

TUNNELS & ESPACE SOUTERRAIN

Média : Tunnels & Espace Souterrain

Entité : Service Travaux Spéciaux

Date de publication : mars 2018



N°263 Janvier/Février/Mars 2018



ASSOCIATION FRANÇAISE
DES TUNNELS ET
DE L'ESPACE SOUTERRAIN



sade



GÉNIE CIVIL



TRAVAUX SOUTERRAINS



TRAVAUX SOUTERRAINS



RÉHABILITATION DES OUVRAGES VISITABLES

Service Travaux Spéciaux
346, rue du Maréchal Juin
Z.I. de Vaux-le-Pénil
BP 593 77005 Melun Cedex
Tél. : +33 (0)1 64 14 34 00
Fax : +33 (0)1 64 39 42 07
sts@sade-cgth.fr
www.sade-cgth.fr
www.sade-travaux-speciaux.fr

100 ans
sade 
L'EXPÉRIENCE,
L'ENTHOUSIASME

Construction du collecteur d'eaux pluviales et de prises d'eau de Livry-Gargan

Construction of Livry-Gargan rainwater collector and intakes



M. Bruno SOLIMEO
Chef de Division SADE
Head of Civil Engineering



M. Samuel SOROKA
Ingénieur Travaux SADE
Works Engineer

La Direction de l'Eau et de l'Assainissement du département de la Seine Saint Denis (DEA 93) conduit depuis 2003 un vaste programme d'investissement contre les inondations par débordement et pour la protection des rivières contre les rejets. La construction de bassins de rétention et de réseaux d'eaux pluviales constitue l'un de ses volets.

Dans ce contexte, un projet de collecte et de rétention des eaux pluviales a été lancé dans la commune de Livry-Gargan (93). Ainsi, après achèvement du bassin enterré du Rouailler, le Département de la Seine Saint Denis a confié au groupement d'entreprises SADE (mandataire) – BESSAC (co-traitant), la réalisation du collecteur d'alimentation de ce bassin, à Livry-Gargan. Les travaux ont démarré en novembre 2016 et s'achèveront pour la SADE en juin 2018.

Since 2003, French Department Seine Saint Denis' water and sewerage agency (DEA 93) has implemented a massive investment programme to protect its rivers against overflow flooding and pollution emissions. Construction of retention basins and rainwater drainage networks forms one of the programme's aspects.

Within this context, the commune of Livry-Gargan (93) has launched a rainwater collection and retention project.

On completion of the Rouailler underground storage basin, the Seine Saint Denis Department awarded construction of this basin's supply main at Livry-Gargan to a contracting group comprising lead contractor SADE and co-contractor BESSAC. Construction started in November 2016 and SADE's work will be completed in June 2018.



De belles mensurations !

Long de 620 m, le collecteur d'alimentation est constitué de tuyaux en béton de diamètre extérieur de 2400 mm et de diamètre intérieur de 2000 mm. Le collecteur chemine depuis le croisement des avenues Ledru-Rollin et Turgot jusqu'au Parc Bérégovoy. Les eaux de pluie seront alors acheminées depuis l'avenue Turgot jusqu'au bassin de Rouailler d'une capacité de 26000 m³. Le nouveau collecteur déchargera ainsi le collecteur départemental existant (1200 m), insuffisant lors de fortes pluies.

Un microtunnelage maîtrisé !

Le microtunnelage est la solution technique retenue par le Département pour ce chantier. Trois tirs ont été programmés dont un tir courbe serré de 110 m de rayon passant sous les voies SNCF de la ligne de tramway T4. La hauteur de recouvrement moyenne est de 12 m. La réalisation de cette opération selon cette technique a nécessité la construction d'ouvrages annexes : le puits de poussée P1, réalisé en pieux sécants, le puits de travail P2 et le puits de sortie P3 en parois au coulis (spécificité de l'entreprise) ainsi que la création de regards déportés. Ces puits seront aménagés ultérieurement en puits de visite.

Le fonçage rectiligne des deux premiers tronçons, l'un de 72 m, l'autre de 126 m, a eu lieu depuis le puits de poussée P1 vers le bassin et vers le puits P2, grâce au microtunnelier AVN 2000 AB, baptisé « Véronique ». Il fut un bon échauffement pour les équipes avant qu'elles n'attaquent le troisième tir, courbe celui-là, et, par conséquent, le plus sensible.

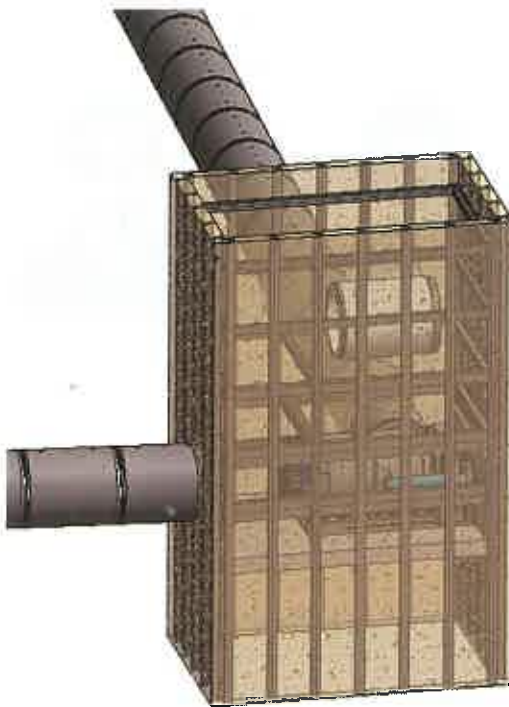


Figure 1 : Puits de travail P2 / Construction shaft P2

Great measurements!

The 620 m long supply main is made up of 2400 mm external x 2000 mm internal diameter concrete pipes. The main runs from the junction of avenues Ledru-Rollin and Turgot to the Parc Bérégovoy. The rainwater will then be conveyed from avenue Turgot to the 26000 m³ Rouailler storage basin. The new main will therefore relieve the existing Departmental main (1200 m), which is of insufficient capacity during heavy rain.

Microtunneling mastery!

Microtunneling was the engineering solution retained by the Department for this project. Three drives were scheduled including one on a tight, 110 m radius of curvature passing beneath the SNCF's Line T4 tramway tracks. The average cover is 12 m. Performing the operation based on microtunneling required construction of ancillary structures: secant piled launch shaft P1, slurry walled (a contractor speciality) construction shaft P2 and reception shaft P3 as well as offset manholes. These shafts will be later converted into inspection shafts.

The first two straight sections, one 72 m and the other 126 m long, were driven from launch shaft P1 towards the storage basin and shaft P2 using an AVN 2000 AB microtunnel boring machine named "Véronique".

This represented an excellent warm-up for the crews before attacking the curved and therefore trickier third drive.

**Une première en France ...
un rayon de courbure de 110 m ...
et une première en Europe
sur cette longueur**

**A "first" in France...
A 110 m radius of curvature...
And a milestone in Europe
for this length**

Un beau galbe !

Long de 416 m, le troisième tir absorbe un rayon de courbure de 110 m sur une distance de 100 m, un beau galbe qui constitue, à lui seul, un nouveau record français et européen dans ce diamètre de tuyaux, d'autant qu'il a été réalisé sans interruption en 24h/24, en surveillance continue des voies.

Lors du tir n°3, la force de poussée maximum n'a été que de 350 t (env 3430 kN). Cette valeur faible, bien en dessous

A shapely curve!

The 416 m long third drive features a 110 m radius of curvature over a distance of 100 m: a shapely curve, representing alone a new French and European record for this pipe diameter. Furthermore, the drive was performed continuously, round the clock, subject to continuous monitoring of the existing tramway lines.

The maximum jacking force was only 350 t (approx. 3430 kN) during the third drive. While remaining within tolerances,

des tolérances, s'explique par une parfaite lubrification du vide annulaire tout au long de la canalisation.

this small thrust was achieved by perfect lubrication of the annular gap throughout the length of the pipe.



Figure 2 : Arrivée du microtunnelier baptisé Véronique à son puits de sortie [Photo crédit : SADE] / Arrival of microtunnel boring machine Véronique at its reception shaft [Photo credit SADE]

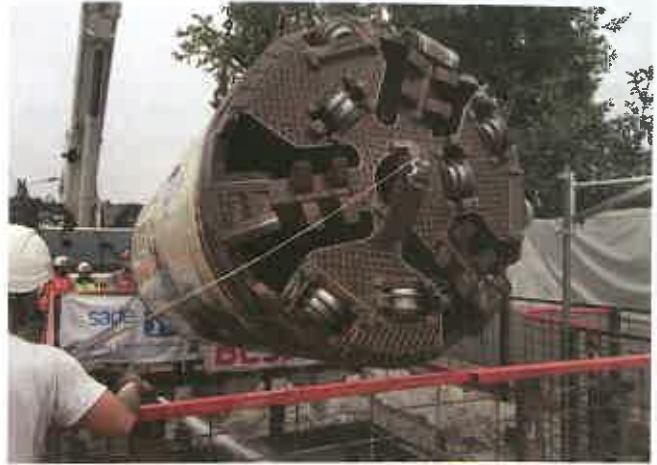


Figure 3 : Sortie du microtunnelier au puits P3 [Photo crédit : SADE] / Microtunnel boring machine removal at shaft P3 [Photo credit: SADE]

Engagement, technicité ...

Si la bienveillance de Véronique, la marraine du microtunnelier et la nature du terrain ont sans aucun doute favorisé la réussite de ces tirs, l'engagement des équipes à l'œuvre (40 personnes en 4 postes) sont à souligner et, notamment pour le tir courbe et les différentes techniques de pointe utilisées.

Commitment, technical prowess...

While the fine form of Véronique, a flagship microtunnel boring machine, and the ground conditions undoubtedly contributed to the success of these drives, the commitment of the construction crews (40 site staff working 4 shifts) must be emphasised, especially in relation to the curved drive and the different state-of-the-art techniques implemented.



Figure 4 : Vue intérieure du collecteur Ø 2400 mm en cours de fonçage [Photo Crédit SADE] / Internal view of 2400 mm main during jacking [Photo credit SADE]

... et joints bien articulés !

Sur ce tronçon particulier, la partie amont et la courbe elle-même ont été construites avec des tubes longs de 1,5 m (au lieu de 3 m habituellement) munis de joints hydrauliques (**procédé Jackcontrol®**⁽¹⁾). Ces joints spéciaux assurent une parfaite répartition des efforts afin de permettre une meilleure tolérance des tuyaux en béton armé aux efforts de poussée dans la courbe.

Le système Jack control utilisé consistait à mettre en place un joint gonflé à l'eau entre chaque tuyau afin de répartir la pression de fonçage sur le tuyau dans la courbe et d'éviter les efforts de poinçonnement pouvant entraîner notamment la rupture du béton (côté intérieur de la courbe). Les tuyaux de longueur 1,5 m étaient équipés en usine des joints fournis préalablement.

Le système Jack Control est totalement passif, les joints ne sont en aucun cas activés hydrauliquement (contrairement au module articulé).

Un système de surveillance automatisé permet d'obtenir les données en temps réel de la pression sur chaque joint entre chaque tuyau et de l'ouverture entre chaque tuyau (à l'intérieur de la courbe et à l'extérieur). Un suivi à distance en temps réel est réalisé par le fournisseur des joints.

Dans le tunnel, les capteurs de pressions et d'élongation sont situés à l'arrière de chaque station intermédiaire ou au minimum tous les 100 m. Les pressions et ouvertures au niveau des tuyaux situés entre deux zones de capteurs sont calculées par extrapolation. Les informations depuis les différents capteurs du tunnel remontent jusqu'à un moniteur situé dans la cabine de pilotage.

Le dimensionnement du système a dégagé deux données :

- Force maximum de poussée au niveau des tuyaux = **790 tonnes** (une alarme se met en route en cas de dépassement d'un seuil prédéfini)

- Rayon de courbure minimum = **93 m**

Ce système est plus efficace qu'un système classique de répartition des efforts par bagues bois.

Un module d'articulation (**Active Steering Joint**) de Herrenknecht spécifique avait été installé derrière la tête du microtunnelier au diamètre de la roue de coupe de 2460 mm.

Il a offert une possibilité supplémentaire de réaliser une articulation active à l'arrière de la machine pour respecter l'alignement prévu (éviter une rigidification trop brute au niveau

... and perfectly controlled packers!

In this specific section, the upstream part and the curve itself were constructed using 1.5 m (instead of the standard 3 m) long pipes fitted with hydraulic packers (**Jackcontrol® process**⁽¹⁾). These special inflatable packers ensure uniform load distribution to give a higher reinforced concrete pipe tolerance to jacking forces in the curve.

The Jackcontrol® system used involved fitting a water-inflated packer between each pipe to spread the jacking pressure on the pipe and prevent point loads that could cause concrete fracture (on the inside of the curve). The 1.5 m long pipes were factory-fitted with the previously supplied packers.

The Jackcontrol® system is totally passive and the packers are never activated hydraulically (unlike the steered joint).

The automated monitoring system provides real-time data on the pressure applied to each packer between each pipe and on the opening between each pipe (on both the inside and outside of the curve). Remote real-time monitoring was conducted by the packer supplier.

In the tunnel, the pressure and elongation sensors are located at the back of each intermediate station or at least every 100 m. The pressures and openings at the pipes between two sensor areas are calculated by extrapolation. The data from the different tunnel sensors are fed back to a monitor located in the control cabin.



System design has provided two data elements:

- The maximum jacking force on the pipes = **790 t** (an alarm activates if a pre-set threshold is exceeded)

- The minimum radius of curvature: **93 m**

This system is more efficient than a conventional timber compression ring-based load distribution system.

A specific Herrenknecht **Active Steering Joint** was installed behind the microtunnel boring machine head. Its 2460 mm diameter was that of the cutting wheel.

This joint provided the additional option of ensuring active steering behind the machine to ensure adherence to the design alignment (to prevent the microtunnel boring machine

(1) Jackcontrol AG, Entreprise Suisse basée à Glarus(CH)

(1) Jackcontrol AG, a Swiss company based in Glarus (CH)

de la jupe du tunnelier et du premier tuyau). Cette seconde articulation est activement contrôlée par le pilote. Ce dispositif est utilisé dans les courbes serrées et/ou dans les sols à faible capacité portante.

skirt and the first pipe stiffening up inaccurately). The microtunnel boring machine operator controls this second directional system, which is used in tight curves and/or in low bearing capacity soils.

Retour d'expérience :

L'articulation active est gérée par le pilote. Un protocole a été édité avant réalisation du tir pour définir l'ouverture des vérins à appliquer en fonction du point d'avancement de la machine.

Experience feedback:

The active steering joint is controlled by the microtunnel boring machine operator. An operating procedure was edited before conducting the drive to define the jack opening to be applied with respect to the machine advance location.

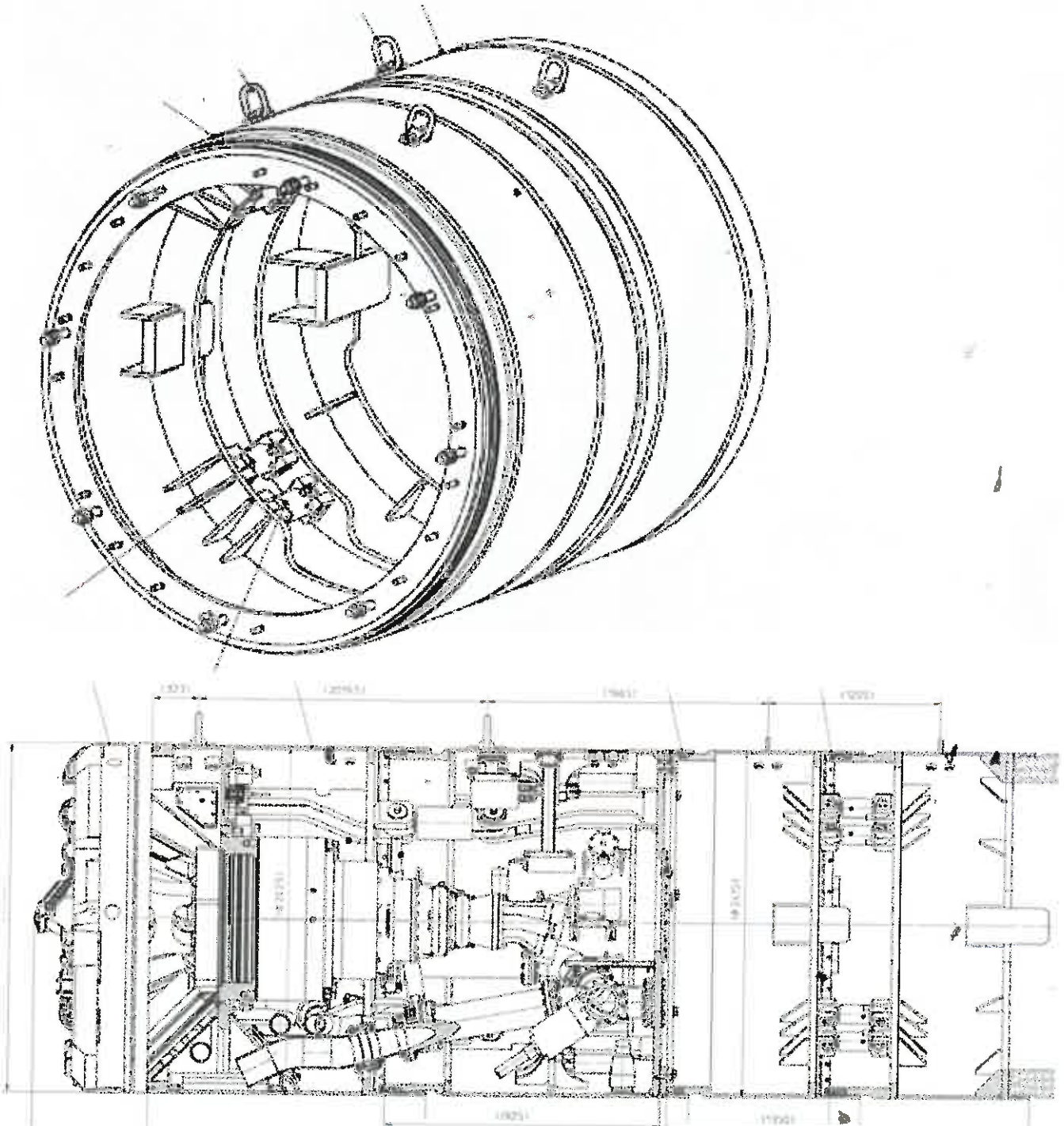


Figure 5 : Tunnelier et module articulé à l'entrée de la courbe et dans la courbe
Microtunnel boring machine and steering joint at start of, and in, the curve

Calendrier du microtunnelier

Le 3^e tir, d'un tracé de 416 m, s'est déroulé entre le 18 septembre et le 24 octobre 2017. ■

Microtunneling programme

The 416 m long third drive took place between 18th September and 24th October 2017. ■



Figure 6 : Détail du module articulé / Steering joint detail