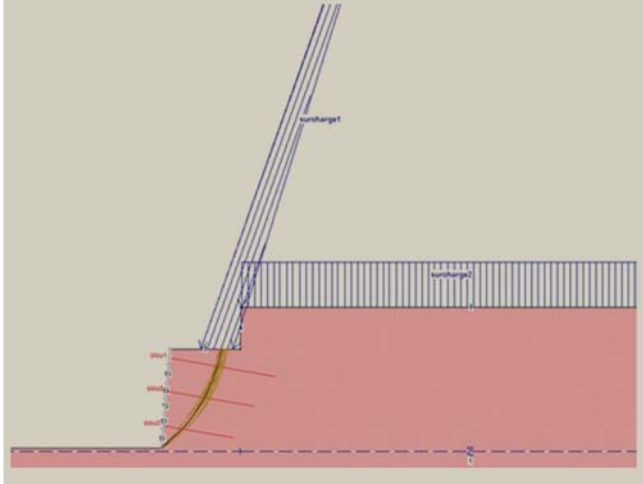
### COUPE DE CALCUL DE LA PARI CLOUÉE SOUS LA CULÉE C0 DU PRA



© GEOS INGENIEURS CONSEILS

13

### SORTIE GEOSTAB DU CALCUL DE STABILITÉ DE LA PARI CLOUÉE EN PHASE 3



14

© GEOS INGENIEURS CONSEILS

Pour respecter l'ensemble de ces contraintes Géos Ingénieurs Conseils a produit la coupe de calcul suivante qui a été validée par la SNCF et par l'entreprise Bouygues TP (figure 13). Les calculs de stabilité ont été réalisés à l'aide du logiciel de calcul *Geostab* développé par Géos Ingénieurs Conseils.

Les vérifications ont été menées pour chacune des passes de terrassement principales en respectant la norme NF P 94-270. En accord avec le Bureau d'Étude Géotechnique de la SNCF, les clous travaillaient en traction pure quel que soit l'angle d'attaque du cercle de rupture, afin de ne pas être trop défavorable au regard de la très bonne qualité des terrains rencontrés. Compte tenu des charges des PRA, le premier lit était constitué de barres à forte limite élastique (950 MPa pour une barre diamètre 40 mm) et les deux derniers lits par des barres plus classiques (limite élastique 500 MPa). Les coefficients de sécurité calculés étaient très proches de 1 et considérés comme satisfaisants (figure 14 et tableau D).

Le parement est justifié selon l'additif 2002 aux recommandations Clouterre 1991 et l'Eurocode 2.

Les 2 paramètres dimensionnants sont la traction des clous et la poussée des terres sur le parement. Trois types de traction en tête de clou sont à prendre en compte pour justifier la résistance du parement :

- La traction  $T_0$  prise en compte dans les justifications de stabilité d'ensemble ;

**13- Coupe de calcul de la paroi clouée réalisée sous la culée C0 du PRA.**

**14- Sortie Geostab du calcul de stabilité de la paroi clouée en phase 3.**

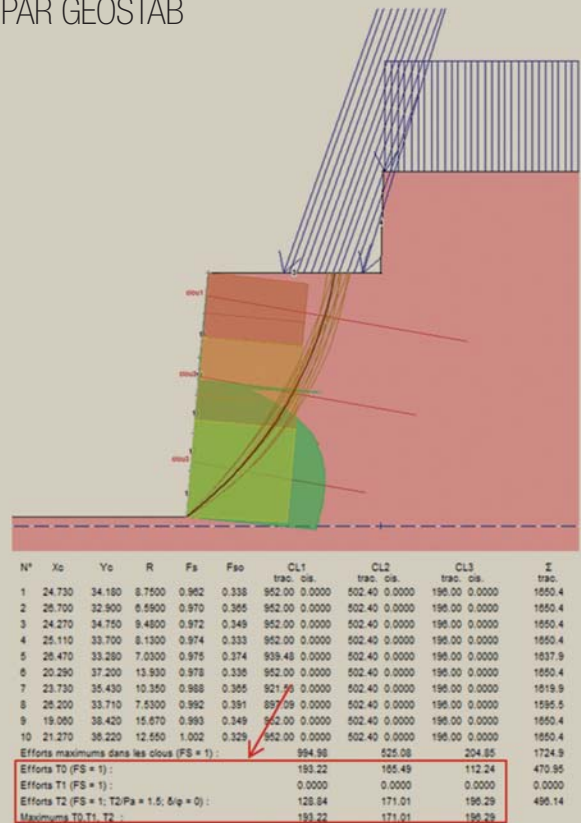
**15- Efforts de traction  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  calculés automatiquement par le logiciel Geostab.**

**13- Cross section of the design of the soil-nailed wall executed under rail-bridge abutment C0.**

**14- Geostab output of the soil-nailed wall stability calculation in phase 3.**

**15- Tensile loads  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  calculated automatically by the Geostab software.**

### EFFORTS DE TRACTION CALCULÉS PAR GEOSTAB



15

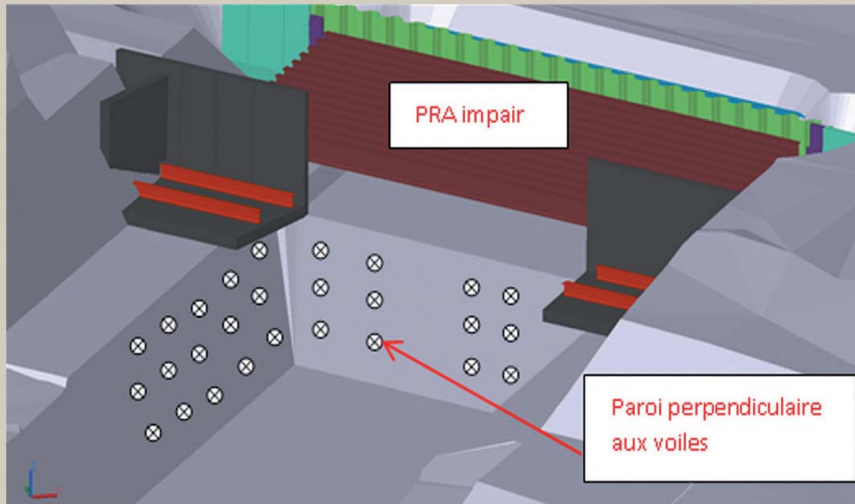
© GEOS INGENIEURS CONSEILS

- La traction  $T_1$  nécessaire pour assurer la stabilité du parement par frottement contre le sol ;
  - La traction  $T_2$  nécessaire pour assurer le confinement du sol.
- Le logiciel *Geostab* permet de calculer

directement ces valeurs (figure 15). La méthode de Culmann est utilisée pour la détermination des poussées et permet de tenir compte d'une forme et d'une surcharge quelconque de terre-plein à l'amont de l'écran. La réalisation de la

paroi clouée sous les voies s'est déroulée à partir de mai-juin 2014. Préalablement, la mise en place du pont route a nécessité la réalisation de clouages anticipés côté rue de la Paix à proximité des ouvrages annexes (figure 16). ▷

## VUE 3D DES PAROIS CLOUÉES PROVISOIRES



16

© BOUYGUES TP

16- Vue 3D des parois clouées provisoires permettant la mise en œuvre du pont-route.

17- Clous en fibre de verre de la paroi clouée parallèle aux voies SNCF côté Rue de la Paix.

18- Paroi clouée réalisée sous les PRA, avec identification des 3 rangées de clous.

16- 3D view of the temporary soil-nailed walls allowing setting up of the road bridge.

17- Fibreglass nails of the soil-nailed wall parallel to the railway tracks on rue de la Paix side.

18- Soil-nailed wall executed under the rail bridges, with identification of the 3 rows of nails.



17

© GEOS INGENIEURS CONSEILS



18

© GEOS INGENIEURS CONSEILS

La paroi clouée perpendiculaire aux voies SNCF a été démolie à l'avancement des terrassements et des opérations de clouage/bétonnage sous les PRA lancées depuis la Rue Diderot. Des clous fibre de verre ont été mis en œuvre sur cette partie de l'ouvrage (figure 17).

Sous les PRA, un système de drainage approprié pour l'évacuation des eaux (nappe drainante et cunette de récupération) a été mis en œuvre pour éviter toute mise en charge à l'arrière du voile.

Le drainage était conçu avec deux objectifs, d'une part la maîtrise de

## QUELQUES DATES

- **Week-end du 10-11 novembre 2013** : Mise en place de la 1<sup>re</sup> partie du pont-rail côté rue de la Paix
- **Fin novembre 2013** : Mise en place du pont-route rue de la Paix
- **Octobre 2013 à janvier 2014** : Préfabrication de la 2<sup>e</sup> partie du pont-rail côté rue Diderot
- **Février 2014 à avril 2014** : Travaux préparatoires (déviations des réseaux, travaux divers)
- **Week-end du 20-21 avril 2014** : Mise en place de la 2<sup>e</sup> partie du pont-rail côté rue Diderot
- **Mai à décembre 2014** : Terrassement sous les ponts pour la future Voie Nouvelle Départementale à Sartrouville et Montesson et réalisation des parois clouées

l'eau pendant la construction du soutènement, d'autre part la réduction des pressions interstitielles lorsque l'ouvrage était en service.

La figure 18 montre les trois lits de clous réalisés sous l'ouvrage, le béton projeté brut (pas de talochage car l'ouvrage est provisoire) et un fond de fouille en partie inondé suite à de fortes précipitations (mise en œuvre d'un pompage pour récupération des eaux stagnantes).

Sur la figure 19, on constate que le percement sous les PRA est réalisé et que les parois clouées sous les ouvrages en U côté rue Diderot sont en cours.



## BILAN DES TRAVAUX

Les travaux de gros œuvre les plus importants ont consisté en la préfabrication et au ripage de 2 ponts-rail de 700 et 1 000 t permettant le passage d'une future route départementale sous 5 voies SNCF (RER A, Paris/Le Havre, Saint Lazare...). Les opérations de terrassement sous ces voies en service ont nécessité la mise en œuvre de parois clouées optimisées et fortement sollicitées avec un phasage de réalisation adapté aux conditions de site très défavorable par plots alternés avec de très faibles hauteurs d'ouverture de passe. Les opérations de contrôle (essais de clous, mesures des déplacements des voies...) ont montré que le choix de ce mode de soutènement s'est révélé pertinent et très bien adapté au contexte géologique et aux contraintes techniques imposées au cahier des charges. □

19- Vue sur le pont-rail côté rue Diderot.

19- View over the rail bridge on rue Diderot side.

## QUELQUES CHIFFRES

- Poids total du pont-rail (poutrelle enrobée HEB 800) : 1 700 t
- Surface de paroi clouée sous l'ouvrage : 636 m<sup>2</sup>
- Type de clous : Barres Gewi® f<sub>y</sub> = 950 MPa et 500 MPa et barres fibre de verre type Durglass®
- Épaisseur du voile béton projeté : 25 cm

## PRINCIPAUX INTERVENANTS

**MAÎTRE D'OUVRAGE :** RFF  
**MAÎTRE D'ŒUVRE GÉNÉRAL :** SNCF  
**MAÎTRE D'ŒUVRE GÉOTECHNIQUE :** SNCF  
**ENTREPRISE :** Bouygues TP  
**BET STRUCTURE :** AIA Ingénierie  
**BET GÉOTECHNIQUE :** Géos Ingénieurs Conseils

## ABSTRACT

### NEW SARTROUVILLE-MONTESSON ROAD - DOUBLING OF RD 121 - CONSTRUCTION OF A ROAD BRIDGE AND RAIL BRIDGE (EARTHWORKS - TEMPORARY SOIL-NAILED WALLS - STRUCTURE FOUNDATIONS)

LAURENT SAUSSAC, GEOS - OLIVIER PANNOUX, GEOS

**Work for doubling the RD121 road between Sartrouville and Montesson required skidding of two rail bridges, to enable the Paris-Le Havre line to pass under the railway tracks, and a road bridge, to allow road reconnection for rue de la Paix. These operations required major earthworks in marls, stony marls and coarse limestone, comprising in particular: a prefabrication area for the road bridge, additional earthworks in limited available space for skidding of the road bridge and rail bridges (setting up of soil-nailed walls), earthworks under railway tracks in service, requiring the execution of soil-nailed walls (steel nails and fibreglass nails) with alternating road studs and low openings. Géos Ingénieurs Conseils carried out all the 'G3' work on the project's geotechnical structures, namely complete engineering for the stability of embankments and soil-nailed walls, and verification of the structures' load-bearing capacity. □**

### NUEVA VÍA SARTROUVILLE-MONTESSON - DESDOBLAMIENTO DE LA RD 121 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE-CARRETERA Y DE UN PUENTE FERROVIARIO (EXCAVACIONES - PAREDES ATORNILLADAS PROVISIONALES - CIMENTACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES)

LAURENT SAUSSAC, GEOS - OLIVIER PANNOUX, GEOS

**Las obras de desdoblamiento de la carretera nacional RD121 entre Sartrouville y Montesson han precisado la instalación de dos puentes ferroviarios para permitir el paso bajo las vías de la SNCF de la línea Paris-Le Havre, y de un puente-carretera para restablecer la rue de la Paix. Estas operaciones han requerido obras importantes de movimiento de tierras, en un terreno compuesto de margas, grava y piedra caliza bruta, que incluyen: un área de prefabricación del puente-carretera, los movimientos de tierras adicionales en zonas de dominio limitadas para el paso del puente-carretera y de los puentes ferroviarios (instalación de muros claveteados), la excavación bajo las vías de la SNCF en servicio, que han precisado la realización de pantallas claveteadas (pernos de acero y de fibra de vidrio) con clavos alternos y pasos de baja altura. Geos Ingenieros Conseils ha realizado la totalidad de misión G3 de los trabajos geotécnicos del proyecto, esto es, el estudio completo de la estabilidad de los taludes y de las pantallas claveteadas y la comprobación de la capacidad de carga de las construcciones. □**