

# Les tunnels de Villejust du TGV Atlantique

Autor(en): **Gesta, Pierre / Iazard, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **55 (1987)**

PDF erstellt am: **02.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42712>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Les tunnels de Villejust du TGV Atlantique

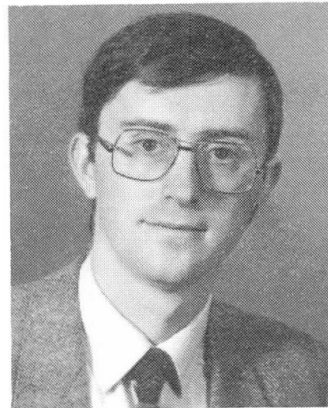
Die Tunnels von Villejust für die Linie des TGV – Atlantique

The Villejust Tunnels for the New Fast Train Link to the Atlantic

**Pierre GESTA**  
Dir. Scient. et Techn.  
SOGEA  
Paris, France



**Pierre IZARD**  
Chef Div. des Tunnels  
Dir. Equipement SNCF  
Paris, France



### RÉSUMÉ

La ligne du train à grande vitesse T.G.V. Atlantique est en cours de construction ; elle comporte, en région parisienne, 13 km d'ouvrages souterrains. Cette communication présente le mode de réalisation des tunnels de Villejust (2 tubes de 4 800 m de longueur) et expose les caractéristiques des deux tunneliers à boue bentonitique qui assurent le creusement et posent le revêtement constitué de voussoirs en béton armé.

### ZUSAMMENFASSUNG

Der Bau der neuen Linie für Hochgeschwindigkeitszüge, die "TGV – Atlantique" – Linie, ist jetzt in Ausführung. Im Grossraum Paris ist die Erstellung unterirdischer Bauwerke mit einer Gesamtlänge von 13 km notwendig. Der Beitrag beschreibt die Ausführung der Tunnels von Villejust (2 Röhren, je 4800 m lang). Insbesondere werden die Bentonit – Tunnelbohrmaschinen und das Versetzen der Stahlbetontübbinge beschrieben.

### SUMMARY

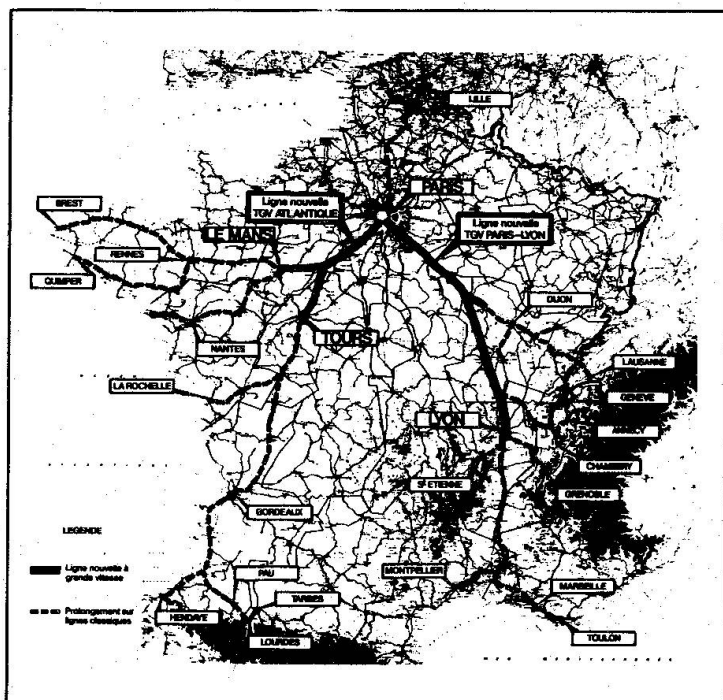
The TGV Atlantic express train line is under construction at present ; it is composed, in the Paris area, of 13 km of underground works. This paper presents the execution system for the Villejust tunnels (2 tubes of a length of 4 800 m) and explains the characteristics of the 2 sludge bentonite tunneling machines, which ensure the boring and placing of the lining made of reinforced concrete segments.



## 1. LA LIGNE NOUVELLE DU TGV ATLANTIQUE

### 1.1. Tracé général

Le succès technique, commercial et économique de la première ligne du TGV (Sud-Est) a permis à la SNCF de décider le développement de son réseau à grande vitesse et de procéder à la construction de la ligne nouvelle dénommée "TGV Atlantique".



Cette ligne comprend deux branches et permettra par deux mises en service successives en Septembre 89, puis en Septembre 90 de relier Paris au Mans, Nantes, Rennes et la Bretagne d'une part, à Tours, Bordeaux et l'Aquitaine d'autre part.

La longueur de la ligne nouvelle à construire est de 308 Km (en double voie) les lignes existantes sont utilisées et aménagées au-delà du Mans et de Tours.

Fig. 1 - Les lignes TGV SEt Atlantique

### 1.2. Les tunnels de la ligne nouvelle

A cause des caractéristiques plus restrictives du point de vue du profil en long (pentes maximales de 25 % au lieu de 35 %), et des conditions de franchissement de la banlieue parisienne à forte densité d'habitat, la ligne Atlantique comporte, contrairement à la ligne Sud-Est, une proportion significative de franchissements en souterrains : 13 Km de tunnel dont celui de Villejust sont situés à la sortie de l'agglomération parisienne à 20 Km de la Gare Montparnasse, près de Massy.

## 2. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE VILLEJUST

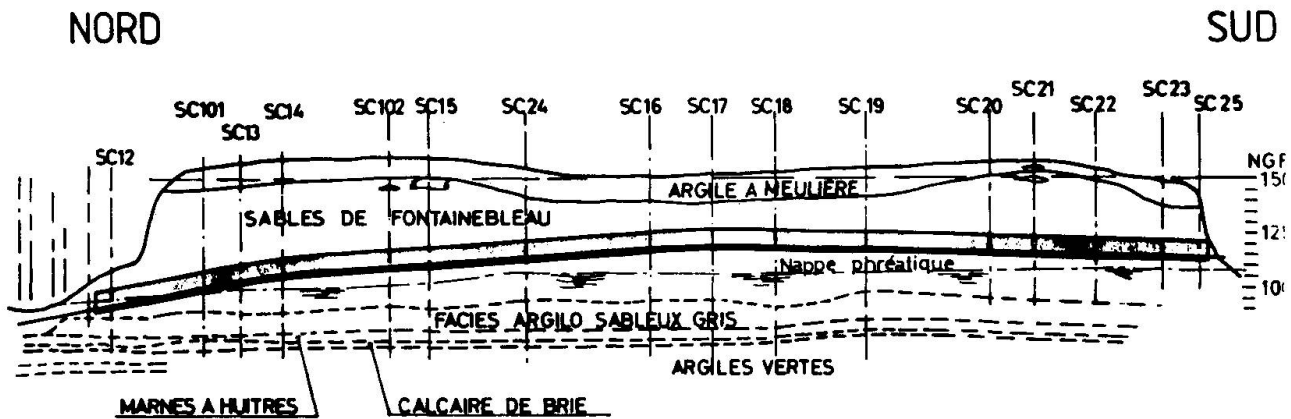
### 2.1. Tracé et environnement géologique

Les tunnels de Villejust sont les plus longs de l'ensemble de la ligne : ils comprennent deux tubes à voie unique de 4 800 m chacun.

Ils sont tracés dans un environnement géologique relativement difficile puisqu'il s'agit des sables de Fontainebleau dont la puissance sous le plateau du Hurepoix atteint une cinquantaine de mètres environ et qui présentent une absence quasi totale de cohésion.

Les conditions sont aggravées au droit de la tête nord des tunnels par la présence de la nappe phréatique qui se situe au niveau de l'axe des tubes et n'en échappe sous le niveau du radier qu'au bout de 600 mètres.

## COUPE LONGITUDINALE GEOLOGIQUE

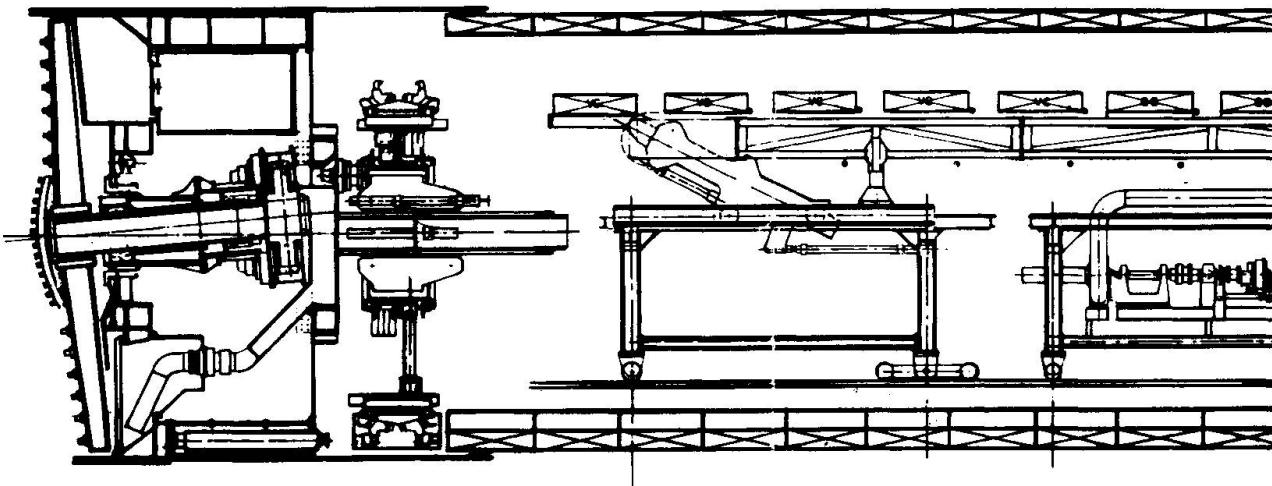


### 2.2. Choix de la méthode de creusement et de revêtement

Pour ces raisons, il a été décidé de réaliser les tunnels à l'aide de tunneliers mécanisés à front confiné. Il s'agit ici de confinement liquide sous boue bentonitique.

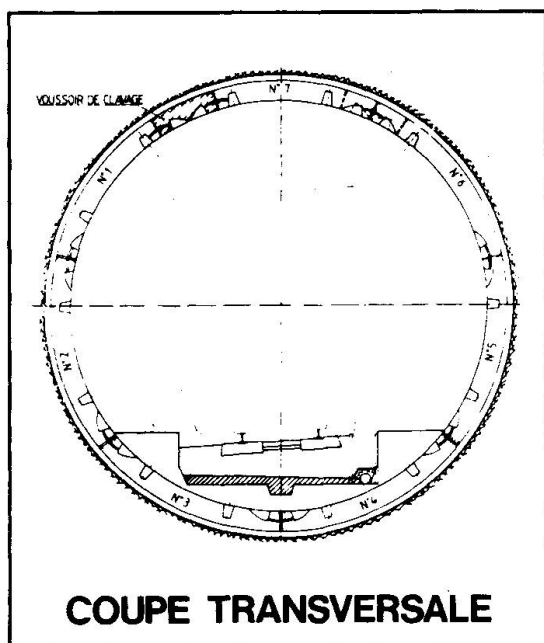
Le revêtement est constitué de voussoirs préfabriqués posés à l'intérieur de la jupe du tunnelier, de sorte que le terrain est soutenu en permanence tant au front, que le long des parois des tunnels.

2 tunneliers sont actuellement en activité sur le tunnel V2. Ils progressent maintenant à une cadence moyenne de 10 à 14 m par jour et par attaque.



### 2.3. La section transversale des tunnels

Bien qu'à faible distance de leur terminus, les rames TGV franchiront les tunnels de Villejust à leur vitesse maximale de 270 Km/h. Or, la grande vitesse amplifie les variations de pression consécutives à la pénétration de la rame dans le tunnel : elle accentue la surpression à l'intérieur des trains et le souffle dans les souterrains.



Dans tous les cas, une augmentation de la section utile est indispensable lorsque la vitesse s'accroît.

Ainsi, pour un tunnel à double voie, la section utile doit passer de 53 m<sup>2</sup> à 71 m<sup>2</sup> lorsque la vitesse autorisée passe de 160 à 270 Km/h.

Dans le cas de Villejust, une section double voie aurait nécessité un tunnel dont le diamètre au creusement aurait été de l'ordre de 12 m. En raison de la nature du terrain et de l'absence de référence d'emploi de tunnelier d'aussi grand diamètre, la préférence a été donnée à la solution des deux tubes monodirectionnels d'un diamètre intérieur de 8,24 m (9,25 m au creusement), ce qui correspond à une section libre d'environ 45 m<sup>2</sup> par voie.

### 3. LE REVETEMENT PREFABRIQUE - FONCTIONS - DESCRIPTION - EXIGENCES

#### 3.1. Fonctions

Lorsque le creusement est effectué au moyen d'un tunnelier à front confiné, le revêtement joue un rôle multiple. En dehors de son rôle habituel de soutènement définitif du terrain encaissant et d'enceinte étanche, il assure, pendant la construction, l'appui arrière dont le tunnelier a besoin en permanence pour exercer sa pression stabilisatrice de confinement du front et pour progresser. L'utilisation d'éléments préfabriqués, malgré les sujétions qu'elle implique par ailleurs, répond parfaitement à ces exigences, puisqu'elle permet de disposer dès la pose, dans la jupe même du tunnelier, d'un revêtement suffisamment résistant pour remplir toutes ces fonctions.

#### 3.2. Description

Le revêtement est constitué d'anneaux cylindriques en béton armé de 0,40 m d'épaisseur. Chaque anneau, de 1,70 m de longueur, est lui-même formé de sept pièces (5 voussoirs dits courants et 2 voussoirs contre-clé) et d'une clé de plus petite dimension et de forme trapézoïdale à enfilage longitudinal. Un élément supplémentaire (de radier) est posé à l'intérieur de l'anneau à sa partie inférieure pour constituer le plan de roulement des trains d'approvisionnement du chantier. Tous les anneaux sont biais et identiques (pincement de  $\pm 8$  mm sur le diamètre); ils sont capables de s'inscrire dans des courbes de rayon inférieur au rayon minimal du tracé (3 500 m en plan et 25 000 m en profil long).

En alignement droit, les biais sont contrariés et se compensent d'un anneau à l'autre. Les joints sont alternés pour limiter les risques d'ovalisation du tube. L'assemblage se fait par boulonnage à raison de 14 boulons longitudinaux équidistants le long de chaque joint entre anneaux consécutifs et de 2 boulons transversaux par joint entre 2 voussoirs d'un même anneau. L'étanchéité est assurée par des joints en néoprène, type Phoenix, en forme de peigne, préfabriqués en cadres à la dimension de chaque voussoir et placés sur les 4 faces dans des alvéoles de dimensions telles (33 mm x 10 mm) qu'elles permettent un écrasement suffisant du joint pour assurer son étanchéité.



A l'extrados des voussoirs le vide annulaire est bloqué, au fur et à mesure de la progression du bouclier, par une injection de mortier.

### 3.3. Exigences

Tous les efforts qui s'exercent sur le revêtement (poussée du tunnelier, poussée du terrain et de la nappe, pression d'injection) tendent en principe à comprimer les joints longitudinaux et transversaux et concourent à leur étanchéité.

Néanmoins, deux conditions doivent être impérativement respectées pour y parvenir :

- obtenir une précision suffisante dans l'orientation et la planéité des faces au contact.
- contrôler strictement les mouvements relatifs des voussoirs le long des joints.

Compte-tenu du nombre important des joints (près d'un ml par m<sup>2</sup> de revêtement), on conçoit qu'une précision rigoureuse de la géométrie de chacun des joints soit indispensable pour éviter les effets cumulatifs et obtenir une précision correcte de l'ensemble du revêtement terminé.

Ainsi, les tolérances fixées par le Cahier des Charges sont-elles les suivantes :

- pilotage du tunnelier : 5 cm entre l'axe réel du tunnel et l'axe théorique (planimétrie et altimétrie)
- montage des anneaux :  $\pm 5$  cm en tout point par rapport à la circonférence moyenne (donc tolérance cumulable avec la précédente)

Fabrication des voussoirs :  $\pm 1$  mm sur les 4 faces latérales de chaque voussoir.

## 4. ORGANISATION DE LA PREFABRICATION

Les voussoirs courants ont une longueur d'environ 4,15 m pour une largeur de 1,70 m et une épaisseur de 0,40 m. Ils pèsent environ 6,5 T. La quantité totale d'éléments à fabriquer pour les 2 tunnels est supérieure à 50 000 ce qui représente 117 000 m<sup>3</sup> de béton et plus de 10 000 tonnes d'armatures. La production moyenne est de 15 anneaux par jour, soit 135 pièces pour 3 postes de travail.

L'ampleur du chantier et la spécificité de la fabrication ont conduit l'entreprise à opter pour l'installation d'une usine de préfabrication sur le chantier même. Implantée à proximité de la tête Sud des tunnels et desservant les attaques Nord et Sud, l'usine comprend :

- un atelier de préparation des armatures occupant une surface de 3 500 m<sup>2</sup>. Entièrement mécanisé, il est capable de façonner jusqu'à 40 Km de barres d'acier de 6 à 12 mm par 24 heures à partir de fil livré en bobines (redressage, coupage, fabrication de treillis, pliage et assemblage).
- un atelier de fabrication des voussoirs d'une surface sensiblement équivalente (3 400 m<sup>2</sup>) qui comprend deux chaînes de préfabrication organisées en carrousels formés de moules mobiles qui se présentent successivement au droit des différents postes de démoulage, nettoyage, mise en place des armatures et des inserts, remplissage et vibration, talochage. Le béton étant chauffé (par induction) dans la goulotte de distribution de façon à atteindre 40 à 45° lors du remplissage du moule, le cycle de 9 h permet d'atteindre au moment du démoulage la résistance nécessaire, soit 9 à 10 MPa.



## 5. LES CONTROLES

On peut distinguer 3 catégories de contrôles principaux :

Les contrôles dimensionnels portent :

- sur les moules : contrôle trimestriel des faces rectifiées : la tolérance est de 0,3 mm pour les joues longitudinales et transversales
- sur les voussoirs : contrôle dimensionnel portant sur environ 10 % des pièces fabriquées et montrant qu'un niveau de qualité de 1,5 (soit moins de 1,5 % des pièces ne satisfaisant pas la tolérance de  $\pm 1$  mm) est régulièrement atteint.

Les contrôles de qualité proprement dits concernent essentiellement le béton (dosé à 350 Kg de ciment CPA55 par m<sup>3</sup>) qui, compte-tenu de l'exigence pratique relative à la résistance à 9 heures, satisfait en général très largement aux spécifications de résistance maximale à 28 jours, soit 35 MPa.

Enfin, les contrôles de l'ouvrage fini résultant du montage des anneaux et du pilotage du tunnelier.

Le pilotage fait intervenir la position du tunnelier (donnée par le laser), sa pente (donnée par le clinomètre digital) sa direction par rapport au plan avant du dernier anneau posé (mesure directe le long des génératrices). C'est grâce à la précision et à la planéité des faces des anneaux, que l'on peut apprécier par cette dernière mesure la dérive du tunnelier anneau par anneau et opérer les corrections nécessaires. En pratique on arrive à maintenir cette dérive en dessous de  $\pm 2$  mm par anneau, ce qui conduit dans tous les cas à respecter la tolérance globale en position absolue de  $\pm 5$  cm et à rester dans la plupart des cas en dessous de  $\pm 3$  cm.

La géométrie finale du revêtement dépend surtout de l'amplitude de la déformation que l'on enregistre nécessairement à la sortie de la jupe du tunnelier et qui conduit très généralement à une légère ovalisation des anneaux (aplatissement du diamètre vertical). Le respect des tolérances et la limitation de cette déformation sont conditionnés par le soin apporté aux injections de mortier de bourrage derrière le revêtement et à leur concomitance avec l'avancement.

## 6. CONCLUSION

Le développement de l'emploi des tunneliers pour la construction de tunnels, notamment en terrains meubles a certainement permis un progrès décisif à la fois du point de vue de la sécurité et de celui des performances. En contrepartie, à cause de leur haut degré de mécanisation qui conduit à la réalisation, en continu, d'un produit fini, ils ne permettent aucun rattrapage "a posteriori" et nécessitent donc l'établissement de procédures appropriées et le suivi permanent de leur contrôle pour s'assurer la maîtrise de la géométrie et de la qualité de l'ouvrage fini. L'encadrement et les équipes du chantier doivent être formés dans cet esprit.

## 7. INTERVENANTS

Le Groupement des Entreprises attributaires du Marché comprend SOGEA qui assure le rôle de Mandataire et SPIE-CITRA. L'Entreprise belge SA FRANKI est également associée à la réalisation des travaux qui sont exécutés pour le compte de la Direction de la ligne nouvelle TGV Atlantique de la SNCF avec la participation du Département des Ouvrages d'Art de la Direction de l'Équipement.