

Galerie technique et galerie d'eaux pluviales, Genève (suite): projet et exécution

Autor(en): **Mouchet, Pierre-Louis / Dubois, Claude / Hambach, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **102 (1976)**

Heft 9: **Galerie technique et galerie d'eaux pluviales, Genève**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72928>

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.

Galerie technique et galerie d'eaux pluviales, Genève (suite)

Projet et exécution

par PIERRE-LOUIS MOUCHET, CLAUDE DUBOIS et PETER HAMBACH, Genève

1. Galerie d'eaux pluviales

1.1 Situation

Cette galerie, d'une longueur de 2100 m, collecte les eaux pluviales d'un important bassin versant d'une superficie de 320 ha et les conduit à l'exutoire du déversoir d'orages de la Pisciculture au Jardin de Saint-Jean. Ce déversoir d'orages, construit dans les années 1967-1968, a été conçu pour recevoir le débit de la galerie d'eaux pluviales de la rive droite et l'évacuer au Rhône situé à une distance de 90 m. L'exutoire au Rhône n'a donc pas réclamé de dispositions spéciales, si ce n'est des modifications mineures nécessitées par les travaux de reconstruction du quai du Seujet.

L'implantation géographique de la galerie d'eaux pluviales a été dictée par les exutoires des sous-bassins versants, à savoir :

- la rue Schaub, intersection de la rue des Asters
- le parc Trembley
- la place des Nations

dont l'altitude se situe à la cote 405,00.

L'altitude du radier de la galerie d'eaux pluviales a été déterminée en tenant compte d'une part du niveau de restitution au déversoir de la Pisciculture, à l'altitude 371,70, et d'autre part de la nature géologique du sous-sol. A ce propos, un examen du profil en long géologique fait ressortir qu'il y aurait eu lieu de choisir une plus grande profondeur mais, dans de telles conditions, il aurait fallu construire la galerie au-dessous du niveau de la nappe phréatique, profonde et protégée, avec toutes les difficultés de réalisation et d'étanchéité qu'il en découlait ; cette solution a donc été écartée a priori.

Le radier de la galerie d'eaux pluviales est donc fixé à l'altitude du déversoir de la Pisciculture et à 382,90 au pied du puits de chute Nations, c'est-à-dire à une profondeur variant de 8 à 28 m, par rapport au niveau de l'exutoire des sous-bassins versants.

Le raccordement vertical entre l'exutoire des sous-bassins versants et la galerie inférieure est réalisé par des puits verticaux à écoulement hélicoïdal, de section circulaire de 2,40 à 2,90 m de diamètre, dits puits « Vortex », d'une hauteur variant de 22 à 28 m.

Cette solution a déjà été adoptée pour l'évacuation des eaux pluviales du bassin versant de Florissant, avec restitution à l'Arve, et nous reparlerons, dans la suite de cet exposé, de ces ouvrages présentant un aspect technique certain.

Le profil en long de la galerie d'eaux pluviales, ainsi que quelques profils en travers caractéristiques, sont représentés à la figure 13.¹

¹ Voir planches hors-texte au centre de ce numéro.

1.2 Hydrologie

Le bassin versant de ce collecteur a une superficie de 320 ha, subdivisée en trois sous-bassins versants de :

- 45 ha pour celui de Schaub,
- 118 ha pour celui de Trembley,
- 157 ha pour celui de Nations.

Le bassin versant Schaub, comprenant des constructions datant d'une trentaine d'années, est équipé en système unitaire, c'est-à-dire que les eaux usées et les eaux pluviales sont mélangées ; il a donc fallu réaliser un déversoir d'orages du type « Ventury » en amont du puits de chute, à la rue Schaub.

Le bassin versant Trembley, qui comprend des constructions récentes, est équipé en système séparatif, il n'y a donc pas eu nécessité de réaliser un ouvrage particulier en amont du puits de chute.

Le bassin versant Nations, composé de constructions relativement récentes et de quartiers en voie d'expansion, est équipé soit du système séparatif, pour les collecteurs Colombettes et avenue de la Paix, soit du système unitaire, pour le collecteur existant de la route de Ferney sur lequel il a été nécessaire de réaliser un déversoir d'usage, du type déversoir de fond, avec vanne de réglage.

Le calcul des débits a été exécuté par la théorie dite méthode de L. Archinard (« Débits probables et section d'égouts », *Revue Suisse de la Route*, 1/1935).

Les paramètres suivants ont été admis :

φ = 1 coefficient dépendant de la variation de l'intensité de l'averse autour de son maximum (centre de la pluie) et aussi de la grandeur et de la forme du bassin de réception ;

ψ = coefficient d'écoulement = 0,5 à 0,6, dépendant de la perméabilité superficielle du sol ;

et

T = période en année, pendant laquelle on doit s'attendre à ce que l'averse considérée tombe au moins une fois, c'est-à-dire, dans notre cas, la période pendant laquelle le débit calculé aura lieu au moins pendant la période T en année.

$T = 20$ ans,

$T = 10$ ans.

Ce qui nous conduit à dimensionner les puits de chute pour les débits maximaux suivants :

Puits Schaub	14,8 m ³ /s,
Puits Trembley	18,7 m ³ /s,
Puits Nations	17,5 m ³ /s.

Etant donné que les travaux d'équipement et d'aménagement des bassins versants seront exécutés par étapes et que les limites des bassins versants seront modifiées par

les plans d'aménagement du quartier et du territoire, la galerie d'eaux pluviales a été calculée pour les débits maximaux suivants :

Secteur	T = 10 ans	T = 20 ans
Saint-Jean - Schaub	25,4 m ³ /s	31,8 m ³ /s
Schaub - Trembley	22,6 m ³ /s	28,8 m ³ /s
Trembley - Nations	14,0 m ³ /s	17,5 m ³ /s

En admettant, en outre, que pour les averses d'une intensité $T = 10$ ans, la galerie devrait être à écoulement libre et que, pour les averses d'une intensité $T = 20$ ans, il pourrait y avoir une mise en charge temporaire de la canalisation, cette mise en charge ne provoque pas de refoulements intempestifs des canalisations étant donné la grande profondeur de la galerie d'eaux pluviales.

La pente longitudinale de la galerie a été fixée à $5^0/00$ d'une part pour ne pas causer des vitesses trop élevées et d'autre part pour éviter des dépôts par temps « sec ».

1.3 Puits de chute à écoulement hélicoïdal

Lors de l'étude générale de l'écoulement des eaux du quartier de Florissant, nous avons analysé les possibilités à notre disposition pour réaliser une chute de plusieurs mètres des eaux d'un collecteur et nous nous étions arrêtés à la solution du puits « Vortex » (ou à écoulement hélicoïdal).

Plusieurs déchargeurs de ce type ont été réalisés aux U.S.A., en France (Orly), et ont fait l'objet d'une importante publication de la part du professeur Carlo Drioli, ingénieur, dans la Revue « L'Energia Elettrica ».

Les avantages d'un puits de chute à écoulement hélicoïdal sont de diminuer la vitesse de l'eau par rapport à ce qu'elle serait en chute libre ou en conduite forcée et d'éviter l'aspiration de l'air et le bruit qui en découlerait.

1.3.1 Description:

Le puits de chute à écoulement hélicoïdal est constitué des éléments suivants, représentés sur la figure 14 :¹

- une canalisation de raccordement, du collecteur principal au puits de chute, se terminant par une chambre spirale avec arrivée tangentielle ;
- un puits de chute circulaire de 2,40 ou 2,90 m de diamètre et d'une hauteur de 12 à 18 m ;
- une chambre d'amortissement avec paroi brise-jet ;
- un ouvrage « saut de ski » de mise en vitesse ;
- une galerie de raccordement à la galerie d'eaux pluviales, d'une section fer à cheval ou circulaire selon la nature du terrain.

1.3.2 Principe de fonctionnement

L'eau en provenance du collecteur principal est mise en vitesse dans la chambre spirale et la force centrifuge ainsi créée applique l'eau contre les parois du puits et donne un mouvement hélicoïdal aux filets liquides. Il est important de maintenir cette force centrifuge, afin que les conditions de fonctionnement par petits débits soient remplies (fig. 15).

Vu les problèmes hydrauliques que pose un tel ouvrage, une étude sur modèle réduit a été confiée au laboratoire hydraulique de l'EPFZ. Se référant à des puits à chambres spirales qui existent en France, pour lesquels le puits de chute est muni de nervures hélicoïdales pour guider l'eau, le modèle réduit a été tout d'abord pourvu des dites nervures (fig. 16). Mais, après avoir procédé à des essais sans les nervures hélicoïdales, on a constaté que l'eau conservait son mouvement hélicoïdal jusqu'au pied du puits, bien que le pas de l'hélice soit plus grand que celui des nervures supprimées (fig. 17). Cette démonstration a conduit à exécuter un puits à parois lisses sans nervures.

¹ Voir planches hors-texte au centre de ce numéro.



Fig. 15. — Chambre spirale d'un puits de chute. (Photo Conrad Zschokke SA, Genève.)

Etant donné que le puits du modèle réduit a été réalisé en plexiglas, matériau particulièrement lisse, il importait, en tenant compte des règles de similitudes hydrauliques, d'obtenir en grandeur réelle un coefficient de frottement le plus favorable possible. Cette nécessité a été déterminante pour le choix d'un revêtement en mortier synthétique « MZU » de la SA Conrad Zschokke. Le même type de revêtement a été étendu à la chambre spirale et à la chambre d'amortissement, dans le but de mieux résister à l'usure que pourraient provoquer les particules abrasives contenues dans les eaux de surface. Les deux qualités particulières du revêtement en mortier « MZU » — sa surface lisse et sa résistance à l'usure — ont été utilisées avec profit dans la construction en question.

1.3.3 Procédé de réalisation:

Dans la partie supérieure du puits l'excavation, réalisée par tranches de 2 à 4 m de hauteur, a été exécutée principalement à l'aide de moyens mécaniques complétés par un réglage des parois à la main.

La hauteur choisie correspondait en principe à une durée d'autostabilité du terrain permettant d'exécuter immédiatement un revêtement en gunite d'une épaisseur de 15 cm, avec incorporation d'un treillis formant blindage de la fouille.

Dans la partie centrale l'excavation a été réalisée par la méthode traditionnelle avec l'emploi du marteau-pic ou marteau-bêche, toujours par tranches de 2 à 4 m de hauteur, et suivie immédiatement par l'exécution d'un revêtement en gunite de 5 à 10 cm, légèrement armé d'un treillis formant blindage.

La chambre inférieure n'a posé aucun problème pour l'exécution de l'excavation, du coffrage, du ferrailage et

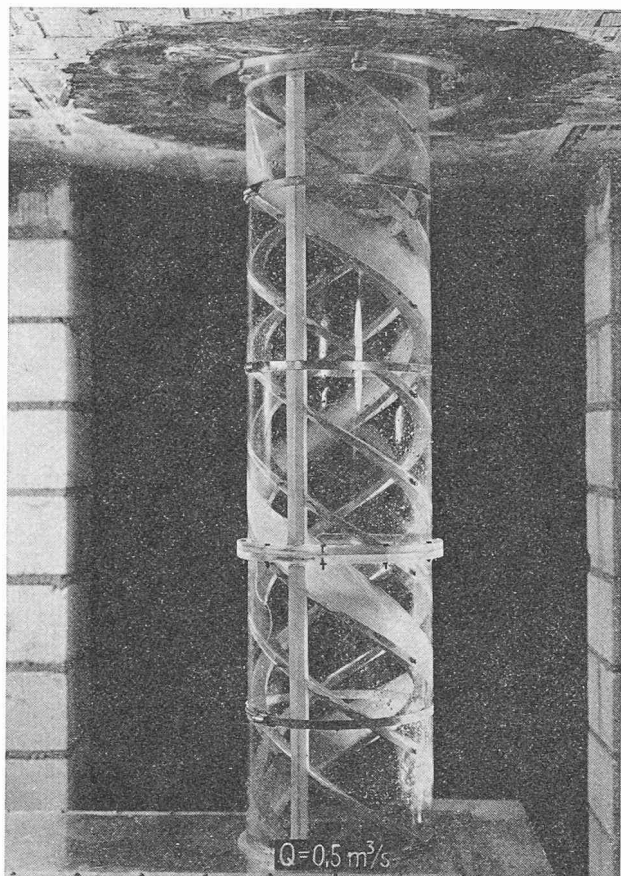


Fig. 16. — Modèle en plexiglas d'un puits hélicoïdal. Débit : $0,5\text{ m}^3/\text{s}$. (Photo Laboratoire de recherches hydrauliques et de mécanique des sols, EPF Zurich.)

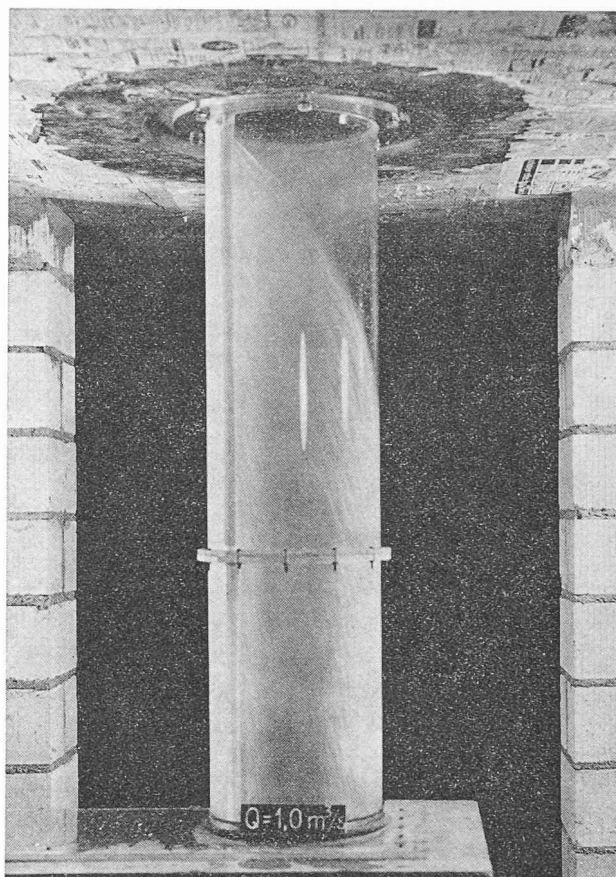


Fig. 17. — Modèle en plexiglas d'un puits sans rainures hélicoïdales. Débit : $1,0\text{ m}^3/\text{s}$. (Même source que la figure 16.)

du bétonnage, la durée d'autostabilité du terrain s'étant révélée très grande pour le volume et la forme de l'ouvrage prévu.

Le bétonnage de la partie centrale du puits de chute proprement dit a été réalisé par bourrage de béton entre le revêtement de blindage exécuté à l'excavation et le revêtement intérieur formé de plaques circulaires en mortier «MZU» de 3 cm d'épaisseur, munies extérieurement d'un gravillonnage pour favoriser l'adhérence et utilisées comme coffrage.

La chambre spirale, de forme compliquée, a été exécutée suivant le même procédé que celui décrit ci-dessus. Le coffrage construit en atelier de menuiserie a d'abord servi à mouler en usine les plaques de mortier «MZU» d'une épaisseur de 2 cm, formant revêtement, et a été ensuite transporté sur le chantier par éléments pour être mis en place (fig. 18).

L'ordre dans lequel la description ci-dessus est faite correspond à la chronologie de l'exécution des travaux.

2. Gaine technique

2.1 Situation

Cette galerie technique, d'une longueur totale de 4895 m entre l'ouvrage Saint-Jean et le puits pont Foretaille, a un tracé identique à celui de la galerie d'eaux pluviales entre l'ouvrage Saint-Jean et la place des Nations. La distance séparant les deux galeries est variable (6 à 15 m) suivant la nature géologique des terrains rencontrés.

Le tracé entre la place des Nations et le poste haute tension de la Foretaille des Services industriels de Genève tient compte de trois principaux points de distribution

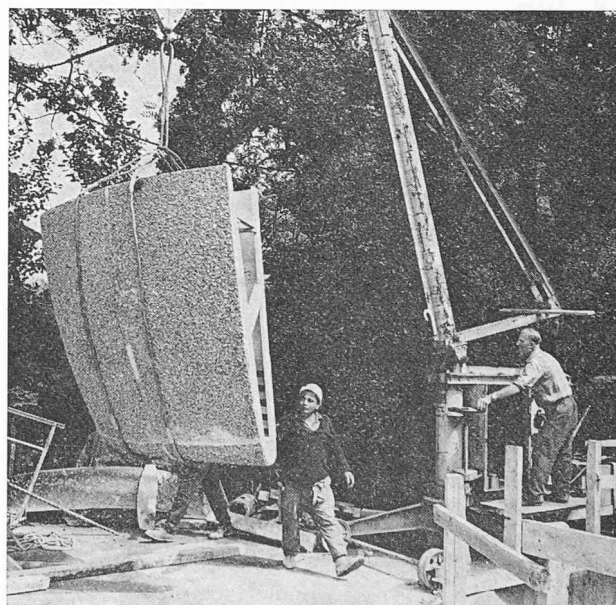


Fig. 18. — Transport d'une plaque de revêtement de la chambre spirale d'un puits de chute, en mortier «MZU». (Photo Conrad Zschokke SA, Genève.)

d'énergie, à savoir : avenue Appia (ONU), Vie-des-Champs (BIT, OMS) et Machéry (extension Grand-Saconnex). A chacun des trois points mentionnés, un forage vertical permet l'introduction ou la sortie de canalisations électriques.

Le profil en long de la galerie technique est identique à celui de la galerie d'eaux pluviales sur le secteur Saint-Jean - Nations. La pente de la galerie technique,

entre Nations et Joli-Bois, a été réduite à 3⁰/₁₀₀ afin de rester aussi longtemps que possible dans des terrains où l'excavation avec un tunnelier était réalisable à des conditions économiques acceptables.

Le profil en long, ainsi que les profils en travers caractéristiques, sont représentés à la figure 19¹ pour le secteur Saint-Jean - Nations.

Etant donné que dans le secteur Joli-Bois - pont Foretaille les conditions géologiques (voir *Bulletin technique de la Suisse romande*, n° 4 du 19.2.76) étaient brusquement différentes (passage de la couche de molasse à une moraine avec formation d'une couche de transition de retrait et nappe phréatique), nous avons préféré rechercher un autre mode d'exécution, c'est-à-dire une galerie à un niveau moyen au-dessus de la nappe phréatique, avec une réalisation par le procédé pousse-tube de 2,20 m de diamètre, sur une longueur de 180 m.

Lors de l'exécution de ce secteur nous avons constaté que notre option se révélait concluante, car nous n'avons pas eu de difficultés importantes à surmonter. Cette décision a aussi été dictée par le fait que nous devions construire notre galerie technique sous l'autoroute Genève - Lausanne et qu'une solution à ciel ouvert se révélait difficilement réalisable, aussi bien d'un point de vue économique que pratique.

2.2 Ouvrage d'accès

Les éléments d'aménagement des accès faisant partie du paragraphe réservé aux conclusions des utilisateurs, nous nous bornerons à mentionner l'aspect de construction du génie civil de cette réalisation.

Les accès à la galerie technique se résument ainsi :

Accès principaux :

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1 Ouvrage Saint-Jean | 2 Puits Schaub |
| 4 Puits Nations | 3 Puits Pré-Cartelier |
| 5 Puits Joli-Bois | 6 Puits Pont Foretaille |

Ces puits d'accès, d'un diamètre de 3,20 à 5,05 m, comportent un escalier avec paliers intermédiaires, remontées ou descentes de câbles et conduites. Les puits d'accès Nations et Joli-Bois sont équipés, en plus de l'accès par escalier, d'un ascenseur, de trappes et palans pour le matériel. Ces deux puits permettent également l'accès à la galerie d'eaux pluviales par une galerie de communication protégée par une porte étanche aux eaux et aux gaz répondant aux normes ITAP 1966 de la Protection civile.

L'ouvrage de Saint-Jean est plus complexe, car il donne accès aussi bien à la galerie technique qu'à la galerie d'eaux pluviales, mais également à la future station de pompage de la Protection civile de la Ville de Genève et à la cabine de transformation des Services industriels de Genève.

Cet ouvrage répond également aux exigences de sécurité de la Protection civile.

Le puits Pré-Cartelier est utilisé comme accès complémentaire à la galerie technique uniquement ; équipé d'escaliers avec paliers, il est utilisé pour la sortie et l'entrée de câbles et pour la sortie de conduites d'eau du Service de la Protection civile et des Eaux. Cet ouvrage correspond également aux exigences des normes de la Protection civile ITAP 1966.

L'exécution de ces ouvrages n'a pas posé de problèmes particuliers et a été réalisée par la même méthode que celle décrite sous 1.3.3, c'est-à-dire puits de chute à écoulement hélicoïdal, en remplaçant le coffrage par plaques circulaires de mortier « MZU » par un coffrage en planches aluminium avec cintres métalliques.

¹ Voir planches hors-texte au centre de ce numéro.

2.3 Forages

Les accès mentionnés au paragraphe précédent ont été complétés par des forages verticaux dont la hauteur varie de 16 à 51 m, réalisés par forages tubés et bétonnés avec blindage d'un diamètre initial de 80 cm et un diamètre d'utilisation de 60 cm.

Il s'agit de forages pour les remontées des conduites Protection civile aux emplacements suivants : Voltaire, Prairie, Carteret, Varembeé et OMPI, aux rues Franklin de la Poterie et du Grand-Pré pour l'entreprise des Téléphones, et à l'avenue Appia, aux chemins de Machéry et Vie-des-Champs pour le Service de l'Electricité des Services industriels de Genève.

Les forages de la Protection civile sont bétonnés après la pose des conduites, alors que les forages pour l'entreprise des Téléphones et le Service de l'Electricité resteront accessibles en tout temps pour permettre l'adjonction de nouvelles canalisations.

3. Méthodes d'excavation

3.1 Etude

Lors de la soumission, le rapport géologique indiquait que la galerie à exécuter se situait, pour environ 2400 m, dans des terrains morainiques et pour le reste, soit environ 4400 m, dans la molasse. L'utilisation de l'explosif était interdite. L'abattage à la main n'étant pas très rationnel, surtout dans la molasse, le choix de la méthode d'excavation s'est porté sur des tunneliers.

Une foreuse Robbins d'un diamètre de 3 m a été choisie pour creuser dans la molasse les 2600 m de galerie technique entre la place des Nations et le puits Joli-Bois. Pour les 4200 m de galerie entre le parc Saint-Jean et la place des Nations, soit 2100 m de galerie technique et 2100 m de galerie d'eaux pluviales, le choix s'est porté sur une foreuse Calweld. Cette machine, d'un diamètre de 3,45 m, est munie d'un bouclier qui permet de travailler aussi bien dans la molasse que dans les terrains peu stables. Le passage dans ces derniers terrains nécessitait la pose d'un revêtement provisoire constitué par des voussoirs préfabriqués posés directement dans le bouclier à l'aide d'un érecteur et bloqués par une clef de voûte.

3.2 Exécution

L'excavation de la galerie technique place des Nations - Joli-Bois a été réalisée avec une foreuse Robbins munie d'une tête rotative de 3 m de diamètre.

Ce tronçon de 2600 m n'a pas présenté de difficultés spéciales, les travaux étant exécutés entièrement dans la molasse. Seules certaines zones qui présentaient un écaillage en calotte ont été munies de plaques cintrées, clouées par boulons d'ancrage.

La pose des radiers préfabriqués (voir § 4. Revêtement) se faisait au fur et à mesure de l'avancement ; ils servaient de voie de roulement aux chevalets du transporteur à ruban et d'appui aux voies Decauville.

A environ 25 m derrière le dernier tapis roulant, une première couche de gunite était projetée pour éviter l'altération de la molasse.

L'exécution du tronçon Saint-Jean - place des Nations des galeries techniques (GT) et d'eaux pluviales (GEP) a présenté de nombreuses difficultés.

La partie aval de la GT a été attaquée depuis le parc Saint-Jean avec la foreuse Calweld mentionnée en 3.1. Sur un tronçon d'environ 80 m, le forage s'exécutait dans des terrains stables permettant la pose de voussoirs préfabri-

qués en béton armé de 15 cm d'épaisseur à l'extérieur du bouclier. Dès l'apparition des graviers de « l'alluvion ancienne », des difficultés surgirent concernant le guidage de la machine et la stabilité du terrain. Pour vaincre ces difficultés, de nombreuses modifications ont été apportées à la machine. Elles consistaient à rallonger le bouclier afin de pouvoir poser les voussoirs à l'intérieur de celui-ci, à démonter la tête foreuse pour avoir la possibilité de boiser le front d'attaque et ainsi attaquer l'excavation à la main, enfin à ajouter des vérins de poussée. Ces différentes solutions ont permis d'atteindre le Pk 400 où le front d'attaque présentait des horizons limoneux.

Ces terrains, de bonne compacité et d'abord assez stables, devenaient rapidement fluents par l'apparition d'une faible quantité d'eau provenant d'une nappe suspendue¹. L'avancement, momentanément arrêté, a été repris après la réalisation d'un traitement par injection et ceci par tranches de 10 à 12 m.

C'est au Pk 450 que le bouclier ainsi que les injections de consolidation ont été abandonnés et que l'excavation a été poursuivie manuellement par le procédé « Marchiavanti » avec boisage du front jusqu'au Pk 520 et uniquement par l'emploi de cintres et planchettes jusqu'au Pk 700.

Les retards accumulés par les travaux du tronçon aval nous ont décidés de mettre en œuvre la foreuse Robbins à la place des Nations pour le tronçon allant jusqu'au droit de la rue du Grand-Pré, avec une section entièrement dans la molasse. Sous cette rue, la zone de transition entre la molasse et la moraine rissienne a pu être franchie à la machine, moyennant quelques précautions.

Par la suite le tunnelier Robbins a pu être utilisé pour le forage de la moraine rissienne jusqu'au puits d'accès de la rue Schaub et même au-delà, jusqu'au Pk 960. Cette machine a également été employée pour forer par le front Saint-Jean du Pk 700 au Pk 850.

Un troisième front d'attaque a été ouvert à la rue Schaub, pour pallier le retard des travaux. L'avancement en direction de Saint-Jean traverse la zone dite « Orangerie ». Cette zone, où l'étude géologique faisait apparaître des graviers limoneux et des limons sableux abritant une nappe suspendue de 20 m de hauteur en dessus du radier, devait être franchie, selon l'étude initiale, sous pression d'air comprimé. Cette solution dut être abandonnée parce qu'il était impossible d'installer à la rue Schaub, à proximité des immeubles, une installation bruyante primitivement prévue dans le parc Saint-Jean. Il a donc été fait appel à des injections, nécessaires pour maîtriser les venues d'eau assez considérables (jusqu'à 250 l/mn) et pour consolider le terrain. Elles ont été réalisées par zones de 10 à 12 m ; l'excavation s'exécutait manuellement et l'étaillage se faisait par l'intermédiaire de tôles « Bernold » avec bétonnage immédiat.

L'expérience d'un forage mécanique dans l'alluvion ancienne et les sables limoneux n'ayant pas apporté les résultats espérés, l'idée d'utiliser une autre machine pour l'exécution du tronçon aval de la GEP entre le Pk 0 et le Pk 650, bien qu'envisagée, n'a pas été retenue. Cette zone a donc été exécutée selon le système « Marchiavanti ». Parallèlement à l'avancement côté Saint-Jean, un deuxième front a été attaqué par le puits Schaub pour franchir la zone « Orangerie » par la même méthode que dans la GT, soit injections de consolidation et excavation à la main avec cintres et planchettes. Le reste de l'excavation, soit du Pk 850 au Pk 650 et de la place des Nations au Pk 980, a

été réalisé au moyen du tunnelier Robbins soit dans la moraine rissienne, soit dans la molasse.

Ainsi, sur les 6800 m de galerie la répartition des moyens d'excavation s'établit comme suit :

- 1450 m, soit 21 % à la main ;
- 4900 m, soit 72 % avec la foreuse Robbins ;
- 450 m, soit 7 % avec la foreuse Calweld.

L'excavation totale représente un volume de 55 000 m³.

4. Revêtement

4.1 Calculs

Nous avons utilisé le programme STRESS pour la recherche des efforts et le dimensionnement du revêtement de la galerie.

Nous avons porté notre choix sur une maquette géométrique comportant 36 nœuds et 36 barres, représentant des arcs dont l'angle au centre est de 10° (fig. 20).²

Il a été tenu compte dans le modèle de l'interaction du terrain en utilisant des appuis au nœud sur ressort uniquement comprimés. Les modules de réaction du terrain pris en considération sont :

$$E_o : 5 \times 10^3, 10 \times 10^3 \text{ et } 20 \times 10^3 \text{ t/m}^2 \quad (1)$$

et les modules d'élasticité du béton de

$$E_b : 2 \times 10^6 \text{ et } 4 \times 10^6 \text{ t/m}^2$$

Nous avons fait varier les épaisseurs b du revêtement de 10 à 30 cm et les rayons r de la galerie de 1,40 à 1,55 m (fig. 00).

Quatre systèmes de répartition des pressions nous étaient proposés par les géotechniciens¹ soit :

Dans la molasse une pression selon état hydrostatique de 10 t/m².

Dans les formations morainiques une pression elliptique atteignant 6 t/m² en calotte et radier et 15 t/m² sur les pénétrations.

Dans le tronçon « Orangerie » une pression équivalente à celle des formations morainiques avec un accroissement de 10 t/m² pour tenir compte de l'influence de la nappe d'eau située au-dessus du toit du Riss.

Le quatrième système de répartition de pression en fonction de mesures effectuées à l'aide de 6 cellules « Glöztz ».

4.2 Choix et exécution

Nous avons choisi un revêtement béton dans la GEP pour résister à l'abrasion des eaux pluviales. L'épaisseur de béton est de 20 cm au minimum sur toute la longueur ; dans les profils 1 et 2 (fig. 13) cette épaisseur est comptée à partir des cintres. La quantité de béton mise à œuvre a été très importante du Pk 0 au Pk 650 du fait de l'excavation en fer à cheval et d'un profil circulaire pour la galerie terminée. Pour les profils 3, 4 et 5, les 20 cm de béton sont mesurés du parement intérieur jusqu'à la couche de gunite de protection. Cette dernière n'a pas été nécessaire sur toute la distance excavée par le tunnelier Robbins ; le bétonnage étant alors réalisé directement sur la molasse, l'épaisseur du béton passe à 25 cm.

Le coffrage était composé de cintres circulaires et de planches d'aluminium permettant des étapes de bétonnage de 6 à 12 m.

Plusieurs systèmes d'armature, composés de treillis pré-fabriqués, de ferrailage conventionnel ou d'une compo-

² Voir planches hors-texte au centre de ce numéro.

¹ Voir cadre géologique et caractéristiques géotechniques des formations rencontrées, B TSR n° 4 du 19.2.1976.

tion des deux solutions, ont été exécutés en fonction des efforts déterminés par le calcul.

Nous avons adopté un revêtement en gunite pour la majeure partie de la galerie technique (fig. 19).¹ En effet, les efforts auxquels le revêtement est soumis dans la molasse sont très faibles et une première couche de béton projeté était indispensable pour éviter l'altération du terrain.

Comme nous l'avons signalé dans le chapitre 3, le radier définitif était posé parallèlement à l'avancement. Ce radier en éléments préfabriqués comprend des alvéoles pour la ventilation et un drain pour l'évacuation des eaux.

La reprise avec la gunite est réalisée par des fers d'attente, l'armature du revêtement composée d'une ou deux nappes de treillis. Après la pose de ces derniers, des fers d'ancrage cintrés étaient placés avec un espacement de 1,50 m et servaient de gabarit à la gunite définitive, dont l'épaisseur totale est de 10 cm au minimum.

Pour la partie aval de la gaine technique, nous avons choisi un revêtement en béton armé dont l'épaisseur ne devait pas être inférieure à 10 cm dans la zone comprenant des voussoirs préfabriqués et 15 cm dans les autres profils.

Sur ce tronçon le radier a été coulé sur place ou exécuté par des éléments préfabriqués (fig. 19).¹

Dans la zone « Orangerie », la présence d'eau et l'instabilité du terrain nous ont obligés à bétonner directement après l'excavation. Le coffrage en forme de fer à cheval est réalisé en tôle Bernold.

Le revêtement définitif n'est formé que d'un double radier et d'une couche de gunite enrobant les fers d'ancrage.

Comme dans la GEP, les coffrages ont été réalisés par cintres métalliques et planches d'aluminium.

Pour les 6800 m de galerie, le revêtement représente :

25 000 m² de gunite de 10 cm d'épaisseur,

7 000 m³ de béton C.P. 300,

6 500 m³ d'éléments préfabriqués de radier.

Adresse des auteurs :

Pierre-Louis Mouchet et Claude Dubois

ingénieurs civils SIA

Chemin de Roches 9bis, 1208 Genève

Peter Hambach, ingénieur

Entreprise Murer SA

1212 Grand-Lancy GE

Utilisateurs de la galerie technique

par MAURICE L'HÔTE, Genève

1. Options

1.1 Service de l'Electricité

Le tracé de la galerie d'eaux pluviales, entre le Jardin de Saint-Jean et la place des Nations, correspondait, dans une certaine mesure, aux tracés d'établissement de liaisons 130 kV inter-sous-stations du Service de l'Electricité.

Sur la base du plan directeur mis au point en 1966 déjà, ce service devait pouvoir établir, pour les années 1975/76, une liaison très haute tension (THT) entre sa sous-station du Stand et une nouvelle sous-station située dans la région de la Foretaille. Cette liaison devait être complétée ultérieurement pour permettre l'alimentation et le bouclage d'une sous-station à construire dans la région du Petit-Saconnex, ainsi que pour l'établissement d'une ligne Foretaille/Renfile.

La traversée de la ville en surface, par des canalisations d'une telle importance, posait des problèmes de sécurité et de maintenance nécessitant le choix de tracés différents pour chacune des lignes.

La construction d'une galerie technique à grande profondeur offrait suffisamment de garanties de sécurité et de stabilité pour permettre une installation sur un seul tracé, de ces liaisons THT, des câbles inter-sous-stations, d'équilibrage à moyenne tension (MT), ainsi que des câbles de contrôle et de télécommande.

Le Service de l'Electricité décida donc, en 1970, après une étude économique, de participer à la construction de la galerie technique proposée entre le Jardin de Saint-Jean et la place des Nations.

Pour rejoindre la sous-station de la Foretaille depuis la place des Nations, les canalisations projetées devaient traverser une zone attribuée, par le plan d'aménagement du territoire, au développement des institutions internationales. Cette zone devait donc être complètement remaniée au cours des vingt à trente prochaines années.

Le tracé en surface n'offrait aucune garantie de sécurité et de stabilité. C'est la raison pour laquelle le Service de

l'Electricité décida, en 1971, de poursuivre seul la construction de la galerie technique jusqu'à la Foretaille pour l'établissement échelonné de quatre lignes THT, neuf lignes MT et deux câbles pilotes (fig. 21).¹

Le gabarit de la gaine technique Saint-Jean/Nations fut toutefois conservé jusqu'à « Joli-Bois » pour réserver des places à d'autres services.

1.2 Service des Eaux

Ce service fut également intéressé par le tracé de la galerie technique à grande profondeur entre le Jardin de Saint-Jean et la place des Nations pour établir, dans des conditions optimales de sécurité et de maintenance, une canalisation de 500 mm HP. Cette conduite devait permettre :

- le renforcement de l'alimentation de la zone industrielle de Meyrin-Satigny par la pose de conduites sous la route de Meyrin rénovée avec dérivation au puits Schaub ;
- le renforcement de l'alimentation de la zone à destination d'institutions internationales en reprenant le réseau existant depuis le puits Nations ;
- la réalimentation par les puits Schaub et Pré-Cartelier du quartier des Grottes à reconstruire, les importantes canalisations traversant ce quartier devant être supprimées au fur et à mesure de son remodelage.

Par ailleurs, lorsque la conduite du Super-Cern fut décidée entre le Vengeron et Meyrin, avec réservation de débit pour le Service des Eaux, celui-ci envisagea d'établir un important bouclage de son réseau de la rive droite, tout en renforçant son alimentation. A cette fin, un relais est prévu à « L'Ermitage » permettant une liaison entre la conduite Super-Cern et la place des Nations par une pose dans la galerie technique du Service de l'Electricité, de Joli-Bois à la place des Nations. Un relais sur la conduite du Super-Cern est prévu au nant d'Avril. Il per-

¹ Voir planches hors-texte au centre de ce numéro.