

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 113 (1987)
Heft: 6

Artikel: Le saut-de-mouton de la nouvelle ligne SNCF
Autor: Nieth, Rodolphe / Mouchet, Pierre L. / Boissonard, Robert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76360>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 18.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

quant à lui, en avril 1986. Les modifications du plan des voies et les améliorations des structures d'accueil ont également été achevées, pour l'essentiel, en 1986.

En ce qui concerne le raccordement proprement dit, un avant-projet a été mis au point entre 1976 et 1980, sur la base duquel les financements de la Confédération et du canton de Genève ont été votés et les études de projets ont débuté. Les travaux pour la réalisation du nouveau tronçon de la ligne Genève-Lyon se sont déroulés entre juin 1982 et avril 1986, date à laquelle la nouvelle voie a été mise en service. Le nouveau tracé de la double voie du raccordement a été construit dans le même temps.

Quant à la gare de l'aéroport, les terrasse-

ments ont été exécutés entre juillet 1983 et septembre 1984 et le gros œuvre était achevé en grande partie au printemps 1986. Les équipements intérieurs seront prêts pour la mise en service de la ligne, le 31 mai 1987.

Il faut relever que la direction de travaux aussi importants, réalisés en zone urbaine et imbriqués dans de nombreuses autres réalisations, nécessite une planification soigneusement étudiée ainsi qu'un contrôle rigoureux des plannings et des dépenses. En l'occurrence, ces tâches ont été rendues possibles et réalisées avec efficacité grâce à deux supports informatiques développés par l'Institut des transports et de planification de l'EPFL, sous la direction du professeur F.-L. Perret, l'un pour la gestion des

temps, l'autre pour celle des dépenses. Si, aujourd'hui, l'ordinateur est un outil indispensable pour mener à bien de grands travaux, il n'en reste pas moins que, comme par le passé, l'esprit d'équipe des chercheurs, des constructeurs et de tous les partenaires concernés présente la meilleure garantie de succès pour l'accomplissement d'un bel ouvrage. Et c'est bien dans cet esprit que les travaux se sont réalisés.

Adresse de l'auteur :

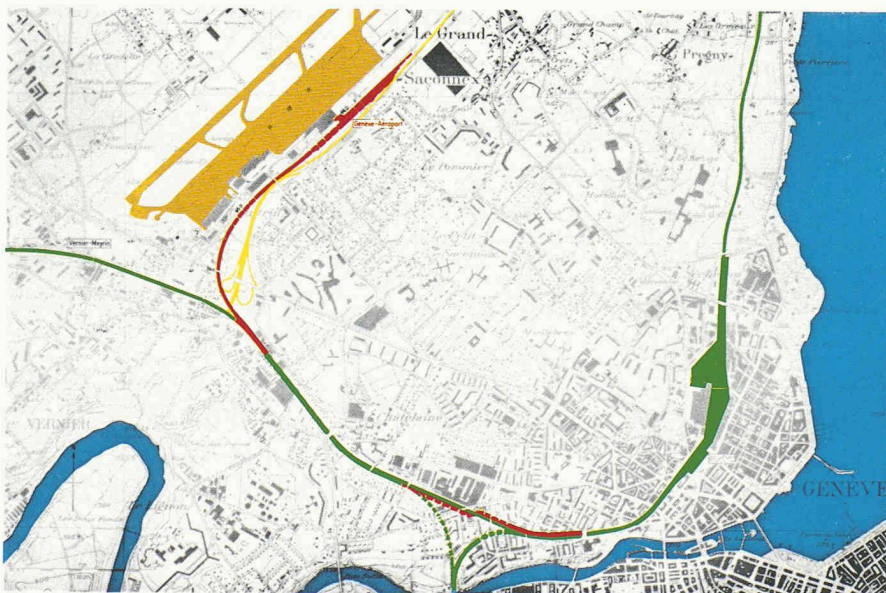
Rodolphe Nieth, ing. dipl. EPFL
Chef de la section
de construction des CFF
1201 Genève

Le saut-de-mouton de la nouvelle ligne SNCF

par Rodolphe Nieth, Pierre L. Mouchet, Robert Boissonard, Bernard Deléglise, Johny Rojas et Fernando Herrera, Genève

Le raccordement ferroviaire à l'aéroport de Genève nécessitait une ligne à double voie, longue de 6 km. La nouvelle ligne de Genève-Aéroport emprunte donc la double voie qui reliait Genève à Lyon, via la gare frontière de La Plaine, dès la sortie de la gare de Genève et sur une longueur de 3,5 km. Ce tronçon, équipé auparavant selon les normes françaises, en ce qui concerne la signalisation et le courant de traction, a été par conséquent adapté aux normes suisses.

Afin de maintenir la liaison ferroviaire voyageurs entre Genève et la France, et de manière que les deux trafics ne se gênent pas mutuellement, une voie supplémentaire, équipée selon la réglementation de la SNCF, a été construite.



Au départ de la gare de Genève, cette nouvelle voie longe, côté nord, la double voie de la ligne Genève-Aéroport, puis elle s'enfonce progressivement jusqu'à être complètement souterraine sur une longueur de 830 m. Cette galerie passe, par un saut-de-mouton, sous les voies CFF du raccordement à l'aéroport, qu'elle longe ensuite, côté sud. Elle vient enfin se raccorder au tunnel de Châte-

laine à l'intérieur duquel la nouvelle voie SNCF se branche à la ligne qui relie la gare marchandises de Genève - La Praille au réseau français.

Coût des travaux	
Génie civil	38,5 millions
Équipement ferroviaire	9,5 millions
Coût total	48,0 millions

Note géotechnique (fig. 1)

De manière générale, les termes morainiques rencontrés en profondeur

- 7 cl, moraine würmienne, phase limoneuse
- 7 dl, moraine würmienne, phase limono-argileuse
- 9a cailloutis morainiques profonds (alluvion ancienne)

sont très compacts, peu compressibles, de bonne à très bonne qualité et carrossables par bonnes conditions météo et d'assainissement.

La moraine limoneuse (7 cl) est difficilement exploitable à la machine, au sens de la norme VSS 670.360.

Les cailloutis morainiques profonds (9a) comportent des horizons discontinus fortement cimentés, qui constituent un véritable béton naturel et nécessitent des moyens de terrassement particuliers (explosifs, éclateur, montabert, marteau piqueur).

En surface, sous les terrains de couverture, les formations supraglaciaires de retrait würmien

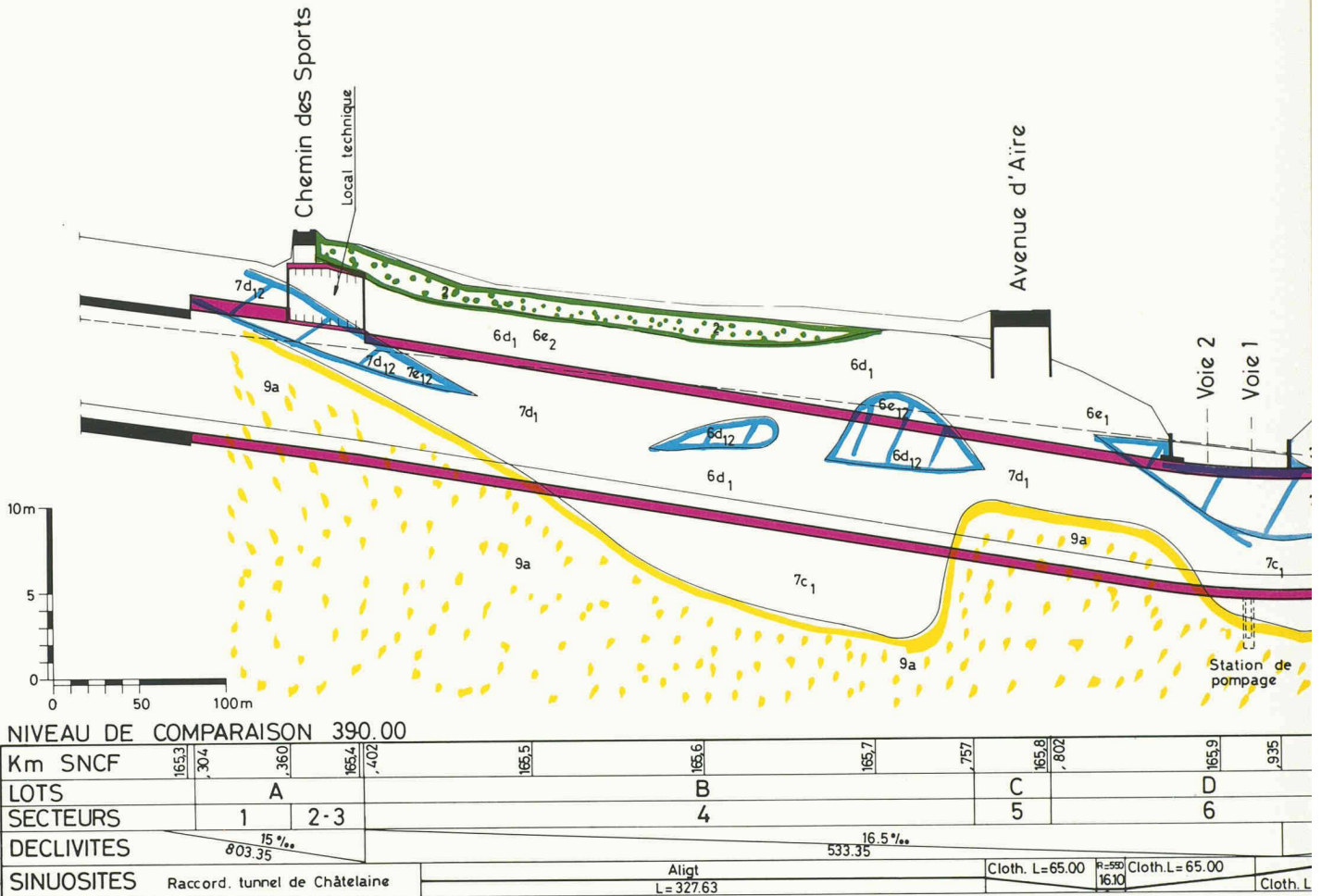
- 6 cl, phase limoneuse préconsolidée
- 6 dl, phase limono-argileuse préconsolidée

sont dans la règle dures, de bonne qualité et carrossables par bonnes conditions météo et d'assainissement.

Entre ces deux niveaux compacts, on relève la présence de terres semi-consolidées, de compacité moyenne et de moindre qualité, non carrossables en général. Dans tous ces terrains, des blocs erratiques de toutes dimensions ont été rencontrés.

Hydrologie

Les forages n'ont pas rencontré d'eau et il n'y a pas de nappe phréatique caractérisée. Hormis les cailloutis morainiques profonds, les terrains rencontrés sont, dans l'ensemble, imperméables.



Légende :

		Classification genevoise	
	Remblais Colluvions	Terrains de couverture	2 3
	Limons argileux consolidés durs à très durs	Stratifiés (retrait). Massifs à cailloux et blocs (moraine)	6c ₁ 6d ₁ 6e ₁ 7c ₁ 7d ₁ 7e ₁
	Limons argileux semi-consolidés, fermes	Stratifiés (retrait). Massifs à cailloux et blocs (moraine)	6c ₁₂ 6d ₁₂ 6e ₁₂ 7c ₁₂ 7d ₁₂ 7e ₁₂
	Graviers sablo-limoneux très compacts (localement cimentés)	Cailloutis morainiques profonds "Alluvion ancienne Avct"	9a

REMARQUE

Le profil en long représente les principaux termes stratigraphiques rencontrés. Il illustre la grande variabilité de nos formations quaternaires et la rapidité des passages latéraux d'un faciès à l'autre.

Quelques venues d'eau ponctuelles – qui ont été captées – ont été observées au terrassement, à la faveur des fissures de retrait des dépôts préconsolidés et d'horizons plus perméables.

Lot A, secteurs 1, 2 et 3

Sur le secteur 1, entre les km 165,304 et 165,360, la nouvelle voie du saut-de-mouton se sépare de la ligne Vernier-La Praille, à l'intérieur du tunnel de Châtelaine.

Les contraintes étaient les suivantes :

- maintien de la circulation ferroviaire sur les voies 1 et 2 ;
- mise hors service provisoire de la circulation ferroviaire sur la ligne Vernier-Meyrin/La Praille ;
- la nouvelle voie située sous le talus CFF ;
- démolition du tunnel existant.

Quantités principales		
Excavation	m ³	4850
Parois moulées	m ²	1370
Démolitions	m ³	1650
Béton armé	m ³	1050
Aciers d'armatures	t	160

Fig. 1. – Profil en long géologique.

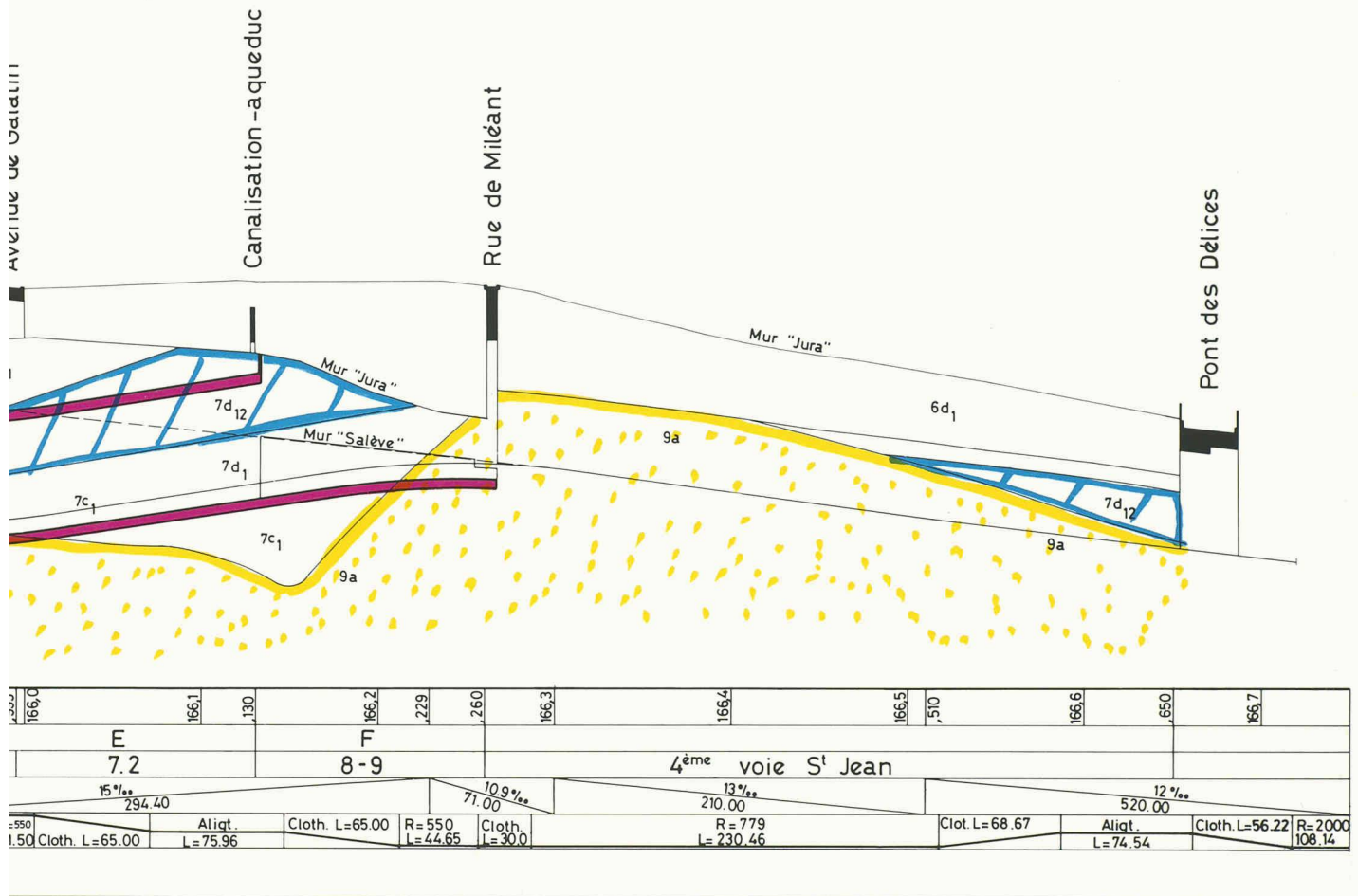
Le secteur 2, quant à lui, se situe entre le km 165,360 et le km 165,410. Le saut-de-mouton quitte le tunnel de Châtelaine déjà existant.

Les contraintes du site étaient les suivantes :

- la double voie de la ligne Genève-Aéroport est située 6 m au-dessus de la nouvelle voie ;
- la nouvelle voie est à 12 m de profondeur sous le chemin Furet ;
- le gabarit empiète sur le domaine du cimetière de Châtelaine ;
- le raccordement de la nouvelle galerie au tunnel de Châtelaine exige la démolition de ce dernier sur une longueur de 100 m environ.

La section caractéristique comporte les éléments suivants :

la paroi moulée aval contre les voies CFF existantes, la paroi moulée amont contre le cimetière de Châtelaine, la dalle supérieure supportant le chemin Furet, la dalle ciel de la galerie servant de plancher aux locaux techniques, les murs transversaux reliant les deux dalles, portant d'une paroi à l'autre et définissant les séparations des locaux, le radier supportant les voies et l'aiguille et reliant les deux parois.



Parois moulées

Comme pour le secteur 4, les parois doivent absorber et transmettre les poussées du terrain et de ses surcharges. Ce sont des parois moulées de 60 cm d'épaisseur fichées dans le sol au-dessous du radier sur une profondeur de 4,5 m. En tête elles s'appuient sur la dalle ciel de la galerie.

Dalle supérieure

Le remblayage sous le chemin Furet étant trop important, il a été décidé de

créer des locaux techniques. C'est ainsi que la dalle supérieure ne supporte que 1,5 m de remblayage et la surcharge du chemin Furet. Son épaisseur est de 40 cm.

Dalle ciel de la galerie

Cette dalle sert à la fois de plafond à la galerie et de plancher des locaux précités, elle sert aussi de butée supérieure des parois moulées. Elle a une épaisseur de 30 cm.

Murs intermédiaires

Des murs relient à la fois les deux dalles et les deux parois. Ils servent de support aux dalles et aussi de butées aux parois, ils ont 40 cm d'épaisseur.

Radier et sous-radier

Un sous-radier de 30 cm a été nécessaire pour un premier blocage des parois. Il est surmonté d'un radier de 50 cm qui a pour fonction de buter les parois en tête de la

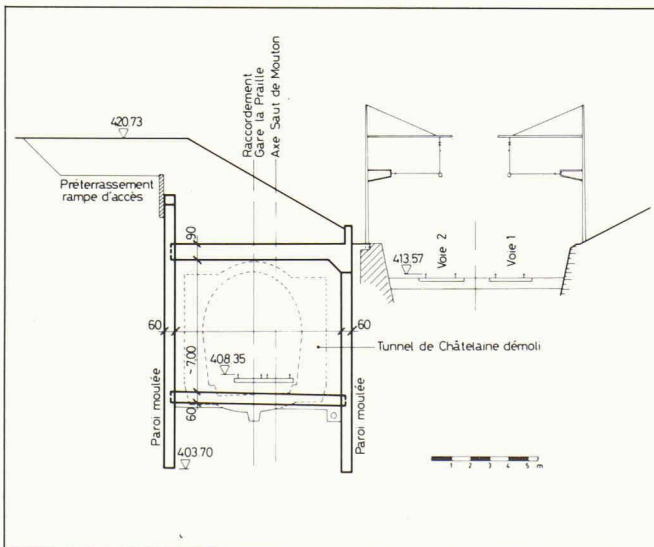


Fig. 3. - Coupe type, km 165,340.

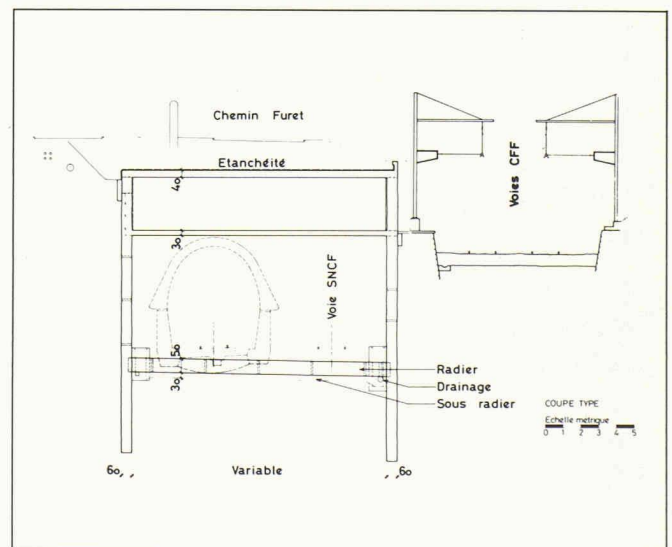
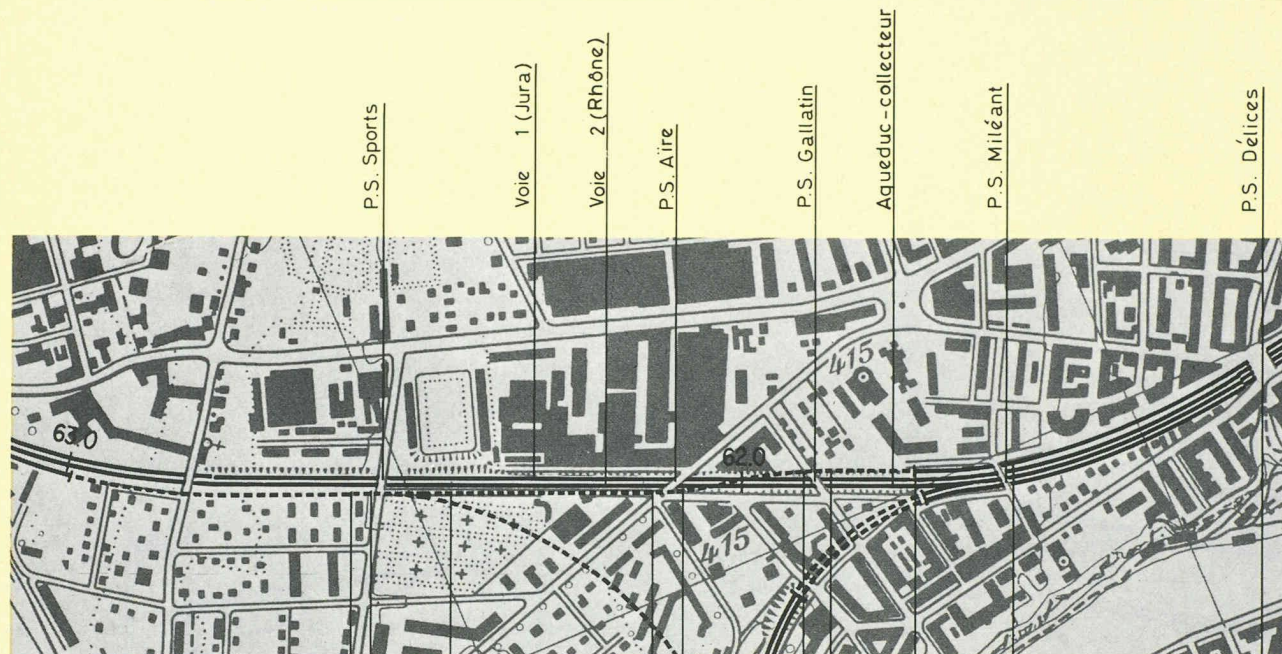


Fig. 4. - Coupe type, secteur 2-3.



SAUT-DE-MOUTON

4ème VOIE

Lot	A	A	B	C	D	E	E	F	
Secteur	1	2-3	4	5	6	7,1	7,2	8-9	4 ^e voie St Jean
Km SNCF	165.304	165.360	165.402	165.757	165.802	165.971	165.995	166.130	166.260
									166.650

Exécution des travaux et circulation des trains

Lot	Secteur	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Collec. publiques							
A	1_2_3						
B	4						
C	5						
D	6						
E	7.1_7.2						
F	8-9						
4 ^e voie							
Circulation des trains							
Voie 1							
Voie 2							
Déviation voie 2							
4 ^e voie + Saut de Mouton							

Fig. 2. - Plan schématique de l'implantation du saut-de-mouton.

fiche et de transmettre au terrain les surcharges des voies.

Lors de la construction il a fallu tout d'abord :

- déplacer 11 caveaux du cimetière de Châtelaine pour pouvoir y travailler ;
- réaliser une plate-forme de travail au niveau de la dalle supérieure ;
- construire les deux parois moulées ;
- excaver, au niveau inférieur de la dalle ciel, la galerie et l'étagage ;
- réaliser successivement la dalle ciel, les parois transversales et la dalle supérieure ;
- excaver sous la dalle ciel et démolir le tunnel existant jusqu'au niveau du sous-radier, par tronçons ;
- exécuter par tronçons le sous-radier et le drainage ;
- exécuter le radier de la même façon ;
- procéder aux travaux de finitions, remblayage et réfection du chemin Furet.

Quantités principales

Excavation	m ³	7100
Parois moulées	m ²	1500
Béton armé	m ³	1400
Aciers d'armatures	t	205

Lot B, secteur 4

Entre les km 165,402 et 165,757, la voie du saut-de-mouton est parallèle à la double voie de la ligne Genève-Aéroport, mais elle est située 6 m plus bas, ce qui a nécessité la création d'un tunnel.

Les contraintes du site étaient les suivantes :

- double voie existante en aval, plus élevée de 6 m ;
- chemin Furet, en amont, plus élevé de 11 m à l'aplomb du gabarit sur 50% de sa largeur ;
- implantation de la nouvelle voie dans le talus CFF.

La section caractéristique comporte les éléments suivants :

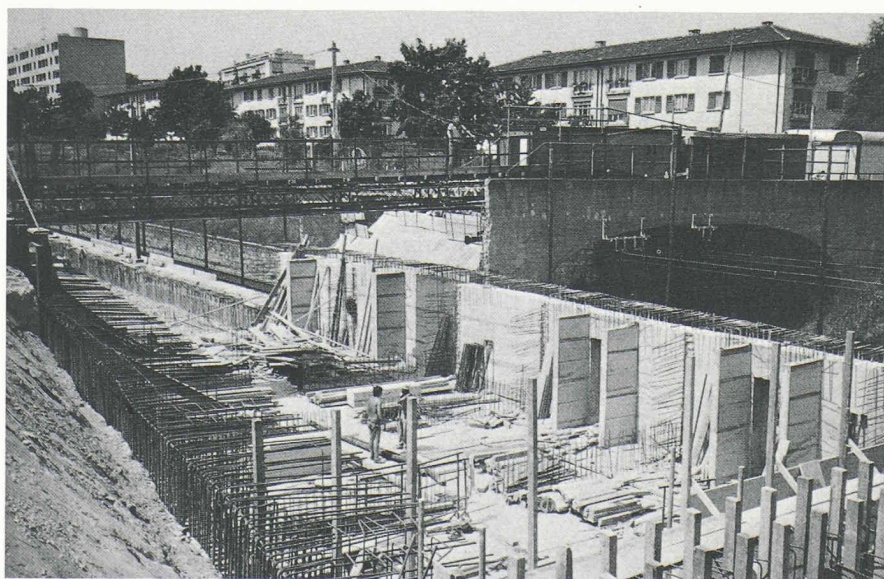


Fig. 5. - Vue du secteur 2-3 du lot A durant la construction à ciel ouvert.

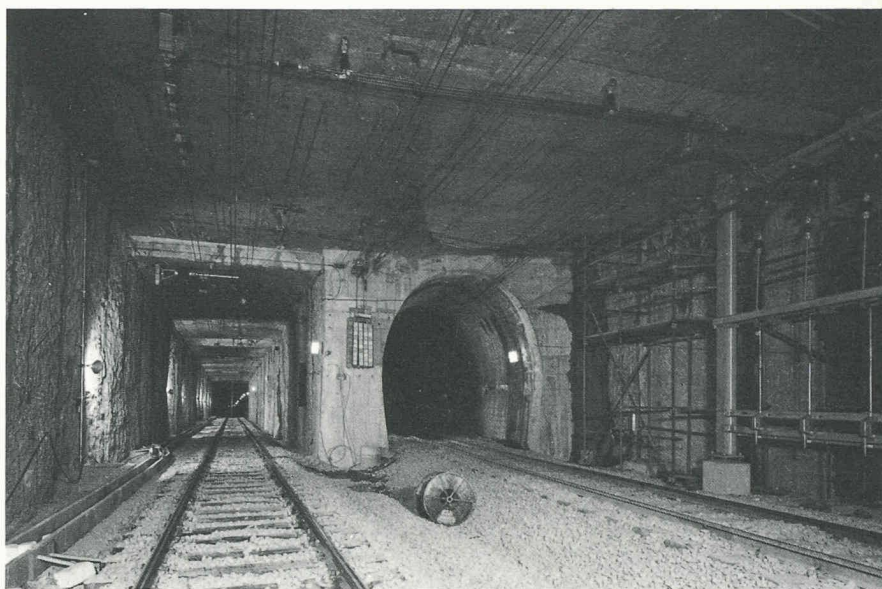


Fig. 6. - Vue du secteur 2-3 du lot A en cours d'achèvement. (Photo H. Germond, Lausanne.)

une paroi côté voie CFF ou paroi aval, une paroi côté chemin Furet ou paroi amont, une dalle formant ciel de la galerie, un radier soutenant la nouvelle voie et reliant les deux parois.

Parois

Les deux parois, aval et amont, doivent absorber et transmettre les importantes poussées du terrain et de ses surcharges. Ce sont des parois moulées de 60 cm d'épaisseur fichées dans le sol en place, 4,5 m en dessous du radier et appuyées contre la dalle qui forme le ciel de la galerie. Il y a une interaction entre les deux parois qui s'équilibrent l'une l'autre.

Dalle ciel de la galerie

Cette dalle a une épaisseur de 70 cm et doit supporter le poids de la terre et de la circulation. Elle a aussi pour fonction de transmettre les réactions des parois. Ces dernières sont plus hautes et sont reliées au-dessus de la dalle par des entretoises,

en prévision d'une couverture éventuelle de la tranchée des voies existantes.

Radier

Le radier en béton armé de 50 cm d'épaisseur a pour fonctions principales de transmettre l'effort de butée entre les deux parois et au terrain le poids des surcharges et de protéger le terrain sollicité par la fiche des parois.

L'exécution de ce secteur a comporté les phases suivantes :

- fonçage d'un rideau de palplanches dans le chemin Furet, mise en place d'une protection des voies existantes et réalisation d'une plate-forme de travail pour exécuter les parois moulées ;
- réalisation des parois moulées aval et amont ;
- réalisation d'une nouvelle plate-forme de travail au niveau inférieur de la dalle toiture et, parallèlement, mise en place d'un étayage entre les parois ;
- réalisation du béton maigre et de la dalle par tronçons en ménageant des ouvertures ;
- excavation en deux temps du terrain dans la future galerie et évacuation des matériaux par les ouvertures ménagées dans la toiture ;
- mise en place de la conduite de drainage et bétonnage du sous-radier par tronçons ;
- bétonnage subséquent du radier aussi par tronçons ;
- mise en place de l'étanchéité sur la dalle supérieure, réalisation des entretoises nécessaires à une éventuelle couverture et remblayage sur la galerie ;
- remise en état du chemin Furet et du talus CFF.

Quantités principales

Excavations	m ³	34 000
Parois moulées	m ²	10 200
Béton armé	m ³	2 900
Aciers d'armatures	t	940

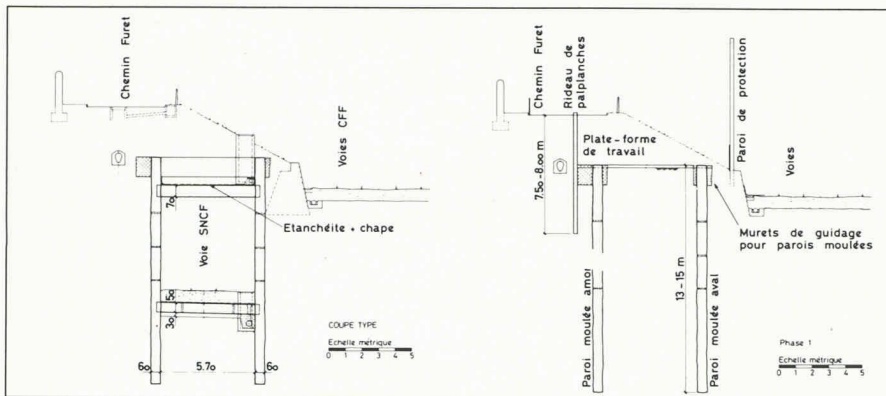


Fig. 7. - Lot B, secteur 4. A gauche: coupe type; à droite: étapes successives de la réalisation.

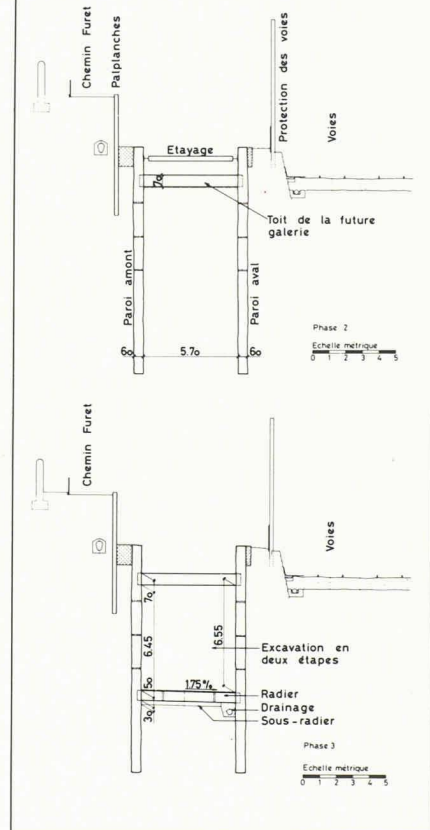
Lot C, secteur 5 (passage supérieur d'Aïre)

Entre les km 165,757 et 165,802, soit 45 m, la voie du saut-de-mouton longe en tunnel la voie 2 existante et passe sous l'avenue d'Aïre à 7,50 m en contrebas des fondations du passage supérieur d'Aïre et des voies 1 et 2.

Les contraintes étaient les suivantes :

- maintien de la circulation ferroviaire sur la voie 1;
- maintien de la circulation routière au carrefour avenue d'Aïre - chemin Furet;
- niveau de la voie du saut-de-mouton au-dessous de celui de la fondation de la culée du passage supérieur d'Aïre et des voies existantes;
- limitation des tassements du passage supérieur d'Aïre et des conduites des services publics en sous-sol.

Plusieurs variantes furent envisagées pour la réalisation de cet ouvrage, micropieux, pieux forés, pieux sécants, etc., mais seule la construction en tunnel a été retenue, car l'exécution à ciel ouvert au



milieu du carrefour, dans l'encombrement des conduites des services publics, n'aurait pas permis le maintien de la circulation, cela d'autant moins que l'implantation de la voie du saut-de-mouton est biaisée (45°) par rapport à l'axe de l'avenue d'Aïre.

Avant d'exécuter le tunnel proprement dit, il a été nécessaire de procéder à la reprise en sous-œuvre de la culée du passage supérieur d'Aïre, étant donné que la voie du saut-de-mouton se trouve à 6 m en contrebas de la fondation de cette dernière.

Ce travail a été effectué après la mise hors service de la voie 2 et depuis le niveau de cette dernière, utilisée comme aire de travail. La reprise en sous-œuvre est constituée de 6 puits discontinus espacés de 4,80 m ayant une section de 2,40 x 4,00 m et une profondeur de 8,20 m.

La section caractéristique du tunnel en fer à cheval est de 6,50 m pour la largeur et de 7,60 m pour la hauteur.

La faible couverture au-dessus de la calotte du tunnel, soit environ 7,00 m, c'est-à-dire égale à la largeur du tunnel, a nécessité une exécution en quatre phases principales.

La construction du tunnel a nécessité la réalisation d'un puits d'accès de 15 m de profondeur et d'une section de 8,00 m de largeur et 12,00 m de longueur. Ce puits a été exécuté dans le talus CFF, côté Rhône, et contre le mur de retour de la culée du passage supérieur d'Aïre.

Les phases d'exécution du tunnel sont les suivantes :

- excavation de galeries latérales (2,50 x 3,00 m) par la méthode marche-avant avec les cintres et planchettes métalliques pour réaliser le bétonnage de la tranche supérieure des piédroits du tunnel, qui sont fondés dans les graviers de l'alluvion ancienne;

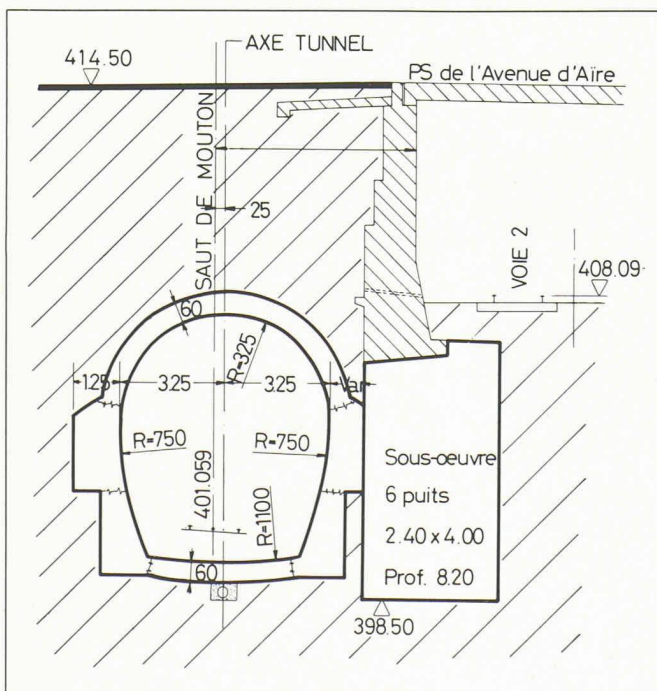


Fig. 8. - Lot C, secteur 5: coupe type au droit du passage supérieur.

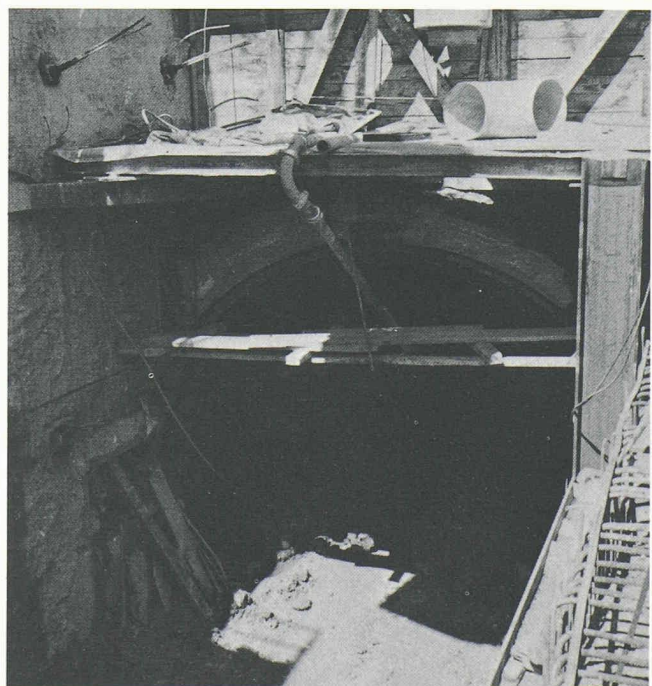


Fig. 9. - Le même secteur en cours de travaux.

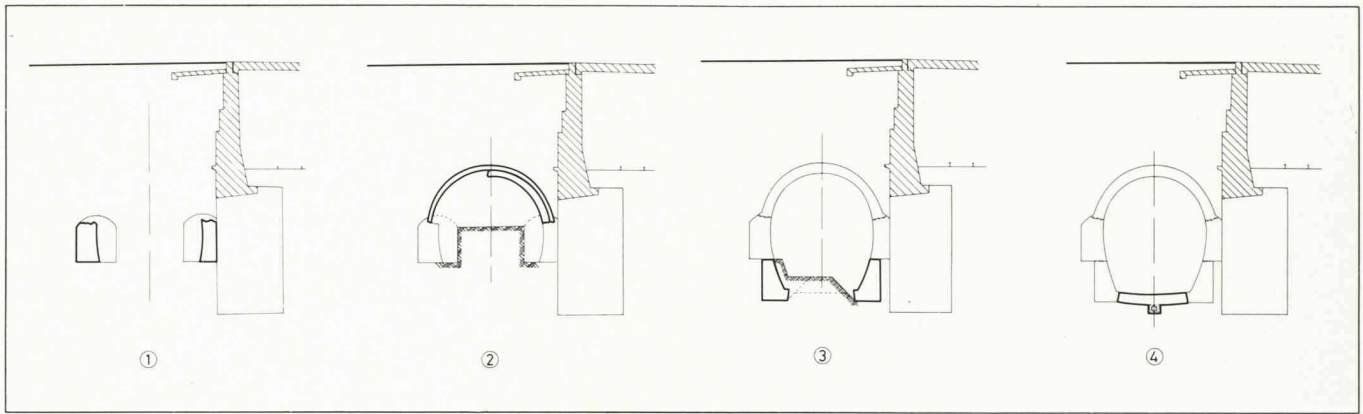


Fig. 10. — Les phases d'exécution du tunnel.



Fig. 11. — Le tunnel en cours de travaux. (Photo Murat, Genève.)

- excavation de la calotte, zone supérieure du tunnel, avec soutènement par cintres et planchettes métalliques par étapes de 1,00 m de longueur, puis bétonnage de la voûte du tunnel d'une épaisseur de 60 cm par étapes de 5,00 m de longueur;
- excavation du «stross» et bétonnage en sous-œuvre de la tranche inférieure des piédroits du tunnel par étapes de 5,00 m de longueur;
- excavation du radier, mise en place des canalisations de drainage et bétonnage du radier.

Durant toute la durée des travaux de construction, des nivellements ont été régulièrement effectués, aussi bien pour la culée du passage supérieur d'Aire que pour la chaussée du carrefour. Les tassements sont de 1 à 4 mm pour la culée et de 100 à 120 mm pour la chaussée, valeurs que nous considérons comme satisfaisantes étant donné les conditions parti-

culièrement difficiles de réalisation de cet ouvrage.

Lot D, secteur 6 (saut-de-mouton)

Entre les km 165,802 et 165,971, soit 169 m, la voie SNCF traverse par-dessous les voies existantes 1 et 2 et constitue le saut-de-mouton proprement dit; c'est au km 165,900 que la différence de niveaux entre celles-ci est la plus grande, soit 7,30 m.

Les contraintes étaient les suivantes:

- maintenir toujours en service une des deux voies existantes entre les gares de Genève et de Vernier-Meyrin;
- ne faire aucune emprise, même temporaire, sur la voie de circulation du chemin Furet;
- remettre en l'état initial les talus après les travaux;
- permettre la couverture future des voies CFF;
- maintenir en tout temps la circulation routière dans le chemin Furet.

L'ouvrage est réalisé par deux parois moulées de 60 cm d'épaisseur, distantes de 5,70 m et constituant les parois du saut-de-mouton. La dalle de couverture, d'une épaisseur de 50 cm, est liée rigide-

ment par un gousset à la paroi, côté voie, et par des empochements à la paroi opposée.

Le radier joue le rôle de butée entre les deux parois moulées.

Les parois moulées sont conçues et dimensionnées pour permettre de recevoir les charges de la couverture éventuelle de la tranchée des voies CFF.

Les études de diverses variantes nous ont conduits, compte tenu de l'angle d'intersection très petit entre l'axe du saut-de-mouton et les voies existantes (environ 8°), à renoncer à l'utilisation de ponts provisoires et à adopter la solution consistant à procéder à une déviation temporaire des voies. En effet, l'utilisation de ponts provisoires aurait nécessité leur mise en œuvre sur une distance de 75 m. Les travaux ont été exécutés en trois étapes distinctes, qui ont nécessité les travaux préliminaires suivants:

- l'exécution d'une rampe d'accès depuis le chemin Furet pour atteindre le niveau de l'infrastructure de la voie 2 et l'aménagement du talus CFF pour les travaux de déviation de la voie;
- la démolition des murs en maçonnerie;
- l'excavation dans le talus CFF du chemin Furet avec blindage de soutène-

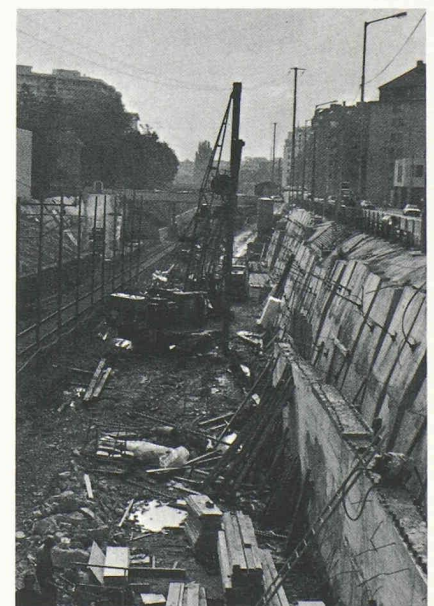


Fig. 12. — Travaux sur le secteur 6 du lot D.

Quantités principales

Sous-œuvres	m ³	560
Excavation	m ³	3800
Soutènement	t	148
Béton	m ³	1225
Aciers d'armatures	t	68

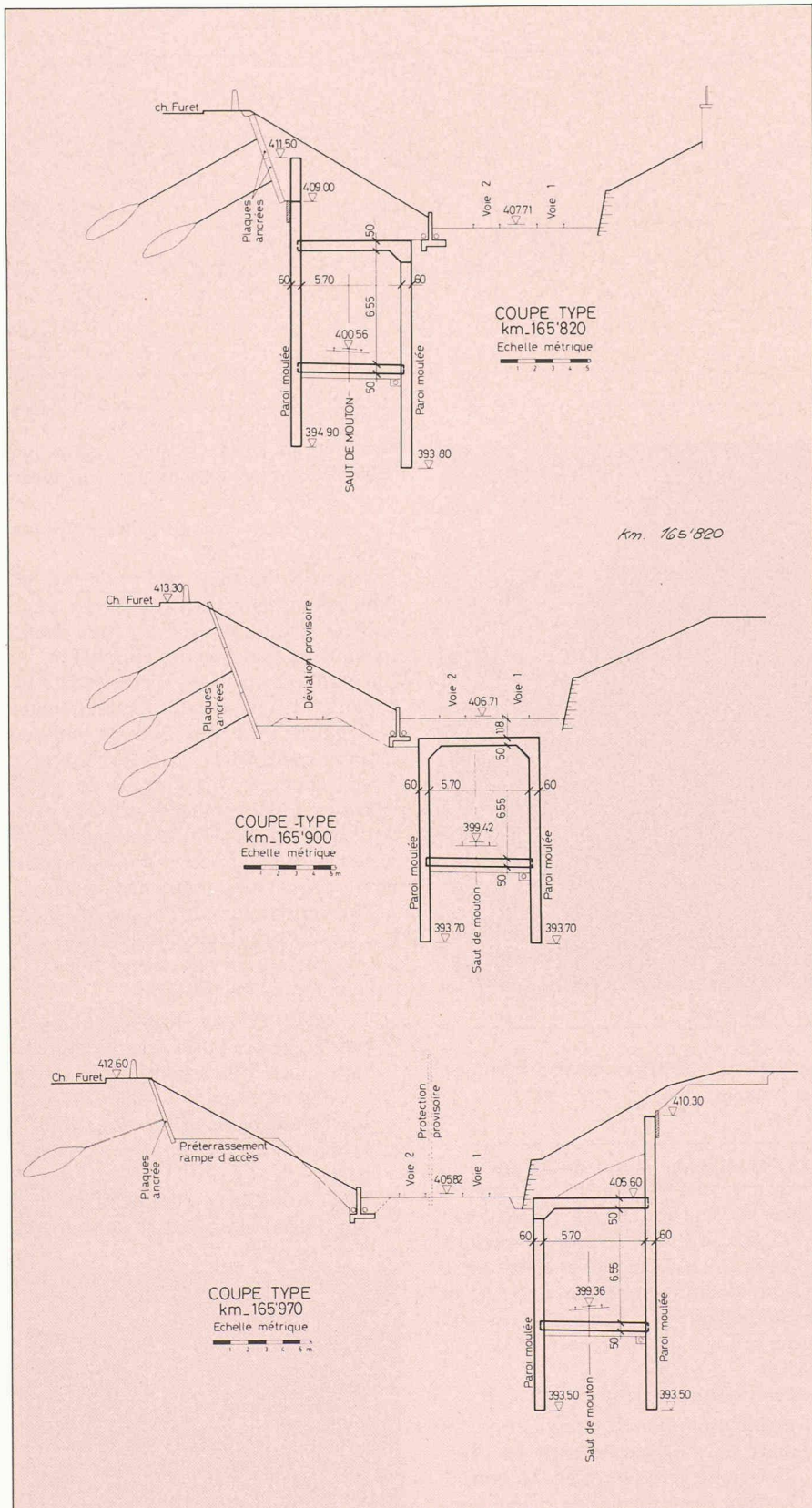


Fig. 13. — Coupes types le long du saut-de-mouton.

ment constitué par trois rangées de plaques de béton superposées et ancrées provisoirement, pour obtenir la plate-forme nécessaire à l'implantation de la voie de déviation ;

- l'exécution d'une rampe d'accès depuis l'avenue Gallatin pour atteindre le niveau de l'infrastructure de la voie 1, cette dernière servant d'aire de chantier et d'accès pour les travaux des secteurs 7.1 et 7.2.

1^{re} étape: circulation des trains sur la voie 1

- Exécution des parois moulées
- Exécution de la dalle de couverture (bétonnage sur le terrain en place) sous l'emplacement de la voie 2 et de la déviation provisoire entre les km 165,810 et 165,870
- Mise en place de la voie de déviation sur l'ouvrage exécuté dans l'excavation du talus du chemin Furet

2^e étape: circulation des trains sur la voie déviée

- Exécution des parois moulées
- Exécution de la dalle de couverture (bétonnage sur le terrain en place) sous l'emplacement de la voie 1 soit entre le km 165,870 et le raccordement au secteur 7.1 (passage supérieur Gallatin)
- Reconstruction du mur de soutènement côté Jura
- Remblayage et remise en l'état des talus
- Mise en place des voies 1 et 2 dans leur implantation initiale au-dessus de l'ouvrage saut-de-mouton

3^e étape: circulation des trains dans la tranchée des voies CFF sur les voies 1 et 2

- Excavation sous la dalle de couverture, en souterrain
- Evacuation des déblais par les puits d'accès aux travaux du tunnel de l'avenue d'Aire (secteur 5)
- Mise en place des canalisations de drainage
- Reconstruction du mur de soutènement côté Rhône
- Bétonnage du radier
- Remblayage du talus du chemin Furet avec les matériaux d'excavation de la galerie
- Remise en l'état des talus

Quantités principales

Excavations	m ³	15 400
Démolitions	m ³	1 750
Parois moulées	m ²	3 560
Plaques ancrées	m ²	970
Tirants d'ancrage	t	5 000
Béton	m ³	2 090
Aciers d'armatures	t	407

Lot E, secteur 7.1 (passage supérieur Gallatin)

Entre les km 165,971 et 165,995, soit 24 m, la voie du saut-de-mouton longe la voie existante 1 et passe au-dessus de la travée de rive du passage supérieur Gallatin.

Les contraintes étaient les suivantes :

- possibilité de supprimer la circulation routière sur le pont ;
- conserver l'ouvrage du passage souterrain Gallatin sans en modifier le système statique et limiter les tassements et les déformations à des valeurs acceptables ;
- mise hors service de la voie 1 durant la période des travaux.

Pour respecter les contraintes statiques (déformation et tassement), il n'était pas envisageable d'exécuter la structure du saut-de-mouton sans une reprise en sous-œuvre du passage supérieur Gallatin.

La solution du tunnel, esquissée au début des études, fut rapidement aban-



Fig. 14. — Contrainte majeure : n'entraver à aucun moment la circulation des trains (au cours de la construction du saut-de-mouton).



Fig. 15. — Le même secteur après achèvement des travaux : un saut-de-mouton invisible!

donnée. L'exiguïté et l'implantation biaisée de l'ouvrage ont rapidement démontré que la solution pour la reprise en sous-œuvre et l'exécution des nouveaux appuis du passage supérieur Gallatin conduisait à utiliser la structure du saut-de-mouton.

La solution retenue et exécutée consista d'une part à remplacer la poutre de l'appui extérieur par une paroi moulée, d'autre part à exécuter des puits blindés et à bétonner des éléments en sous-œuvre sous l'appui intermédiaire.

Ces deux éléments, constituant les parois du saut-de-mouton, sont reliés par la dalle de la galerie, bétonnée sur le terrain.

L'excavation sera exécutée sous la dalle dans une étape ultérieure, lors de la réalisation de la suite de la galerie.

L'accès, pour l'exécution des sous-œuvres, est identique à celui des travaux du lot D, secteur 6 du saut-de-mouton, à savoir : une rampe d'accès provisoire avec piste de chantier réalisée dans le talus CFF côté Jura.

Les travaux d'excavation en galerie, l'exécution des canalisations de drainage et le bétonnage du radier sont décrits dans le cadre des travaux du lot E, secteur Les tassements mesurés au droit des reprises en sous-œuvre sont compris entre 0,5 et 3 mm.

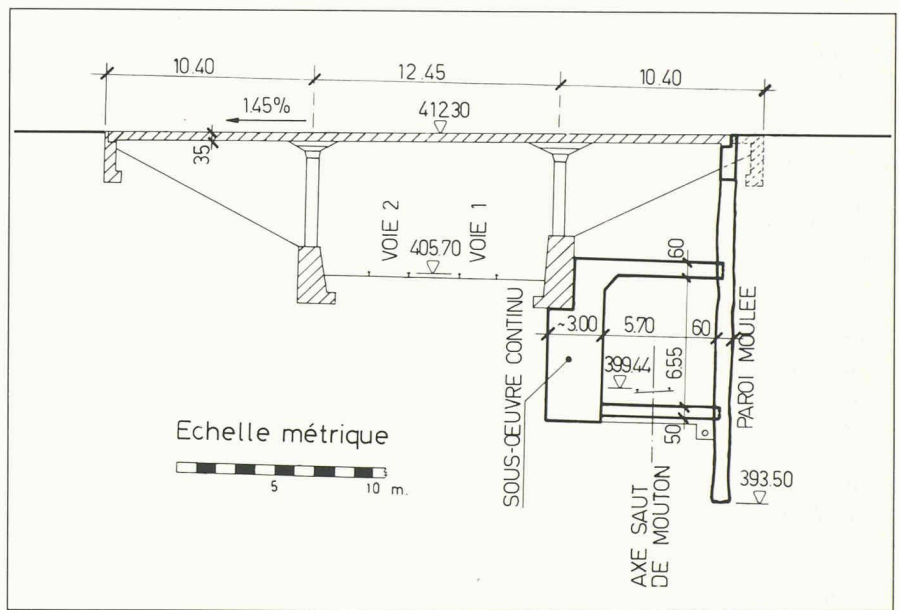


Fig. 16. — Coupe type au droit de l'avenue Gallatin.

Quantités principales

Démolitions	m ³	540
Parois moulées	m ²	824
Excavation	m ³	2920
Béton sous-œuvre	m ³	220
Béton	m ³	264
Aciers d'armatures	t	85

Lot E, secteur 7.2

Entre les km 165,995 et 166,130, soit 135 m, la voie du saut-de-mouton longe en galerie la voie 1 en remontant progressivement pour se raccorder à la tranchée à ciel ouvert du secteur 8.

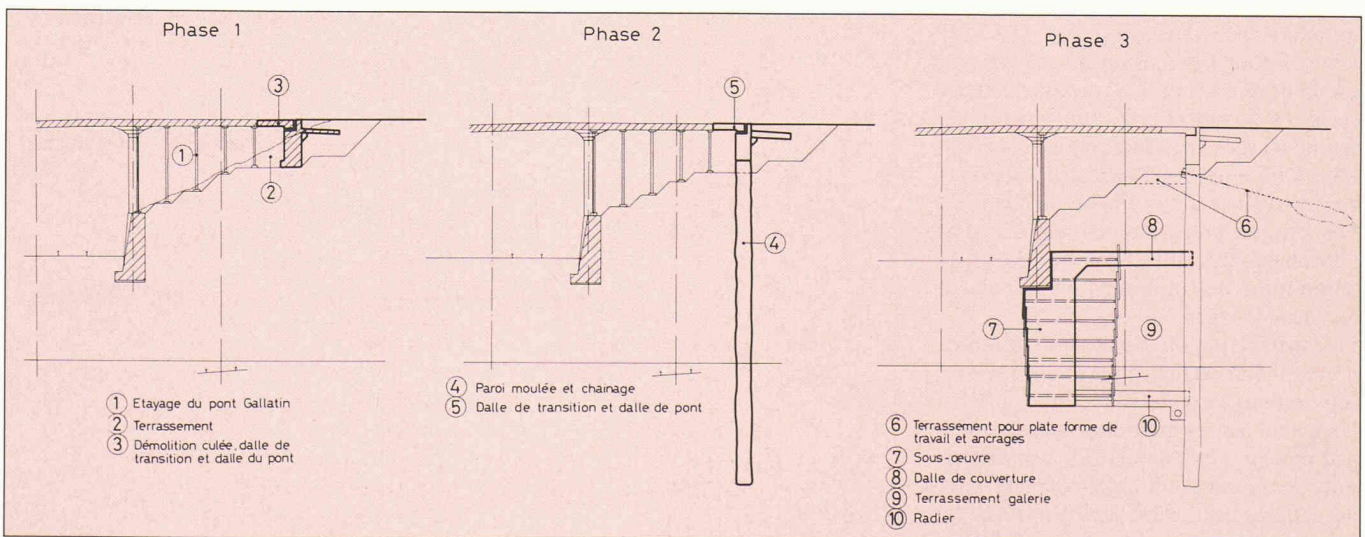


Fig. 17. — Les trois phases de réalisation du saut-de-mouton sous le passage supérieur Gallatin.

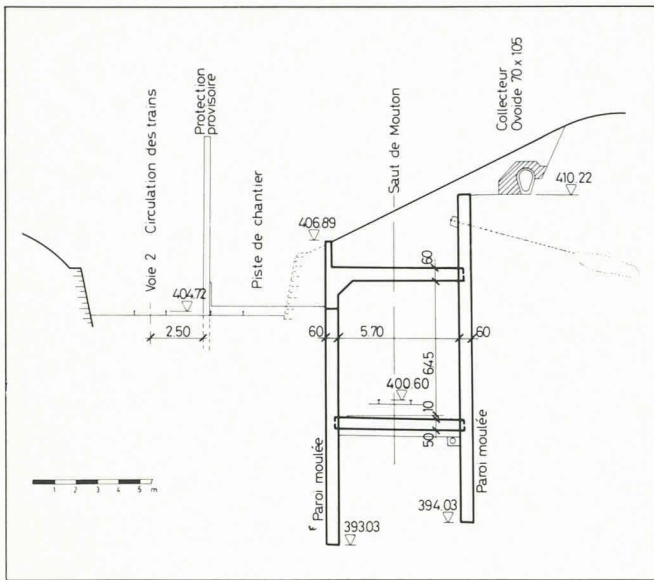


Fig. 18. - Lot E, secteur 7.2: coupe type.

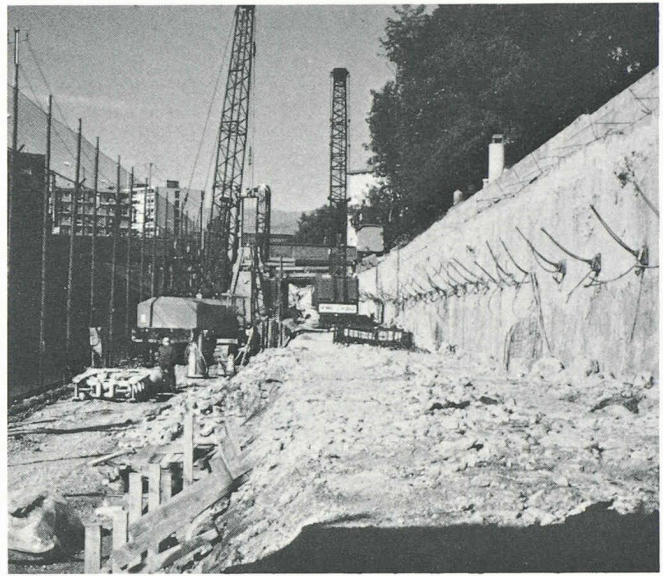


Fig. 19. - Travaux en cours dans ce secteur.

Les contraintes étaient les suivantes :

- présence d'un collecteur ovoïde dans le talus CFF à maintenir en service (section 70 x 105 cm en tuyau ciment non enrobé) ;
- accès au lieu de travail impossible depuis la partie supérieure du talus ;
- mise hors service de la voie 1 durant la durée des travaux ;
- présence au km 166,125 d'un collecteur-aqueduc traversant les voies 1 et 2 ainsi que le saut-de-mouton, à maintenir en service ;
- permettre l'éventuelle et future couverture de la tranchée des voies CFF ;
- remise en état des talus après les travaux.

L'ouvrage est réalisé par deux parois moulées de 60 cm d'épaisseur et distantes de 5,70 m, constituant les parois du saut-de-mouton. La dalle de couverture est liée rigidement par un gousset à la paroi côté voie et par des empochements à la paroi côté Jura.

La radier joue le rôle de butée entre les parois moulées. Ces dernières sont conçues et dimensionnées pour supporter les charges de la couverture éventuelle de la tranchée des voies CFF.

L'accès pour l'exécution de ces travaux est identique à celui des travaux du lot D, secteur 6 du saut-de-mouton, à savoir : la rampe d'accès provisoire réalisée dans le talus CFF ainsi que l'infrastructure de la voie 1 utilisée comme piste de chantier. Les travaux préparatoires comprennent l'enrobage du collecteur ovoïde et la démolition des murs en moellons au niveau des voies.

La construction du saut-de-mouton proprement dite est identique à celle mise en œuvre pour le secteur 6.

Un calcul par les méthodes usuelles laissait prévoir, suite aux efforts dissymétriques sur la construction, un déplacement de celle-ci de l'ordre de 20 mm. Cette valeur a été confirmée par un calcul aux éléments finis avec la collaboration de

l'Institut ISRF de l'EPFL. Pendant et après l'exécution des travaux, des mesures *in situ* effectuées à l'inclinomètre ont confirmé les valeurs calculées.

Quantités principales		
Excavation	m ³	11 500
Parois moulées	m ²	4 150
Béton	m ³	1 550
Aciers d'armatures	t	408
Ancrage	p	59

Lot F, secteur 8

Entre les km 166,130 et 166,260, la voie du saut-de-mouton longe à ciel ouvert l'avenue des Tilleuls en remontant progressivement jusqu'à la verticale du pont de Miléant. La dénivellation entre la voie SNCF et les voies CFF existantes nécessitait la construction de murs de soutènement de part et d'autre de la voie à construire.

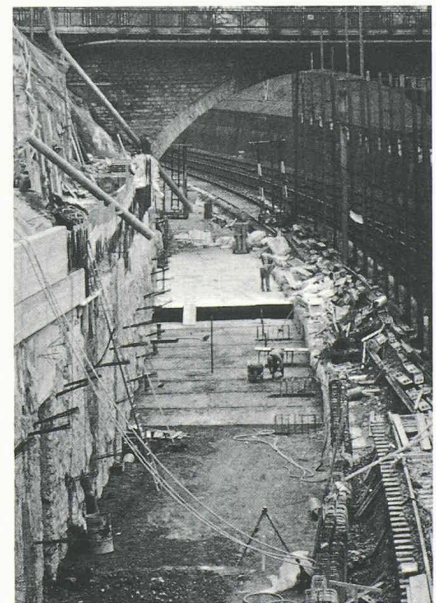


Fig. 21. - Le long de l'avenue des Tilleuls.

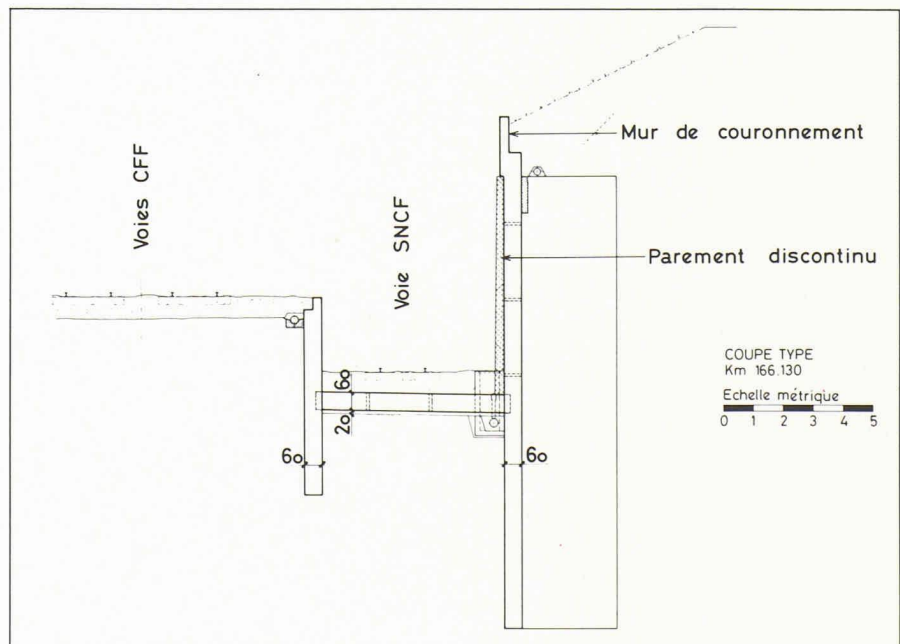


Fig. 20. - Coupe type le long de l'avenue des Tilleuls.

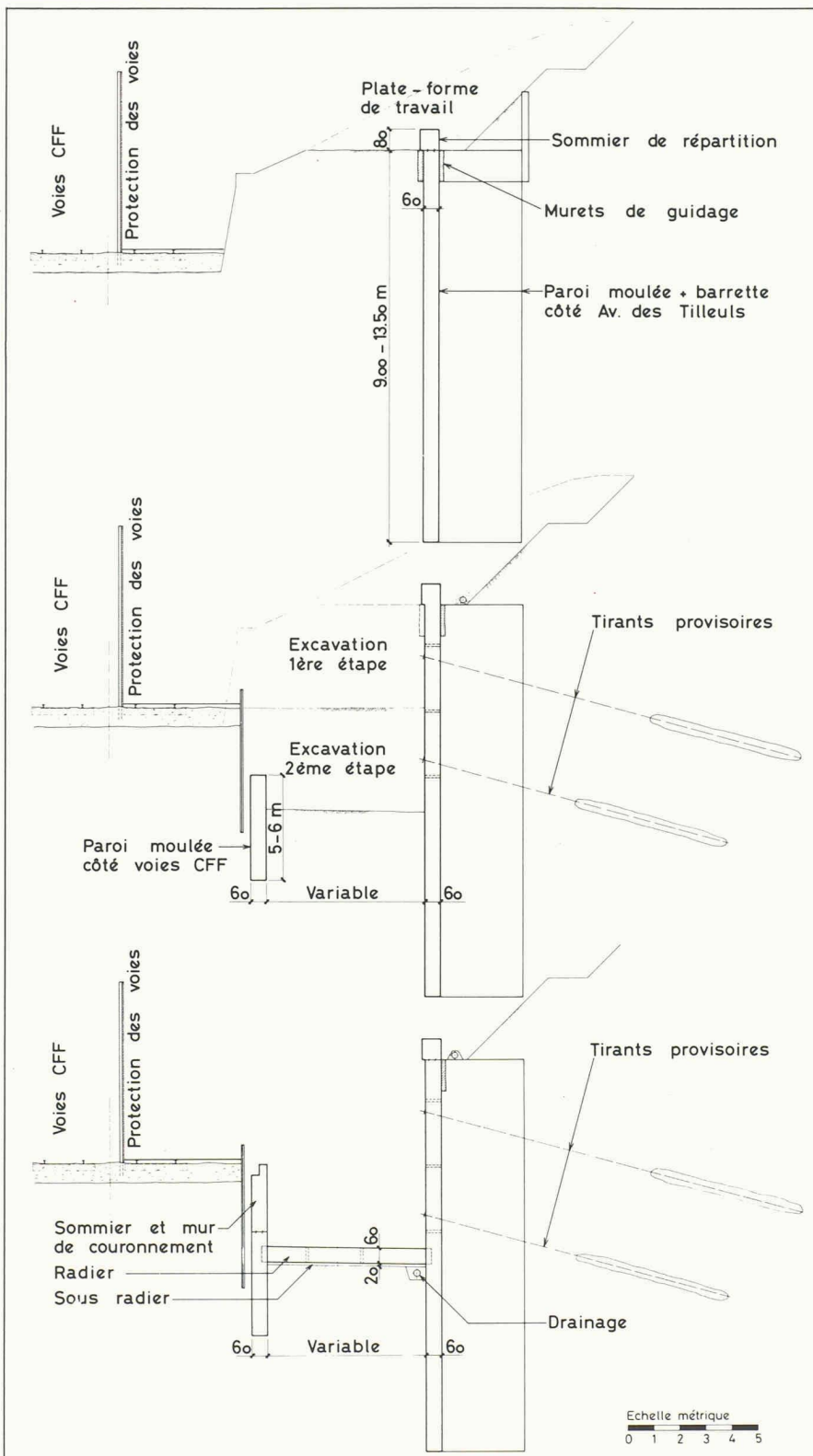


Fig. 22. — Evolution des travaux le long de l'avenue des Tilleuls.

Les contraintes du site étaient les suivantes :

- voies CFF existantes ;
- mur de soutènement existant ;
- avenue des Tilleuls en contre-haut ;
- culée du pont voûte Miléant au km 166,260 environ.

La section caractéristique comporte les éléments suivants :

le mur de soutènement côté avenue des Tilleuls,
le mur côté voies CFF existantes,
le radier reliant ces deux murs.

Mur de soutènement côté avenue des Tilleuls

La dénivellation d'environ 14 m entre le niveau inférieur du radier et le niveau de la route mobilise d'importantes poussées de terre.

Ces poussées ont été reprises par un mur de soutènement formé de barrettes moulées à section T, alternées avec des panneaux de paroi moulée. Tous les éléments ont une épaisseur de 60 cm. Le mur est buté élastiquement par le radier, d'une part, et encastré par sa fiche dans le sol, d'autre part.

Le couronnement du mur comporte un sommier reliant les barrettes et les panneaux de paroi moulée.

Mur de soutènement côté voies CFF

Ce mur est constitué par une paroi moulée de 60 cm d'épaisseur.

La progression de la dénivellation a entraîné la construction d'un mur de hauteur variable.

Lorsque le mur, dans sa partie située au-dessus du radier, était trop court, des barrettes ont permis la transmission correcte de la force de butée du radier vers le sol.

Radier

Le radier en béton armé de 60 cm d'épaisseur a pour fonctions principales la transmission de l'effort de butée entre les murs de soutènement et la protection du terrain sollicité par la fiche des barrettes. L'exécution a comporté les phases suivantes :

- la construction d'une rampe d'accès et de la plate-forme de travail ; la reprise en sous-œuvre de la culée du pont Miléant ;
- l'exécution des barrettes et parois moulées côté avenue des Tilleuls ;
- l'excavation d'une première étape ;
- l'exécution des tirants provisoires des barrettes ;
- l'exécution de la paroi moulée côté voies CFF ;
- la deuxième étape de terrassement ;
- l'exécution du radier ;

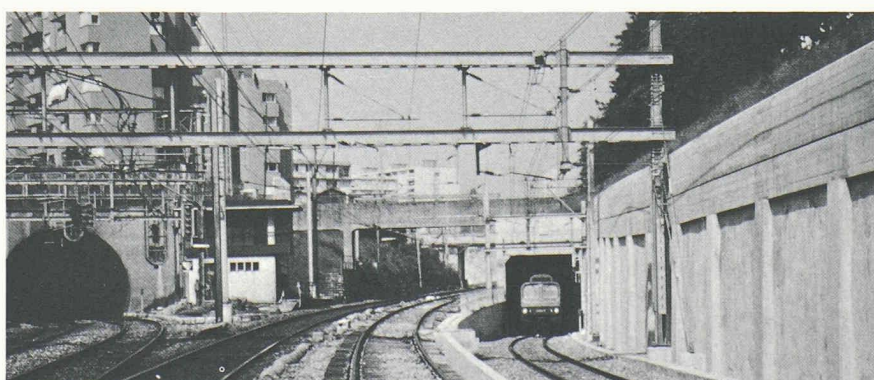


Fig. 23. — Ci-contre : vue en direction de la France. A gauche : entrée du tunnel conduisant vers la Praille ; au centre : la double voie du raccordement de l'aéroport ; à droite : entrée de la voie SNCF dans le tunnel du saut-de-mouton.

- l'exécution des sommiers en couronnement des murs ;
- la détente et l'évacuation des tirants d'ancrage provisoires.

Quantités principales

Excavations	m ³	8000
Parois moulées	m ²	2900
Tirants d'ancrage	p	95
Béton	m ³	820
Aciers d'armatures	t	255

4^e voie

Entre les km 166,650 et 166,260, c'est-à-dire entre les passages souterrains des Délices et de Miléant, la voie SNCF longe l'avenue des Tilleuls. Pour la création de cette voie, il a fallu engraver le talus existant et démolir le mur de soutènement en place.

La plate-forme de la voie se situe entre 8,0 et 10,0 m en contrebas de l'avenue. Cette différence de niveau a nécessité la construction d'un nouveau mur de soutènement implanté à une distance moyenne de 8,0 m par rapport au bord de l'avenue.

L'ouvrage a été conçu en fonction des contraintes suivantes :

- interdiction d'utiliser des ancrages permanents compte tenu des courants vagabonds générés par la ligne SNCF alimentée par du courant continu de 1500 V ;
- maintien du trafic ferroviaire sur les trois voies existantes ;
- reprise des charges d'une dalle de couverture éventuelle de la tranchée des voies.

Le système de soutènement adopté consiste en une série de panneaux de paroi moulée verticaux de 80 cm d'épaisseur, de 2,80 m de largeur et fichés dans le sol. Le corps des panneaux a une hauteur libre de 4,00 m et une profondeur de fiche de 5,00 à 5,50 m.

Les éléments sont disposés soit parallèlement à l'axe des voies, soit perpendiculairement à celles-ci, cela en fonction de l'importance des poussées à reprendre et de la qualité du sol de fondation.

L'espace entre les panneaux est de 70 et 160 cm. Il est pourvu d'un système de drainage comportant des drains verticaux enrobés de béton caverneux.

Le couronnement des panneaux de paroi moulée est relié par un sommier de répartition dans lequel sont disposés des manchons, permettant la reprise des armatures verticales lors d'une surélévation éventuelle de la paroi.

Des contreforts ont été mis en place tous les 3,50 m avec une pente de 1:10, pour des raisons d'optique et pour diminuer l'impact du bruit des trains.

Cinq panneaux ont été munis de tubes inclinométriques afin de suivre les mouvements de la paroi.

Les travaux ont été exécutés selon les étapes suivantes :

Maître de l'ouvrage :

Chemins de fers fédéraux suisses
Direction d'arrondissement I
Division des travaux
Lausanne

Mandataires :

Division des travaux CFF I, section de construction :

Etudes et travaux géométriques

Mouchet, Dubois + Tremblet, bureaux d'ingénieurs :

Mur de soutènement entre le passage supérieur de Miléant et la jonction dans le tunnel de Châtelaine

F. Herrera, ingénieur civil EPFZ-SIA :

Mur de soutènement entre le passage supérieur des Délices et le passage supérieur de Miléant

Géotechnique appliquée SA, P. & C. Deriaz, ingénieurs-conseils :

Etude géotechnique et contrôle périodique du chantier pour le saut-de-mouton

L. Tappolet, ingénieur EPFZ :

Etude géotechnique et contrôle périodique du chantier pour le mur de soutènement entre le passage supérieur des Délices et le passage supérieur Miléant

Sous-traitants :

Geos, Ingénieurs-Conseils SA :

F + P de 3 tubes inclinométriques à l'intérieur des parois moulées.

Calcul aux éléments finis pour la déformation prévisible de la paroi moulée entre le passage supérieur des Délices et le passage supérieur Miléant

Geotest SA :

Travaux de carottage sur deux panneaux de paroi moulée pour le lot B, secteur 4

Entreprises :

J.-M. Raviglione SA :

Lot A, secteurs 1 et 2, travaux de terrasse-

ment et béton armé, exécution de la galerie de raccordement au tunnel de Châtelaine
Association H. R. Schmalz SA, Lausanne, Walo-Bertschinger SA, Genève, Schafir & Mugglin SA, Zurich, Frutiger Söhne SA, Thun :

Lot B, secteur 4, construction de la galerie souterraine le long du chemin Furet entre le passage supérieur de l'avenue d'Aire et le passage supérieur du chemin des Sports

Induni & C^{ie} SA :

Lot C, secteur 5, reprise en sous-œuvre culée passage supérieur de l'avenue d'Aire et galerie sous l'avenue d'Aire

Lot D, secteurs 6.2 et 6.3, construction du saut-de-mouton

Rampini & C^{ie} :

Lot D, secteur 6.1, travaux de terrassement et paroi ancrée pour la déviation provisoire de la voie CFF permettant la construction du saut-de-mouton proprement dit

E. Rey & C^{ie} SA :

Lot E, secteur 7.1, sous-œuvre du passage supérieur de l'avenue Gallatin et travaux annexes

Cochet & C^{ie} SA, Forasol SA, Losinger SA :
Lot E, secteur 7.2, exécution de la galerie entre l'aqueduc de Saint-Jean et le passage supérieur de l'avenue Gallatin

Zschokke + SIF-Groutbor :

Lot F, secteur 8, construction de l'auge entre le passage supérieur de Miléant et l'aqueduc de Saint-Jean

Lot F, secteur 9, sous-œuvre du passage supérieur de Miléant

Cochet & C^{ie} SA, SIF-Groutbor SA :

Mur de soutènement (parois moulées) entre le passage supérieur des Délices et le passage supérieur de Miléant

Nibbio SA :

Fouilles pour le détournement des conduites des services publics, entre le passage supérieur Gallatin et le passage supérieur du chemin des Sports

- construction d'une plate-forme de travail en haut du talus ;
- exécution des panneaux de paroi moulée ;
- excavation de la partie en aval du talus et démolition du mur de soutènement existant ;

- création de la plate-forme de la 4^e voie.

Quantités principales :

Excavation	m ³	7000
Parois moulées	m ²	3150
Aciers d'armatures	kg	260000

Adresses des auteurs :

Rodolphe Nieth, ing. dipl. EPFL,
chef de la section de construction des CFF, 1201 Genève

Pierre L. Mouchet, Robert Boissonnard, Mouchet, Dubois & C^{ie}, Bureau d'ingénieurs SA,
ch. de la Vendée 27, 1213 Petit-Lancy 2

Bernard Deléglise, Johnny Rojas, Tremblet & C^{ie} SA, Bureau d'ingénieurs,
rue Montbrillant 27, 1201 Genève

Fernando Herrera, ing. EPFZ-SIA, rue Pedro-Meylan 1, 1208 Genève

Pierre Tremblet, Tremblet & C^{ie} SA, rue Montbrillant 27, 1201 Genève