# Les aménagements et l'exploitation de la nouvelle ligne: voie, stations, dépôt-atélier, alimentation et sécurité

Autor(en): **Guignet, Claude-Alain**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

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

Heft 14

PDF erstellt am: **02.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77274

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Les aménagements et l'exploitation de la nouvelle ligne

## Voie, stations, dépôt-atelier, alimentation et sécurité

Outre la réalisation de l'infrastructure et des ouvrages d'art, le projet du Métro Ouest comprend également la construction d'un dépôt-atelier, les installations de sécurité et d'alimentation en énergie électrique, l'aménagement des stations ainsi que la livraison de 12 automotrices articulées. La réalisation du projet, à l'exception des ouvrages de génie civil, est gérée par les TL.

PAR CLAUDE-ALAIN GUIGNET, LAUSANNE

### La voie

L'écartement normal (1435 mm), bien que rare en Suisse pour un chemin de fer urbain, s'est imposé par la possibilité qu'il offre de raccorder la nouvelle ligne au réseau CFF en gare de Renens. Ce choix non seulement facilite la construction de la voie (accès des machines, emploi de ballastières) mais permet également le transfert des automotrices vers divers ateliers pour des travaux importants d'entretien et de réparation qui pourront ainsi être effectués chez le constructeur ou auprès des CFF.

Afin d'assurer un bon confort de roulement et minimaliser les nuisances sonores, les concepteurs ont opté pour une voie relativement lourde par rapport aux véhicules: rails CFF I de 46 kg/m, traverses monobloc en béton de 288 kg (12 300 pièces, plus 2100 traverses en bois de chêne) et attaches élastiques. Les rails seront bien entendu soudés. Les branchements de type CFF ont une géométrie confortable (rayon de 185 m) pour assurer une vitesse de passage raisonnable. Hors du dépôt, la norme pour les courbes est un rayon de 100 m avec deux exceptions notables toutefois: 80/90 m à l'angle EPFL/Tir-Fédéral et 80 m à Epenex (dernier virage avant la gare de Renens).

Douze des quinze stations sont aménagées à double voie pour permettre les croisements, la voie étant par ailleurs unique. La ligne ne comportant pas de boucle de retournement, une cabine de conduite est aménagée à chaque extrémité des automotrices.

### Aménagement des stations

La construction d'une infrastructure entièrement nouvelle a permis de choisir une disposition avec quais donnant accès aux véhicules au niveau du plancher. Cette facilité, obtenue au prix de quelques mètres cubes de béton supplémentaires, simplifie la construction des automotrices et augmente la capacité de la ligne en raison de la diminution des temps d'arrêt. Elle est en outre un facteur déterminant pour améliorer l'attrait, les voitures d'enfants et de personnes handicapées pouvant accéder à bord sans aide extérieure.

Sur toute la ligne, la longueur des quais est de 65 m. Toutes les stations seront largement équipées d'abris sur plus de la moitié de chaque quai. Le financement de ces abris est partiellement assuré par la création de surfaces publicitaires.

Toutes les lignes exploitées par les TL étant intégrées dans un système tarifaire unique, les automates à billets seront les mêmes que ceux que l'on trouve en ville.

Les appareils électriques et tout élément métallique proches de la voie seront mis à terre ferroviaire et les installations électriques munies de transformateurs de séparation.

### Dépôt-atelier

Le Métro Ouest disposera d'un dépôt-atelier situé près de la station EPFL

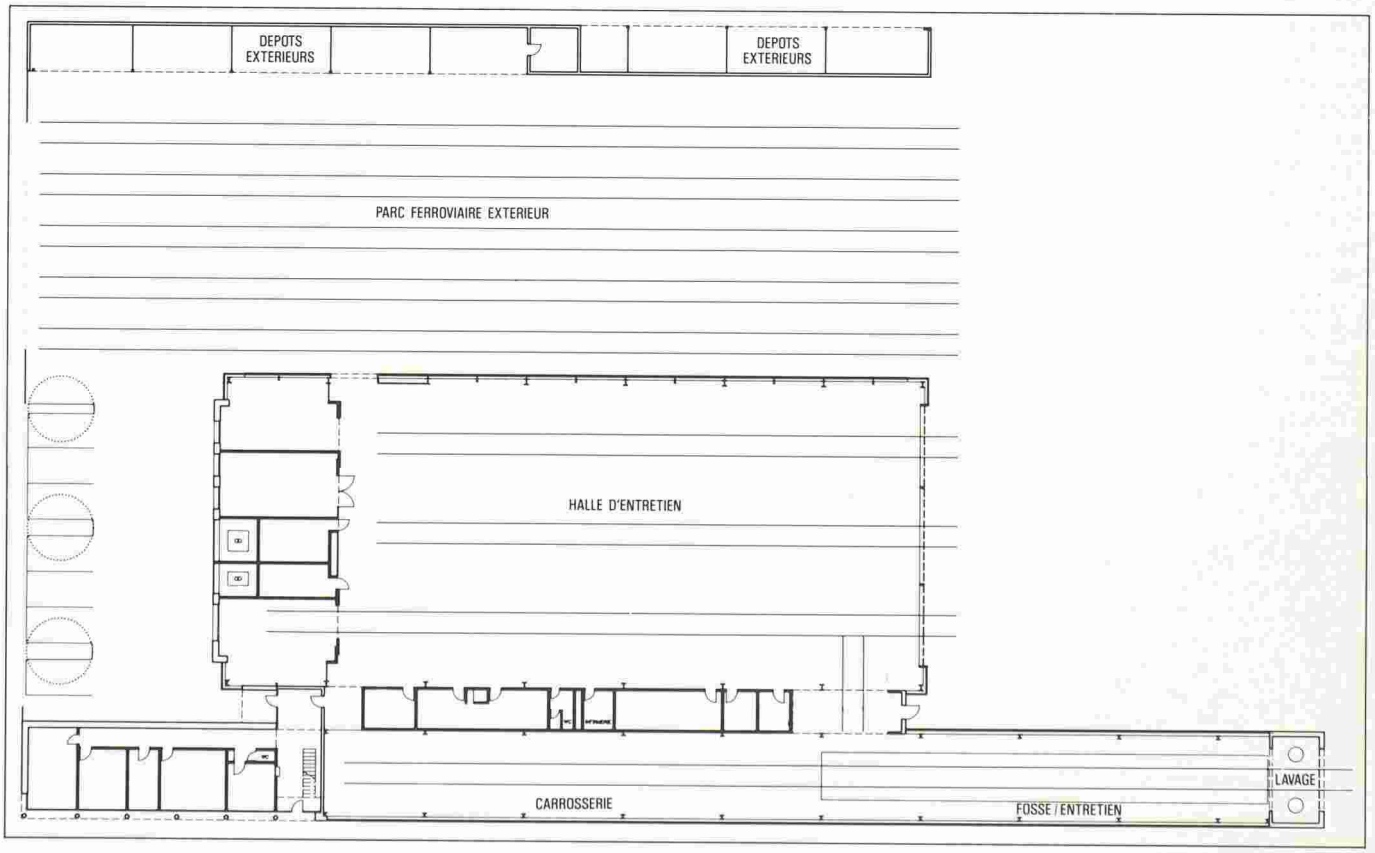



*Fig. 1. – Dépôt-atelier: plan.*

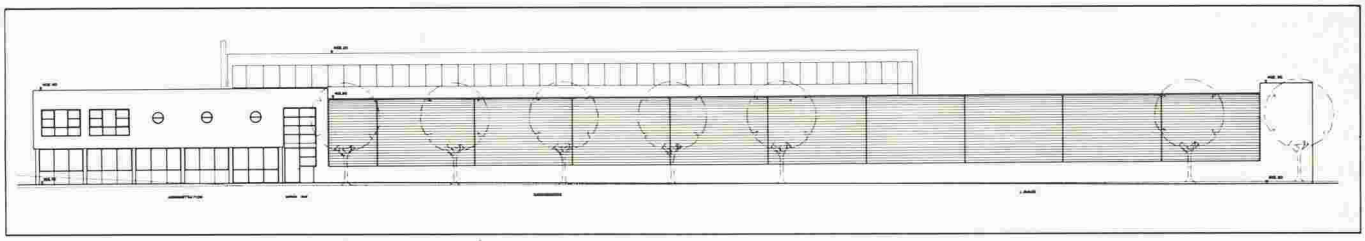


*Fig. 2. – Dépôt-atelier: élévation façade sud.*

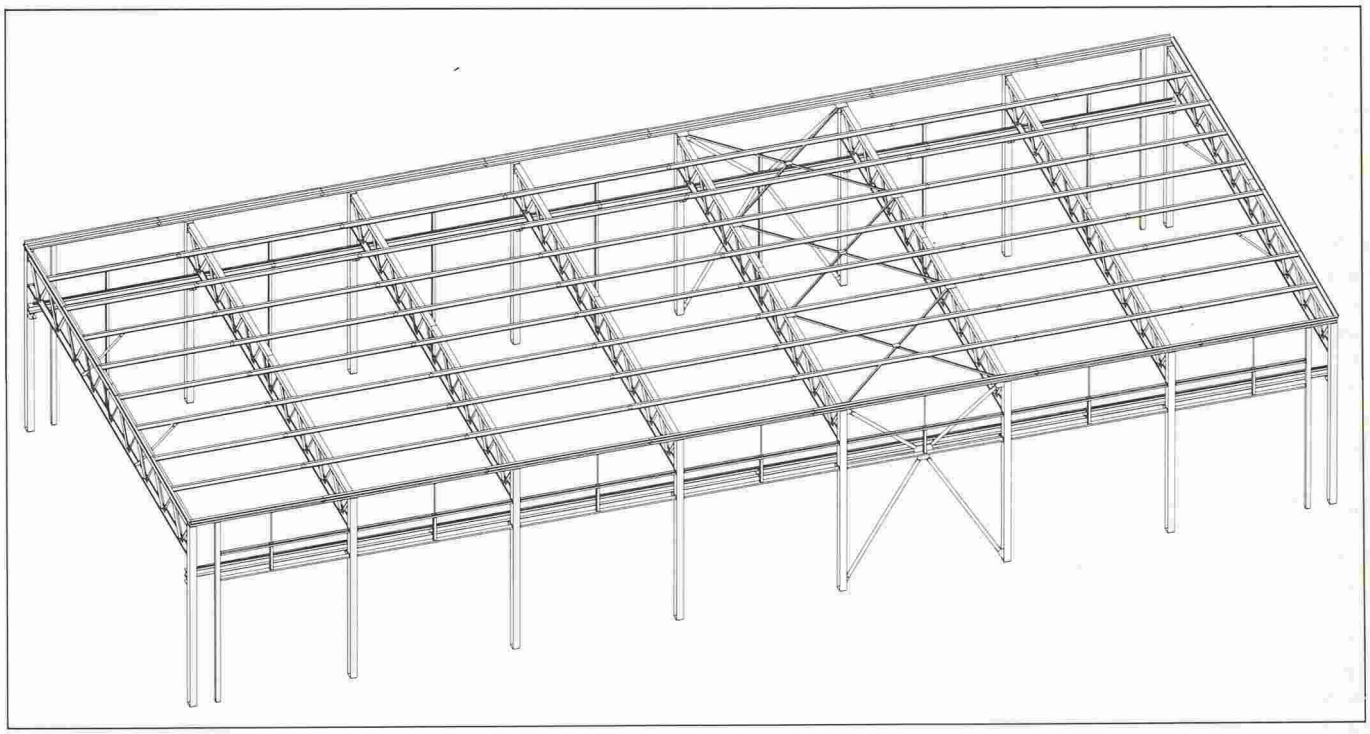


*Fig. 3. – Dépôt-atelier: charpente métallique de la halle d'entretien.*

(fig. 1 à 6). Les automotrices y accéderont par un embranchement de la voie. Mis en construction en février 1989 avec l'implantation des pieux, le dépôt sera disponible dès juin 1990 pour permettre la réception et la préparation des automotrices en cours de livraison. Erigé sur un terrain d'environ 7000 m² mis à disposition par la Confédération, le bâtiment a une surface totale de 1960 m², pour un volume construit de 20 000 m².

La nécessité de répartir les charges de manière uniforme, d'éviter toute excavation et bien entendu de construire le plus économiquement possible a conduit à la disposition générale figurant sur le plan de la figure 1.

La mauvaise qualité du terrain, les charges relativement importantes, de même que les impératifs de nivellement et de planéité nécessaires pour l'infrastructure ferroviaire, ont obligé à fonder l'ensemble de la construction sur 70 pieux battus jusqu'à une profondeur d'environ 36 m.

Sur ces pieux reposent des longrines supportant une dalle en béton armé de 40 cm d'épaisseur et dans laquelle sont encastrés les rails des voies.

Les principales structures au-dessus du rez-de-chaussée sont construites en charpente métallique. D'un poids total de 120 t, cette structure est composée, pour les deux volumes principaux, de cadres autostables supportant la toiture, les façades et le pont roulant.

Au nord, la halle d'entretien à trois voies parallèles constitue l'élément principal. A son extrémité ouest, un magasin de pièces détachées est aménagé sur la dalle recouvrant les ateliers de mécanique, de serrurerie et d'électricité ainsi que la sous-station traction/force. Le pont roulant à deux palans qui équipe la halle balaie également cette surface, ce qui permet le transfert aisé des pièces lourdes et volumineuses.

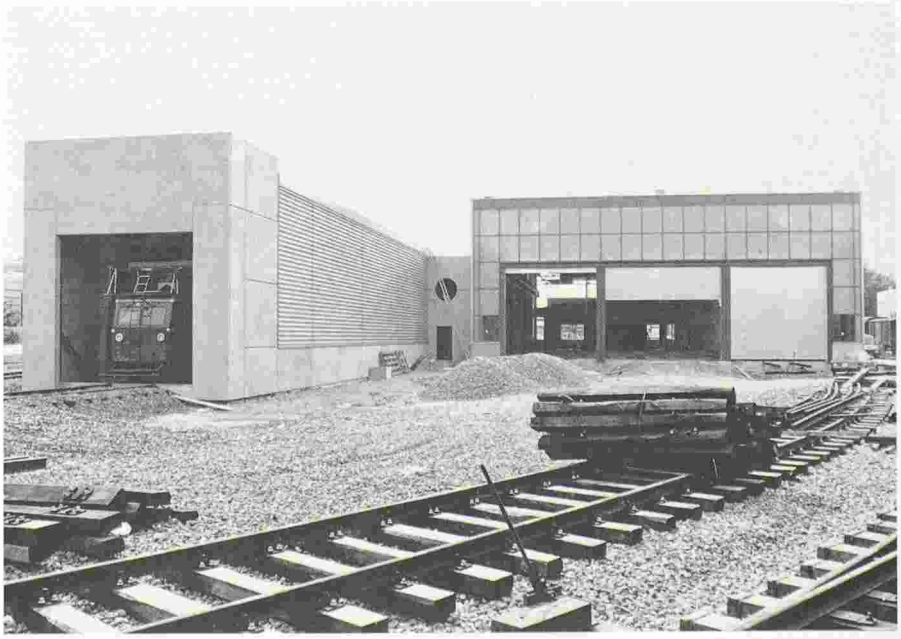


*Fig. 4. – Dépôt-atelier: vue depuis l'est.* (Photo Atelier Cube, Lausanne.)

Au sud, un bâtiment allongé sert de halle de lavage et de visite journalière. Deux automotrices accouplées peuvent y prendre place simultanément. En cas de nécessité, la partie arrière peut être séparée par un rideau de celle comportant la fosse et remplir les fonctions de carrosserie dans laquelle les travaux de retouches de peinture pourront être entrepris grâce à une ventilation améliorée.
Entre ces deux premiers bâtiments se situent les locaux techniques. Ceux qui ne nécessitent pas un accès quotidien sont regroupés à l'étage (chaufferie, sécurité ferroviaire, ventilation, etc.).
A l'extrémité ouest s'élève le seul bloc en maçonnerie traditionnelle. Il est destiné à accueillir, au rez-de-chaussée, les bureaux, la salle d'instruction et le poste directeur et, à l'étage, les vestiaires du personnel roulant et un petit réfectoire.
Un parc ferroviaire est créé au nord de ces bâtiments. Il comprend 5 voies pouvant recevoir 2 automotrices chacune. Ce parc est délimité par des dépôts de matériel et des clôtures métalliques.
Le constant souci de trouver des solutions économiques a conduit à renoncer à l'installation d'une chaufferie avec source de chaleur propre, l'EPFL fournissant de l'eau chaude qui alimente le réseau interne de radiateurs via un échangeur de chaleur.
Bien que le parc initial ne soit que de 12 unités, les installations sont conçues et dimensionnées pour permettre le garage et l'entretien d'une vingtaine d'automotrices. Il sera ainsi possible de faire face à une prévisible augmentation du trafic voyageurs dans le Sud-Ouest lausannois ces prochaines années.

*Fig. 6. – Dépôt-atelier: vue aérienne.* (Photo Germond, Lausanne.)

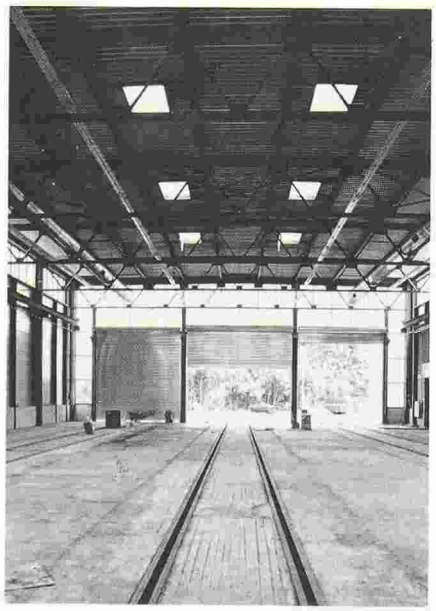


*Fig. 5. – Dépôt-atelier: vue de l'intérieur de la halle d'entretien.* (Photo Atelier Cube, Lausanne.)

Il faut relever que grâce au groupe thermoélectrique de marche autonome dont seront équipées les automotrices, on peut renoncer à équiper le dépôt et les ateliers d'une ligne aérienne, ce qui aurait également nécessité une sous-station propre.
Architectes: Atelier Cube, Lausanne.
Ingénieurs: Monod ingénieurs-conseils SA, Epalinges.
Une partie des voies de garage du dépôt a été construite par une unité spécialisée de l'armée pendant un cours de répétition.

## Alimentation

Le métro léger est conçu pour fonctionner avec une tension d'alimentation de 750 V en courant continu. Cette tension peut être tirée de la ligne de contact ou fournie partiellement (600 V) par le groupe de marche autonome à moteur Diesel à bord des automotrices. L'autonomie de marche de secours est d'une heure environ.

### Sous-stations d'alimentation

La ligne disposera au début de 3 sous-stations de 1650 kVA chacune (situées à Montelly, à La Bourdonnette et à l'EPFL), dont la puissance peut être portée à 3300 kVA pendant 2 heures et triplée pendant 1 minute.
Par la suite, lorsque la cadence de la ligne sera portée de 10 à 7 minutes et demie, une quatrième installation similaire sera mise en place.
Ces sous-stations seront télécommandées depuis le poste directeur de surveillance situé au dépôt. En cas de coupure d'alimentation, il sera possible de connaître le point de disjonction (primaire ou secondaire) et l'on pourra déclencher ou réenclencher à distance en cas de nécessité. En plus, un système de télémesures permettra de rassembler et de conserver au poste directeur toutes les informations concernant l'énergie primaire et secondaire dépensée en chaque instant dans chacune des sous-stations (télémesure et télécomptage en continu, quart d'heure glissant, pointe).

### Ligne de contact

L'esthétique de la ligne a été un critère majeur de conception. Le système classique de caténaire ne pouvait donc convenir et le choix s'est porté sur la construction d'une ligne aérienne avec un seul fil de contact régularisé, tendu par des contrepoids et porté par environ 210 mâts de type DIL 18-20. A chaque mât, le fil est suspendu par un câble auxiliaire en forme de delta dont le but est d'amortir la réaction du pantographe sur le fil au droit du mât: on évite ainsi un «point dur» tout en résolvant le problème de la légèreté esthétique.
Ce seul fil de 107 mm² ne sera pas suffisant pour transporter sans perte les importantes intensités générées par les futures rames (jusqu'à 2500 A au démarrage pour une double traction). Un feeder, formé de 2 câbles de 150 mm² chacun et placé en caniveaux parallèlement au tracé, quadruplera la capacité du fil de contact auquel ces câbles seront reliés à intervalles réguliers. La légèreté physique de la ligne de contact, combinée avec l'utilisation de produits isolants nouveaux du type

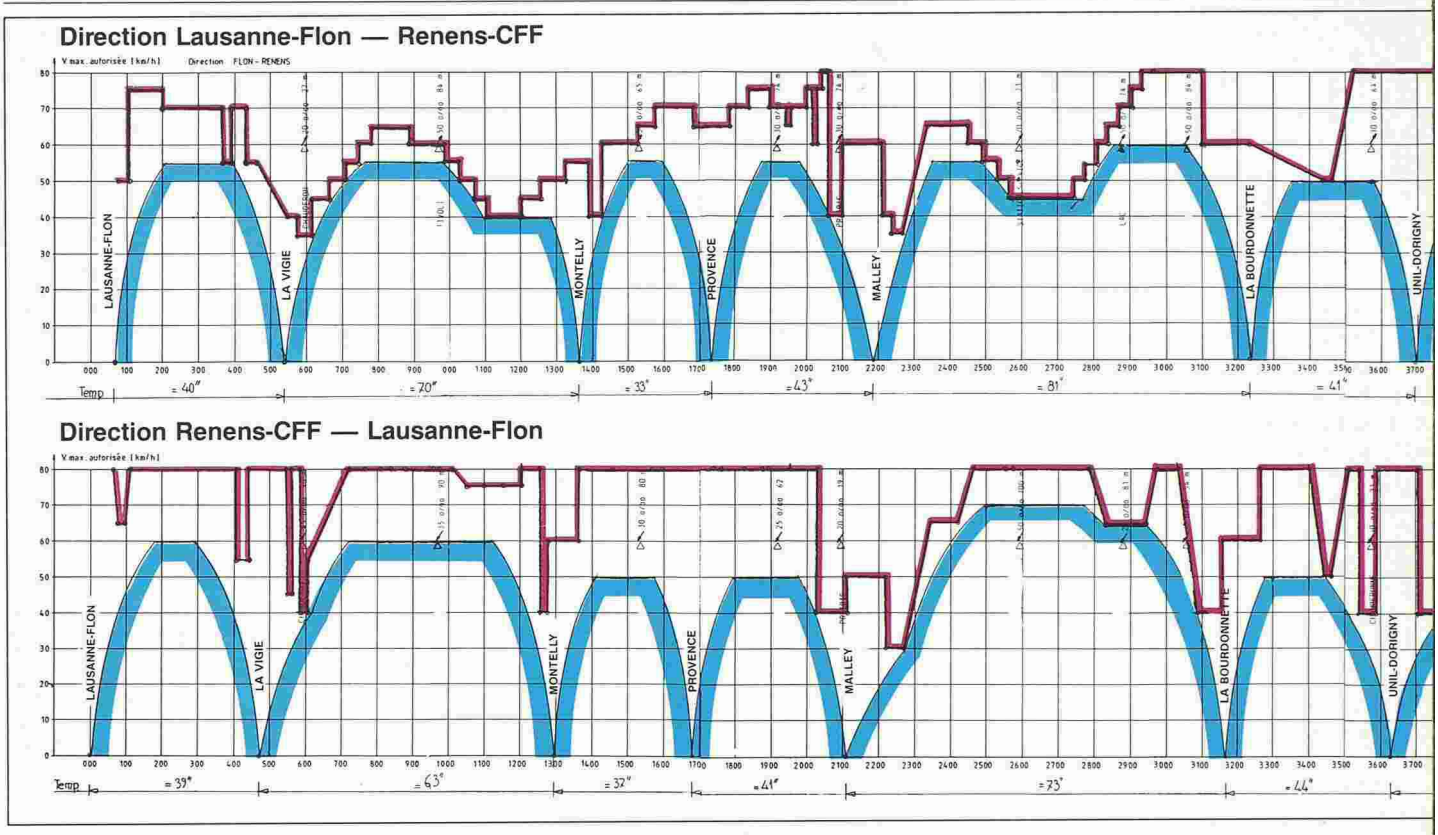



*Fig. 7. – Diagramme de marche.*

Kevlar, a permis d'éviter une prolifération de mâts, à la fois coûteux et inesthétiques. Signalons encore que dans le tunnel du Flon et dans la tranchée couverte de Malley, un rail aérien de courant sera fixé sous le plafond. Ce nouveau procédé, qui permet de gagner de l'espace en hauteur, est déjà utilisé dans le tunnel du Simplon pour permettre le passage à grande vitesse des futurs convois de ferroutage de 4 m de haut.

Pour assurer un bon retour de courant et pour protéger contre les surtensions, un câble de terre en cuivre, d'une section de 90 mm² sera posé. Ce câble sera doublé sur le tronçon EPFL–Renens CFF.

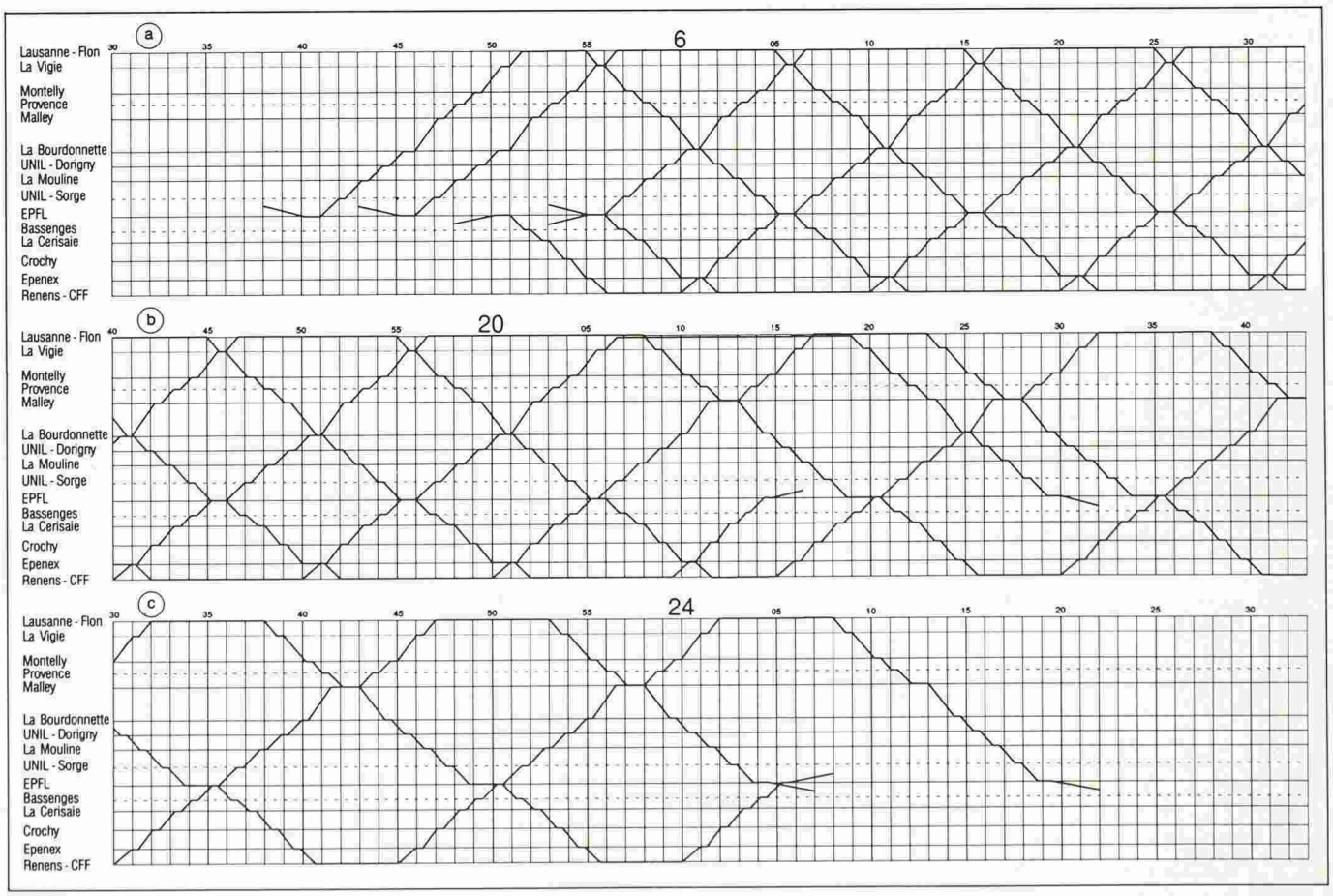
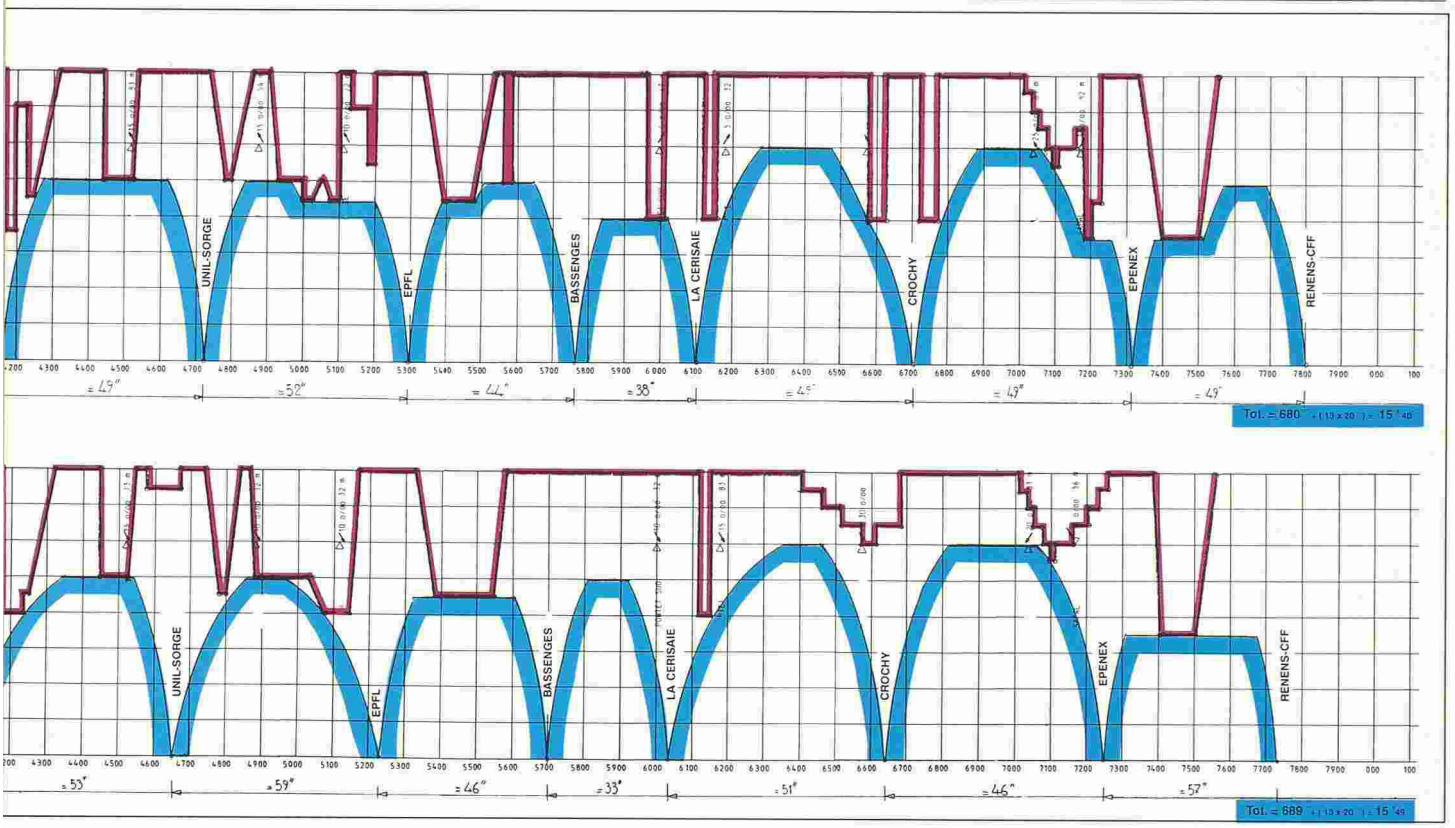



*Fig. 8. – Horaire graphique (lundi à vendredi), a: début de service le matin; b: transition de fréquence après 20 heures (de 10 à 15 minutes); c: fin de service après minuit.*




Le matériel électrique est livré par la maison ABB Sécheron. L'étude et la construction de la ligne aérienne ont été confiées aux entreprises Furrer & Frey à Berne et Mauerhofer & Zuber à Renens.

## Exploitation

La nouvelle ligne, longue de 7800 m, reliera le centre de Lausanne (place de la Gare-du-Flon) à Renens (gare CFF) en passant par Chavannes et Ecublens via le site des Hautes Ecoles. Le Métro Ouest desservira 15 stations distantes de 557 m en moyenne dont 11 pour les communes traversées et 4 pour les Hautes Ecoles (tableau 1). La durée du parcours sera de 18 minutes, la vitesse commerciale de 26 km/h.

C'est à l'aide d'automotrices articulées pouvant circuler en unités multiples qu'un trafic variable peut être maîtrisé dans les conditions les plus économiques. De 6 à 20 heures, il est prévu d'exploiter la ligne avec des trains composés de deux automotrices, à une cadence de 10 minutes, soit une capacité d'environ 2800 voyageurs par heure et par direction. Aux heures de pointe, la cadence sera ultérieurement augmentée à 7 minutes et demie, voire à 5 minutes en cas de forte augmentation du trafic voyageurs.

La figure 7 montre le diagramme de marche alors que l'horaire graphique est représenté par la figure 8.

Les tachygraphes pilotés par microprocesseur et dotés de mémoire dont sont équipées les automotrices enregistrent et conservent divers paramètres du fonctionnement des véhicules. Cela est utile non seulement en cas d'accident mais aussi à la comparaison entre la marche réelle et l'horaire théorique.

Le réseau des autobus et trolleybus du Sud-Ouest lausannois sera remanié afin d'assurer une charge optimale de la nouvelle ligne ferroviaire tout en minimalisant le temps perdu pour les transbordements. Ce remaniement et l'intégration de la nouvelle ligne par les correspondances qu'elle offre sont présentés plus en détail dans un autre article de ce numéro.

La mise en service du Métro Ouest est prévue pour l'été 1991. Toutefois, l'ensemble des installations devra être disponible dès le printemps 1991 pour permettre la formation du personnel.

## Sécurité ferroviaire

Bien qu'il s'agisse ici d'un système de transport plus proche d'un tramway que d'un chemin de fer, et en raison de sa voie unique, un block de ligne classique avec arrêt automatique sera installé. Une télécommande de type Domino (3,2 m × 1,4 m) sera cons-

TABLEAU 1. – Les stations du Métro Ouest.

| *N°* | *Km* | *Nom des stations* | *Particularités* |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | Lausanne-Flon | station en tranchée couverte |
| 2 | 0,50 | La Vigie | station en tranchée couverte |
| 3 | 1,33 | Montelly | station en pont, reliée au sol par des rampes |
| 4 | 1,72 | Provence | station à voie unique |
| 5 | 2,14 | Malley | station en tranchée couverte |
| 6 | 3,20 | La Bourdonnette | – |
| 7 | 3,65 | UNIL-Dorigny | – |
| 8 | 4,11 | La Mouline | – |
| 9 | 4,69 | UNIL-Sorge | station à voie unique |
| 10 | 5,27 | EPFL | station à quai central embranchement pour accès au dépôt-atelier |
| 11 | 5,72 | Bassenges | station à voie unique |
| 12 | 6,07 | La Cerisaie | – |
| 13 | 6,68 | Crochy | – |
| 14 | 7,29 | Epenex | – |
| 15 | 7,79 | Renens CFF | – |

truite dans le bâtiment du dépôt; elle permettra d'agir sur l'ensemble des installations.
Pour assurer un fonctionnement optimal en toutes circonstances, des batteries d'accumulateurs assureront l'alimentation du block complet (feux et branchements) en cas d'absence de tension dans le secteur. Remarquons que cela correspond à la conception des véhicules, puisque ces derniers pourront alors continuer de rouler grâce à leur groupe thermoélectrique de secours.
Les passages à niveau (carrefours) sont, pour la plupart, traités selon la technique tramway avec l'utilisation d'une signalisation de type routier commandée par des émetteurs et récepteurs à très haute fréquence. Ces dispositifs de la maison Gsponer electronic à Lausanne, déjà utilisés pour la commande de la signalisation lumineuse en ville, assureront également le fonctionnement du block de sécurité. Seuls 3 passages à niveau (sur un total de 16) seront équipés de barrières automatiques, car la visibilité y est insuffisante.
L'étude du système de sécurité et la fourniture du matériel ont été attribuées à l'entreprise Mauerhofer & Zuber à Renens; le matériel commandé sera construit par les maisons Siemens et Integra.
L'équipement radio comprend 3 postes fixes dont 2 relais pour les tunnels, 28 émetteurs-récepteurs installés sur les véhicules et 4 émetteurs-récepteurs portables. Chaque véhicule est équipé d'un poste qui lui permet de rester en contact avec le poste directeur, toutes les conversations étant enregistrées automatiquement. Cet équipement est commandé à l'entreprise Telra SA à Ecublens.
Et pour finir, l'avertisseur sonore. Le traditionnel sifflet helvétique sera remplacé par des trompes identiques à celles qui équipent les chemins de fer français et américains par exemple. Il était en effet nécessaire de pouvoir identifier les automotrices du métro sur les tronçons de ligne proches des voies CFF.

Adresse de l'auteur:
Claude-Alain Guignet,
ingénieur ETS,
responsable du projet Métro Ouest
Transports publics
de la région lausannoise SA
Avenue J.-J.-Mercier 2
Case postale 3960
1002 Lausanne

# Automotrices de transport urbain de type «métro léger»

## Partie mécanique

Dans le domaine des métros légers, les véhicules articulés se sont assez rapidement imposés comme une solution économique, alliant une grande capacité à un nombre restreint de bogies. Dans le cas du Métro Ouest, la proportion de trafic entre heures creuses et

PAR PIERRE GUIGNARD, VILLENEUVE

heures de pointe, la géométrie et le profil de la ligne ont conduit au choix d'un véhicule à deux caisses et une articulation, monté sur trois bogies dont les deux d'extrémité sont monomoteurs.
La nécessité d'une infrastructure entièrement nouvelle a permis de construire des quais amenant l'accès aux véhicules à un niveau très proche (80 mm) de leur plancher. Cette facilité, obtenue au prix de quelques mètres cubes de béton supplémentaires, permet des économies dans la construction des véhicules et une augmentation de capacité de la ligne, due à la diminution des temps d'arrêt. Elle est en outre un facteur déterminant d'amélioration de l'attrait que peuvent avoir les transports publics: voitures d'enfants et de personnes handicapées peuvent en effet accéder à bord sans aide extérieure. L'écartement des rails a été fixé à 1435 mm, cote plutôt rare pour un chemin de fer secondaire, mais permettant un aménagement confortable des bogies en même temps que l'accès au réseau et aux ateliers CFF pour d'éventuels travaux de réparation et d'entretien.
La dernière particularité importante, au niveau de la conception générale, est le montage d'un groupe de marche auxiliaire (GMA) permettant le fonctionnement (à performances réduites) en l'absence de tension de ligne. Cet équipement permet de déplacer les véhicules en cas de perturbation de l'alimentation électrique et il évite la construction d'un réseau caténaire dans l'aire du dépôt. Il s'agit là d'une première dans ce domaine, dont on attend avec impatience les résultats techniques et économiques.
La commande des douze automotrices a été attribuée en janvier 1988 à Asea Brown Boveri pour la partie électrique et aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey pour la partie mécanique (fig. 1 à 7).

### Chaudron

Le chaudron des automotrices est de construction légère en acier, constitué pour l'essentiel de tôles minces ou de profilés moletés ou filés à froid.
Le toit est de la forme dite concave, c'est-à-dire que l'écoulement des eaux se fait par l'intérieur du véhicule. Vue du sol, la ligne de toiture est ainsi nette et franche, cachant au regard les parties ondulées, où s'accumule la saleté.
L'ossature de la cabine est renforcée à la hauteur du bas du pare-brise par une ceinture en profilés d'acier protégeant le conducteur en cas de collision et résistant à un choc de 15 tonnes.

### Aménagements

Etant donné la brièveté du trajet (environ 18 minutes du centre de Lausanne à Renens) et le nombre élevé de stations, l'espace occupé dans le véhicule par les plates-formes et les places debout se rapproche de la répartition que l'on trouve dans les métros. Ces plates-formes délimitent deux groupes de 14 sièges dont la disposition permet une occupation optimale de l'espace, tout en offrant aussi quelques places en groupes de quatre, face à face, créant une agréable convivialité.
Aux alentours de l'articulation, la densité des sièges est plus basse, laissant place aux voitures d'enfants et d'invalides avec quatre sièges pour des accompagnants. Quelques strapontins ont été placés au voisinage des portes, permettant aux voyageurs à très courte distance de s'asseoir brièvement. Les plates-formes sont séparées des sièges par des parois vitrées posées sur une poutre métallique et servant d'appuis aux strapontins.
L'ensemble des équipements intérieurs a été conçu de façon à être géométriquement indépendant du chaudron, grâce à quoi on peut préfabriquer les éléments d'habillage et les monter avec un minimum d'ajustements.
Le plancher est en contre-plaqué de qualité marine, recouvert d'un revêtement antidérapant et, pour faciliter son nettoyage, il remonte sur les parois latérales jusqu'au niveau des sièges.
Le plafond est constitué d'éléments sandwiches, avec un noyau en nid-d'abeilles d'aluminium, qui sont fixés au chaudron de telle manière qu'on peut faire un ajustage dans deux dimensions.