

# Les ouvrages du Métro Ouest (IV): autres constructions le long de la ligne

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **116 (1990)**

Heft 14

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77272>

## **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.

### Exécution de l'ouvrage

L'autoroute étant à trois voies dans chaque sens à l'emplacement de l'ouvrage, l'utilisation momentanée d'une voie pour le forage des pieux, l'exécution des piles et fondations, ainsi que pour le montage des étais n'a pas posé de grands problèmes.

Restant en place jusqu'à la réalisation de la précontrainte de continuité, les étais de diverses travées devaient impérativement se situer hors du gabarit autoroutier, ce qui a nécessité quelques adaptations dues au fort biais.

La pose des poutres préfabriquées et des prédalles s'est faite en deux nuits avec fermeture alternée des pistes autoroutières.

La dalle de solidarisation de l'auge a été exécutée par pompage du béton. Bureau d'études: Piguët + Associés ingénieurs-conseils SA, Lausanne.



Fig. 11. – Pont du Tir-Fédéral: vue aérienne.

(Photo Germond, Lausanne.)

## Les ouvrages du Métro Ouest (IV)

### Autres constructions le long de la ligne

#### Couverture de la station de Lausanne-Flon

La station de Lausanne-Flon est située en tête de la ligne du Métro Ouest entre le bâtiment de la gare du métro Lausanne-Ouchy et Lausanne-Gare et l'entrée du tunnel du Flon.

L'ouvrage décrit ici s'élève au-dessus des quais de la station produite dans la fouille réalisée dans le cadre du tronçon Flon-Chauderon décrit dans un autre article de ce numéro.

Les terrains réservés à l'implantation de cette station appartenaient d'une part à la société Lausanne-Ouchy Immeubles SA (ancien atelier) et d'autre part à la Commune de Lausanne (colline de Montbenon).

#### Contraintes d'exécution

Pour préserver l'avenir, la société Lausanne-Ouchy Immeubles SA a proposé de concevoir toutes les infrastructures de la station de manière à autoriser l'exécution ultérieure d'un bâtiment de plusieurs niveaux au-dessus de la station.

Pour sa part, la Commune de Lausanne a exigé la reconstitution aussi fidèle que possible du talus de la colline de Montbenon au-dessus de la dalle-ciel de la station.

#### Géotechnique

La nature des terrains au droit de la station se présentait comme suit:

- une couche de remblai sablo-limoneux, peu compact, de 0 à 7 m d'épaisseur sous le niveau des quais
- une couche de limon et sable peu graveleux de 5 à 10 m d'épaisseur
- une couche de moraine sablo-graveleuse, assez compacte, d'épaisseur variable
- le toit de la molasse plus ou moins marneuse de niveau très variable.

La trame très espacée des éléments verticaux de la structure porteuse engendrait des charges sur les fondations de l'ordre de 500 jusqu'à près de 1000 t.

Au vu de la qualité du terrain immédiatement sous-jacent, un principe de fondation profonde par pieux forés a été adopté pour assurer un bon comportement de l'ouvrage à long terme. Les pieux forés, d'un fût de 15 à 20 m de long ont été encastrés dans le toit de la molasse, leur diamètre variant de 100 à 140 cm.

#### Description de l'ouvrage

La construction est d'une conception statique simple et fonctionnelle, parfaitement adaptée à son affectation.

#### Zone appartenant à la société Lausanne-Ouchy Immeubles SA

La structure porteuse de la couverture de la station est composée d'une dalle plate reposant sur des piliers préfabriqués centrifugés de 55 cm de diamètre,

disposés selon une trame variable jusqu'à 10,00 x 10,25 m, en fonction d'une part de la position des quais du métro et d'autre part de l'utilisation ultérieure du volume situé au-dessus de la station. La stabilité de l'ouvrage est assurée par des murs en béton armé de 40 cm d'épaisseur.

La dalle-ciel de la station a été dimensionnée pour permettre la construction future d'un bâtiment de plusieurs niveaux, sans nécessiter la pose d'étaillage dans la station, ce qui perturberait le trafic ferroviaire et piétonnier.

#### Zone appartenant à la Commune de Lausanne

La structure porteuse de la couverture de la station dans cette zone est composée d'une dalle en escalier sur piliers préfabriqués de 55 cm de diamètre selon une trame variable jusqu'à 9,00 x 9,40 m (fig. 1).

La création d'une dalle en escalier avec trois marches de 1,55 m de hauteur était nécessaire pour limiter le poids des matériaux qui devaient recouvrir cet ouvrage pour reconstituer la colline de Montbenon. Malgré cet artifice, la hauteur du remblai sur la dalle varie de 1,2 à 6,2 m et est traité en remblai léger, c'est-à-dire avec une couche de terre végétale de 1,2 m d'épaisseur mise en place sur un lit de 0 à 5 m de granulats légers type Leca.

La stabilité de cette partie d'ouvrage est également assurée par des murs en béton armé de 40 cm d'épaisseur.

La couverture de la station de Lausanne-Flon est une construction simple, fonctionnelle et économique qui répond pleinement aux contraintes imposées par le maître de l'ouvrage. Bureau d'études: Monod ingénieurs-conseils SA, Epalinges.

**Le pont de l'EPSIC**

Le pont de l'EPSIC est situé à l'ouest du pont Chauderon et se distingue par un environnement construit particulièrement dense sur sa première moitié. Cela a fortement influencé à la fois sa conception et son mode d'exécution (fig. 2 à 8).

**Site**

Le pont couvre la partie du tracé de la ligne du Métro Ouest située entre le km 0,600 et le km 0,800. Sur les 100 premiers mètres, il se faufile entre les bâtiments de l'EPSIC (Ecole professionnelle de la Société industrielle et commerciale) au nord et celui de l'imprimerie Héliographia (anciennement Imprimeries Populaires) contenant la chaufferie et les services techniques au sud. Il passe partiellement par-dessus un escalier et une ruelle étroite. Il frôle le bâtiment de l'imprimerie, laissant 30 cm d'espace libre seulement.

Sur les 100 derniers mètres il traverse, à flanc de coteau, un petit bois accroché au flanc sud de la vallée du Flon qui présente une déclivité latérale importante.

Le tracé en plan, en forme de S, se développe sur un rayon de 300 m suivi de deux clothoïdes (constante  $A = 117$ ). La plus grande hauteur de l'ouvrage par rapport au terrain naturel atteint 15 m dans la traversée du petit bois. La pente longitudinale est de 4,76% avec un raccordement en début d'ouvrage sur une pente de 0,8%.

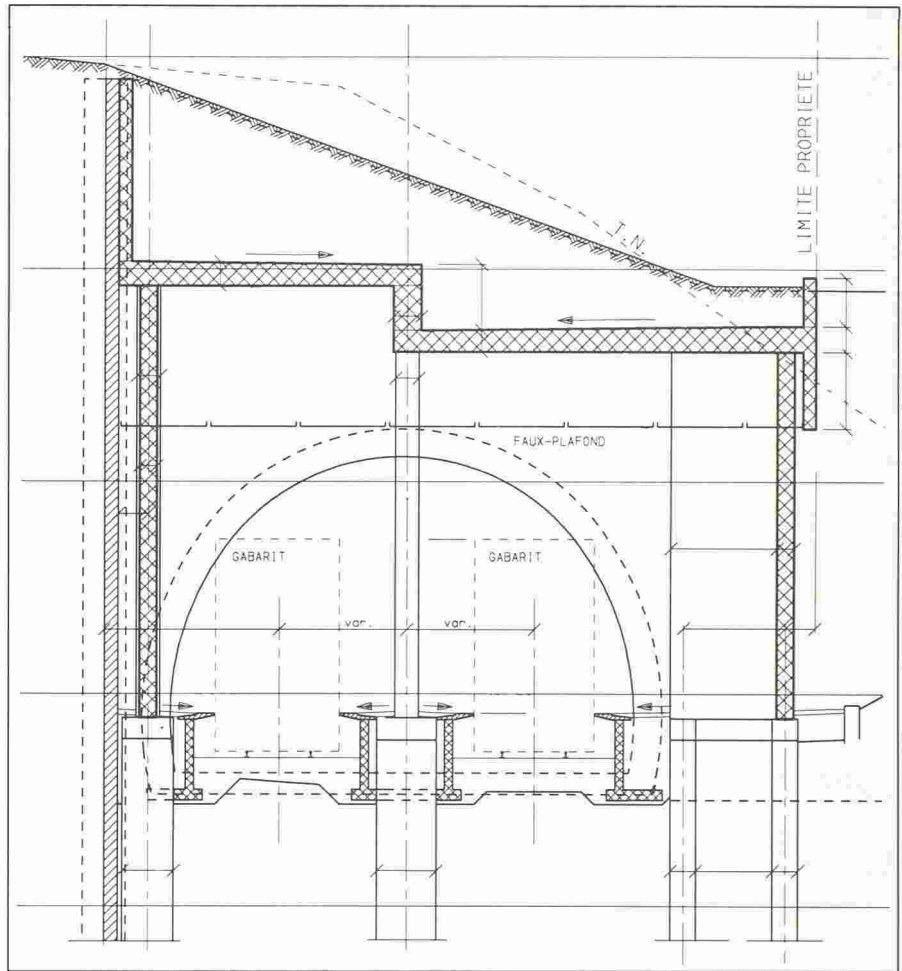


Fig. 1. - Station de Lausanne-Flon: coupe de la dalle de couverture en escalier.

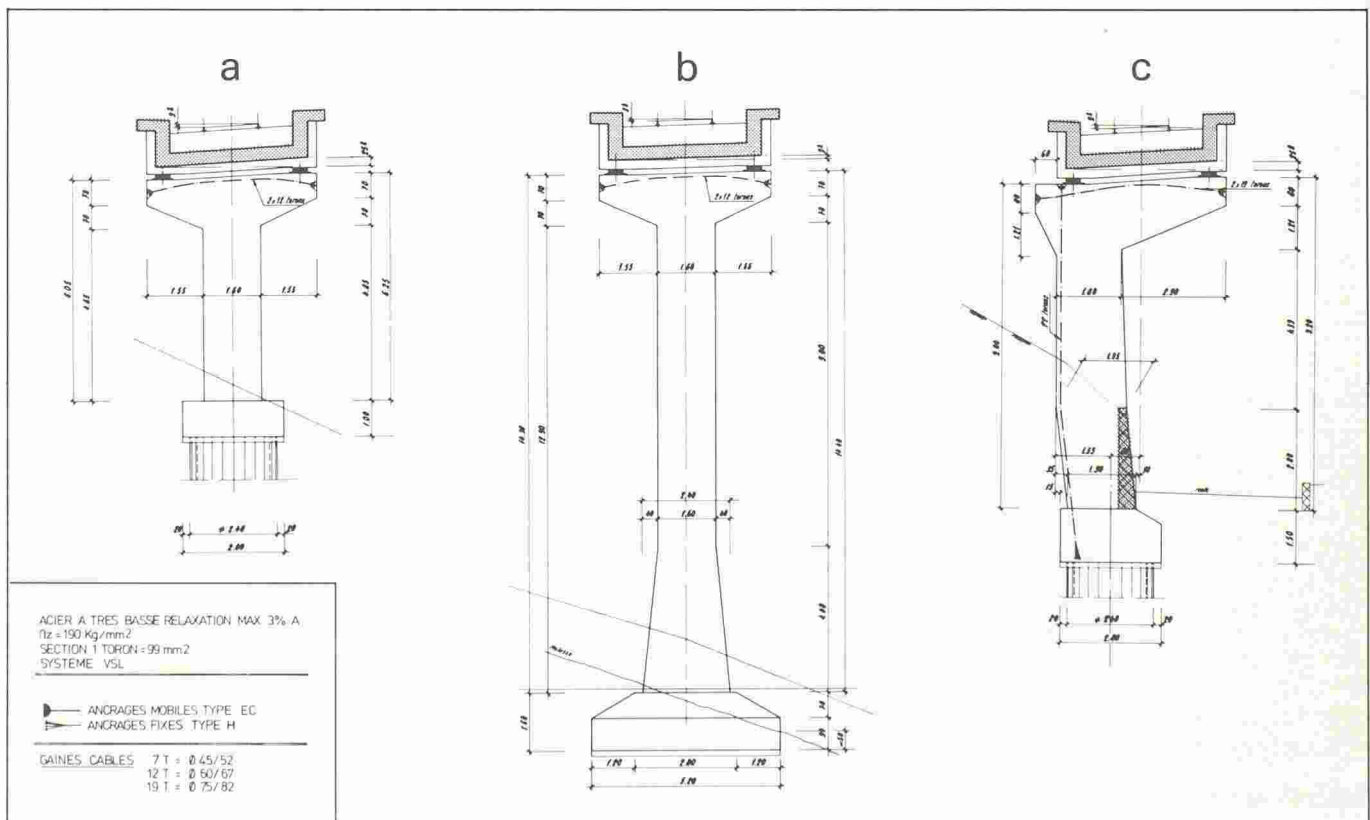


Fig. 2. - Pont de l'EPSIC; a: pile courante fondée sur puits; b: pile N° 5 fondée sur semelle; c: pile N° 2 à forte asymétrie.

### Fondations

Les terrains reconnus par les sondages montraient, sur la majeure partie du tracé, la présence de remblais d'épaisseur variable atteignant un maximum de 14 m. A une profondeur légèrement supérieure, une molasse de bonne qualité est en général repérée, mais elle est surmontée d'une molasse remaniée et souvent de moraine latérale.

Lors de l'exécution, toutes les prévisions ont été confirmées, à l'exception de la seule fondation superficielle de la pile N° 5, où l'on aurait dû trouver la molasse à moins de 2 m de la surface du terrain naturel, qu'il a fallu chercher jusqu'à 5 m de profondeur.

Toutes les autres fondations ont été exécutées par la méthode du puits unique, chemisé à l'avancement, pour un diamètre extérieur de 2,20 m et un chemisage de 20 cm. L'espace de travail de 1,80 m s'est révélé suffisant. Le puits de la pile N° 2 a justifié un diamètre plus élevé du fait de son excentricité par rapport aux charges qui lui étaient appliquées.

### Piles

L'implantation retenue a permis de limiter les piles spéciales à la seule pile N° 2. A part cette dernière, les piles sont en forme de T à précontrainte supérieure transversale dans la traverse. Elles supportent le tablier par l'intermédiaire d'appareils d'appui mécaniques de type pot.

La pile N° 2 est fortement excentrée par rapport à l'axe du tablier et a ainsi la forme du chiffre 7. Elle a nécessité l'emploi de câbles de précontrainte verticale et une plus grande épaisseur que les piles courantes.

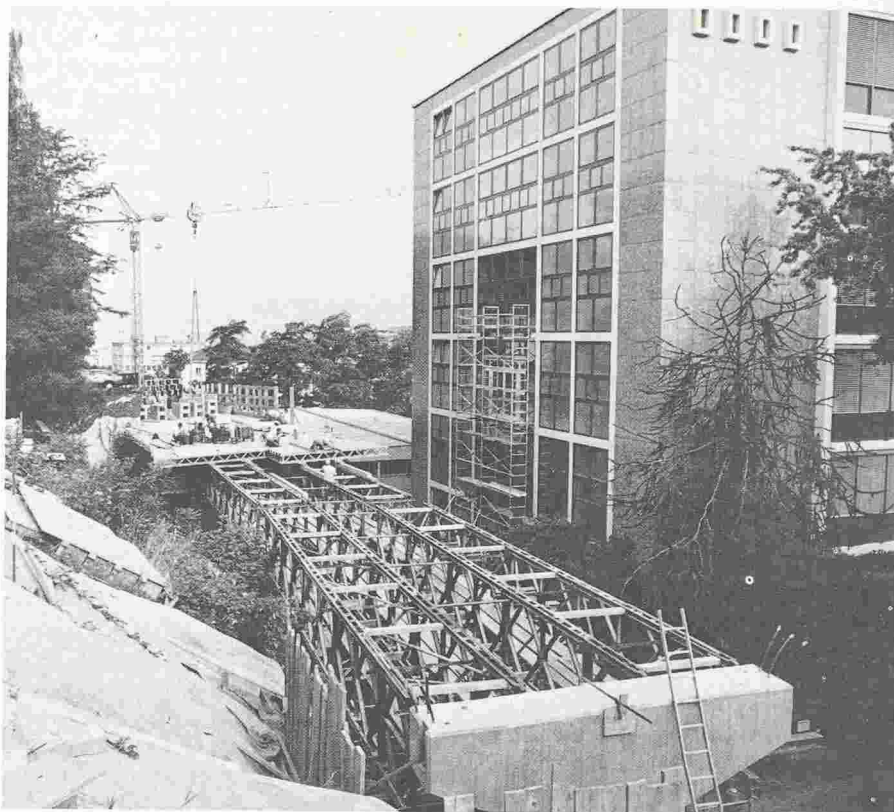


Fig. 3. - Pont de l'EPSIC: échafaudages du tablier.

Toutes les piles ont une section rectangulaire, donc une forme extrêmement sobre.

### Tablier

Sa longueur totale de 194 m est répartie en cinq travées courantes de 31,60 m de portée et deux travées de rives de 18,00 m.

La section transversale du tablier est en forme d'auge de 5,20 m de largeur hors tout et de 1,32 m de hauteur. Les

deux poutres latérales comportent une table de compression sur leur face supérieure d'une largeur de 90 cm chacune.

L'exécution du tablier a été réalisée sur cintre provisoire, permettant ainsi de suivre les courbures en plan et de respecter les importantes variations de dévers. Les petits espaces disponibles pour l'accès au chantier et la forte pente de la zone boisée excluaient l'utilisation de techniques préfabriquées.

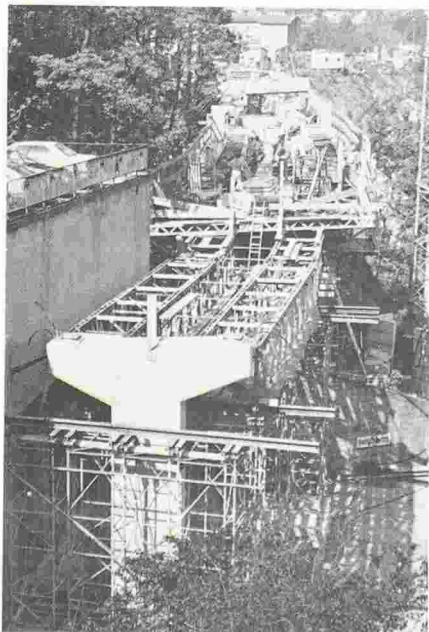


Fig. 4. - Pont de l'EPSIC: échafaudages du tablier.

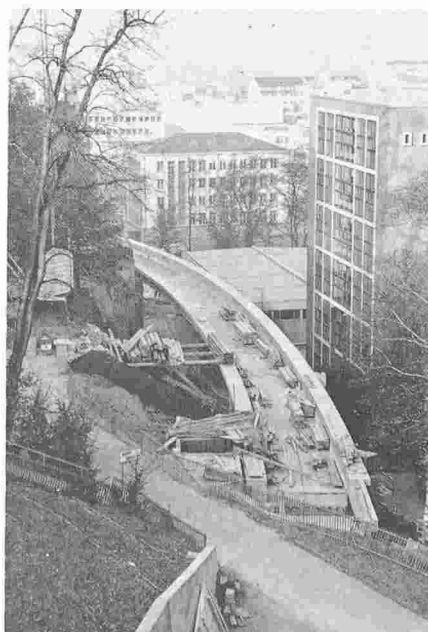


Fig. 5. - Pont de l'EPSIC: tablier terminé.



Fig. 6. - Pont de l'EPSIC: vue.

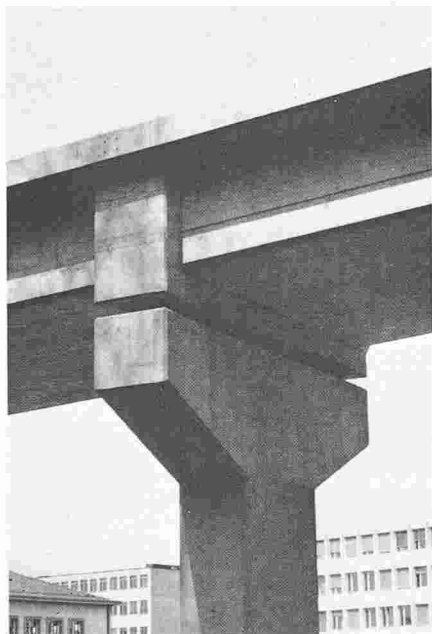


Fig. 7. - Pont de l'EPSIC: détail.

Le tablier a été bétonné en autant d'étapes qu'il comporte de travées, chaque étape comportant un porte-à-faux sur la travée suivante. Les opérations se sont déroulées d'ouest en est avec une réutilisation assez rationnelle des étayages et des coffrages.

La précontrainte, couplée à raison d'un câble sur les deux que comporte chaque poutre, est ainsi continue sur toute la longueur de l'ouvrage. Il s'y ajoute des câbles-chapeau supérieurs au droit des piles.

Bureau d'études: Realini + Bader et Associés ingénieurs-conseils SA, Epalinges.

### Estacade des Côtes-de-Tivoli

Cette estacade longue de 69 m est située à l'ouest du pont de l'EPSIC. Le tracé du métro longe à cet endroit la crête d'un important talus d'environ

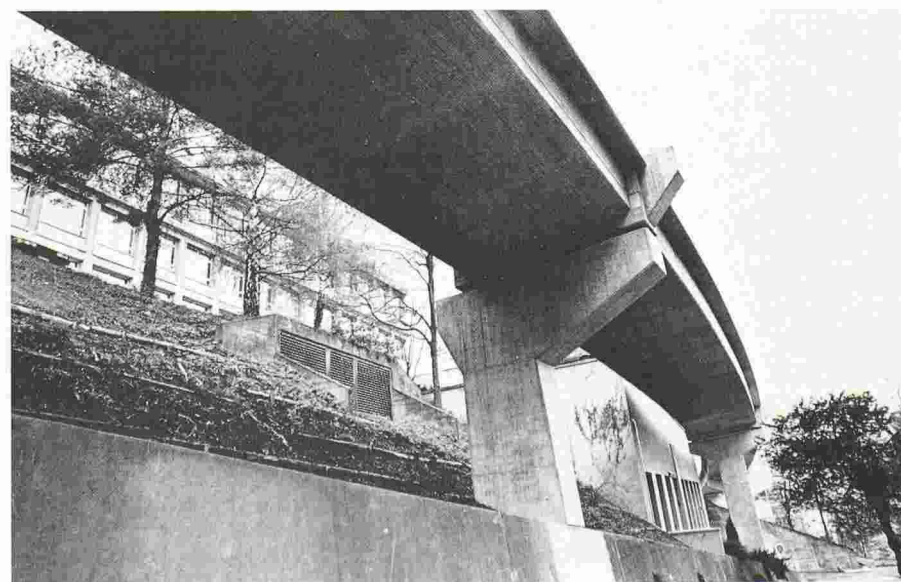


Fig. 8. - Pont de l'EPSIC: pile asymétrique.

12 m de haut. Ce talus a été réalisé dans les premières années du siècle lors du voûtage du Flon (rappelons qu'il s'agit d'un ruisseau traversant jadis la ville à ciel ouvert) par l'apport de matériaux de qualité très variable. La solution d'estacade a été retenue à la vue de la haute compressibilité de ces sols et pour éviter une surcharge de ces remblais (fig. 9 et 10).

### Fondations

Afin de satisfaire à cette situation et vu les très délicates conditions d'accès, des fondations profondes ont été réalisées par des jettings contigus et armés, portant les charges verticales et les frottements négatifs sur la molasse, atteinte à une profondeur de 15 m. Les forces horizontales sont reprises par des micropieux inclinés, fichés dans la molasse.

Cette solution a été retenue parce qu'elle ne nécessitait l'emploi que de petits engins. Elle permettait aussi de réaliser ces travaux dans un terrain traversé par des tirants permanents ou temporaires, déjà en place pour les besoins de chantiers situés en contrebas.

### Tablier

Le tablier est formé de dix travées dont la portée est de 7,50 m pour les travées courantes et légèrement inférieure à cette cote pour les autres. Ces portées ont été choisies pour éviter les tirants mentionnés ci-dessus ainsi que les autres équipements techniques traversant le sol du tracé.

La faible hauteur de l'espace situé sous l'ouvrage a déterminé le choix d'une technique d'exécution du tablier par éléments préfabriqués, reliés par du sur-béton. De plus, les conditions de pose par la proximité immédiate de la route des Côtes-de-Tivoli rendaient cette méthode économiquement intéressante.

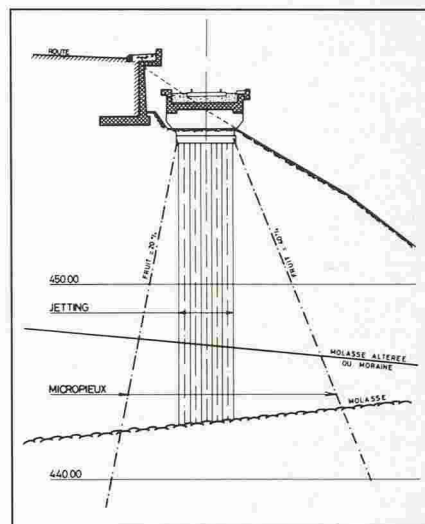


Fig. 9. - Estacade des Côtes-de-Tivoli: profil type.

Les poutres préfabriquées, d'une longueur de 7 m et d'une hauteur de 80 cm, comportent un corbeau inférieur servant d'appui aux prédalles d'une longueur d'environ 2,10 m et de 10 cm d'épaisseur. Un sur-béton de dalle de 25 cm et un sur-béton de sommier ont permis de réaliser la liaison entre les éléments préfabriqués d'une part, entre l'ensemble des travées d'autre part, rendant ainsi l'ouvrage monolithique. Les conditions d'exécution en usine ont permis de précontraindre les éléments préfabriqués par des fils adhérents. Cette précontrainte améliore la durabilité de l'ouvrage, tout en étant plus économique que l'armature passive.

Bureau d'études: Realini + Bader et Associés ingénieurs-conseils SA, Epalinges.

### Station en pont de Montelly

La station de Montelly est située à la suite du viaduc de Sévelin, elle est à double voie, en courbe et en pente. Le niveau de la voie atteint ici jusqu'à 4 m au-dessus du sol, ce qui a nécessité la construction d'un pont. L'ouvrage est long de 81 m et comprend cinq travées inégalement réparties. Les voyageurs accèdent aux quais par des rampes (fig. 11 et 12).

### Fondations

Le sol est constitué de l'ancienne décharge du Flon, donc inutilisable à cause des tassements importants à redouter. Le pont - piles et culées - est fondé, par conséquent, sur des pieux forés de 80 cm de diamètre et longs de 20 à 22 m.

De surcroît, l'exécution de l'ouvrage était délicate en raison de sa situation: il se trouve en effet à cheval au-dessus des voûtes du Flon datant du début du siècle et à 16-18 m de profondeur à cet endroit.



Fig. 10. - Estacade des Côtes-de-Tivoli: vue depuis le bas du talus.

### Superstructure

Côté Lausanne-Flon, une culée commune est partagée avec le viaduc de Sévelin. En dehors des culées, le tablier repose, à chaque travée, sur deux piles latérales de 80 cm de dia-

mètre. Il est en forme d'auge, mesure 12 m en largeur et comprend les deux voies et les quais.

Le tablier, en béton armé précontraint longitudinalement, est réalisé en deux étapes avec précontrainte intermè-

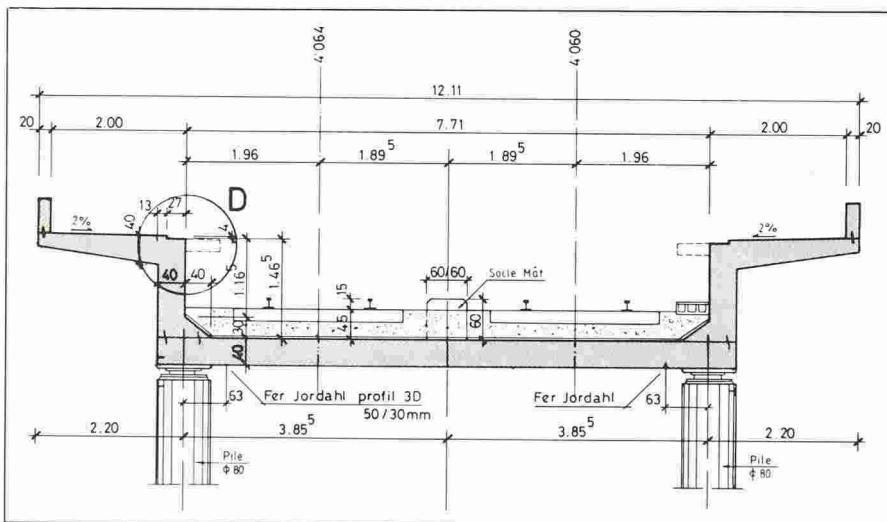


Fig. 11. - Station en pont de Montelly: coupe en travers.



Fig. 12. - Le viaduc de Sévelin (au premier plan) et la station en pont de Montelly reposent sur une culée commune.

diaire. Les rampes d'accès sont en béton armé précontraint par monotrons. L'espace situé sous le pont a pu être utilisé comme dépôt pour le Service des parcs et promenades de la Ville.

Bureau d'études: B. Janin + T. Girard ingénieurs civils, Lausanne.

### Trémie du chemin de la Prairie

Entre les stations de Provence, au niveau du sol, et celle de Malley, souterraine, le niveau de la voie est graduellement abaissé et celle-ci se trouve en contrebas de l'avenue de Provence qu'elle longe. Pour assurer la stabilité des sols situés latéralement, la construction d'une trémie longue de 105 m était nécessaire (fig. 13).

L'ouvrage se situe donc le long de l'avenue de Provence entre le carrefour du chemin de Malley et le pont de Bourgogne. En coupe, il a la forme d'une auge asymétrique de hauteur variable. Du côté de l'avenue de Provence, l'ouvrage atteint une hauteur maximale de soutènement de 4,5 m. Afin de maintenir en service l'avenue de Provence durant les travaux de construction, l'ouvrage a été entrepris à l'abri d'une paroi provisoire de palplanches ancrées. La mise en œuvre des ancrages a été délicate car leurs zones de scellement se situaient dans les remblais très hétérogènes de l'avenue de Provence qui atteignent jusqu'à 15 m d'épaisseur à cet endroit. L'ouvrage lui-même a été fondé directement sur ces remblais. A la fin des travaux, les palplanches ont été retirées. L'implantation de cette trémie a nécessité le déplacement d'un important caniveau technique.

Une paroi antivue et une paroi anti-bruit, fixées sur le couronnement des murs, protègent les habitations situées à proximité immédiate de l'ouvrage. Bureau d'études: JPC SA Jean-Paul Cruchon ingénieur civil, Lausanne.

### Station, tranchée couverte et trémie de Malley

L'ouvrage s'étend sur une longueur totale d'environ 500 m dont la moitié en tranchée couverte.

Les méthodes de réalisation du passage sous le carrefour de Malley ont été imposées par les conditions locales très contraignantes, comme l'emprise réduite du chantier, la qualité du terrain traversé, la présence de la nappe phréatique sur environ la moitié du parcours ainsi que la présence de constructions anciennes en bordure, voire sur le tracé (murs de soutènement, bâtiments).

Ce tronçon est en outre caractérisé par l'ampleur des travaux accessoires, en dehors des travaux spécifiques à la pose de la voie.

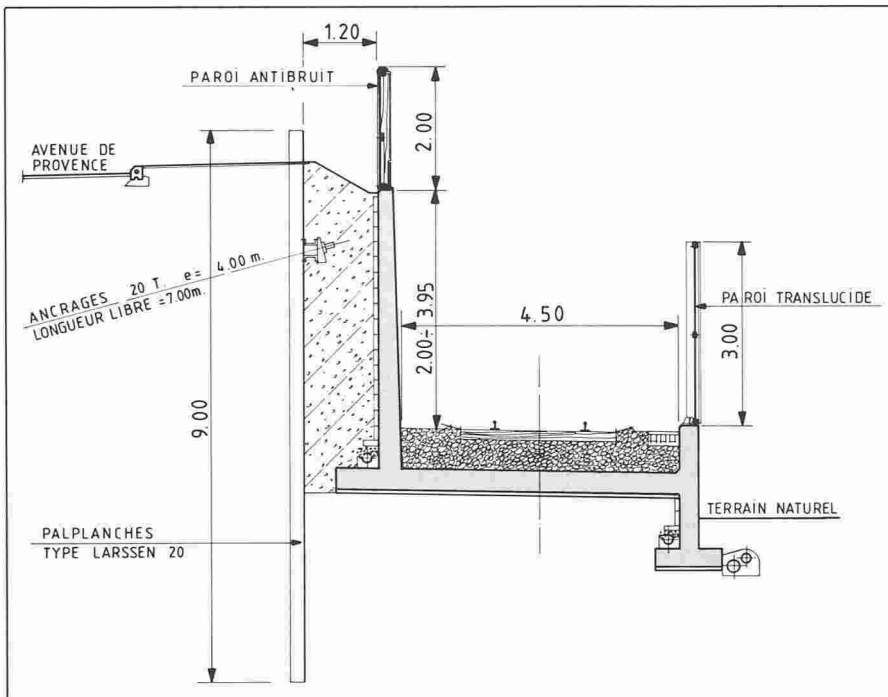


Fig. 13. - Trémie du chemin de la Prairie: coupe type. Les palplanches visibles à gauche sont provisoires et retirées à la fin des travaux.

En effet, à part les difficultés purement techniques inhérentes à l'ouvrage, les principaux problèmes à résoudre étaient :

- le maintien de la circulation, particulièrement dense à cet endroit
- d'assurer l'accès aux immeubles et aux commerces
- le maintien en exploitation des divers réseaux des services industriels.

La circulation a pu être maintenue grâce à l'exécution en deux étapes de la traversée du carrefour et en mettant en place pour chaque étape un minigiratoire. Cette solution s'est révélée très satisfaisante.

La construction de passerelles et pistes provisoires a permis l'accès ininterrompu aux bâtiments et commerces le long du tracé.

Le déplacement provisoire et la remise

en place des réseaux des services industriels ont fortement influencé le programme général des travaux. Pas loin de 10 kilomètres de tubes et conduites ont été déplacés et remis en place lors de l'ouverture des fouilles pour neuf services différents.

#### Méthodes d'exécution

La qualité du terrain (moraine compacte) ainsi que la proximité des constructions existantes ont d'emblée fait renoncer au battage de palplanches. Les méthodes de soutènement choisies ont été les suivantes :

- station de Malley (km 2,1 à km 2,2) : paroi berlinoise fichée et ancrée provisoirement le long de l'avenue de Provence
- tunnel en dehors de la nappe phréatique (km 2,2 à km 2,3) : deux parois berlinoises fichées (non ancrées)
- tunnel en présence de la nappe phréatique (km 2,3 à km 2,45) : deux parois moulées fichées (non ancrées)
- trémie aval en présence de la nappe phréatique (km 2,45 à km 2,6) : deux parois moulées fichées et ancrées en tête et murs de soutènement classiques
- paroi nord du tunnel, partiellement sous le mur existant (km 2,4) : pieux forés obliques de 100 cm de diamètre à 30 cm d'intervalle avec, comme fermeture entre les pieux, des colonnes injectées sous haute pression (jetting).

#### Station de Malley

La station couverte de Malley a été réalisée à l'abri d'une paroi berlinoise implantée en bordure de l'avenue de

Provence, entre le chemin de la Prairie et le carrefour de Malley. Les pieux forés, d'un diamètre de 80 à 110 cm, ancrés provisoirement en tête et écartés de 2,30 m, ont été réalisés à partir du terrain naturel, sur une profondeur allant jusqu'à 12 m. Le soutènement entre les pieux, constitué par des parois en béton armé, a été réalisé en plusieurs étapes, au fur et à mesure de l'approfondissement des terrassements.

Côté nord, la dalle de couverture et les quais reposent sur un mur de respectivement deux et trois étages de haut, formant séparation avec un futur bâtiment commercial, intégré partiellement dans la station. Le mur est fondé en partie sur des pieux forés traversant l'ancienne décharge de gadoues jusqu'à la moraine compacte (fig. 14 à 17).

#### Tunnel et trémie aval

Cette partie de l'ouvrage a été réalisée en tranchée couverte, la couverture sur la dalle du tunnel étant trop faible (30 à 150 cm) pour qu'on puisse envisager une exécution en tunnel.

L'excavation d'une fouille préliminaire d'une profondeur moyenne de 2 m a permis au préalable le déplacement ou la protection provisoire des différents services industriels (PTT, eau, gaz, collecteur, électricité, etc.). Le soutènement de la fouille en profondeur a été exécuté à partir de la fouille préliminaire dans la zone amont en parois berlinoises et, dans la zone aval en présence de la nappe phréatique, en parois moulées (fig. 18 à 20).

#### Étapes de réalisation de la partie à parois berlinoises

- forage des pieux, d'un diamètre de 90 cm, écartés de 2,50 m, à partir de la fouille préliminaire
- excavation entre les deux rangées de pieux sur environ 2 m de hauteur et simultanément bétonnage des parois de soutènement entre les pieux ainsi que du sommier de répartition sur la tête des pieux
- coffrage, ferrailage et bétonnage de la dalle de couverture
- solde des excavations en tunnel avec bétonnage entre les pieux
- exécution du radier et travaux de finition.

#### Phases d'exécution de la partie à parois moulées

- exécution des parois moulées par panneaux alternés de 3 à 6 m et de 60 à 80 cm d'épaisseur à partir de la fouille préliminaire
- recépage des parois et exécution d'une poutre de répartition en tête formant appui de la dalle de couverture
- ferrailage et bétonnage sur terre de la dalle de couverture

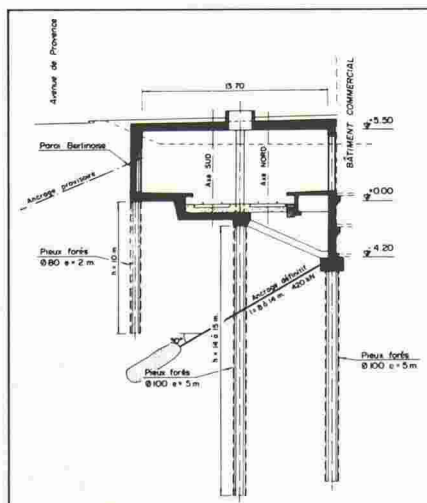


Fig. 14. - Station de Malley: coupe type.



Fig. 15. – Station de Malley.

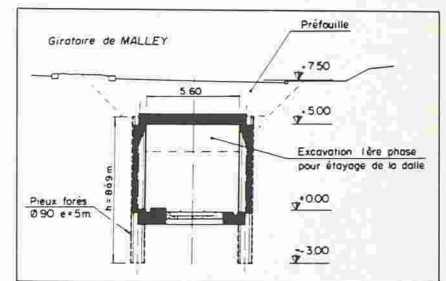


Fig. 18. – Tranchée couverte de Malley: coupe type de la partie à parois berlinoises.

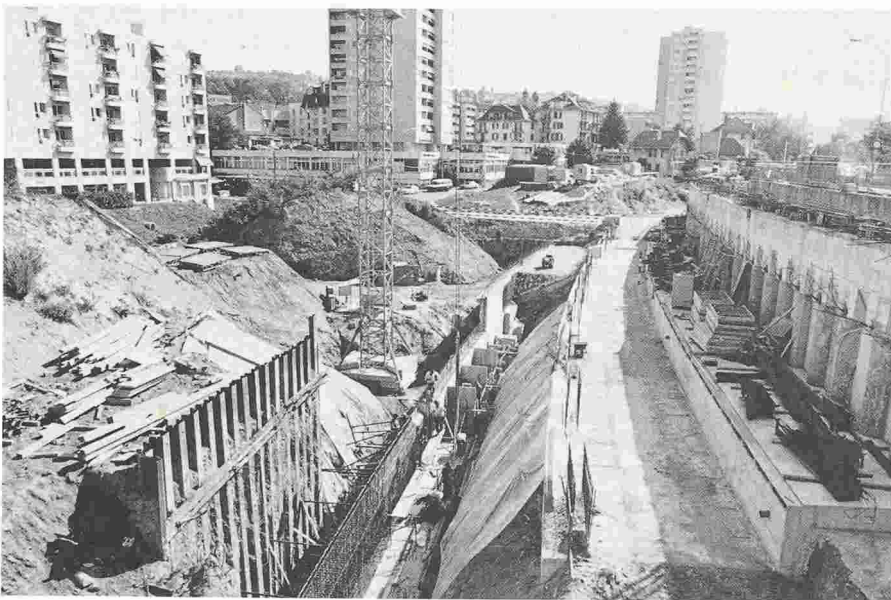


Fig. 16. – Station de Malley.

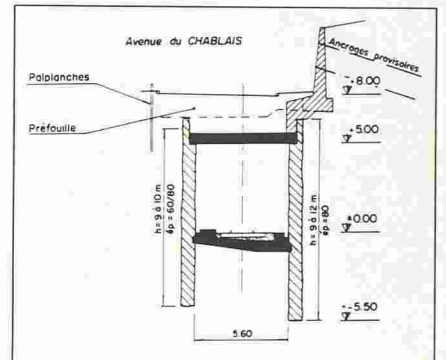


Fig. 19. – Tranchée couverte de Malley: coupe type de la partie à parois moulées.

- excavation de la totalité de la section en tunnel
- exécution du radier et finition.

Pour la trémie de sortie, la tête des parois moulées a été ancrée avant les terrassements à l'air libre entre les parois.

Les excavations en tunnel ont été effectuées à partir des deux extrémités, depuis l'ouest à l'aide d'une pelle rétro et depuis l'est à l'aide d'un trax. De fortes venues d'eau, au droit de la paroi nord, sur une longueur de 50 m environ, ont nécessité l'installation d'un dispositif d'abaissement de la nappe. Il a été réalisé à l'aide d'un réseau de Wellpoint depuis l'intérieur de la galerie.

En même temps que les travaux en tunnel, la remise en état en surface des réseaux des services industriels a pu être entreprise, pour ouvrir ensuite à nouveau l'ensemble du carrefour à la circulation sous la forme d'un grand giratoire.

Bureau d'études: Stucky ingénieurs-conseils SA, Lausanne.

### Mur du Chablais

Un mur de soutènement long de 166 m a été érigé à l'avenue du Chablais à Lausanne, afin de disposer de l'emprise nécessaire au tracé de la ligne nouvelle qui suit l'artère en parallèle. L'avenue du Chablais est bordée au sud par le cimetière du Bois-de-Vaux sis en contrebas de la chaussée. En

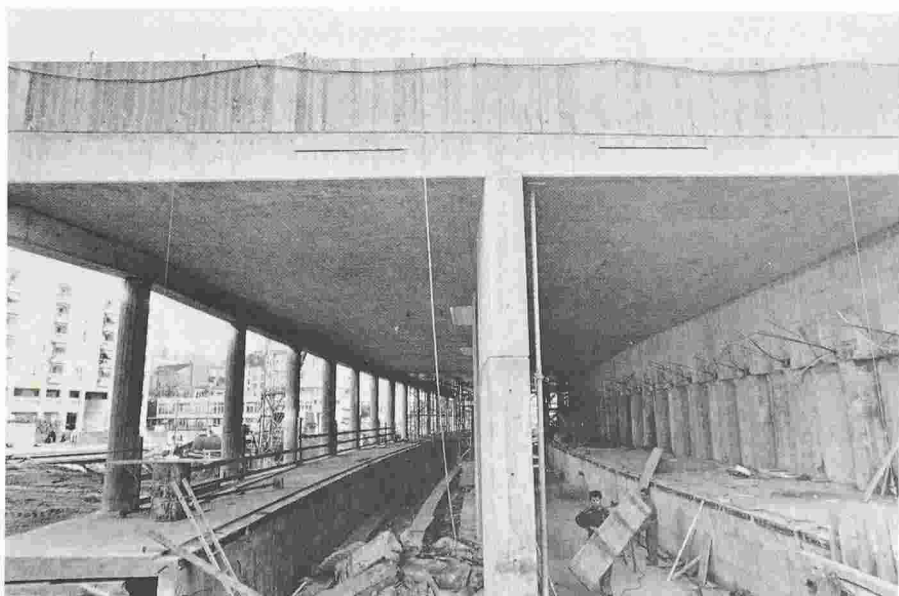


Fig. 17. – Station de Malley.



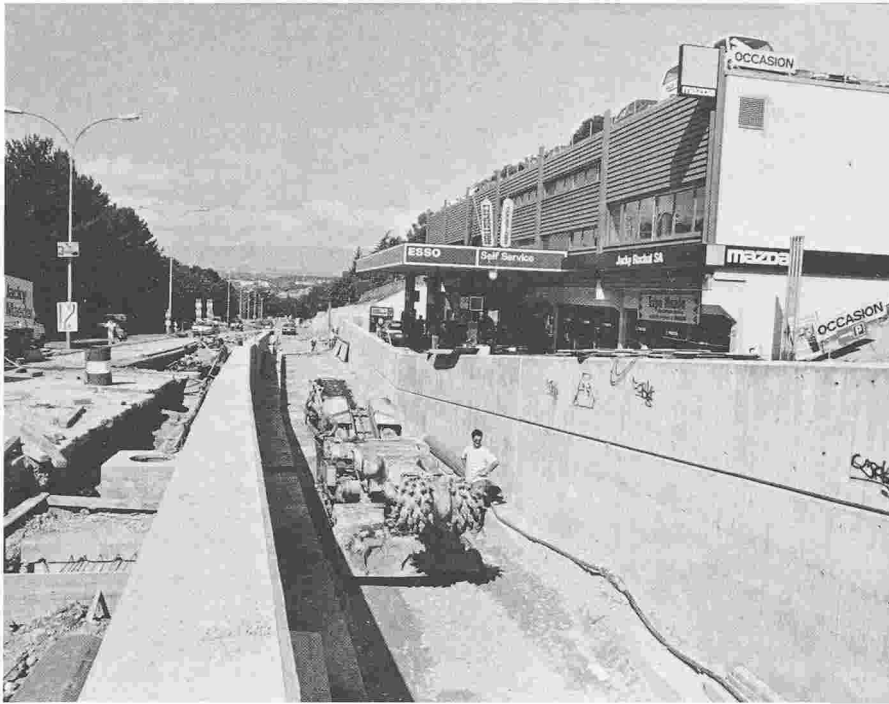


Fig. 20. - Trémie de Malley.

revanche, un important versant orienté au sud-ouest longe le bord septentrional de la route. La pente moyenne de ce versant varie essentiellement entre 20° et 25° sur une hauteur de quelques dizaines de mètres.

Le projet prévoyait de supprimer le pied du versant sur une largeur de 5 à 6 m, afin d'y établir la plate-forme ferroviaire.

#### Conditions géotechniques

L'étude géotechnique de février 1988 a permis de déceler, sous des sols de couverture de faible puissance, la présence d'horizons essentiellement sableux et graveleux, de capacité faible à moyenne, perméables.

De plus, le versant est le siège d'une nappe phréatique, localement artésienne, dont le gradient suit la pente du terrain.

#### Conception globale

Compte tenu de la stratigraphie en place, des conditions hydrologiques défavorables, du caractère urbain du site et de critères économiques, la solution retenue consistait à construire ce mur de soutènement à l'abri d'un écran provisoire fiché et étayé, préalablement foncé à toute excavation. Dans le cas présent, la méthode la plus appropriée consistait à réaliser cet écran sous la forme d'un rideau de palplanches ancré (fig. 21).

#### Rideau ancré

L'étude de cet écran de 166 m de longueur devait prendre en compte de nombreuses contraintes:

- versant pentu et haut à l'amont de l'ouvrage

- bâtiments implantés dans ce versant, dont un placé à 10 m seulement derrière le rideau de palplanches
- présence de la nappe phréatique dont le niveau ne devait pas être modifié, afin d'éviter le tassement des immeubles voisins - vérification de la stabilité hydraulique du fond de fouille (renard)
- exécution économique et rapide
- garantie de la stabilité générale du versant.

L'étude approfondie de ce rideau a permis d'assurer, en plus d'une sécurité à la rupture suffisante, des déformations réduites à un strict minimum à l'extérieur de la fouille, à toutes les étapes de sa réalisation (moins de 1 cm théorique). De plus, le percement d'une série de trous au travers des pal-

planches, au niveau de l'aquifère, a évité l'effet de barrage du rideau et a stabilisé la nappe phréatique.

Le rideau de palplanches était équipé d'un niveau unique d'ancrages reliés entre eux par une longrine. Les tirants disposés à intervalles de 4 m avaient une force d'utilisation théorique  $VG = 430$  kN chacun.

#### Description du mur

C'est à l'abri de cet écran temporaire de palplanches que le mur de soutènement en béton armé a été érigé.

Avec une semelle avant, sa hauteur varie entre 2,3 et 4,3 m. Un dispositif de drainage a été mis en place contre la face arrière du mur.

Une fois le mur achevé, tous les tirants d'ancrage ont été détendus et le rideau de palplanches entièrement enlevé.

#### Déroulement des travaux

Des séquences d'exécution bien étudiées, un enchaînement rapide des travaux d'excavation et de bétonnage ainsi qu'une bonne rigidité de l'enceinte ancrée ont contribué au maintien de la stabilité générale du versant et à la limitation des déformations à l'extérieur du rideau ancré. Le contrôle régulier des bâtiments voisins a montré le respect des prévisions théoriques avec des déplacements à long terme toujours inférieurs à 7 mm aux endroits les plus critiques, malgré les conditions hydrologiques défavorables, les opérations de fonçage et d'extraction des palplanches et la mise en tension puis la détente des tirants d'ancrage.

La collaboration fructueuse entre la direction locale des travaux et les entreprises concernées a favorisé le déroulement et l'achèvement harmonieux du chantier.

Bureau d'études: Schopfer & Karakas SA, Lausanne.



Fig. 21. - Mur du Chablais.

**Station de La Bourdonnette**

Cette station est aménagée en interface avec le futur terminus de la ligne de trolleybus N° 2 des TL.

Le quai nord est semblable aux autres quais de la ligne. Le quai sud est cependant construit en forme d'auge, haute de 2 à 5 m, fonctionnant comme mur de soutènement du terrain supportant la voie. Cette construction sera partiellement utilisée comme abri pour les voyageurs du trolleybus.

La rampe d'accès au quai sud est fondée sur pieux.

Enfin, côté habitations, l'ouvrage est complété par une paroi brise-son.

Bureau d'études: B. Janin + T. Girard ingénieurs civils, Lausanne.

**Mur de soutènement EPFL-Sorge**

Cet ouvrage est situé entre la route de la Sorge et la rivière de même nom, au voisinage de la centrale de chauffage de l'EPFL. Le mur, long de 50 m, est destiné à assurer la stabilité de la voie à proximité immédiate de la rivière.

La qualité médiocre des sols rencontrés (remblais, matériaux de décharge récents) a nécessité la mise en œuvre de pieux flottants en béton armé préfabriqué, de 35 cm de diamètre et de 15 à 20 m de longueur. La semelle du mur repose sur ces pieux disposés en quinconce et distants de 5 m environ. Le parement du mur est ancré dans le sol par des tirants permanents (fig. 22).

Bureau d'études: JPC SA Jean-Paul Cruchon ingénieur civil, Lausanne.

**Pont d'Epenex**

La conception et l'aspect de cet ouvrage rappellent ceux des trois ponts préfabriqués de la ligne mais ici, l'auge complète du tablier a été coulée sur place (fig. 23 à 26).

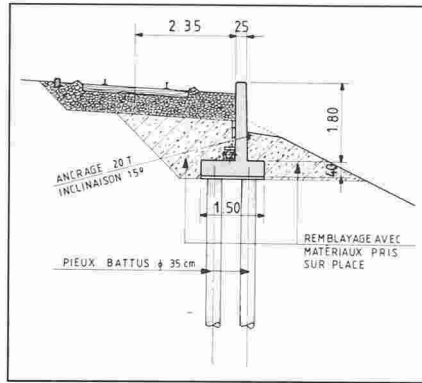


Fig. 22. - Mur de soutènement EPFL-Sorge: coupe type.

- Le rôle du pont d'Epenex est triple :
- franchir l'avenue d'Epenex
  - sauvegarder les places de parc existantes
  - créer une surface exploitable nouvelle (places de parc, dépôts, etc.) dans une zone déjà fortement urbanisée.

Le pont a une longueur de 90 m divisée en cinq travées dont la longueur varie entre 16,6 et 21,0 m. Le tablier se situe en moyenne à 3,00 m du sol.

La géométrie du tracé a les caractéristiques suivantes :

- le profil en long est en forme de toit et présente des pentes de 5 et 6%
- en situation, le tracé présente un rayon horizontal de 80 m.

**Infrastructure**

Le sous-sol est constitué par une couche d'alluvions de mauvaise qualité d'une épaisseur moyenne de 20 m reposant sur la molasse. Par endroits, il existe des lentilles de tourbe.

Ces conditions géotechniques ne permettent pas l'utilisation de semelles superficielles (tassements, faible capacité portante). Ainsi, chacune des piles et culées s'appuie sur deux pieux forés de 80 cm de diamètre, par l'intermédiaire d'une poutre de répartition.

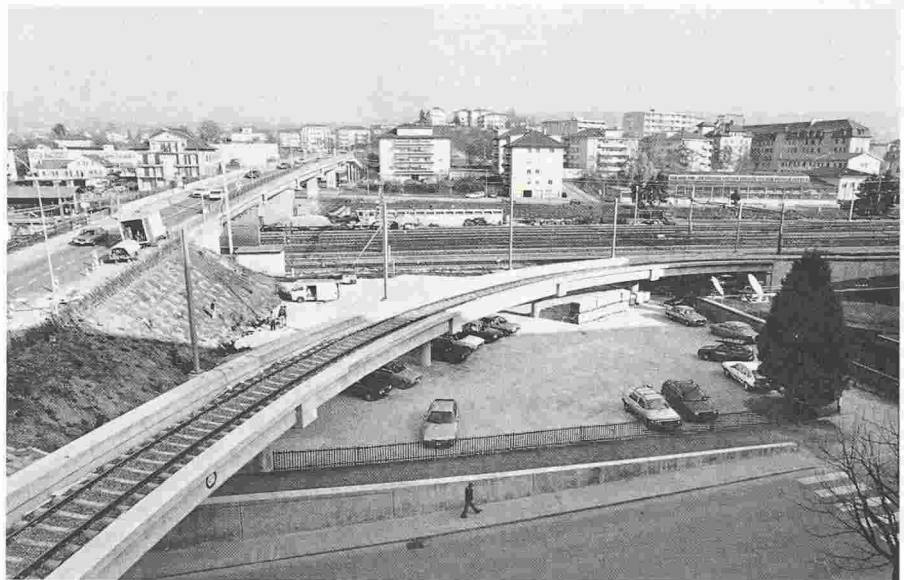


Fig. 23. - Pont d'Epenex.

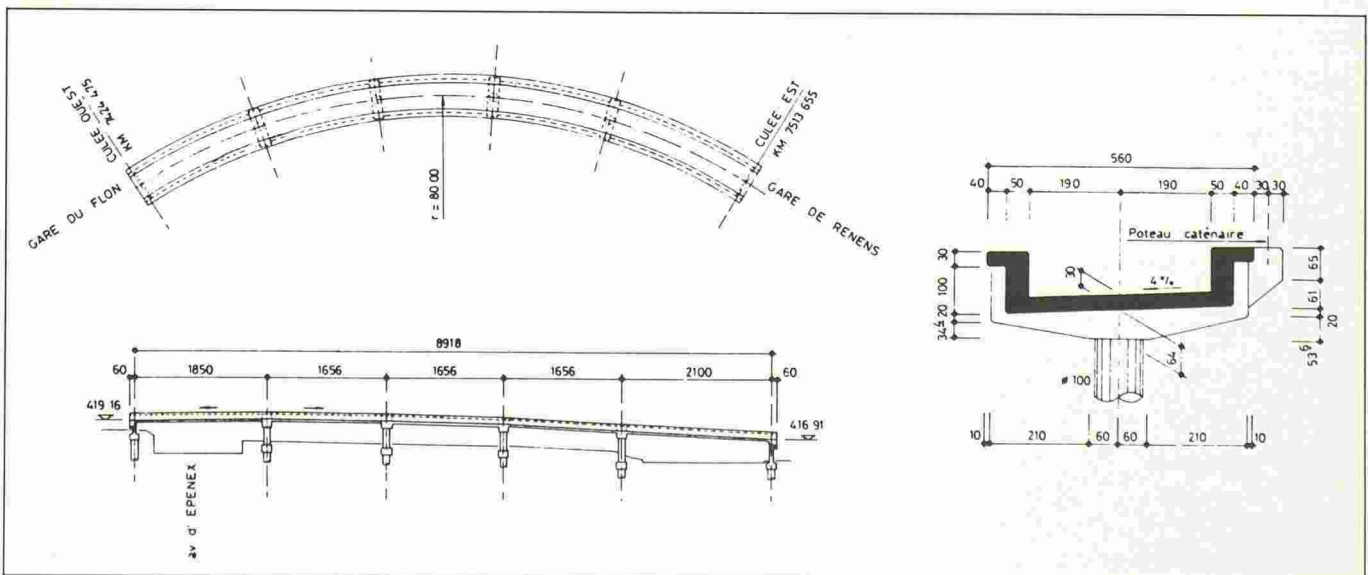


Fig. 24. - Pont d'Epenex: plan général.

Chaque appui intermédiaire est constitué d'une pile de 1,00 m de diamètre. La tête de ces piles est surmontée d'une entretoise en béton armé et précontraint (maximum: 7200 kN, minimum: 5200 kN) qui reçoit la superstructure.

### Superstructure

La section transversale normale du tablier est formée par une auge de 1,30 m de hauteur et de 5,60 m de largeur. L'épaisseur de la dalle inférieure est de 30 cm.

Le tablier est armé et précontraint longitudinalement à l'aide de câbles paraboliques (travée de rives 7400 kN, autres travées 4400 kN) mis en tension à 100% après le bétonnage de chacune des cinq travées. Cette précontrainte participe à la résistance structurale de l'ouvrage et permet d'en assurer le bon comportement en ce qui concerne l'aptitude au service (flèche, fissuration) et la durabilité.

### Exécution

Vu la géométrie relativement complexe de cet ouvrage, en particulier sa forme de toit et son rayon horizontal, le choix d'un ouvrage coulé sur place est apparu logique. Cette solution en a aussi fortement amélioré l'esthétique. La faible hauteur qui sépare le tablier du sol a permis une exécution traditionnelle sur cintre fixe.

La superstructure de l'ouvrage a été bétonnée en cinq étapes (une étape par travée). Chaque étape de bétonnage a été suivie d'une mise en tension des câbles de précontrainte longitudinaux, favorisant ainsi l'avancement des travaux. En revanche, les entretoises ont été mises en tension après l'exécution de tout l'ouvrage.

Si les forces de précontrainte paraissent élevées, c'est en raison des normes CFF appliquées aux ouvrages du Métro Ouest exigeant la reprise par la précontrainte de 100% des charges permanentes et de 80% des actions du trafic.

De plus, la solution coulée sur place permet dès l'origine de la construction de réaliser une bonne continuité et d'obtenir une hyperstaticité élevée de l'ouvrage.

Bureau d'études: Boss ingénieurs civils SA, Renens.

Article préparé par la rédaction avec la collaboration des bureaux d'études mentionnés.



Fig. 25. - Pont d'Epenex.



Fig. 26. - Pont d'Epenex: vue aérienne.

(Photo Germond, Lausanne.)

## Aménagement des infrastructures dans le secteur de l'EPFL

Dans le cadre de la réalisation du Métro Ouest, les infrastructures dans le secteur de la station EPFL de la nouvelle ligne ont dû être adaptées ou mises en place afin d'assurer la des-

Ces aménagements comprennent les objets suivants:

- nouvelle route de la Sorge
- route de liaison nord
- passage inférieur pour la route de liaison nord
- passage inférieur pour piétons et cycles
- galerie Bêta
- galerie Gamma

Le maître d'ouvrage de ces aménagements est le bureau de construction EPFL de l'Office fédéral des constructions.

PAR PIERRE NIGGLI,  
LAUSANNE

serte du quartier nord de l'EPFL et, par là même, aussi son développement (fig. 1).