

Le tracé du Métro Ouest: un compromis optimal

Autor(en): **Assef-Vaziri, A.-H. / Renz, Jürg**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

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

Heft 14

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77268>

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.

Le tracé du Métro Ouest: un compromis optimal

L'établissement d'un projet de voie de circulation est conditionné par des facteurs qu'on peut définir comme étant l'ensemble des éléments – les objectifs et les contraintes – qui influencent le

PAR A.-H. ASSEF-VAZIRI
ET JÜRGEN RENZ, LAUSANNE

projet. La recherche d'un tracé optimal doit s'appuyer sur ces objectifs et ces contraintes. Souvent aussi, il arrive que les objectifs soient antagonistes; il s'agira alors de trouver le bon compromis.

Pour le Métro Ouest, moyen de transport urbain en site propre, les objectifs étaient les suivants:

- offrir les conditions nécessaires au fonctionnement optimal – performance, sécurité, etc. – d'un mode de transport de haute qualité et respecter les normes techniques relatives à ce mode de transport
- l'intégrer au mieux dans la topographie et le paysage
- permettre l'implantation de stations attrayantes pour les usagers
- limiter les conflits avec d'autres voies de circulation
- maintenir entre des limites raisonnables les coûts de la construction et de l'exploitation.

En s'intégrant au mieux dans la topographie urbaine, le tracé de la voie doit garantir un parcours sans problème d'une station à une autre (accélération normale – vitesse normale – freinage normal), un confort maximal en même temps qu'une usure minimale des voies et du matériel roulant.

Pour atteindre les objectifs ci-dessus, il fallait, dans plusieurs cas, tenir compte de diverses contraintes, qui étaient par exemple:

- les bâtiments et constructions existants
- la conservation des accès et des routes
- les conduites et canalisations
- des emprises minimales sur les fonds privés
- à certaines stations, la proximité du réseau routier
- le profil donné du terrain
- l'influence des jonctions entre les voies et les stations
- la minimalisation de la construction d'ouvrages d'art.

Ces contraintes influent directement sur la géométrie du tracé, avec pour conséquences:

- la diminution des rayons horizontaux et verticaux
- l'augmentation des déclivités
- l'augmentation du nombre des changements de déclivité
- la limitation des dévers
- le raccourcissement des courbes de raccordement.

Ces conséquences à leur tour influencent directement les performances du matériel roulant et le confort du passager.

Pour la géométrie, il fallait trouver un compromis qui tienne compte dans différents cas de ces contraintes et des caractéristiques du matériel roulant choisi, qui pourraient avoir une influence sur le tracé, en particulier dans les zones où se superposent des couches horizontales et verticales de valeurs limites dans des secteurs à rampes de dévers.

Normes et caractéristiques techniques

Les normes et caractéristiques techniques retenues sont conformes aux dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer (DE-OCF), édition du 1^{er} janvier 1984, du Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie (DFTCE).

Profil d'espace libre

Le profil d'espace libre est déterminé en fonction du gabarit et des caractéristiques des véhicules et en tenant compte de l'encombrement cinématique et des surlargeurs de sécurité.

Pour le matériel roulant du Métro Ouest, une largeur de véhicule de 2650 mm (de 2750 mm au niveau du marchepied) est prévue, c'est-à-dire le type A du profil d'espace libre selon l'ordonnance DE-OCF, fondé sur une largeur de véhicule de 2700 mm. Toutefois, pour garantir la réglementation désirée uniforme du DFTCE, il n'est pas tenu compte de la différence de largeur de 50 mm (fig. 1).

Géométrie de la voie

Les caractéristiques du tracé de la voie à écartement normal (1435 mm) du Métro Ouest sont fondées sur les normes en vigueur pour les chemins de fer à voie étroite et ceux à voie normale (CFF). Concernant du matériel roulant et des conditions d'exploitation qui ne sont pas ceux du Métro Ouest, ces normes ont toutefois été appliquées à quelques réserves près (voir encadré).

Description du tracé

Secteur Flon-Sévelin

Le tracé part de la station Lausanne-Flon en tranchée couverte, où le niveau du quai est à la même hauteur qu'à l'actuelle gare du métro Lausanne-Gare (LG). Puis il passe sous l'avenue Jules-Gonin par le tunnel du Flon, sur une longueur de 405 m. La station de La Vigie, en tranchée couverte, se trouve à la fin du tunnel au sud du pont Chauderon. Après le passage à niveau des Imprimeries Populaires (aujourd'hui Imprimerie Héliographia), qui constitue un point fixe du profil en long, le tracé passe entre les bâtiments de l'imprimerie et de l'EPSIC par le pont de l'EPSIC, long de 194 m (fig. 2). Le profil en long est projeté de manière que la passerelle pour piétons de l'EPSIC puisse être raccordée à la hauteur existante depuis le chemin piétonnier à l'est de l'imprimerie. Passé le pont de l'EPSIC, le tracé suit à flanc de coteau le talus des Côtes-de-Tivoli, ce qui a nécessité, compte tenu de la topographie, la construction d'une estacade et de murs de soutènement. Dans ce secteur, le chemin des Côtes-de-Tivoli sera réaménagé.

Secteur Sévelin-La Bourdonnette

L'avenue de Sévelin, les voies CFF et l'accès à la zone industrielle de Sévelin (AMAG) sont traversés par le viaduc de Sévelin (227 m) à l'ouest duquel se trouve la station de Montelly. Le franchissement de ces voies a nécessité l'utilisation des valeurs limites des éléments du profil en long (déclivité de

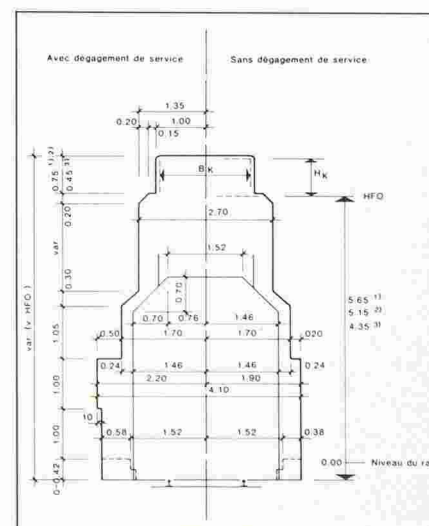


Fig. 1. – Profil d'espace libre (en alignement).

HFO: position du fil de contact soulevé
H_K: hauteur de la construction de la ligne de contact

B_K: largeur de la construction de la ligne de contact

1: pleine voie sur route, passages à niveau

2: pleine voie en site propre

3: tunnels et constructions existantes

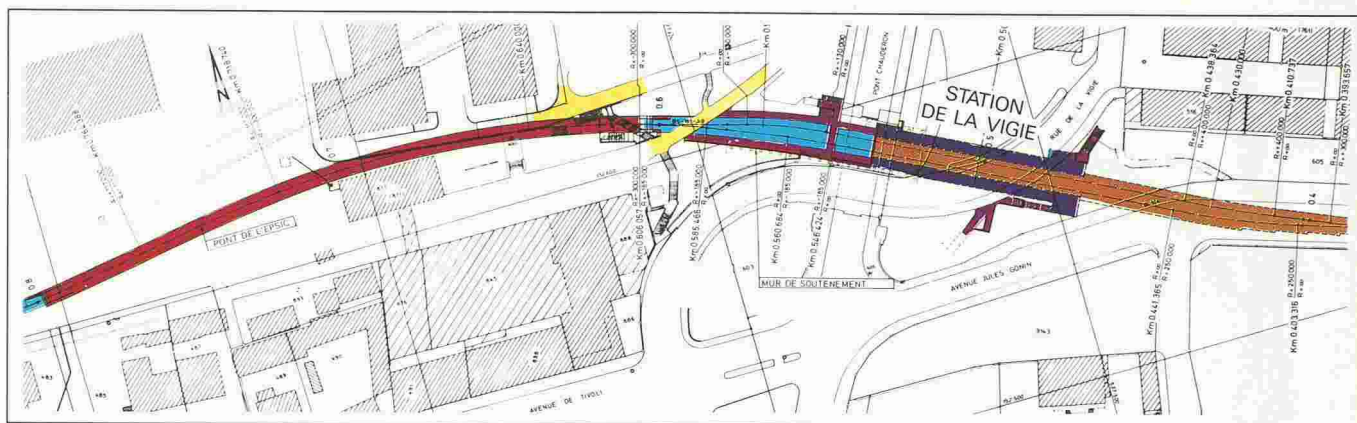


Fig. 2. - Secteur Vigie-EPFIC: plan de situation.

60‰, rayon vertical de 1000 m) afin de garantir des gabarits libres, nécessaires pour ce franchissement.

Dans ce secteur, une correction de la route d'accès à la zone industrielle de Sévelin a été nécessaire. A la station Montelly, la déclivité est réduite à 47‰. Puis le tracé longe l'avenue de Provence, à niveau jusqu'au carrefour Malley-Provence en amont duquel se trouve la station à voie unique de Provence. Le long de l'avenue de Provence, la voie du Métro Ouest est située entre la route et le trottoir. La géométrie y est déterminée de façon à sauvegarder le plus possible les arbres plantés le long du trottoir.

Après le chemin de Malley, le tracé passe, avec une déclivité maximale de 60‰, par la trémie du chemin de la

Prairie (105 m), traverse à niveau le chemin de la Prairie, pour atteindre la station Malley, construite en tranchée couverte. Puis le tracé emprunte la tranchée couverte (258 m) et la trémie de Malley (135 m) pour atteindre le niveau de l'avenue du Chablais juste avant le garage du Chablais. Il longe ensuite l'avenue du Chablais jusqu'au carrefour de La Bourdonnette qui est traversé à niveau.

Depuis la sortie du garage du Chablais jusqu'au croisement avec la rue du Lac, le trottoir qui longeait l'avenue du Chablais a été déplacé au nord de la voie. Il a fallu réaménager ce secteur d'une part en construisant un mur de soutènement, d'autre part en remaniant les accès aux propriétés avoisinantes.

Au carrefour de La Bourdonnette, la géométrie est déterminée en fonction de l'emplacement des portiques de signalisation, dont les fondations sont de grandes dimensions.

Secteur La Bourdonnette-EPFL

Après le carrefour et juste avant la traversée de l'autoroute se situe la station de La Bourdonnette, au pied de laquelle sera aménagé le futur terminus de la ligne de bus TL N° 2, c'est-à-dire qu'une interface sera ainsi créée entre le Métro Ouest et le réseau TL, qui nécessite le réaménagement du secteur compris entre le carrefour de La Bourdonnette et l'accès à l'autoroute. Après la station La Bourdonnette, le tramway traverse l'autoroute par le pont de La Bourdonnette (196 m), puis dévie dans une courbe serrée ($R = 100$ m), due au fait que l'un des piliers du pont se trouve entre les voies principales et la rampe de sortie de l'autoroute.

Après un croisement à niveau avec la route de la Chamberonne, le tracé arrive à la station UNIL-Dorigny, puis longe la route de la Chamberonne. Dans ce secteur, une adaptation de la route de la Chamberonne et un déplacement du carrefour de La Mouline ont dû être effectués.

A La Mouline, c'est le talus de la Sorge qui influence le tracé. Celui-ci a une géométrie serrée ($R = 100$ m) et passe sans mur de soutènement à côté de ce point critique, avant de traverser le carrefour et arriver à la station de La Mouline. C'est juste avant cette station que se trouve le point le plus bas du tracé, qui est ensuite parallèle à la route de la Sorge jusqu'à la station à voie unique UNIL-Sorge. Après cette station, une courbe à droite avec un rayon de 100 m rétablit le tracé parallèle à la route de la Sorge. Au droit du bâtiment de physique, le passage au bord du talus a nécessité la construction d'un mur de soutènement.

Le dépôt-atelier du Métro Ouest est situé derrière la station EPFL; un embranchement de la voie permet d'y accéder. Sur ce tronçon, le profil en

Géométrie de la voie et normes appliquées

Vitesses limites

$V = 65$ km/h, matériel roulant TSOL; $V = 40$ km/h, appareil de voie R 185 (CFF).

Rayons de courbe minimaux

$R = 100$ m en ligne; $R = 80$ m exceptionnel; $R = 50$ m au dépôt.

Dévers maximaux

$d = 150$ mm, règlement CFF; $d = 0$ mm en station y compris pour les appareils de voie.

Inclinaisons maximales

$N = 2$ ‰ cas normal, règlement CFF (voie principale).

$N = 3$ ‰ cas exceptionnel (BLT 3‰) exception: CFF 3‰ voies secondaires, 4‰ constr.

Accélération maximale non compensée

$a_{nc} = 0,65$ m/s², appareils de voie, règlement CFF; $a_{nc} = 0,80$ m/s², tronçons libres, règlement CFF; $a_{nc} = 0,85$ m/s², exceptionnel, règlement CFF.

Ces valeurs sont très restrictives et les vitesses maximales seront à déterminer lors des essais de roulement.

Variation maximale de l'accélération non compensée (choc)

1,2 m/s³, appareils de voie, règlement CFF; 0,26 m/s³, tronçons libres (CFF 0,236); 0,298 m/s³, exceptionnel, règlement CFF; 1,08 m/s³, exception pour les deux extrémités des stations à la fin des courbes sans clothoïdes où la valeur est plus faible que la valeur admissible pour les appareils de voie.

Déclivités

$P = 60$ ‰.

Changements de déclivité minimaux

$R_v = 1000$ m, hors des zones de variation du dévers, BLT.

$R_v = 1600$ m = $\frac{V^2}{2,5}$, zones de variation du dévers, CFF; $\frac{V^2}{2,5}$, $R_{v \min} = 5000$.

$R_v = 1000$ m, exceptionnel, $V\delta V: \frac{V^2}{4}$, $R_{v \min} = 1000$.

$R_v = 1000$ m, appareils de voie en raccordement concave, $V\delta V$.

$R_v = 5000$ m, appareils de voie en raccordement convexe, $V\delta V$.

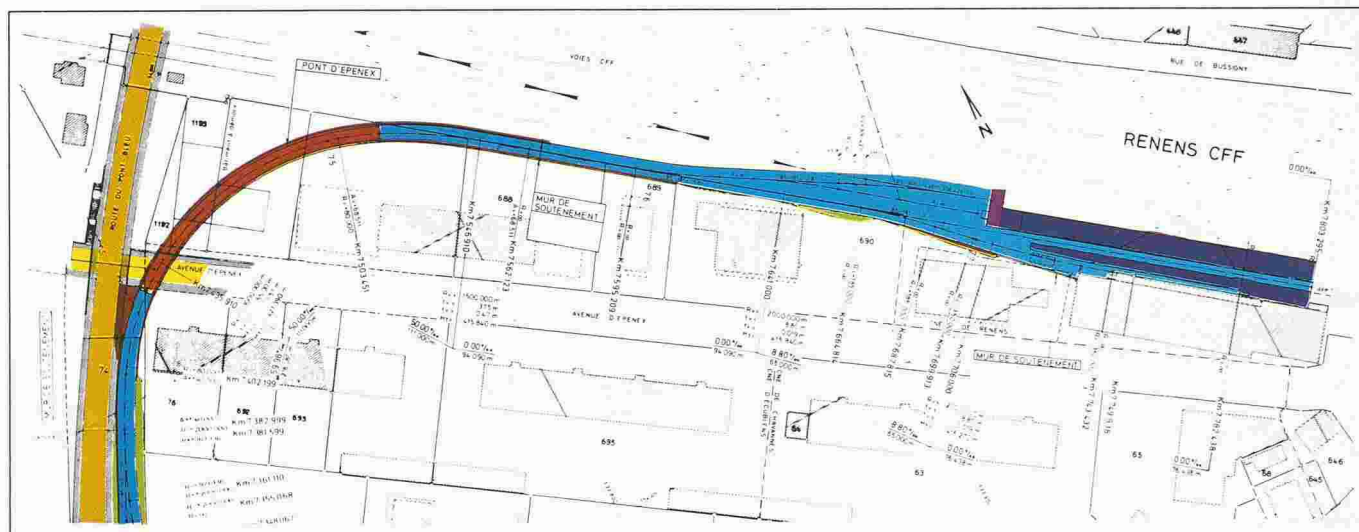


Fig. 3. – Secteur Epenex–Renens CFF: plan de situation.

long de la voie a été déterminé en fonction des niveaux de la route de la Sorge et du dépôt.

Dans ce secteur, la route de la Sorge est modifiée sur le tronçon allée Marguet-avenue du Tir-Fédéral (RC 82), dans le cadre de l'aménagement de l'EPFL.

Secteur EPFL–Renens CFF

Après la station EPFL, le tracé est dévié vers le nord. Ce virage est l'une des deux courbes les plus serrées du tracé, avec un rayon de 80 m pour la voie nord. Grâce à cela, on a pu insérer le tracé entre la nouvelle route de la Sorge et l'avenue du Tir-Fédéral. De Bassenges à Epenex, le tracé longe la RC 82 par l'est. Le profil en long y est fonction d'une part du profil en long de la route cantonale, d'autre part des niveaux des carrefours traversés. Sur ce tronçon, plusieurs accès, dévestitures et chemins piétonniers ont été adaptés, en particulier l'accès à la zone commerciale du Pontet, qui a nécessité un réaménagement complet de la route de desserte et un prolongement du voûtage de la Sorge.

Les stations Bassenges (voie unique), La Cerisaie, Crochy et Epenex sont situées le long de ce tronçon.

Les carrefours du Pontet et de La Concorde sont traversés à niveau. Au carrefour du Pontet, comme à celui de La Bourdonnette, l'emplacement des portiques a influencé la géométrie du tracé. Il fallait en outre y garantir une largeur suffisante pour la route cantonale à l'approche du carrefour en même temps que pour la route de desserte, compte tenu de l'emplacement de la station La Cerisaie.

Après la traversée de l'autoroute par le pont du Tir-Fédéral (108 m), le tracé atteint la station Epenex. Après cette station, il emprunte un couloir étroit entre la route du Pont-Bleu et des bâtiments existants, avant de franchir l'avenue d'Epenex par le pont du même nom (90 m), suivant la seconde

des courbes les plus serrées du tracé ($R = 80$), pour se trouver dans l'axe de la voie 60 des CFF (fig. 3).

La différence des niveaux entre la voie et le terrain a exigé qu'on édifie des murs de soutènement de part et d'autre du pont d'Epenex.

La station Renens CFF du Métro Ouest est située à l'ouest du bâtiment principal de la gare de Renens.

Le profil en long du tronçon Epenex–Renens CFF est déterminé en fonction des niveaux de l'avenue d'Epenex et du quai de la gare de Renens. Ce quai serait utilisé à la fois par les passagers du Métro Ouest et par ceux des CFF. Compte tenu de ces contraintes, au point de vue de la géométrie, le passage de l'avenue d'Epenex constitue l'endroit le plus critique du tracé puisque les éléments géométriques des valeurs limites de situation et du profil en long y sont superposés, et cela dans un secteur à rampes de dévers. Ceux-ci sont toutefois compatibles avec les conditions d'exploitation du matériel roulant choisi.

Superstructure et infrastructure

La superstructure et l'infrastructure du Métro Ouest ont été conçues en fonction des facteurs suivants :

- effets du trafic (charge, fréquence, vitesse, accélération, freinage)
- confort de roulement
- nuisances sonores
- usure de la voie
- répartition des contraintes sur l'infrastructure
- portance du sol
- conditions hydrologiques (présence de la nappe phréatique).

La superstructure et l'infrastructure proposées s'alignent sur celles des voies principales de la catégorie VP2 des CFF, adaptées selon les caractéristiques du matériel roulant et des conditions du trafic et de l'exploitation du Métro Ouest.

Pour garantir un confort de roulement optimal, une diminution du bruit et une minimalisation de l'usure des rails, une superstructure « lourde » (rail CFF I, 46 kg/m, traverses monobloc en béton, 288 kg) a été adoptée, avec rails soudés. A la gare de Renens en revanche, afin d'assurer une bonne isolation de la voie du Métro Ouest et préserver l'homogénéité avec les voies CFF, ce sont des traverses en bois (chêne) qui sont utilisées. On a également préféré les traverses en bois au dépôt de l'EPFL vu l'importance de l'emprise du faisceau des voies, en raison aussi de la mauvaise qualité du sol. Sous les traverses, une épaisseur minimale de ballast de 25 cm est nécessaire pour permettre une répartition uniforme des contraintes sur l'infrastructure et pour que les opérations de bourrage puissent s'effectuer dans de bonnes conditions.

Pour l'infrastructure, trois profils types ont été déterminés, en fonction de la portance au niveau de la forme (fig. 4).

Aménagements des bordures de la voie

Ces aménagements sont conçus en tenant compte des éléments suivants :

- situation et niveau de la plate-forme de la voie dans le secteur traversé et par rapport aux voies adjacentes existantes (trottoirs, routes)
- assainissement de la plate-forme et des voies adjacentes
- nette séparation entre la plate-forme et ses environs
- entretien et maintenance de la voie
- position du caniveau pour câbles
- possibilité de construction par étapes.

Pour une bonne intégration de la voie dans le site et en tenant compte des éléments ci-dessus pour l'ensemble du tracé, une quarantaine de détails pour les aménagements des bordures de la voie ont été conçus (fig. 5).

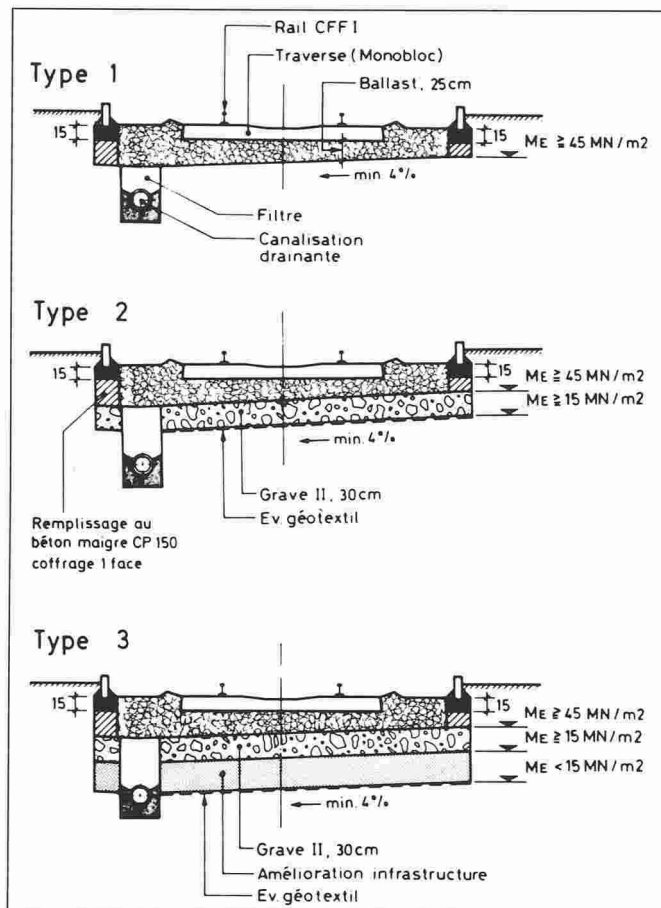


Fig. 4. - Profils types d'infrastructure.

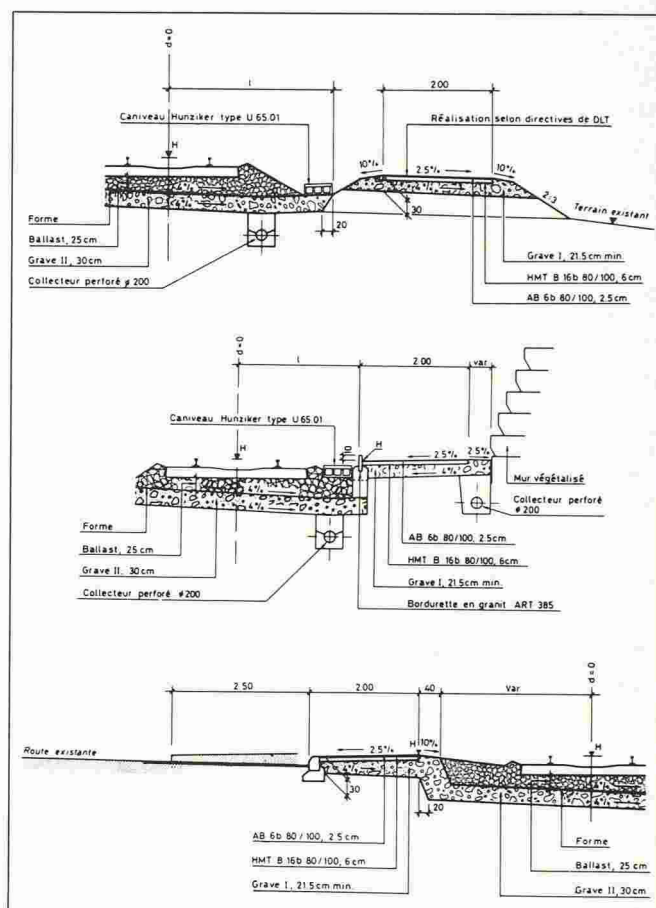


Fig. 5. - Bordures de la voie: trois exemples.

Assainissement

Sauf dans des secteurs en remblai et dans quelques cas particuliers (traversées de certaines chaussées ou ouvrages d'art), la plate-forme de la voie du Métro Ouest est équipée d'un système de drainage longitudinal situé sous la fondation. Ce drainage permet d'assainir la plate-forme et la fondation des eaux de surface, et d'évacuer les eaux souterraines tout en protégeant du gel le sol d'infrastructure. Une vingtaine de détails types ont ainsi été conçus pour l'assainissement selon les conditions locales et selon les aménagements des bordures de la voie (fig. 6).

Coupages du territoire et impacts fonciers

Le tracé du Métro Ouest est en majeure partie accolé à des routes ou chemins existants. La seule nouvelle coupure du territoire est celle provoquée par le passage du tram dans le secteur EPSIC-Côtes-de-Tivoli, entre le pont Chauderon et l'avenue de Sévelin.

L'emprise du tracé (environ 41 000 m²) touche essentiellement le patrimoine des collectivités publiques (environ 34 500 m²). Le solde, c'est-à-dire quelque 6 500 m², porte sur des parcelles privées qui, en très grande majorité, ne sont que marginalement touchées. Seuls deux bâtiments (dont un à l'inté-

rieur de l'alignement routier de l'Etat de Vaud) ont dû être démolis.

Impact visuel

Sur environ 80% de sa longueur, le tracé longe des routes existantes. Les risques d'altération du paysage sont donc limités et concentrés au voisinage des franchissements d'obstacles physiques.

Les franchissements supérieurs d'obstacles représentent environ 10% de la longueur du tracé. Des cinq grands ponts et viaducs, trois doublent des ouvrages existants. En revanche les deux autres, les ponts de l'EPSIC et de Sévelin, constitueront de nouvelles intrusions visuelles.

Hormis les ponts et les stations, la longueur cumulée des murs de soutène-

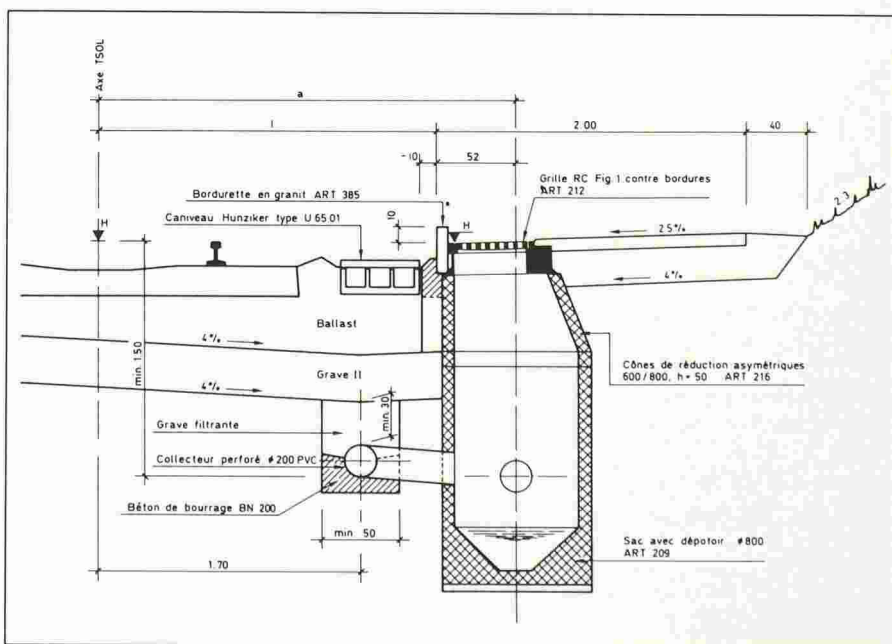


Fig. 6. - Assainissement: exemple d'un détail.

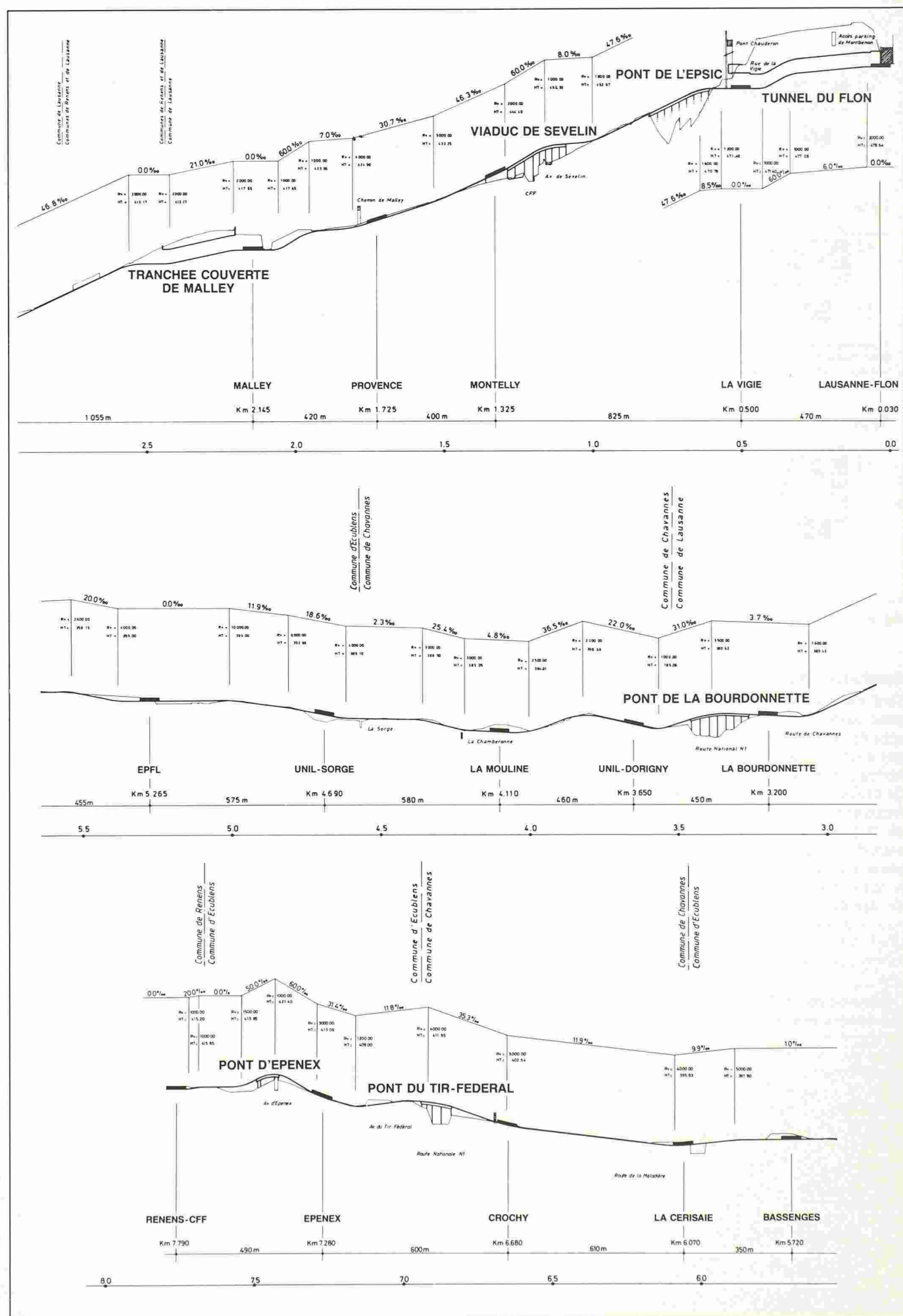


Fig. 7. - Profil en long.

Caractéristiques du tracé

Ecartement de la voie (voie normale)	1435 mm
Longueur	7803 m
Rayon horizontal minimal:	
- en station	350 m
- hors station	80 m
- appareil de voie	185 m
Paramètre minimal de la courbe de raccordement (clothoïde)	40 m
Déclivité maximale	60‰
Rayon vertical minimal	1000 m
Dévers maximal:	
- en ligne	150 mm
- en station	0 mm
- appareil de voie	0 mm
Altitude du point le plus haut	478,64 m
Altitude du point le plus bas	384,80 m

ment est d'environ 1300 m. Dans certains cas, il s'agit de murs existants mais déplacés – comme à l'avenue du Chablais – et de murs végétalisés – deux murs en bordure de la RC 82. Les nouveaux murs les plus en vue sont ceux de Chauderon, de Montelly et d'Epenex.

Impact sur l'environnement naturel*Cours d'eau*

Le voûtage de la Sorge, et son prolongement au voisinage de la station La Cerisaie, constitue l'intervention la plus importante touchant un cours d'eau. Mais il a fallu aussi remanier les

deux passages au-dessus de la Mèbre et de la Sorge – cela sur la route de la Sorge.

Nappe phréatique

Le recours à la traction électrique, d'une part, l'absence de tout transport de marchandises (carburants et autres), d'autre part, éliminent tout risque d'atteinte à la nappe phréatique.

Arborisation

Comme l'essentiel du tracé emprunte des terrains publics, les possibilités d'intégration dans le paysage sont nettement plus nombreuses que lorsque l'on a affaire à des propriétés privées. La direction des travaux du Métro Ouest a examiné conjointement avec les services publics concernés chaque cas de déboisement, envisageant systématiquement toutes les occasions de le compenser par de nouvelles plantations et l'aménagement de surfaces vertes.

Impact sur les réseaux souterrains

La construction de la ligne a entraîné de nombreuses adaptations des réseaux souterrains, particulièrement denses et enchevêtrés aux abords des axes routiers et carrefours empruntés par le tracé du Métro Ouest. Le déplacement et l'adaptation des conduites et canalisations ont fait l'objet d'études détaillées par les différentes instances compétentes afin de régler les problèmes de compatibilité de la ligne du Métro Ouest avec les réseaux souterrains.

Impact sur la circulation routière

Les croisements les plus importants entre le Métro Ouest et la circulation routière se situent au niveau de quatre grands carrefours: La Bourdonnette, La Mouline, Le Pontet et La Concorde. Les études préliminaires de la régulation de ces carrefours ont montré que, compte tenu de la configuration de la ligne du Métro Ouest, et par la mise en application de programmes appropriés de régulation, le fonctionnement de ces carrefours peut être assuré avec un niveau de service supérieur, ou au moins équivalent, à l'état actuel.

Conclusion

Etant donné le contexte urbain du projet, considérant aussi les contraintes rencontrées, on peut dire du tracé proposé qu'il est dans la plupart des cas bien adapté aux problèmes locaux et qu'il permet d'atteindre les objectifs principaux définis au début de l'étude (fig. 7).

Adresse des auteurs:

A.-H. Assef-Vaziri
ing. civil dipl. EPFL/SIA
Jürg Renz, ing. dipl. ETS
Robert-Grandpierre et Rapp SA
ingénieurs-conseils
Rue du Simplon 8
1006 Lausanne

Les ouvrages du Métro Ouest (I)

Aperçu

L'implantation de la nouvelle ligne, compte tenu du relief, de l'environnement construit et du réseau existant des voies de communication (routes, carrefours, autoroutes et lignes de chemin de fer), a nécessité la construction d'un nombre relativement élevé d'ouvrages d'art.

La voie est souterraine sur 880 m, soit 11,3 % de la longueur totale de la ligne. Un tunnel de plus de 400 m de long a dû être percé; il est complété par des tranchées couvertes.

D'autre part, six ponts d'une longueur totale de près de 900 m (11,5 % de la ligne) ont été construits. Trois de ces ouvrages ont été préfabriqués et réalisés sur la base d'une conception commune.

Le Métro Ouest est, naturellement, le résultat d'un travail collectif. Les travaux d'infrastructure ont été divisés en

lots. Ces lots ont été attribués à des bureaux d'ingénieurs de la place pour l'étude et à des consortiums d'entreprises de la région pour l'exécution.

Le tableau 1 donne une vue d'ensemble des principaux ouvrages d'art que l'on rencontre le long de la ligne. Le lecteur y trouvera:

- la position de l'ouvrage, soit la distance en kilomètres depuis le début de la ligne, à la station de Lausanne-Flon (km 0), jusqu'au début de l'ouvrage
- la longueur de l'ouvrage en mètres
- le nom de l'ouvrage suivi d'un bref descriptif
- le nom du bureau d'études
- le nom des entreprises concernées, regroupées en consortiums.

Les ouvrages mentionnés dans ce tableau sont décrits plus en détail dans les trois articles qui suivent cet aperçu. Le premier de ces articles est consacré au tronçon qui s'étend de la gare du

Flon au pont Chauderon. C'est aussi la partie la plus délicate du projet, puisque ce lot comprend le percement, dans des conditions géologiques difficiles, d'un tunnel à géométrie complexe et la construction de deux des trois tranchées couvertes de la ligne, complétées par un mur de soutènement. La couverture de la station de Lausanne-Flon, faisant partie d'un lot différent, est décrite plus loin.

L'article suivant est consacré aux trois ponts de conception commune. Enfin, le dernier des articles de la série traite des autres ouvrages de la ligne, dans l'ordre de leur position.

Dans le cas de tous ces ouvrages, les constructeurs ont dû compter avec un sol hétéroclite et peu résistant, constitué souvent de remblais – quand il ne s'agit pas d'une décharge –, ce qui les a obligés à recourir à des fondations profondes. A ces difficultés s'ajoute l'omniprésence, dans le sous-sol urbain, de conduites diverses qu'il faut repérer, éviter ou déplacer.

Les descriptions fournies par les bureaux d'études concernés ont été réunies par la rédaction.